

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CATANIA

DIPARTIMENTO DI SCIENZE UMANISTICHE

DOTTORATO DI RICERCA IN SCIENZE DELL'INTERPRETAZIONE

XXXV CICLO

DANIELE MUSUMECI

**L'INTERPRETAZIONE DEI VULCANI E DELLA LORO ATTIVITÀ.
L'EVOLUZIONE DELLA VULCANOLOGIA INTERNAZIONALE
DALLA MODERNITÀ ALLA CONTEMPORANEITÀ (SECOLI XVII-XX)**

TESI DI DOTTORATO

Coordinatore
Chiar.mo Prof. Antonino Sichera

Tutor
Chiar.mo Prof. L. Ingaliso

Cotutor
Dott. S. Branca

ANNO ACCADEMICO 2021-2022

Per Gabriele

INDICE

INTRODUZIONE	p. 6
I CAPITOLO UNO SGUARDO ALLA STORIA DELLA VULCANOLOGIA	p. 10
1.1 <i>Vulcanologia e storia della vulcanologia</i>	p. 10
1.2 <i>L'importanza del Vesuvio negli studi vulcanologici internazionali</i>	p. 23
1.3 <i>Alcune definizioni tra storia e specializzazioni attuali</i>	p. 33
II CAPITOLO INTERSEZIONI TRA LA STORIA DELLA VULCANOLOGIA E LA STORIA DELLE GEOSCIENZE	p. 44
III CAPITOLO LO SVILUPPO CONGIUNTO DI VULCANOLOGIA, OROGENESI E MAGMATISMO NEL '900: IL CASO RITTMANN	p. 70
3.1 <i>Biografia scientifica di Rittmann: sessant'anni di ricerche</i>	p. 70
3.2 <i>Un paradigma a base vulcanologica: la Tettonica magmatologica</i>	p. 80
3.3 <i>Riflessioni su Rittmann e i padri fondatori della vulcanologia</i>	p. 91
3.4 <i>Il destino di alcune ipotesi di Rittmann: geovulcanologia storica e inquadramento storico-filosofico generale</i>	p. 108
IV CAPITOLO STORIA DELLA VULCANOLOGIA ETNEA E ANALISI STORICO-SCIENTIFICA DELL'ERUZIONE DELL'ETNA DEL 1971	

	p. 125
4.1 <i>Elementi di storia della vulcanologia etnea dall'età moderna alla metà del XX secolo</i>	p. 125
4.2 <i>La nascita dell'Istituto Internazionale di Ricerche Vulcanologiche</i>	p. 135
4.3 <i>L'eruzione etnea del 1971</i>	p. 140
4.4 <i>Studi ed esperimenti condotti durante l'eruzione: il volume del 1973</i>	p. 144
CONCLUSIONE	p. 156
APPENDICE	p. 161
I	p. 161
II	p. 164
III	p. 165
BIBLIOGRAFIA	p. 180
A. BIBLIOGRAFIA GENERALE	p. 180
B. SITOGRAFIA	p. 225
C. BIBLIOGRAFIA RITTMANN	p. 228
C.1 OPERE DI RITTMANN	p. 228
C.2 LETTERATURA CRITICA SU RITTMANN	p. 232
C.3 SITOGRAFIA SU RITTMANN	p. 235

RINGRAZIAMENTI

p. 236

INTRODUZIONE

Il presente lavoro si propone di indagare la nascita e l'evoluzione della vulcanologia moderna. L'indagine verrà condotta in chiave storica e filosofica, analizzando i nodi concettuali che legano vulcanologia e storia della vulcanologia. Queste ricerche ricadono nel campo della storia e della filosofia della scienza, ma raramente sono state affrontate in modo approfondito. Le analisi dovranno tenere conto delle cornici teoriche generali, delle ipotesi e delle teorie dei naturalisti e dei vulcanologi più significativi degli ultimi secoli, così come degli eventi naturali che hanno maggiormente impattato sulle popolazioni, stimolando così la necessità pratica e teorica di approfondire la comprensione del vulcanismo per scopi di protezione degli abitanti. In questa chiave, l'eruzione del Mount St. Helens del 1980 apre, in modo quasi unanime secondo il punto di vista dei vulcanologi viventi, l'attualità degli studi vulcanologici. Guardando alla storia degli ultimi millenni, l'Italia si pone in posizione prioritaria nella comprensione di queste analisi. Uno dei motivi principali è dato dall'eruzione del Vesuvio del 79 d. C.: ancora oggi oggetto di studi scientifici, è probabilmente l'eruzione più conosciuta nella storia della vulcanologia internazionale per molteplici fattori, tra i quali l'interazione degli aspetti archeologici con quelli vulcanologici, oltre alle ovvie considerazioni riguardanti il rischio vulcanico. Nonostante il Vesuvio sia da secoli sotto gli occhi attenti di viaggiatori e studiosi, l'intera area mediterranea ha presentato intensa attività vulcanica e sismica negli ultimi millenni: su tutti, sono celebri i casi dell'Etna, uno dei vulcani attualmente più attivi al mondo, e dei vulcani eoliani. Non per nulla, nella sistematica delle attività vulcaniche, alcune tipologie di attività prendono nome proprio dai vulcani italiani, dal Vesuvio l'attività *pliniana*, dallo Stromboli quella *stromboliana*, da Vulcano quella *vulcaniana*. Nel corso del '900, lo sviluppo

crescente degli apparati tecnologici applicati alla vulcanologia, unitamente all'emergere di nuovi paradigmi, hanno consentito uno sviluppo sempre maggiore della disciplina che oggi si compone di un insieme di complessi approcci inter e multidisciplinari che tengono conto delle numerose prospettive geologiche, geochimiche e geofisiche nonché di numerose applicazioni tecnologico-scientifiche, volte alla prevenzione e alla previsione degli eventi eruttivi.

Le complesse interazioni presente nella vulcanologia odierna prendono le mosse da studi cominciati secoli fa, nell'età moderna, radicandosi nelle teorie sull'origine e lo sviluppo della Terra che da Cartesio in poi vengono elaborate. I fenomeni vulcanici trovano ampia trattazione e un primo approccio scientifico, cioè sperimentale e quindi quantitativo, nella descrizione che Borelli fece nel 1670 per descrivere la grande eruzione dell'Etna del 1669. Prima e durante la nascita scientifica della geologia, tradizionalmente individuata tra la fine del '700 e l'inizio dell'800, la vulcanologia fu praticata e inserita dagli studiosi nei grandi dibattiti intercorsi tra *nettunisti* e *plutonisti* prima e *gradualisti* e *catastrofisti* dopo. Con lo sviluppo della geologia, il dibattito sui vulcani s'inserirà nelle questioni orogenetiche riguardanti l'origine delle montagne.

Un momento di particolare intersezione tra la storia della vulcanologia e la storia delle geoscienze è stato individuato nell'operato novecentesco dello scienziato svizzero Alfred Rittmann. Nei decenni trascorsi in Italia, lasciò un segno importante nella storia della vulcanologia italiana ed internazionale con studi innovativi sui vulcani campani e sull'Etna. Portatore di una logica naturalistica le sue idee rivoluzionarono la vulcanologia nella prima metà del Novecento mentre a livello generale i geologi si confrontavano a livello paradigmatico sui dibattiti inerenti al confronto tra mobilismo e fissismo e, in seguito, sulle novità apportate

dall'emergere della Deriva dei continenti e della Tettonica delle placche. La visione di Rittmann, anch'essa paradigmatica, tragherà la vulcanologia da un'impostazione osservativo-descrittiva e tutt'al più petrografica ad una profonda interazione con le altre geoscienze limitrofe, visione fondante ancora oggi.

La storia della vulcanologia etnea ha a disposizione la registrazione delle attività dell'Etna degli ultimi 2700 anni, un dato storico che vede l'Etna come il vulcano con il record maggiore sul pianeta. In età moderna, oltre al già citato Borelli, innumerevoli studiosi descrivono e riportano le eruzioni, siano essi uomini di cultura vissuti attorno al vulcano siciliano o stranieri, principalmente durante il periodo del *Grand Tour*. Già nel '700 con Recupero ma ancora di più nell'800 con gli studi di Gemmellaro e di Sartorius, l'Etna emerge nel panorama internazionale ponendosi al pari di vulcani celebri quali il Vesuvio. Le istituzioni scientifiche caldeggiate alla fine del XIX secolo da Silvestri trovano attuazione all'inizio del XX secolo con le azioni di Ponte e, poco meno di sessant'anni fa, con l'intuizione di Rittmann di costituire un *Istituto Internazionale di Ricerche Vulcanologiche*. La presenza di un ente di respiro internazionale deputato allo studio e al monitoraggio dell'Etna fornì una solida base ai gruppi di ricerca stranieri per approfondire le loro ricerche di carattere sempre più specialistico. In questa particolare congiuntura, L'Etna tra il 1955 e il 1971 mostrò una fase di attività persistente con attività prevalentemente sommitali che consentirono numerosi studi innovativi agli scienziati presenti sul vulcano (Fig. 1). L'eruzione del 1971 rappresenterà il culmine di questo periodo e nel 1973 vi sarà la pubblicazione di un volume di atti dove gli scienziati esporranno i risultati degli studi compiuti negli ultimi anni, mostrando come l'Etna fosse al centro degli interessi internazionali, contraddistinti da una multidisciplinarietà che per la prima volta dal 1971 al presente configura la vulcanologia locale ed internazionale.

Nell'arco tracciato dal Seicento fino al presente, si cercherà di focalizzare gli snodi principali dell'evoluzione della vulcanologia internazionale cercando di comprendere, tramite opportune scelte ed approfondimenti mirati, la natura storica e filosofica di una disciplina oggi estesa nei meandri dello specialismo.



Fig. 1. L'area sommitale dell'Etna vista dal versante sud. In alto a destra, il Cratere di Sud-Est in attività stromboliana. Foto del 15 maggio 2022.

I CAPITOLO

UNO SGUARDO ALLA STORIA DELLA VULCANOLOGIA

1.1 *Vulcanologia e storia della vulcanologia*

La storia della vulcanologia ricade nel campo di ricerca della storia della scienza, ma non è una disciplina accademica e solo pochi testi affrontano l'argomento in modo esteso¹. I principali manuali storico-scientifici italiani prodotti negli ultimi decenni non possiedono capitoli sulla storia della geologia², macrosettore culturale nel quale la vulcanologia è inserita, quantomeno nei termini di un'impostazione classica³. Infatti:

I nessi interdisciplinari tra scienze della Terra, nella fattispecie vulcanologia, chimica e termodinamica, se si escludono alcuni testi, che per quanto preziosi, restano casi isolati, definiscono un campo di studio ancora poco esplorato dalla storia delle scienze⁴.

La maggioranza delle fonti esistenti è presente principalmente in articoli scientifici *ad hoc* e nella manualistica accademica sui fondamenti

¹ In campo geologico, si segnala che il vulcanologo islandese Haraldur Sigurdsson (1939) ha pubblicato nel 1999 una monografia dal titolo *Melting the Earth: the history of ideas on volcanic eruptions* (H. Sigurdsson, New York, Oxford University Press, 1999). Questo testo è diventato l'ossatura per un capitolo incentrato sulle tematiche storico-vulcanologiche all'interno di un'enciclopedia di ampio respiro sulla vulcanologia [Id. *The History of Volcanology* in H. Sigurdsson, B. Houghton, H. Rymer, J. Stix and S. McNutt (eds.), *Encyclopedia of Volcanoes*, San Diego, Academic Press, 1999, pp. 15-37]. Lo stesso capitolo è stato riproposto senza modifiche anche nella seconda edizione [*Ibid.*, in H. Sigurdsson, B. Houghton, S. McNutt, H. Rymer and J. Stix (eds.), *The Encyclopedia of Volcanoes*, San Diego, Academic Press, 2015, pp. 13-32].

² Cfr. P. Rossi, *La nascita della scienza moderna in Europa*, Roma-Bari, Laterza, 2015; M. Beretta, *Storia materiale della scienza*, Roma, Carocci, 2017; P. Govoni, *Che cos'è la storia della scienza*, Roma, Carocci, 2019; A. Clericuzio, *Uomo e natura. Scienza, tecnica e società dall'antichità all'età moderna*, Roma, Carocci, 2022.

³ Definire la natura storica e filosofica della vulcanologia nelle sue diverse sfaccettature culturali è proprio uno degli obiettivi principali del presente lavoro.

⁴ A. Candela, *Alle origini della Terra. I vulcani, le Alpi e la Storia della Natura nell'età del viaggio scientifico*, Varese, Università degli Studi dell'Insubria, 2009, p. 22.

vulcanologici⁵. In questa manualistica, la trattazione storica è limitata a poche nozioni oppure a poche pagine, solitamente nell'introduzione o nei primissimi capitoli⁶.

Un argine a questo *modus operandi* è stato realizzato dall'*International Commission on the History of Geological Sciences*⁷ che, fondata nel 1967 dalla IUGS (*International Union of Geological Sciences*), si è prefissata il compito di diffondere la storia delle scienze geologiche e i suoi legami con le discipline umanistiche⁸. Nel 1995, il convegno annuale INHIGEO si è tenuto in Italia, coordinato da Nicoletta Morello (1946-2006)⁹, e fu incentrato sulla tematica *Volcanoes and History*¹⁰. Il volume di atti derivante da quel convegno costituisce un'importante testimonianza di saggi di argomento storico-vulcanologico di ampio respiro¹¹.

Fin da subito, notiamo come le fonti di ricerca siano suddivise alla base da una netta separazione in discipline umanistiche e scientifiche, che trae la sua origine all'interno delle istituzioni formative, scolastiche e accademiche¹². Celebre è la prospettiva di Charles P. Snow (1905-1980),

⁵ In lingua italiana, si segnala il volume B. Accordi, *Storia della Geologia*, Modena, Zanichelli, 1984. In esso, tuttavia, non vi sono particolari approfondimenti relativi alla vulcanologia.

⁶ Questa situazione comporta una certa difficoltà nel reperimento delle fonti poiché esse sono sì esistenti ma disseminate nella letteratura scientifica in modo casuale. Ciò porta, secondo il mio parere, alla mancanza di una visione unitaria, anche tra gli stessi vulcanologi.

⁷ <https://inhigeo.com/> [24/09/2022].

⁸ L'INHIGEO è affiliata alla *International Union of the History and Philosophy of Science and Technology* (IUHPS) sotto la *Division of History of Science and Technology* (DHST).

⁹ <https://www.socgeol.it/files/download/Chi-siamo/sezioni/Nicoletta%20Morello-rev.pdf> [26.9.2022].

¹⁰ N. Morello (a cura di), *Volcanoes and History: Proceedings of the 20th INHIGEO Symposium, Napoli-Eolie-Catania (Italy), 19-25 September 1995*, Genova, Brigati, 1998.

¹¹ «The papers gathered here represent the first ensemble of writings by historians and scientists devoted solely to volcanology. In particular, they deal with its evolution in time and the consequential effect of that historical reconstruction on some aspects of contemporary volcanology such as environmental impact and volcanic risk» Ivi, p. 5.

¹² Va ricordato, circoscrivendo il discorso al caso italiano, che vi sono ricercatori e accademici di entrambe le estrazioni culturali impegnati nel campo della storia delle

scienziato e romanziere, il quale poco dopo la metà del Novecento, denunciò apertamente come nella cultura dell'epoca chi si distinguesse nelle discipline umanistico-letterarie non fosse altrettanto abile nell'affrontare problematiche storicamente di pertinenza dell'ambito strettamente scientifico, e viceversa. Data la sua duplice vocazione, Snow aveva un punto di vista particolareggiato sugli ambienti che frequentava e lo denunciò apertamente, rilevando quanto profonda fosse questa frattura culturale:

Di professione ero scienziato: di vocazione scrittore. [...] Molte volte, dopo la giornata lavorativa trascorsa tra gli scienziati, la sera “evadevo”, per così dire, con qualche collega letterato. Ho avuto, naturalmente, amici intimi tra gli scienziati come tra gli scrittori. Vivendo questi gruppi, ed ancor più, penso, spostandomi regolarmente dall'uno all'altro e viceversa, mi trovai nella condizione di dovermi occupare del problema di quelle che, ancor molto prima di scriverne, battezzai fra me “due culture”. Avevo infatti la costante sensazione di muovermi tra due gruppi – di pari intelligenza, di identica razza, di estrazione sociale non molto differente, di reddito pressoché uguale – che ormai non comunicavano quasi più tra loro e che, quanto ad atmosfera intellettuale, morale e psicologica, avevano così poco in comune che si sarebbe creduto non di essere andati da Burlington House o South Kensington a Chelsea, ma di avere attraversato un oceano¹³.

Questa problematica, individuata da Snow, nel passo riportato, oggi è lungi dall'essere stata risolta. Discipline come la storia e la filosofia delle scienze¹⁴ mirano, oltre alla ovvia ricerca nel proprio campo di

geoscienze. Il loro operato è rintracciabile nelle attività culturali e associative della Sezione di Storia delle Geoscienze della Società Geologica Italiana (cfr. [Storia delle Geoscienze 2021-04 \(socgeol.it\)](https://www.socgeol.it); <https://www.geoitaliani.it/> [26.9.2022]) e della Società Italiana di Storia della Scienza (SISS, cfr. <https://www.societastoriadellascienza.it/index.php/it/> [26.9.2022]).

¹³ C. P. Snow, *Le due culture*, Feltrinelli, Milano, 1964, pp. 3-4.

¹⁴ In questo lavoro, ove opportuno, si parlerà di scienza al plurale, adottando la prospettiva epistemologica contenuta nel volume a cura di N. Vassallo (*Filosofie delle scienze*, Einaudi, Torino, 2003) secondo la quale ogni disciplina scientifica possiede una sua autonomia sostanziale, già raggiunta con la diffusione della specializzazione dei saperi nell'800. Da ciò ne consegue l'esistenza anche di storie e filosofie legate alle singole scienze.

pertinenza, a ricucire la frattura tra il mondo delle *humanae litterae* e quelle delle scienze¹⁵.

Scopo di questo lavoro è comprendere l'evoluzione della vulcanologia contemporanea, delimitando temporalmente l'oggetto ed individuando tappe temporali e personaggi chiave che giustificano le ricostruzioni proposte¹⁶. Chiave di volta di questo percorso è il comprendere quando e come si è attuato il passaggio dall'osservazione dei fenomeni vulcanici all'aggiunta della quantificazione degli stessi. Nelle fonti vulcanologiche, il passaggio dall'analisi qualitativa a quella quantitativa è sussunto nell'aggettivo moderno, termine molto diffuso nel lessico scientifico, specialmente nella sua versione anglosassone *modern*, con il quale si ha la possibilità di designare insieme modernità e novità della ricerca e dell'approccio in questione. Se nell'attualità degli studi questo termine si presenta anche eccessivamente inflazionato, risalta subito come scienziati del passato, vissuti in anni lontani tra loro, lo abbiano spesso utilizzato con la stessa accezione, rendendo così difficile distinguere tra un'impostazione metodologica ed un'altra, tra una modernità e l'altra.

Un altro elemento, già presente nel titolo, è il carattere internazionale della disciplina, ad esempio prendendo in esame la sistematica delle attività vulcaniche o le metodologie d'approccio, quali il passaggio dall'osservazione sporadica e casuale dell'attività vulcanica all'osservazione

¹⁵ Per quanto questo dibattito sia ancora vivo e le problematiche ben visibili – ad esempio in Italia – nell'impostazione accademica e nei programmi scolastici, oggi la questione andrebbe rivista considerando il grande impatto della cultura digitale che si è affermata in modo preponderante da qualche decennio e permea la società contemporanea.

¹⁶ Nel titolo si cela un omaggio ad alcuni dei testi principali del vulcanologo svizzero Alfred Rittmann (1893-1980), la cui impostazione inter- e multidisciplinare della vulcanologia ha segnato un passo importante nella storia della vulcanologia etnea ed internazionale dello scorso secolo (cfr. A. Rittmann, *Vulkane und irhe Tätigkeit*, Stuttgart, Ferdinand Enke, 1936; Id., *I vulcani e la loro attività*, Bologna, Cappelli, 1967; Id., *Vulkane und irhe Tätigkeit*, Stuttgart, Ferdinand Enke, 1981).

in continuo, il cosiddetto monitoraggio¹⁷. Senza contare che, nel corso del Novecento, la possibilità di mobilità internazionale aumentò considerevolmente, consentendo ai vulcanologi di viaggiare maggiormente con il conseguente aumento delle loro osservazioni. In assenza di osservazioni satellitari e di osservatori vulcanologici, alcuni vulcani risultavano molti difficili da studiare.

La decisione di studiare un vulcano e potenziare le osservazioni e gli apparati tecno-scientifici volti al monitoraggio e alla misurazione dei loro parametri naturali era quindi legata alla vicinanza di un vulcano con i centri abitati. Proprio per salvaguardare la popolazione da eventuali rischi vulcanici

Modern volcanological studies began early in the 20th century, in large part reflecting the scientific and societal need to better understand “how volcanoes work” in the wake of three 1902 eruption that claimed more than 36000 lives: Mont (sic) Pelée, Martinique; Soufrière, St. Vincent; and Santa Maria, Guatemala. In a similar way, the 1980 Mount St. Helens eruption ushered in two decades of heightened public awareness and significantly expanded scientific studies of eruptive phenomena and associated volcano hazards. It has proved a veritable renaissance of in the science of volcanology that continues in this century¹⁸.

¹⁷ È ben noto che il primo Osservatorio vulcanologico sia stato istituito a Napoli, nel 1841, per volontà del re Ferdinando II di Borbone (1810-1859). La presenza a) del Vesuvio in frequente attività (il vulcano campano fu “a condotto aperto” dal 1631 al 1944, anno dell’ultima eruzione) b) nelle vicinanze di una città socio-culturalmente importante come Napoli, frequentata quindi da viaggiatori e studiosi, furono tra i fattori principali di questa primogenitura. Cfr. <https://www.ov.ingv.it/index.php/la-storia-dell-osservatorio> [9/9/2022]; Cfr. R. Scandone, L. Giacomelli and F. Fattori Speranza, *Persistent activity and violent strombolian eruptions at Vesuvius between 1631 and 1944*, «Journal of Volcanology and Geothermal Research», 170 (2008), pp. 167-180.

¹⁸ R. I. Tilling, *Mount St. Helens 20 years later: What we’ve learned*, «Geotimes», 45 (2000), p. 14.

Guardando le recenti fonti scientifiche, emerge un'unanime convergenza nello stabilire che l'eruzione del Mount St. Helens¹⁹ (Stati Uniti d'America) (Fig. 2) del 1980, rappresenti l'inizio della moderna vulcanologia²⁰. Infatti, «No volcanic eruption has occurred with the location, weather conditions and observed eruption behavior to rival MSH on May 18»²¹. L'eruzione permise di osservare per la prima volta una serie di fenomeni vulcanici legati alle eruzioni esplosive come mai era avvenuto prima di quella eruzione²².

The eruption enabled unprecedented data to be gathered, leading to renewed interest in explosive eruptions. Tragic as it was, the eruption was also a volcanologist's dream: Old outcrops were swept clean, and fresh deposits could be correlated directly with observed phenomena. The interior of the stratovolcano, built of 3000-year old lava draped with more lava, ash,

¹⁹ <https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=321050> [14/8/2022].

²⁰ Tra i numerosi lavori esistenti, cfr. B. Voight, *Time scale for the first moments of the May 18 eruption*, in P. W. Lipman and D. R. Mullineaux (eds.), *The 1980 Eruptions of Mount St. Helens*, Washington, U. S. Geological Survey Professional Paper, 1250 (1981), pp. 69-86; R. P. Hoblitt, C. D. Miller and J. W. Vallance, *Origin and stratigraphy of the deposit produced by the directed blast*, in *Id.*, pp. 401-420; P. D. Rowley, M. A. Kuntz and N. S. MacLeod, *Pyroclastic-flow deposits*, in *Id.*, pp. 489-512; A. M. Sarna-Wojcicki, S. Shipley, R. B. Waitt Jr., D. Dzurisin and S. H. Wood, *Areal distribution, thickness, mass, volume, and grain size of air-fall ash from the six major eruptions of 1980*, in *Id.*, pp. 577-600; J. G. Moore and C. J. Rice, *Chronology and character of the May 18, 1980, explosive eruptions of Mount St Helens* in Geophysics Study Committee, Geophysics Research Forum, Commission on Physical Sciences, Mathematics, and Resources and National Research Council (eds.), *Studies in Geophysics. Explosive Volcanism: inception, evolution and hazards*, Washington D. C., National Academy Press, 1984, pp. 133-142; C. W. Criswell, *Chronology and stratigraphy of the May 18, 1980 eruption of Mount St. Helens*, Washington, «Journal of Geophysical Research», 92 (1987), B10, pp. 10237-10266; R. P. Hoblitt, *Was the 18 May 1980 lateral blast at Mount St. Helens the product of two explosions?*, «Philosophical Transaction of the Royal Society of London», 358 (2000), pp. 1639-1661; R. Scandone, K. V. Cashman and S. D. Malone, *Magma supply, magma ascent and the style of volcanic eruptions*, «Earth and Planetary Science Letters», 253 (2007), pp. 513-529; C. W. Criswell, *A revised narrative of the May 18, 1980 Plinian eruption of Mount St. Helens: Changes in the conduit and magma supply*, «Journal of Volcanology and Geothermal Research», 419 (2021), 6.

²¹ *Ibid.*

²² <https://www.youtube.com/watch?v=Ec30uU0G56U&t=3s> [10/9/2022].

pumice, was open for inspection. Continuing volcanic activity invited studies of magma ascent and eruption²³.

Nonostante il risveglio del vulcano fosse monitorato da mesi, l'eruzione ebbe comunque delle conseguenze importanti sulla popolazione con 57 morti, decine di feriti e danni quantificati in oltre un miliardo di dollari²⁴. L'eruzione simboleggia un evento storico che ha cambiato la vulcanologia:

The eruption remains a seminal historical event—studying it and its aftermath revolutionized the way scientists approach the field of volcanology. Not only was the eruption spectacular, but also it occurred in daytime, at an accessible volcano, in a country with the resources to transform disaster into scientific opportunity, amid a transformation in digital technology. Lives lost and the impact of the eruption on people and infrastructure downstream and downwind made it imperative for scientists to investigate events and work with communities to lessen losses from future eruptions²⁵.

Quest'eruzione ha cambiato soprattutto il valore sociale della vulcanologia e del rapporto tra scienziati, governi, popolazioni:

The May 18, 1980, eruption of Mount St. Helens was a historic event that fundamentally changed the way we see volcanoes. For some people, the eruption was a singular experience in which they were momentarily involved. For those who lost family and friends, homes, and livelihoods, their lives were profoundly altered. For scientists, the event accelerated efforts to improve our knowledge of explosive eruptions, volcanic hazards, and the long-term disturbances to landscapes, rivers, ecosystems, and population

²³ C. G. Newhall, *Mount St. Helens, master teacher*, «Science», 288 (2000), 5469, p. 1181.

²⁴ Cfr. R. I. Tilling, *Mount St. Helens 20 years later: What we've learned*, cit., p. 14.

²⁵ J. Vallance, C. Gardner, W. E. Scott, R. Iverson and T. Pierson, *Mount St. Helens—A 30-year legacy of volcanism*, «EOS Transactions of the American Geophysical Union», 91 (2010), 19, p. 169.

centers. For local governments, it stimulated discussions and preparation for emergency responses²⁶.



Fig. 2. Il Mount St. Helens durante un'eruzione esplosiva nel 1980.
Collezione DigitalVision, da gettyimages.

Nonostante l'unanimità riguardo al significato di quest'eruzione, va ricordato come il concetto di modernità sia stato ripreso più volte nel corso del tempo. Ad esempio, Rittmann nel 1963 si esprime così sulla costituzione e sugli sviluppi della vulcanologia novecentesca:

[...] la Vulcanologia, come Scienza, possiamo dire sia nata da poco. Fino all'inizio del nostro secolo difatti era essenzialmente descrittiva e consisteva nella raccolta di notizie sui vulcani e sulla loro attività, da parte di osservatori locali ed anche di viaggiatori, di marinari, ecc. che, occasionalmente erano testimoni di fenomeni vulcanici. Altre fonti d'informazione erano i

²⁶ C. L. Driedger, J. J. Major, J. S. Pallister, M. A. Clynne, S. C. Moran, E. G. Westby and J. W. Ewert, *Ten ways Mount St. Helens changed our world—The enduring legacy of the 1980 eruption*, «U.S. Geological Survey Fact Sheet 2020-3031», 2020, 2020-2031, p. 1.

documenti storici, le tradizioni popolari, le leggende ecc. Le descrizioni quindi provenivano in massima parte da non specialisti e le loro raccolte formavano una Vulcanografia, più che una Vulcanologia. [...] I petrografi, per conto loro, studiavano i prodotti dei vulcani e specialmente le loro lave, accumulando un'enorme quantità di dati sulla composizione mineralogica e chimica delle rocce ignee. [...] la grande quantità di dati raccolti richiedeva una classificazione, compito che veniva assunto dai migliori studiosi, i quali cercavano di ordinare sistematicamente i fatti conosciuti. [...] Tutte queste classificazioni restavano tuttavia basate sulla fenomenologia e sull'aspetto e la natura dei prodotti vulcanici, senza alcun riferimento a concetti fisici, chimico-fisici o genetici, come del resto in quell'epoca si verificava in quasi tutti i rami delle Scienze Naturali. L'introduzione dei metodi rigorosi della Fisica e della Chimica-fisica negli studi vulcanologici è di data recente. Grazie ad essi la Vulcanografia classica si sta trasformando nella Vulcanologia moderna, che si può dire in pieno sviluppo da qualche decennio appena²⁷.

È significativo confrontare queste affermazioni con quelle di un altro autore che si esprimeva sullo stesso argomento, 36 anni dopo:

It would seem logical that the history of ideas on melting in the Earth would be synonymous with the history of volcanology. This is not the case, however, because up to the mid-1970s volcanology was essentially a descriptive endeavor, primarily devoted to the geomorphology of volcanic landforms, the geography of volcanic regions, and the chronology of eruptions. Until recently volcanologists have shown little insight into the physical processes of volcanic action and have often ignored the causes of the melting processes that lead to the formation of magma. Volcanology thus became a descriptive field, lacking rigor, and on the fringes of science, allied more with geography and geomorphology²⁸.

²⁷ A. Rittmann, *I progressi recenti della vulcanologia e le ricerche sull'Etna*, «Bollettino delle sedute dell'Accademia Gioenia di Catania», IV (1963), VII, 5, pp. 229-230.

²⁸ H. Sigurdsson, *Melting the Earth: the history of ideas on volcanic eruptions*, cit., p. VIII.

Questi due passaggi mostrano delle caratteristiche simili: la vulcanologia sarebbe stata un'impresa narrativo-descrittiva, *una vulcanografia*, accostabile alle ricerche dei geomorfologi e dei geografi, fino a quando non ha accolto dentro il suo campo di ricerca le metodologie della fisica e della chimica. A mio parere, Rittmann e Sigurdsson, più o meno implicitamente, relegano al grado di scienze *mollis* le altre discipline geologiche che concorrevano (e concorrono) al vasto campo di ricerche della vulcanologia, come se queste non conferissero un sufficiente grado di scientificità alla disciplina. Questa impostazione risente di un approccio nel quale la fisica e la matematica sono considerate le scienze regine perché hanno la maggiore capacità possibile di quantificare i fenomeni mentre alle altre discipline sarebbe riconosciuta solo una prospettiva storico-ermeneutica di approccio alla realtà, capacità considerata di secondo rango.

Un altro elemento è la mancanza di accordo sull'inizio della vulcanologia *moderna*. Se numerosissime fonti, come già visto, la individuano nell'eruzione del 1980 del Mount St. Helens, e Tilling nel 1902 con le tre disastrose eruzioni avvenute in America Centrale²⁹, Rittmann pone questo inizio in un momento indefinito della prima metà del Novecento, mentre Sigurdsson lo posticipa alla metà degli anni '70 dello stesso secolo. Poche fonti ma svariate interpretazioni: com'è possibile? Una prima risposta potrebbe trovarsi nella natura della vulcanologia novecentesca: la maggioranza delle ricerche, soprattutto negli ultimi quaranta/cinquant'anni ha visto protagonisti vulcanologi iperspecializzati che, molto spesso, lavorano in gruppi di ricerca. Nel ricostruire la propria storia, è molto probabile che il singolo vulcanologo appartenente a quest'epoca rinvenga con più facilità le origini della sua particolare specializzazione, operando un'interpretazione storica nella quale eleva la parte al tutto.

²⁹ R. I. Tilling, *Mount St. Helens 20 years later: What we've learned*, cit., p. 14.

Un altro elemento, che verrà approfondito nel corso di questo lavoro, è il rapporto delle discipline vulcanologiche con i paradigmi³⁰ maggioritari nelle Scienze della Terra, specialmente con le teorie geotettoniche globali³¹. Argomento ancora poco approfondito a livello storico, costituisce un campo di ricerca interdisciplinare incoraggiante poiché ciò a cui si assiste è la possibilità di una coevoluzione tra singole teorie e oggetti di studio che, partendo da un campo di ricerca, abbracciano discipline tra loro affini e dialogano dialetticamente col paradigma generale³².

Ritornando al problema del grado di modernità/scientifica della vulcanologia connesso alla sua evoluzione storica, va rilevato che nessuna delle più o meno brevi ricostruzioni proposte finora e provenienti dal settore vulcanologico ricorda gli studi vulcanologici di Giovanni Alfonso Borelli (1604-1679)³³. Borelli³⁴, naturalista seicentesco, approfittò dell'importante eruzione dell'Etna del 1669³⁵ per redigere un trattato innovativo, permeato da una nuova immagine della natura che si era diffusa in quel secolo grazie

³⁰ Esistono differenti definizioni di paradigma. Nel corso di questo lavoro verrà affrontato anche il problema del riconoscimento di uno o più paradigmi relativi alle geoscienze, alla vulcanologia e alle discipline limitrofe. Per una prima e generale definizione di paradigma, si può fare riferimento alla seguente: «Con tale termine voglio indicare conquiste scientifiche universalmente riconosciute, le quali, per un certo periodo, forniscono un modello di problemi e soluzioni accettabili a coloro che praticano un certo campo di ricerca» (T. Kuhn, *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, Torino, Einaudi, 2009, p. 10).

³¹ D. Musumeci, S. Branca and L. Ingaliso, *Magmatological Tectonics: Alfred Rittmann's paradigm*, «Earth Sciences History», 40 (2021), 1, pp. 266-281.

³² D. Musumeci, A. A. De Benedetti, S. Branca and L. Ingaliso, *Rittmann's heritage: A philosophical approach for current research*, in G. R. Foulger, L. C. Hamilton, D. M. Jurdy, C. A. Stein, K. A. Howard and S. Stein, (eds.), *In the Footsteps of Warren B. Hamilton: New Ideas in Earth Science*, Geological Society of America, 2022, Special Paper 553, pp. 21-28.

³³ G. A. Borelli, *Historia et meteorologia incendii Aetnaei anni 1669*, in officina Dominici Ferri, Regio Iulio, 1670.

³⁴ G. A. Borelli, *De motu animalium*, a cura di L. Ingaliso, Soveria Manelli, Rubbettino, 2021.

³⁵ Cfr. S. Branca, R. Azzaro, E. De Beni, D. Chester and A. Duncan, *Impacts of the 1669 eruption and the 1693 earthquakes on the Etna Region (Eastern Sicily, Italy): An example of recovery and response of a small area to extreme events*, «Journal of Volcanology and Geothermal Research», 303 (2015), pp. 25-40.

allo sperimentalismo galileiano³⁶. Probabilmente, si tratta della prima trattazione scientifica di ampio respiro di un vulcano e di una sua eruzione in Europa³⁷:

Più che scrivere, come vorrebbero alcuni storici recenti, il primo trattato di vulcanologia, egli costruisce una disciplina ben individuabile – che oggi possiamo chiamare vulcanologia – accorpando i fenomeni che appartengono al più generale e generalizzabile comportamento del vulcano³⁸.

La novità teorica-concettuale apportata da Borelli è ancora più chiara se si confronta con gli studi sull'eruzione del Vesuvio³⁹ del 1631⁴⁰, un evento che segnò il risveglio del vulcano dopo un periodo di quiescenza ed ebbe grande impatto sulla popolazione circostante. L'analisi degli scritti dell'epoca rivela come la mentalità degli studiosi fosse ancora fortemente influenzata dalla filosofia naturale aristotelica e dal rispetto delle opinioni dogmatiche della Chiesa cattolica⁴¹. Invece, dell'unica eruzione dei Campi

³⁶ «Borelli [...] is without doubt a man of the new science which calculates, weights, measures, constructs theoretical and real models of phenomena. [...] Beyond the method, the novelty of Borelli's book is that is the fruit of a new view of science which Galileo had defended openly, free from the bonds of metaphysics and of the revealed truth; independent in its methods and aims» (N. Morello, *Giovanni Alfonso Borelli and the eruption of Etna in 1669* in Id., *Volcanoes and History: Proceedings of the 20th INHIGEO Symposium, Napoli-Eolie-Catania (Italy), 19-25 September 1995*, cit., p. 399).

³⁷ «L'*Historia*, scritta su richiesta della Royal Society e del cardinale Leopoldo de' Medici, può essere considerata uno dei primi contributi scientifici alla nascita della moderna vulcanologia» (L. Ingaliso, *La machina vulcanica di Giovanni Alfonso Borelli*, Quaderni Leif, 2014, p. 50).

³⁸ Id., *Introduzione* in G. A. Borelli, *Storia e meteorologia dell'eruzione dell'Etna del 1669*, Giunti, Firenze, 2001, p. 44.

³⁹ <https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=211020> [12/9/2022].

⁴⁰ Cfr. M. Rosi, C. Principe and R. Vecci, *The 1631 Vesuvius eruption. A reconstruction based on historical and stratigraphical data*, «Journal of Volcanology and Geothermal Research», 58 (1993), 1-4, pp. 151-182.

⁴¹ C. Principe, *The 1631 eruption of Vesuvius: Volcanological concepts in Italy at the beginning of the XVIIth century* in N. Morello (a cura di), *Volcanoes and History: Proceedings of the 20th INHIGEO Symposium, Napoli-Eolie-Catania (Italy), 19-25 September 1995*, cit., pp. 525-542.

Flegrei⁴² avvenuta in epoca storica, ovvero nel 1538, abbiamo solo cronache e narrazioni dell'evento⁴³.

In primo luogo, possiamo affermare che la metodologia delle ricerche vulcanologiche è mutata radicalmente con l'avvento dell'era scientifica moderna e, successivamente, più volte nell'arco dei secoli. Negli ultimi decenni, il discorso è reso ancora più complesso dal fiorire di numerose specializzazioni in cui si articola la ricerca odierna. Infatti, gli studi prodotti e le discipline accademiche professate sono innervati da metodi, tecniche, ipotesi e teorie multi e interdisciplinari che vanno ad alimentare altre sotto-discipline. Un esempio, tra i tanti possibili attualmente nel mondo della vulcanologia, è rappresentato dalla vulcanotettonica⁴⁴.

L'avvento delle specializzazioni nel campo della scienza risale già all'Ottocento e il fenomeno dell'iperspecializzazione al '900, ma negli ultimi decenni ha preso avvento con un ritmo vertiginoso e una crescita incontrollata. Sebbene la possibilità di andare sempre più in profondità sia un evidente segnale dello stadio di maturità di una disciplina, è altrettanto evidente il risvolto della medaglia: l'atomizzazione delle conoscenze e delle competenze. Nonostante tutto, una forma di unitarietà è rappresentata dall'utilizzo dell'inglese come lingua franca per la comunicazione tra esperti:

⁴² <https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=211010> [13/10/2022].

⁴³ R. Scandone e L. Giacomelli, *Cronache di un'eruzione: la nascita di Monte Nuovo nel 1538*, «Ambiente Rischio Comunicazione», 2013, 5, pp. 25-30; A. Costa, M. A. Di Vito, G. P. Ricciardi, V. C. Smith and P. Talamo, *The long and intertwined record of humans and the Campi Flegrei volcano (Italy)*, «Bulletin of Volcanology», 84 (2022), 5, pp. 1-27.

⁴⁴ «Volcanotectonics is a comparatively new scientific field that combines various methods and techniques of geology and physics so as to understand the structure and behaviour of polygenetic (central) volcanoes and the conditions for their eruptions. More specifically, volcanotectonics uses the techniques and methods of tectonics, structural geology, geophysics, and physics to collect data on volcanoes, as well as to analyse and interpret the physical processes that generate those data. The focus is on processes responsible for periods of volcanic unrest, caldera collapses, and eruptions» (A. Gudmundsson, *Volcanotectonics, understanding the structure, deformation, and dynamics of volcanoes*, Cambridge University Press, Cambridge, 2020, Preface, p. XI).

La vulcanologia dispone oggi di una terminologia che le è propria, assai ricca, lessicalmente mista (sono universalmente adottati termini italiani, ispano-americani, francesi, oceaniani e così via), spesso amalgamata, per ragioni culturali e sociali, nella lingua scientifica oggi dominante, l'anglo-americano, e comunque adeguata ai contenuti del suo attuale patrimonio concettuale⁴⁵.

Da queste prime analisi, appare evidente come la questione sia complessa e sempre più intricata man mano che ci si avvicina al presente. Pur consapevole che non è possibile sciogliere tutti i problemi concettuali in un unico lavoro viste le problematiche di carattere quasi enciclopedico, l'obiettivo che ci si propone è di avvicinarsi il più possibile alla loro soluzione grazie agli strumenti offerti dalla storia e dalla filosofia della scienza. L'auspicio è che esse non si configurino solamente come delle terze vie a se stanti, ma riescano ad intrudersi nei campi di riferimento innestati nelle rispettive discipline umanistiche e scientifiche, riuscendo ad essere da ponte veicolando metodi, informazioni e pratiche da un campo all'altro, senza propagandare preferenze e pregiudizi culturali sulla presunta superiorità o primazia di una cultura sull'altra.

1.2. *L'importanza del Vesuvio negli studi vulcanologici internazionali*

Come già ricordato, va sottolineato come la vulcanologia si sia sviluppata con un duplice scopo: il primo, presente fin dall'antichità, nato dallo stupore e della meraviglia dell'osservazione di fenomeni immensamente più grandi e potenti di noi, è certamente quello di osservare e comprendere sempre meglio la natura dei vulcani. Il secondo aspetto è

⁴⁵ N. Morello, *Introduzione*, in G. A. Borelli, *Storia e meteorologia dell'eruzione dell'Etna del 1669*, cit., p. 55. Per un'analisi della lingua italiana nella vulcanologia tra XVI e XVII secolo cfr. R. Casapullo, *Descrivere un'eruzione: prodromi dell'italiano vulcanologico fra Seicento e Settecento (Gaspere Paragallo e Ignazio Sorrentino)*, Atti del XXVIII Congresso internazionale di linguistica e filologia romanza (Roma, 18-23 luglio 2016), s. I., 2018, pp. 17-27.

quello sociale, ovvero la protezione delle popolazioni che vivono in aree vulcaniche attive. I due fini sono strettamente legati poiché è evidente che lo studio della vulcanologia nella sua evoluzione storica non può non prendere atto di una serie di eruzioni importanti proprio perché questi eventi hanno avuto impatto sulla popolazione in termini di perdite umane ed economiche (cfr. Fig. 3)⁴⁶.

Eruption	Significance
Thera (Santorini), 1650 BC	One of the largest explosive eruptions on Earth; may have contributed to the decline of Minoan civilization
Vesuvius, AD 79	First major historical eruption to occur within range of major cities; first eruption to be documented by an eyewitness
Etna, 1669	Major lava flow event with widespread destruction in Catania from lavas
Lakagigar, 1783	Largest lava flow eruption on Earth; catastrophic impact on Iceland population from haze produced by volcanic gas emission
Asama, 1783	Local devastation from pyroclastic flows; country-wide impact in Japan from climate effects
Tambora, 1815	Largest historic volcanic eruption on Earth; highest eruption column (43 km); global sulfuric acid aerosol causes global climate change; largest known death toll of over 92,000 people
Krakatau, 1883	First large eruption of the modern age; severe impact and death toll from tidal waves (tsunami)
Mount Pelée, 1902	The classic example of a small eruption causing severe loss of life; the beginning of the study of pyroclastic flow and surge processes
Paricutin, 1943	The birth and growth of a new volcano observed
Bezymianny, 1956	One of the highest known eruption columns in a historic event (42 km)
Surtsey, 1963	Best evidence of magma–water interaction during explosive eruption
Mount St Helens, 1980	First major eruption to be monitored intensively with modern technology
El Chichon, 1982	Most widespread pyroclastic surges from a historic explosive event
Nevado del Ruiz, 1985	Another example of a small eruption causing severe loss of life; tragic example of lack of hazard mitigation measures
Pinatubo, 1991	Largest eruption of the twentieth century; major societal impact in Philippines; important global atmospheric effects

Fig. 3. Eruzioni che sono ricordate nella storia della vulcanologia per la novità dei fenomeni osservati e/o per l’impatto negativo sulle popolazioni circostanti⁴⁷.

⁴⁶ H. Sigurdsson, *The History of Volcanology* in H. Sigurdsson, B. Houghton, H. Rymer, J. Stix, S. McNutt (eds.), *Encyclopedia of Volcanoes*, cit., p. 16.

⁴⁷ Cfr. C. Oppenheimer, *Eruptions that Shook the World*, Cambridge, Cambridge University Press, 2011.

Eruzioni della stessa energia avvenute in luoghi disabitati del nostro pianeta ci sono state trasmesse con poche informazioni, seppur siano avvenute in epoca storica⁴⁸. In presenza di fonti storiche incerte, è utile confrontarle col dato scientifico che ha una primazia nell'analisi generale, perché, per esempio, lo studio di una colata lavica o un deposito piroclastico fornisce un'informazione precisa⁴⁹.

Nel paragrafo precedente, abbiamo visto quanto sia complessa la ricostruzione storica per l'età contemporanea. Dobbiamo considerare che la vulcanologia è una disciplina veramente internazionale, con passaggi evolutivi diversi da nazione a nazione, legati alla fondazione di istituti scientifici e, considerando i numerosissimi fenomeni vulcanici avvenuti nelle ultime migliaia di anni, osserviamo come l'Italia sia considerata una delle culle della vulcanologia anche per via delle molte eruzioni che hanno interessato territori ampiamenti urbanizzati.

A causa della sua collocazione geodinamica, l'Italia ospita sul suo territorio numerosi vulcani: sia attivi che estinti. Sono considerati attivi i vulcani per i quali è stato possibile riconoscere segni di attività negli ultimi 10.000 anni. Tra i vulcani attivi alcuni sono in fase di riposo o di quiete: Colli Albani, Campi Flegrei, Vesuvio, Ischia, Stromboli, Lipari, Vulcano, Etna, Pantelleria, Isola Ferdinandea⁵⁰.

Numerosi i vulcani spenti sul suolo italiano⁵¹, così come notevole è il numero dei vulcani sottomarini⁵²: quando si trovano vicino alla superficie

⁴⁸ Cfr. M. Jung Lee, P. R. Kyle, N. A. Iverson, J. I. Lee and Y. Han, *Rittmann volcano, Antarctica as the source of a widespread 1252 ± 2 CE tephra layer in Antarctica ice*, «Earth and Planetary Science Letters», 521 (2019), pp. 169-176.

⁴⁹ S. Branca and L. Vigliotti, *Finding of an historical document describing an eruption in the NW flank of Etna in July 1643 AD: timing, location and volcanic products*, «Bulletin of Volcanology», 77 (2015), 95, pp. 1-6.

⁵⁰ <https://ingvulcani.com/vulcani-in-italia/> [27.9.2022].

⁵¹ Etna e Stromboli sono attualmente in uno stato di attività persistente, tutti gli altri sono in una fase di quiescenza. In passato, se un vulcano non aveva avuto attività eruttive in epoca storica e non vi erano evidenze di attività presente, veniva messa in dubbio la possibilità di nuove eruzioni. Successivamente, vennero considerati come potenzialmente attivi, quindi

marina, durante le loro attività possono dar vita ad isole effimere; un caso celebre è quello dell'Isola Ferdinandea⁵³ e della sua eruzione nel 1831⁵⁴. Tra i vulcani sottomarini, molto noto è il vulcano Marsili⁵⁵, considerato attivo, balzato alle cronache giornalistiche anni fa per il timore che il crollo di uno dei suoi fianchi potesse generare disastrosi tsunami lungo le coste tirreniche. Il timore sembra essere infondato poiché, vista la profondità della sua cima (-500 m s. l. m.) e dei suoi fianchi, un eventuale collasso avrebbe conseguenze ininfluenti in superficie⁵⁶. Dal punto di vista storico, uno dei vulcani più conosciuti e famosi al mondo è certamente il Vesuvio:

quiescenti, i vulcani che avevano avuto attività negli ultimi 10000 anni. Si scoprì successivamente che alcuni vulcani hanno periodi di riposo anche di diverse decine di migliaia di anni; quindi, attualmente si considera quiescente un vulcano che stia osservando un periodo di riposo inferiore o uguale al massimo periodo di quiescenza conosciuto nella sua storia geologica. Simili ragionamenti pongono l'accento sull'importanza del ragionamento storico in certi ambiti della vulcanologia e della geologia in generale. Dal punto di vista strettamente scientifico, alcuni vulcani considerati estinti potrebbero in realtà eruttare nuovamente nelle prossime migliaia d'anni. «We may consider a volcano or volcanic field [...] active if the time length of the current repose is several times longer than its longest previous repose. Therefore, we may classify volcanoes or volcanic fields as active when they may potentially become active in the future and as extinct when it is not possible for them to become active again» (R. Scandone, S. Bartolini and J. Martí, *A scale for ranking volcanoes by risk*, «Bulletin of Volcanology», 78 (2016), 2, p. 2).

⁵² D'Angelo S., Fiorentino A., Giordano G., Pensa A., Pinton A e Vita L. (a cura di), *Atlante delle Strutture Vulcaniche Sottomarine Italiane*, Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia, Roma, ISPRA, 2019, 104.

⁵³ <https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=211070>; <https://ingvvulcani.com/ferdinandea/> [27.9.2022].

⁵⁴ Cfr. M. Carapezza, P. Ferla, P. M. Nuccio and M. Valenza, *Caratteri petrologici e geochimici delle vulcaniti dell'Isola Ferdinandea*, «Rendiconti della Società Italiana Mineralogia e Petrologia», 1979, 35, pp. 377–388.

⁵⁵ <https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=211080>; <https://ingvvulcani.com/marsili/> [27.9.2022].

⁵⁶ Non tutti gli studiosi sono concordi su questa prospettiva. Nonostante i notevoli progressi delle geoscienze negli ultimi decenni, i fondali oceanici rimangono, ad un livello di dettaglio, ancora poco conosciuti (cfr. A.-C. Wöfl., H. Snaith, S. Amirebrahimi, C. W. Devey, B. Dorschel, V. Ferrini, V. A. I. Huvenne, M. Jakobsson, J. Jencks, G. Johnston, G. Lamarche, L. Mayer, D. Millar, T. H. Pedersen, K. Picard, A. Reitz, T. Schmitt, M. Visbeck, P. Weatherall and R. Wigley, *Seafloor Mapping – The Challenge of a Truly Global Ocean Bathymetry*, «Frontier in Marine Sciences», 6 (2019), 283, pp. 1-16). I fenomeni vulcanici sottomarini sono quelli meno conosciuti. Un esempio è il caso di Linosa, isola-vulcano del Mar di Sicilia ritenuto spento da circa mezzo milione di anni cfr. <https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=211821> [27.9.2022]. La datazione però si riferisce solo ai prodotti subaerei. Recenti studi sulla sua componente sottomarina (costituente più

Vesuvius is one of the most studied volcanoes in the world because of its long time interval with historic eruptions (2000 years; one of the longest eruptive histories in the world) and its easy accessibility. The discovery and excavation of Pompeii and Herculaneum in the 1700s added to its fame and it became the volcano on which new theories of Earth Science were tested. Many neapolitan and foreign scholars described with accuracy the numerous eruptions during this long period, and, since 1600, several chronicles described not only the main eruptions but also the slight changes of volcanic activity⁵⁷.

Proprio al Vesuvio è legato il ricordo della disastrosa eruzione del 79 d. C. che distrusse le città di Pompei, Ercolano e Stabia causando la morte di almeno 1900 individui e la fuga di un numero imprecisato di persone⁵⁸. Le città rimasero sepolte fino al 1738, anno in cui cominciarono i primi scavi ad Ercolano; dieci anni dopo stessa sorte toccò a Pompei⁵⁹. Ci è giunto il resoconto dettagliato dell'eruzione grazie a due lettere indirizzate da Plinio il Giovane a Tacito, nella quali il naturalista romano descrisse la morte dello zio Plinio il Vecchio deceduto proprio a causa dell'eruzione del vulcano campano.⁶⁰ Lo studio di questa eruzione, probabilmente la più studiata nella

del 96% del suo volume) hanno rilevato edifici vulcanici con età molto più recenti, intorno ai 18k anni fa. Cfr. R. Tonielli, S. Innangi, G. Di Martino and Claudia Romagnoli, *New bathymetry of the Linosa volcanic complex from multibeam systems (Sicily Channel, Mediterranean Sea)*, «Journal of Maps», 15 (2019), 2, pp. 611-618; C. Romagnoli, V. Belvisia, S. Innangi, G. Di Martino and R. Tonielli, *New insights on the evolution of the Linosa volcano (Sicily Channel) from the study of its submarine portions*, Marine Geology, 2020, p. 106060.) Il vulcano potrebbe quindi essere ancora attivo.

⁵⁷ Cfr. R. Scandone, L. Giacomelli and P. Gasparini, *Mount Vesuvius: 2000 years of volcanological observations*, «Journal of Volcanology and Geothermal Research», 58 (1993), p. 5.

⁵⁸ Cfr. R. Scandone, L. Giacomelli and M. Rosi, *Death, Survival and Damage during the 79 AD Eruption of Vesuvius which destroyed Pompeii and Herculaneum*, «Journal of Research and Didactic in Geography», 2 (2019), 8, pp. 5-30; L. Giacomelli, R. Scandone and M. Rosi, *The loss of geological memory of past catastrophes: the case of Pompeii* in M. A. Di Vito, F. Foresta Martin and M. C. Martinelli (eds.), *When volcanologists meet archeologists and other disciplines*, «Annals of Geophysics», 64 (2021), 5, pp. 1-17.

⁵⁹ L'inizio di questi scavi diede un notevole impulso sia agli studi vulcanologici che a quelli archeologici. Per approfondire le relazioni tra le due discipline cfr. M. D. Elson and M. H. Ort, *Archaeological Volcanology* in S. L. López Varela (ed.), *The Encyclopedia of Archaeological Sciences*, New York, John Wiley & Sons, 2018, pp. 1-5.

⁶⁰ Per questo motivo questo stile di eruzioni è definito *pliniano*. Cfr. R. Cioni, M. Pistolesi and M. Rosi, *Plinian and Subplinian eruptions* in H. Sigurdsson, B. Houghton, S. McNutt, H. Rymer and J. Stix (eds.), *The Encyclopedia of Volcanoes*, cit., pp. 519-535.

storia della vulcanologia, è ancora in corso⁶¹, così come il dibattito sui metodi di conservazione delle vittime e dei depositi vulcanici. Infatti:

Of the great explosive eruption of Vesuvius in 79 CE in Pompeii there are very few traces of primary volcanic deposits left by archaeological excavations, both ancient and recent. [...] The number of volcanology works, especially those contemporary to the archaeological excavation, the only moment in which the products can still be critically examined and studied, is inadequate to the importance of the event and its consequences on an inhabited area. The outcrops, once eliminated, do not allow any further revision, perhaps updated on the basis of new knowledge, nor debate with different opinions and skills. [...] The only way to preserve the volcanological information for future investigation and understanding is leaving a few examples of outcrops within the city with their impact on edifices not totally excavated⁶².

Il Vesuvio è da secoli sotto l'occhio attento di viaggiatori e studiosi (Fig. 4). «Rispetto all'Etna, Stromboli e Vulcano, godeva della specialità di un Osservatorio sul vulcano in grazia del quale si poteva venire a conoscenza di tutte le sue manifestazioni eruttive, moderate o parossistiche senza dover prima chiedere alle lontane autorità permessi per sopraluoghi ed escursioni; è questa la causa principale per cui la storia del Vesuvio è più completa di quella degli altri vulcani, tanto che la vulcanologia è in gran parte Vesuviologia»⁶³.

È doveroso fare alcune precisazioni: bisogna ricordare che l'Etna vanta una documentazione storica (2700 anni) maggiore di quella del Vesuvio e che, quindi, se la nozione di *Vesuviologia* è innegabile sotto certi

⁶¹ Cfr. L. Giacomelli, A. Perrotta, R. Scandone and C. Scarpati, *The eruption of Vesuvius of 79 AD and its impact on human environment in Pompeii*, «Episodes Journal of International Geoscience», 26 (2003), 3, pp. 235-238; D. M. Doronzo, M. A. Di Vito, I. Arienzo, M. Bini, B. Calusi, M. Cerminara, S. Corradini, S. de Vita, B. Giaccio, L. Gurioli, G. Mannella, G. P. Ricciardi, I. Rucco, D. Sparice, M. Todesco, E. Trasatti and G. Zanchetta, *The 79 CE eruption of Vesuvius: A lesson from the past and the need of a multidisciplinary approach for developments in volcanology*, «Earth-Science Reviews», 2022, 231, pp. 1-29.

⁶² Cfr. L. Giacomelli, R. Scandone and M. Rosi, *The loss of geological memory of past catastrophes: the case of Pompeii* in M. A. Di Vito, F. Foresta Martin and M. C. Martinelli (eds.), *When volcanologists meet archeologists and other disciplines*, cit., p. 17.

⁶³ G. P. Ricciardi, *Gli studi dell'Osservatorio Vesuviano sull'Etna: da Mercalli a Imbò in Aa. Vv., Etna 1928-2018. A 90 anni dall'eruzione e dalla ricostruzione di Mascalì, Riposto, La Rocca, 2020, p. 35.*

punti di vista, non è però assoluta e, in una prospettiva storica più completa, anche la grande importanza del Vesuvio va contestualizzata e al suo fianco vanno poste altre grandi tradizioni di studio.

Il vulcano Etna è caratterizzato da una frequente e talvolta persistente attività eruttiva prodotta dai suoi crateri sommitali, marcata dall'occorrenza di periodiche eruzioni laviche prodotte da fessure eruttive che si aprono lungo i suoi fianchi fino a bassa quota, come storicamente riportato negli ultimi 2700 anni, a partire dall'età ellenica⁶⁴.

Mettendo insieme i lavori di viaggiatori, naturalisti e scienziati degli Istituti⁶⁵ ci rende conto di quanto sia imponente la quantità di lavori composti sul Vesuvio negli ultimi secoli⁶⁶. Così come numerose sono le sintesi storiche prodotte su di esso, al punto che si potrebbe profilare all'orizzonte uno studio di sintesi storiografica della vulcanologia vesuviana. E ancora oggi il vulcano è oggetto di nuove interpretazioni sia dal punto di vista storico che da quello strettamente scientifico⁶⁷, senza

⁶⁴ S. Branca, M. Coltelli e G. Groppelli, *Carta Geologica del Vulcano Etna. Introduzione* in S. Branca, M. Coltelli e G. Groppelli (eds.), *Carta Geologica del Vulcano Etna*, Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia, XCVIII, 2015, p. 5. Cfr. J. C. Tanguy, *Les Eruptions historiques de l'Etna: chronologie et localisation*, «Bulletin of Volcanology», 44 (1981), 3, pp. 586-640; S. Branca and P. Del Carlo, *Eruptions of Mt Etna During the Past 3,200 Years: A Revised Compilation Integrating the Historical and Stratigraphic Records* in A. Bonaccorso, S. Calvari, M. Coltelli, C. Del Negro and S. Falsaperla (eds.), *Etna Volcano Laboratory*, AGU (Geophysical monograph), 2004, 143, pp. 1-27; Id., *Types of eruptions of Etna Volcano AD 1670-2003: Implications for short-term eruptive behaviour*, «Bulletin of Volcanology», 2005, 67, pp. 732-742.

⁶⁵ «Contributi preziosi sono dovuti anche ad altri vulcanologi privati di grande valore, come Henry James Johnston-Lavis (1865-1914) e Frank Alvord Perret (1867-1943). Una impresa da ricordare fu quella di Karl Gottfried Immanuel Friedlander (1871-1948) che nel 1911 fondò l'Istituto di Vulcanologia di Villa Herta sulla collina del Vomero a Napoli» (A. Nazzaro, *Il Vesuvio. Storia eruttiva e teorie vulcanologiche*, Napoli, Liguori, 2001, p. 122). Nel 1934 quest'Istituto chiuse cfr. D. Musumeci, S. Branca and L. Ingaliso, *Magmatological Tectonics. Alfred Rittmann's paradigm*, cit., p. 262.

⁶⁶ Per un'analisi dell'importanza del Vesuvio e del suo studio all'interno della storia della vulcanologia e delle geoscienze cfr. E. Cubellis, G. Luongo and F. Obrizzo, *Cultural climate in Naples between the birth and development of volcanology*, «Rendiconti Online della Società Geologica Italiana», 2017, 43, pp. 64-78.

⁶⁷ Cfr. L. Lirer, M. C. Chiroasca, R. Munno, P. Petrosino e M. Grimaldi, *Il Vesuvio ieri, oggi e domani*, Napoli, Regione Campania, 2005; B. De Vivo (ed.), *Volcanism in the Campania Plain: Vesuvius, Campi Flegrei and Ignimbrites*, Amsterdam-Oxford-Cambridge, Elsevier, 2006; G. P. Ricciardi, *Diario del Monte Vesuvio. Venti secoli di immagini e cronache di un vulcano nella città*, Napoli, Edizioni Scientifiche e Artistiche, 2009; B. De Vivo, P.

considerare l'inesauribile rapporto tra vulcanologia e archeologia del territorio campano foriere di continue ricerche⁶⁸.

Proprio perché l'argomento è così vasto, non s'intende farne qui una sintesi ma sottolineare solamente gli aspetti principali dell'importanza del Vesuvio per la storia della vulcanologia⁶⁹, ben espressi in un articolo scientifico di pochi anni fa in sei punti:

- the first written account of an explosive eruption in 79 AD to hit the densely inhabited cities of Pompeii and Herculaneum. The term Plinian, used to define the large explosive eruptions, derives from the description of Pliny the Younger of that very eruption;
- a 2000 year long historical eruptive record;
- a volcano that was particularly active during the Enlightenment, when new theories on physical nature were developed;
- the discovery, at the beginning of 1700, of the buried cities of Pompeii and Herculaneum led to the birth of a new discipline, archaeology;
- its activity and the presence of the Roman ruins made it one of main places to be visited, when Naples was an important European capital during the Grand Tour made by European scholars;
- it entered a prolonged repose period after the 1944 eruption, and since then there has been a large increase in the density of the population at its base, making it a case study for the Civil Protection to face possible future eruptions⁷⁰.

Petrosino, A. Lima, G. Rolandi and H. E. Belkin, *Research progress in volcanology in the Neapolitan area, southern Italy: a review and some alternative views*, «Mineralogy and Petrology», 99 (2010), 1-2, pp. 1-28; S. Carlino, *Neapolitan Volcanoes. A Trip Around Vesuvius, Campi Flegrei and Ischia*, Cham, Springer, 2019; B. De Vivo, H. E. Belkin and G. Rolandi (eds.), *Vesuvius, Campi Flegrei and Campanian Volcanism*, Amsterdam-Oxford-Cambridge, Elsevier, 2020.

⁶⁸ Cfr. L. Giacomelli e R. Scandone, *Pompei sotto il Vesuvio. L'eruzione del 79 d.C. raccontata da superstiti e vittime, tra pomici e ceneri*, Independently published, 2019; Id., *Pompei sotto il Vesuvio. Cercavano ori hanno trovato uomini*, 2-1, Independently published, 2021; Id., *Pompei sotto il Vesuvio. Cercavano ori hanno trovato uomini*, 2-2, Independently published, 2021; Id., *Pompei sotto il Vesuvio. Cercavano ori hanno trovato uomini*, 2-3, Independently published, 2021.

⁶⁹ «Il termine lava è stato utilizzato inizialmente per indicare i torrenti di acqua mista a fango che scendevano dalle colline intorno alla città di Napoli dopo violenti acquazzoni. Tumultuosi torrenti, gonfi di ceneri e altro materiale vulcanico, sono descritti nelle cronache delle eruzioni storiche del Vesuvio e sono stati talvolta interpretati come eventi eruttivi. Un quartiere napoletano, frequentemente soggetto a questi fenomeni, veniva chiamato “il Lavinaio”. Con l'eruzione del Vesuvio del 1737, il termine “lava di fuoco” venne impiegato per descrivere le colate di lava vere e proprie» (L. Giacomelli, F. Foresta Martin e R. Scandone, *La penisola dei vulcani. L'attività vulcanica in Italia tra ricerca e prevenzione*, Milano, Francesco Brioschi, 2022, p. 49).

⁷⁰ R. Scandone and L. Giacomelli, *Vesuvius, Pompeii, Herculaneum: a lesson in natural history*, «Journal of Research and Didactics in Geography», 2 (2014), 3, pp. 33-41.

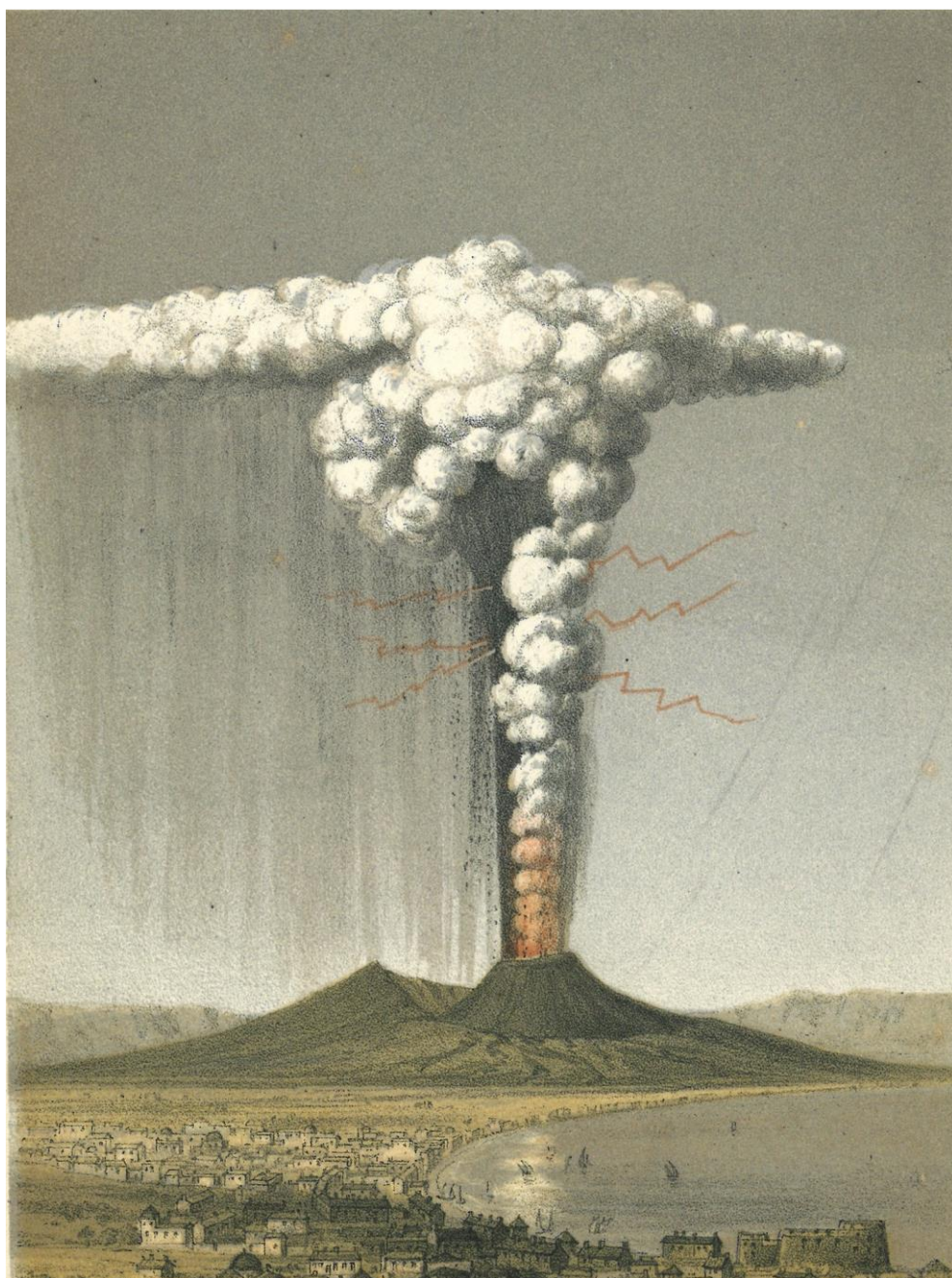


Fig. 4. Il Vesuvio durante l'eruzione del 1822⁷¹.

⁷¹ G. J. P. Scrope, *Volcanoes: The Character of their Phenomena, their Share in the Structure and Composition of the Surface of the Globe, and their Relation to its Internal Forces with a Descriptive Catalogue of All Known Volcanoes and Volcanic Formations*, London, Longmans, Green, Reader and Roberts, 1862, *Frontespizio*.

Un problema enorme, di ordine teorico-pratico, rimane la prevenzione del rischio vulcanico⁷², soprattutto nell'area napoletana dove milioni di persone vivono a stretto contatto con tre vulcani quiescenti, Ischia, Campi Flegrei e Vesuvio⁷³. «L'alto rischio vulcanico del Vesuvio è determinato dal fatto che più di un milione di persone vivono nel raggio di 10 chilometri dal cratere, in una stratificazione demografica straordinaria»⁷⁴. Le eruzioni future metteranno a dura prova le popolazioni e testeranno i piani della Protezione Civile per salvare le vite umane che hanno proliferato in un territorio tanto bello e fertile quanto pericoloso⁷⁵.

Pur essendo tutto l'impianto del piano di emergenza basato su valutazioni probabilistiche, nelle attuali condizioni di rischio esso è tuttavia necessario e presuppone evidentemente lo studio storico-geologico del vulcano e la sorveglianza dei fenomeni precursori, che viene effettuata utilizzando strumentazione e tecnologie continuamente aggiornate quasi in una paradossale concorrenza con il rischio⁷⁶.

Ma la vulcanologia, tra fine '800 e metà del '900, non avanzava solo sul Vesuvio. Infatti:

I vulcanologi giapponesi hanno mirabilmente approfondito e perfezionato questa sorveglianza, con sensibilissimi strumenti geofisici e nel miglior modo possibile. Essi dispongono di grandi mezzi e di ottimi specialisti in tutti i rami della Geofisica e della Geochimica. Sul vulcano Asama Yama, per esempio, hanno impiantato dieci diverse stazioni sismiche collegate tutte con un osservatorio centrale, dove si compie la registrazione simultanea delle scosse segnalate dagli strumenti. Inoltre essi dispongono di numerose basi clinometriche, di un gran numero di attrezzature e stazioni portatili per misure gravimetriche, magnetometriche, clinometriche, ecc. Analoghi osservatori esistono presso altri vulcani attivi del Giappone. Ottime osservazioni geofisiche e studi geochimici vengono eseguiti anche dai russi

⁷² «Rischio = Probabilità (di eruzione) x Danno» (L. Giacomelli e R. Scandone, *Vulcani e Eruzioni*, Bologna, Pitagora, 2002, p. 188).

⁷³ Cfr. A. Rittmann, *Introduzione ai problemi del rischio vulcanico nell'area napoletana*, in *Atti del Convegno I vulcani attivi dell'area napoletana*, Napoli, Regione Campania, Provincia di Napoli, CNR, Osservatorio Vesuviano, IAVCEI, 1977, pp. 71-82.

⁷⁴ A. Nazzaro, *Il rischio Vesuvio. Storia e geodiversità di un vulcano*, Napoli, Guida, 2009, p. 140.

⁷⁵ F. Dobran, *Vesuvius. Education, Security and Prosperity*, Developments in Volcanology, Amsterdam-Oxford, Elsevier, 2006; L. Giacomelli e R. Scandone, *Quello che dovrete sapere su Vesuvio, Campi Flegrei e Ischia. Breve manuale di sopravvivenza in un'area vulcanica*, Independently Published, 2019.

⁷⁶ A. Nazzaro, *Il rischio Vesuvio. Storia e geodiversità di un vulcano*, cit., p. 156.

nel Kamciatka, dagli americani alle Hawaii e, fino a qualche tempo fa, dai belgi nei vulcani del Congo e dagli olandesi in Indonesia⁷⁷.

Questa testimonianza di Rittmann di sessant'anni fa riguardo lo sviluppo della vulcanologia, ci illumina sul fatto che la *Vesuviologia*, per quanto storicamente concreta e sicuramente centrale nell'oggetto di studi che stiamo indagando, non può essere l'unico criterio ermeneutico per approfondire i lineamenti della storia della vulcanologia. Il Mediterraneo è la culla della vulcanologia e il Vesuvio ha un posto d'onore ma, di fatto, le ricerche vanno allargate sia geograficamente che temporalmente.

La memoria geologica non coincide con la memoria storica e il Vesuvio quiescente, sebbene scientificamente rappresenti una sfida di prim'ordine per la comunità vulcanologica italiana ed internazionale, è solo una pallida figura del Vesuvio che nei secoli e millenni passati, ha illuminato, entusiasmato e, talvolta, distrutto le vite di numerosi uomini meritandosi il poetico appellativo di *sterminator Vesevo*⁷⁸.

Now that Vesuvius lies dormant, as it has since 1944, it is perhaps difficult to fully appreciate the significance that this single mountain holds for the natural history and science of volcanoes. But in the nineteenth century Vesuvius was the most accessible erupting volcano in the world, and became a crucible for the emerging science of volcanology⁷⁹.

1.3. Alcune definizioni tra storia e specializzazioni attuali

Molto interessante è anche osservare l'evoluzione storica delle definizioni di vulcano, vulcanismo e vulcanologia che, ovviamente, sono strettamente collegate tra loro⁸⁰. Dalle ricerche già effettuate, emerge quanto

⁷⁷ A. Rittmann, *I progressi recenti della vulcanologia e le ricerche sull'Etna*, cit., pp. 231-232.

⁷⁸ G. Leopardi, *Canti*, Milano, Rizzoli, 2010, canto XXXIV.

⁷⁹ D. M. Pyle, *Visions of Volcanoes*, «Interdisciplinary Studies in the Long Nineteenth Century», 19 (2017), 25, p. 19.

⁸⁰ E. Cañón-Tapia and A. Szakács (eds.), *What Is a volcano?*, Boulder, The Geological Society of America, Special Paper 470, 2010.

affermando inizialmente, cioè una visione complessa, non univoca, con un proliferare di studi e definizioni a partire dalla seconda metà del '900 e un aumento marcato negli ultimi quarant'anni. Una delle definizioni più onnicomprensive di vulcano formulate recentemente è la seguente, qui riportata nella sua versione sintetica: «A volcano is a geologic environment that, at any scale, is characterized by three linked elements: magma, eruptions, and edifice»⁸¹.

La vulcanologia attuale è una scienza marcatamente interdisciplinare⁸²:

En ce début de millénaire, la réduction des risques naturels demeure une priorité. La prévision et la prévention des éruptions volcaniques s'intègrent dans ce cadre. La connaissance des volcans et des magmas a fait des progrès immenses au cours des dernières années, que le présent livre se propose de refléter: par exemple, les chambres magmatiques sont maintenant bien connues voire modélisées, les quantités de matériaux et d'énergie mises en jeu lors d'éruptions actuelles ou anciennes sont parfaitement quantifiées. La volcanologie, science typiquement interdisciplinaire, s'appuie sur plusieurs domaines: pétrographie et minéralogie (étude des roches et de leurs constituants), sédimentologie (agencements des dépôts), géochimie (analyse des phases solides et fluides), tectonique globale (situation des volcans dans les différents contextes géologiques), géophysique (mesure physique des paramètres), planétologie (reconnaissance des volcans extraterrestres)⁸³.

⁸¹ A. Borgia, M. Aubert, O. Merle and B. van Wyk de Vries, *What is a volcano?* in E. Cañón-Tapia and A. Szakács (eds.), *What Is a volcano?*, cit., p. 7. Nel saggio è presente una visione sinottica delle definizioni più significative di vulcano proposte tra il 1845 e il 2008; essa è riportata nell'*Appendice I* del presente lavoro, pp. 165-167. La definizione estesa di vulcano elaborata è la seguente: «Volcanoes are geologic environments where magma, generated at a source within the crust or mantle, flows upward and is subject to varying amounts of physicochemical evolution, intruding and reacting with the encasing rocks and other magma, and originating a geothermal system. Once near the lithosphere top (that is, of a major rigid-fluid, high-low density zone of interface) the magma erupts, piercing the interface. Volcanic deposits are accumulated from eruptions giving rise to a volcanic edifice. In turn, these deposits may become intruded or modified by magma, eruptions, geothermal fluids, tectonics, erosion, landsliding, and all other kinds of geologic processes. The boundaries of this environment (volcano) are frequently time dependent, transitional, ill-defined, or unknown. However, working boundaries can be based on different arguments using factors such as geometry, morphology, and structure» (*Ibid.*).

⁸² Per una riflessione sull'interdisciplinarietà cfr. R. Frodeman and C. Mitcham, *New Directions in Interdisciplinarity: Broad, Deep, and Critical*, «Bulletin of Science, Technology & Society», 27 (2007), 6, pp. 506-514; R. Frodeman, J. Thompson Klein and R. C. S. Pacheco (eds.), *The Oxford Handbook of Interdisciplinarity*, Oxford, Oxford University Press, 2017.

⁸³ J.-M. Bardintzeff, *Volcanologie*, Paris, Dunod, 2011, pp. 2-3.

Ad ulteriore supporto di ciò, Valerio Acocella, nella prefazione del suo volume di *Vulcano-tettonica*, afferma:

Boosted by an impressive technological support, volcanology currently relies on continuous inputs from several disciplines within the geoscience field, as well as from independent disciplines in different fields of science, including mathematics, physics, chemistry, engineering, statistics and informatics. The result of this integration is the firm establishment of several modern research branches making up current volcanology⁸⁴.

Quindi, come già affermato nel primo paragrafo di questo capitolo, la vulcanologia internazionale, soprattutto dal secolo scorso, è stata innervata da metodi e tecniche derivanti da settori di ricerca ben distinti tra loro⁸⁵: è questo il caso dei contributi provenienti dal campo geologico, da quello geofisico e da quello geochimico e da applicazioni che attraversano trasversalmente i suddetti campi di ricerca. «I metodi di indagine geologica si dedicano principalmente allo studio dei depositi accumulati eruzione dopo eruzione intorno ad un vulcano, con l'obiettivo finale di risalire ai processi eruttivi che li hanno prodotti»⁸⁶.

Nel campo della vulcanologia fisica⁸⁷, va segnalata l'opera pionieristica di Sigurdur Thorarinsson (1912-1983)⁸⁸, che operò nel campo della tefrocronologia sviluppandone i primi studi in Islanda:

The fundamental principles of tephrocronology were developed in Iceland through the classic research of Professor Sigurdur Thorarinsson in the 1940's and 1950's. [...] Since Thorarinsson's pioneering work, the study of tephra has become a powerful and increasingly important research tool in many branches of the geological sciences and related disciplines. [...] Tephrocronology, combined with studies of the distribution, grain size and

⁸⁴ V. Acocella, *Volcano-Tectonic Processes*, Advances in Volcanology, Cham, Springer Nature Switzerland AG, 2021, p. XI.

⁸⁵ F. Stoppa (ed.), *Updates in Volcanology – A comprehensive approach to volcanological problems*, Rijeka, InTech, 2011, p. XII.

⁸⁶ L. Giacomelli e R. Scandone, *Vulcani e Eruzioni*, cit., p. 102. Cfr. anche G. Groppelli, C. Principe and R. Sulpizio, *Geological data in volcanology: Collection, organisation and applications*, «Journal of Volcanology and Geothermal Research», 2019, 385, 1-2.

⁸⁷ R. A. F. Cas and J. V. Wright, *Volcanic Successions, Modern and Ancient*, London, Allen & Unwin, 1987.

⁸⁸ H. Björnsson, *Sigurdur Thorarinsson—1912-1983*, «Journal of Glaciology», 29 (1983), 103, pp. 521-523.

compositional variations in tephra layers, provides fundamental information on the frequencies, styles and magnitudes of volcanic eruptions from individual volcanic centers⁸⁹.

Riguardo alla fisica del vulcanismo⁹⁰, si osserva come la disciplina abbia avuto una grande crescita negli ultimi decenni e, più d'una volta ricorre il nome di George Walker (1926-2005)⁹¹:

Our knowledge of the physics of how volcanoes work has expanded enormously over the past 40 years, as have our methods of studying volcanic processes. In the late 1960s, George Walker conducted experiments into the fall-out of volcanic particles from eruption clouds by using stopwatches to time the fall of pieces of tephra dropped down a stairwell at Imperial College, London⁹².

Il primo vulcano sul quale vennero registrati terremoti di origine vulcanica fu il Vesuvio, seguito dal Pelée⁹³ (Martinique) e dal Kilauea⁹⁴. In questo campo della sismologia vulcanica, contributi storicamente importanti storicamente vennero dal Giappone, grazie agli studi di Fusakichi Omori (1868-1923):

As a science, volcanic seismology was born when the Japanese seismologist Fusakichi Omori began his investigations of seismic signals related to the 1910 eruptions of Usu and Asama volcanoes [...] and the 1914 eruption of Sakurajima volcano [...]. Omori defined the volcanic earthquake as “seismic disturbance, which is due to the direct action of the volcanic force, or one whose origin lies under, or in the immediate vicinity of, a volcano, whether active, dormant, or extinct” (Omori, 1912)⁹⁵.

⁸⁹ S. Self and R. S. J. Sparks, *Preface* in S. Self and R. S. J. Sparks (eds.), *Tephra studies*, Dordrecht, Reidel, 1981, pp. XIII-XIV. Cfr. anche D. J. Lowe, P. M. Abbott, T. Suzuki and B. J. L. Jensen, *Global tephra studies: role and importance of the international tephra research group “Commission on Tephrochronology” in its first 60 years*, «History of Geo- and Space Sciences», 2022, 13, pp. 93-132.

⁹⁰ L. Civetta, P. Gasparini, G. Luongo and A. Rapolla, *Physical Volcanology*, Amsterdam-New York, Elsevier, 1974; J. S. Gilbert and R. S. J. Sparks (eds), *The Physics of Explosive Volcanic Eruptions*, *The Geological Society London, Cambridge, Cambridge University Press*, 145, 1998; R. Scandone e L. Giacomelli, *Vulcanologia. Principi fisici e metodi d'indagine*, Napoli, Liguori Editore, 1998.

⁹¹ A Walker sarà dedicato un breve approfondimento nel corso del presente lavoro.

⁹² E. A. Parfitt and L. Wilson, *Fundamentals of Physical Volcanology*, Malden-Oxford-Carlton, Blackwell, 2008, p. IX.

⁹³ <https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=360120> [17.10.2022].

⁹⁴ <https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=332010> [17.10.2022].

⁹⁵ V. M. Zobin, *Introduction to Volcanic Seismology*, London-Waltham, Elsevier, 2012, p. 9.

Altri importanti studiosi in questo campo furono Takeshi Minakami (1909-1985), Georgy Stepanovich Gorshkov (1921-1975) e Pavel Ivanovich Tokarev (1923-1993)⁹⁶. Di particolare importanza per le ricerche attuali sono stati gli sviluppi riguardanti la geodesia e le varie tipologie di misure delle deformazioni del suolo (Fig. 5), applicazioni che hanno permesso notevoli passi in avanti nel monitoraggio vulcanologico.

For many volcanoes, ground deformation is among the most useful indicators of the general state of the volcano and of any impending eruption. Magmatic pressure increases cause the ground surface to move upward and away from the pressure source, with the reverse pattern occurring with a pressure decrease. Thus in simple terms volcanoes swell up or inflate before erupting and deflate during eruption. The details of this process and the timescales involved vary from volcano to volcano, and the time history of pressure changes and deformation can be complex. Some volcanoes accumulate large volumes of magma in the shallow subsurface between eruptions, causing large deformation and gravity change signals observable over years, while in other cases relatively small changes are seen before eruption. Deformation measurements are valuable both for understanding where magma resides at depth and for monitoring during volcanic crises⁹⁷.



FIGURE 64.12 The ruins of the market of Serapeo at the center of Campi Flegrei caldera (Naples, Italy) provide a classic example of long-term caldera unrest. When built in ancient Roman times, the market must have been above sea level, yet by 1834 (left), it had sunk below sea level, and the mollusk borings more than a meter up the columns indicate lengthy periods even further below sea level prior to this. However, recent surveying measurements show that the region rose by 3.3 m between 1969 and 1984, raising the whole market well above sea level again by 1991 (right).

⁹⁶ Ivi, pp. 12-14-15.

⁹⁷ J. T. Freymueller, J. B. Murray and H. Rymer, *Ground Deformation, Gravity, and Magnetism* in H. Sigurdsson, B. Houghton, S. McNutt, H. Rymer and J. Stix (eds.), *The Encyclopedia of Volcanoes*, cit., pp. 1100-1123.

Fig. 5. Il bradisismo del vulcano Campi Flegrei al mercato del Serapeo, Pozzuoli⁹⁸.

Riguardo alle metodologie geofisiche applicate alla vulcanologia, vi è anche il paleomagnetismo⁹⁹, tecnica che in Italia ha avuto tra le sue avanguardie Roberto Lanza (1945-2013)¹⁰⁰.

Relativamente agli apporti dal campo della geochimica, un pioniere del monitoraggio geochimico dei vulcani fu certamente Ludovico Sicardi (1895-1978)¹⁰¹.

Sicardi was a chemist and a pharmacist, who was passionate about volcanoes and, in particular, enraptured by the island of Vulcano (Eolie - Sicily). During his several field trips in Vulcano, he observed and described the fumarolic field on systematic basis, measuring the temperatures and recording their variations over time (Sicardi, 1973). He was the first to perform chemical analysis of fluids emitted by fumaroles in Vulcano Island and Solfatara. Furthermore, he was the former to suppose the coexistence of SO₂ and H₂S in fumarolic discharges, which by that time was considered to be impossible. Also, he succeeded in measuring their ratio by developing an in situ method that chemically separate the S-gaseous species¹⁰².

Tra gli sviluppi della vulcanologia novecentesca, vanno sicuramente inserite le applicazioni nella geotermia¹⁰³, con alcuni lavori storicamente rilevanti prodotti da Rittmann e da Claudio Sommaruga (1920-2012)¹⁰⁴.

⁹⁸ Testo e didascalia da Ivi, p. 1117.

⁹⁹ R. F. Butler, *Paleomagnetism: Magnetic Domains to Geologic Terranes*, London, Electronic Edition, 2004.

¹⁰⁰ R. Lanza and A. Meloni, *The Earth's Magnetism. An Introduction for Geologists*, Berlin-Heidelberg Springer, 2006.

¹⁰¹ S. Calabrese, L. Li Vigni, F. Brugnone, G. Capasso, W. D'Alessandro, F. Parello and P. Ferla, *The precious treasure of Mariano Valenza: the history of Ludovico Sicardi and the birth of geochemical volcano monitoring*, «Italian Journal of Geosciences», 139 (2020), 3, pp. 413-435.

¹⁰² S. Calabrese, L. Li Vigni, F. Brugnone and G. Capasso, *The precious "scientific heritage" of Mariano Valenza: the unknown history of Ludovico Sicardi and the birth of the modern volcanology* in Congresso SIMP-SGI-SOGEI 2019 *Abstract Book*, 2019. Cfr. M. Carapezza, *Come prevedere le eruzioni, Ludovico Sicardi lo scoprì 60 anni fa a Vulcano* in M. Carapezza, *Molti fuochi ardono sotto il vulcano. Di terremoti, vulcani e statue*, Palermo, Sellerio, 2017, pp. 209-217.

¹⁰³ K. Wohletz and G. Heiken, *Volcanology and Geothermal Energy*, Berkeley-Los Angeles-Oxford, University of California Press, 1992.

¹⁰⁴ A. Rittmann, *Die Nutsbarmachung vulkanischer Kräfte*, «Die Naturwissenschaften», 1928, 16, pp. 797-800; Id., *Die Dienstbarmachung vulkanischer Kräfte*, «Natur und Volk»,

Fino ad arrivare ai recenti lavori di modellazione dei processi vulcanici, nei quali la quantificazione dei fenomeni è giunta a livelli molti alti¹⁰⁵. Il tutto è finalizzato alla previsione dei fenomeni vulcanici e alla mitigazione dei danni: «La previsione di quando e come un vulcano quiescente tornerà in attività resta il problema fondamentale e in gran parte irrisolto della vulcanologia»¹⁰⁶. Questo genere di applicazioni è molto utilizzato nel monitoraggio delle aree vulcaniche attive col fine di ridurre il rischio vulcanico¹⁰⁷.

In questa panoramica, sulle cornici più avanzate della ricerca vulcanologica non si possono dimenticare i contributi che vengono dalle scienze planetarie, grazie alle quali si indaga anche la vulcanologia sugli altri corpi del Sistema Solare, con modalità che sono diventate più approfondite e precise dall'inizio dell'esplorazione spaziale in poi¹⁰⁸. A tal proposito, si segnala in chiave storica che, durante il corso del '900, vi fu un lungo ed acceso dibattito riguardo l'origine della Terra (con conseguenze

1937, 67, p. 16; C. Sommaruga, *La Geotermia in Italia dal 1940 ad oggi*, Manifestazione in onore dei due Decani della geotermia italiana Dr. Claudio Sommaruga e Dr. Roberto Carella, Pisa, 20 maggio 2010, Università di Pisa-Facoltà di Ingegneria, Aula Magna, 2010.

¹⁰⁵ S. A. Fagents, T. K. P. Gregg and R. M. C. Lopes (eds.), *Modeling Volcanic Processes The Physics and Mathematics of Volcanism*, Cambridge, Cambridge University Press, 2013. Cfr. anche A. Aspri, *An Elastic Model for Volcanology*, Lecture Notes in Geosystems Mathematics and Computing, Cham, Springer Nature Switzerland, 2019.

¹⁰⁶ L. Giacomelli e R. Scandone, *Vulcani e Eruzioni*, cit., p. 102.

¹⁰⁷ Cfr. J. H. Latter (ed.), *Volcanic Hazards. Assessment and Monitoring*, IAVCEI Proceedings in Volcanology, 1, Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong: Springer, 1989; R. Scarpa and R. I. Tilling, *Monitoring and Mitigation of Volcano Hazards*, Berlin-Heidelberg, Springer, 1996; H. M. Mader, S. G. Coles, C. B. Connor and L. J. Connor (eds.), *Statistics in volcanology*, Special Publications of IAVCEI, 1, London, Geological Society of London, 2006; J. F. Shroder and P. Papale (eds.), *Volcanic Hazards, Risks and Disasters*, Amsterdam-Boston-Heidelberg-London-New York-Paris-San Diego-San Francisco-Singapore-Sidney-Tokyo, Elsevier, 2015; Id., *Forecasting and Planning for Volcanic Hazards, Risks, and Disasters*, Amsterdam-Oxford-Cambridge, Elsevier, 2021.

¹⁰⁸ J. L. Smellie and M. G. Chapman (eds.), *Volcano-Ice Interaction on Earth and Mars*, London, The Geological Society, 2002. Riguardo la vulcanologia marziana, negli ultimi anni sono stati prodotti due volumi con concezioni di base diametralmente opposte: J. R. Zimelman, D. A. Crown, P. J. Mouginis-Mark and T. K. P. Gregg, *The Volcanoes of Mars*, Amsterdam-Oxford-Cambridge, Elsevier, 2021; G. Leone (ed.), *Mars: A Volcanic World*, Cham, Springer Nature Switzerland, 2021.

anche sull'origine del vulcanismo) tra Alfred Rittmann e Harold C. Urey (1893-1981)¹⁰⁹.

E ancora, la vulcanologia è caratterizzata da una costante attualità: nuove metodologie d'indagine e nuovi dati¹¹⁰, nuove interpretazioni su eruzioni passate¹¹¹, nonché possibilità di nuovi fenomeni mai osservati prima¹¹², così come successo il 15 gennaio 2022 con la sorprendente eruzione (Fig. 6) del vulcano polinesiano Hunga Tonga-Hunga Ha'apai¹¹³, che ha probabilmente prodotto la prima attività termoidraulica della storia, cogliendo di sorpresa tutti gli esperti¹¹⁴.

¹⁰⁹ Cfr. H. C. Urey, *The Planets: Their Origin and Development*, New Haven, Yale University Press, 1952; A. Rittmann, *Chemistry of lunar rocks with vulcanological and magmatological considerations and a model of the "hot moon"* in P. Leonardi (ed.), *Volcanoes and Impact Craters on the Moon and Mars*, Amsterdam, Elsevier, 1976, pp. 82-112.

¹¹⁰ G. Leone, K. M. Tanaka Hiroyuki, M. Holma, P. Kuusiniemi, D. Varga, L. Oláh, D. Lo Presti, G. Gallo, C. Monaco, C. Ferlito, G. Bonanno, G. Romeo, L. Thompson, K. Sumiya, S. Steigerwald and J. Joutsenvaara, *Muography as a new complementary tool in monitoring volcanic hazard: implications for early warning systems*, «Proceedings of the Royal Society A. Mathematical, Physical and Engineering Sciences», 2021, 477, 20210320.

¹¹¹ J. Kandlbauer and R. S. J. Sparks, *New estimates of the 1815 Tambora eruption volume*, «Journal of Volcanology and Geothermal Research», 2014, 286, pp. 93-100; R. Vestergaard, G. Birkefeldt Møller Pedersen and C. Tegner, *The 1845-46 and 1766-68 eruptions at Hekla volcano: new lava volume estimates, historical accounts and emplacement dynamics*, «Jökull», 2020, 70, pp. 35-55.

¹¹² https://youtu.be/yZ_YUjUvi6M [16/10/2022].

¹¹³ <https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=243040> [16/10/2022].

¹¹⁴ A. Witze, *Why the Tongan volcanic eruption was so shocking*, «Nature», 602, 17 febbraio 2022, pp. 376-378; R. Sulpizio, *The volcanic years 2021-2022: what we learnt and what we still miss*, Plenary Lecture, Conferenza A. Rittmann 2022 (29 settembre 2022).



Fig. 6. Tongatapu (Tonga) ricoperta di cenere dopo l'eruzione del vulcano Hunga Tonga Hunga Ha'apai, foto effettuata da satellite il 18 gennaio 2022. Collezione Maxar, da gettyimages.

Un primo approccio con la vulcanologia attuale mette in evidenza immediatamente il notevole avanzamento tecnologico-scientifico quasi che ogni nuova eruzione possa diventare occasione per scoperte¹¹⁵.

In conclusione, quando oggi parliamo di vulcanologia, ci riferiamo a: studi di eruzioni per singolo vulcano; studi su vulcani per nazione; ipotesi e teorie di un autore per eruzione, vulcano o dinamiche generali; manualistica che presuppone una trasmissione delle conoscenze a livello accademico e

¹¹⁵ S. A. Halldórsson, E. W. Marshall, A. Caracciolo, S. Matthews, E. Bali, M. B. Rasmussen, E. Ranta, J. Gunnarsson Robin, G. H. Guðfinnsson, O. Sigmarsson, J. MacLennan, M. G. Jackson, M. J. Whitehouse, H. Jeon, Q. H. A. van der Meer, G. K. Mibei, M. H. Kalliokoski, M. M. Repczynska, R. Hlín Rúnarsdóttir, G. Sigurðsson, M. A. Pfeffer, S. W. Scott, R. Kjartansdóttir, B. I. Kleine, C. Oppenheimer, A. Aiuppa, E. Ilyinskaya, M. Bitetto, G. Giudice and A. Stefánsson, *Rapid shifting of a deep magmatic source at Fagradalsfjall volcano, Iceland*, «Nature», 2022, 609, pp. 529-551.

quindi un'istituzionalizzazione della materia; studi visuali legati a carte geologiche e di altro genere¹¹⁶ (p. es. carte di pericolosità); studi di storia materiale legati a istituzioni (osservatori), musei, collezioni di strumentazioni scientifiche e di rocce e minerali.

Considerando la difficoltà di affrontare un argomento di così ampio respiro, vanno compiute alcune scelte per continuare questa indagine. L'arco temporale analizzato si concentrerà tra il '600 e la fine del '900. Si procederà, quindi:

- osservando l'evoluzione storica della vulcanologia in rapporto alle discipline limitrofe all'interno delle geoscienze e in relazione ai grandi dibattiti che hanno attraversato le Scienze della Terra negli ultimi secoli, focalizzandosi sugli snodi concettuali tra i fondamenti della disciplina vulcanologica e le interazioni con i paradigmi fondamentali nelle geoscienze;

- si approfondirà la figura di Alfred Rittmann all'interno della vulcanologia e delle geoscienze del '900. Il suo operato scientifico ed istituzionale si situa, infatti, in un particolare momento di evoluzione delle discipline vulcanologiche, caratterizzato da un progressivo aumento degli approcci inter e multidisciplinari. I dibattiti teorici generali posti dalle ipotesi e dalle teorie di Rittmann presentano un carattere paradigmatico e si situano all'interno dei dibattiti intercorrenti tra la Deriva dei continenti e la Tettonica delle placche;

- si analizzeranno gli approcci metodologici relativi allo studio dell'eruzione etnea del 1971 quale momento fondamentale nella storia

¹¹⁶ Cfr. M. J. S. Rudwick, *The emergence of a visual language for geological science 1760-1840*, «History of science», 14 (1976), 3, pp. 149-195. C. Pesaresi, *La fotografia e il viaggio per studiare e conoscere i paesaggi vulcanici* in L. Giacomelli e C. Pesaresi, *Vulcani nel mondo. Viaggio visuale tra rischi e risorse*, Milano, FrancoAngeli, 2019, pp. 50-84.

recente degli studi sull'Etna. Si terrà conto degli approcci metodologici applicati sull'Etna dall'età moderna fino al presente, focalizzando le analisi sulle novità teoriche apportate negli anni '60-'70 in concomitanza con la fondazione dell'Istituto Internazionale di Ricerche Vulcanologiche nel 1960 a Catania.

L'obiettivo generale è quello di sgombrare il campo dagli equivoci più grossolani e di fissare alcuni punti fondamentali, cercando di esaminare il numero maggiore di studi già effettuati sull'argomento. Inoltre, considerata l'esiguità di sintesi sull'argomento, alimentata dal proliferare incontrollato di studi iperspecialistici, questo lavoro si propone di servire come banca dati per la storia della vulcanologia.

II CAPITOLO

INTERSEZIONI TRA LA STORIA DELLA VULCANOLOGIA E LA STORIA DELLE GEOSCIENZE

Nel capitolo precedente è stata condotta una rapida analisi storica sull'evoluzione della vulcanologia internazionale. Si è rilevato come l'eruzione del Vesuvio del 24 ottobre del 79 d. C.¹¹⁷ sia una delle eruzioni più conosciute della storia e sia diventata un punto di riferimento per gli studi successivi, peraltro essendo ancora oggi oggetto di ricerche e approfondimenti. Allo stesso modo, l'eruzione del Mount St. Helens del 18 maggio 1980 ha segnato l'inizio simbolico della vulcanologia *moderna* (secondo il lessico degli scienziati contemporanei) per via dell'aumento esponenziale degli studi sul vulcanismo esplosivo, sui fenomeni di collasso di versante dei vulcani e per le questioni sociali che ne sono scaturite¹¹⁸, in particolare quelle legate alla previsione delle eruzioni vulcaniche per la difesa delle popolazioni che vivono nelle vicinanze di un vulcano¹¹⁹. Questo tema era già presente tra gli obiettivi della ricerca vulcanologica, ma nel 1980 l'eco mediatica fu di maggior respiro rispetto ad altre grandi eruzioni

¹¹⁷ http://www.storicang.it/a/confermato-il-vesuvio-distrusse-pompei-in-ottobre-e-non-in-agosto_15775#amp_tf=Da%20%251%24s&aoh=16668683548955&csi=0&referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com [27/10/2022].

¹¹⁸ A. Donovan, C. Oppenheimer and M. Bravo, *Social studies of volcanology: knowledge generation and expert advice on active volcanoes*, «Bulletin of Volcanology», 2012, 74, pp. 677-689; A. Donovan, *Critical volcanology? Thinking holistically about risk and uncertainty*, «Bulletin of Volcanology», 2019, 81, pp. 1-20.

¹¹⁹ R. S. J. Sparks, *Forecasting volcanic eruptions*, «Earth and Planetary Science Letters», 2003, 210, pp. 1-15.

esplosive del passato recente¹²⁰. In *Appendice* è riportata una statistica che mostra quanto questa eruzione abbia influito sulle ricerche attuali¹²¹.

Qui si presentano alcuni sviluppi della vulcanologia all'interno della storia delle geoscienze, dal '600 ad oggi, essendo essenziale per poter mettere in luce quale peso abbiano avuto le ricerche vulcanologiche nella costruzione di teorie generali. Il primo elemento che emerge dall'analisi dei manuali di vulcanologia è che questa disciplina è inserita nel quadro della Tettonica delle placche¹²², dato che la Tettonica delle placche è da circa cinquantacinque anni il paradigma maggioritario nelle Scienze della Terra¹²³. Considerato questo aspetto, nei testi dove la prospettiva storica è carente o assente, l'impressione che se ne ricava è che non vi sia un prima e un dopo nei rapporti tra vulcanologia e paradigma di riferimento, come se la vulcanologia sia sempre stata concepita all'interno dell'ultimo paradigma vigente. Si cela così una forma di presentismo che presenta la vulcanologia nei suoi tratti fondamentali degli ultimi quaranta/sessant'anni. Poiché questi manuali non si prefiggono una ricostruzione storico-filosofica

¹²⁰ Si pensi all'eruzione del Bezymianny (Kamchatka, Russia) del 1955-1957 (<https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=300250>) che ebbe una fenomenologia eruttiva simile ma avvenne in zone disabitate, non vi furono vittime. Cfr. G. S. Gorshkov, *Gigantic eruption of the volcano Bezymianny*, «Bulletin Volcanologique», 20 (1959), 1, pp.77-109; A. Belousov, B. Voight and M. Belousova, *Directed blasts and blast-generated pyroclastic density currents: a comparison of the Bezymianny 1956, Mount St Helens 1980, and Soufrière Hills, Montserrat 1997 eruptions and deposits*, «Bulletin of Volcanology», 2007, 69, pp. 701-740; E. I. Gordeeva and G. A. Karpova, *Fundamental Achievements of Academic Science in Studies of Volcanoes and Earthquakes in Kamchatka*, «Journal of Volcanology and Seismology», 16 (2022), 4, pp. 239-250.

¹²¹ Cfr. *Appendice II*, p. 168 del presente lavoro.

¹²² «Without claiming to be comprehensive, upon examining the textbooks of the last decades published by international earth scientists, we may observe how the definitions concerning the study of volcanic phenomena and the role of volcanologists are introduced only after outlining the general vision, namely plate tectonics» (D. Musumeci, A. A. De Benedetti, S. Branca and L. Ingaliso, *Rittmann's heritage: A philosophical approach for current research*, cit., p. 21).

¹²³ C. M. Petrone, R. Scandone and A. Whittaker, *Volcanoes & Earthquakes*, London, Natural History Museum, 2019, in part. cap. 1, pp. 9-33; P. C. La Femina, *Plate Tectonics and Volcanism* in H. Sigurdsson, B. Houghton, S. McNutt, H. Rymer and J. Stix (eds.) *The Encyclopedia of Volcanoes*, cit., pp. 65-92.

dell'evoluzione della vulcanologia bensì l'esplicitazione della disciplina nelle sue forme generali e nelle sue ramificazioni specialistiche, non si può imputare questo specifico presentismo come un errore, anzi sembra proprio la condizione necessaria per l'impostazione di un simile lavoro che ha l'esigenza di essere il più recente possibile, alle frontiere della scienza, per proporsi come modello da seguire per l'immediato futuro.

Va però detto, come già lasciato supporre da queste ricognizioni iniziali, che la vulcanologia nei secoli ha dialogato con teorie più generali sull'origine e lo sviluppo della Terra. Un'importante tradizione ha fatto luce sulla storia delle geoscienze¹²⁴, concentrandosi sulle linee teoriche generali degli ultimi secoli e, riguardo al '900, specialmente sulle premesse e sullo sviluppo del dibattito relativo alla Deriva dei continenti e alla Tettonica delle placche. Qui si intende dare un'idea generale sul rapporto tra paradigmi e impostazioni vulcanologiche. Innanzitutto, da un punto di vista

¹²⁴ H. Takeuchi, S. Uyeda and H. Kanamori, *La deriva dei continenti*, Torino, Boringhieri, 1970; A. Hallam, *Una rivoluzione nelle Scienze della Terra. Dalla deriva dei continenti alla tettonica a placche*, Bologna, Zanichelli, 1974; A. Bosellini, *Tettonica delle Placche e Geologia*, Ferrara, Boloventa, 1978; N. Morello, *La macchina della Terra. Teorie geologiche dal Seicento all'Ottocento*, Torino, Loescher, 1979; W. Glen, *The Road to Jaramillo. Critical Years of the Revolution in Earth Science*, Stanford, Stanford University Press, 1982; M. Greene, *Geology in the Nineteenth Century*, Ithaca-London, Cornell University Press, 1982; S. Uyeda, *La nuova immagine della Terra. Si muovono i continenti, si muovono gli oceani*, Bologna, Zanichelli, 1983; R. Laudan, *From Mineralogy to Geology. The foundations of a Science, 1650-1830*, Chicago-London, The University of Chicago Press, 1987; M. Segala, *La favola della terra mobile. La controversia sulla teoria della deriva dei continenti*, Bologna, Il Mulino, 1990; N. Oreskes, *The rejection of Continental Drift. Theory and method in American Earth Science*, New York, Oxford University Press, 1999; D. R. Oldroyd, (ed.), *The Earth Inside and Out: Some Major Contributions to Geology in the Twentieth Century*, Geological Society, 2002, London, Special Publications, 192; N. Oreskes and H. Le Grand (eds.), *Plate Tectonics. An insider's history of the modern theory of the Earth*, Boulder, Westview, 2003; A. Candela, *Alle origini della Terra. I vulcani, le Alpi e la Storia della Natura nell'età del viaggio scientifico*, cit.; H. R. Frankel, *The Continental Drift Controversy, Wegener and Early Debate*, Cambridge, Cambridge University Press, 2012; Id., *The Continental Drift Controversy. Paleomagnetism and Confirmation of Drift*, Cambridge, Cambridge University Press, 2012; Id., *The Continental Drift Controversy. Introduction of Seafloor Spreading*, Cambridge, Cambridge University Press, 2012; Id., *The Continental Drift Controversy. Evolution into Plate Tectonics*, Cambridge, Cambridge University Press, 2012.

strettamente scientifico, il rapporto tra vulcanismo e teorizzazioni generali va inquadrato all'interno dei dibattiti geotettonici sull'origine e la formazione delle montagne. In particolare, due testi degli anni '90 hanno trattato la vulcanologia nella sua evoluzione storica, si tratta di Krafft (1993)¹²⁵ e di Sigurdsson (1999)¹²⁶.

Dando uno sguardo ai primi modelli globali nell'età moderna, risalta quello di René Descartes¹²⁷. Descartes considerò la Terra come un astro di materia solare, successivamente raffreddatosi in strati concentrici secondo la densità dei suoi elementi (Fig. 7).

2. Qual è stata la generazione della Terra, secondo questa ipotesi.

Fingiamo dunque che questa Terra in cui siamo sia stata in passato un astro composto dalla materia del primo elemento allo stato puro, che occupava il centro di uno di quei quattordici vortici contenuti nello spazio che chiamiamo il primo Cielo, così non da differire in nulla dal Sole, se non perché era più piccola; ma che le parti meno sottili della sua materia, attaccandosi a poco a poco le une alle altre, si siano ammassate sulla sua superficie, e vi abbiano composto nubi, o altri corpi più spessi e oscuri, simili alle macchie che di continuo si vedono prodursi, e poco dopo dissolversi, sulla superficie del Sole; e che, essendosi questi corpi oscuri dissolti poco tempo dopo essere stati prodotti, le parti che ne rimanevano e che, essendo più grosse di quelle dei due primi elementi, avevano la forma del terzo, si siano ammucchiate confusamente intorno a questa Terra, e circondandola da tutte le parti,

¹²⁵ M. Krafft, *I vulcani. Il fuoco della terra*, Trieste, Electa-Gallimard, 1993. Il primo testo è ricchissimo di informazioni utili per la storia della vulcanologia, ma non è sempre chiara la connessione logica tra i vari eventi riportati o riguardo la successione degli autori presentati, così spesso come assenti sono i riferimenti bibliografici; il testo è quindi da considerare divulgativo, nonostante la caparbieta di presentare una storia della vulcanologia dall'antichità al presente. L'edizione italiana è di due anni posteriore alla tragica morte dell'autore – Maurice Krafft (1946-1991) – e di sua moglie Katia – “Katia” Catherine Joséphine Conrad, (1942-1991) – avvenuta il 3 giugno del 1991 durante un'eruzione del vulcano Unzen (Giappone). (<https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=282100>).

¹²⁶ H. Sigurdsson, *Melting the Earth: The History of Ideas on Volcanic Eruptions*, cit. Questo testo, rispetto al precedente, si presenta molto più solido scientificamente però, a parere mio, porta con sé un vizio prospettico di fondo. Nella Prefazione, l'autore dichiara «This is not a book written by a historian of science, but one by a practicing scientist who is deeply interested in the history of his science. It is about the manner in which magma or molten rock is generated at high temperatures within the Earth» (Ivi, p. VIII). Questa scelta è puramente arbitraria e l'errore risiederebbe nel considerare la storia della vulcanologia interamente sussunta nella storia della magmatologia. Nonostante ciò, il testo è di grande rilievo.

¹²⁷ Hatfield, Gary, *René Descartes*, The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Summer 2018 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL = <https://plato.stanford.edu/archives/sum2018/entries/cartesius/> [8/11/2022].

abbiano composto un corpo quasi simile all'aria che respiriamo. Poi infine che, essendo quest'aria divenuta molto grande (e densa), i corpi oscuri che continuavano a formarsi sulla superficie della Terra, non abbiano potuto esser distrutti così facilmente come prima, e che la Terra, con l'aria e i corpi oscuri che la circondano, sia discesa verso il Sole fino al luogo in cui si trova attualmente.

3. La sua divisione in tre diverse regioni; descrizione della prima.

E se noi la consideriamo nello stato in cui doveva essere poco tempo prima di discendere così verso il Sole, vi potremo notare tre regioni assai differenti¹²⁸.

Inoltre, immaginò che «i raggi solari siano penetrati fino al centro della Terra e che il calore prodotto abbia rotto ulteriormente la crosta esterna, di cui alcune parti si sono accavallate e altre sollevate sul livello del mare per formare i continenti»¹²⁹. I terremoti sono spiegati per mezzo di dense esalazioni sotterranee che infiammandosi si espandono repentinamente e premono sulla superficie terrestre:

Ma quando siffatte esalazioni, unite alle parti più sottili degli spiriti, sono troppo agitate per convertirsi in olio, e s'incontrano sotto terra in fessure o cavità che prima contenevano soltanto aria, vi compongono un fumo grasso e denso, paragonabile a quello che esce da una candela, quando è stata spenta [...] quando in quelle cavità s'accende qualche scintilla di fuoco, essa immediatamente s'appicca a tutto il fumo di cui quelle son piene, di modo che la materia di quel fumo, cambiandosi in fiamma, si rarefà di colpo, e preme con gran violenza tutti i lati del luogo in cui è rinchiusa [...] ed è così che avvengono i terremoti¹³⁰.

Queste fiamme sono responsabili anche dell'attività vulcanica:

78. Perché vi sono montagne dalle quali escono talvolta grandi fiamme.

Talvolta accade anche che la fiamma che causa questi terremoti dischiuda la Terra verso la cima di qualche montagna, ed esca di lì [...] per questo ci sono montagne dove sono stati visti molti simili incendi, come l'Etna in Sicilia, il Vesuvio presso Napoli, l'Hecla in Islanda, eccetera¹³¹.

¹²⁸ R. Descartes, *I principi della filosofia*, Torino, Boringhieri, 1967, pp. 308-309.

¹²⁹ M. Krafft, *I vulcani. Il fuoco della terra*, cit., p. 45.

¹³⁰ R. Descartes, *I principi della filosofia*, cit., pp. 358-359.

¹³¹ Ivi, pp. 359-360.

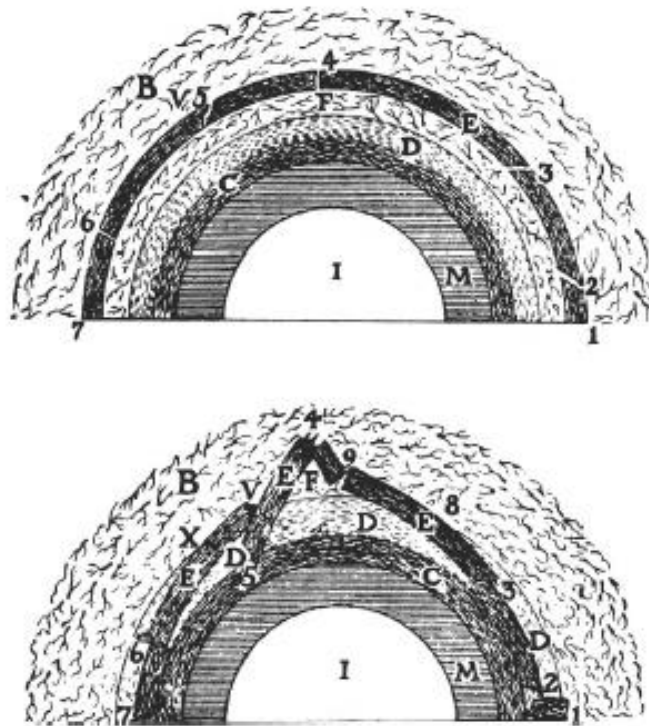


FIGURE 5.1 **Top:** Formation of concentric layers from a molten Earth after it cools. B – atmosphere; D – ocean; E – crust; C, M, and I – deep interior layers. Note that F is also atmosphere, implying the Earth was partially hollow at depth beneath the crust.

Bottom: Cracks develop in the crust (E) and crustal fragments collapse into the void (F). Jumbled crustal fragments produce mountain peaks. The ocean (D) fills in what was previously void (F). The astronomer Edmund Halley also believed that the Earth was partially hollow.

Source: Descartes, René, 1644. *Principles of Philosophy*. Translated by V. Miller and R. Miller, 1983. Riedel Publishing, Dordrecht.

Fig. 7. Evoluzione terrestre secondo R. Descartes¹³².

Secondo il gesuita Athanasius Kircher (1602-1680)¹³³, il nostro pianeta «è composto di un fuoco centrale e di fuochi periferici raccolti in caverne (*pyrophyllacia*) che raggiungono l'atmosfera attraverso i

¹³² Immagini da R. Descartes, *Principles of Philosophy*, Translated, with Explanatory Notes, by V. R. Miller and R. P. Miller, Dordrecht-Boston-London, Kluwer, 1982, Plate XVIII. Didascalie da K. D. O'Hara, *A Brief History of Geology*, Cambridge, Cambridge University Press, 2018, p. 93.

¹³³ A. Kircher, *Mundus Subterraneus*, Amsterdam, Figuiet, 1664.

vulcani». ¹³⁴ Tra '700 e '800 avviene la celebre battaglia intellettuale tra nettunisti e plutonisti. I primi interpretavano basalti e graniti come il frutto della precipitazione chimica nel mare, mentre i secondi attribuivano un'origine magmatica a queste rocce.

Il basalto colonnare, per la regolarità e originalità d'aspetto, era stato descritto – anche nei secoli precedenti – da molti naturalisti che ne avevano individuato la presenza in molte aree d'Europa, giacente al di sopra o al di sotto di rocce sedimentarie e comunque in associazione con queste. Opinione più generale era che il basalto, come tutte le altre rocce della crosta, fosse di origine sedimentaria (come sostenevano i nettunisti), ma godeva anche credito l'ipotesi che la sua struttura cristallina ne indicasse un originario strato incandescente. Le rocce basaltiche dell'Europa centrale e occidentale, però, non presentavano una struttura cristallina tale da far supporre che fossero di origine ignea o vulcanica¹³⁵.

Capofila dei nettunisti fu Abraham Gottlob Werner (1749-1817) il quale riteneva che i vulcani «siano accidenti recenti e senza importanza nella storia della Terra»¹³⁶, mentre studioso fondamentale per i plutonisti fu James Hutton (1726-1797) per il quale «i vulcani [...] sono in diretta comunicazione con il nucleo terrestre»¹³⁷. Le ricerche vulcanologiche di quel secolo, alla lunga, diedero ragione ai plutonisti anche se i nettunisti non si arresero facilmente. Nicolas Desmarest (1725-1815) effettuò un importante studio sui vulcani dell'Alvernia (Francia)¹³⁸, producendo mappe che collegarono chiaramente le colate di lava ai vulcani spenti, «nonetheless believed that volcanoes were recent and limited causal agencies»¹³⁹. Sebbene questo studio sia molto conosciuto, quaranta e vent'anni prima furono pubblicate delle ricerche che testimoniano come il naturalista e

¹³⁴ N. Morello, *La macchina della Terra. Teorie geologiche dal Seicento all'Ottocento*, cit., p. 69.

¹³⁵ Ivi, p. 169.

¹³⁶ M. Krafft, *I vulcani. Il fuoco della terra*, cit., p. 61.

¹³⁷ Ivi, p. 63.

¹³⁸ N. Desmarest, *Mémoire sur l'origine & la nature du basalte à grandes colonnes polygones, déterminées par l'histoire naturelle de cette pierre, observée en Auvergne*, «Mémoires de l'Académie Royale des Sciences», 1774, pp. 705-775.

¹³⁹ R. Laudan, *From Mineralogy to Geology. The foundations of a Science, 1650-1830*, cit., p. 184.

botanico Pier Antonio Micheli (1679-1737), nei suoi viaggi nel 1722 e nel 1733, riconobbe il monte Amiata¹⁴⁰ (Toscana) essere un vulcano spento¹⁴¹. Nel '700 si moltiplicano i viaggi e le esplorazioni, celebri gli studi compiuti in Italia da William Hamilton (1730-1803)¹⁴². «Volcanology was firmly established as a subdiscipline of earth science in the first quarter of the nineteenth century by Leopold von Buch, Alexander von Humboldt e Poulett Scrope»¹⁴³.

Nel XIX secolo si consumò anche un altro acceso dibattito tra catastrofisti e gradualisti. Secondo i primi le forme della Terra e le strutture geologiche si sono formate ed evolute in seguito a una serie di eventi catastrofici, peraltro spesso in accordo col testo biblico e con eventi quali il Diluvio Universale.¹⁴⁴ I geologi, però, scelsero una visione basata sul gradualismo o uniformitarismo¹⁴⁵ – si tratta dell'ipotesi secondo la quale le leggi e i processi naturali che operano in modo uniforme nello spazio e nel tempo e che osserviamo quotidianamente abbiano sempre operato in passato e lo stesso faranno anche in futuro. Charles Lyell (1797-1875) sfidò il

¹⁴⁰ <https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=211800> [21/11/2022].

¹⁴¹ P. A. Micheli, *Schedae variae ad lithologiam pertinentes, et observationes quaedam peculiare circa fossilia, et montium structuram, in descriptionibus itinerum at anno 1733 a se peractorum adnotatae*, University of Florence, Library of Sciences, 1733; Id., *Relazione del viaggio fatto l'Anno 1733, dal dì 23. Maggio, fino a' 21. Giugno, per diversi luoghi dello Stato Senese, dal celebre Bottanico Pier'Antonio Micheli e dal Signor Dottore Gio. Battista Mannaioni, distesa dal medesimo Micheli, con alcune annotazioni di Giovanni Targioni Tozzetti suo scolare* in G. Targioni Tozzetti (ed.) *Relazioni di alcuni viaggi fatti in diverse parti della Toscana per osservare le produzioni naturali e gli antichi monumenti di essa*, 6, Firenze, Gaetano Cambiagi Stampatore Granducale, 1754, pp. 173-250; L. M. Vezzoli and C. Principe, *Monte Amiata volcano (Tuscany, Italy) in the history of Volcanology: 1—its role in the debates on extinct volcanoes, source of magma, and eruptive mechanisms (AD 1733–1935)*, «Earth Science History», 39 (2020), p. 29.

¹⁴² W. Hamilton, *Observations on Mount Vesuvius, Mount Etna, and other volcanos*, London, Cadell, 1772.

¹⁴³ H.-U. Schmincke, *Volcanism*, Berlin-Heidelberg, Springer, 2004, p. 5.

¹⁴⁴ Si tratta di definizioni generali. Infatti, va specificato che nel corso del diciannovesimo secolo le teorie catastrofiste si svincolarono, in buona parte, dall'influenza delle Sacre Scritture.

¹⁴⁵ S. Furlani and A. Ninfo, *Is the present the key to the future?*, «Earth-Science Reviews», 2015, 142, pp. 38-46.

catastrofismo con la pubblicazione, nel 1830, del primo volume del suo celebre libro intitolato *Principles of Geology*¹⁴⁶, in cui si discutevano le prove geologiche che dimostravano la correttezza delle idee di Hutton sul gradualismo, sostenendo così che la maggior parte dei cambiamenti geologici era stata molto graduale nel corso della storia umana¹⁴⁷.

Ritornando alla storia delle idee vulcanologiche, i vulcani furono al centro delle attenzioni di Leopold von Buch (1774-1853) con la sua teoria dei *crateri di sollevamento*:

he distinguished two forms of igneous activity. Each had a distinct type of cone and crater as well as other structural, morphological and mineralogical features. [...] True volcanoes, on von Buch's analyses, were isolated, relatively small cones. [...] Basalt islands, or craters of elevation, were more typical and more important forms of igneous activity¹⁴⁸.

Questo secondo tipo di montagne si solleverebbe dal suolo e, solo in seguito, nella parte centrale si genererebbe una convessità, un cratere, dal quale successivamente avverrebbe l'attività vulcanica¹⁴⁹. Questa ipotesi si diffuse rapidamente e venne applicata sul Puy-de-Dôme, sul Vesuvio, a Tenerife, a Gran Canaria, a La Palma, all'Etna, ecc. Il declino dell'ipotesi avvenne grazie a Scrope, appoggiato successivamente da Lyell. Scrope

studia a lungo l'accrescimento strutturale dei con vulcanici per accumulazione di strati di cenere e lava, dimostra che le colate spesse si distendono anche lungo pendii di oltre 30°, demolendo la teoria dei crateri di sollevamento¹⁵⁰.

¹⁴⁶ C. Lyell, *Principles of geology, being an attempt to explain the former changes of the Earth's surface, by reference to causes now in operation*, 1, London, John Murray, 1830.

¹⁴⁷ Cfr. C. C. Jr. Albritton, *The Abyss of Time: Changing Conceptions of the Earth's Antiquity after the Sixteenth Century*, San Francisco, Freeman, Cooper, 1980; G. Gohau, *A History of Geology*, New Brunswick, Rutgers University Press, 1990.

¹⁴⁸ R. Laudan, *From Mineralogy to Geology. The foundations of a Science, 1650-1830*, cit., p. 189.

¹⁴⁹ L. von Buch, *Über die Zusammensetzung der basaltischen Inseln and über Erhebungs-Crater*, «Abhandlungen der Königlichten Akademie der Wissenschaften», Berlin, pp. 51-86.

¹⁵⁰ M. Krafft, *I vulcani. Il fuoco della terra*, cit., p. 102.

Un altro colpo all'ipotesi arrivò non dalle interpretazioni ma direttamente dalla natura quando nel 1831 avvenne un'eruzione sottomarina nel Mar di Sicilia dando vita effimera all'Isola Ferdinandea. Questo episodio mostrò la formazione di un nuovo vulcano per via esclusivamente eruttiva, con un processo di accumulazione, chiudendo definitivamente il dibattito tra gli studiosi.

Riguardo la tettonica globale, dando uno sguardo alle teorie geotettoniche, tra la fine dell'800 e l'inizio del '900, Eduard Suess (1831-1914) propose l'esistenza di un supercontinente che chiamò Gondwana e dell'Oceano Tetide nel 1893 ipotizzando la presenza in passato di un ponte terrestre tra i continenti che successivamente sarebbe sprofondato sotto forma di geosinclinale¹⁵¹. Il merito essenziale di Suess fu quello di aver richiamato l'attenzione sui movimenti laterali, che attribuì alla compressione causata dall'avvicinamento di aree crostali rigide (cratoni) ad aree più plastiche e instabili (geosinclinali)¹⁵².

Orogenesi è il termine usato dai geologi per definire i processi di ripiegamento, sovrascorrimento, metamorfismo, intrusione di rocce ignee e sollevamento che danno origine alla maggior parte delle catene montuose (*orogeni*). Gli orogeni contengono vasti volumi di sedimenti che paiono essersi originariamente depositati in strati molto spessi entro bacini profondi, stretti, allungati. Questi bacini sono chiamati *geosinclinali* e per quasi un secolo gli studiosi si sono chiesti se le fosse oceaniche potessero essere considerate i primi stadi delle geosinclinali, prima che queste subissero deformazioni, intrusioni e sollevamenti¹⁵³.

Novità vennero anche dall'esplorazione dei fondali marini profondi condotta dalla spedizione Challenger del 1872-1876, che dimostrò che, contrariamente a quanto ci si aspettava, i sedimenti terrestri depositati dai fiumi negli oceani si depositano relativamente vicino alla costa, nella

¹⁵¹ E. Suess, *The Face of the Earth*, Oxford, Clarendon, 1904.

¹⁵² A. Bosellini, *Tettonica delle Placche e Geologia*, cit.

¹⁵³ T. H. Van Andel, *Storia della Terra*, cit., p. 146.

cosiddetta piattaforma continentale¹⁵⁴. Alfred Russel Wallace aggiunse che gli oceani erano una caratteristica permanente della superficie terrestre e non cambiavano posto con i continenti¹⁵⁵. Riguardo a queste argomentazioni, Domenico Lovisato (1842-1916), in un manoscritto, delineava una teoria per spiegare la somiglianza delle coste dell'Africa e del Sud America all'interno di un quadro mobilista¹⁵⁶.

Lovisato, forse inconsapevolmente, fece parte del dibattito, in qualità di precursore, che vi fu in tettonica tra mobilisti e fissisti nel corso del '900. Le idee mobiliste di Lovisato portano la data del 1874 quando, durante una commemorazione di un geologo morto 26 anni prima in una battaglia per l'indipendenza dell'Italia dall'Austria, il geologo istriano lesse in pubblico alcune pagine, preparate poco prima e molto rielaborate rispetto alle bozze¹⁵⁷. Lovisato non era un geologo, era un matematico. Il suo manoscritto non fu mai pubblicato, forse perché all'epoca mancava un inquadramento scientifico consolidato per la sua teoria. Similmente, alcuni amici potrebbero aver letto la sua teoria e avergli suggerito di evitare di parlarne in futuro¹⁵⁸.

¹⁵⁴ A.-C. Wöfl, H. Snaith, S. Amirebrahimi, C. W. Devey, B. Dorschel, V. Ferrini, V. A. I. Huvenne, M. Jakobsson, J. Jencks, G. Johnston, G. Lamarche, L. Mayer, D. Millar, T. H. Pedersen, K. Picard, A. Reitz, T. Schmitt, M. Visbeck, P. Weatherall and R. Wigley, *Seafloor Mapping – The Challenge of a Truly Global Ocean Bathymetry*, cit.

¹⁵⁵ A. R. Wallace, *Darwinism: an exposition of the theory of natural selection with some of its applications*, London-New York, Macmillan, 1889.

¹⁵⁶ S. Furlani and N. Dall'Olio, *The Role of Domenico Lovisato in the Context of the Historical and Epistemological Evolution of the Continental Drift Theory*, in Federazione Italiana di Scienze della Terra, *Geitalia 2007*, Sesto Forum Italiano di Scienze della Terra, Rimini, 12-14 settembre 2007, FIST, 2007, p. 371; S. Furlani, *Domenico Lovisato: l'uomo che ha diviso i continenti*, «Itinerari adriatici», 2007, pp. 71-74; S. Furlani and D. Musumeci, *Were the continents drifting before Continental drift? Domenico Lovisato and the role of Wegener's precursors in the theory of Continental drift*, *Physis*, LV (2020), 1-2, pp. 11-32.

¹⁵⁷ E. Fossa-Mancini, *La recente teoria della deriva dei continenti in un vecchio manoscritto di Domenico Lovisato*, «Urania», 8, 1924, 6, pp. 123-129.

¹⁵⁸ L. Giannitrapani, *Il precursore italiano della teoria di Wegener*, «L'Universo», 37, 1957, 1, pp. 227-232.

I dibattiti geologici e vulcanologici di questo periodo consentirono alla geologia «di imporsi come disciplina autonoma, in possesso di un proprio statuto epistemico e divisa in settori di indagine specifici e circoscritti, quali: petrologia, geomorfologia, sedimentologia, stratigrafia, biostratigrafia ecc»¹⁵⁹. All'epoca, le ricerche geologiche anglosassoni, ma anche francesi e tedesche, erano significativamente più dinamiche dei loro equivalenti italiani. La necessità di disporre di dati geologici per il loro uso pratico spinse i governi a sostenere la ricerca geologica¹⁶⁰. Nel corso del XIX secolo i governi di diversi Paesi di lingua inglese finanziarono le indagini geologiche per produrre carte geologiche che coprissero vaste aree. Grazie ai finanziamenti governativi, un maggior numero di scienziati poté studiare la geologia con tecnologie e metodi migliori, portando all'espansione del settore. D'altra parte, nell'Italia degli anni Sessanta del XIX secolo, ma a dire il vero probabilmente anche nella seconda metà del XVIII secolo, gli scienziati della Terra italiani non erano particolarmente rilevanti all'interno del dibattito internazionale rispetto al ruolo svolto dai ricercatori di altri paesi europei¹⁶¹. Anche se la ricerca geologica italiana era in corso all'interno del paese, questa ricerca rallentò a metà del XIX secolo e questo portò a una riduzione della visibilità istituzionale della comunità geologica, che perse la sua centralità e la sua autorità su scala più ampia.

Con l'aumento delle osservazioni, cominciarono ad aumentare le ipotesi che connettevano vulcanologia e tettonica. L'italiano Roberto Mantovani (1854-1933), violinista e scienziato, fece parte di un'orchestra che raggiunse l'isola vulcanica della Riunione nel 1878. Durante il suo

¹⁵⁹ A. Candela, *Alle origini della Terra. I vulcani, le Alpi e la Storia della Natura nell'età del viaggio scientifico*, cit., p. 242.

¹⁶⁰ N. Jardine, J. A. Secord and E. C. Spary (eds.), *Cultures of Natural History*, Cambridge, Cambridge University Press, 1996.

¹⁶¹ E. Vaccari, *La geologia e la conoscenza della Terra*, in A. Clericuzio e S. Ricci (a cura di), *Il contributo italiano alla storia del pensiero*, Roma, Istituto della Enciclopedia Italiana, 2013, pp. 535-539.

soggiorno sull'isola, Mantovani ebbe modo di osservare le fratture vulcaniche sulla costa dell'Oceano Indiano vicino alla città di Saint-Denis. Egli sostenne che, su scala globale, tutti i continenti avrebbero potuto subire gli stessi processi di disgiunzione che aveva osservato sui fianchi del vulcano e che oggi queste fratture globali sono occupate dagli oceani. Dopo sette anni di osservazioni, Mantovani pubblicò la sua ipotesi nel 1889 nel Bollettino della Société des Sciences et des Arts di Saint-Denis¹⁶².

Nello stesso periodo, a seguito di una spedizione di mappatura di due settimane dopo un corso primaverile di geologia, un giovane studente, Charles R. Darwin (1809-1882), ipotizzò l'espansione della Terra per spiegare il sollevamento tettonico, partendo dall'idea che le aree oceaniche sprofondassero mentre la terra si sollevava, e propose l'idea che gli atolli corallini si sviluppassero da barriere coralline marginali intorno a isole vulcaniche che sprofondavano (Fig. 8)¹⁶³.

¹⁶² R. Mantovani, *Les fractures de l'écorce terrestre et la théorie de Laplace*, «Bulletin de la Société des arts et sciences de La Réunion», 1889, pp. 41-53.

¹⁶³ C. Darwin, *Journal of Researches into the Natural History and Geology of the countries visited during the voyage of H.M.S. Beagle round the world under the command of Capt. Fitz Roy, R. N.*, 1, New York, Harper and Brothers, 1846; H. Sandra, *Charles Darwin as a Prospective Geological Author*, «British Journal for the History of Science», 1991, 24, pp. 159-192; G. Chiesura, *Charles Darwin geologo. La formazione del giovane Darwin. Docenti e mentori, il viaggio iniziatico tra vulcani e atolli. Le opere geologiche*, Società Geologica Italiana, 2014.

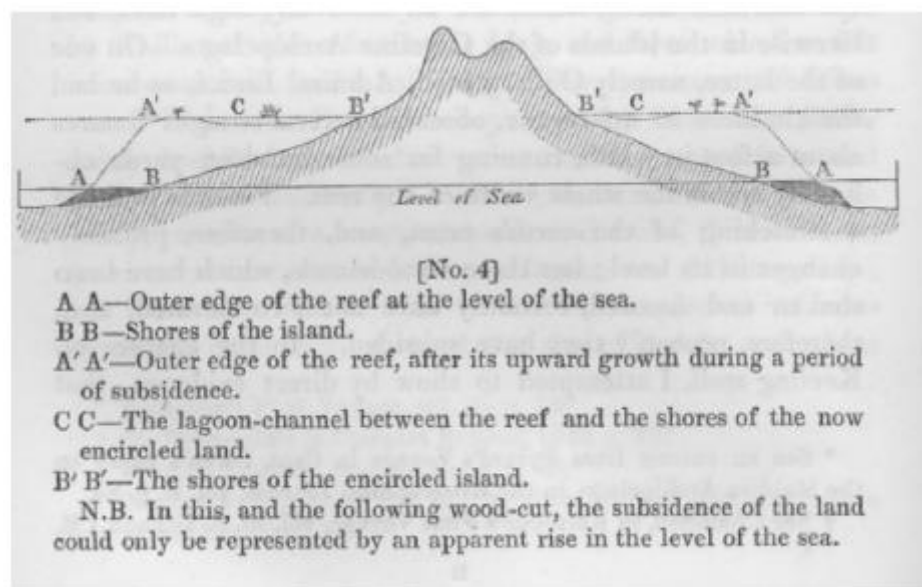


Fig. 8. Evoluzione di una barriera corallina secondo Darwin.

Tra fine '800 e inizio '900, il dibattito sulle teorie orogenetiche era già maturo e vide l'emergere di nuove e importanti posizioni mobiliste. Particolare attenzione fu posta all'orogenesi alpina che fu spiegata «in termini di corrugamenti (spinte radiali) e carreggiamenti (spinte tangenziali e sovrascorrimenti)»¹⁶⁴. Su queste tematiche, si fronteggiarono anche geologi italiani quali Giovanni Battista Cacciamali (1857-1934) e Arturo Cozzaglio (1862-1950)¹⁶⁵.

Nei decenni a cavallo tra il XIX e XX secolo, la teoria dei carreggiamenti e delle nappes introduce l'idea che intere regioni o catene di montagne possano spostarsi per centinaia di chilometri sulla superficie della Terra, al punto da comprendere che la sovrapposizione degli strati non indica affatto l'ordine di formazione, ma solo i mutamenti sopravvenuti nel corso del tempo. [...] Ma quale forza avrebbe potuto produrre l'enorme spinta capace di simili carreggiamenti? Si torna per alcuni decenni a una vecchia ipotesi: raffreddandosi, la superficie della Terra si restringe, e intere regioni, abbassandosi, esercitano pressioni enormi su regioni vicine che risentono meno del fenomeno a ragione della diversa composizione dei loro strati. La

¹⁶⁴ A. Candela, *Alle origini della Terra. I vulcani, le Alpi e la Storia della Natura nell'età del viaggio scientifico*, cit., p. 164.

¹⁶⁵ A. Argentieri, P. Schirolli e D. Musumeci, *Ragazzoni, Cacciamali and Cozzaglio: The "Brescia Geological Trinity"*, Poster presentato al Congresso SGI-SIMP, Torino, 19-21 settembre 2022.

pressione esercitata genera i carreggiamenti, e sviluppa una enorme energia, capace di tenere strati profondi in uno stato di fusione, o di produrre tensioni enormi in intere masse rocciose. Vulcanismo e terremoti sono dunque la conseguenza del processo di relativo sprofondamento degli strati superficiali, dovuto al raffreddamento progressivo della crosta terrestre¹⁶⁶.

Il primo resoconto coerente del movimento laterale dei continenti fu pubblicato da F. B. Taylor (Fig. 9) nel 1910¹⁶⁷.



FIGURE 6.—*The Landsphere*

Showing the relation of Greenland to the surrounding continents and to the peripheral mountain ranges of Eurasia and North America. The light arrows show the direction of crustal creep and dispersion. The heavy arrows radiating from Greenland and the pole show roughly by their lengths the relative distances the continents have moved toward lower latitudes. The longest arrows point toward Asia, the shortest toward North America. The broken line north of Asia marks the edge of the continental shelf.

¹⁶⁶ https://www.treccani.it/enciclopedia/le-nuove-prospettive-della-geologia_%28Storia-della-civilt%C3%A0-europea-a-cura-di-Umberto-Eco%29/#:~:text=Nei%20decenni%20a%20cavallo%20tra%20il%20XIX%20e,solo%20i%20mutamenti%20sopravvenuti%20nel%20corso%20del%20tempo. [14/11/2022].

¹⁶⁷ F. B. Taylor, *Bearing of the Tertiary Mountain Belt on the Origin of the Earth's Plan*, «Bulletin Geological Society of America», 1910, 21, pp. 179-226; A. C. Lane, *Frank Bursley Taylor (1860-1938)*, «Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences», 75 (1944), 6, pp. 176-178.

Fig. 9. Il dislocamento tettonico delle regioni relative a Groelandia, Eurasia e Nord America secondo Taylor. Da F. B. Taylor, *Bearing of the Tertiary Mountain Belt on the Origin of the Earth's Plan*, cit., p. 209.

Il concetto di mobilismo fu sviluppato in modo indipendente e più completo nel 1912, quando le geoscienze furono scosse dall'emergere della nuova e più strutturata teoria della Deriva dei continenti, presentata in una conferenza in Germania dal meteorologo tedesco Alfred Wegener (1880-1930)¹⁶⁸.

He received a Ph.D. in astronomy in Berlin in 1905, but spent most of his career studying meteorology and the physics of the atmosphere. On his first expedition to Greenland (1906–1908), he undertook atmospheric investigations using balloons and kites. On return from Greenland he took a teaching job in meteorology at the Physical Institute at Marburg, Germany, and from 1909 to 1912 he published more than forty papers on atmospheric physics that he later collected into a book. While examining a new atlas of the Atlantic in 1910 based on data collected on the Challenger voyage (1873–1876), Wegener noticed the similar bathymetry on the opposite coastlines of Africa and South America. As he explains in the introduction to his book, the following year he came across geological and paleontological data showing that the two continents were probably connected at one time as Suess and others before him had suggested¹⁶⁹.

Il paradigma della Deriva dei continenti contiene come ipotesi fondamentale l'assunzione che i continenti terrestri si siano mossi, siano "andati alla deriva", rispetto al fondo degli oceani, spostandosi l'uno rispetto all'altro durante la storia della Terra. Wegener propose che i continenti fossero stati un tempo uniti in un unico supercontinente che chiamò Pangea, prima di dividersi, e notò importanti coincidenze nel

¹⁶⁸ A. Wegener, *Die Entstehung der Kontinente*, «Geologische Rundschau», 1912, 3, pp. 276-292, M. Segala, *La favola della terra mobile. La controversia sulla teoria della deriva dei continenti*, Bologna, Il Mulino, 1990; M. T. Greene, *Alfred Wegener. Science, Exploration, and the Theory of Continental Drift*, Baltimore, Johns Hopkins University Press, 2015.

¹⁶⁹ K. D. O'Hara, *A Brief History of Geology*, cit., p. 120.

confrontare le cartine delle coste dell’Africa con quelle del Sudamerica: interpretò questa coincidenza come il segno di un’antica unione seguita da un movimento di allontanamento.

Wegener, tuttavia, non fu il primo osservatore a notare queste evidenze sul globo terrestre: in effetti, furono Abraham Ortelius nel 1596¹⁷⁰ e Francis Bacon (1561-1626) nel 1620 ad indicare una generale conformità delle coste dell’Africa e del Sud America¹⁷¹. Poi, all’inizio del 1800, Alexander von Humboldt (1769-1859) suggerì che i due continenti erano un tempo uniti. Cercò anche di spiegare le ragioni della separazione, suggerendo che l’Oceano Atlantico sarebbe stato una sorta di enorme valle scavata da una corrente marina¹⁷². Infine, nel 1858, Antonio Snider-Pellegrini pubblicò scritti e schizzi che descrivevano la complementarità dell’Africa e del Sud America¹⁷³, rilevando esplicitamente la possibilità di una rottura e di una deriva dei continenti circum-atlantici¹⁷⁴.

Wegener elencò molte osservazioni paleontologiche, paleoclimatiche, geologiche e geofisiche a sostegno della deriva dei continenti, ma non riuscì a convincere tutti. Il punto debole della teoria era il meccanismo della deriva stessa. Egli propose che ci fosse una forza di fuga dai poli, che avrebbe causato la deriva dei continenti dai poli verso l’equatore. In questa spiegazione, introdusse una forza centrifuga rotante che devia leggermente la forza di gravità dal centro della Terra verso l’equatore. Di conseguenza, ragionò Wegener, i continenti che

¹⁷⁰ A. Ortelius, *Thesaurus Geographicus, Recognitus et auctus*, Antwerp, Ex Officina Plantiniana, 1596.

¹⁷¹ F. Bacon, *Novum Organum*, New York, Collier & Son, 1902.

¹⁷² A. von Humboldt, *Voyage aux régions équinoxiales du nouveau continent, fait en 1799, 1800, 1801, 1802, 1803, et 1804*, Paris, Librairie grecque-latine-allemande, 1816.

¹⁷³ A. Snider-Pellegrini, *La Creation et ses mystères dévoilés. Ouvrage ou l’on expose clairement la nature de tous les êtres, les éléments dont ils sont composés et leurs rapports avec les astres*, Paris, Franck et Dentu, 1858.

¹⁷⁴ A. Bosellini, *Tettonica delle Placche e Geologia*, cit.

galleggiavano sulla Terra si spostarono gradualmente verso l'equatore. Le obiezioni a questa ipotesi si basavano sull'effettiva entità di questa forza. Ad esempio, i calcoli effettuati da vari scienziati hanno dimostrato che la forza di fuga dai poli era estremamente piccola. In effetti, era molti milioni di volte più piccola della forza di gravità¹⁷⁵.

La questione della causa scatenante della Deriva dei continenti si rivelò importante e, negli anni successivi, Wegener e i “mobilitisti” continuarono a cercare prove a sostegno del loro approccio. Wegener pubblicò quattro edizioni della sua opera rivoluzionaria¹⁷⁶, riadattandola per rispondere alle numerose critiche e per migliorare il suo modello (Fig. 10). D'altro canto, i “fissisti” rimasero fedeli alla visione contrazionista, secondo cui la Terra si stava raffreddando e la tettonogenesi era causata dalla contrazione dell'intero pianeta. Il meteorologo tedesco morì nel 1930 durante una spedizione in Groenlandia. Tuttavia, l'ondata di novità su questa ipotesi che aveva attraversato gli ultimi vent'anni non si fermò e la ricerca continuò, tra alti e bassi. Furono identificate nuove strutture sul fondale atlantico: una catena di montagne che si estende per migliaia di chilometri proprio nel mezzo dell'Atlantico – la dorsale medio-oceanica – così come *guyots* e altre geomorfologie sottomarine¹⁷⁷.

¹⁷⁵ S. Uyeda, *La nuova immagine della Terra. Si muovono i continenti, si muovono gli oceani*, Bologna, Zanichelli, 1983.

¹⁷⁶ A. Wegener, *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane*, Braunschweig, Vieweg & Son, 1915. Successive edizioni saranno pubblicate nel 1920; nel 1922 e nel 1929.

¹⁷⁷ M. Segala, *La favola della terra mobile. La controversia sulla teoria della deriva dei continenti*, cit.

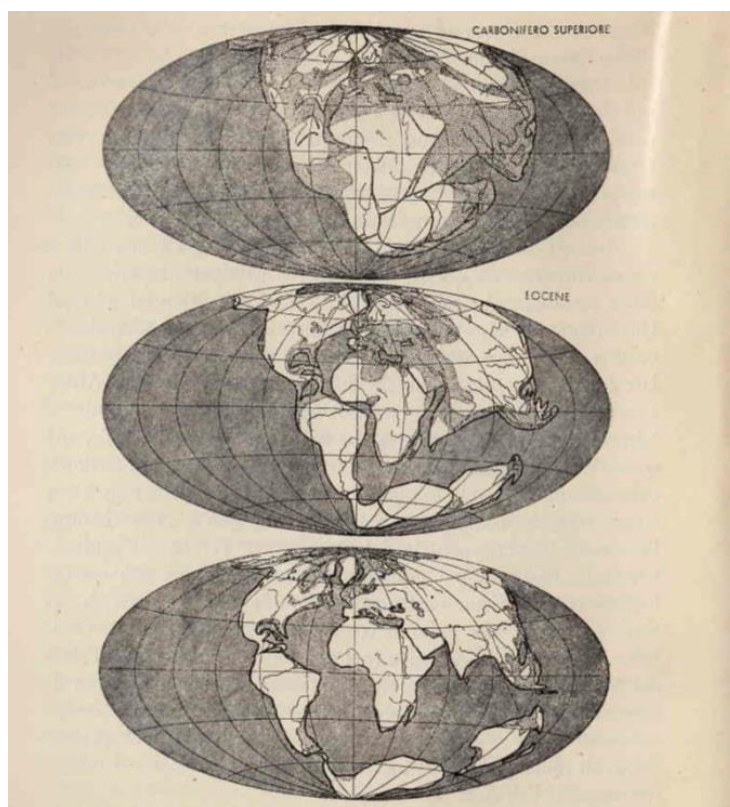


Fig. 10. Il modello di deriva continentale di Wegener¹⁷⁸.

Per quanto riguarda i rapporti tra questo paradigma e la vulcanologia, è possibile affermare che Wegener non ne trattò in modo approfondito. Vi è qualche riferimento marginale nel quale si sostiene che il vulcanismo sia un fenomeno passivo nei movimenti del Sial (lo strato terrestre più superficiale) sopra il Sima (lo strato immediatamente sottostante). «La superficie della terra offre numerosi indizi del fatto che il vulcanismo consiste essenzialmente in un'espulsione passiva all'esterno, dalla corteccia del Sial, delle inclusioni di Sima»¹⁷⁹. E ancora:

Il miglior esempio si ha nelle ghirlande arcuate di isole. In queste, per l'incurvamento, si deve manifestare nel lato interno concavo della pressione,

¹⁷⁸ A. Wegener, *La formazione dei continenti e degli oceani*, Torino, Giulio Einaudi, 1942, p. 40.

¹⁷⁹ A. Wegener, *La formazione dei continenti e degli oceani*, Torino, Boringhieri, 1976, p. 282.

nel lato convesso esterno uno stiramento. In realtà la loro struttura geologica presenta, come già si è detto, una uniformità assai notevole: il lato interno comprende sempre una serie di vulcani, il lato esterno non presenta nessun vulcano, ma molte spaccature e sconvolgimenti. Questo ordinamento così uniforme dei vulcani è tanto sorprendente, che mi sembra debba avere grandissima importanza per la loro origine [...] La posizione del Vesuvio, dello Stromboli e dell'Etna corrisponde a questo schema; tra le isole dell'arco delle Antille del sud, il punto mediano, fortemente ricurvo, delle isole Sandwich del sud è basaltico, e uno dei suoi vulcani è ancora attivo¹⁸⁰.

Qui Wegener si limita ad alcune osservazioni geografiche relative alla posizione specifica dei vulcani, dando come spiegazione geologica sempre il movimento orizzontale della crosta. Questa configurazione geografico-geologica sarà spiegata nei decenni successivi come vulcanismo da arco insulare legato alla subduzione. Ad ogni modo, Wegener si mantenne molto superficiale riguardo alle tematiche vulcanologiche. Va detto che all'epoca la vulcanologia internazionale possedeva un basso grado di interdisciplinarietà (se confrontata con quella dei decenni successivi e poi con quella attuale) e la convergenza con la tettonica, come abbiamo potuto leggere, non era stata ancora molto approfondita.

In generale, la comunità scientifica reagì alla Deriva dei continenti con un gruppo di ricercatori molto entusiasti e un altro estremamente riluttante, al limite dell'atteggiamento polemico. Tra gli entusiasti vi furono il francese Émile Argand (1879-1940)¹⁸¹, il sudafricano Alexander Loige Du-Toit (1878-1948)¹⁸², e il britannico Arthur Holmes (1890-1965)¹⁸³, mentre il russo Vladimir Vladimirovich Belousov (1907-1990)¹⁸⁴, ma soprattutto il geologo americano Thomas Chrowder Chamberlin (1843-

¹⁸⁰ Ivi, pp. 282-283.

¹⁸¹ E. Argand, *La tectonique de l'Asie. Conférence faite à Bruxelles, le 10 août 1922, devant le Congrès géologique international (XIIIe session)*, Liege, Vaillant-Carmanne, 1924.

¹⁸² A. L. Du-Toit, *Our Wandering Continents. An Hypothesis of Continental Drifting*, Edinburgh, Oliver and Boyd, 1937.

¹⁸³ A. Holmes, *Principles of Physical Geology*, Edinburgh, Nelson, 1965.

¹⁸⁴ V. V. Belousov, *Basic Problems in Geotectonics*, New York, McGraw-Hill, 1962.

1928) consideravano la teoria della deriva continentale un'eresia¹⁸⁵ (Fig. 11). Invece, l'olandese van Bemmelen (1904-1983) elaborò la *Teoria delle Undazioni*, oscillando tra posizioni mobiliste e fissiste¹⁸⁶.

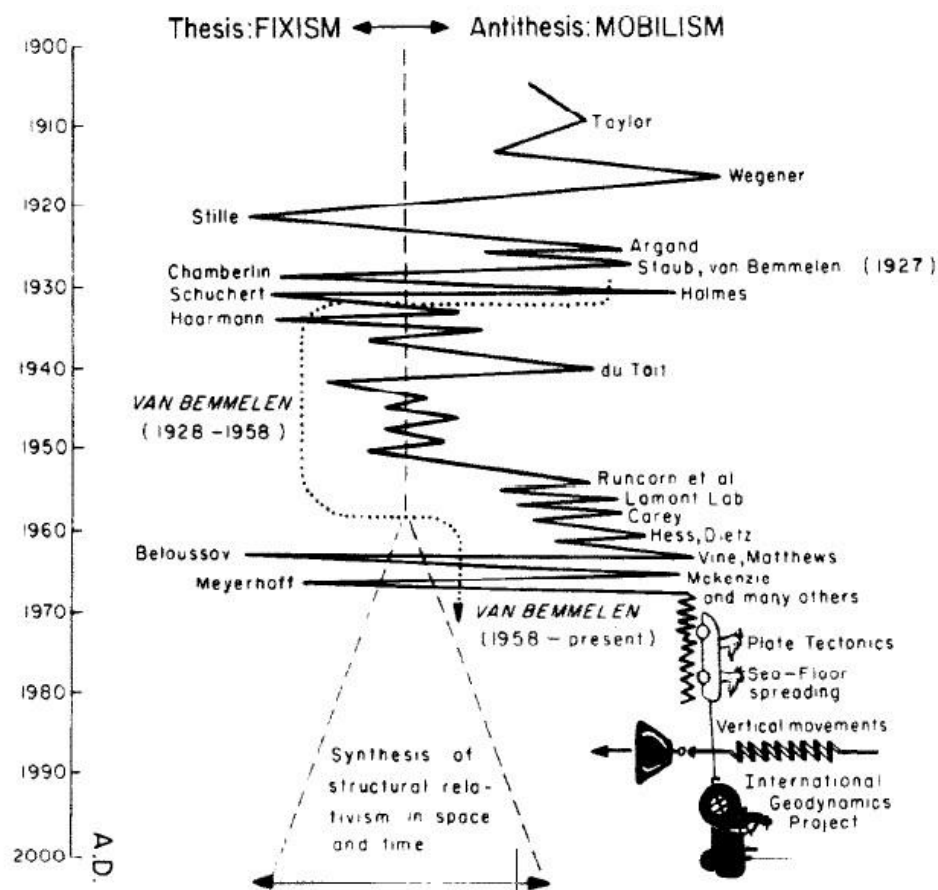


Fig. 11. Disegno raffigurante le numerose ipotesi geodinamiche che nel '900 vennero dibattute tra le cornici teoriche del mobilismo e del fissismo¹⁸⁷.

¹⁸⁵ T. C. Chamberlin, *Land connections and relations in North Atlantic area and beyond*, Chicago, University of Chicago Library, Hanna Holborn Gray Special Collections Research Center, *Chamberlin, Thomas Chowder Papers*, 27, 30, 1923.

¹⁸⁶ R. W. van Bemmelen, *Geodynamic models. An evaluation and synthesis*, Amsterdam-New York, Elsevier, 1972; W. Barzilay, *De ontwikkelingsgeschiedenis van Rein van Bemmelen's (1904-1983) undatietheorie: veertig jaar Nederlandse geologie*, «Studium», 2009, 2, pp. 4-18.

Tra le critiche più significative, vi fu soprattutto la mancanza di un meccanismo per la deriva che fosse unanimemente dimostrato. Modelli convincenti arrivarono solo più tardi, quando ad esempio, Holmes propose la convezione del mantello (Fig. 12) come possibile forza motrice¹⁸⁸.

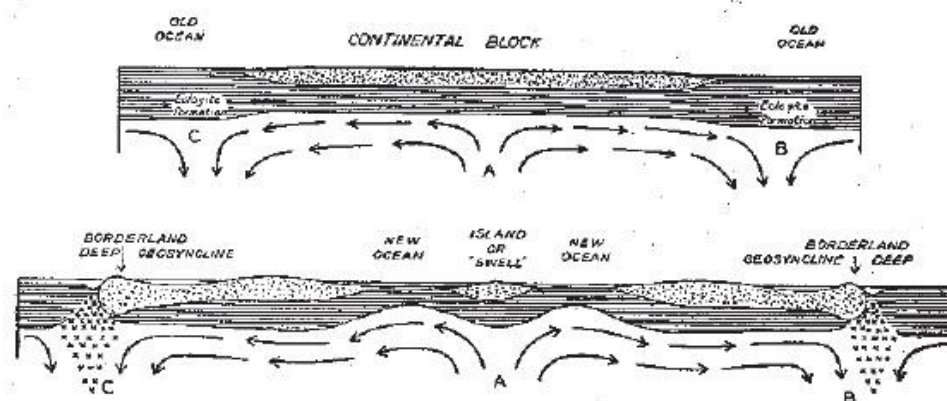


Fig. 12. La convezione mantellica ipotizzata da Holmes¹⁸⁹.

Un ulteriore impulso per l'avanzamento delle conoscenze generali nelle geoscienze venne dagli studi geofisici sul paleomagnetismo.

The development of paleomagnetism's case for mobilism is a story of how a small, disparate, often quarrelsome band of researchers working in Britain in the early 1950s took a backwater discipline in the Earth sciences and made it of central importance [...] reviving the fortunes of mobilism¹⁹⁰.

Tra gli anni '50 e gli anni '60 sono state acquisite conoscenze sull'inversione dei poli magnetici e questi dati sono stati messi in relazione con le dorsali oceaniche. Sul fondo del mare è stato possibile individuare bande ben definite di effusioni laviche con caratteristiche ferromagnetiche e

¹⁸⁷ Immagine da R. W. van Bemmelen, *Plate Tectonics and the Undation model: a comparison*, «Tectonophysics», 32, 1976, p. 147.

¹⁸⁸ A. Holmes, *Radioactivity and Earth movements*, «Transactions of the Geological Society of Glasgow», 18 (1931), 3, pp. 559-606.

¹⁸⁹ Ivi, p. 579.

¹⁹⁰ H. R. Frankel, *The Continental Drift Controversy. Paleomagnetism and Confirmation of Drift*, cit., p. XVIII.

quindi facilmente analizzabili. Si scoprì che nelle diverse bande era possibile individuare le tracce delle inversioni del campo magnetico terrestre. Inoltre, queste bande si trovavano simmetricamente su entrambi i lati delle dorsali: la spiegazione era contenuta nell'ipotesi di *Morley-Vine-Matthew*¹⁹¹. La loro datazione dimostrò che l'età complessiva dei bacini oceanici non era molto antica¹⁹².

Nel 1962, H. H. Hess (1906-1969) presentò un modello molto più convincente di convezione nel mantello¹⁹³, cambiando solo pochi dettagli rispetto a quello presentato da Holmes trent'anni prima (Fig. 13). Hess propose che la crosta fosse trascinata passivamente dal mantello in movimento, come una zattera trascinata dall'acqua di un fiume. In corrispondenza della cresta, si produceva una frattura che veniva continuamente riempita di lava, che poi si solidificava e si rompeva di nuovo. All'estremità opposta, questa crosta veniva trascinata all'interno del

¹⁹¹ F. J. Vine and D. W. Matthews, *Magnetic anomalies over oceanic ridges*, «Nature», 1963, 199, pp. 947-949; L. W. Morley and A. Larochelle, *Paleomagnetism as a means of dating geological events*, «Royal Society of Canada Special Publication», 1964, 8, pp. 39-50; W. Glen, *The Road to Jaramillo. Critical Years of the Revolution in Earth Science*, cit..

¹⁹² «Complicati passaggi teorici e osservazioni sistematiche portano a teorizzare che del magma fuoriesce costantemente nelle zone di contatto, producendo spinte che allontanano le placche stesse di alcuni centimetri ogni anno, e generando quelle enormi tensioni responsabili dei terremoti e dei fenomeni vulcanici. Rispetto alla geologia classica, il capovolgimento di prospettive non poteva essere più radicale: ciò che osserviamo sulle terre emerse è il risultato di fenomeni che si producono nel fondo dei mari. Se il geologo dell'Ottocento e della prima metà del Novecento aveva bisogno di profonde conoscenze di terreno, saperne di paleontologia e di geomorfologia, e utilizzava strumenti tutto sommato semplici – dal semplice martello all'analisi chimica delle rocce – le nuove discipline che convergono nella costituzione delle scienze della Terra utilizzano strumentazione da big science: dalla spettroscopia di massa a sofisticati sonar e strumenti di rilevamento dei fondali sviluppati da tecnologie militari, per non parlare delle tecnologie di rilevamento satellitare, anch'esse derivate dalla tecnoscienza bellica» (https://www.treccani.it/enciclopedia/le-nuove-prospettive-della-geologia_%28Storia-della-civilt%C3%A0-europea-a-cura-di-Umberto-Eco%29/).

¹⁹³ H. H. Hess, *History of ocean basins* in A. E. J. Engel, H. L. James and B. F. Leonard, (eds.), *Petrologic Studies: A Volume to Honor A. F. Buddington*, New York, Geological Society of America, 1962, pp. 599-620.

mantello dai rami discendenti della corrente di convezione e, una volta raggiunta la parte interna del mantello, veniva fusa e riciclata¹⁹⁴.

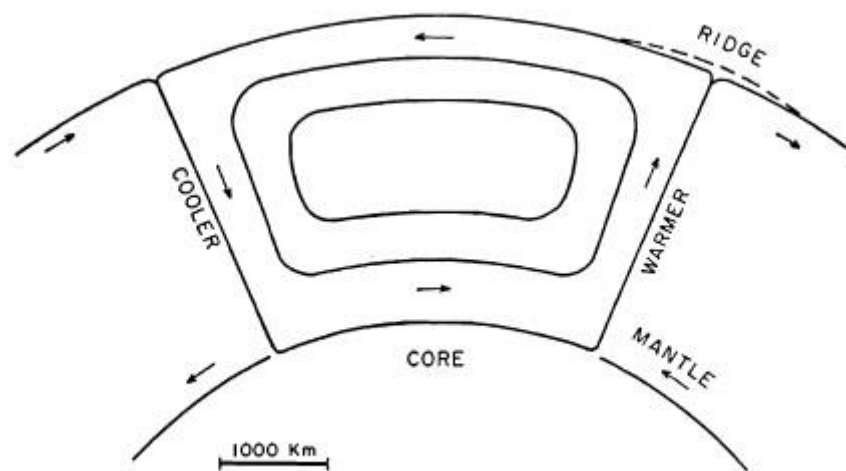


Figure 8. Possible geometry of a mantle convection cell

Fig. 13. Il modello di convezione mantellica proposto da Hess.

Inoltre, J. Tuzo Wilson (1908-1993) identificò degli *hotspots* (punti caldi),¹⁹⁵ e «sugerì che la dorsale non fosse mai stata continua, ma che fosse sempre stata costituita di segmenti rettilinei spostati ad opera di quelle che chiamò *faglie trasformi*»¹⁹⁶. Il paradigma della Tettonica delle placche si formò dall'unione di diverse teorie e fu definito esplicitamente in una serie di articoli apparsi tra il 1967 e il 1968¹⁹⁷.

¹⁹⁴ T. H. Van Andel, *Storia della Terra*, Torino, Boringhieri, 1988.

¹⁹⁵ J. T. Wilson, *A possible origin of the Hawaiian Islands*, «Canadian Journal of Physics», 41 (1963), 6, pp. 863-870.

¹⁹⁶ T. H. Van Andel, *Storia della Terra*, cit., p. 110. Cfr. J. T. Wilson, *A new class of faults and their bearing on continental drift*, «Nature», 1965, 207, pp. 343-347.

¹⁹⁷ D. P. McKenzie and R. L. Parker, *The North Pacific: An example of tectonics on a sphere*. «Nature», 1967, 216, pp. 1276-1280; W. J. Morgan, *Rises, trenches, great faults and crustal blocks*, «Journal of Geophysical Research», 1968, 73, pp. 1959-1982; B. L. Isacks, J. Oliver and L. R. Sykes, *Seismology and the new global tectonics*, «Journal of Geophysical Research», 1968, 73, pp. 5855-5899; X. Le Pichon, *Sea-floor spreading and*

Come effetto dello studio massiccio dei fondali oceanici avvenute nel '900, fondamentale per le scoperte e le teorizzazioni appena riportate, nel 1977 è stato pubblicato il *World Ocean Floor Panorama* (Fig. 14), uno spettacolare atlante dei fondali marini di tutti gli oceani del mondo basato sui dati geologici e geofisici raccolti in quel periodo¹⁹⁸.

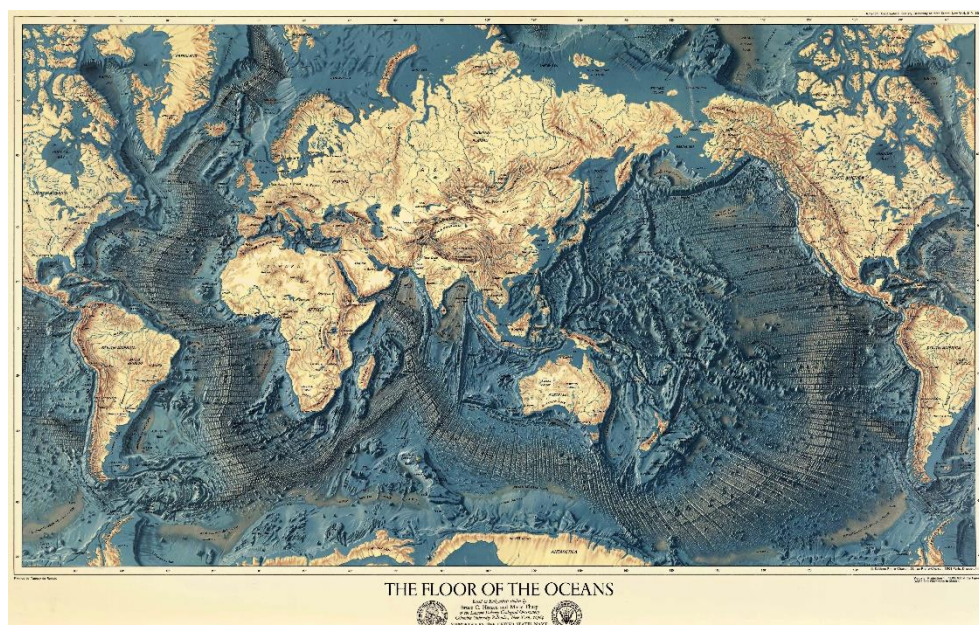


Fig. 14. La carta dei fondali oceanici del 1977. Si tratta della prima carta prodotta ad averli riprodotti per intero¹⁹⁹.

All'interno della Tettonica delle placche, vulcanismo e terremoti trovarono nuove collocazioni interpretative. In particolare, si ritiene che i

continental drift, «Journal of Geophysical Research», 1968, 73, pp. 3661-3697; X. Le Pichon, J. Francheteau and J. Bonnin, *Plate Tectonics*, Amsterdam, Elsevier, 1973. «This grand unifying theory has finally interconnected a great storehouse of isolated geological facts that had been accumulating for centuries» (W. Glen, *The Road to Jaramillo. Critical Years of the Revolution in Earth Science*, cit., p. 3).

¹⁹⁸ H. C. Berann, B. C. Heezen and M. Tharp, *Manuscript Painting of Heezen-Tharp World Ocean Floor map*. «Library of Congress», <https://www.loc.gov/item/2010586277/> [15/10/2022].

¹⁹⁹ *Ibid.*

vulcani si formino in tre particolari contesti vulcano-tettonici: nelle dorsali medio-oceaniche, nelle zone di subduzione e in alcune aree intraplacca (Fig. 15). Considerando l'evoluzione del dibattito novecentesco, possiamo concludere questa veloce panoramica – che da Cartesio ci ha portati fino ai giorni nostri – condividendo la ricostruzione storica che il vulcanologo tedesco Schmincke ha dato per spiegare come si è giunti alla cornice interpretativa globale del vulcanismo ai giorni nostri:

Alfred Wegener's fundamentally new view of "drifting" continents, followed by Arthur Holmes' powerful models of thermal convection and decompression melting beneath the oceanic crust – expanded and superseded by seafloor spreading, plate tectonic and plume model of the 1960s, provided the basic context in which to explain global volcanism²⁰⁰.

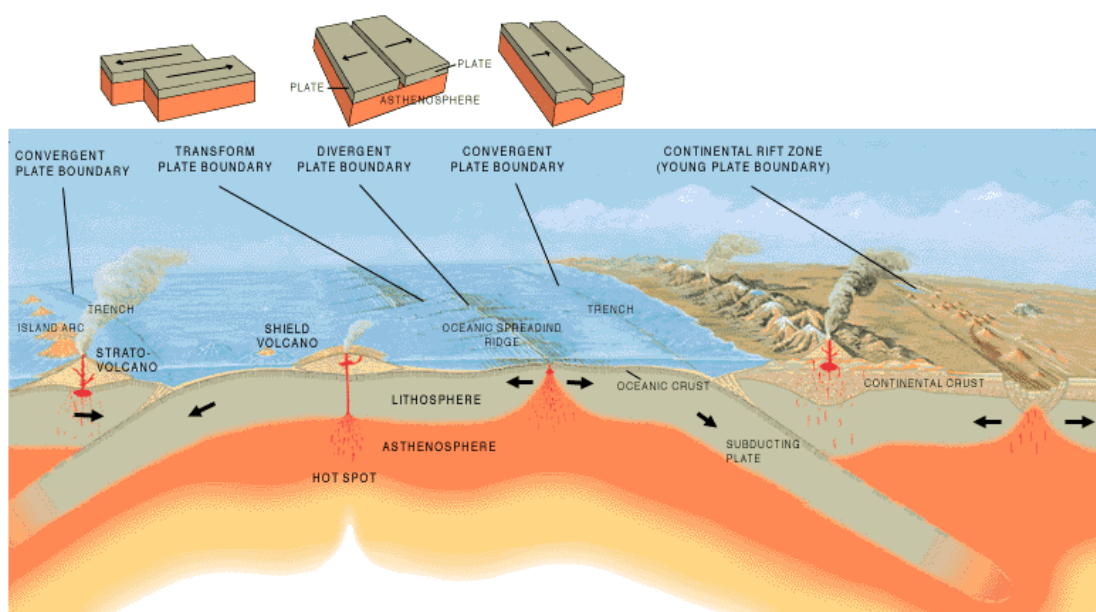


Fig. 15. Contesti geodinamici nella Tettonica delle placche con il vulcanismo ad essi associato²⁰¹.

²⁰⁰ H.-U. Schmincke, *Volcanism*, cit., p. Berlin-Heidelberg, Springer, 2004, p. 8.

²⁰¹ <https://pubs.usgs.gov/gip/dynamic/Vigil.html> [15/11/2022].

III CAPITOLO

VULCANOLOGIA, OROGENESI E MAGMATISMO NEL '900: IL CASO RITTMANN

3.1 *Biografia scientifica di Rittmann: sessant'anni di ricerche*

Alfred Ferdinand Rittmann nacque il 23 marzo 1893 a Basilea, in Svizzera²⁰². Dall'ambiente alto borghese della sua famiglia (padre medico e madre musicista) ereditò la passione per la musica, mentre dal nonno materno fu incoraggiato allo studio delle rocce, mostrando già in adolescenza una spiccata passione per la mineralogia e la petrografia²⁰³. Nel 1912 si iscrisse all'Università di Basilea, approfondendo in questo periodo le scienze naturali e la musica. Nel 1917 si mosse all'università di Ginevra dove conobbe Louis Claude Duparc (1866-1932), suo maestro che lo seguì nella stesura della tesi dottorale (1921) sulle rocce platinifere di una miniera situata sugli Urali²⁰⁴, completando così la sua formazione precedentemente orientata alle scienze chimico-fisiche. Al contempo, Rittmann perfezionò la sua formazione musicale al Conservatorio di Ginevra ottenendo il titolo di direttore d'orchestra. Nel periodo universitario, il confronto con i maestri del periodo fu anche molto critico, infatti «aveva subito litigato con tutti i “baroni” universitari dell'epoca, per il suo anticonformismo»²⁰⁵.

²⁰² R. Cristofolini, *Ricordo di Alfred Rittmann*, «Rendiconti della Società Italiana di Mineralogia e Petrologia», 1981, 37, 1, pp. 15-22; E. Lanterno, *Alfred Rittmann 1893-1980*, «Archives Des Sciences Éditées par la Société de Physique et D'Histoire Naturelle de Genève», 34 (1981), 1, p. 102.

²⁰³ H. Pichler, *Alfred Rittmann 1893-1980*, «Geologische Rundschau», 72 (1983), 1, pp. 7-11.

²⁰⁴ A. Rittmann, *Étude pétrographique sur une série de roches des gîtes platinifères de l'Oural*, Thèse du doctorat des sciences, Université de Genève, 1922.

²⁰⁵ E. Puntillo, *Felice Ippolito una vita per l'atomo*, Napoli, Sintesi, 1987, p. 28.

Seguendo il consiglio di Duparc, Rittmann approfondì le scienze delle Terra recandosi nei più prestigiosi centri di ricerca d'Europa: dal 1921 al 1925 frequentò le più importanti scuole di petrografia dell'epoca acquisendo le conoscenze più avanzate dell'epoca²⁰⁶.

Nel 1926, Rittmann fu chiamato dal connazionale Immanuel Friedlander (1871-1948) a lavorare nel suo omonimo Istituto situato a Napoli alle pendici del Vesuvio (Fig. 16)²⁰⁷.

²⁰⁶J. Keller and E. Niggli, *Alfred Rittmann: 1893–1980*, «Schweizerischen Mineralogischen und Petrographischen Mitteilungen», 1980, 60, pp. 305-309. «Gross taught him the new techniques of X-ray crystallography. A subsequent product of his early interests was his zonal method for the determination of plagioclase feldspar» (D. Musumeci, S. Branca and L. Ingaliso, *Magmatological Tectonics. Alfred Rittmann's paradigm*, cit., p. 262). Cfr. A. Rittmann, *Die Zonenmethode ein Beitrag zur Methodik Plagioklasbestimmung mit Hilfe des Theodolithischen*, «Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen», 1929, 9, pp. 1-46.

²⁰⁷ Il nome completo era *Istituto Vulcanologico Immanuel Friedlander*. «Qui si compivano esperimenti e studi di vulcanologia di grande interesse, vi si stampava una rivista e lavorò quel vulcanologo straordinario che fu Alfred Rittmann (1893-1980), forse l'epigono di tutti coloro che, studiando il *vulcano da gabinetto* di Spallanzani, hanno dato un contributo fondamentale alla geologia e alla vulcanologia» (A. Nazzaro, *Il Vesuvio. Storia eruttiva e teorie vulcanologiche*, Napoli, Liguori, 2001, pp. 122-123).



Fig. 16. Al centro si riconoscono Friedlander (a sinistra) e Rittmann (destra), foto del 5 ottobre 1926. Archivio Fotografico Friedlander.

Il primo approccio scientifico con i vulcani fu di grande successo poiché in questo periodo elaborò delle ipotesi originali che gli diedero molta fama: si ricordano, in particolare, gli studi sull'evoluzione del magma del Somma-Vesuvio²⁰⁸ e il fondamentale studio sulla geologia dell'isola d'Ischia con l'elaborazione di una carta geologica (Fig. 17) e dell'ipotesi dell'*horst* vulcano-tettonico quale causa fondamentale dell'assetto geostrutturale ischitano²⁰⁹.

²⁰⁸ A. Rittmann, *Die geologische bedingte evolution un differentiation des Somma-Vesuvmagmas*, «Zeitschrift für Vulkanologie», 1933, 15, pp. 8-94. Cfr. F. Penta, *Osservazioni sulla evoluzione e la differenziazione del magma somma-vesuviano secondo le vedute del RITTMANN. Le loro basi e le loro conseguenze nella interpretazione della geologia del territorio fra i Campi Flegrei e Pesto*, «Bollettino della Società dei Naturalisti in Napoli», 1937, XLIX, pp. 9-42.

²⁰⁹ A. Rittmann, *Die Geologie der Insel Ischia*, «Zeitschrift für Vulkanologie», 1930.

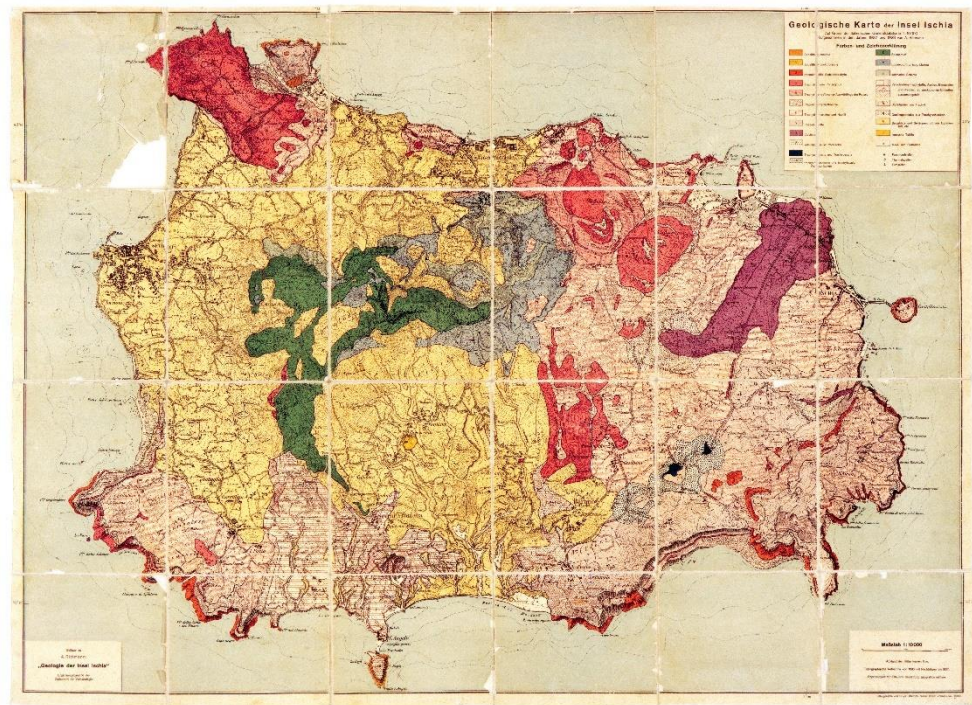


Fig. 17. Carta geologica dell'isola d'Ischia²¹⁰.

Tra gli anni '20 e '30, Rittmann si cimentò anche in alcuni studi di geotermia in Indonesia, Giappone, Stati Uniti e Italia²¹¹. Nel 1934, l'Istituto Friedlander chiuse per motivi politici e Rittmann concorse con Giuseppe Imbò (1899-1980)²¹² per il ruolo di Direttore dell'Osservatorio Vesuviano e per un incarico di insegnamento all'Università di Napoli. Il posto fu vinto da

²¹⁰ *Ibid.*

²¹¹ Cfr. Id., *Die Nutsbarmachung vulkanischer Kräfte*, «Die Naturwissenschaften», cit.; Id., *Die Dienstbarmachung vulkanischer Kräfte*, «Natur und Volk», cit.

²¹² A. Schierillo, *Giuseppe Imbò*, «Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali. Rendiconti», 8 (1982), 72, 1, pp. 49-63; R. Scandone, *Giuseppe Imbò: volcanologist in difficult times*, «Volcano News», 1983, p. 19; R. Schick, *Giuseppe Imbò and his contribution to volcano seismology*, «Annali di Geofisica», 42 (1999), 3, pp. 591-596.

Imbò²¹³, ma la questione portò dietro una serie di rancori tra i due contendenti che si sarebbero protratti per decenni tra la scuola napoletana e la futura scuola catanese-pisana, cominciando a riassorbirsi solo negli anni '70 con la feconda collaborazione dei loro futuri allievi nel panorama delle ricerche vulcanologiche nazionali (Villari a Catania e Gasparini a Napoli)²¹⁴.

Ritrovatosi fuori dall'ambiente napoletano, Rittmann tentò una carriera accademica in Germania, ma rifiutò di accettare uno dei requisiti fondamentali dell'epoca, l'adesione al partito nazista. Ripiegò sul ritorno nella natia Basilea insegnando per sei anni all'università petrografia, vulcanologia, geochimica e geofisica²¹⁵. Il 1936 è l'anno della pubblicazione di *Vulkane und irhe Tätigkeit*²¹⁶, da molti considerato il primo manuale di vulcanologia moderna²¹⁷. In questo fondamentale testo, il

²¹³ «In 1934 the I. F. Volcanological Institute closed and the incompatibility with part of the Neapolitan school of the time, as well as Rittmann's shy and uncompromising nature, prevented him from winning the directorship of the Vesuvius Observatory and from obtaining a chair in Italy, where he already had his first students. In truth, this issue was much more complex since there were several different aspects to this situation, such as the Swiss nationality of Rittmann together with the clear conflict between the Vesuvius Observatory and the I. F. Volcanological Institute» (D. Musumeci, S. Branca and L. Ingaliso, *Magmatological Tectonics. Alfred Rittmann's paradigm*, cit., p. 262). Cfr. F. Ippolito e G. Marinelli, *Alfredo Rittmann (1893-1980)* in F. Ippolito (a cura di), *Amici e maestri. Personaggi, fatti e letture: ricordi di un quarantennio*, 1988, Bari, Dedalo, pp. 62-68; M. Russo, M. De Lucia, G. Milano e G. P. Ricciardi, *Giuseppe Mercalli e l'Osservatorio Vesuviano: la direzione dal 1911 al 1914* in M. A. Di Vito, G. P. Ricciardi, S. de Vita, E. Cubellis e A. Tertulliani (a cura di), *Giuseppe Mercalli da Monza al Reale Osservatorio Vesuviano: una vita tra insegnamento e ricerca*, Miscellanea INGV, 2014, 24, pp. 145-150.

²¹⁴ Cfr. F. Barberi, P. Gasparini, F. Innocenti and L. Villari, *Volcanism of the southern Tyrrhenian Sea and its geodynamic implications*, «Journal of geophysical research», 78 (1973), 23, pp. 5221-5232; F. Barberi, L. Civetta, P. Gasparini, F. Innocenti, R. Scandone, L. Villari, *Evolution of a section of the Africa-Europe plate boundary: paleomagnetic and volcanological evidence from Sicily*, «Earth and Planetary Science Letters», 22 (1974), 2, pp. 123-132.

²¹⁵ R. Cristofolini, *Ricordo di Alfred Rittmann*, «Rendiconti della Società Italiana di Mineralogia e Petrologia», cit., p. 16.

²¹⁶ A. Rittmann, *Magma and magmatic processes*, «Review of World Science», 1964, 6, pp. 137-141.

²¹⁷ F. Ippolito and G. Marinelli, *Alfred Rittmann*, «Bulletin of Volcanology», 44 (1981), 3, p. 218.

vulcanologo svizzero espresse una chiara intersezione metodologica tra vulcanologia, tettonica e magmatologia. Questo approccio diventerà fondamentale nei decenni a seguire. A Rittmann va il merito di aver connesso tre discipline che prima di lui si muovevano su binari separati: la vulcanologia era principalmente una disciplina con un approccio storico-geografico (si annotavano le eruzioni e si descrivano gli stili eruttivi dei vulcani), la tettonica era di dominio dei geologi con l'elaborazione di teorie che spiegavano l'origine e lo sviluppo delle catene montuose sul pianeta mentre la magmatologia era susseguente agli studi di mineralogia e petrografia, indagando l'origine e l'evoluzione dei magmi²¹⁸. Questo nuovo approccio porterà Rittmann a riflettere anche sull'origine della Terra col fine di spiegarne l'evoluzione e la composizione attuale²¹⁹.

The impetus for considering elements other than iron as a constituents of the Earth's interior also came from astrophysics. In 1929, H. N. Russell, confirming the earlier conclusion of Cecilia Payne (1925), showed that the Sun's atmosphere is mostly hydrogen; iron is present only in very small proportion. Prevailing theories of the origin of the Earth still assumed that it was formed from the Sun's atmosphere, or else that both came from the same primordial material. [...] In 1941 two Swiss scientists, Werner Kuhn and Alfred Rittmann, adopted the first possibility and proposed that the Earth's interior contains a large proportion of hydrogen²²⁰.

In ciò troverà un fiero oppositore in H. C. Urey (1893-1981) e nella scuola americana: il dibattito vedrà vincente l'ipotesi di Urey (ipotesi *fredda*), considerata anche la base di successive teorizzazioni²²¹.

In the 1950s, monistic theories were developed by the Dutch-american astronomer Gerard Kuiper and the American chemist Harold C. Urey. Kuiper postulated a massive solar nebula, about one-tenth of a solar mass (exclusive of the mass of the Sun itself) – that is, about 100 times the present mass of the planets – and assumed that it would form large protoplanets by

²¹⁸ A. Rittmann, *Vulkane und ihre Tätigkeit*, cit.

²¹⁹ W. Kuhn and A. Rittmann, *Über den Zustand des Erdinnern und seine Entstehung aus einem homogenen Urzustand*, «Geologische Rundschau», 1941, 32, pp. 215-256.

²²⁰ S. G. Brush, *A history of modern planetary physics. Nebulous Earth. The origin of the Solar System and the core of the Earth from Laplace to Jeffreys*, 1, Cambridge, Cambridge University Press, 1996, p. 148.

²²¹ H. C. Urey, *The Planets: Their Origin and Development*, New Haven, Yale University Press, 1952.

gravitational collapse. After the planets formed, the excess material would be blown away by the Sun's radiation pressure. Urey rejected the protoplanet concept, assuming instead that numerous smaller objects were first formed and later accumulated into planets²²².

Rittmann e Urey ebbero aspre controversie sull'argomento per una quarantina d'anni.

Tra il 1941 e il 1949, Rittmann ritornò in Italia e fu assunto dal C.N.R. per lavorare in alcuni istituti scientifici ed effettuare ricerche geominerarie sul territorio italiano, avendo l'aiuto di un suo celebre allievo napoletano, Felice Ippolito (1915-1997)²²³.

L'Italia, dopo il blocco navale inglese su tutte le vie del mare, ha un disperato bisogno di carbone. Doveva pensarci l'IRI, di cui è presidente uno dei maestri e amici napoletani di Felice Ippolito, il professor Francesco Giordani. Il quale è convinto che solo Alfredo Rittmann, svizzero, possa trovare in qualche montagna italiana quel benedetto carbon fossile che allora era fonte energetica preminente, se non proprio l'unica. Anche allora l'Italia dipendeva, per mandare avanti le sue industrie, dall'approvvigionamento estero²²⁴.

Nel 1944, durante la Seconda guerra mondiale (1939-1945), Rittmann non riuscì ad osservare l'ultima eruzione del Vesuvio: «Il tardivo arrivo degli Alleati fa perdere a Rittmann ed a Ippolito (e a tanti altri vulcanologi bloccati al di là delle linee) un evento importante come l'eruzione del Vesuvio del marzo '44, l'ultima»²²⁵.

Successivamente alla sua seconda parentesi italiana, Rittmann si spostò in Egitto dove insegnò dal 1949 al 1953 all'Università di Alessandria e dal 1953 al 1957 all'Università del Cairo. In questi anni sono celebri gli studi sui Campi Flegrei (introdusse il concetto di caldera su questo

²²² Ivi, p. 136.

²²³ [https://www.treccani.it/enciclopedia/felice-ippolito_\(Dizionario-Biografico\)/](https://www.treccani.it/enciclopedia/felice-ippolito_(Dizionario-Biografico)/) [5/11/2022].

²²⁴ E. Puntillo, *Felice Ippolito una vita per l'atomo*, cit. p. 28.

²²⁵ Ivi, p. 30.

vulcano)²²⁶ e altri approfondimenti sul rapporto tra orogenesi e vulcanismo²²⁷. Nel 1954, giunto al culmine della sua fama, Rittmann assunse il ruolo di Presidente dell'Associazione Internazionale di Vulcanologia²²⁸.

Nel 1958 giunse a Catania, rimanendo in Sicilia fino alla sua morte avvenuta il 19 settembre del 1980 a Piazza Armerina²²⁹. In Sicilia approfondì lo studio dei vulcani siciliani promuovendo la costituzione, appoggiata da personalità influenti quali Giorgio Marinelli (1922-1993) (Fig. 18) e Haroun Tazieff (1914-1998) di un Istituto Vulcanologico Internazionale ai piedi del monte Etna²³⁰, uno dei vulcani più attivi del mondo:

The research institute was called Institut International de Recherches Volcanologiques (I.I.R.V.) and, initially, was based at the volcanological institute of the University of Catania. It became independent from the university in 1968, and its name was changed to Laboratoire International de Recherches Volcanologiques of the C.N.R. under the patronage of UNESCO. After two years, the Laboratory was transformed into the International Institute of Volcanology (or I.I.V.). Rittmann was president from 1960 to 1968, and later the director of the scientific council and the honorary president of these organizations²³¹.

²²⁶ A. Rittmann, *Sintesi geologica dei Campi Flegrei*, «Bollettino della Società Geologica Italiana», 1950, 69, pp. 117-128.

²²⁷ Sul tema in oggetto, cfr. in part. A. Rittmann, *Zur Thermodynamik der Orogenese*, «Geologische Rundschau», 1942, 33, pp. 485-498; Id., *Orogénèse et volcanisme*, «Archives des Sciences», Société de Physique et D'Historie Naturelle de Genève, 1951, 4, pp. 273-314; Id., *Magmatic character and tectonic position of the Indonesian volcanoes*, «Bulletin Volcanologique», 1953, 14, pp. 45-58; Id., *Outline of a new geological theory*, «Bulletin de la Société de Géographie d'Égypte», 1956, 19, pp. 11-37; A. Rittmann and L. Villari, *Volcanism as a tracer in geodynamic processes*, in van der Linden, W. J. M. (ed.), *Fixism, Mobilism or Relativism: Van Bemmelen's Search for Harmony*, Geologia en Mijnbouw, 1979, 58, pp. 225-230.

²²⁸ <https://hls-dhs-dss.ch/it/articles/048534/2010-03-22/> [4/11/2022].

²²⁹ In *Appendice III*, pp. 169-183 è riportata la documentazione circa le manovre amministrative-burocratiche che l'Ateneo di Catania svolse negli anni '50 per assumere Rittmann.

²³⁰ <https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=211060> [4/11/2022].

²³¹ D. Musumeci, S. Branca and L. Ingaliso, *Magmatological Tectonics. Alfred Rittmann's paradigm*, cit., p. 264.



Fig. 18. Rittmann e Marinelli nel 1963. Per gentile concessione di Loredana Rittmann.

Nel 1960 pubblicò la seconda edizione de *Vulkane und ihre Tätigkeit*, stavolta tradotta in diverse lingue²³². Da segnalare anche la formazione di una scuola catanese di studiosi che nei decenni successivi seguirà le tracce del suo maestro all'università, ma soprattutto nell'istituto di recente formazione²³³ (Fig. 19). La sua produzione conta circa 180 pubblicazioni, tra le quali una decina di monografie di grande valore storico. Socio di numerose società geologiche, in vita ebbe anche importanti riconoscimenti: vanno ricordate la Medaglia Gustav Steinmann conferitagli nel 1956 dalla *Geologische Vereinigung* e la Laurea Honoris Causa ricevuta

²³² A. Rittmann, *I vulcani e la loro attività*, cit.

²³³ R. Romano, *Rittmann, gli anni di Catania* in G. Binni, A. Vista e F. Obrizzo (a cura di), *Atti del Convegno Rischio vulcanico e programmazione territoriale Ricordo di Alfred Rittmann (1893–1980)*, Napoli, Celebrano, 1989, pp. 25-28.

nel 1959 dall'Università di Berna²³⁴. Alla sua memoria sono stati intitolati vie, piazze, il massimo congresso italiano di vulcanologia²³⁵, un minerale²³⁶, un vulcano²³⁷, un cono di scorie sull'Etna²³⁸ e il Museo Vulcanologico Eoliano (Lipari) alla cui realizzazione collaborò assieme a Vincenzo Cabianca²³⁹.

The scientific world chose to remember him in many ways. The scoria cone built by the eruption of Etna during 1986–1987 was named Monte Rittmann in his memory. A new volcano discovered in Antarctica in 1989 was also named after him. There is also a Via Alfred Rittmann in Catania and Piazza Armerina, as well as a Piazzetta Rittmann on Ischia. The world of mineralogy also expressed its respect with 'Rittmannite', a rare mineral from the leucite group²⁴⁰.

Nella Biblioteca Rittmann dell'Osservatorio Etneo dell'INGV è conservata la Miscellanea Rittmann, costituita da più di 3300 voci²⁴¹.

²³⁴ <https://www.encyclopedia.com/science/dictionaries-thesauruses-pictures-and-press-releases/rittmann-alfred-alfredo-ferdinand> [4/11/2022].

²³⁵ La Conferenza Alfred Rittmann, giunta nel 2022 alla sua quinta edizione.

²³⁶ «Le nom honore M. le professeur Alfred Rittman (sic) (1893-1980), volcanologue de renommee mondiale qui a contribue au developpement de la mineralogie, la petrographie et la microscopie optique» (Y. Marzoni Fecia Di Cossato, P. Orlandi and G. Vezzalini, *Rittmannite, a new mineral species of the Whiteite Group from the Mangualde Granitic Pegmatite, Portugal*, «Canadian Mineralogist», 1989, 27, pp. 447-449).

²³⁷ P. Armienti and A. Tripodo, *Petrography and chemistry of lavas and comagmatic xenoliths of Mt. Rittmann, a volcano discovered during the IV Italian Expedition in Northern Victoria Land (Antartica)*, «Memorie della Società Geologica Italiana», 1991, 46, pp. 427-451.

²³⁸ Monte Rittmann, formatosi durante l'eruzione etnea del 1986-1987.

²³⁹ V. Cabianca e A. Pignatelli Mangoni, *Il Parco letterario eoliano. La didascalizzazione di un arcipelago culturale di luoghi semiotici*, Bologna, Ismecca, 2012.

²⁴⁰ D. Musumeci, S. Branca and L. Ingaliso, *Magmatological Tectonics. Alfred Rittmann's paradigm*, cit., p. 267.

²⁴¹ S. Branca e G. Lanzafame, *La miscellanea di Alfred Rittmann (1893-1980): uno sguardo su un secolo di Scienze della Terra*, «Miscellanea INGV», 2016, 30, pp. 7-172.



Fig. 19. Rittmann nel 1962. Per gentile concessione di Loredana Rittmann.

3.2 *Un paradigma a base vulcanologica: la Tettonica magmatologica*

L'ipotesi di lavoro portata avanti in queste pagine, oltre che in alcuni studi degli ultimi anni²⁴², è che l'impianto di metodi, ipotesi e teorie di

²⁴² D. Musumeci, *Magmatological Tectonics. Alfred Rittmann's paradigm (1893-1980)*, Poster presented at the 44th Symposium of the International Commission on the History of Geological Sciences (INHIGEO), 2019, Varese-Como, (Italy, 2-12 September 2019); D. Musumeci, S. Branca and L. Ingaliso, *Magmatological Tectonics. Alfred Rittmann's*

Rittmann, per quanto riconosciuto di grande importanza già in vita e negli anni successivi alla sua morte, oltre ciò rivesta un significato storico-filosofico di valore paradigmatico²⁴³ nello sviluppo recente delle scienze della Terra:

teorie mobiliste vennero formulate sulla base della contrapposizione tra forze perturbatrici connesse a celle convettive e a squilibri termici e forze equilibratrici, quali l'isostasia e la gravità. Queste teorie facevano intuitivamente appello ad alcuni principi che sarebbero poi stati alla base della tettonica delle placche. Tra i vari modelli proposti, quello ipotizzato da Alfred Rittmann (1893-1980) è uno dei più completi; esso si fonda su una stretta correlazione tra i fenomeni orogenetici e la natura e l'origine dei magmi²⁴⁴.

Qui non ci si propone di elencare minuziosamente i risultati di tutti gli studi di Rittmann, per questo si rimanda ai lavori scientifici già indicati in nota all'inizio di questo paragrafo. L'obiettivo principale è, invece, mostrare il significato che i contemporanei di Rittmann diedero alla sua visione e reinterpretare storicamente e filosoficamente questi dibattiti alla luce del tempo intercorso fino ad oggi. Il sintagma proposto per designare il paradigma rittmanniano è *Tettonica magmatologica*:

The name was chosen to underline the bearing of the discipline, which symbolically represents the basis of many of its theorizations. Indeed, the relationship between geodynamic processes and the study of magmas is evident in his writing²⁴⁵.

paradigm, cit.; D. Musumeci, A. A. De Benedetti, S. Branca and L. Ingaliso, *Rittmann's heritage: A philosophical approach for current research*, in G. R. Foulger, L. C. Hamilton, D. M. Jurdy, C. A. Stein, K. A. Howard and S. Stein, eds., *In the Footsteps of Warren B. Hamilton: New Ideas in Earth Science*, cit.

²⁴³ Riproponiamo qui la definizione di paradigma alla quale si fa riferimento: i paradigmi, secondo T. Kuhn, sono «universally recognized scientific achievements that for a time provide model problems and solutions to a community of practitioners» (T. S. Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago-Illinois, University of Chicago Press, 2012, p. XIII).

²⁴⁴ F. Ippolito, *Le scienze della terra* in L. Geymonat (a cura di), *Storia del pensiero filosofico e scientifico*, Milano, Garzanti, 1996, V, pp. 447-448.

²⁴⁵ D. Musumeci, A. A. De Benedetti, S. Branca and L. Ingaliso, *Rittmann's heritage: A philosophical approach for current research*, cit., p. 23. «[...] These few statements may be sufficient to demonstrate the importance of good chemical analyses of fresh volcanic

Subito dopo la sua morte, numerose furono le testimonianze del mondo scientifico che attestarono il suo ampio contributo nelle geoscienze del '900:

Volcanological research in Europe during the first half of this century is synonymous with the name of Alfred Rittmann. If volcanic phenomena from a marginal and purely descriptive position in the earth sciences have assumed an ever more quantitative character and have revealed themselves an essential tool for the understanding of the internal geodynamics of our planet, much of the merit is due to the modern and original lines given to volcanological research by Alfred Rittmann. His action becomes more significant if one considers that Rittmann was not a self-absorbed scientist, rather he was a teacher in the broadest meaning of the word²⁴⁶.

«He was an Earth scientist in the broadest sense: a petrographer, mineralogist, magmatologist, tectonist, geodynamicist, planetologist, volcanologist and, what is more, a philosopher of geosciences»²⁴⁷. In un'analisi retrospettiva, nell'ambito della Tettonica magmatologica la vulcanologia si può configurare come una disciplina nella fase di *scienza normale*²⁴⁸. Un esempio è dato dai suoi allievi catanesi, che iniziarono le loro ricerche in vulcanologia negli anni Sessanta e Settanta, all'Università e all'Istituto Internazionale di Vulcanologia, pubblicando studi con tematiche

rocks in order to establish the very interesting relations existing between structural Geology and Magmatology. Once established more accurately, these relations will throw a new light on the origin of magmas and on the mechanism of their eruptions, contributing thus greatly to the development of Volcanology and theoretical Geology» (A. Rittmann, *Magmatic character and tectonic position of the Indonesian volcanoes*, cit., p. 58).

²⁴⁶ F. Barberi, M. Carapezza, F. Esu Cugusi, P. Gasparini, F. Innocenti and L. Villari, *Alfred Rittmann Special Memorial Issue*, «Bulletin Volcanologique», Journal of the International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior, 44 (1981), 3, Preface.

²⁴⁷ D. Musumeci, S. Branca and L. Ingaliso, *Magmatological Tectonics. Alfred Rittmann's paradigm*, cit., p. 261. A tal riguardo, così si esprime Cristofolini: «Il suo contributo allo sviluppo della ricerca petrologica in generale e della vulcanologia è inestimabile: senza presumere di voler esaminare in dettaglio i risultati fondamentali delle sue innumerevoli ricerche, è da ricordare soprattutto la sua dedizione esemplare all'osservazione attenta dei fenomeni naturali, sostenuta da vaste e profonde conoscenze geologiche, petrologiche, mineralogiche, geochimiche e geofisiche» (R. Cristofolini, *Ricordo di Alfred Rittmann*, «Rendiconti della Società Italiana di Mineralogia e Petrologia», cit., p. 15).

²⁴⁸ T. S. Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*, cit., in part capp. II, III, IV, pp. 10-42.

e contenuti pienamente integrati nella visione inter e multidisciplinare di Rittmann (Fig. 20). Tra i tanti esempi disponibili, possiamo citare le ricerche di Violetta Gottini Grasso²⁴⁹, Maria Di Re²⁵⁰, Romolo Romano²⁵¹, Carmelo Sturiale²⁵², Letterio Villari²⁵³, e così via.

²⁴⁹ V. Gottini Grasso, *The TiO₂ frequency in volcanic rocks*, «Geologische Rundschau», 1968, 57, pp. 930-935; A. Rittmann and V. Gottini Grasso, *L'Isola d'Ischia-Geologia*, «Bollettino del Servizio Geologico d'Italia», 1980, 101, pp. 131-274.

²⁵⁰ M. Di Re, *L'eruzione dell'Etna del 1780 ed i suoi prodotti*, «Atti della Accademia gioenia di scienze naturali in Catania», 6 (1961), 11, pp. 283-304; Id., *Hyaloclastites and pillow lavas of Acicastello (Mt. Etna)*, «Bulletin Volcanologique», 1963, 25, pp. 281-284.

²⁵¹ R. Romano, *Tectonic control on magmatic differentiation: An example*, «Bulletin Volcanologique», 1970, 34, pp. 823-832; R. Romano and C. Sturiale, *L'isola di Ustica: Studio geo-vulcanologico e magmatologico*, «Rivista Mineraria Siciliana», 1971, XXII, pp. 127-129.

²⁵² C. Sturiale, *Pillows and hyaloclastites on the island of Ustica (Sicily)*, «Bulletin Volcanologique», 1963, 25, pp. 259-262; Id., *Le formazioni eruttive submarine a Nord di Catania*, «Rendiconti della Società Italiana di Mineralogia e Petrologia», 1968, 24, pp. 313-346.

²⁵³ L. Villari, *On particular ignimbrites of the island of Pantelleria (channel of Sicily)*, «Bulletin Volcanologique», 1969, 33, pp. 828-839; A. Rittmann and L. Villari, *Volcanism as a tracer in geodynamic processes*, in van der Linden, W. J. M. (ed.), *Fixism, Mobilism or Relativism: Van Bemmelen's Search for Harmony*, cit.

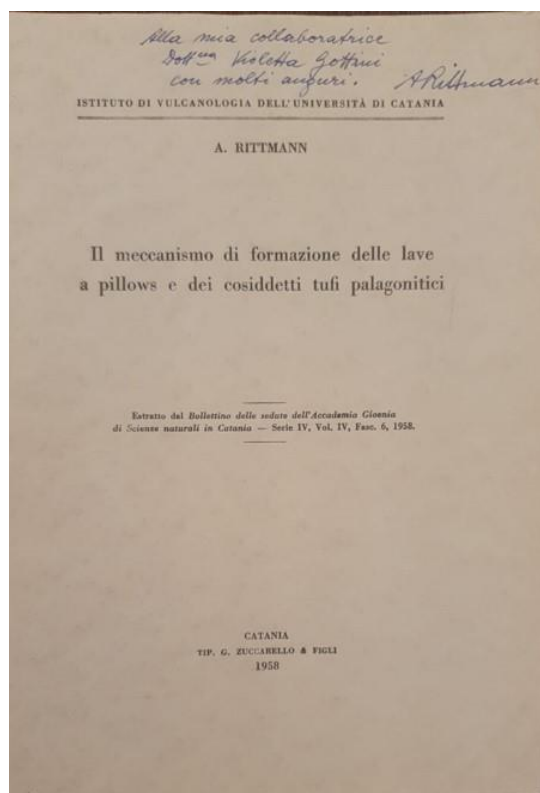


Fig. 20. Uno dei primi scritti del periodo catanese di Rittmann²⁵⁴, con dedica autografa alla collaboratrice Violetta Gottini.

Un episodio merita di essere evidenziato perché racchiude molti nodi concettuali del paradigma di Rittmann. Nel 1939, Rittmann riconobbe la natura distensiva della catena montuosa (riconosciuta come dorsale medio-oceanica pochi decenni dopo) al centro dell'Oceano Atlantico. L'episodio è raccontato dettagliatamente, con toni quasi romantici, da Ippolito e Marinelli²⁵⁵. Al convegno della Società Geologica tedesca, gli studiosi

²⁵⁴ A. Rittmann, *Il meccanismo di formazione delle lave a pillows e dei cosiddetti tufi palagonitici*, «Bollettino delle sedute dell'Accademia Gioenia di Catania», IV (1958), 4, pp. 311-318.

²⁵⁵ «Many contributions to the annual meeting of the German Geological Society in 1939 appeared to have the precise goal of discrediting once and for ever the Wegener theory on continental drift. It is well known how difficult it is to construct and how easy it is to destroy, and the Wegener theory had had, since the time it was proposed in 1912, more detractors than supporters. In 1930 when Alfred Wegener died the group of his supporters was even smaller. At the German Geological Society Meeting it was emphasized that many

assunsero posizioni fissiste dichiaratamente contro la visione wegeneriana, Rittmann la difese fortemente motivando le sue spiegazioni tettoniche con ragioni di carattere petrografico-petrologico. Inoltre, criticò la metodologia di ricerca dei suoi avversari accusandoli di elaborare sintesi incerte perché incapaci di una visione d'insieme nelle geoscienze²⁵⁶.

Questo episodio è ben noto e l'interpretazione di Rittmann sarà poi accolta nella futura Tettonica delle placche, dando ragione allo scienziato

profiles of the Atlantic Ocean sea-bottom had shown the presence of a mountain ridge in the middle of the ocean. Faced with such evidence, how could one persist in sustaining that Africa was moving away from southern America if a compressive mountain ridge was forming just in the middle of the Atlantic? The scientists discussing these facts and their consequences were many, and the general agreement was to disregard a theory that was so much against proven facts. All of the present but one: Alfred Rittmann, a Swiss geologist interested in problems concerning magmas and volcanoes. He asked to speak Vehemently and decidedly, as he was used to, he explained that the bottom of the Atlantic Ocean could not be a compressive area and that - on the contrary - it was a cratonic area, that is a rigid system, which was undergoing extensional tectonic processes. Even if this view was not determinant in establishing the soundness of Wegener's theory, it might however suggest that the obstinacy of the Wegener detractors was largely unjustified. Upon what evidence was this view founded? Upon a single observation but - in his belief - of fundamental and unquestionable importance: - Volcanic activity in orogenic areas is fed by calc-alkaline magmas only. Whereas all the Atlantic Ocean volcanoes erupt mainly alkali-basaltic magmas, which are typical of rigid tensional areas and are completely lacking in compressive areas where orogenic deformations occur». (F. Ippolito and G. Marinelli, *Alfred Rittmann*, cit., p. 217).

²⁵⁶ «Il problema della formazione dell'Atlantico è stato discusso con diverse opinioni, però non ci si è avvicinati alla soluzione. Le nostre conoscenze sembrano insufficienti per una sintesi globale. Una delle motivazioni, di cui questo forte sentimento di insicurezza potrebbe essere responsabile, va ricercata nell'eccessiva specializzazione che rende più difficile l'opinione critica per le scienze specialistiche, se non impossibile. [...] alcuni geofisici hanno quasi nessuna o proprio nessuna considerazione dei fatti geologici e geochimici e arrivano, poi, a considerazioni, che, per ogni geologo e petrografo sono inaccettabili. Così è stata sviluppata, sulla base di una presunta, ma chiaramente eccessiva, radioattività di rocce sconosciute all'interno della Terra, una teoria simile a quella di Jolly, che si potrebbe confutare con numerosi argomenti geologici e geochimici, malgrado dimostri una argomentazione logica, matematica e idee certe, che, purtroppo, si basano su premesse insicure ed errate. Entrare nei dettagli è superfluo. Il risultato più importante di questa conferenza mi sembra il concetto che si deve per forza di cose considerare almeno l'argomentazione basilare e le opinioni di tutti i problemi geologici delle branche interessate, se si vuole tentar di dare una spiegazione anche grossolana. Questa considerazione, che si doveva imporre all'auditorio senza pregiudizi, è di inestimabile valore per il progresso delle scienze geologiche. Essa riassume il risultato di questa conferenza» (A. Rittmann, *Bemerkung zur "Atlantic-Tagung" in Frankfurt im Januar 1939*, «Geologische Rundschau», 30 (1939), 3, p. 284, traduzione di Carlo Massimi).

svizzero. Eppure, nel monumentale lavoro di Frankel, l'autore ha frainteso completamente indicando Rittmann come un fissista²⁵⁷, probabilmente accostandolo agli altri studiosi intervenuti a quel convegno. Senza contare che Rittmann coniugava istanze mobiliste (difendeva apertamente le posizioni wegeneriane) con istanze fissiste. Questo potrebbe aver generato un po' di confusione, anche ai nostri giorni. Invece, la complessità dell'intero sistema rittmanniano è stata ben colta da Ippolito:

la teoria dell'orogenesi di Rittmann [...] presenta due notevoli caratteristiche. In primo luogo si basa solo su fenomeni noti e forze conosciute. [...] Inoltre essa tien conto, nei singoli campi di validità, comprendendole in una più vasta sintesi, di precedenti ipotesi geologiche come la teoria delle oscillazioni di Haarmann, dell'undazione di van Bemmelen, della deriva dei continenti verso ovest nel senso di Wegener, della isostasi secondo la formulazione di De Marchi, delle correnti subcrostali di Ampferer, della differenziazione magmatica di Niggli, del plutonismo e vulcanismo dell'autore medesimo e di Cloos, della granitizzazione di Backlund e di Eskola e delle migmatiti di Sederholm, Scheumann e Wegmann e altre²⁵⁸.

²⁵⁷ H. R. Frankel, *The Continental Drift Controversy, Wegener and Early Debate*, cit., p. 403.

²⁵⁸ F. Ippolito, *Intorno ad una nuova teoria sull'origine del sial e sull'orogenesi*, Napoli, Genovese, 4 (1945), 13, pp. 49-50. Per i riferimenti agli autori citati da Ippolito, cfr. W. F. Hume, *Terrestrial theories: A Digest of Various Views as to the Origin and Development of the Earth and their Bearing on the Geology of Egypt*, Cairo, Government Press, 1948. Importanti per la comprensione delle teorie degli anni '30 e '40 anche F. Penta, *Osservazioni sulla evoluzione e la differenziazione del magma somma-vesuviano secondo le vedute del RITTMANN. Le loro basi e le loro conseguenze nella interpretazione della geologia del territorio fra i Campi Flegrei e Pesto*, «Bollettino della Società dei Naturalisti in Napoli», cit.; Id., *Le recenti idee del Rittmann sul magma originario e sull'origine del Sial*, «Bollettino della Società sismologica italiana», 1939, XXXVII, pp. 107-136; Id., *Le recenti idee su magmatismo, vulcanismo e migmatismo in rapporto anche alle profondità degli ipocentri di terremoti vulcanici o magmatici in genere*, «Bollettino della Società sismologica italiana», 1940, XXXVII, pp. 243-256; Id., *Plutonismo e vulcanismo e la differenziazione petrografico-metallifera*, «Periodico di mineralogia», 1940, XI, pp. 106-141.

Analizzando il paradigma rittmanniano risulta difficile inquadrare le sue novità in altri paradigmi (così come è desumibile proprio dal passaggio di Ippolito) per via di una grande capacità di sintesi volta alla continua ricerca di una visione d'insieme²⁵⁹. Non usuale anche l'utilizzo di una filosofia della natura desunta dal mondo della chimica-fisica (la *Legge Fondamentale*)²⁶⁰ e l'utilizzo della filosofia della scienza per vagliare tra diverse ipotesi concorrenti²⁶¹. Quest'aspetto teoretico è stato riversato in contemporanea anche nella formazione degli allievi (a Napoli, in Egitto, a Catania) e nelle attività degli Istituti scientifici dei quali ha fatto parte o che ha fondato.

Una cifra del pensiero e gli scritti di Rittmann è contenuta nel dichiarare esplicitamente la natura ipotetica e personale di molte delle ipotesi da lui portate avanti.

Questo tentativo di elaborare una teoria geologica, che tenda a rappresentare complessivamente vulcanismo ed orogenesi, magmatismo e struttura interna della terra, origine e sviluppo della terra, ha necessariamente un carattere soggettivo. Questo volume non è quindi un libro di testo nel quale sono descritte oggettivamente le varie teorie in discussione. Alcune ipotesi, ad esempio, che secondo la mia opinione sono in contrasto con i fatti e con le leggi ben note, sono appena ricordate oppure ignorate del tutto, poiché la confutazione particolare di ciascuna di esse richiederebbe troppo spazio e darebbe senz'altro luogo ad osservazioni polemiche non costruttive²⁶².

²⁵⁹ «Egli è stato esempio luminoso di rifiuto delle posizioni dogmatiche e di non accettazione della superspecializzazione nella ricerca, a favore di una visione interdisciplinare volta alla migliore comprensione dei problemi aperti nel campo delle Scienze della Terra» (R. Cristofolini, *Ricordo di Alfred Rittmann*, «Rendiconti della Società Italiana di Mineralogia e Petrologia», cit., p. 15).

²⁶⁰ «Any geological event is a reaction that tends to re-establish a static or dynamic equilibrium that has been disturbed» (A. Rittmann, *Outline of a new geological theory*, cit. p. 113). Si tratta di una legge di natura ispirata ai principi della termodinamica, ma espressa in forma non matematica.

²⁶¹ R. W. van Bemmelen, *On the origin and evolution of the Earth's crust and magmas*, «Geologische Rundschau» 1968, 57, pp. 657-705.

²⁶² A. Rittmann, *I vulcani e la loro attività*, Bologna, Cappelli, 1972 (rist. 2ª ed.), p. 6.

Pur ricevendo una grande quantità di elogi sia in vita sia dopo la sua morte, il significato delle ricerche di Rittmann fu po' ridimensionato, nella parte finale della sua vita, per non aver accettato la Tettonica delle placche senza sollevare alcune questioni critiche verso la nuova teoria²⁶³. Qualora Rittmann avesse abbracciato acriticamente il nuovo paradigma, probabilmente oggi sarebbe ricordato nei testi come uno dei padri fondatori della Tettonica delle placche, visto che le sue ultime teorizzazioni, ascrivibili al periodo catanese (1958-1980)²⁶⁴, sono coeve alla fase di

²⁶³ A. Rittmann, *Vulkane und ihre Tätigkeit*, cit.; «Magmatological tectonics is a scientific worldview made up of hypotheses, theories, and application tools that served as a guiding basis for many volcanologists in the midtwentieth century. Magmatological tectonics, as well as many other paradigms, was superseded or indeed forgotten after the emergence of plate tectonics, especially in the last three decades of the twentieth century (Frankel, 2012). Although parts of magmatological tectonics are now consigned to history, others constituted the philosophical-scientific foundation of volcanology in the late 1900s». (D. Musumeci, A. A. De Benedetti, S. Branca and L. Ingaliso, *Rittmann's heritage: A philosophical approach for current research*, cit. p. 23).

²⁶⁴ Recentemente, nella sede di Catania dell'Osservatorio Etneo dell'INGV, per ricordare la memoria del fondatore, è stato apposto un breve testo sulla scrivania di Rittmann: «Alfred Ferdinand Rittmann (Basilea, 1893 - Piazza Armerina, 1980) è stato uno scienziato della Terra poliedrico, che ha spaziato con le sue ricerche dalla mineralogia alla petrografia, dalla magmatologia alla tettonica e alla geodinamica, dalla vulcanologia alla geotermia, dalla geochimica alla planetologia fino alla filosofia delle geoscienze. È considerato uno dei fondatori della vulcanologia contemporanea, avendo combinato – grazie alla sua visione scientifica interdisciplinare - lo studio dei fenomeni vulcanici con l'attività tettonica e la magmatologia. Nel campo specificatamente vulcanologico, aggiunse anche l'approccio termodinamico. Nel 1926, si trasferisce per la prima volta in Italia presso l'Istituto di Vulcanologia "Friedlander" di Napoli. In questa sede focalizzò la sua ricerca sulla struttura e sulla geologia dei vulcani campani ed in particolare di Ischia. Nel 1936 pubblica la prima edizione di *Vulkane und ihre Tätigkeit* (I vulcani e la loro attività) che rappresenta il primo trattato contemporaneo di vulcanologia. Nel 1954 fu eletto presidente dell'Association International de Vulcanologie (oggi IAVCEI). Questo prestigioso incarico gli fu riconfermato per altri due mandati consecutivi. Nel 1958 Rittmann si trasferì a Catania dove assunse l'incarico di direttore dell'Istituto di Vulcanologia dell'Università di Catania fino al 1963. Nel 1960 in qualità di presidente dell'AIV e con il supporto di altri due grandi scienziati, Giorgio Marinelli (1922-1993) e Haroun Tazieff (1914-1998), avanzò l'idea di fare nascere a Catania un nucleo di aggregazione internazionale che poteva ospitare studenti e ricercatori provenienti da ogni parte del mondo e offrire un vivace contesto scientifico in cui crescere culturalmente. Nacque così a Catania l'Istituto Internazionale di Ricerche Vulcanologiche (IIRV) che rappresentò fin da subito un nuovo impulso e un'apertura internazionale agli studi vulcanologici sull'Etna. Nel 1968, attorno alla figura di Rittmann, questo istituto fu trasformato nel Laboratorio Internazionale per le Ricerche Vulcanologiche (LIRV) del Consiglio Nazionale delle Ricerche, sotto il patronato dell'UNESCO. Nel 1970 il LIRV diventò l'Istituto Internazionale di Vulcanologia (IIV) il

rivoluzione nelle Scienze della Terra. Un altro aspetto da non sottovalutare è quello relativo alla diffusione dei suoi studi: è vero che la seconda edizione del suo testo più famoso (1960) fu tradotta in varie lingue (esistono traduzioni in lingua inglese, francese, italiana, spagnola, russa, rumena e cinese), ma della prima (1936) e della terza edizione (1981) esiste solo l'edizione in lingua tedesca²⁶⁵. Ai nostri giorni, utilizzando per lo più l'inglese nella comunicazione scientifica, per molti studiosi risulta difficile consultare la totalità delle opere di Rittmann che era solito aggiornare spesso le sue concezioni non solo tra un'edizione e l'altra, ma anche tra un'edizione e la sua traduzione in un'altra lingua. Un esempio lampante è quello relativo alla genesi dei magmi, poiché Rittmann cambiò posizione all'inizio degli anni '60 passando da un'unica origine (il magma *primario*) a due sorgenti (magma *primario* e *anatettico*) per spiegare la *bimodalità del vulcanismo*, cioè la presenza di vulcani con attività e prodotti prevalentemente effusivi o esplosivi.

Many efforts have been made since the famous work of N. L. Bowen in 1929 to demonstrate, on the basis of experimental research, that all the principal, intermediate and acidic magmas are the products of crystal differentiation of a basaltic parental magma. Theoretically this can be proved to be possible, but if we check this hypothesis quantitatively with the observed facts in nature, we see that in many cases it cannot be accepted. This statement does not minimize the outstanding merits of experimental petrology [...]. In order to illustrate better what I mean, I will discuss the origin of trachytic magmas [...] it gives me the opportunity to improve what I have written in my book on Volcanoes on page 187, and to correct one of my errors, which was the idea

cui fine era quello di realizzare un'attività di ricerca nel campo della vulcanologia e della geofisica, secondo quelle che erano le teorie di Rittmann, attraverso un approccio multidisciplinare e multiparametrico. Di questi enti di ricerca Rittmann ebbe la direzione del consiglio scientifico e la presidenza onoraria, ma soprattutto ne rappresentò l'anima scientifica e culturale. Nel 2000 l'IIV è diventato la sezione di Catania dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, e ancora oggi porta avanti la memoria, le idee e soprattutto il progetto scientifico dello scienziato svizzero».

²⁶⁵ La prima edizione (1936) fu ripubblicata alcuni anni dopo solo in lingua italiana (1944) ma con ampi aggiornamenti. Cfr. A. Rittmann, *Vulcani Attività e Genesi*, Napoli, Politecnica, 1944.

that all trachytic magmas are derived by crystal differentiation from (olivine) basaltic magmas²⁶⁶.

Oltre al passaggio di Frankel, altre fonti storiche colpiscono per la dimenticanza dell'opera di Rittmann:

Progressi rapidi non significa però che tutti i problemi siano stati risolti completamente. [...] Mentre stavo scrivendo questo libro, mi tornò alla mente un articolo degli anni immediatamente precedenti il 1950, che elencava sei grossi problemi irrisolti, ritenuti allora importanti. [...] Si trattava di una conferenza intitolata "Alcuni problemi irrisolti di geofisica" tenuta nel 1947 dal Presidente dell'Unione Geofisica Americana L. H. Adams. I sei problemi erano: 1. l'origine delle catene montuose; 2. l'origine delle geosinclinali (bacini profondi riempiti di sedimenti); 3. la causa dei vulcani e di altre forme di attività ignea; 4. la causa dei terremoti profondi; 5. l'origine del campo magnetico terrestre; 6. le temperature prevalenti all'interno della Terra. Benché questi non fossero gli unici problemi importanti esistenti, tutti e sei erano certamente significativi. Per di più, nessuno di essi è ancora stato completamente risolto e tutti restano più importanti che mai²⁶⁷.

Quasi tutti questi punti avevano già ricevuto proposte di soluzioni da parte di Rittmann. Per ragioni di brevità, questo testo non ne tiene conto, così come molti altri. Inoltre, potremmo affermare che la diffusione smodata di specializzazioni, accompagnata da un crescere vertiginoso della produzione scientifica, ha fatto perdere di vista alcuni casi storicamente rilevanti come quello presentato in questo capitolo. Senza contare che l'affermazione della Tettonica delle placche ha spinto alcuni studiosi ad effettuare ricostruzioni storiche che cercano le origini mantenendo come punto zero la situazione presente. I fatti sono molto più complessi e le prospettive numerose, soprattutto se si tiene conto dell'avanzamento delle ricerche. Le evidenze storiche ci dicono chiaramente che la vulcanologia europea conobbe una fase innovativa grazie all'opera di Rittmann che mette

²⁶⁶ Id., *Magmas and magmatic processes*, «Review of World Science», 1964, 6, p. 138. Queste concezioni saranno pienamente integrate tre anni dopo in una celebre traduzione italiana della sua opera principale. Su questo argomento, cfr anche Id., *Il dualismo dell'attività vulcanica*, «Le Scienze», 1 (1969), 6, pp. 11-19.

²⁶⁷ S. Uyeda, *La nuova immagine della Terra. Si muovono i continenti, si muovono gli oceani*, cit., p. 6.

al centro la vulcanologia in una visione integrata, dove il totale è superiore alla somma delle sue parti²⁶⁸:

Dieci anni di lavoro, e Rittmann col suo interdisciplinare (come diremmo oggi) cambia tutto in quella scienza che non era ancora cambiata dall'epoca di Mercalli. Vulcanologia assieme a petrografia, geofisica, geochimica, geologia, tettonica: una vera rivoluzione nella scienza della terra, con la pubblicazione di trattati che sono rimasti fondamentali, sui vulcani dell'area napoletana, sulla geologia dell'isola d'Ischia²⁶⁹.

3.3 Riflessioni su Rittmann e i padri fondatori della vulcanologia

A livello strettamente vulcanologico, oltre alle ricerche di carattere generali, numerosi sono stati i contributi di Rittmann su argomenti più specifici riguardanti i vulcani italiani ed internazionali. Interessante riflettere su quanto si afferma in un recente manuale di vulcanologia²⁷⁰, nel quale vi sono alcune pagine di storia della vulcanologia molto accurate su vulcanologi nordamericani e di rilevanza internazionale. Riguardo Rittmann, spicca questo commento:

His influential textbook *Volcanoes and their Activity* (1962) remains in use today. The English language reference cited here is a translation of the original *Vulkane und ihre Tätigkeit* (1936), which was also translated into French and Italian. His system for "Eruption diagrams" (see Chapter 5) is an excellent, but largely overlooked, graphical means to portray the nature of individual eruptions²⁷¹.

²⁶⁸ «Not surprisingly, several students of the past generations of volcanologists began their career with Rittmann's approach» (D. Musumeci, A. A. De Benedetti, S. Branca and L. Ingaliso, *Rittmann's heritage: A philosophical approach for current research*, cit. p. 24). «During 1960, Thomas studied volcanology in Italy under Professor Alfred Rittmann at Catania. During this stay, Thomas also learnt fluent Italian, apparently stimulated by a strong interest in Italian, and particularly Sicilian, folklore» (A. Wikström, I. Lundström and P. Weihed, *Thomas Lundqvist, a short biography*, «GFF», 119 (1997), 2, pp. 81-83).

²⁶⁹ E. Puntillo, *Felice Ippolito una vita per l'atomo*, cit., p. 28.

²⁷⁰ J. P. Lockwood and R. W. Hazlett, *Volcanoes. Global Perspectives*, Hoboken, Wiley-Blackwell, 2010.

²⁷¹ Ivi, p. 37. Anche Tazieff, traducendo in francese (1963) il testo di Rittmann, affermò: «Questo libro è il migliore libro sui vulcani che sia mai stato scritto. In nessuna lingua esisteva un'opera che trattasse in modo tanto completo e comprensibile di questo fenomeno fondamentale, il vulcanesimo. Cosa non avrei dato, quindici anni fa, per avere tra le mani una guida di tanta qualità nel momento in cui, giovane geologo che aveva della

Nonostante questo manuale sia uno tra i più recenti ed aggiornati (2010)²⁷², ritengo che pochi vulcanologi sarebbero pronti ad abbracciare aprioristicamente l'interpretazione che Lockwood e Hazlett propongono della vulcanologia secondo Rittmann. Secondo Principe e Vezzoli, «Il suo maggiore lascito è forse quello meno appariscente e meno riconosciuto, ma che egli aveva bene presente, ovvero l'aver portato la vulcanologia a confronto ed integrazione con le altre branche delle Scienze della Terra»²⁷³. Ciò è detto già nel finale del testo del 1936 ed è ribadito anche nei lavori successivi:

l'ultima parte della prima edizione termina con le parole: «non vi può essere alcuna teoria autonoma del vulcanismo, come non ne può esistere una dell'orogenesi, ma solo una teoria geologica generale, un'ipotesi cioè che abbracci tutto ciò che accade sulla terra e della quale il vulcanismo è solo una parte che deve rimanere in organica connessione con le altre parti»²⁷⁴.

Il contributo di Rittmann nel campo della vulcanologia potrebbe addirittura essere stato sottovalutato negli ultimi anni. Prendendo il caso degli studi sulle ignimbriti (Fig. 21)²⁷⁵, le sue ricerche sono state

vulcanologia solo la conoscenza superficiale che fornivano allora le nostre università, mi trovai a confrontare la prima eruzione che ebbi la possibilità di vedere, quella del Kituro, nel Graben congolese... Ma in quei tempi la vulcanologia era ancora misconosciuta e trascurata al punto che la prima edizione dell'opera di Rittmann, apparsa nel 1936, non solo non era ancora stata tradotta né in francese né in inglese, ma non si trovava nemmeno nella biblioteca del Servizio Geologico centrafricano al quale appartenevo!» H. Tazieff, *Preface* in A. Rittmann, *Les Volcans et leur activité*, Paris, Masson et Cie, 1963, p. 5, trad. di Salvatore Parisi.

²⁷² K. Németh, *John P. Lockwood, Richard W. Hazlett: Volcanoes—Global Perspectives*, Book Review, «Bulletin of Volcanology», 2011, 73, pp. 631-632.

²⁷³ C. Principe e L. M. Vezzoli, *Precedenti studi vulcanologici sul monte Amiata* in C. Principe, G. Lavorini e L. M. Vezzoli (a cura di), *Il Vulcano di Monte Amiata*, Regione Toscana, Edizioni Scientifiche e Artistiche, 2017, p. 75.

²⁷⁴ A. Rittmann, *I vulcani e la loro attività*, cit., p. 5.

²⁷⁵ Id., *Vulkanische Glutwolken und Glutlawinen*, «Naturwissenschaften», 19 (1931), 51, pp. 1017-1020; Id., *Cenni sulle colate di ignimbriti*, «Bollettino dell'Accademia Gioenia di Scienze Naturali in Catania», 4 (1958), 10, pp. 524-533; Id., *Sur les ignimbrites en Italie*, «Archives Des Sciences Éditées par la Société de Physique et D'Histoire Naturelle de Genève», 1961, 14, pp. 423-433; Id., *Erklärungsversuch zum mechanismus der Ignimbritausbrüche*, «Geologische Rundschau», 1963, 52, pp. 853-861.

pionieristiche e hanno costituito la base di molte altre nel '900²⁷⁶. Poiché i suoi lavori innovativi, per quanto conosciuti non sono stati citati nelle ricerche degli altri vulcanologi autorevoli che li hanno utilizzati come punto di partenza²⁷⁷, la memoria si è persa ed è stata recuperata solo recentemente²⁷⁸.

²⁷⁶ «Alfred Rittmann was a figure of prominence in the Italian and European volcanology, contributing to the understanding of the modes of origin and emplacement of pyroclastic flows and ignimbrites, and promoting the international debate resulted in the Catania 1961 AIV assembly». (C. Principe and L. M. Vezzoli, *Monte Amiata volcano (Tuscany, Italy) in the history of volcanology: 2—its role in the definition of “ignimbrite” concepts and in the development of the “rheoignimbrite” model of Alfred Rittmann*, «Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali», 2020, 31, p. 540). (Fig. 21, p. 95 del presente lavoro). Sullo stesso argomento, si tenne a Tokyo nel 1963 una seconda conferenza internazionale AIV.

²⁷⁷ B. G. Escher, *On a classification of central eruptions according to gas pressure of the magma and viscosity of the lava*, Leids, «Geol Mededel», 1933, 6, pp. 45-49; A. G. MacGregor, *Eruptive mechanisms: Mt. Pelée, the Soufrière of St. Vincent, and the Valley of Ten Thousand Smokes*, «Bulletin Volcanologique», 1952, 12, pp. 49-74; Id., *Classification of nuée ardente eruptions*, «Bulletin Volcanologique», 1955, 16, pp. 7-11; H. Williams, *Glowing avalanche deposits of the Sudbury Basin*, «Annual report of the Ontario Department of Mines», 65 (1957), 3, pp. 57-89; G. A. Macdonald, *Volcanoes*, Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1972; L. Wilson, R. S. J. Sparks and G. P. L. Walker, *Explosive volcanic eruptions. IV. The control of magma properties and conduit geometry on eruption column behaviour*, «Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society», 1980, 63, pp. 117-148; M. J. Branney and P. Kokelaar, *Pyroclastic density currents and the sedimentation of ignimbrites*, London, Geological Society of London, 2002.

²⁷⁸ C. Principe and L. M. Vezzoli, *Monte Amiata volcano (Tuscany, Italy) in the history of volcanology: 2—its role in the definition of “ignimbrite” concepts and in the development of the “rheoignimbrite” model of Alfred Rittmann*, cit.



Fig. 21. Assemblea AIV del 1961 sulle ignimbriti, Catania. Si riconoscono: Salvatore Cucuzza (2° da sinistra), A. Rittmann, Carmelo Sturiale (1° a destra di Rittmann), Violetta Gottini (4^a a destra di Rittmann).

Per gentile concessione di Giovanni Sturiale.

Numerose sono le novità teoriche apportate da Rittmann riguardo la vulcanologia fisica e la formazione delle ignimbriti. In particolare, come

hanno messo bene in evidenza Principe e Vezzoli, Rittmann nell'articolo del 1931²⁷⁹:

- a) He overcame the classification exclusively based on the name and eruptive typologies attributed to the individual known volcanoes. Indeed, while using the large explosive eruptions of the twentieth century as examples, he based his classification on the eruptive dynamics. Moreover, he suggested that the different types of eruptive dynamics are not exclusive to a certain volcano.
- b) He recognized the distinction between eruptive mechanisms in which the kinetic energy is due to the initial explosion of the rapidly decompressed gases from that in which the kinetic energy derived exclusively from gravity.
- c) He illustrated, for the first time, the different type of eruptive mechanisms with synthetic explanatory drawings (Fig. 3).
- d) He recognized the dynamics that distinguish the phase with sustained eruptive column, leading to a Plinian tephra fall-out, from that with collapsing eruptive column, which is at the origin of pyroclastic flows. Indeed, Rittmann (1931) stated that to form the back-falling nuées ardentes, two conditions must be met: the eruption cloud must contain many solid components, and the explosion that ejects it must be short-lived. The latter circumstance in particular plays a crucial role. If the explosions follow one another in short periods, an ever-increasing gas flow is created, which prevents the eruption column from collapsing. Rather, the eruption column then spreads in the form of a pine-like cloud, causing the usual fall-out of ash and lapilli.²⁸⁰

Preso atto del valore di questo esempio²⁸¹, ciò che adesso importa è comprendere come storicamente sorga un problema: le conquiste dell'opera rittmanniana si pongono in anticipo di diversi decenni rispetto all'inizio riconosciuto della vulcanologia *moderna*, secondo la visione più o meno consolidata che vede l'attualità cominciare dall'eruzione del Mount St.

²⁷⁹ A. Rittmann, *Vulkanische Glutwolken und Glutlawinen*, cit.

²⁸⁰ C. Principe and L. M. Vezzoli, *Monte Amiata volcano (Tuscany, Italy) in the history of volcanology: 2—its role in the definition of “ignimbrite” concepts and in the development of the “rheoignimbrite” model of Alfred Rittmann*, cit., p. 546.

²⁸¹ Alcuni studi di Rittmann sono validi ancora oggi. Facendo un altro esempio, in un articolo del 1953 sul vulcanismo indonesiano, Rittmann ha osservato che in una data sezione trasversale, la calcalinità del vulcanismo diminuisce regolarmente con l'aumentare della distanza dalla fossa e c'è una correlazione tra subcalcalinità ed età. Entrambe le tendenze (spazio e tempo) furono documentate negli anni successivi per altri archi, a dimostrazione della natura globale della sua osservazione. Cfr. A. Rittmann, *Magmatic character and tectonic position of the Indonesian volcanoes*, «Bulletin Volcanologique», 1953, 14, pp. 45-58.

Helens in poi. Considerate le analisi e le interpretazioni effettuate, possiamo affermare:

1) metodologicamente, Rittmann è il padre, almeno a livello europeo, della vulcanologia novecentesca essendosi mantenuta fino ad oggi la sua impostazione interdisciplinare di circa un secolo fa (1926-1936). Essa oggi è la base delle numerosissime applicazioni che negli ultimi ventiquarant'anni si sono aggiunte, a livello tecnologico e a livello teorico. L'ampia preparazione filosofica di Rittmann unitamente al suo antidogmatismo, probabilmente sono all'origine di un'impostazione così fruttuosa ed aperta ad espansioni pratiche e teoriche. Il contenuto delle singole ipotesi ha avuto invece una storia diversa e questo sarà trattato nel dettaglio nel paragrafo successivo.

Tutto ciò che è emerso negli ultimi anni può essere considerato un'aggiunta a questa impostazione generale. Il fatto, ben evidente, che le ricerche attuali arricchiscano le conoscenze in misura maggiore rispetto al passato e che, quindi, facciano evolvere più velocemente la disciplina, è dovuto alla maggiore capacità tecnologica odierna, di molto superiore a quella a disposizione degli scienziati nella metà dello scorso secolo. Questo specifico aspetto non inficia le riflessioni sull'aspetto metodologico.

2) Rittmann non concepiva la sua opera come un paradigma, termine che non compare nei suoi scritti, però aveva ben chiare le ampie prospettive che aveva introdotto con i suoi studi, spesso controcorrente:

Il tentativo di abbozzare un quadro schematico, certamente ancora incompleto, dello sviluppo geodinamico, nel quale vengono considerate in modo particolare le relazioni tra vulcanismo, orogenesi ed epirogenesi, è sembrato un necessario completamento di questo volume sui vulcani e la loro attività. In molti altri paragrafi l'autore ha espresso le sue opinioni personali, alle quali è giunto dopo una lunga esperienza diretta e con sincero sforzo, senza lasciarsi influenzare dalle opinioni altrui. Se e quando altri specialisti

saranno disposti ad accettare e sviluppare queste teorie ed ipotesi lo dirà il futuro²⁸².

Il contesto novecentesco nel quale visse e operò Rittmann non fu però segnato solo di scienziati solitari. Infatti, a livello internazionale, nel 1919 nacque la IAVCEI (*International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior*) all'interno dell'*International Union of Geodesy and Geophysics* (IUGG)²⁸³. (Fig. 22). La IAVCEI promuove lo studio dei vulcani e fornisce linee guida deontologiche per i vulcanologi a livello internazionale²⁸⁴.

²⁸² Id., *I vulcani e la loro attività*, cit., p. 300.

²⁸³ P. Gasparini and R. W. Johnson, *History of IAVCEI* in P. Melchior (ed.), *IUGG Chronicle*, 1995, 226, pp. 68-72; R. A. F. Cas, *IAVCEI: from small beginnings to a vibrant international Association*, «History of Geo- and Space Sciences», 2019, 10, pp. 181-191; Id., *The centenary of IAVCEI 1919–2019 and beyond: origins and evolution of the International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior*, «Bulletin of Volcanology», 84 (2022), 15, pp. 1-31.

²⁸⁴ «The 2015 IAVCEI statutes outline the objectives of IAVCEI as follows: 1. To promote the study of volcanoes, volcanic processes, and their deposits, past and present, and of the chemistry of the Earth's interior. 2. To encourage, initiate, and coordinate research and to promote international co-operation in these studies. 3. To arrange for the dissemination and discussion of research results and policy matters on volcanology at major conferences (IAVCEI General Assemblies, IAVCEI Scientific Assemblies, Cities on Volcanoes Conferences) and Research Commission Workshops and Field Workshops. 4. To arrange for the publication of the results of scientific research on volcanology and on the chemistry of the Earth's interior through its dedicated journal, Bulletin of Volcanology, and book series. 5. To encourage volcanologists to alert appropriate authorities to the importance of adequate surveillance of active and potentially active volcanoes and of volcanic risk assessment. 6. To be the international reference body for advice on scientific policies relating to volcanic processes, hazards, and risks. 7. To provide guidelines to professional volcanologists on protocols and principles in the conduct of their work, and to help them understand their responsibilities, the expectations, and consequences of their actions, in their countries of employment and service» (Ivi, p. 10).

Table 2 Presidents and Secretaries-General of IAVCEI, years, and country affiliations. (source: IUGG website <http://www.iugg.org/publications/yearbooks/yearbook2021.pdf>, p. 45; IAVCEI website <https://www.iavceivolcano.org/about-iavcei/executive-committee/past-officers/>; Cas 2019). Also see Fig. 2 for images of the presidents and Fig. 3 for images of the secretaries-general

Years	President, country	Years	Secretary-General, country
1919–1922	Annibale Riccò (Italy)	1919–1936	Alessandro Malladra (Italy)
1922–1927	A. Alfred Lacroix (France)	1936–1960	Francesco Signore (Italy)
1927–1933	Alessandro Malladra (Italy)	1960–1967	Francesco Penta (Italy)
1933–1936	Constantine A. Ktenas (Greece)	1967–1975	Pierre Evrard (Belgium)
1936–1948	Auguste Michel-Lévy (France)	1975–1983	Peter E. Baker (UK)
1948–1954	Berend G. Escher (Netherlands)	1983–1991	Hans-Ulrich Schmincke (Germany)
1954–1963	Alfred Rittmann (Switzerland/Italy)	1991–1999	R. Wally Johnson (Australia)
1963–1967	Hisashi Kuno (Japan)	1999–2007	Steve R. McNutt (USA)
1967–1971	Gordon A. MacDonald (USA)	2007–2015	Joan Martí (Spain)
1971–1975	Georgii S. Gorshkov (USSR)	2015–2023	Roberto Sulpizio (Italy)
1975–1979	Robert W. Decker (USA)		
1979–1983	Sergei A. Fedotov (USSR)		
1983–1987	Ian G. Gass (UK)		
1987–1991	Shigeo Aramaki (Japan)		
1991–1995	Paolo Gasparini (Italy)		
1995–1999	Grant Heiken (USA)		
1999–2003	Stephen J. Sparks (UK)		
2003–2007	Oded Navon (Israel)		
2007–2011	Setsuya Nakada (Japan)		
2011–2015	Raymond Cas (Australia)		
2015–2019	Donald Dingwell (Germany)		
2019–2023	Patrick Allard (France)		

Fig. 22. Presidenti e Segretari Generali della IAVCEI dal 1919 al 2023²⁸⁵.

Oltre al vasto panorama scientifico novecentesco²⁸⁶, estendendo lo sguardo agli ultimi secoli, è ben chiaro come Rittmann non è stato l'unico vulcanologo al quale è assegnato questo ruolo. Negli ultimi quattro secoli diversi vulcanologi sono stati indicati come padri fondatori della vulcanologia moderna, soprattutto nelle storie della vulcanologia scritte dai vulcanologi. Emerge un connubio tra paternità e modernità, alla ricerca di tappe significative. Significative risultano le figure di Borelli, Hamilton, Mercalli, e Walker; è opportuno un confronto storiografico per cercare di comprendere cosa gli studiosi abbiano rinvenuto quale elemento di progresso in questi autori.

²⁸⁵ Ivi, p. 6.

²⁸⁶ Per una panoramica sullo stato delle conoscenze vulcanologiche internazionali nella metà degli anni '60 del '900, cfr. V. I. Vlodavets, *Achievements of modern geological volcanology and its trends*, «Earth-Science Reviews», 1966, 2, pp. 181-197.

La figura di G. A. Borelli (1604-1679) è legata ai vulcani per via dell'eruzione dell'Etna del 1669²⁸⁷ e dello studio pubblicato a riguardo l'anno successivo²⁸⁸. Oltre a quanto già detto in precedenza, va ribadito come la comunità scientifica vulcanologica non lo abbia mai tenuto in grande considerazione²⁸⁹. Al contrario di quella umanista che ha riconosciuto nel suo lavoro lo sperimentalismo galileiano applicato per la prima volta allo studio dei fenomeni vulcanici²⁹⁰. Un'impostazione, quindi, moderna a tutti gli effetti.

L'impianto scientifico borelliano risulta caratterizzato fortemente dalla sua visione geometrico-matematica dell'universo, di chiara provenienza galileiana [...] Borelli applica il suo metodo meccanico-geometrico allo studio del vulcano e, non a caso, chiama il flusso lavico *machina torrentis* e lo paragona al fluire di un fiume, motivo per cui lo si può studiare per analogia con le leggi dell'idrodinamica, la cui applicazione gli permette di rilevare una velocità differenziata tra le componenti del torrente di lava²⁹¹.

Facendo un salto temporale di circa un secolo, spicca un personaggio che si dedicò per molto più tempo ai vulcani, Sir William Douglas Hamilton (1730-1803), dal 1764 al 1800 ambasciatore inglese alla corte di Napoli²⁹². Durante le sua attività diplomatiche, si interesserà allo studio del Vesuvio,

²⁸⁷ R. Panvini e F. La Fico Guzzo (a cura di), *Etna 1669. Storie di lava a 350 anni dalla grande eruzione*, Palermo, Regione Siciliana, 2020.

²⁸⁸ G. A. Borelli, *Historia et meteorologia incendii Aetnaei anni 1669*, cit.

²⁸⁹ «In this frame, the manuscript of Giovanni Alfonso Borelli (1670) on the 1669 eruptions is the first scientific study in which the author proposes the first quantitative explanation of the eruptive processes» (S. Branca, D. Musumeci and L. Ingaliso, *The significance of the 1971 flank eruption of Etna from volcanological and historic viewpoints* in M. A. Di Vito, F. Foresta Martin and M. C. Martinelli (eds.), *When volcanologists meet archeologists and other disciplines*, *Annals of Geophysics*, 64 (2021), 5, p. 2).

²⁹⁰ «Sul solco della scuola galileiana fu pubblicato il primo trattato moderno di vulcanologia, scritto da Giovanni Alfonso Borelli» (E. Guidoboni, C. Ciuccarelli, D. Mariotti, A. Comastri and M. G. Bianchi, *L'Etna nella Storia. Catalogo delle eruzioni dall'antichità alla fine del XVII secolo*, Bologna, Bononia University Press, 2014, p. 523.

²⁹¹ L. Ingaliso, *La machina vulcanica di Giovanni Alfonso Borelli*, Quaderni Leif, 2014, p. 53.

²⁹² <https://www.britannica.com/biography/William-Hamilton-British-diplomat> Britannica, The Editors of Encyclopaedia. "Sir William Hamilton". *Encyclopedia Britannica*, 2 Apr. 2022. [26/11/2022].

molto attivo in quegli anni, e anche dei Campi Flegrei e dell'Etna²⁹³. La sua figura è controversa, poiché per alcuni le sue attività scientifiche segneranno uno snodo cruciale per lo studio dei fenomeni vulcanici, in particolare relativamente al Vesuvio, mentre per altri Hamilton fu poco più che un osservatore. Secondo Carlino,

Un passaggio nodale avviene nel 1764, quando Sir William Hamilton giunge a Napoli come inviato straordinario di S. M. Britannica presso il Regno delle Due Sicilie. Hamilton, produsse una grande quantità di osservazioni scritte dell'attività eruttiva al Vesuvio, e lo fece in maniera così sistematica e razionale che da esse si fa comunemente decorrere la nascita della moderna vulcanologia. Dall'attività amatoriale di Hamilton nascerà anche l'intuizione della sorveglianza dei vulcani attivi e successivamente, nel 1841 sarà fondato il primo osservatorio vulcanologico del mondo, l'Osservatorio Vesuviano²⁹⁴.

Invece, per Civetta et al., «Per William Hamilton il Vesuvio e i Campi Flegrei sono ancora e soprattutto una meravigliosa opera d'arte della natura»²⁹⁵, vedendo la ricerca scientifica di Hamilton come una forma di interesse estetico per i fenomeni naturali. Hamilton compì 250 escursioni sul Vesuvio e 58 volte arrivò sul suo cratere.

The need to represent with a series of pictures the lava flows, fumaroles, eruptive material, and the very appearance of the area where such phenomena took place, gave rise from 1773 to a new editorial project. Thus arose the work "Campi Phlegraei – Observations on the Volcanoes of the two Sicilies", 1776, with colour plates by Pietro Fabris "to give the clearest possible idea of each stratification and crater of this place". From Fabris onwards the Vesuvian countryside would be seen through the eyes of famous and not-so-famous artists in the gouaches both of the paroxystic eruptive phases and the conditions of total calm, largely highlighting the contrasts between the beauty of places and the danger of eruptions²⁹⁶.

²⁹³ W. Hamilton, *Remarks upon the nature of the soil of Naples and its neighbourhood*, «Philosophical Transactions», 1771, 61, pp. 1-47; Id., *Observations of Mount Vesuvius, Mount Etna and other Volcanoes in a series of letters addressed to the Royal Society*, cit.; Id., *Campi Phlegraei. Observations on the Volcanoes of the Two Sicilies, as They have been communicated to the Royal Society of London by Sir William Hamilton K. B. F. R. S. his Britannic Majesty's Envoy Extraordinary and Plenipotentiary at Court of Naples*, Napoli, P. Fabris, 1776.

²⁹⁴ S. Carlino, *La storia dei vulcani napoletani e il contributo alla ricerca vulcanologica*, «Scienze e ricerche», 2015, 17, p. 2.

²⁹⁵ L. Civetta, L. Cuna, M. De Lucia e G. Orsi, *Il Vesuvio negli occhi. Storie di osservatori*, Unità Funzionale Vulcanologia e Petrologia Osservatorio Vesuviano – INGV, 2004, p. 2.

²⁹⁶ E. Cubellis, G. Luongo and F. Obrizzo, *Cultural climate in Naples between the birth and development of volcanology*, cit., p. 65.

D'altro canto, Nazzaro afferma che

William Hamilton, la cui fama di vulcanologo, in gran parte dovuta alle belle tavole con cui Pietro Fabris illustrò i suoi "Campi Phlegrei", non dovrebbe essere tenuta in maggior conto di quella di connoisseur e di accaparratore degli splendidi cimeli che emergevano dagli scavi che i Borbone conducevano nell'area ricoperta dai prodotti dell'eruzione del 79 d. C.²⁹⁷

La storiografia italiana si mostra ostile verso l'opera di Hamilton ma non è il caso di Carlo Knight, uno dei più grandi studiosi di Hamilton²⁹⁸.

Fu con Hamilton che la vulcanologia abbandonò i laboratori dei maghi e degli alchimisti e, messa da parte la superstizione, s'incamminò sul terreno della scienza moderna. Hamilton, fu, infatti, il primo ad adottare la metodologia sperimentale nel campo degli studi vulcanologici, effettuando osservazioni sistematiche per lunghi periodi. E fu il primo ad applicare le tecniche della stratigrafia geologica alla vulcanologia²⁹⁹.

Nonostante gli studi di Knight su Hamilton siano di altissimo livello, vanno fatti alcuni appunti critici. In questo passaggio vi è la dimenticanza dell'opera di Borelli. Riguardo le tecniche di stratigrafia, prima di Hamilton si registrano altri due pionieri in questo campo: nell'ottica degli studi sui prodotti piroclastici e sulle lave del Vesuvio, vi sono importanti osservazioni di Giulio Cesare Braccini³⁰⁰, e di Ignazio Nicola Sorrentino (1663-1737)³⁰¹. «Questi nel 1711 distingue i depositi di caduta da quelli di flusso riconoscendone i differenti processi di deposizione e proponendo una loro correlazione con altrettante eruzioni vesuviane in una sintesi di

²⁹⁷ A. Nazzaro, *Il Vesuvio. Storia eruttiva e teorie vulcanologiche*, cit., p. 5.

²⁹⁸ Numerosi i lavori di Knight su Hamilton, cfr. C. Knight, *Le Gouaches di Hamilton. Quaranta tempere del British Museum*, Napoli, Electa, 1994; Id., *Hamilton a Napoli. Cultura, svaghi, civiltà di una grande capitale europea*, Napoli, Electa, 2003.

²⁹⁹ Id., *L'impresa editoriale dei Campi Phlegrei* in W. Hamilton, *Campi Flegrei. Osservazioni sui vulcani delle Due Sicilie*, Napoli, Grimaldi & C., 2000.

³⁰⁰ G. C. Braccini, *Dell'incendio fattosi nel Vesuvio a XVI di dicembre MDCXXXI e delle sue cause ed effetti*, Napoli, 1632.

³⁰¹ I. Sorrentino, *Istoria del monte Vesuvio*, Napoli, 1734; A. Nazzaro, *Vesuvius and Volcanologists, 1734-1860* in G. Giglia, C. Maccagni and N. Morello (eds.), *Rocks, Fossils and History*, Proceedings of the 13th INHIGEO Symposium PISA-PADOVA (ITALY) 24 September – 1 October 1987, Firenze, Festina Lente, 1995, pp. 129-139.

notevole interesse»³⁰². Come è evidente, il dibattito intorno ad Hamilton è molto ricco³⁰³, forse le posizioni più entusiaste sono state espresse dal mondo anglo-americano:

It was the eminent US volcanologist, Gordon McDonald, who claimed Sir William Hamilton as author of the first text in modern volcanology. [...] First, he saw the value of observation both of active volcanism and of older rocks. [...] He described the formation of lava crusts and recognized the two types, later termed pahoehoe and aa [...] became one of the first to identify both lavas and pyroclastic rocks as important products of volcanism. [...] He also suggested that interaction of magma with ground water could cause explosive volcanism. Further, he identified dykes as the feeders of lavas to vents at the surface. Prediction and hazard mitigation was also in Hamilton's mind.³⁰⁴

L'abate (di rito ambrosiano) Giuseppe Mercalli (1850-1914), sismologo e vulcanologo è molto celebre per la Scala che misura i danni quantitativi dovuti ai terremoti, in uso ancora oggi anche se con successive modifiche, tanto da definirsi oggi scala MCS³⁰⁵. Allievo di Antonio Stoppani (1824-1891), sulla sua vita e sulle sue opere è stato realizzato un

³⁰² A. Nazzaro, *Il Vesuvio. Storia eruttiva e teorie vulcanologiche*, cit., p. 89.

³⁰³ Per ulteriori approfondimenti, cfr. M. C. W. Sleep, *Sir William Hamilton (1730–1803): His work and influence in geology*, «Annals of Science», 25 (1969), 4, pp. 319-338; D. T. Moore, *Sir William Hamilton's volcanology and his involvement in Campi Phlegraei*, «Archives of Natural History», 21 (1994), 2, pp. 169-193; J. von der Thüsen, *Painting and the rise of volcanology: Sir William Hamilton's Campi Phlegraei*, «Endeavour», 23 (1999), 3, pp. 106-109; K. Wood, *Making and Circulating Knowledge through Sir William Hamilton's "Campi phlegraei"*, «The British Journal for the History of Science», 39 (2006), 1, pp. 67-96.

³⁰⁴ J. E. Guest, P. Cole, A. Duncan and D. Chester, *Volcanoes of Southern Italy*, London, The Geological Society, 2003, pp. 12-14.

³⁰⁵ G. Mercalli, *Sulle modificazioni proposte alla scala sismica De Rossi-Forel*, «Bollettino della Società Sismologica Italiana», 1902, 8, pp. 184-191. «La scala d'intensità elaborata da Michele Stefano de Rossi e Francois Alphonse Forel nel 1883, costituita da dieci gradi, fu quella più diffusamente adottata nei decenni fino ai primi anni del '900. Proprio da questo schema di classificazione Mercalli cominciò ad elaborare la sua scala, proposta alla comunità scientifica e adottata nel 1902 dalla Direzione dell'ufficio Centrale di Meteorologia e Geodinamica di Roma» (G. Milano and N. A. Pino, *Intensità macrosismica e magnitudo: stime diverse della forza dei terremoti* in M. A. Di Vito, G. P. Ricciardi, S. De Vita, E. Cubellis e A. Tertulliani (eds.), *Giuseppe Mercalli da Monza al Reale Osservatorio Vesuviano: una vita tra insegnamento e ricerca. Contributi presentati per l'inaugurazione dell'Anno Mercalliano. Napoli 19 marzo 1914*, cit., pp. 98-99).

recente studio, pubblicato in occasione del centenario della sua morte³⁰⁶. Attento studioso ed osservatore dei vulcani italiani³⁰⁷, la sua opera principale fu pubblicata nel 1907³⁰⁸. Autore di una classificazione dei meccanismi delle eruzioni, Mercalli «è un gigante della vulcanologia sulle cui spalle si sono appoggiati molti ricercatori per far avanzare la conoscenza sui vulcani in generale e, in particolare, sui meccanismi eruttivi»³⁰⁹. Le ricerche effettuate da Mercalli, in uno stadio maturo della sua produzione scientifica, lo porteranno a formulare delle domande di ampio respiro sul rapporto tra la vulcanologia e il resto delle geoscienze:

I PROBLEMI DELLA VULCANOLOGIA. – La ricerca delle cause dei fenomeni vulcanici è un problema assai complesso e che presenta ancora dei punti molto oscuri e impenetrabili allo sguardo indagatore della scienza. Qual è l'origine dei magma eruttivi? Qual forza fa salire questi magma dall'interno della terra verso l'esterno? Perché alcuni vulcani sono essenzialmente effusivi, altri esplosivi; e come nello stesso vulcano si succedono fasi dinamiche profondamente diverse e spostamenti dell'asse eruttivo? Qual è la natura dell'elaterio che produce le esplosioni; e quale l'origine del calore dei vulcani? I focolari vulcanici sono comunicanti tra loro o indipendenti? Sono soggetti all'influenza di altri agenti tellurici o cosmici? Quali sono i loro rapporti con la tettonica e con l'oroidrografia terrestre?³¹⁰

Da lì a pochi anni, queste domande troveranno risposta negli studi e negli scritti di Wegener e di Rittmann.

³⁰⁶ M. A. Di Vito, G. P. Ricciardi, S. De Vita, E. Cubellis e A. Tertulliani (eds.), *Giuseppe Mercalli da Monza al Reale Osservatorio Vesuviano: una vita tra insegnamento e ricerca. Contributi presentati per l'inaugurazione dell'Anno Mercalliano. Napoli 19 marzo 1914*, Miscellanea INGV, 2014, 24.

³⁰⁷ G. Mercalli, *Vulcani e fenomeni vulcanici in Italia* in G. Negri, A. Stoppani e G. Mercalli, *Geologia d'Italia*, Milano, Vallardi, III, 1883.

³⁰⁸ Id., *I vulcani attivi della terra. Morfologia, dinamismo, prodotti, distribuzione geografica, cause*, Milano, Hoepli, 1907.

³⁰⁹ G. Luongo, *Prefazione* in G. Mercalli, *I vulcani attivi della terra. Morfologia, dinamismo, prodotti, distribuzione geografica, cause*, Milano, Hoepli, 1907, p. VII.

³¹⁰ Ivi, p. 387.

George Patrick Leonard Walker (1926-2005), è stato un altro grande protagonista della vulcanologia novecentesca³¹¹. Iniziò la carriera come mineralista e poi s'impegnò particolarmente nel campo della vulcanologia fisica e della quantificazione dei fenomeni vulcanici. Per questi motivi è ricordato come «one of the most creative, inspirational and influential volcanologists of the twentieth century»³¹². Ha pubblicato più di 150 articoli in quasi cinquant'anni di ricerche, istruendo centinaia di studenti, dei quali 18 studenti di dottorato.

His 1973 paper 'Length of lava flows', which was a contribution of outstanding innovation and influence. Viscosity had hitherto been considered to be the main control on the distance that lavas travelled. George, however, showed that discharge (effusion) rate was a far stronger control on lava length by systematically gathering data on lava lengths and flow rates, especially on the lavas of Mount Etna. In retrospect this result is now obvious and has been explained by some basic fluid mechanics concerning the competition between flow and cooling. George had no training or background in physics, and his mathematics was rudimentary, yet he had a profound intuitive understanding of natural processes, based on acute observation and creativity in interpretation³¹³.

Da questa breve carrellata di autori si evince come l'attribuzione di queste paternità non sia mai stata caratterizzata approfonditamente. I vulcanologi, così come già proposto nel primo capitolo di questo lavoro, non hanno mai percepito la loro storia in modo unitario in conseguenza della scarsità di studi sull'argomento e, soprattutto, per via dell'impostazione interdisciplinare molto spinta che si è avuta negli ultimi decenni. E tanti altri personaggi potrebbero aggiungersi per incrementare questa specifica storia su padri e pionieri: George Julius Poulett Scrope

³¹¹ T. Thordarson, S. Self, G. Larsen, S. K. Rowland, and A. Hoskuldsson (eds), *Studies in Volcanology: The Legacy of George Walker*, Special Publications of IAVCEI, London, Geological Society, 2009, 2, pp. 371-400.

³¹² S. Self and R. S. J. Sparks, *George Patrick Leonard Walker 2 March 1926 — 17 January 2005*, «Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society», 2006, 52, p. 425.

³¹³ Ivi, p. 429.

(1797-1876), economista³¹⁴ e geologo³¹⁵, o più recentemente Howel Williams (1898-1980)³¹⁶ e Tazieff³¹⁷.

Tra i pionieri del '900, emerge una figura geograficamente divisa a metà dai suoi studi tra l'Italia e il sud America, Lorenzo Casertano (1921-2004). Geofisico di formazione e allievo di Imbò, fu attivo in Italia, Cile e Costa Rica. In Italia è ricordato per uno studio pionieristico sul concetto di poroelasticità applicato alla caldera dei Campi Flegrei³¹⁸, e per la pubblicazione di un manuale nel quale sintetizzò tutte le sue quasi cinquantennali ricerche in campo vulcanologico e sismologico³¹⁹. All'estero fu molto influente, in particolare in Cile dove è considerato il pioniere della vulcanologia cilena³²⁰. «In 1959 he worked for the University of Chile in Santiago for three main objectives: to teach Volcanology, study Chilean active volcanoes and look for a particular active volcano adequate to build an observatory, similar to the Vesuvian»³²¹. L'Osservatorio non fu realizzato perché all'epoca mancavano i fondi.

³¹⁴ R. Opie, *A Neglected English Economist: George Julius Poulett*, «The Quarterly Journal of Economics», 44 (1929), 1, pp. 101-137.

³¹⁵ M. J. S. Rudwick, *Poulett Scrope on the Volcanoes of Auvergne: Lyellian Time and Political Economy*, «The British Journal for the History of Science», 1974, 7, 3, pp. 205-242. Uno dei motivi per i quali Scrope è spesso ricordato è dovuto all'essersi occupato di sistematica delle attività vulcanica, dividendo i fenomeni eruttivi in attività permanenti, moderate e parossistiche. (G. J. P. Scrope, *Volcanoes: The Character of their Phenomena, their Share in the Structure and Composition of the Surface of the Globe, and their Relation to its Internal Forces with a Descriptive Catalogue of All Known Volcanoes and Volcanic Formations*, cit.).

³¹⁶ R. R. Coats, R. L. Hay and C. A. Anderson, *Studies in Volcanology. A Memory in Honor of Howel Williams*, The Geological Society of America, 1968, 116, pp. 1-678.

³¹⁷ F. Lavachery, *Un volcan nommé Haroun Tazieff*, Paris-Montréal, L'Archipel, 2014.

³¹⁸ L. Casertano, A. Oliveri Del Castillo and M. T. Quagliariello, *Hydrodynamics and geodynamics of the Phlegrean area of Italy*, «Nature», 1976, 264, pp. 161-164. Cfr. anche A. Oliveri del Castillo e M. T. Quagliariello, *Sulla genesi del bradisismo flegreo*, «Atti Associazione Geofisica Italiana», 1969, pp. 557-594.

³¹⁹ L. Casertano, *Vulcani e Terremoti: conoscenze fondamentali e principali problemi*, Napoli, Edizioni Scientifiche, 1996.

³²⁰ H. Moreno Roa, G. Alvarado, A. Borgia, R. Carniel and C. Cigolini, *Lorenzo Casertano (1921-2004)*, «Revista geológica de Chile», 31 (2004), 2, pp. 368-369.

³²¹ Ivi, p. 368.

La presenza di Casertano fu richiesta dal governo cileno per attivare l'insegnamento accademico della vulcanologia in Cile, allora mancante³²². Con Casertano, le generazioni di studenti che si formeranno alla sua scuola conosceranno una vulcanologia già multidisciplinare. Oltre a numerosi studi sui vulcani cileni, spicca la pubblicazione del volume cileno del catalogo dei vulcani attivi del mondo dell'Associazione Internazionale di Vulcanologia³²³. Prima la vulcanologia era ferma ad un approccio descrittivo, con qualche descrizione petrografica. Le prime osservazioni sui vulcani in Cile risalgono al '700 e sono legate a Padre Bernardus Havestadt S. J.³²⁴. Successivamente, nell'800 spiccano gli studi di Darwin³²⁵ e, soprattutto, Ignacio Domeyko (1802-1889)³²⁶. La geologia cilena, improntata soprattutto verso la geologia mineraria vista la grande quantità di minerali e terre rare presenti sulle Ande, si concretizza nelle attività di Juan

³²² R. Charrier, F. Hervé y P. Aceituno, *Contribución del Profesor Johannes Brüggén a la geología en Chile*, «Revista del Museo de la Plata», 2016, 1, Número Especial “La Historia de la Geología en el Bicentenario de la Argentina”, pp. 61-85. «After numerous studies in Italy, mainly on Vesuvio, Stromboli and the Phlegrean Fields (Campi Flegrei), in 1979 he went to Costa Rica joining a commission together with Andrea Borgia and Corrado Cigolini as a seismic-volcanology cooperation with the National University (1979-1980) and afterwards with the Rodrigo Facio University (1982-1983). Also he was the volcanology professor at the Escuela Centroamericana de Geología of the University of Costa Rica (1983)» (H. Moreno Roa, G. Alvarado, A. Borgia, R. Carniel and C. Cigolini, *Lorenzo Casertano (1921-2004)*, cit., p. 368).

³²³ L. Casertano, *Catalogue of the Active Volcanoes of the World Including Solfatar Fields, Part XV: Chile*, Roma, International Volcanological Association, UNESCO, 1963.

³²⁴ B. Havestadt, *Chilidúgu sive res Chilenses vel Descriptio Status tum naturalis, tum civilis, cum moralis Regni populique Chilensis, inserta suis locis perfeetae ad Chilensem Linguam Manuductioni*, Tome 2, Leipzig, Typis Teubneri, 1777; Cfr. O. González-Ferrán, *Volcanes de Chile*, Santiago, Instituto Geográfico Militar, 1994, pp. 18-19.

³²⁵ C. R. Darwin, *On the connection of certain volcanic phenomena in South America*, «Transactions of the Geological Society of London», 1840, 5, pp. 601-631.

³²⁶ I. Domeyko, *Description du volcan d'Antuco*, «Annales des Mines», 4 (1848), 14, 187; Id., *Viaje a las Cordilleras de Talca y Chillán (segunda parte)*, «Anales de la Universidad de Chile», 1849, pp. 36-53; Id., *Exploraciones de las lagunas de Llanquihue y de Pichi-Laguna. Volcanes de Osorno y de Calbuco*. «Anales de la Universidad de Chile», 1850, 7, 163; Id., *Viaje a las Cordilleras de Talca y Chillán, Tercera Parte*, «Anales de la Universidad de Chile», 1850, 7, pp. 54-64; I. Domeyko and W. Díaz, *Excursión geológica a la cordillera de San Fernando*, «Anales de la Universidad de Chile», 20 (1862), 22; I. Domeyko, *Geología*, Imprenta Cervantes, 1903, Santiago, 5, 475.

Brüggen (1887-1953)³²⁷. La vulcanologia era però ancora un aspetto puramente marginale. Casertano porta quindi il Cile a poter dialogare col resto della comunità vulcanologica internazionale. Riguardo al rapporto con le geoscienze, Casertano non aderì alla Tettonica delle placche. Un elemento di curiosità, che conferma le proposte interpretative del presente lavoro su Rittmann, è dato proprio dal fatto che Casertano, all'inizio degli anni '60, adottò il modello geodinamico rittmanniano delle correnti subcrustali per spiegare l'origine del vulcanismo in Cile³²⁸.

The primary and general cause of the volcanism of the whole circle of fire is probably explainable by the hypothesis that relates the birth of the volcanoes, together with the orogenesis of subcrustal magma, to horizontal temperature gradients in the limited zones between the continents and the oceans, Rittmann (1947-1948)³²⁹.

Da quanto è stato analizzato, emerge anche l'aspetto di grande espansione della disciplina che si presenta quindi marcatamente pluralistica. Oggigiorno, dopo un percorso scientifico di tre secoli e mezzo dall'opera borelliana alle conquiste odierne, l'intreccio tra saperi teorici e aspetti tecnologico-scientifici è ben consolidato e la figura del vulcanologo va inquadrata caso per caso, in base alla relativa formazione e al campo di applicazione della singola ricerca.

³²⁷ J. Brüggen, *Fundamentos de la Geología de Chile*, Santiago, Chile, 1950.

³²⁸ L. Casertano, *Der Vulkanismus in Chile*, Petermanns Geographischen Mitteilungen, 1962, pp. 106-110.

³²⁹ L. Casertano, *General characteristics of active andean volcanoes and a summary of their activities during recent centuries*, «Bulletin of the Seismological Society of America», 53 (1963), 6, pp. 1415-1433. Cfr.; A. Rittmann, *Le Temperature Nella Crosta Terrestre e l'Orogenesi*, «Memorie e note dell'Istituto di Geologia Applicata di Napoli», 1947-1948, 1, pp. 21-38.

3.4 *Il destino di alcune ipotesi di Rittmann: geovulcanologia storica e inquadramento storico-filosofico generale*

Negli anni Settanta, lo scienziato svizzero criticò la Tettonica delle placche, ponendosi in minoranza e opponendosi a quella che stava diventando una teoria dominante *sensu* Chamberlin³³⁰.

Analizzando alcune questioni cruciali, possiamo vedere come il sistema e le ipotesi di Rittmann (Fig. 23) sia comparabile, ma non identificabile con schemi stabiliti altrove, come, ad esempio, la Deriva dei continenti, la Terra in espansione o la Tettonica delle placche. Il periodo in cui si pongono le sue ricerche ricalca quello di transizione dal paradigma wegeneriano a quello attuale.

³³⁰ Secondo Chamberlin, un'ipotesi di lavoro può trasformarsi in teoria dominante con tratti dogmatici. Per mantenere aperta la ricerca scientifica da condizionamenti e presupposizioni, è possibile utilizzare più ipotesi di lavoro in contemporanea e confrontarne i risultati. Cfr. T. C. Chamberlin, *The method of multiple working hypotheses*, «Science», 1890, 15, pp. 92-97; L. B. Railsback, *T. C. Chamberlin's "Method of Multiple Working Hypotheses": An encapsulation for modern students*, «Houston Geological Society Bulletin», 47 (2004), 2, pp. 68-69.

considerato molto avanti rispetto agli scienziati del suo tempo perché la sua teoria si è rivelata giusta, ma mancava di prove sufficienti: va specificato, però, il dibattito è stato molto più sfumato e dominato da diverse scuole di pensiero. Seguendo Le Grand³³⁴, la transizione tra le teorie precedenti la Deriva dei continenti e la Tettonica delle placche non è stata segnata da significative battaglie intellettuali e salti rivoluzionari *sensu* Kuhn. Secondo il punto dei protagonisti della Tettonica delle placche:

The bases of this hypothesis have been obtained very progressively over the last sixty years. The hypothesis integrates the idea of continental drift as defined by Wegener in 1912 and subsequent years (Wegener, 1929), and further elaborated by Argand (1924) and Du Toit (1937), and the idea of sea-floor spreading as defined by Hess in 1960 (Hess, 1962), and further elaborated by Dietz (1961, 1963), Vine and Matthews (1963), Morley and Larochelle (1964), Hess (1965), Wilson (1965), Vine (1966), Pitman and Heirtzler (1966) and Sykes (1967). However, the hypothesis itself was only defined in a series of papers in 1967 and 1968³³⁵.

Va subito precisato che la discussione sui paradigmi e sui contesti filosofico-sociologici che influenzano l'avanzare della scienza è stata molto feconda negli ultimi decenni, essendo emerse posizioni molto disparate³³⁶. Nonostante ciò, la prima definizione di paradigma enunciata da Kuhn mantiene ancora oggi un notevole potere esplicativo ed ermeneutico nell'analisi del rapporto tra teorie e visioni scientifiche del mondo³³⁷.

³³² N. Oreskes, *The Rejection of Continental Drift. Theory and Method in American Earth Science*, cit.

³³³ P. A. Pellegrini, *Styles of Thought on the Continental Drift Debate*, «Journal for General Philosophy of Science», 2019, 50, pp. 85-102

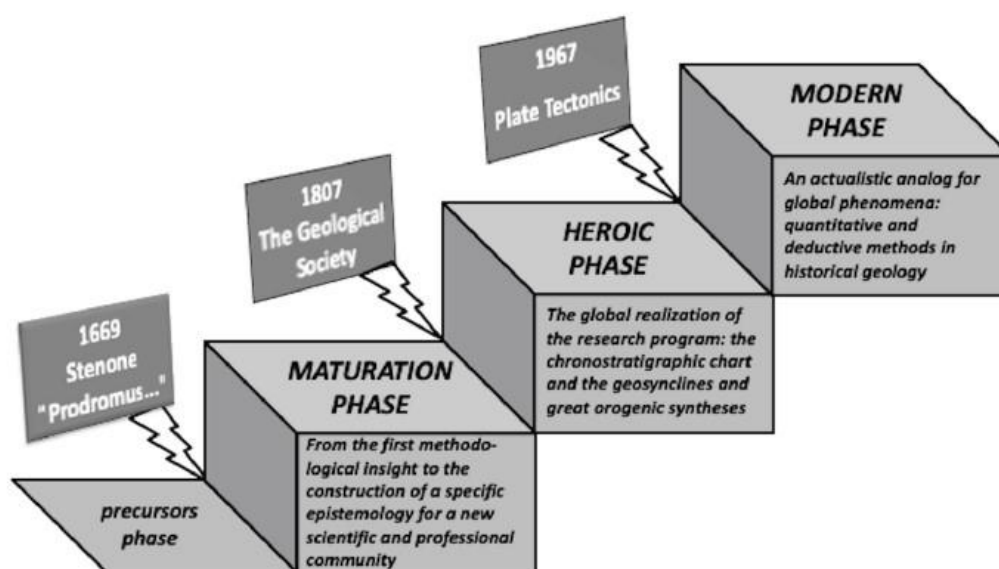
³³⁴ H. E. Le Grand, *Drifting Continents and Shifting Theories*, Cambridge, Cambridge University Press, 1988.

³³⁵ X. Le Pichon, J. Francheteau and J. Bonnin, *Plate Tectonics*, cit., p. 1.

³³⁶ L. Laudan, *Progress and Its Problems: Towards a Theory of Scientific Growth*, Berkeley, University of California Press, 1978; I. Lakatos and A. Musgrave A. (eds.), *Criticism & the Growth of Knowledge: Proceedings of the International Colloquium in the Philosophy of Science*, Cambridge, Cambridge University Press, 2008; P. K. Feyerabend, *Contro il metodo. Abbozzo di una teoria anarchica della conoscenza*, Milano, Feltrinelli, 2013.

³³⁷ Bisogna comunque stare attenti a comprendere quando i cambiamenti evolutivi sono rivoluzionari e quando il salto è determinante da una carenza di ricerche storiche che,

Iannace, recentemente³³⁸, ha proposto (Fig. 24) una storia della geologia in tre tappe. O'Hara (Fig. 25)³³⁹, andando contro ad un certo numero di studi³⁴⁰, ha riproposto un'evoluzione kuhniana per la storia della geologia. Ciononostante, nei modelli di Iannace e di O'Hara mancano i riferimenti alla vulcanologia.



quindi, falsa la ricostruzione. Una posizione scettica sui cambiamenti rivoluzionari è fornita da Oreskes: «Il mio parere è che Kuhn si sia avvicinato maggiormente all'obiettivo con la sua prima pubblicazione, la meno celebre *Rivoluzione copernicana*, nella quale descriveva un grande cambiamento scientifico come la curva di una strada» (N. Oreskes, *Perché fidarsi della scienza*, Torino, Boringhieri, 2021, p. 32).

³³⁸ A. Iannace, *The neglected early history of geology: The Copernican Revolution as a major advance in understanding the Earth; comment*, «Geology», 39 (2011), 9, e246; Id., *A three-step view for the history of geology*, «Earth Sciences History», 38 (2019), 2, pp. 388-402.

³³⁹ K. D. O'Hara, *A Brief History of Geology*, cit., in part. pp. 247-258.

³⁴⁰ H. Frankel, *The non-Kuhnian nature of the recent revolution in the earth Sciences*, «Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association», 1978, 2, pp. 197-214; R. Laudan, *The recent revolution in geology and Kuhn's theory of scientific change*, «Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association», 1978, 2, pp. 227-239.

Fig. 24. Il modello evolutivo proposta da Iannace per la storia delle geoscienze³⁴¹.

³⁴¹ A. Iannace, *A three-step view for the history of geology*, «Earth Sciences History», 38 (2019), 2, p. 389.

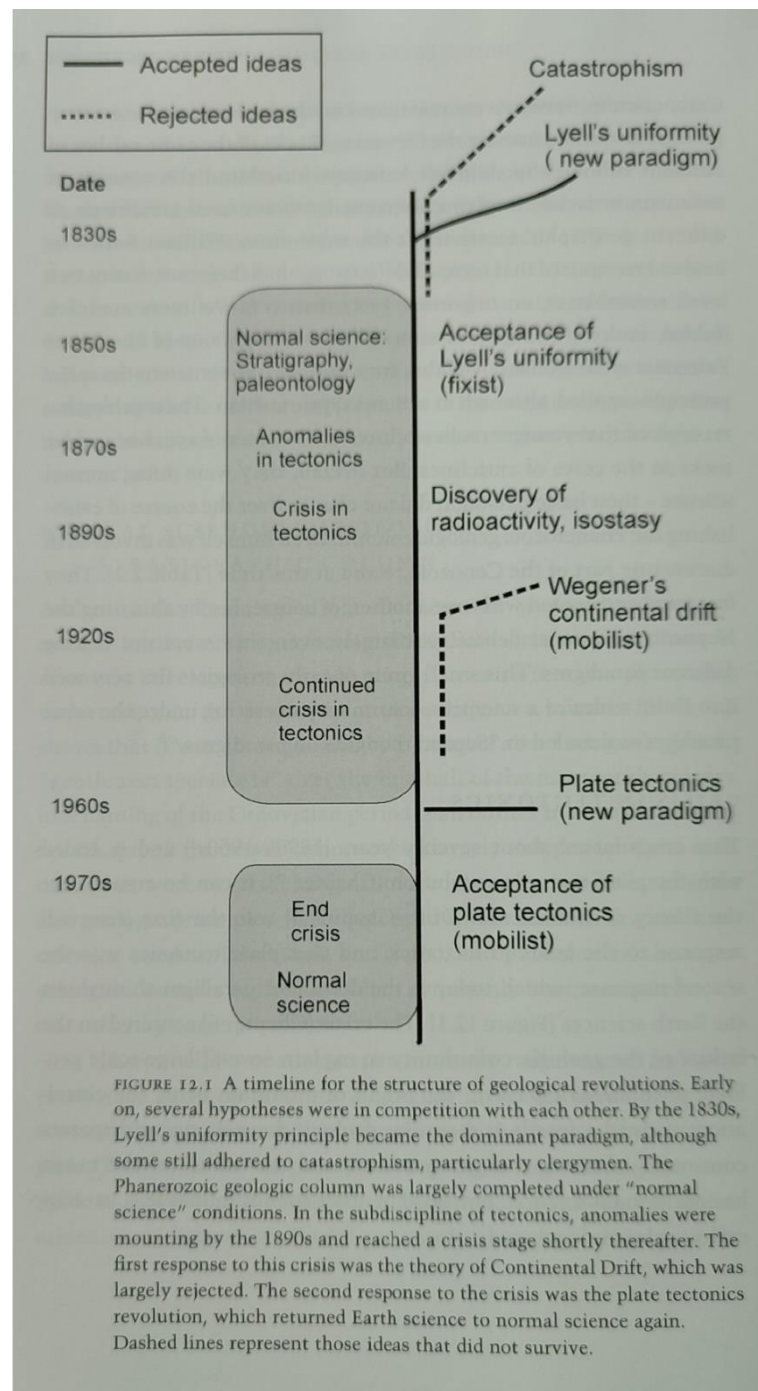


Fig. 25. L'evoluzione della storia della geologia secondo O'Hara³⁴².

³⁴² K. D. O'Hara, *A Brief History of Geology*, cit., p. 254.

Prima di inquadrare ulteriormente la Tettonica magmatologica nelle ricostruzioni storico-filosofiche operate finora, analizziamo alcuni passaggi degli anni '70 nei quali Rittmann si confronta apertamente con la Tettonica delle placche.

Nel 1976, Rittmann scrisse un libro divulgativo sui vulcani insieme alla figlia Loredana. In esso si afferma:

Il tentativo di spiegare l'origine della bimodalità del vulcanismo ci ha portato logicamente al vecchio modello (Rittmann, 1942) dell'orogenesi e della formazione dei rift continentali ed oceanici e con ciò alla deriva dei continenti. Nessuna delle numerosissime scoperte degli ultimi tre lustri è in contraddizione con questa ipotesi geologica che mette in evidenza la relazione causale tra il vulcanismo e la tettonica, anzi, la determinazione del paleomagnetismo del fondo oceanico, la scoperta dei rift nelle soglie oceaniche e della subduzione della crosta oceanica sotto i continenti confermano in pieno la sua validità³⁴³.

Rittmann incorporò la Tettonica delle placche all'interno della sua visione, una mossa controcorrente rispetto allo spirito della comunità scientifica dell'epoca che aveva abbracciato il nuovo paradigma grazie ai numerosi progetti portati in avanti in quegli anni (ad esempio, l'*Upper Mantle Project* 1963-1970 e il *Geodynamics Project* 1971-1977). Al centro del suo ragionamento, l'elaborazione di un modello termodinamico che mostrava l'andamento delle temperature nella crosta terrestre, con la formazione di correnti subcrustali responsabili della deriva continentale e degli altri fenomeni geologici superficiali³⁴⁴.

³⁴³ A. Rittmann e L. Rittmann, *I Vulcani*, Novara, Istituto Geografico de Agostini, 1976, p. 111.

³⁴⁴ A. Rittmann, *Zur Thermodynamik der Orogenese*, «Geologische Rundschau», cit.

Tre anni dopo, assieme all'allievo Villari, propose una sua personale interpretazione anche riguardo al contesto vulcanologico e geodinamico dell'Italia meridionale³⁴⁵.

Pochi anni dopo, nel suo postumo *Vulkane und irhe Tätigkeit* del 1981, Rittmann espresse i suoi dubbi verso il nuovo paradigma che andava raccogliendo sempre più consensi nella comunità internazionale. Rittmann partì da una definizione di Tettonica delle placche del 1973³⁴⁶, e da questa espresse una serie di perplessità.

The plate-tectonics hypothesis explains the tectonic and seismic activity now occurring within the upper layer of the earth as resulting from the interaction of a small number of large rigid plates whose boundaries are the seismic belts of the world [...] *the seismic belts are zones where differential movements between rigid plates occur*³⁴⁷.

Nell'ottica della geovulcanologia storica, riportiamo qui alcuni passaggi significativi di queste critiche, ciascuna accompagnata con un commento relativo all'evoluzione di queste specifiche tematiche nelle geoscienze degli ultimi quarant'anni.

La tettonica delle placche è un modello geofisico che si fonda sugli attuali eventi sismici e, per il momento, non tiene in conto la geologia (come scienza storica), la vulcanologia e la magmatologia. In un modello puramente fisico i risultati delle altre scienze geologiche sono inseriti solo a posteriori³⁴⁸.

Ad esempio, il ruolo dell'acqua nella genesi dei magmi calcalcalini³⁴⁹, indagato sperimentalmente, ha trovato una buona contestualizzazione geodinamica negli ambienti legati alla subduzione.

³⁴⁵ A. Rittmann and L. Villari, *Volcanism as a tracer in geodynamic processes*, in van der Linden, W. J. M. (ed.), *Fixism, Mobilism or Relativism: Van Bemmelen's Search for Harmony*, cit.

³⁴⁶ X. Le Pichon, J. Francheteau and J. Bonnin, *Plate Tectonics*, cit.

³⁴⁷ Ivi, p. 3.

³⁴⁸ A. Rittmann, *Vulkane und irhe Tätigkeit*, cit., p. 297, trad. di Angela Giuffrida.

³⁴⁹ N. L. Bowen, *The Evolution of the Igneous Rocks*, Princeton-New Jersey, Princeton University Press, 1928.

L'abbassamento della temperatura del *liquidus* nel cuneo mantellico sotto gli archi vulcanici, dovuto all'acqua dissolta dalla placca subdotta (*slab*) sottostante, è il fattore principale per la genesi dei magmi nel modello della Tettonica delle placche³⁵⁰. Recentemente è stato anche suggerito che questo fattore incida sulla genesi dei terremoti nelle stesse zone³⁵¹. Durante i primi anni della Tettonica delle placche, l'associazione tra la subduzione di placche fredde e la generazione di magma poteva risultare controintuitiva. Tuttavia, ciò che accade alle placche dopo la loro disidratazione è ancora oggetto di interpretazione³⁵².

La rigidità delle placche postulata dalla tettonica delle placche è un'affermazione dedotta dal comportamento sismico dei cratoni. In realtà la litosfera si comporta come un corpo elastico-viscoso, in cui il tempo di rilassamento diminuisce con la profondità [...] La tettonica delle placche non parla pertanto di placche completamente rigide, (LE PICHON et al., 1973), ma ammette nel suo modello una totale rigidità per renderlo accessibile ad un trattamento matematico dei dati. LE PICHON ammette arbitrariamente sei protezioni sferiche (cioè placche) i cui relativi movimenti possono essere mostrati come vettori della velocità angolare. ISACKS e altri (1968) hanno innalzato il numero delle placche a 12. Da allora cresce nella letteratura il numero delle microplacche per spiegare i fenomeni geologici³⁵³.

Studi recenti hanno indagato e modificato il concetto di placche rigide in una più moderna visione plastica³⁵⁴, confermando in qualche modo l'intuizione di Rittmann e dimostrando anche che è possibile osservare

³⁵⁰ R. J. Stern, *Subduction zones*, «Reviews of Geophysics», 40 (2002), 4, 1012.

³⁵¹ G. F. Cooper, C. G. Macpherson, J. D. Blundy, B. Maunder, R. W. Allen, S. Goes, J. S. Collier, L. Bie, N. Harmon, S. P. Hicks, A. A. Iveson, J. Prytulak, A. Rietbrock, C. A. Rychert, J. P. Davidson and the VoiLA team, *Variable water input controls evolution of the Lesser Antilles volcanic arc*, «Nature», 2020, 582, pp. 525-529.

³⁵² Y. Fukao and M. Obayashi, *Subducted slabs stagnant above, penetrating through, and trapped below the 660 km discontinuity*, «Journal of Geophysical Research—Solid Earth», 118 (2013), 11, pp. 5920-5938; R. S. Huismans and A. Grool, *Factors Controlling Slab Retreat and the Formation of Back-Arcs: Insights from Numerical Models*, «American Geophysical Union», Fall Meeting 2014, abstract id. T51B-4626.

³⁵³ A. Rittmann, *Vulkane und ihre Tätigkeit*, cit., p. 298, trad. di Angela Giuffrida.

³⁵⁴ R. G. Gordon, *The plate tectonic approximation: Plate nonrigidity, diffuse plate boundaries, and global plate reconstructions*, «Annual Review of Earth and Planetary Sciences», 1998, 26, pp. 615-642; A. Ribeiro, *Soft Plate and Impact Tectonics*, Berlin, Springer, 2002.

inaspettati campi vulcanici di vulcani monogenetici o poligenetici in cui le placche non sono rigide³⁵⁵.

La tettonica delle placche globale è un modello puramente cinematico, che è stato costruito sulla base della sea-floor spreading e della ricostruzione geometrica della Pangea di Wegener. Solo dopo si pone la domanda relativa alle forze che spingono le “placche oceaniche rigide” sopra il loro substrato³⁵⁶.

Concentrandosi sulle incongruenze tra la natura della placca e la reologia del materiale in movimento, Rittmann ripropose la sua teoria delle correnti subcrustali, intese essenzialmente come onde termiche, come modello più congruo³⁵⁷. Le correnti subcrustali di Rittmann coincidono oggi con i concetti di flusso e convezione mantellici³⁵⁸. Molti studi identificano il movimento stesso dello *slab* come il motore che può attivare la convezione mantellica³⁵⁹ oppure il processo di affondamento della placca (*slab retreat*) come la causa dell'espansione del retroarco³⁶⁰, ma l'approccio di Rittmann può rappresentare un'idea diversa e ancora valida: il gradiente di temperatura può determinare cambiamenti di fase e di volume dei minerali che possono avere effetti su scala più ampia.

Rittmann trova ispirazione per la teorizzazione delle correnti subcrustali in lavori precedenti³⁶¹. A sua volta, il concetto di subduzione

³⁵⁵ E. Cañón-Tapia, *Reappraisal of the significance of volcanic fields*, «Journal of Volcanology and Geothermal Research», 2016, 310, pp. 26-38.

³⁵⁶ A. Rittmann, *Vulkane und ihre Tätigkeit*, cit., p. 299, trad. di Angela Giuffrida.

³⁵⁷ Id., *Zur Thermodynamik der Orogenese*, *Geologische Rundschau*, cit.

³⁵⁸ G. F. Davies, *Mantle Convection for Geologists*, Cambridge, Cambridge University Press, 2011.

³⁵⁹ W. B. Hamilton, *The closed upper-mantle circulation of plate tectonics* in S. Stein and J. T. Freymueller (eds.), *Plate Boundary Zones*, American Geophysical Union Geodynamics Monograph, 2002, 30, pp. 359-410.

³⁶⁰ C. Faccenna, T. W. Becker, F. P. Lucente, L. Jolivet and F. Rossetti, *History of subduction and back arc extension in the Central Mediterranean*, «Geophysical Journal International», 145 (2001), 3, pp. 809-820.

³⁶¹ O. Ampferer, *Über das Bewegungsbild von Faltengebirgen*, «Jahrbuch der Geologischen Reichsanstalt», 56 (1906), 3, 4, pp. 539-622; E. Thenius, *The Austrian geologist Otto Ampferer as founder of the sea-floor spreading concept. A contribution to the history of Earth Sciences*, «Earth Sciences History» 3 (1984), 2, pp. 174-177.

affonda le sue radici nella rilettura del lavoro di Rittmann del 1942 (Fig. 26)³⁶².

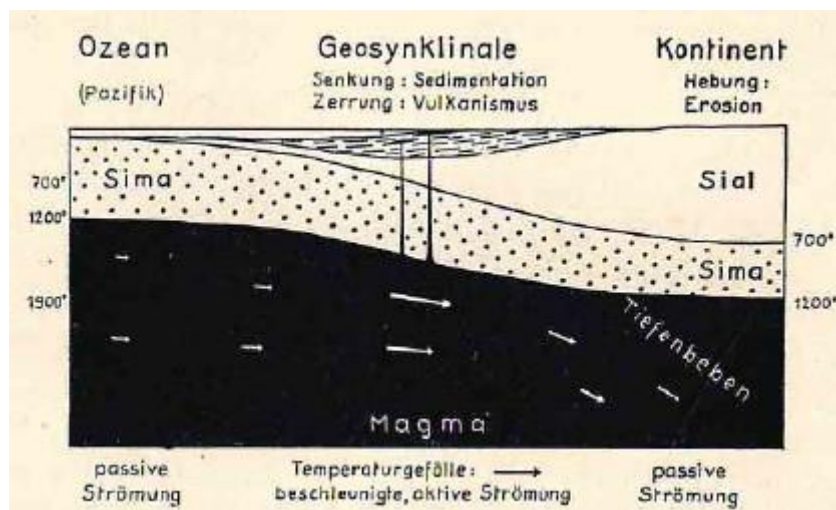


Fig. 26. Le correnti subcrustali teorizzate da Rittmann³⁶³.

I tentativi di conciliare gli esperimenti petrologici col modello della Tettonica delle placche ha fornito l'occasione per l'esposizione di numerose ipotesi. Molti petrologici sono convinti del fatto che tutti i magmi si formino al di sotto della discontinuità di Moho. Questa visione esclude a priori la formazione di magmi sialici anatettici³⁶⁴.

Rittmann continua ad argomentare anche sul fatto che la genesi dei magmi potassici nell'Italia meridionale presenta molti problemi. La rilevanza di queste critiche di Rittmann non può essere discussa perché richiederebbe ragionamenti molto lunghi ma, a titolo di esempio, la discussione aperta sui magmi potassici dell'Italia meridionale dà la misura di

³⁶² Á. Amstutz, *Inversion dans in tectogénèse des Pennides*, «Comptes Rendus de l'Académie des Sciences», 234 (1952), 19, pp. 1895-1897; D. A. White, D. H. Roeder, T. H. Nelson and J. C. Crowell, *Subduction*, «Geological Society of America Bulletin», 1970, 81, pp. 3431-3432.

³⁶³ Immagine tratta da A. Rittmann, *Zur Thermodynamik der Orogenese*, cit., p. 490.

³⁶⁴ Id., *Vulkane und irhe Tätigkeit*, cit., pp. 316-318, trad. di Angela Giuffrida. Cfr. anche J. Gilluly, *Plate Tectonics and Magmatic Evolution*, «GSA Bulletin», 82 (1971), 9, pp. 2383-2396; V. V. Belousov, *On possible forms of relationship between magmatism and tectogenesis*, «Journal of the Geological Society», 127 (1971), 1, pp. 57-68.

come le notazioni di Rittmann siano ancora pertinenti³⁶⁵. La spiegazione di Angelo Peccerillo, uno dei più importanti petrologi e vulcanologi italiani³⁶⁶, è che l'eccesso di potassio nei vulcani dell'Italia meridionale dovrebbe essere il risultato di due processi concomitanti: (a) l'anomalia geochemica del mantello in cui si è generato il magma, modificato dall'ingresso diretto di fluidi provenienti dalla disidratazione della placca adriatica subdotta; (b) l'evoluzione e l'arricchimento in potassio del magma dovuto ai processi evolutivi del magma nelle camere magmatiche prima della loro eruzione in superficie.

A livello teoretico, come abbiamo visto, Rittmann assunse posizioni critiche negli ultimi anni della sua vita.

Negli ultimi decenni ho avuto la possibilità di discutere di problemi per me interessanti con molti colleghi provenienti da tutto il mondo e, così di ampliare la mia conoscenza. In particolar modo, mi sono trovato a indagare l'origine e l'attendibilità dei dati e di conoscere la mentalità di diversi ricercatori che influenzano in modo non trascurabile i risultati della ricerca scientifica. Le esperienze che ho raccolto in questo modo, in parte sono state meno gradevoli. Si dimostra che alcuni modelli universalmente riconosciuti sono stati elaborati sulla base di dati sbagliati e presupposti non certi oppure perfino falsi. Spesso sono stati trascurati importanti fattori, discutibili ipotesi riconosciute come dati matematici comprovati e dati associati per semplici sistemi chiusi sono stati estrapolati acriticamente per sistemi per natura aperti. Tali esperienze mi hanno spinto alla critica di opinioni dominanti, così come all'uso spregiudicato dei moderni strumenti scientifico-tecnologici³⁶⁷.

³⁶⁵ A. Peccerillo, *On the origin of the Italian potassic magmas-Comments*, «Chemical Geology», 85 (1990), 1, 2, pp. 183-191; S. Conticelli and A. Peccerillo, *Petrology and geochemistry of potassic and ultrapotassic volcanism in central Italy: Petrogenesis and inferences on the evolution of the mantle sources*, «Lithos», 28 (1992), 3, 6, pp. 221-240; S. Conticelli, M. D'Antonio, L. Pinarelli and L. Civetta, *Source contamination and mantle heterogeneity in the genesis of Italian potassic and ultrapotassic volcanic rocks: Sr-Nd-Pb isotope data from Roman Province and southern Tuscany*, «Mineralogy and Petrology», 74 (2002), 2, 4, pp. 189-222.

³⁶⁶ A. Peccerillo, *On the origin of the Italian potassic magmas-Comments*, cit.

³⁶⁷ A. Rittmann, *Vulkane und ihre Tätigkeit*, cit., p. VII-VIII, trad. di Angela Giuffrida. La riflessione si conclude così: «Perciò questo libro è il mio testamento scientifico, con cui io voglio incitare il lettore ad un'autonoma valutazione delle ipotesi e dei modelli attualmente riconosciuti ampiamente come validi. Solo attraverso il pensiero personale, libero ed imparziale è garantito il progresso della scienza» (*Ibid.*). La critica di Rittmann relativamente alla circolarità epistemologica dei modelli, in altre parole è paragonabile alla logica della *circolarità ermeneutica della conoscenza*. Cfr. R. Frodeman, *Geological*

La soluzione proposta da Rittmann, nel corso della sua vita, è quella di confrontare i vari modelli possibili³⁶⁸. Non casualmente, i problemi di natura scientifica sono spesso sottodeterminati dalle filosofie alla base del singolo paradigma³⁶⁹. van Bemmelen e Rittmann erano soliti verificare le loro ipotesi scientifiche seguendo il *metodo di verifica delle prognosi-diagnosi*, utilizzato da entrambi e formalizzato da van Bemmelen:

RITTMANN and I, we are both known for our rather fertile imagination. However, being both scientists to the backbone, we always want to verify the adequacy of our scientific models (working hypotheses) by comparing the logical consequence of our concepts (their "prognoses") with the more direct facts of observation ("diagnoses"). This procedure is the scientific method of testing, called "the prognosis-diagnosis method of verification" (VAN BEMMELEN, 1961)³⁷⁰.

Riassumendo, dobbiamo riconoscere che la maggior parte dei problemi geologici evidenziati dallo scienziato svizzero sono ancora caratterizzati da un certo grado di incertezza anche se i movimenti degli *slabs* sembrano essere ben compresi attraverso modelli analogici e numerici³⁷¹.

reasoning: Geology as an interpretive and historical science, «Geological Society of America Bulletin», 107 (1995), 8, pp. 960-968; M. Heidegger, *Being and Time*, Albany, New York, State University of New York Press, 2010; H.-G Gadamer, *Truth and Method*, London, Bloomsbury Academic, 2013; R. Frodeman, *Hermeneutics in the field: The philosophy of geology* in B. Babich and D. Ginev (eds.), *The Multidimensionality of Hermeneutic Phenomenology. Contributions to Phenomenology*, Cham, Switzerland, Springer, 2014, 70, pp. 69-79.

³⁶⁸ Cfr. N. Oreskes, K. Shrader-Frechette and K. Belitz, *Verification, Validation, and Confirmation of Numerical Models in the Earth Sciences*, *Science*, 1994, 263, pp. 641-646.

³⁶⁹ D. Musumeci, *Magmatological Tectonics. Alfred Rittmann's paradigm (1893-1980)*, Poster presented at the 44th Symposium of the International Commission on the History of Geological Sciences (INHIGEO), 2019, Varese-Como, (Italy, 2-12 September 2019).

³⁷⁰ R. W. van Bemmelen, *On the origin and evolution of the Earth's crust and magmas*, cit., p. 660. Cfr. Id, *Prognose en diagnose in de geologie*, «Geologie en Mijnbouw», 1952, 14, pp. 401-409; Id. *The scientific character of geology*, «The Journal of Geology», 69 (1961), 4, pp. 453-463.

³⁷¹ A. F. Holt, L. H. Royden and T. W. Becker, *The dynamics of double slab subduction*, «Geophysical Journal International», 2017, 209, pp. 250-265; L. Royden and C. Faccenna, *Subduction orogeny and the late Cenozoic evolution of the Mediterranean arcs*, «Annual Review of Earth and Planetary Sciences», 2018, 46, pp. 261-289.

Negli anni successivi alla sua morte, la maggior parte dei problemi sollevati da Rittmann sembravano essere stati dimenticati e la maggior parte dei dati contenuti negli articoli geologici degli ultimi anni sono stati interpretati in accordo con il modello della Tettonica delle placche. Abbiamo osservato la piena adozione del modello generale, con poco spazio per dubbi o alternative. Tuttavia, molti aspetti della Tettonica delle placche sono ancora in fase di studio³⁷².

La recente identificazione, ad esempio, del ruolo delle maree nel movimento delle placche, che coinvolge forze tradizionalmente considerate inattive nella dinamica terrestre³⁷³, dimostra che la conoscenza può ancora svilupparsi in direzioni inaspettate. Tale direzione è stata sorprendentemente anticipata da Rittmann, anche se solo come fattore modificante l'orogenesi:

È senz'altro probabile che anche la rotazione della Terra, insieme agli effetti di marea, ecciti correnti nel substrato, correnti che interessano aree molto più grandi, ma che sono molto più deboli e lente delle correnti convettive locali

³⁷² C. J. Hawkesworth and M. Brown, *Earth dynamics and the development of plate tectonics*, «Philosophical Transactions of the Royal Society», A, 376 (2018), 2132, 20180228. Ad esempio, la questione cruciale di quando sia iniziata la Tettonica delle placche e le ragioni della sua apparente unicità nel sistema solare (J. Korenaga, *Initiation and evolution of plate tectonics on Earth: Theories and observations*, «Annual Review of Earth and Planetary Sciences», 2013, 41, pp. 117-151.) e teorie come i pennacchi mantellici (W. J. Morgan, *Convection plumes in the lower mantle*, «Nature», 1971, 230, pp. 42-43; Id., *Deep mantle convection plumes and plate motions*, «American Association of Petroleum Geologists Bulletin», 56 (1972), 2, pp. 203-213) o la Terra in espansione (S. W. Carey, *La Terra in espansione*, Roma-Bari, Laterza, 1986; G. Scalera, *The expanding Earth: A sound idea for the new millennium* in G. Scalera and Jacob, K.-H. (eds.), *Why Expanding Earth?—A Book in Honour of O. C. Hilgenberg*, Rome, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), 2003, pp. 181-232; W. Shen, S. Ziyu, R. Sun and Y. Barkin, *Evidences of the expanding Earth from space-geodetic data over solid land and sea level rise in recent two decades*, «Geodesy and Geodynamics», 2015, 6, pp. 248-252; S. W. Hurrell (ed.), *The Hidden History of Earth Expansion: Told by Researchers Creating a Modern Theory of the Earth*, Oneoff Publishing.com, 2020; G. Scalera, *An expanding Earth—A reply to two recent denial papers*, «Rendiconti Online Società Geologica Italiana», 2020, 52, pp. 103-119) o la *Plate theory of volcanism* (G. R. Foulger, *The plate theory for volcanism* in D. Alderton and S. A. Elias (eds.) *Encyclopedia of Geology* (2nd ed.), Durham, Durham University Academic Press, 2021, pp. 879-890) sono ancora oggetto di analisi e fertili discussioni.

³⁷³ D. Zaccagnino, F. Vespe and C. Doglioni, *Tidal modulation of plate motions*, «Earth-Science Reviews», 2020, 205, 103179.

nelle zone orogenetiche e che, secondo l'autore, rappresentano la ragione principale della formazione delle montagne³⁷⁴.

Esaminando i collegamenti di Rittmann tra tettonica e vulcanologia, emergono alcune caratteristiche interessanti che lo pongono nella strana posizione di precursore e oppositore della Tettonica delle placche.

Possiamo dedurre, quindi, alcune considerazioni.

Dal punto di vista strettamente scientifico, una proposta audace potrebbe essere quella di considerare la Tettonica delle placche un'ipotesi di lavoro, dando così più spazio ai suoi detrattori, in modo tale da cercare sintesi più complete che riescano a tenere conto anche delle incongruenze teorico-interpretative che si presentano di volta in volta, senza dimenticare che la posizione di vantaggio ottenuta dal paradigma dominante è determinata dalla capacità di spiegare il maggior numero possibile di fenomeni.

Dal punto di vista storico, la lezione da imparare da un caso come quello di Rittmann è che, pur avendo delle storie ben consolidate sull'evoluzione di una data disciplina, possono emergere degli elementi che possono disturbare i sistemi storici già costituiti. Anche qui, la sfida intellettuale risiede nell'integrare le nuove informazioni e/o trovare nuove interpretazioni.

E ancora, oltre all'intricato intreccio teorico sviluppatosi nel secolo scorso per via della crescente specializzazione di ogni disciplina scientifica, processo oggi ancor più esasperato, potrebbero essere individuati altri paradigmi (più o meno estesi tra discipline contigue) non ancora studiati come tali perché meno noti di quelli vincenti. Il loro destino sarebbe quello di essere stati assorbiti nei paradigmi più grossi e vincenti apparsi successivamente, in questo caso la Tettonica delle placche. Alcune parti

³⁷⁴ A. Rittmann, *I vulcani e la loro attività*, cit., p. 232.

della Tettonica magmatologica sarebbero state assunte, criticamente, nella vulcanologia attuale e sarebbero già state riviste numerose volte per via della capacità tecnoscientifica attuale impensabile nella metà del '900. Altri aspetti sono considerati oggi erronei e consegnati alla storia. Difatti, l'epoca degli scienziati come Wegener e Rittmann è stata sostituita da gruppi di ricerca che riescono a ricoprire la vastità di un argomento grazie al fatto che ogni scienziato s'incarica di un aspetto della ricerca geoscientifica, spesso esercitando le proprie capacità addirittura in un ristretto campo della propria specializzazione (iperspecializzazione).

Alla luce di quanto è stato indagato finora, è possibile avanzare un'ipotesi di ricerca che coniughi storia e filosofia della scienza traendo spunto dai risultati delle ricerche effettuate sulla geologia e sulla vulcanologia. Senza fare nessun esempio specifico, è evidente come si rinverano famiglie di idee affini fra loro. Queste vanno a formare *correnti di pensiero*, ben indagabili dalla storia della scienza. In un secondo momento, gli strumenti offerti dalla filosofia della scienza possono visualizzare e analizzare (senza preconcetti ma servendosi della concezione filosofica più adeguata al caso di studio che si ha davanti) i *paradigmi*, orizzonti culturali, più o meno vasti, entro i quali gli scienziati operano l'effettiva ricerca scientifica costituita da un insieme di *ipotesi, teorie e applicazioni*. L'analisi di queste tre dimensioni, in un armonioso dialogo tra le dimensioni storica, filosofica e contenutistica della scienza, potrebbe restituire un'immagine particolarmente fedele della realtà.

«Thanks to the continuous comparison between rival paradigms, we can visualize the fracture lines from which the seeds of new discoveries will

emerge, just as from the weaknesses in the Earth's crust, volcanoes arise—the progenitors of new earth»³⁷⁵.

³⁷⁵ D. Musumeci, A. A. De Benedetti, S. Branca and L. Ingaliso, *Rittmann's heritage: A philosophical approach for current research*, cit. p. 26.

IV CAPITOLO

STORIA DELLA VULCANOLOGIA ETNEA E ANALISI STORICO-SCIENTIFICA DELL'ERUZIONE DELL'ETNA DEL 1971

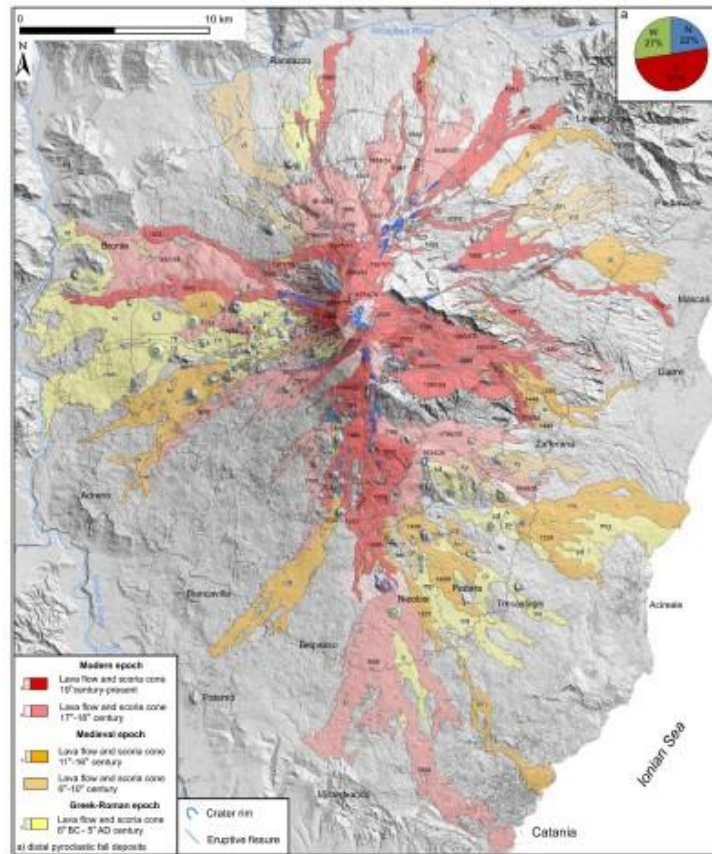
4.1 *Elementi di storia della vulcanologia etnea dall'età moderna alla metà del XX secolo*

L'Etna è noto in tutto il mondo per la sua persistente attività di degassamento dai crateri sommitali, per la sua quasi continua attività eruttiva dai crateri sommitali e per le meno frequenti eruzioni laterali legate alle intrusioni magmatiche che solitamente avvengono lungo le principali zone di *rift* del vulcano³⁷⁶. In particolare, la magnitudo generalmente bassa delle eruzioni esplosive sommitali, caratterizzate dalla tipica attività stromboliana, e lo stile effusivo delle eruzioni di fianco hanno favorito l'osservazione e lo studio dei fenomeni eruttivi dell'Etna fin da tempi storici³⁷⁷. Per questo motivo, riguardo l'Etna possediamo la più lunga registrazione di documentazioni storiche di un vulcano al mondo³⁷⁸, le prime risalgono all'VIII secolo a. C.³⁷⁹ (Fig. 27).

³⁷⁶ S., Branca, M. Coltelli, G. Groppelli and F. Lentini, *Geological map of Etna volcano, 1:50,000 scale*, «Italian Journal of Geosciences», 130 (2011), 3, pp. 265-291; R. Azzaro, S. Branca, K. Gwinner and M. Coltelli, *The volcano-tectonic map of Etna volcano, 1:100.000 scale: an integrated approach based on a morphotectonic analysis from high-resolution DEM constrained by geologic, active faulting and seismotectonic data*, «Italian Journal of Geosciences», 131 (2012), 1, pp. 153-170.

³⁷⁷ J. C. Tanguy, *Les éruptions historiques de l'Etna: chronologie et localisation*, «Bulletin of Volcanology», 44 (1981), 3, pp. 585-640; E. Guidoboni, C. Ciuccarelli, D. Mariotti, A. Comastri and M. G. Bianchi, *L'Etna nella Storia. Catalogo delle eruzioni dall'antichità alla fine del XVII secolo*, Bologna, Bononia University Press, 2014.

³⁷⁸ Anche se le fonti storiche coprono poco meno di tre millenni, solo dopo la metà del XVII secolo le osservazioni e le descrizioni delle eruzioni sommitali e laterali sono diventate più complete e precise. Cfr. S. Branca and P. Del Carlo, *Eruptions of Mt Etna During the Past 3,200 Years: A Revised Compilation Integrating the Historical and*



Stratigraphic Records in A. Bonaccorso, S. Calvari, M. Coltelli, C. Del Negro and S. Falsaperla (eds.), *Etna Volcano Laboratory*, AGU (Geophysical monograph), 2004, 143, pp. 1-27; Id., *Types of eruptions of Etna Volcano AD 1670-2003: Implications for short-term eruptive behaviour*, «Bulletin of Volcanology», 2005, 67, pp. 732-742; J. C. Tanguy, M. Condomines, S. Branca, S. La Delfa and M. Coltelli, *New archeomagnetic and ²²⁶Ra-²³⁰Th dating of recent lavas for the Geological map of Etna volcano*, «Italian Journal of Geosciences», 131 (2012), 2, pp. 241-257; S. Branca and T. Abate, *Current knowledge of Etna's flank eruptions (Italy) occurring over the past 2500 years. From the iconographies of the XVII century to modern geological cartography*, «Journal of Volcanology and Geothermal Research», 2019, 385, pp. 159-178.

³⁷⁹ I miti antichi relativi a fenomeni geologici vengono indicati come *geomiti*: «Geo-myths are now the central focus of an innovative multidisciplinary approach encapsulated by the term 'Geomythology': a modern perspective to the study of myths and legends that was first introduced by the geologist D. Vitaliano [...] She thus had the intuition that reading ancient stories and traditional folktales more carefully could reveal some historical information that had hitherto gone unnoticed. [...] Geomythology therefore suggests that some myths can refer to natural phenomena and that people have tried to leave a tangible trace of real events, such as natural catastrophes, considered worthy of remembrance for their evocative and suggestive power in mythological accounts» (L. Lancini, *Echoes of ancient volcanic representations: a geo-mythological approach*, «Physis», LV (2020), 1-2, pp. 56-57). Cfr. D. B. Vitaliano, *Legends of the Earth: their Geologic Origins*, Bloomington-London, Indiana University Press, 1973.

Fig. 27. Mappa delle eruzioni di età storica dell'Etna³⁸⁰.

Poco noto, e solo recentemente riscoperto³⁸¹ è l'arciprete brontese Natale di Pace (1565-post 1640) che documentò e illustrò ad acquerello alcune eruzioni etnee, con un approccio desueto per la sua epoca:

Nel disegno simbolico dell'Etna di f. 32r, Natale di Pace realizza una rappresentazione schematica, molto chiara ed efficace, dei diversi fenomeni eruttivi che si verificano sul vulcano e del loro impatto sul territorio secondo quella che è stata la sua esperienza osservativa. Nello specifico l'autore disegna con estremo dettaglio l'attività eruttiva laterale [...] Nella parte basse dei fianchi dell'Etna sono rappresentati due esempi di eruzioni laterali [...] Infine, alla base dell'immagine l'autore disegna il profilo delle tre principali città del versante nord-ovest dell'Etna, Randazzo, Bronte e Adrano, con le loro maggiori emergenze architettoniche³⁸².

Così facendo, Natale di Pace utilizza uno stile schematico scientifico e fortemente divulgativo che si diffonderà solamente dalla fine del XIX secolo. Dal punto di vista metodologico, «il quadro teorico che emerge nel trattato di Pace testimonia l'abbandono della tesi aristotelica dello *pneuma* che, una volta riscaldato dall'azione del Sole, era causa dei terremoti e del fuoco sotterraneo»³⁸³. Eppure, «l'innovazione proposta da di Pace non va

³⁸⁰ Immagine tratta da S. Branca and T. Abate, *Current knowledge of Etna's flank eruptions (Italy) occurring over the past 2500 years. From the iconographies of the XVII century to modern geological cartography*, «Journal of Volcanology and Geothermal Research», 2019, 385, p. 172. Cfr. anche <https://ingvvulcani.com/2021/01/22/le-eruzioni-di-epoca-storica-delletna/> [30/11/2022]; <https://ingvvulcani.com/2021/01/25/le-eruzioni-di-epoca-storica-delletna-2/> [30/11/2022].

³⁸¹ L. Scalisi (a cura di), *Un secolo di fuoco. Il Seicento e l'Etna nel compendio di Natale di Pace*, Catania, Domenico Sanfilippo, 2019.

³⁸² S. Branca, *L'Etna di Natale di Pace: i fenomeni eruttivi fra la seconda metà del XVI e il XVII secolo* in L. Scalisi (a cura di), *Un secolo di fuoco. Il Seicento e l'Etna nel compendio di Natale di Pace*, cit., pp. 61-62.

³⁸³ L. Ingaliso, *Vulcanologia e filosofia nella Historia Aetnae di Natale di Pace* in L. Scalisi (a cura di), *Un secolo di fuoco. Il Seicento e l'Etna nel compendio di Natale di Pace*, cit., p. 81.

oltre, e l'idea che emerge, alla fine della lettura dell'opera, è quella di un autore rimasto ancora ai principi della fisica e della scienza aristoteliche»³⁸⁴.

Nella plurimillenaria storia di osservazioni, è molto più celebre la distruttiva eruzione laterale del 1669³⁸⁵, che rappresenta un punto di svolta nell'approccio metodologico allo studio dei fenomeni eruttivi dell'Etna, poiché come già ricordato più volte, il manoscritto di Giovanni Alfonso Borelli (1670) sull'eruzione del 1669 è uno studio naturalistico-scientifico in cui l'autore propone la prima spiegazione quantitativa dei processi eruttivi³⁸⁶. Questa eruzione ebbe una grande eco, testimoniata anche dalle numerose fonti giornalistiche:

In un passato ancora recente le fonti di tipo giornalistico tendevano a godere scarsa considerazione da parte degli storici, a motivo di un diffuso pregiudizio che le tacciava di scarsa attendibilità perché basate sul 'sentito dire' e inclini a esagerare e drammatizzare gli eventi riportati per renderli più appetibili a un pubblico dallo scarso senso critico. Negli ultimi decenni, però, si è cominciato a sfatare questo pregiudizio grazie a una nuova stagione di ricerche storiche che hanno fatto un uso sistematico delle fonti giornalistiche in ambiti che vanno dalla storia della cultura musicale a quella dei terremoti³⁸⁷.

Nel corso del XVIII secolo, l'attività del vulcano fu osservata e descritta da diversi autori, ma Giuseppe Recupero (1720-1778) fu l'unico a compilare sistematicamente una cronaca dettagliata degli eventi che fu riportata nel catalogo delle eruzioni pubblicato postumo³⁸⁸.

³⁸⁴ *Ibid.*

³⁸⁵ S. Branca, E. De Beni and C. Proietti, *The large and destructive 1669 AD Etna eruption: reconstruction of the lava flow field evolution and effusion rate trend*, «Bulletin of Volcanology», 75 (2013), 694, pp. 2-16; S. Branca, R. Azzaro, E. De Beni, D. Chester and A. Duncan, *Impacts of 1669 eruption and the 1693 earthquakes on the Etna Region, (Eastern Sicily, Italy): an example of recovery and response of a small area to extreme events*, «Journal of Volcanology and Geothermal Research», 2015, 303, pp. 25-40.

³⁸⁶ G. A. Borelli, *Historia et meteorologia incendii Aetnaei anni 1669*, cit.

³⁸⁷ R. Azzaro e V. Castelli, *L'eruzione etnea del 1669 nelle relazioni giornalistiche contemporanee*, Catania, Le Nove Muse, 2013, p. 10.

³⁸⁸ G. Recupero, *Storia naturale e generale dell'Etna*, Catania, Regia Università degli Studi, 1815.

La Storia naturale e generale dell'Etna non solo conteneva una descrizione sistematica delle caratteristiche geom mineralogiche e naturalistiche del vulcano, di cui si ricostruiva altresì l'esatta cronologia delle eruzioni in tempi storici, ma consegnava al lettore anche una dettagliata carta ortografica della regione. L'opera, divisa sostanzialmente in tre parti, esaminava innanzitutto grandezze e altimetrie di regioni e contrade che costituivano l'intero complesso vulcanico, compreso il cratere. [...] Recupero giudicava l'Etna molto più antico di quanto comunemente creduto, suggerendo di conseguenza l'ipotesi di eruzioni precedenti a quelle registrate in tempi storici [...] Per di più, identificava alla base del vulcano non meno di sette strati successivi di colate laviche. In ognuno di essi, secondo le sue analisi, ci sarebbero voluti più di 2000 anni affinché fosse consentita la completa formazione delle condizioni pedologiche necessarie alla crescita della vegetazione. La sezione delle formazioni laviche implicava pertanto un'età di almeno 14.000 anni: datazione di gran lunga superiore alla scala cronologica della Bibbia, sulla base della quale si stimava la Terra potesse avere un'età di circa 6000 anni³⁸⁹.

I primi disegni scientifici dell'Etna si fanno risalire a Jean-Pierre-Louis-Lauren Houel (1735-1813)³⁹⁰ (Fig. 28):

Dal confronto tra i disegni dell'Etna realizzati da Houel e quelli degli altri viaggiatori che lo hanno preceduto, si evince come i suoi possano considerarsi i primi disegni scientifici del vulcano siciliano: egli non si limita a ritrarre da lontano il profilo dell'Etna come fece prima di lui Pietro Fabris ma disegna per la prima volta quello che sta dentro il vulcano, cioè la sua struttura. I disegni di Jean-Pierre-Louis-Lauren Houel e il testo relativo all'ipotesi sulla formazione dei vulcani costituiscono una fonte eccezionale per la storia della geologia dell'Etna. [...] In particolare la tavola esplicativa ingloba tutti gli aspetti della geomorfologia moderna e merita di essere valutata al di là della sua valenza estetica soprattutto per i suoi aspetti scientifici³⁹¹.

³⁸⁹ [https://www.treccani.it/enciclopedia/giuseppe-recupero_\(Dizionario-Biografico\)/](https://www.treccani.it/enciclopedia/giuseppe-recupero_(Dizionario-Biografico)/) [30/11/2022].

³⁹⁰ T. Abate e S. Branca, *Jean Houel e la vulcanologia dell'Etna* in P. Barbera e M. R. Vitale (a cura di), *Architetti in viaggio. La Sicilia nello sguardo degli altri*, Siracusa, LetteraVentidue, 2017, pp. 243-257. Cfr. J. Houel, *Voyage pittoresque des isles de Sicile, de Malte et de Lipari, où l'on traite des antiquités qui s'y trouvent encore, des principaux phénomènes que la nature y offre, du costume des habitans, et de quelques usages*, 4, Paris, Monsieur, 1782-1787.

³⁹¹ T. Abate e S. Branca, *Jean Houel e la vulcanologia dell'Etna* in P. Barbera e M. R. Vitale (a cura di), *Architetti in viaggio. La Sicilia nello sguardo degli altri*, cit., p. 254.

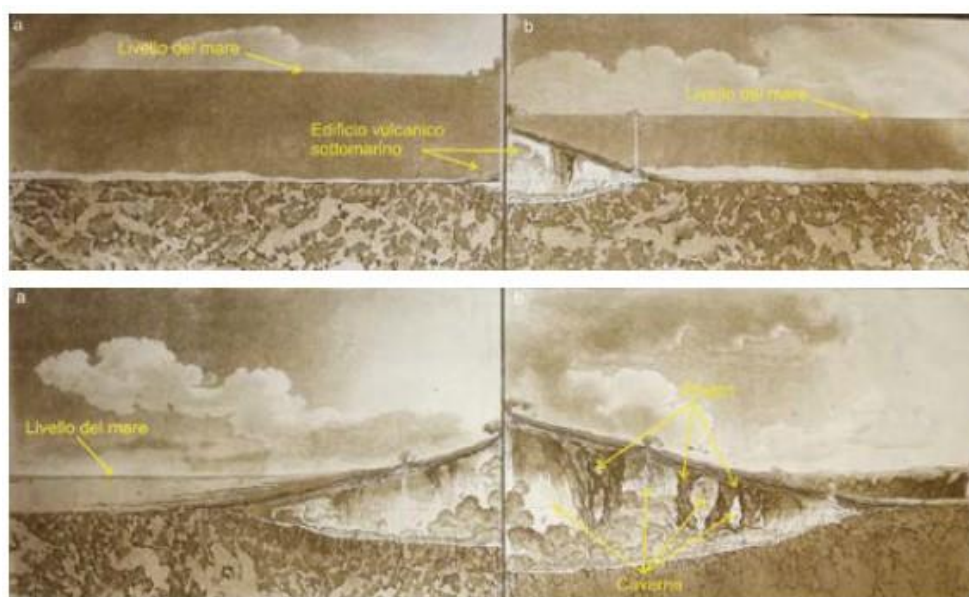


Fig. 28. Le fasi evolutive dell'Etna secondo Houel³⁹².

Durante l'800, tra gli studiosi dell'Etna si distinse Carlo Gemmellaro (1787-1866). Diede un forte stimolo agli studi geologici e vulcanologici a Catania, muovendo i suoi passi all'interno dell'Accademia Gioenia nella quale arricchì la collezione di minerali e rocce. Nel 1852 ricevette la cattedra di Mineralogia e Geologia, dedicandosi in quegli stessi ad un'opera di sintesi complessiva di tutte le sue ricerche sul vulcano³⁹³.

Oltre agli studiosi locali, l'Italia era meta per molti scienziati stranieri «both geologists and naturalists, who spent their time travelling through the most typical and significant geological sites of its territory. These scientists eventually produced several seminal publications that

³⁹² J. Houel, *Voyage pittoresque des isles de Sicile, de Malte et de Lipari, où l'on traite des antiquités qui s'y trouvent encore, des principaux phénomènes que la nature y offre, du costume des habitans, et de quelques usages*, cit., Tomo II, Planche CXIX.

³⁹³ C. Gemmellaro, *La vulcanologia dell'Etna*, Catania, Maimone, 1989, a cura di S. Cucuzza Silvestri. Cfr. R. Cristofolini, *From Natural History to Volcanology. An account on the development of studies on Mt. Etna at the University of Catania*, «Bollettino dell'Accademia Gioenia di Scienze Naturali - Catania», 49 (2016), 379, pp. 26-27.

ricondotte dagli autori dei secoli precedenti ad interpretazioni più o meno fantasiose, ma piuttosto volta al riconoscimento dei processi endogeni che ne condizionavano lo sviluppo, interpretati in base alle più avanzate conoscenze scientifiche dell'epoca³⁹⁷.

Sebbene il lavoro di Sartorius sia stato fondamentale nello sviluppo delle conoscenze geovulcanologiche etnee, spesso è stato trascurato dagli studiosi successivi, probabilmente per la vastità dell'opera (più di 900 pagine) e per la lingua della pubblicazione (tedesco).

Un ulteriore passo in avanti nello studio dei fenomeni etnei si ebbe nella seconda metà del XIX secolo grazie ad Orazio Silvestri (1835-1890) (Fig. 30) che introdusse un nuovo tassello nello studio delle eruzioni vulcaniche, a partire dall'eruzione del fianco del 1865³⁹⁸. Il nuovo approccio comprendeva la mappatura cartografica dei prodotti vulcanici, effettuata aggiornando il lavoro di Sartorius, e le analisi fisico-chimiche delle rocce. In particolare, Silvestri realizzò il primo studio petrografico delle rocce vulcaniche etnee in relazione all'eruzione laterale del 1886³⁹⁹; la mappatura cartografica delle colate laviche permise all'autore di calcolarne il volume per la prima volta⁴⁰⁰. Con Silvestri si ebbe anche l'installazione della prima rete sismografica sull'Etna⁴⁰¹, aggiungendo così anche l'aspetto di studio

³⁹⁷ R. Cristofolini, *Wolfgang Sartorius von Waltershausen, geologo mitteleuropeo alla scoperta dei segreti dell'Etna in un'opera postuma, redatta con il contributo di Arnold von Lasaulx*, «Bollettino Accademia Gioenia Scienze Naturali Catania», 43 (2010), 372, p. 161.

³⁹⁸ O. Silvestri, *Sulla eruzione dell'Etna nel 1865. Studi geologici e chimici*, Pisa, Nuovo Cimento, 1866.

³⁹⁹ O. Silvestri, *Sulle eruzioni Centrale ed Eccentrica dell'Etna scoppiate il 18 e 19 Maggio 1886. I° e 2° Rapporto al Regio Governo*, Catania, Niccolò Giannotta Editore, 1886; Id. *L'eruzione dell'Etna del 1886*, Catania, «Atti della Accademia Gioenia di scienze naturali in Catania», VI (1893), 4.

⁴⁰⁰ T. Abate, S. Branca e C. Monaco, *Le eruzioni dell'Etna nell'opera di Orazio Silvestri (1835-1890). Il disegno come strumento per l'osservazione scientifica*, Palermo, Caracol, 2013.

⁴⁰¹ O. Silvestri, *Sulla esplosione etnea del 22 marzo 1883 in relazione ai fenomeni vulcanici (geodinamici ed eruttivi) presentati dall'Etna durante il quadriennio compreso dal gennaio 1880 al dicembre 1883*, «Atti della Accademia Gioenia di scienze naturali in Catania», III, 1883, 17, pp. 238-431.

geodinamico dei fenomeni eruttivi, con i terremoti registrati nelle fasi preparatorie dell'eruzione laterale del 1883.

Silvestri teneva aggiornate le autorità locali e nazionali circa lo stato di attività del vulcano per mezzo di rapporti scientifici, avendo in mente ciò che viene chiamato oggi *monitoraggio*, testimoniato anche dalla sua proposta di creare un osservatorio vulcanologico sull'Etna⁴⁰².



Fig. 30. I monti Silvestri, apparato eruttivo dell'eruzione etnea del 1892 dedicati alla memoria di Orazio Silvestri, 4 dicembre 2022.

⁴⁰² R. Cristofolini, *From Natural History to Volcanology. An account on the development of studies on Mt. Etna at the University of Catania*, cit.; A. Musumarra, *Una vita per l'Etna. Orazio Silvestri vulcanologo fiorentino (1835-1890)*, Palermo, Caracol, 2018; Id., *Orazio Silvestri (1835-1890) il vulcanologo toscano che fece 'scoprire' l'Etna ai torinesi*, «Studi Piemontesi», 2020, pp. 45-55.

Le idee di Silvestri trovarono successivamente piena attuazione grazie al lavoro di Gaetano Ponte (1876-1955)⁴⁰³. Ponte divenne nel 1919 professore di Vulcanologia dell'Università di Catania, nel 1926 l'Osservatorio Etneo fu annesso all'Università e nel 1933 vi fu la fondazione dell'Istituto Vulcanologico dell'Università di Catania⁴⁰⁴, una delle prime strutture universitarie in Europa, assieme all'Osservatorio Vesuviano, ad occuparsi dello studio dei vulcani. Autore di circa 150 pubblicazioni, si dedicò principalmente allo studio dell'Etna e dello Stromboli. Inoltre,

le ricerche di Ponte spaziavano dagli studi petrografici delle formazioni vulcaniche dell'altopiano Ibleo e di Capo Passero, in Sicilia sudorientale, alle ricerche geochimiche sui gas vulcanici, sui processi di intrusione magmatica delle eruzioni laterali etnee, dagli studi petrografici della cenere vulcanica alla genesi e formazione delle gallerie di scorrimento lavico e delle bombe vulcaniche. Fortemente innovative furono le tesi di Ponte sulla necessità della sorveglianza sismica nei vulcani attivi, nonché sull'utilizzo dei sorvoli aerei per meglio studiare e monitorare i fenomeni eruttivi più pericolosi, come nel caso dell'eruzione laterale del 1928 che causò la distruzione del paese di Mascali⁴⁰⁵.

Nella prima metà del '900, oltre all'operato scientifico e istituzionale di Ponte, va segnalato che le numerose eruzioni sommitali e laterali furono studiate da diversi scienziati, tra i quali spiccano Annibale Riccò, Gaetano Platania, Ottorino De Fiore di Cropani, Giuseppe Imbò, Gustavo Cumin, Domenico Abruzzese, Salvatore Cucuzza Silvestri, Francesco Stella Starabba, e Paolo Vinassa de Regny. I loro studi si concentrarono essenzialmente su due aspetti, la ricostruzione cronologica delle eruzioni e lo studio petrografico dei prodotti eruttivi, un approccio non dissimile da quello apportato da Silvestri.

⁴⁰³ A. Bonaccorso and S. Branca, *Fotografia storica alla luce del vulcano. Fondo fotografico Gaetano Ponte (1876-1955)*, Le Nove Muse, Catania, 2005.

⁴⁰⁴ S. Branca and P. Del Carlo, *Types of eruptions of Etna Volcano AD 1670-2003: Implications for short-term eruptive behaviour*, cit.

⁴⁰⁵ [https://www.treccani.it/enciclopedia/gaetano-ponte_\(Dizionario-Biografico\)/](https://www.treccani.it/enciclopedia/gaetano-ponte_(Dizionario-Biografico)/) [5/12/2022].

4.2 La nascita dell'Istituto Internazionale di Ricerche Vulcanologiche

Nel 1958, Rittmann arrivò a Catania mentre era (1954-1963) presidente dell'AIV (*Association International de Volcanologie*). In questo periodo, aumentò le sue collaborazioni internazionali e grazie al sostegno di Tazieff e Marinelli fondò nel 1960 un Istituto Internazionale ai piedi del vulcano⁴⁰⁶. L'istituto si chiamava *Institut International de Recherches Volcanologiques* (I.I.R.V.), ebbe sede iniziale presso l'Istituto vulcanologico dell'Università di Catania e Rittmann ne assunse la presidenza per otto anni.

Iniziava così un periodo, che ancora perdura, di ricerche sull'Etna che porteranno questo vulcano a diventare uno dei più studiati e monitorati al mondo. Per la prima volta, gli studiosi internazionali troveranno una base locale solida e duratura, non più legata allo studioso illustre del momento.

Nel 1958, infatti, fu chiamato a Catania, a stabilirsi in un ambiente meno ostile di Napoli, Alfredo Rittmann, ed egli nel 1960 riuscì a farvi creare, per iniziativa della Associazione internazionale di vulcanologia di cui era presidente, un Istituto internazionale di ricerche vulcanologiche di cui ebbe la direzione. L'istituto cambiò nome e stato più volte, ma si è radicato ed è ora una delle più efficienti strutture di ricerca del Meridione. Rittmann dimostrò il suo valore anche proponendo alcune idee generali in campo petrologico che hanno lasciato un segno e che sono state sviluppate: i meccanismi di formazione delle ialoclastiti e di movimento delle ignimbriti, la determinazione chimica quantitativa delle serie vulcaniche, le relazioni tra lave a pillow e ialoclastiti. Si deve certamente a lui se i petrografi cominciarono a studiare le pillow-lave nell'ottica di avvalersene per la ricostruzione dell'ambiente geodinamico⁴⁰⁷.

⁴⁰⁶ «Sin dai primi anni del suo soggiorno catanese il Prof. Rittmann cercò di dar lustro alla vulcanologia locale, che, pur vivendo ai piedi del più grande e attivo vulcano d'Europa, non riusciva a “decollare”, con un'intensa attività didattica e di ricerca e con delle iniziative lungimiranti e di grande respiro» (R. Romano, *Rittmann, gli anni di Catania* in G. Binni, A. Vista e F. Obrizzo (a cura di), *Atti del Convegno Rischio vulcanico e programmazione territoriale Ricordo di Alfred Rittmann (1893–1980)*, cit., p. 26.

⁴⁰⁷ A. Mottana, *Le scienze della Terra nel Mezzogiorno d'Italia* in Aa. Vv, *La Scienza nel Mezzogiorno dopo l'Unità d'Italia*, Soveria Mannelli, Rubbettino, 2009, p. 692.

Prosegue Mottana, con toni critici verso l'ambiente napoletano e sottolineando un nuovo asse di formazione scientifica che legò Catania e Pisa al contesto internazionale:

Rittmann richiamò anche l'attenzione sul rischio vulcanico che grava sull'area napoletana, diventando così il precursore di uno dei più attuali problemi di protezione civile dell'intero Meridione. Contrastando l'uomo, quindi, gli studiosi napoletani avevano perso l'opportunità di avere un grande maestro e, in fatti, il predominio in Italia sul settore vulcanologico è stato preso da ricercatori formati a Pisa, che ebbero, tra l'altro, la lungimiranza di allearsi con ricercatori del calibro di Haroun Tazieff e di Marc Vuagnat, i cui allievi operavano praticamente su tutta la Terra!⁴⁰⁸

Tazieff studiava l'Etna dalla fine degli anni '40⁴⁰⁹. Personaggio eclettico - fu alpinista e speleologo, ma anche sportivo, praticando pugilato e rugby - ha prodotto numerosi documentari sulle sue innumerevoli spedizioni, mostrando per la prima volta i vulcani al grande pubblico, soprattutto di lingua francofona⁴¹⁰. Da alcuni è considerato un personaggio centrale per la vulcanologia dello scorso secolo, per altri è stato solamente un divulgatore e un politico. La verità probabilmente risiede in mezzo poiché Tazieff, molto scontroso di carattere, fu impegnato in diverse controversie scientifico-politico. Nonostante ciò,

Tazieff increasingly concerned himself with all types of natural hazards and environmental problems. Between 1984 and 1986 he held the post of Secretary of State for Prevention of Natural and Technological Disasters under Laurent Fabius, then Prime Minister of France. He continued to serve as adviser at various governmental levels until only a few years before his death⁴¹¹.

⁴⁰⁸ Ivi, pp. 692-693. Cfr. Id., *Introduzione ai problemi del rischio vulcanico nell'area napoletana*, in *Atti Convegno I vulcani attivi dell'area napoletana*, cit.

⁴⁰⁹ H. Tazieff, *Sur l'Etna*, Paris, Flammarion, 1984.

⁴¹⁰ <http://www.lave-volcans.eu/intro.html> [1/12/2022]. All'interno del link è possibile trovare informazioni e testimonianze su Tazieff, bibliografia e filmografia, nonché dettagli sulla sua attività scientifica.

⁴¹¹ A. McBirney, *Haroun Tazieff (1914-98). Volcanologist, and authority on natural hazards*, «Nature», 1998, 392, p. 444.

L'alone di discussioni non scientifiche su Tazieff, ha fatto sì che, sia in vita che dopo la sua morte (1998), si siano prodotte opinioni contrastanti sul suo operato, negando o ignorando i suoi contributi scientifici (questa opinione è ancora presente in parte della comunità scientifica vulcanologica italiana). Eppure, è innegabile che proprio negli anni '60 sull'Etna, vi fu:

L'introduzione di tecniche micro e semimicro nella prospezione geochimica, l'uso di questa nell'esplorazione geotermica, lo sviluppo nei primi anni 60 di veri e propri metodi geochimici di terreno per l'analisi dei gas in ambiente vulcanico (non mera trasposizione di metodi di laboratorio), dovuta principalmente ad I. Elskens: questi i principali elementi che hanno reso possibili rilevamenti geochimici sistematici e quindi lo studio globale non solo geologico e geofisico ma anche geochimico dei sistemi vulcanici ed idrotermali.

Nel caso italiano i portatori della logica naturalistica in cui ciò è stato possibile furono A. Rittmann, H. Tazieff, G. Marinelli. Proprio le missioni dirette dal Tazieff sull'Etna nei tardi anni 60 portarono allo studio dell'emissione diffusa di anidride carbonica nella parte superiore di questo sistema vulcanico⁴¹².

Come scienziato, è stato un pioniere negli studi sul ruolo dei gas nei meccanismi eruttivi⁴¹³, sulla presenza di acqua nei magmi, sul vulcanismo sottomarino, sulle tecniche di misurazione delle variazioni del campo magnetico in relazione all'attività eruttiva e sul rapporto tra vulcanologia e Tettonica delle placche. Tra i tanti vulcani studiati, l'Etna fu certamente uno dei più visitati⁴¹⁴.

Marinelli fu uno scienziato dotato anche di una grande cultura umanistica e si laureò a Firenze nel 1945 in Scienze Naturali con una tesi in petrografia. Lavorò poi a Pisa, presso l'Istituto di Mineralogia e Petrografia

⁴¹² F. Tonani, *Epistemologia ed insegnamento della Chimica Fisica nel corso di laurea in Scienze Geologiche, Nota 1*, «Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali», 9 (1995), 5, p. 55.

⁴¹³ I. Elskens, H. Tazieff and F. Tonani, *A new method for gas analysis in the field*, I.U.G.G. General Assembly, «Bulletin of Volcanology», 1964, XXVII, pp. 1-4; Id., *Investigations Nouvelles sur les Gaz Volcaniques*, «Bulletin of Volcanology», 1969, XXXII, pp. 522-574.

⁴¹⁴ H. Tazieff, *L'Etna e i vulcanologi*, Milano, Mondadori, 1974.

di Stefano Bonatti (1902-1968). Divenne assistente alla cattedra di Mineralogia e poi alla cattedra di Petrografia dal 1948 al 1961, quando gli fu assegnata la prima cattedra dedicata a questa disciplina in Italia. Con il suo lavoro culturale avvicinò la Petrografia alla Petrologia, unendo così l'accurata analisi descrittiva delle rocce agli studi petrogenetici, affermando il necessario legame tra analisi del terreno, campionamenti e studi di laboratorio⁴¹⁵. Divenuto amico e collaboratore di Rittmann, che divenne suo maestro in vulcanologia, spostò gradualmente i suoi interessi verso la vulcanologia ed elaborò l'origine anatettica dei magmi acidi toscani⁴¹⁶. L'interesse di Marinelli per i vulcani fu alimentato anche dall'amicizia con Tazieff: insieme organizzarono importanti spedizioni all'Afar (la prima nel 1967) per studiare le relazioni tra vulcanismo, geodinamica ed evoluzione dei magmi, in un periodo in cui la novità era rappresentata dalla Tettonica delle Placche⁴¹⁷. A livello istituzionale, fu direttore dell'I.I.V. di Catania dal 1967 al 1977 e direttore dell'Istituto di Mineralogia e Petrografia dopo la morte di Bonatti. Nel corso della sua vita si dedicò anche allo studio della genesi di minerali economicamente importanti, come l'uranio⁴¹⁸, e alla ricerca geotermica⁴¹⁹.

Rittmann, come già ampiamente approfondito nelle pagine precedenti, introdusse un approccio multidisciplinare (geologico, geochimico, geofisico) nello studio dell'Etna, combinando ricerche

⁴¹⁵ F. Barberi and F. Innocenti, *Giorgio Marinelli*, «Bollettino della Società Geologica Italiana», 1995, 114, pp. 311-318.

⁴¹⁶ Cfr. G. Marinelli, *Magma evolution in Italy* in *Geology of Italy*, Tripoli, The Earth Science Society of the Libyan Arab Republic, 1975, pp. 165-219; Id., *Il magmatismo recente in Toscana e le sue implicazioni minerogenetiche*, «Memorie della Società Geologica Italiana», 25, 1983, pp. 111-124.

⁴¹⁷ H. Tazieff, G. Marinelli, F. Barberi and J. Varet, *Géologie de l'Afar septentrional, première expédition du CNRS France et du CNR Italie (décembre 67 - février 68)*, «Bulletin of Volcanology», 1969, XXXIII, pp. 1039-1072.

⁴¹⁸ Cfr. A. Candela, *The early stages of uranium geology*, «Earth Sciences History», 38 (2019), 1, pp. 137-149.

⁴¹⁹ Cfr. G. Marinelli, *L'énergie géothermique en Toscane*, «Annales de la Société géologique de Belgique», 85 (1963), 10, pp. 417-438.

interdisciplinari nello studio del vulcanismo con l'obiettivo di quantificare i fenomeni e indagare le relazioni con la tettonica.

Rittmann appartient à cette génération de géologues qui, au delà de la spécialité qu'ils ont cultivée, ont su, en naturaliste, l'intégrer harmonieusement au sein du cadre plus vaste des sciences connexes. Il concevait les manifestations géologiques, celles du volcanisme en particulier, comme répondant à la loi d'un équilibre indéfiniment à sa recherche. Au delà de son oeuvre écrite, qui porte la marque d'une philosophie de la nécessité, le savant, en homme d'action qu'il était, a aussi bâti, pour ceux qui continueront le grand oeuvre, un puissant outil de travail, une institution aujourd'hui renommée internationale, celle que, dans ses débuts, le jeune vulcanologue avait peut-être souhaitée pour soi⁴²⁰.

Oltre agli aspetti puramente istituzionali, gli anni catanesi di Rittmann furono intesi anche sotto il punto di vista della ricerca, si contano più di 50 lavori sugli argomenti più disparati⁴²¹, eseguiti anche in collaborazione con i suoi allievi catanesi (Gottini, Frazzetta, Romano, Sturiale, Villari, Lanzafame): oltre ai lavori sui meccanismi eruttivi⁴²², sul rischio vulcanico⁴²³, sulle ignimbriti⁴²⁴, sulla petrografia ottica e sulla *Norma Rittmann*⁴²⁵, lavori sull'isola di Pantelleria⁴²⁶, voci

⁴²⁰ P. Michot, *In Memoriam Alfred Rittmann*, «Bulletin de la Classe des sciences», 69, 1983, p. 343.

⁴²¹ La bibliografia completa delle opere di Rittmann è presente in D. Musumeci, *Alfred Rittmann (1893–1980): Vita e teorie di uno scienziato innovatore*, unpublished Master Thesis, University of Catania, 2018, pp. 96-111.

⁴²² A. Rittmann, *Sul meccanismo dell'attività vulcanica persistente*, «Bollettino dell'Accademia Gioenia di Scienze Naturali in Catania», Catania, IV (1958), 4, pp. 352-360; Id., *On the mechanism of persistent activity*, «Bulletin Volcanologique», 1962, Napoli, XXIV, pp. 301-313.

⁴²³ Id., *Aspetti vulcanologici*, in *L'attraversamento dello Stretto di Messina e la sua fattibilità*, Atti del Convegno, Roma 4-6 Luglio 1978, «Accademia Nazionale dei Lincei», 1979, pp. 73-90.

⁴²⁴ Id., *Cenni sulle colate di ignimbriti*, cit.; Id., *Sur les ignimbrites en Italie*, cit.

⁴²⁵ A. Rittmann, V. Gottini Grasso, W. Hewers, H. Pichler and R. Stengelin, *Stable Mineral Assemblages of Igneous Rocks. A Method of Calculation*, Berlin-Heidelberg, Springer, 1973.

⁴²⁶ A. Rittmann, L. Villari, M. Di Re and R. Romano, *Studio geovulcanologico e magmatologico dell'Isola di Pantelleria*, «Rivista Mineraria Siciliana», 1967, 106-108, pp. 147-182.

enciclopediche⁴²⁷, ricerche magmatologiche sul vulcanismo lunare⁴²⁸, la nuova edizione del lavoro sull'isola d'Ischia, il vulcano prediletto dallo scienziato svizzero⁴²⁹.

Nel 1968, l'I. I. R. V. divenne indipendente dall'Università e il suo nome fu cambiato in *Laboratoire International de Recherches Volcanologiques* del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) con il patrocinio dell'UNESCO. Dopo due anni, il Laboratorio fu trasformato in Istituto Internazionale di Vulcanologia (IIV-CNR), denominazione che sarà più duratura, mantenendosi fino al 2000 quando, assieme al Sistema Poseidon (1998-2001) verrà integrato nell'attuale Osservatorio Etneo-Sezione di Catania dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Durante l'eruzione etnea del 1971 Marinelli era Direttore dell'I. I. V.

4.3 L'eruzione etnea del 1971

Dopo la fine dell'eruzione laterale del 1950-51⁴³⁰, l'Etna ha presentato un lungo periodo di attività sommitale che per un ventennio ha coinvolto il Cratere Centrale e quello di Nord-Est. In quegli anni, il Cratere di Nord-Est è stato caratterizzato da attività effusiva lenta e quasi continua

⁴²⁷ A. Rittmann and V. Gottini, *Rocce ignee*, Enciclopedie ENI, 1961; Id., *Chimismo dei magmi e dinamica dei vulcani*, Scienza & Tecnica 68, Annuario della Enciclopedia della Scienza e della tecnica, Milano, Mondadori, 1967, pp. 275-286; Id., *Vulcanismo* in *Enciclopedia Italiana delle Scienze*, Novara, Istituto Geografico De Agostini, 1969; A. Rittmann, *Magmas* in S. K. Runcorn (ed.), *International Dictionary Geophysics*, Oxford, Pergamon Press, 1967, pp. 822-830.

⁴²⁸ Id., *Chemistry of lunar rocks with vulcanological and magmatological considerations and a model of the "hot moon"* in P. Leonardi (ed.), *Volcanoes and Impact Craters on the Moon and Mars*, cit.; Id., *Volcanisme lunaire et origine des planètes*, «Archives des Sciences», Société de Physique et D'Histoire Naturelle de Genève, 30 (1977), 1, pp. 5-14.

⁴²⁹ A. Rittmann and V. Gottini Grasso, *L'Isola d'Ischia-Geologia*, cit.

⁴³⁰ G. Cumin, *L'eruzione laterale etnea dal novembre 1950 al dicembre 1951*, «Atti della Accademia gioenia di scienze naturali in Catania», VI (1952-1954), 9, pp. 123-133; G. Ponte, *Sull'eruzione etnea del 1950-51*, «Bulletin of Volcanology», 1953, 13, pp. 121-128; G. Cumin, *L'eruzione laterale etnea del novembre 1950 - dicembre 1951*, «Bulletin of Volcanology», 1954, 15, pp. 3-70.

da bocche apertesì alla base del cono e da intensa attività stromboliana che ha accresciuto il cono di scorie sommitale a partire dal 1966.

In questi anni di intensa attività eruttiva, anche il cratere centrale subì importanti cambiamenti morfo-strutturali presentando tre principali aree di attività: Voragine a est (formatasi nel 1945), un nuovo cono a sud-ovest (Bocca del 1964, formatasi proprio durante le attività parossistiche del 1964) e la Bocca Nuova a nord-ovest, formatasi nel 1968⁴³¹ (Fig. 31).

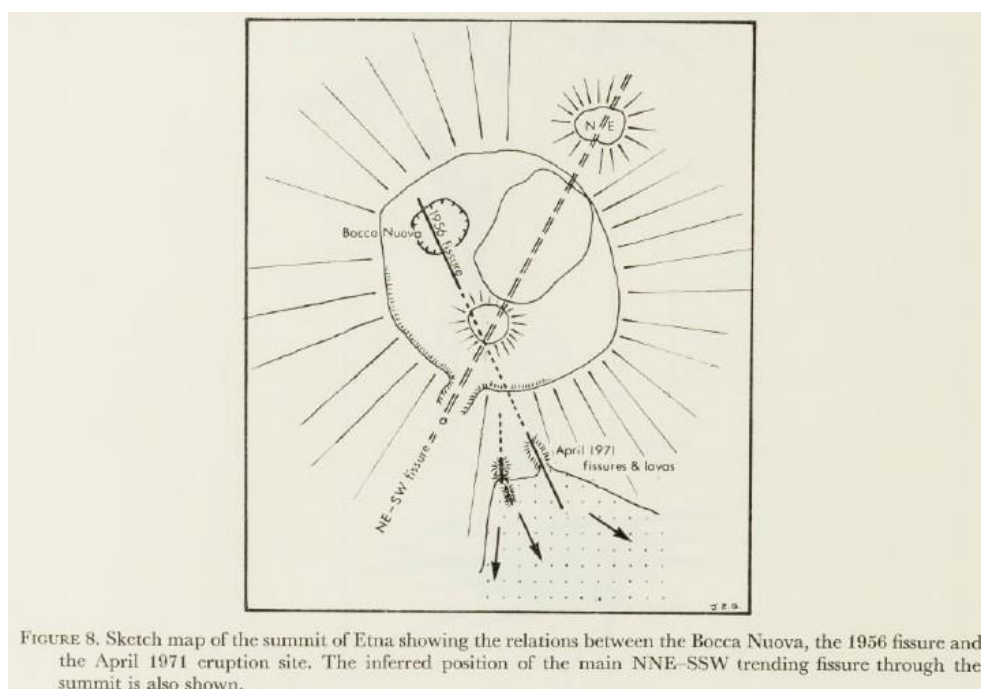


Fig. 31. Mappa schematica dell'area sommitale etnea nel 1971⁴³².

L'attività sommitale è stata interrotta da tre eruzioni laterali, una di breve durata (1-2 marzo 1956)⁴³³, e altre due avvenute nel 1968⁴³⁴, della durata rispettiva di quattro mesi la prima e un mese la seconda.

⁴³¹ J. E. Guest, *The summit of Mount Etna prior to the 1971 eruption* in J. E. Guest and R. R. Skelhorn (eds.), *Mount Etna and the 1971 eruption*, London, Philosophical Transaction of the Royal Society of London, A, 274, 1238, pp. 63-78.

⁴³² Immagine tratta da Ivi, p. 76.

Terminata l'attività eruttiva del Cratere di Nord-Est nel marzo del 1971, nel pomeriggio del 5 aprile si aprirono due brevi fessure alla base meridionale del Cono Centrale⁴³⁵. In concomitanza con l'inizio dell'eruzione non fu registrata nessuna sismicità, probabilmente perché erano in funzione solo due stazioni sismiche, a Catania e ad Acireale (Serra la Nave era fuori servizio)⁴³⁶. Invece, nel pomeriggio del 21 aprile si verificò un terremoto d'intensità moderata nel basso fianco orientale del vulcano, che causò danni alle abitazioni del villaggio di Macchia e nelle vicine frazioni di Giarre⁴³⁷.

In area sommitale, il 22 aprile si aprì una terza fessura eruttiva. Le fessure eruttive furono caratterizzate da attività stromboliana che generò coni di scorie coalescenti e intensa attività effusiva. L'attività di queste fessure terminò il 6 maggio, producendo un campo lavico lungo 4 km che ricoprì un'area di 3 km², raggiungendo le quote minime di 2175 m s.l.m. a sud, a monte dell'area turistica del Rifugio Sapienza, e di 1675 m s.l.m. ad est, nella Valle del Bove.

Durante questa fase, le colate laviche distrussero lo storico Osservatorio vulcanologico dell'Università di Catania, la stazione superiore della funivia e alcuni piloni della stessa. L'Osservatorio era stato costruito nel 1879 a 2941 m di altitudine sul fianco meridionale del vulcano

⁴³³ S. Cucuzza Silvestri, *L'Etna nel 1956*, «Atti della Accademia Gioenia di scienze naturali in Catania», 1957, 11, pp. 29-98.

⁴³⁴ Id., *L'Etna nel primo semestre dell'anno 1968*, «Atti della Società Peloritana di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali», 1969, 15, pp. 213-269.

⁴³⁵ A. Rittmann, R. Romano and C. Sturiale, *L'eruzione etnea dell'Aprile-Giugno 1971*, «Atti della Accademia gioenia di scienze naturali in Catania», 7 (1971), 3, pp. 3-29; Smithsonian Institution Center For Short-Lived Phenomena, *1971 Annual Report, Mt. Etna Volcanic Activity*, 1972, pp. 61-69.

⁴³⁶ R. Azzaro and M. S. Barbano, *Relationship between seismicity and eruptive activity at Mt. Etna volcano (Italy) as inferred from historical record analysis: the 1883 and 1971 case histories*, «Annali di Geofisica», 39 (1996), 2, pp. 445-461.

⁴³⁷ M. Ruscetti and R. Di Stefano, *Il Terremoto di Macchia (Catania)*, «Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata», 1971, 13, pp. 150-164.

dall'astronomo Pietro Tacchini (1838-1905) ed era stato abbandonato dopo pochi anni perché i gas vulcanici altamente corrosivi rendevano inutile la strumentazione ottica a causa della posizione estremamente vicina al Cratere Centrale. Ponte si dedicò al restauro dell'Osservatorio, inizialmente parte del Regio Osservatorio Astrofisico e Geodinamico di Catania, e successivamente annesso nel 1926 alla cattedra di Vulcanologia dell'Università di Catania. La struttura era dotata di riscaldamento, luce elettrica e anche di acqua corrente grazie ad un condensatore progettato da Ponte, collegato alla secolare fumarola chiamata *Vulcaloro*, anch'essa coperta dalla colata del 1971. L'Osservatorio Etneo, negli anni Cinquanta e Sessanta, fu utilizzato soprattutto come rifugio dai ricercatori italiani e stranieri che in quegli anni iniziarono a studiare assiduamente il vulcano, come già riportato.

Al termine del 4 maggio, si aprì una quarta fessura alla base orientale del Cono sommitale che rimase attiva per circa due giorni. L'eruzione proseguì con l'apertura di un sistema di fratture che si svilupparono in direzione della Valle del Leone con la formazione di cinque bocche eruttive che emisero colate laviche fino al 17/18 maggio.

L'intrusione magmatica continuò a spostarsi verso ENE provando la formazione di altre due fessure eruttive tra l'11 e il 12 maggio in località Serracozzo. Queste fessure furono caratterizzate solamente da attività effusiva che si generavano alle quote di 1840 m e 1800 m s.l.m. In questa fase, le colate laviche si espansero sul basso versante orientale etneo e distrussero diversi terreni coltivati, campi agricoli e strade, minacciando da giorno 21 maggio il villaggio di Fornazzo. Il degassamento avveniva in area

sommitale da un cratere a pozzo, del diametro di pochi metri, che si aprì il 17 maggio alla base SE del cono sommitale a 3000 m s.l.m.⁴³⁸.

Nei giorni successivi, questo cratere raggiunse un diametro di circa 200 m e fu caratterizzato da emissione di cenere fino al 9 giugno⁴³⁹. Le colate laviche raggiunsero una lunghezza massima di 7 km e una quota minima di 600 m s.l.m., fino alla cessazione definitiva dell'attività eruttiva il 12 giugno.

Complessivamente, l'eruzione durò 69 giorni, durante i quali furono emessi circa 3×10^6 m³ di prodotti piroclastici e 75×10^6 m³ di lava. Le lave ricoprirono un'area totale di 7,5 km²⁴⁴⁰.

4.4 Studi ed esperimenti condotti durante l'eruzione: il volume del 1973

Lo studio dell'eruzione del 1971 comporta un cambio di approccio metodologico allo studio delle eruzioni etnee⁴⁴¹. Quello precedente è ben esemplificato dallo studio di Cumin sull'eruzione laterale del 1950-51⁴⁴²: lo

⁴³⁸ G. P. L. Walker, *A brief account of the 1971 eruption of Mount Etna* in J. E. Guest and R. R. Skelhorn (eds.), *Mount Etna and the 1971 eruption*, London, Philosophical Transaction of the Royal Society of London, A, 274, 1238, 1973, pp. 177-179.

⁴³⁹ Questo cratere è divenuto successivamente un cratere sommitale denominato Cratere di Sud-Est. Durante una recente attività di questo cratere nel dicembre 2020, le colate laviche hanno coperto gli ultimi resti della prima fase dell'eruzione del 1971, rappresentati da un cono di scorie che era stato dedicato alla memoria di Gaetano Ponte su proposta di Cucuzza Silvestri.

⁴⁴⁰ A. Rittmann, R. Romano e C. Sturiale, *L'eruzione etnea dell'Aprile-Giugno 1971*, cit.

⁴⁴¹ S. Branca, D. Musumeci and L. Ingaliso, *The significance of the 1971 flank eruption of Etna from volcanological and historic viewpoints*, in M. A. Di Vito, F. Foresta Martin and M. C. Martinelli (eds.), *When volcanologists meet archeologists and other disciplines*, «Annals of Geophysics», 64 (2021), 5, pp. 1-17.

⁴⁴² G. Cumin, *L'eruzione laterale etnea del novembre 1950 - dicembre 1951*, «Bulletin of Volcanology», 1954, 15, pp. 3-70. L'eruzione fu osservata anche da vulcanologi locali (Abruzzese, Stix, Speranza e De Fiore) e fu occasionalmente indagata anche da Imbò e Tazieff (G. Imbò, 1951, *Temperature d'irrigidimento di attuali lavi etnee*, «Rendiconto dell'Accademia delle Scienze Fisiche e Matematiche della Società Nazionale di Scienze, Lettere e Arti in Napoli», 4 (1951), 18, pp. 1-4; H. Tazieff, *Cratères en fue*, Paris-Grenoble, Arthaud, 1951; P. S. Sessa (a cura di), *Milo e l'eruzione del 1950. Ricostruzione di un evento, immagini di un'epoca*, Catania, L'Almanacco, 2001.

scienziato riporta l'attività sismica e le diverse fasi eruttive esplosive ed effusive tramite un diagramma, completando le informazioni con la petrografia e la mappa delle colate laviche (Fig. 32).

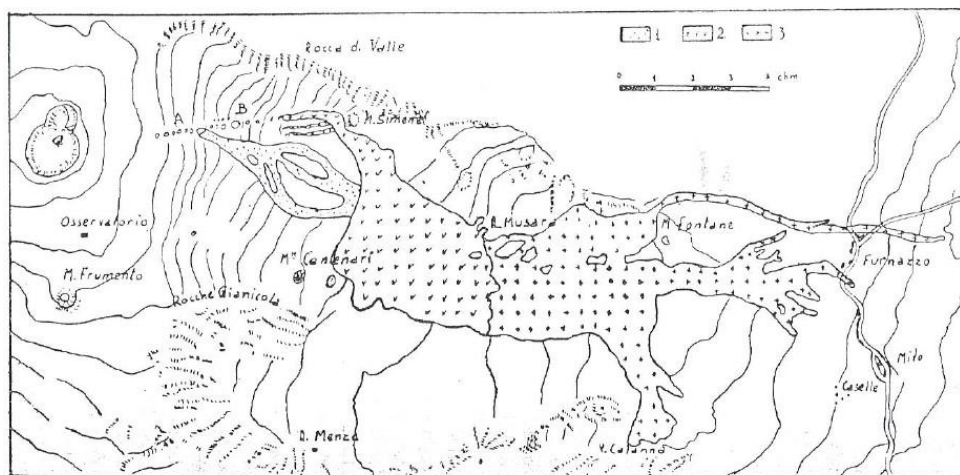


Fig. 4 - Le colate laviche dell'eruzione 1950-51. Rilievi alla bussola di CUMIN G. A - sezione superiore dell'apparato eruttivo; B - sezione inferiore dell'apparato eruttivo; 1 - lave del primo efflusso (25-XI-50); 2 - lave della seconda fase effusiva principale; 3 - lave della prima fase effusiva principale.

Fig. 32. Mappa delle colate laviche dell'eruzione del 1950-1951⁴⁴³.

Anche l'interpretazione sulla struttura del sistema di alimentazione e sui processi intrusivi delineati da Ponte era ancora ancorata ai modelli dei primi anni del 1900 (Fig. 33).

⁴⁴³ Immagine tratta da G. Cumin, *L'eruzione laterale etnea del novembre 1950 - dicembre 1951*, «Bulletin of Volcanology», cit., p. 39.

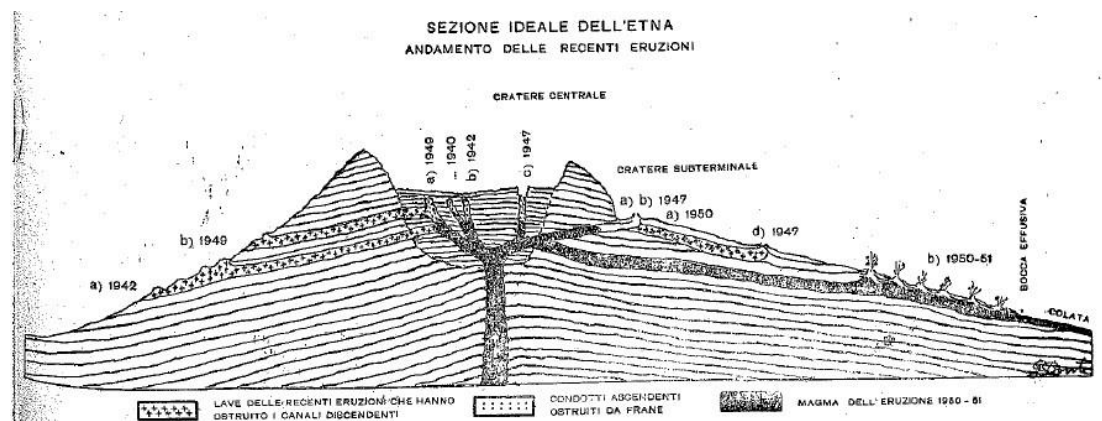


Fig. 33. Schema del sistema di alimentazione etneo secondo Ponte⁴⁴⁴.

Alla fine degli anni '50, la presenza congiunta sull'Etna di figure scientificamente rilevanti come Rittmann, Tazieff e Marinelli contribuì a far uscire gli studi vulcanologici etnei dal provincialismo culturale e, per la prima volta, il vulcano fu studiato in modo multidisciplinare da gruppi di italiani, francesi, inglesi e americani. Tra gli inglesi c'era John Edward Guest (1938-2012). Laureatosi all'University College di Londra (UCL) nel 1962, rimase nell'università per quasi 50 anni. In questo periodo, portò avanti la geologia planetaria e la vulcanologia fisica all'UCL. Nonostante la formazione da geologo di campagna, Guest fece parte della generazione di scienziati che riconobbe l'importanza di trasformare la vulcanologia in una disciplina fisica: promosse vigorosamente gli studi riguardanti la quantificazione del comportamento effusivo dei vulcani⁴⁴⁵. Come già visto, questa pista specialistica della vulcanologia novecentesca, era stata pionieristicamente inaugurata da Rittmann molti decenni prima⁴⁴⁶ e trovò in

⁴⁴⁴ Immagine tratta da G. Ponte, *Sull'eruzione etnea del 1950-51*, cit., p. 5.

⁴⁴⁵ <https://www.geolsoc.org.uk/About/History/Obituaries-2001-onwards/Obituaries-2012/John-Edward-Guest> [27/10/2022].

⁴⁴⁶ A. Rittmann, *Vulkanische Glutwolken und Glutlawinen*, cit.

quegli anni un nuovo interprete nella figura di G. P. L. Walker (1926-2005)⁴⁴⁷.

Nell'ambito del rinnovato interesse per la persistente attività dell'Etna⁴⁴⁸, furono condotti nuovi esperimenti sul vulcano. Alcuni di questi erano già stati avviati durante le attività sommitali del Cratere di Nord-Est alla fine degli anni '60, nonché durante la formazione della Bocca Nuova nel 1968. In quegli anni, Tazieff lavorò a lungo sull'Etna e guidò il team francese. Durante l'eruzione del 1971 fu attivo un gruppo di scienziati, l'*International Volcanological Team*, organizzato da Tazieff e supportato dal *Centre Nationale de Recherche Scientifique* di Parigi, dal *Comissariat de L'Energie Atomique* di Parigi e dall'IIV-CNR di Catania⁴⁴⁹.

Il risultato della collaborazione tra studiosi locali e internazionali fu un convegno alla Royal Society il 9 e 10 febbraio 1972 organizzato dal professor J. Sutton, F. R. S., dal dottor J. E. Guest, dal dottor R. R. Skelhorn e dal professor R. L. Wilson, per conto della Royal Society e del *Volcanic Studies Group* della Geological Society di Londra⁴⁵⁰. All'incontro seguì un corposo volume⁴⁵¹ in cui i ricercatori scrissero un contributo personale, fornendo così un quadro complesso ed esaustivo dell'eruzione del 1971 e dello stato degli studi sull'Etna. I lavori riassumono lo stato delle

⁴⁴⁷ Cfr. J. E. Guest, P. Cole, A. Duncan and D. Chester, *Volcanoes of Southern Italy*, London, The Geological Society, 2003; S. Self and R. S. J. Sparks, *George Patrick Leonard Walker 2 March 1926 — 17 January 2005*, cit.

⁴⁴⁸ A. Rittmann, *On the mechanism of persistent activity*, cit. «The mechanism of this persistent activity consists in dynamic equilibrium fluctuations between the gas tension of the magma and the external pressure due to the load of the magma column and to the viscosity and surface tension of the melt» (A. Rittmann, *Structure and evolution of Mount Etna* in J. E. Guest and R. R. Skelhorn (eds.), *Mount Etna and the 1971 eruption*, London, Philosophical Transaction of the Royal Society of London, A, 274, 1238, 1973, p. 10.

⁴⁴⁹ A. T. Huntington, *The eruption of Mount Etna, 1971*, «Spring», 60 (1972), 237, pp. 107-119.

⁴⁵⁰ E. A. Vincent, *Introduction* in J. E. Guest and R. R. Skelhorn (eds.), *Mount Etna and the 1971 eruption*, London, Philosophical Transaction of the Royal Society of London, A, 274, 1238, p. 3.

⁴⁵¹ J. E. Guest and R. R. Skelhorn (eds.), *Mount Etna and the 1971 eruption*, London, Philosophical Transaction of the Royal Society of London, A, 274, 1238, 1973.

conoscenze sulla struttura, la storia geologica e il comportamento eruttivo del vulcano Etna, nonché sulla chimica e le proprietà fisiche dei suoi prodotti magmatici, sia lave che gas.

Un quadro geologico generale del vulcano è stato fornito da Rittmann⁴⁵². In particolare, Rittmann ha indicato l'Etna come il vulcano più interessante considerando a) i suoi meccanismi eruttivi; b) l'origine e l'evoluzione dei suoi magmi; c) la sua posizione tettonica in relazione alla complessa tettonofisica dell'area mediterranea. Inoltre, pose in essere l'esigenza di potenziare le ricerche e il monitoraggio sul vulcano:

A systematic survey of Etna's activity by means of well-equipped geophysical stations does not exist. Even a careful geological survey, correlated to more extended petrographical and geochemical studies, is badly needed. Investigation of gases and fumarolic products should be intensified, to mention only a few items. Much time and a great number of specialists are necessary to reveal the fascinating secrets of Europe's most important volcano. Such an extended and manifold research work can be carried out only in the frame of a well-organized international collaboration⁴⁵³.

Nel secondo contributo del volume, Cristofolini ha ampliato le riflessioni geologico-strutturali sull'Etna, dando anche contezza degli aspetti petrografici e petrologici⁴⁵⁴.

Sulla stessa scia, Tazieff contribuì con alcune considerazioni generali sull'Etna e sull'eruzione del 1971 estendendole alla relazione del vulcano con la tettonica regionale⁴⁵⁵. Guest, invece, ha incentrato la sua analisi sull'assetto geologico-strutturale del vulcano⁴⁵⁶, con particolare

⁴⁵² A. Rittmann, *Structure and evolution of Mount Etna*, cit.

⁴⁵³ Ivi, p. 15.

⁴⁵⁴ R. Cristofolini, *Recent trends in the study of Etna* in J. E. Guest and R. R. Skelhorn (eds.), *Mount Etna and the 1971 eruption*, London, Philosophical Transaction of the Royal Society of London, A, 274, 1238, 1973, pp. 17-35.

⁴⁵⁵ H. Tazieff and F. Le Guern, *Signification tectonique et mécanisme de l'éruption d'avril-mai-juin 1971 de l'Etna*, «Comptes rendus de l'Académie des Sciences», 1971, 272, pp. 3252-3255; H. Tazieff, *Structural implications of the 1971 Mount Etna eruption* in J. E. Guest and R. R. Skelhorn (eds.), *Mount Etna and the 1971 eruption*, London, Philosophical Transaction of the Royal Society of London, A, 274, 1238, 1973, pp. 79-82.

⁴⁵⁶ J. E. Guest, *The summit of Mount Etna prior to the 1971 eruption*, cit.

attenzione all'evoluzione recente dell'area sommitale e facendo inferenze sulle modificazioni strutturali che avrebbero portato all'eruzione del fianco del 1971 cominciando ad interpretare le intrusioni all'interno del sistema d'alimentazione principale in un modo molto differente rispetto a quanto fatto da Ponte (Fig. 34).

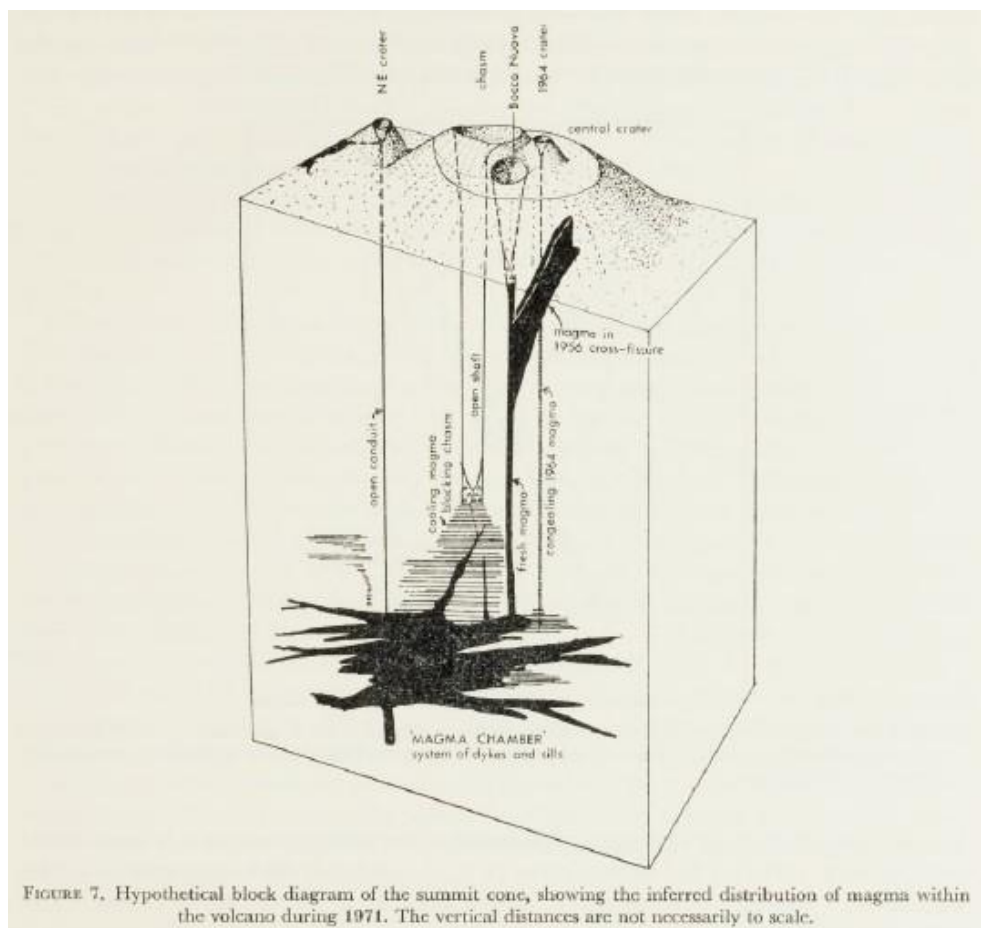


Fig. 34. Sistema di alimentazione etneo nel 1971 secondo Guest⁴⁵⁷.

Invece, Grindley ha approfondito lo sviluppo dell'Etna in relazione alla tettonica della Sicilia, del Mar Tirreno e dell'Italia meridionale. Dopo aver delineato la complessa storia vulcano-tettonica dell'Etna, suggerì che il monitoraggio dei recenti movimenti del terreno nella regione dell'Etna

⁴⁵⁷ Ivi, p. 75.

attraverso la retriangolazione, le linee geodimetriche, i tiltmetri e i mareografi, avrebbe fornito una misura dell'andamento secolare delle deformazioni e, in ultima analisi, avrebbe fornito dati riguardo l'attività vulcanica e geodinamica dell'area etnea⁴⁵⁸.

L'eruzione è stata studiata anche attraverso le analisi petrografiche e petrologiche sui campioni raccolti durante l'evento⁴⁵⁹. Durante l'eruzione furono effettuati studi sperimentali sulle lave emesse dalle bocche di Serracozzo durante l'ultima fase eruttiva. I campioni sono stati raccolti dalle colate e raffreddati artificialmente per essere esaminati, dopodiché sono stati rifusi in laboratorio a pressione atmosferica⁴⁶⁰. Altri studi quantitativi, sia sul campo che in laboratorio, sono stati condotti sulla reologia delle lave etnee in movimento, con attenzione a parametri quali la viscosità, la temperatura, la dinamica dei fluidi e la velocità di effusione⁴⁶¹: in particolare, lo studio di Walker sul tasso effusivo come principale fattore di

⁴⁵⁸ G. W. Grindley, *Structural control of volcanism at Mount Etna*, in J. E. Guest and R. R. Skelhorn (eds.), *Mount Etna and the 1971 eruption*, London, Philosophical Transaction of the Royal Society of London, A, 274, 1238, 1973, pp. 165-175.

⁴⁵⁹ R. Romano and C. Sturiale, *Some considerations on the magma of the 1971 eruption* in J. E. Guest and R. R. Skelhorn (eds.), *Mount Etna and the 1971 eruption*, London, Philosophical Transaction of the Royal Society of London, A, 274, 1238, 1973, pp. 37-43; J. C. Tanguy, *The 1971 Etna eruption petrography of the lavas* in J. E. Guest and R. R. Skelhorn (eds.), *Mount Etna and the 1971 eruption*, London, Philosophical Transaction of the Royal Society of London, A, 274, 1238, 1973, pp. 79-82.

⁴⁶⁰ M. J. Downes, *Some experimental studies on the 1971 lavas from Etna* in J. E. Guest and R. R. Skelhorn (eds.), *Mount Etna and the 1971 eruption*, London, Philosophical Transaction of the Royal Society of London, A, 274, 1238, 1973, pp. 55-62.

⁴⁶¹ B. Booth and S. Self, *Rheological features of the 1971 Mount Etna lavas* in J. E. Guest and R. R. Skelhorn (eds.), *Mount Etna and the 1971 eruption*, London, Philosophical Transaction of the Royal Society of London, A, 274, 1238, 1973, pp. 99-106; F. Gauthier, *Field and laboratory studies of the rheology of Mount Etna lava* in J. E. Guest and R. R. Skelhorn (eds.), *Mount Etna and the 1971 eruption*, London, Philosophical Transaction of the Royal Society of London, A, 274, 1238, 1973, pp. 83-98; G. P. L. Walker, *Lengths of lava flows* in J. E. Guest and R. R. Skelhorn (eds.), *Mount Etna and the 1971 eruption*, London, Philosophical Transaction of the Royal Society of London, A, 274, 1238, 1973, pp. 107-118.

controllo della distanza percorsa dalle lave sarebbe diventata una pietra miliare sull'argomento nei decenni successivi⁴⁶².

Grazie agli studi sull'attività effusiva avvenuta alla base del Cratere di Nord-Est tra il 1966 e il 1971, Gauthier ha potuto studiare per la prima volta in campagna, durante l'eruzione laterale del 1971, le proprietà reologiche delle lave dell'Etna durante le diverse fasi di un'attività non parossistica. In laboratorio furono effettuati studi sulle lave etnee raffreddate utilizzando analisi comparative ottenute con microsonda elettronica⁴⁶³, e per mezzo di analisi paleomagnetiche (Fig. 35)⁴⁶⁴.

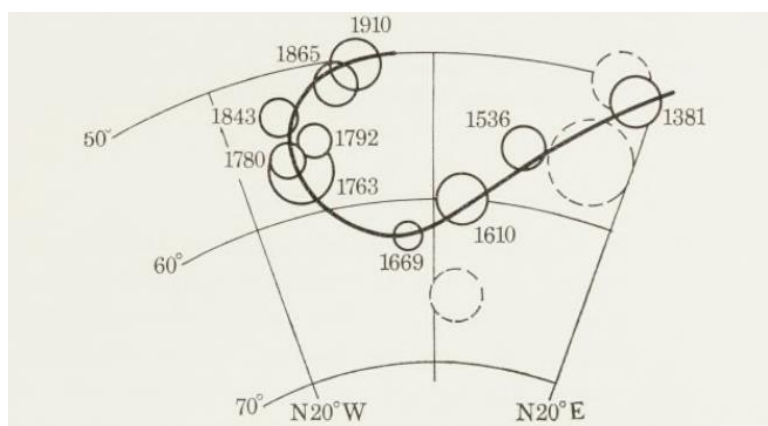


Fig. 35. Diagramma sulle variazioni geomagnetiche sull'Etna⁴⁶⁵.

Durante le attività etnee del 1970 e 1971, Huntington sperimentò un nuovo metodo di raccolta e analisi dei gas vulcanici, concludendo che il

⁴⁶² S. Self and R. S. J. Sparks, *George Patrick Leonard Walker 2 March 1926 — 17 January 2005*, cit.

⁴⁶³ R. J. Arculus, *Recent submarine pillow lavas in the Catania area, eastern Sicily*, in J. E. Guest and R. R. Skelhorn (eds.), *Mount Etna and the 1971 eruption*, London, Philosophical Transaction of the Royal Society of London, A, 274, 1238, 1973, pp. 153-162.

⁴⁶⁴ J. C. Tanguy and R. L. Wilson, *Palaeomagnetism of Mount Etna* in J. E. Guest and R. R. Skelhorn (eds.), *Mount Etna and the 1971 eruption*, London, Philosophical Transaction of the Royal Society of London, A, 274, 1238, 1973, pp. 163.

⁴⁶⁵ *Ibid.*

modo migliore per confrontare le analisi era la forma atomica, perché eliminava gli effetti di equilibratura secondaria⁴⁶⁶. Le Guern descrisse lo studio della fase gassosa dell'Etna⁴⁶⁷, poco sviluppato in precedenza ed effettuato in quegli anni dall'équipe francese⁴⁶⁸: si mettono in risalto le difficoltà di campionamento della fase gassosa e i risultati ottenuti durante gli esperimenti effettuati nel 1971. Con lo stesso obiettivo⁴⁶⁹, Sato e Moore si unirono al gruppo di ricerca internazionale organizzato da Tazieff e misurarono i gas magmatici con sensori solido-elettrolitici sul lato NE del cratere di Nord-Est nel luglio 1970. Durante la fase finale dell'eruzione, fu studiato anche il deposito piroclastico prodotto dall'attività del vasto cratere a pozzo formatosi alla base SE del cono centrale nell'ultima fase dell'eruzione (Fig. 36)⁴⁷⁰.

⁴⁶⁶ A. T. Huntington, *The collection and analysis of volcanic gases from Mount Etna* in J. E. Guest and R. R. Skelhorn (eds.), *Mount Etna and the 1971 eruption*, London, Philosophical Transaction of the Royal Society of London, A, 274, 1238, 1973, pp. 119-128.

⁴⁶⁷ F. Le Guern, *Etudes dynamique sur la phase gazeuse eruptive*, Thèse de 3ème cycle, R 4383, C.E.N. Saclay, Gif sur Yvette, 1972.

⁴⁶⁸ Id., *The collection and analysis of volcanic gases* in J. E. Guest and R. R. Skelhorn (eds.), *Mount Etna and the 1971 eruption*, London, Philosophical Transaction of the Royal Society of London, A, 274, 1238, 1973, pp. 129-135.

⁴⁶⁹ M. Sato and J. G. Moore, *Oxygen and sulphur fugacities of magmatic gases directly measured in active vents of Mount Etna* in J. E. Guest and R. R. Skelhorn (eds.), *Mount Etna and the 1971 eruption*, London, Philosophical Transaction of the Royal Society of London, A, 274, 1238, 1973, pp. 137-146.

⁴⁷⁰ B. Booth and G. P. L. Walker, *Ash deposits from the new explosion crater, Etna 1971* in J. E. Guest and R. R. Skelhorn (eds.), *Mount Etna and the 1971 eruption*, London, Philosophical Transaction of the Royal Society of London, A, 274, 1238, 1973, pp. 147-151.

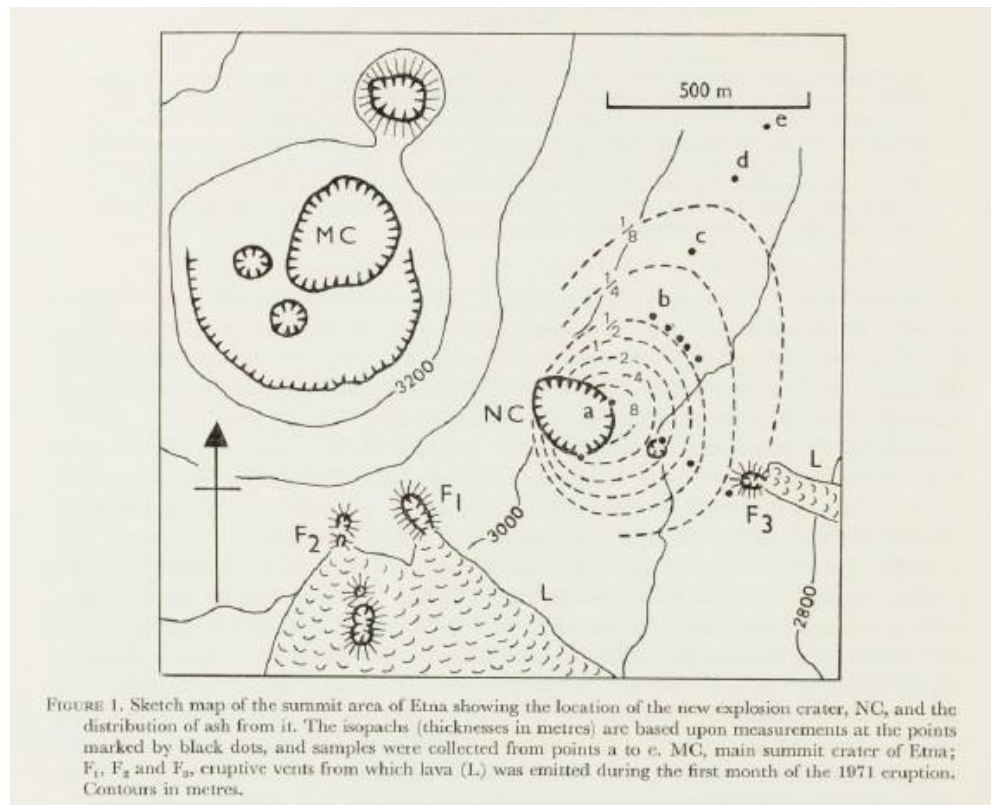


Fig. 36. Mappa schematica del deposito piroclastico in area sommitale per l'attività del cratere a pozzo formatosi il 17 maggio⁴⁷¹.

Il volume si conclude con una breve appendice che fornisce una sintesi generale delle fasi eruttive dell'evento del 1971⁴⁷².

Per la prima volta nel secolo scorso fu compiuto un grande sforzo collettivo per studiare un'eruzione e comprendere i complessi meccanismi del vulcano Etna. Il metodo multidisciplinare, ormai consolidato, si sarebbe poi arricchito nei decenni successivi, grazie anche all'opera del direttore dell'IIV Letterio Villari⁴⁷³ (1940-2021), di una rete geofisica sempre più avanzata che all'epoca era rappresentata dall'Osservatorio Geofisico di

⁴⁷¹ Ivi, p. 148.

⁴⁷² G. P. L. Walker, *A brief account of the 1971 eruption of Mount Etna*, cit.

⁴⁷³ <https://www.ct.ingv.it/index.php/organizzazione/chi-siamo/la-sezione-di-catania/2-uncategorised/307-prof-letterio-carlo-villari-1940-2021> [27/10/2022].

Lipari costruito nel 1967⁴⁷⁴. Il successivo sviluppo di reti geofisiche e geochemiche capillari sull'Etna, a partire dagli anni '90, ha permesso di definire e comprendere meglio la struttura del sistema di alimentazione, i processi dei fenomeni intrusivi e la relazione tra questi ultimi e la geodinamica dell'edificio vulcanico che è coinvolta nell'estesa instabilità del fianco del settore orientale⁴⁷⁵. Le nuove conoscenze sull'Etna ottenute nel corso delle indagini degli ultimi trent'anni, insieme all'aumento dei dati di monitoraggio, hanno permesso di comprendere meglio il ruolo giocato dall'eruzione del 1971 nella recente storia eruttiva dell'Etna sia dal punto di vista vulcanologico che storico⁴⁷⁶. Nel 1973, Guest guidò il contributo

⁴⁷⁴ S. Di Prima, M. Manni, M. Marturano, D. Patanè and A. Pellegrino, *L'Osservatorio Geofisico di Lipari e i 40 anni della Rete Sismica Permanente del Tirreno meridionale*, «Quaderni di Geofisica», 2010, 81, pp. 1-37.

⁴⁷⁵ A. Bonaccorso, S. Calvari, M. Coltelli, C. Del Negro and S. Falsaperla (eds.), *Etna Volcano Laboratory*. AGU (Geophysical monograph), 143, 384, 2004.

⁴⁷⁶ Il cratere a pozzo formatosi durante l'eruzione del 1971, successivamente denominato Cratere di Sud-Est (R. Romano, *Annual report of the world volcanic eruption in 1978*, «Bulletin of Volcanic Eruptions», 1981, 18, pp. 8-10), nei decenni successivi diventerà il più attivo dei crateri sommitali dell'Etna, prendendo il posto del cratere NE formatosi nel 1911 e caratterizzato da un'attività quasi persistente fino al 1971. Attualmente è la cima più alta del vulcano raggiungendo un'altezza di 3343 m s. l. m.

Dopo questa eruzione, si è verificato un significativo aumento del numero di eruzioni sia sommitali che laterali, associato a un incremento del tasso di emissione di lava (G. Wadge and J. E. Guest, *Steady-state magma discharge at Etna 1971–1981*, «Nature», 1981, 255, pp. 385-387; S. Branca and P. Del Carlo, *Eruptions of Mt Etna During the Past 3,200 Years: A Revised Compilation Integrating the Historical and Stratigraphic Records*, cit.; Id., *Types of eruptions of Etna Volcano AD 1670-2003: Implications for short-term eruptive behaviour*, cit.; A. Harris, A. Steffke, S. Calvari and L. Spampinato, *Thirty years of satellite-derived lava discharge rates at Etna: Implications for steady volumetric output*, «Journal of Geophysical Research», 2011, 116, B8).

Un altro cambio graduale, ma significativo, si è avuto nel cambiamento della composizione dei magmi eruttati che attualmente sono arricchiti in alcali e in di volatili (M. Viccaro and R. Cristofolini, *Nature of mantle heterogeneity and its role in the short-term geochemical and volcanological evolution of Mt. Etna (Italy)*, «Lithos», 2008, 105, pp. 272-288; M. Viccaro, E. Nicotra, I. L. Millar and R. Cristofolini, *The magma source at Mount Etna volcano: perspectives from the Hf isotope composition of historic and recent lavas*. «Chemical Geology», 2011, 281, pp. 343-351; V. Di Renzo, R. A. Corsaro, L. Miraglia, M. Pompilio and L. Civetta, *Long and short-term magma differentiation at Mt. Etna as revealed by SrNd isotopes and geochemical data*, «Earth-Science Reviews», 2018, 190, pp. 112-130; e riferimenti *ivi*).

Il vulcanismo etneo è stato alimentato da magmi Na-alclici da 220 ka fa fino agli anni '70, ma successivamente e fino ad oggi, i prodotti eruttati si sono spostati verso l'affinità K-alclica (R. A. Corsaro and M. Pompilio, *Magma Dynamics at Mount Etna* in A.

britannico a un progetto decennale anglo-italiano per studiare l'evoluzione dell'Etna. La collaborazione portò alla pubblicazione della mappa geologica del vulcano nel 1979⁴⁷⁷ e diede il via a una nuova comprensione del sistema di alimentazione magmatica dell'Etna e delle dinamiche eruttive⁴⁷⁸.

La crescita delle collaborazioni dopo l'eruzione del 1971 ha portato a uno studio sempre più approfondito dell'Etna e da allora il vulcano è diventato uno dei più studiati al mondo. L'INGV-Osservatorio Etneo è oggi uno dei più avanzati centri di ricerca scientifica impegnati nel costante monitoraggio e nella sorveglianza delle attività vulcaniche dell'Etna.

Bonaccorso, S. Calvari, M. Coltelli, C. Del Negro and S. Falsaperla (eds.), *Etna Volcano Laboratory*, AGU (Geophysical monograph), 143, 384, 2004, pp. 91-110; e riferimenti ivi). Nel complesso, l'eruzione del 1971 rappresenta, insieme alla grande eruzione del fianco del 1669, gli eventi vulcanici che hanno modificato il comportamento eruttivo dell'Etna in epoca storica (S. Branca and T. Abate, *Current knowledge of Etna's flank eruptions (Italy) occurring over the past 2500 years. From the iconographies of the XVII century to modern geological cartography*, cit.)

⁴⁷⁷ Aa. Vv., *Carta geologica del Monte Etna, scala 1:50.000*, Progetto Finalizzato Geodinamica, Istituto Internazionale di Vulcanologia-C.N.R (Catania), 1979. Le attuali conoscenze geologiche dell'Etna sono relative alla terza e ultima carta geologica pubblicata nel 2011 (S. Branca, M. Coltelli, G. Groppelli and F. Lentini F., *Geological map of Etna volcano, 1:50,000 scale*, «Italian Journal of Geosciences», cit.). Cfr. <https://www.ct.ingv.it/index.php/risorse-e-servizi/carta-geologica-del-vulcano-etna-scala-1-50-000> [5/12/2022].

⁴⁷⁸ D. K. Chester, A. Duncan, J. E. Guest and C. Kilburn, *Mount Etna. The anatomy of a volcano*, London, Chapman & Hall, 1985.

CONCLUSIONE

Dall'analisi della storiografia esistente sulla storia della vulcanologia contemporanea sono emersi alcuni elementi interessanti. Innanzitutto, si tratta di studi poco diffusi. Gli studi storici sulle geoscienze si innestano nella macroarea degli studi di storia e filosofia della scienza. All'interno di questo panorama, la vulcanologia è stata tradizionalmente una disciplina di nicchia, probabilmente proprio per via della sua storia complessa. Infatti, non risulta semplice caratterizzare le tappe dell'evoluzione della vulcanologia nonché delle modalità del suo sviluppo. Quando questi argomenti sono stati affrontati, è avvenuto per mano di geologi e vulcanologi certamente competenti nelle loro specializzazioni ma classificabili come appassionati nel campo della storia e della filosofia della scienza. Molte delle fonti utilizzate derivano da resoconti scientifici, cioè fonti primarie scritte proprio per dare contezza della propria attività di ricerca o per narrare l'evoluzione del proprio campo di studi o ancora dell'ente di ricerca presieduto e/o nel quale si è lavorato. Tutte queste motivazioni portano ad una cornice teorica estremamente confusa visto che spesso i termini utilizzati nelle ricostruzioni sono viziati da sovrapposizioni semantiche e dalla delimitazione di confini troppo spesso simili e ben poco distinguibili l'uno dall'altro. Per cercare di comprendere meglio l'evoluzione della vulcanologia contemporanea, in un'epoca dove la produzione culturale tende all'entropia, la scelta fatta nel presente lavoro è di considerare alcuni aspetti e alcuni casi di studio ben focalizzati nello spazio e nel tempo. La vulcanologia moderna si presta quindi ad individuare sia l'opera seicentesca di Borelli che quella novecentesca di Rittmann, e persino quella dei vulcanologi attuali. Per superare questa *impasse* e cercare di inquadrare il dibattito con rigore scientifico, si è primariamente analizzato l'impatto di alcune eruzioni storicamente rilevanti per la costituzione del

pensiero scientifico vulcanologico. Due poli sono stati individuati nell'eruzione del Vesuvio del 79 d. C. e in quella del Mount St. Helens del 1980. Esse hanno impattato pesantemente sulla popolazione circostante e sono state anche fonte di innumerevoli studi, quindi di progresso conoscitivo.

Successivamente, si è guardato all'evoluzione degli studi vulcanologici nell'arco degli ultimi quattro secoli. La figura del vulcanologo è spesso stata sussunta nei sistemi teorici che cercavano di spiegare con ipotesi naturalistico-filosofiche l'origine e l'evoluzione della Terra. Numerosi naturalisti, osservatori e viaggiatori hanno elaborato ipotesi a riguardo, a partire da Descartes e Kircher, passando per Werner, Hutton, Desmarest, Lyell, von Buch e tanti altri. In generale, la figura del vulcanologo odierno è stata interpretata dallo studioso che osservava e annotava l'attività eruttiva di un vulcano, costruendo delle cronologie che successivamente sono state utili, come punto di partenza, per le generazioni successive di studiosi che intendevano comprendere lo sviluppo di un vulcano proprio a partire dalla sua storia eruttiva. Figure simili potrebbero essere individuali nell'operato di Hamilton sul Vesuvio e di Recupero sull'Etna: i loro studi non si ridussero solamente all'aspetto descrittivo poiché avanzarono anche ipotesi di carattere geologico sui vulcani che studiarono. Lo scorso secolo vede l'emergere di grandi sistemi teorici, di paradigmi che condizionano gli scienziati che si muovono all'interno del loro orizzonte teorico-pratico. Questo è il caso celebre della Deriva dei continenti e della Tettonica delle placche.

Dentro questo intervallo temporale e scientifico si è mossa l'avventura teorica di Rittmann, vulcanologo con prospettive fortemente interdisciplinari che ha rivoluzionato l'aspetto della vulcanologia integrandola con le altre discipline limitrofe. La sua intera opera, nonostante

si estenda su molte sottodiscipline geologiche, ha forti connotati di unitarietà e, in questo lavoro, si persegue l'idea di presentarla come un paradigma, già denominato Tettonica magmatologica. Rittmann fu particolarmente critico nei confronti della nascente Tettonica delle placche. Abbiamo enucleato i suoi dubbi filosofico-scientifici sul nuovo paradigma, emerso tra anni Cinquanta e gli anni Sessanta dello scorso secolo, proponendo un'analisi geovulcanologica storica, tracciando così l'evoluzione di queste critiche. Si è dimostrato come i problemi da lui sollevati abbiano trovato soluzione solo nei decenni successivi o siano ancora, sicuramente a livello potenziale, oggetto di interpretazioni e possibili approfondimenti. Rispetto a certi concetti centrali per le geoscienze novecentesche e attuali, ad esempio rispetto alle forze cinematiche quali motori della convezione mantellica, Rittmann si trova nella strana posizione di precursore e oppositore. Questa deliberazione, logicamente contraddittoria, mostra come il ricorso al concetto kuhniano di paradigma possa essere fecondo per mostrare le contrapposizioni esistenti sugli stessi argomenti scientifici, con risposte puntuali e comprensibili solo all'interno di determinati orizzonti presenti al di sopra di determinate ricerche specialistiche. Questi orizzonti forniscono la metodologia di ricerca e il modello interpretativo nel quale si incanalano le singole risposte che, a questo punto, possono essere in contrasto. I modelli filosofici elaborati per spiegare l'evoluzione delle geoscienze, a prescindere che si propenda per l'uno o per l'altro, non presentano tracce della vicenda di Rittmann o di aspetti interdisciplinari più specifici riguardanti l'evoluzione della vulcanologia internazionale degli ultimi cento anni. Da ciò, secondo la linea ermeneutica seguita in questo lavoro, se ne deduce che anche nel passato recente alcuni episodi centrali della storia novecentesca, qui indagati sotto l'aspetto specificamente geovulcanologico, possano riservare nuove interpretazioni e che queste potrebbero, almeno parzialmente, far nascere

l'esigenza di riconsiderare lo sviluppo complessivo dei grandi apparati teorici. Si propone quindi di utilizzare prima l'analisi storica e solo in seconda battuta quella filosofica, utilizzando degli strumenti concettuali *ad hoc* che forniscano spiegazioni aperte anche ai possibili sviluppi futuri in questo genere di analisi.

Infine, le ricerche si sono concentrate sull'Etna e sull'eruzione del 1971. Si è partiti dalla consapevolezza che la storia eruttiva di questo vulcano sia la più completa esistente in epoca storica. Negli ultimi secoli le osservazioni e gli studi sul vulcano si sono intensificati, con studi geologici che nell'Ottocento hanno portato alla realizzazione della prima carta geologica al mondo di uno stratovulcano, grazie agli studi di Sartorius. Tra la fine dell'Ottocento e la metà del Novecento, l'Etna spesso in fase di attività persistente, sarà oggetto di attenzioni e studi sempre più numerosi che si concretizzeranno nel 1960 con la fondazione di un istituto di livello internazionale a Catania. Questa struttura, oggi denominata Osservatorio Etneo dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, diventerà un punto stabile di studio e monitoraggio del vulcano. Ciò attirò, fin dagli anni '60, un numero consistente di gruppi di ricerca internazionali. La collaborazione tra vulcanologi locali e scienziati esteri porterà a rinnovati studi sul vulcanismo esplosivo ed effusivo così come ad un rinnovamento degli studi geologici con l'elaborazione della seconda carta geologica nel 1979, la penultima realizzata prima di quella attuale concretizzatasi nel 2011. Simbolicamente, l'Italia rimane la culla della vulcanologia per i numerosi vulcani attivi e per la presenza di due vulcani, il Vesuvio e l'Etna, sede rispettivamente dell'Osservatorio Vesuviano dell'INGV – il primo osservatorio vulcanologico al mondo, fondato nel 1841 – e dell'Osservatorio Etneo dell'INGV – uno dei centri di monitoraggio più sviluppati a livello internazionale, per via di un vulcano “laboratorio” come l'Etna, così definito perché facilmente accessibile e negli ultimi decenni in

un quasi perenne stato di attività. In questo contesto si inseriscono anche le attenzioni poste, ad esempio, su un vulcano sempre attivo come Stromboli, o sui vulcani quiescenti come Campi Flegrei o Vulcano. Ovviamente, questo ruolo – fattivo, storico e simbolico – non deve far dimenticare le numerose eruzioni che avvengono ogni anno sul nostro pianeta, con i problemi connessi al rischio vulcanico su scala internazionale.

In conclusione, la storia della vulcanologia richiede analisi attente e puntuali che devono tenere conto di numerosi fattori. Proclamare frettolosamente un singolo padre della vulcanologia moderna o delineare un unico momento cruciale per lo sviluppo della disciplina, è un'operazione scorretta ed imprecisa per una materia che vede oggi almeno tre secoli e mezzo di sviluppo scientifica dall'opera borelliana del 1670 ad oggi e una stratificazione attuale particolarmente complessa e articolata. Utilizzando una metafora botanica, l'immagine attuale che possiamo dare della disciplina è quella delle fronde di un albero che si propendono dal comune fusto della conoscenza scientifica. Questa conoscenza vulcanologica, tenendo conto del duplice aspetto delle metodologie geoscientifiche, presenta sia un aspetto storico-ermeneutico maggiormente legato alle metodologie d'indagine derivanti dalle scienze geologiche che un aspetto più vicino alle scienze dure nel momento in cui la vulcanologia è innervata dalle scienze geofisiche e da quelle geochimiche.

L'analisi qui effettuata in questo lavoro ha enucleato solo alcuni aspetti dell'evoluzione storica e dei suoi riverberi nel presente. Essa vuole servire da modello equilibrato per il prosieguo delle ricerche che potranno essere espanse su altri vulcanologi considerati padri della disciplina e su altri snodi concettuali particolarmente significativi delle geoscienze degli ultimi secoli.

APPENDICE

I

Definizioni di vulcano, vulcanismo e vulcanologia dal 1845 al 2010⁴⁷⁹.

Year	Title	Editor/Author	Volcano	Volcanism	Volcanology
1845	Koernes I	Humboldt	—	The essence of all the reactions of a planet against its crust and surface.	—
1858	Lehrbuch der Geognosie	Naumann	—	All the phenomena and the manifestations of forces coming from the interior of the Earth and that originate from the interaction of fluid core-rigid crust.	—
1911	Die Vulkanischen Erscheinungen der Erde	Schneider	—	The phenomena through which juvenile masses coming from deep in the Earth are transported to the interior or the surface of the crust.	—
1911	Recherches sur le volcanisme volcanique	Brun	A place on the surface of the globe where the temperature can achieve, in an ethereal or permanent fashion, a temperature much higher than that of the surrounding area. The temperature difference can be over 1000 °C.	—	—
1914	Der Vulkanismus	Wolff	A place at the Earth's surface where the magma and its products have come or are coming out.	All phenomena directly related to the rise of magma.	The study of the rise and the conformation of the magma.
1936	Vulkane und ihre Tätigkeit	Rittmann	—	All phenomena associated with the breaking through of molten material.	The science that studies volcanism.
1944	Volcanoes as Landscape Forms	Colton	—	The superficial manifestation of the deeper-sealed processes of igneous injection or volcanic power or activity; volcanicity. The term ordinarily includes all natural processes resulting in the formation of volcanoes, volcanic rocks, lava flows, etc.	The branch of science treating with volcanic phenomena.
1957	Glossary of Geology and Related Sciences	Howell et al. (eds.)	1. A vent in the earth's crust from which molten lava, pyroclastic materials, volcanic gases, etc., issue. 2. A mountain which has been built up by the materials ejected from the interior of the earth through a vent.	All phenomena connected with the rise of magmatic material in a compact state, as injections of magma or effusion of lava, or in a dispersed state, as emanations of ejecta or vapors from the hypomagmas, mainly produced by physicochemical processes in the magma itself.	The branch of science primarily treating eruptions of magma on the earth's surface, or in levels not far beneath, but including also the geological, petrological, sedimentological, and geophysical fields.
1959	Geological Nomenclature	Schliedecker (ed.)	A place at the surface of the earth where magmatic material from the depth erupts or has erupted in the past (A. Rittmann), usually forming a mountain, more or less conical in shape with a crater at the top.	—	—
1962	Volcanoes in History, in Theory, in Eruption	Bullard	A vent or chimney which connects a reservoir of molten matter known as "magma," in the depth of the crust of the earth, with the surface of the earth. The material ejected through the vent frequently accumulates around the opening, building up a cone called the "volcanic edifice."	—	—
1963	Geologisches Wörterbuch	Murawski	The construct created from the effusion and eruption of volcanic products, both on land and below the sea.	General concept indicating volcanic and subvolcanic processes.	—
1972	Glossary of Geology	Gary et al. (eds.)	(a) A vent in the surface of the Earth through which magma and associated gases and ash erupt; also, the form or structure, usually conical, that is produced by the ejected material. (b) Any eruption of material, e.g., mud that resembles a magmatic volcano.	The processes by which magma and its associated gases rise into the crust and are extruded onto the Earth's surface and into the atmosphere.	The branch of geology that deals with volcanism, its causes and phenomena.
1980		Bates and Jackson (eds.)	—	—	—
1987		Jackson (ed.)	—	—	—
1997		Macdonald	A volcano is both the place or opening from which magma or other material is extruded from the earth's interior onto the surface and the hill or mountain built up around the opening by accumulation of the rock materials.	—	The science of volcanoes.

(Continued)

⁴⁷⁹ A. Borgia, M. Aubert, O. Merle and B. van Wyk de Vries, *What is a volcano?* in E. Cañón-Tapia and A. Szakács (eds.), *What Is a volcano?*, cit., pp. 3-5.

TABLE 1. COMMON DEFINITIONS OF VOLCANIC, VOLCANISM, AND VOLCANOLOGY FOUND IN GEOLOGIC BOOKS, DICTIONARIES, GLOSSARIES, AND ENCYCLOPEDIAS (Continued)

Year	Title	Editor/Author	Volcano	Volcanism	Volcanology
1980	Geological Nomenclature	Nijhoff (ed.)	A hill or mountain built up from the accumulation of volcanic products around a crater, i.e., the accumulation of lavas and/or pyroclastics.	The aggregate of processes associated with the surface phenomena involved in the transfer of materials from the earth's interior to or immediately below its surface.	The branch of geology that deals with volcanism; its causes and its phenomena both at the earth's surface and at deeper levels.
1984	Dictionnaire de Géologie	Foucault and Raoult (eds.)	Place where lavas (molten magma) and hot gases reach the surface of the Earth's crust (or of the Moon, or of the planets) either on the ground or below the water. After cooling, the lavas become volcanic rocks. A volcano generally includes a volcanic cone (formed by the accumulation of the lavas and/or blocks, scoriae, and cinders) around a crater, which is the site of extrusion of the volcanic rocks brought up by the conduit.	Set of volcanic manifestations and associated phenomena.	The study of volcanoes.
1988					
1992					
1995					
1986	Vulkanismus	Schmincke	The definition is different depending on the background of the scientist giving it.	—	—
1987	Grand Larousse		Referred, in general, of conical shape, formed by magmatic products, which reach the surface of the earth in the air or under water.	—	—
1982	Dictionary of Science and Technology	Morris (ed.)	1. A vent or fissure in the earth's surface through which magma and its associated materials are expelled; 2. The generally conical structure formed by the expelled material.	Any of the processes in which magma and its associated gases rise up from the earth's interior and are discharged onto the surface and into the atmosphere.	The study of the causes and phenomena associated with volcanism.
1982	Encyclopedia of Earth System Science	Nierenberg (ed.)	Volcanoes are the landforms that are made when magma (molten rock) erupts onto the surface of the earth.	—	—
1983	The Encyclopedia of the Solid Earth Sciences	Kearney et al. (eds.)	—	—	—
1993	Volcanoes: A Planetary Perspective	Francis	A site at which material reaches the surface of the planet from the interior.	The manifestation at the surface of a planet or satellite of internal thermal processes through the emission at the surface of solid, liquid, or gaseous products.	—
1984	Volcanoes: An Introduction	Scarth	A volcano is usually a cone-shaped hill or mountain composed of materials erupted through an opening in the Earth's crust which extends from the hotter zone below.	—	—
1996	L'Éna et le monde des volcans	Tanguy and Palane	A volcano is the edifice built by the accumulation of tephra falls and lava flows emplaced by eruptions that have been concentrated in the same place of weakness of the earth's crust.	—	—
1996	Vulcani e Terremoti	Casertano	A fracture on the Earth's crust through which the magma passes from the Earth's interior to its surface. The mountain (usually conical) that forms around and above the fracture owing to the accumulation of the emitted materials.	The set of phenomena and manifestations more or less directly related to the magmatic activity. Volcanism is not equivalent to magmatism.	—

(Continued)

TABLE 1. COMMON DEFINITIONS OF VOLCANO, VOLCANISM, AND VOLCANOLOGY FOUND IN GEOLOGIC BOOKS, DICTIONARIES, GLOSSARIES, AND ENCYCLOPEDIAS (Continued)

Title	Editor/Author	Volcano	Volcanism	Volcanology
2000 to 2008	Encyclopedia of Volcanoes (eds.) Sigurdsson et al.	Volcanoes and their eruptions ... are merely the surface manifestation of the magmatic processes operating at depth in the Earth.	—	Volcanology is the study of the origin and ascent of magma through the planet's mantle and crust and its eruption at the surface. Volcanology deals with the physical and chemical evolution of magmas, their transport and eruption, and the formation of volcanic deposits at the planetary surface. The study of volcanoes.
2000	This work	A volcano is a geologic environment that, at any scale, is characterized by three linked elements: magma, eruption, and edifice. It is sufficient that only one of these elements is proven, as long as the others are inferred to exist, to have existed, or to have the potential to exist.	The set of processes associated with a volcano.	
References:				
Academic Press Dictionary of Science and Technology, 1992, Morris, C. (ed.); New York, Academic Press, 2432 p.				
Brun, A., 1911, Recherches sur l'Éthologie Volcanique; Paris, Hermann & Fils, 275 p.				
Bullard, F.M., 1962, Volcanoes in History, in <i>Theory, in Eruption</i> ; Austin, University of Texas Press, 441 p.				
Casertano, L., 1996, <i>Vulcani e Terremoti</i> ; Napoli, Edizioni Scientifiche Italiane, 428 p.				
Cotton, C.A., 1944, <i>Volcanoes as Landscape Forms</i> ; London, Whitcombe & Tombs 416 p.				
Dictionnaire de Géologie, 1984, Foucault, A., and Raoult, J.F. (eds.); Paris, Masson, 347 p.				
Dictionnaire de Géologie, 1988, Foucault, A., and Raoult, J.F. (eds.); Paris, Masson, 352 p.				
Dictionnaire de Géologie, 1992, Foucault, A., and Raoult, J.F. (eds.); Paris, Masson, 352 p.				
Dictionnaire de Géologie, 1995, Foucault, A., and Raoult, J.F. (eds.); Paris, Masson, 354 p.				
Encyclopedia of Earth System Science, 1992, Nierenberg, W.A. (ed.); New York, Academic Press, v. 4, 715 p.				
Encyclopedia of the Solid Earth Sciences, 1993, Keary, Ph. (ed.); London, Blackwell Scientific Publications, 713 p.				
Encyclopedia of Volcanoes, 2000, Sigurdsson, H., Houghton, B.F., et al. (eds.); New York, Academic Press 1417 p.				
Frensis, P., 1993, <i>Volcanoes: A Planetary Perspective</i> ; Oxford, Blackwell Press, 445 p.				
Geological Nomenclature, 1959, Schuster W.A. (ed.); Royal Geological Society of the Netherlands, Martinus Nijhoff, 540 p.				
Geological Nomenclature, 1969, Schuster W.A. (ed.); Royal Geological Society of the Netherlands, Martinus Nijhoff, 540 p.				
Geologisches Wörterbuch, 1963, Mirzawski, H. (ed.); Stuttgart, Ferdinand Enke Verlag, 243 p.				
Glossary of Geology, 1972, Gany, M., McAfee, R., Jr., and Wolf, C.L. (eds.); Washington, D.C., American Geological Institute, 805 p.				
Glossary of Geology, 1980, Bates, R.L., and Jackson, J.A. (eds.); Falls Church, Virginia, American Geological Institute, 751 p.				
Glossary of Geology, 1987, Bates, R.L., and Jackson, J.A. (eds.); Alexandria, Virginia, American Geological Institute, 769 p.				
Glossary of Geology and Related Sciences, 1957, Howell, J.V. (ed.); Washington, D.C., American Geological Institute, 325 p.				
Grand Larousse, 1987; Paris, Larousse, v. 5, 2363 p.				
Humboldt, A.V., 1845, <i>Kosmos I</i> ; Stuttgart u. Tübingen, 209 p.				
Macdonald, G.A., 1972, <i>Volcanoes</i> ; Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice Hall, 510 p.				
Naumann, C.F., 1958, <i>Lehrbuch der Geognose</i> ; Leipzig, p. 66-67.				
Rittmann, A., 1936, <i>Wulkane und ihre Tätigkeit</i> ; Stuttgart, Ferdinand Enke Verlag, 188 p.				
Rittmann, A., 1962, <i>Volcanoes and Their Activity</i> ; New York, Wiley & Sons, 305 p.				
Scarfb, A., 1994, <i>Volcanoes: An Introduction</i> ; London, UCL Press, 273 p.				
Schmincke, H.-U., 1986, <i>Vulkanismus</i> ; Darmstadt, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 164 p.				
Schneider, K., 1911, <i>Die Vulkanischen Erscheinungen der Erde</i> ; Berlin, 272 p.				
Tanguy, J.C., and Palané, G., 1996, <i>L'Étna et le monde des volcans</i> ; Paris, Didierot Editeur, Art et Sciences, 279 p.				
Wolff, F.v., 1914, <i>Der Vulkanismus</i> ; Stuttgart, Ferdinand Enke Verlag, v. 1, 711 p.				

II

Influenza che hanno avuto le varie eruzioni sullo sviluppo della vulcanologia moderna secondo un'intervista effettuata su un campione di vulcanologi⁴⁸⁰.

Table 4 Volcanologists' answers to the question, 'Which eruption(s) do you think have contributed most to modern volcanological thinking?'

Eruption	Number of votes
Mount St. Helens (1980)	114
Mount Pinatubo (1991)	68
Soufrière Hills Volcano, Montserrat (1995–)	49
Kilauea (recent)	35
Etna (recent)	19
Nevado del Ruiz (1985)	18
Mount Pelée (1902)	17
Mount Vesuvius (AD 79)	14
Mount Unzen (1991)	12
Stromboli (recent)	11
Mauna Loa (recent)	10
Krakatau (1883)	10
El Chichón (1982)	8
Redoubt (recent)	6
Galeras (1993)	6
Katmai (1912)	3
Bishop Tuff (0.76 Ma)	3
Surtsey (1957)	3
Guadeloupe (1976)	2
Parícutin (1943)	2
Taupo (65000 BP to present)	2
Mount Augustine (recent)	2
Bezymianny (1956)	2
Gjálp (1996)	2
Laki (1783)	2
Yellowstone (0.64 Ma)	2
Other volcanoes mentioned individually:	1
Santorini (historical), Campi Flegrei (recent unrest), Tungurahua (recent), Shishaldin (recent), Capelinhos (1957), Krafla (1975), Lake Nyos (Oku volcanic field, 1986), Popocatepetl (recent), Mount Spurr (1953, 1992), Arenal (recent), Mount Lamington (1951), Sakurajima (recent), Rabaul (recent), Deccan Traps (flood basalt), Valles caldera (Pleistocene), Mount Fuji (historical), Tambora (1816), Piton de la Fournaise (recent)	

⁴⁸⁰ A. Donovan, C. Oppenheimer and M. Bravo, *Social studies of volcanology: knowledge generation and expert advice on active volcanoes*, «Bulletin of Volcanology», 2012, 74, p. 685.

III

Documenti conservati presso l'Archivio Storico dell'Università degli Studi di Catania, Serie docenti, Fascicolo personale Alfred Rittmann (Busta n. 153).

1) Busta contenente le carte che compongono il Fascicolo personale del prof. Alfred Rittmann (1 pag.);

2) Omissis Fac. di Scienze seduta del 20 ottobre 1956 (2 pagg.);

3) Omissis Fac. di Scienze seduta del 12 giugno 1957 (2 pagg.);

4) Lettera indirizzata al M. Rettore prof. C. Sanfilippo del giorno 1 agosto 1957 (1 pag.);

5) Consiglio di Amministrazione, seduta del 02 agosto 1957 (2 pagg.);

6) Lettera indirizzata al M. Rettore prof. C. Sanfilippo dal prof. Rittmann del giorno 3 ottobre 1957 (1 pag.);

7) Lettera indirizzata al M. Rettore da parte del prof. Rittmann del giorno 31 ottobre 1957 (1 pag.);

8) Minuta del 14 marzo 1958 (1 pag.);

9) Telegramma del 06 febbraio 1959 a firma del Ministro Istruz. Moro indirizzata al M. Rettore UNICT (1 pag.);

10) Lettera indirizzata al M. Rettore prof. C. Sanfilippo da parte del prof. Rittmann del giorno 23 maggio 1972 (1 pag.).

Si evincono le trattative (1956-1958) dell'Università degli Studi di Catania per assumere Rittmann in qualità di docente dell'insegnamento di Vulcanologia e di Direttore dell'Istituto di Vulcanologia. Il problema

maggiore si riscontrò nella mancanza della cittadinanza italiana che fu superato grazie ad una concessione ministeriale. In attesa che la burocrazia facesse il suo corso e Rittmann si trasferisse dall'Egitto all'Italia, è testimoniata anche l'intenzione dello scienziato svizzero della fondazione, a Catania, di un centro di studi vulcanologici retto da collaborazioni internazionali. Nell'ultimo documento, si evidenzia la produzione di due opere – lo studio vulcano-tettonico sull'Etna del 1973 e l'articolo sull'eruzione del 1971 – e, in particolare, il loro valore simbolico che in quegli anni diede un grosso impulso all'evoluzione della vulcanologia etnea.

Pos. 215 B15 C.

FC

PERSONALE

inconfessabile

Sig. *Pittomanni Alfredo*

nato a *Banfilia (Liguria)* il *23 Marzo 1893*

Qualifica *tecnico di Vulcanologia*



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
CATANIA

FACOLTA' DI SCIENZE MATEMATICHE FISICHE E NATURALI

Seduta del 20 Ottobre 1956 ore 17.00

Presiede il Preside prof. V. Amato.
Presenti i proff. Accordi, Cafiero, Caronna, Cini, Colombo,
Dantoni, Foresti, Passerini, Rodio, Russo, Ricamo.
Assente giustificato il prof. Monterosso.

OMISSIS

DIREZIONE DELL'ISTITUTO DI VULCANOLOGIA CON ANNESSI
OSSERVATORI ETNEI=.

Il Preside informa la Facoltà di aver provveduto d'urgenza a nominare provvisoriamente il prof. Accordi a direttore dell'Istituto di Vulcanologia e annessi osservatori Etnei. La Facoltà approva l'operato del Preside.

Il Prof. Accordi fa presente di essere già oberato dalla direzione di due istituti e fa presente che può accettare solo provvisoriamente fino a che non si provveda a una sistemazione stabile e definitiva. Propone quindi che, a questo scopo, venga chiamato alla direzione dell'Istituto di Vulcanologia e osservatori annessi il prof. A. Rittmann, vulcanologo di fama mondiale, presidente dell'Unione Internazionale Vulcanologi, autore di circa sessanta pubblicazioni di Vulcanologia.

La Facoltà unanime approva.

OMISSIS

IL SEGRETARIO

F.to:M.Cini

IL PRESIDE

F.to:V.Amato

PER COPIA CONFORME

IL DIRETTORE AMMINISTRATIVO

(R. Aloisio)

DIREZIONE DELL'ISTITUTO DI VULCANOLOGIA CON ANNESSI
OSSERVATORI ETNEI.

Il Preside informa la Facoltà di aver provveduto d'ur-
genza a nominare provvisoriamente il Prof. Accordi a
direttore dell'Istituto di Vulcanologia e annessi osser-
vatori etnei. La Facoltà approva l'operato del Preside.
Il Prof. Accordi fa presente di essere già operato
nella direzione di due istituti e fa presente che può
accettare solo provvisoriamente fino a che non si prov-
veda a una sistemazione stabile e definitiva. Propone
quindi che, a questo scopo, venga chiamato alla dire-
zione dell'Istituto di Vulcanologia e osservatori an-
nessi il Prof. A. Wittmann, vulcanologo di fama mondiale,
presidente dell'Unione Internazionale di Vulcanologia,
autore di circa sessanta pubblicazioni di Vulcanologia.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
CATANIA

FACOLTÀ DI SCIENZE

Seduta del 12 giugno 1957 ore 18

Presiede il Preside prof. B. Monterosso. Presenti i proff. Foresti, Passerini, Caronna, Fracastoro, Ricamo, Cini, Accordi, Dantoni, Rodio, Russo, e Giacomini.

Assenti i proff. Colombo, Cortini, Greco, Conti, Nalli.

OMISSIS

ISTITUTO DI VULCANOLOGIA. = Il Prof. Accordi annuncia alla Facoltà la prossima visita del prof. Rittmann, al quale la Facoltà stessa aveva offerto, nella seduta del 20/10/56 la direzione dell'Istituto di Vulcanologia e degli Osservatori annessi.

Il prof. Alfredo Rittmann è cittadino svizzero, vulcanologo di fama mondiale, presidente dell'Associazione di Vulcanologia e dell'Unione Internazionale di Geodesia e Geofisica; è autore di un modernissimo trattato di Vulcanologia e di un centinaio di pregevolissimi studi di Vulcanologia e Petrografia; è il creatore di moderne concezioni sull'interno del globo terrestre e sulla costituzione e differenziazione dei magmi, teorie tenute nel massimo conto da tutti gli studiosi della materia; conosce di persona quasi tutti i vulcani del mondo, e su vari di essi ha compiuto eccellenti studi.

Considerato anche che il Rittmann parla correntemente la lingua italiana, che egli da un ventennio risiede per vari mesi all'anno a Napoli, dove abita attualmente con la sua famiglia, e che egli è una delle rare persone capaci attualmente di creare una scuola di Vulcanologia, la Facoltà riconosce l'importanza che l'accettazione da parte del Rittmann avrebbe per la Facoltà stessa, per l'Istituto di Vulcanologia e gli osservatori, e per gli studi, purtroppo in decadenza, sul maggior vulcano di Europa; riconferma la deliberazione di offrire al Rittmann la piena direzione dell'Istituto in oggetto e dei relativi osservatori, nonché l'incarico del corso di Vulcanologia; fa voti inoltre perchè al Rittmann venga offerto globalmente, sui fondi del bilancio dell'Istituto di Vulcanologia, un trattamento economico che gli permetta di accettare l'invito e di prendere stabile residenza a Catania, e che in occasione del suo trasferimento gli venga corrisposta una congrua indennità di prima sistemazione; rileva infine quale danno verrebbero a subire la Facoltà stessa, l'Istituto e gli osservatori vulcanologici, e l'insegnamento relativo per gli studenti di Scienze qualora offerte inadeguate costringessero il

Hittmann a uno spiacevole rifiuto.

OMISSIS

IL SEGRETARIO

F.to:M.Cini

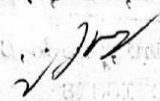
IL PRESIDE

F.to:B.Monterosso

PER COPIA CONFORME

IL DIRETTORE AMMINISTRATIVO

(R. Aloisio)



UNION GÉODÉSIQUE ET GÉOPHYSIQUE INTERNATIONALE
BUREAU CENTRAL INTERNATIONAL DE VOLCANOLOGIE

Prof. A. Rittmann

Pour la correspondance :

PROF. FRANCESCO SIGNORE

Via Vesuvio 14/16, 80137 Napoli (Italia)
Tel. 66-723

presso A. Militerni
Via Giuseppe Ribera, 1
Napoli (Vomero)

il 1° Agosto 1957

Ill.mo Signor
Prof. Cesare Sanfilippo

Rettore dell'Università

C A T A N I A

Sicilia

Signor Magnifico,

Il Prof. Quadri e il Prof. Jaccarino hanno cortesemente studiato il mio caso in ordine all'acquisto della cittadinanza italiana. Per superare difficoltà e ritardi, connessi a varie circostanze (documentazione, lentezze burocratiche, ricerca dell'organo competente, data la mia attuale non residenza in Italia, ecc.) mi hanno consigliato di far richiedere direttamente dall'Università di Catania la concessione della cittadinanza ai sensi dell'ultimo cpv. del D.L. n° 1997 del 1.12.1934, convertito in legge il 4.4.1935 n° 517.

Mi permetto quindi pregarLa di formulare tale richiesta agli organi competenti del Ministero degli Interni, certo che tale Suo intervento benevole mi permetterà di conseguire in breve e con semplicità ciò che altrimenti sarebbe assai più complessa e più lontano nel tempo.

Gradisca, Signor Magnifico, i miei ossequi più devoti ed i miei anticipati ringraziamenti per quanto vorrà fare in mio favore.

Suo obligatissimo

A. Rittmann.

Accluso il mio curriculum vitae dal quale risulta la mia opera svolta durante 13 anni in Italia.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI CATANIA

CONSIGLIO DI AMMINISTRAZIONE
seduta del 2.8.1957

Sono presenti : il Rettore prof.Sanfilippo, i proff.Condorelli e Nicoletti, l'Intendente di Finanza, il comm.Renda, il dott.Tudisco per il Comune di Catania, il B.ne Nicolosi per la Camera di Commercio ed il Direttore amministrativo dott.Aloisio che funge da segretario;
Assenti : il prof.Foresti perchè fuori sede ed il rappresentante della Amministrazione prov.le

OMISSIS

DIREZIONE ISTITUTO DI VULCANOLOGIA =

La Facoltà di Scienze ha proposto, sin dal 20 ottobre 1956 che la direzione dell'Istituto di Vulcanologia venisse affidata al prof.Rittmann, vulcanologo di fama mondiale.

Tale proposta ha reiterato con deliberazione del 12 giugno c.a. intendendo affidare a detto professore anche l'incarico dell'insegnamento di vulcanologia. Per l'incarico dell'insegnamento si presenta però la difficoltà che il Rittmann è cittadino svizzero e non avendo la cittadinanza italiana, a norma delle vigenti disposizioni, non può insegnare nelle Università italiane. Il Prof.Rittmann è venuto a Catania per conferire con il Rettore e con il Preside della Facoltà di Scienze, e prendere accordi anche in merito al trattamento economico che allo stesso l'Università dovrebbe fare.

Non c'è dubbio che il potere avere in questa Università un docente della fama del Prof.Rittmann, sarebbe un immenso acquisto, infatti egli laureato a Ginevra, ove è stato incaricato di corsi di Vulcanologia e Geofisica nonché di corsi pratici di cristallografia e di analisi di minerali di rocce, ha seguito corsi di studi in Germania, in Austria ed in Francia.

In Italia ha diretto il Centro Geominerario dell'I.R.I. e il Centro Studi Silani del Consiglio Nazionale delle Ricerche.

In atto è professore ordinario e direttore dell'Istituto di Geologia della Università di Alessandria di Egitto e Presidente dell'Associazione internazionale di Vulcanologia e dell'Unione Internazionale di Geodesia e Geofisica. Il Rettore sottopone al Consiglio il curriculum vitae del Rittmann e l'imponente elenco di sue pubblicazioni.

Il Prof.Rittmann sarebbe lieto di accettare gli incarichi da questa Univer-

sità, attratto dell'interesse del nostro vulcano, e volendo vivere in Italia, essendo sua moglie italiana.

Egli si accontenterebbe di aver corrisposto lo stipendio che percepisce un professore ordinario di prima nomina (grado VI) e più di avere un compenso forfetario di L.50.000 mensili per contributo spese per i viaggi sulla Etna e a Stromboli.

Il Consiglio, apprezzando l'alto valore scientifico del Prof.Rittmann è lieto, aderendo alla proposta della Facoltà di Scienze di affidargli lo incarico della direzione dell'Istituto di Vulcanologia, nonchè quello dell'insegnamento della Vulcanologia, se ciò viene a rendersi possibile, o in seguito alla richiesta acquisizione della cittadinanza italiana, o ad autorizzazione ministeriale, che fa voti che il Ministero voglia concedere. Delibera che l'eventuale retribuzione del Prof.Rittmann sia nella misura da lui richiesta.

OMISSIS

Letto ed approvato

IL SEGRETARIO

f.to Aloisio

IL RETTORE

f.to C.Sanfilippo

PER COPIA CONFORME

IL DIRETTORE AMMINISTRATIVO

(R.Aloisio)



UNION GÉODÉSIQUE ET GÉOPHYSIQUE INTERNATIONALE
ASSOCIATION DE VOLCANOLOGIE

Le Président

Napoli il 3/10/1957

Al Rettore Magnifico
Prof. Dr. C. SANFILIPPO
dell'Università di
Catania.

Magnifico Rettore,

Di ritorno dall'Assemblea Generale dell'Unione Internazionale di Geodesia e Geofisica e del Congresso dell'A.I.V. a Toronto ho trovato la Sua gentile lettera del 24/9/1957.

Mentre La ringrazio sentitamente di quanto Ella ha fatto e farà per me, l'assicuro che sarà mio gratissimo compito di assumere l'insegnamento di vulcanologia all'Università di Catania e la direzione dell'Osservatorio Etneo con il massimo impegno, cercando di apportare in tal modo un degno contributo scientifico.

Le sarò molto grato se vorrà farmi precisare con cortese sollecitudine dall'Amministrazione le condizioni finanziarie approvate: trasferta dal Cairo a Catania (una tantum), stipendio, caroviveri (moglie e figlia), indennità di trasferta nei vari stabilimenti distaccati dall'Istituto.

Il giorno 5 corr. m'imbarcherò per l'Egitto; perciò La prego di farmi mandare la corrispondenza al seguente indirizzo:

Prof. A. Rittmann, Hotel Lotus, 12 Sharia Soliman, Cairo.

Con osservanza

A. Rittmann

(Prof. Dr. Alfredo Rittmann)

P.S. Mi permetto di osservare che la copia della richiesta, menzionata da Lei quale acclusa, non mi è pervenuta.

DR. ALFRED RITTMANN
PROFESSEUR DE GÉOLOGIE
PRÉSIDENT DE L'ASSOCIATION DE VOLCANOLOGIE
DE L'UNION DE GÉODÉSIE ET GÉOPHYSIQUE INTERNATIONALE
UNIVERSITÉ DU CAIRE - FACULTÉ POLYTECHNIQUE
LE CAIRE - GIZA - EGYPT

on.
prof. Rittmann
Cairo il 31 ottobre 1957

15/1
Magnifico Rettore,

ringraziando per le Sue ultime informazioni, mi pregio di comunicarLe che, appena sono arrivato al Cairo, ho presentato le mie demissioni alle autorità egiziane competenti in seguito alla Sua precedente lettera. Le pratiche seguono ora il loro corso amministrativo che durerà, secondo le previsioni, fino alla fine di dicembre. In ogni modo arriverò a Catania nella prima metà di gennaio 1958 e potrò subito incominciare i corsi.

Quanto alle spese di trasferimento dal Cairo a Catania, non mi è possibile stabilire fin d'ora quanto sarà il loro importo globale, ma credo che esse non supereranno una somma di L.it. 500.000.-.

Mi permetto di informarLa che al Congresso della Unione internazionale di Geodesia e di Geofisica a Toronto sono stato rieletto all'unanimità presidente dell'Associazione internazionale di Vulcanologia e che ho colto l'occasione di parlare ai miei colleghi internazionali del mio trasferimento all'Università di Catania e delle possibilità che ne risulterebbero di creare man mano un centro studi vulcanologici in collaborazione internazionale. Spero aver così preparato il terreno per una futura maggiore affermazione dell'importanza dell'Istituto di Vulcanologia dell'Università di Catania.

Con osservanza

A. Rittmann.

5381
8-11-57

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI

DI
CATANIA

MINUTA

Catania, 14 MAR. 1958

15/1
Pos. _____

Prot. 1766

Al _____

Allegati _____

PRESIDE DELLA FACOLTA

Risposta al f.º del _____

DI SCIENZE

Div. _____

Pos. _____

Prot. _____

e p.c.

AL PROF. ALFREDO RITTMANN

OGGETTO: _____

CATANIA

Incarico insegnamento di Vulcanologia a.a.1957=58

Si comunica che il Ministero della P.I., tenuto conto del parere favorevole avuto dal Dicastero degli Affari Esteri ai sensi del 2º comma dell'art.275 del T.U. 31.8.1923 n.1592, ha concesso il nulla osta per il conferimento dell'incarico di insegnamento di Vulcanologia al prof. Alfredo Rittmann.

IL RETTORE

(C. Sanfilippo)



MODULARIO
Teleg. - 81

L'Amministrazione non assume alcuna responsabi-
lità civile in conseguenza del servizio telegrafico.

MOD. 30 (Ediz. 1957)

INDICAZIONI D'URGENZA	Ricevuto il	in ore	Le ore si contano sul meridiano corrispondente al tempo medio dell'Europa Centrale. Nei telegrammi impressi a caratteri romani, il primo numero dopo il nome del luogo di origine rappresenta quello del telegramma, il secondo quello delle parole, gli altri la data e l'ora e i minuti della presentazione.			Bollo di ufficio
	Per circuito N.	RICEVUTE				
Qualifica	DESTINAZIONE	PROVENIENZA	NUM.	PAROLE	DATA DELLA PRESENTAZIONE	Via e indicazioni eventuali d'ufficio
RM	UFF CATANIA	ROMA	M	P	I 335/324 42 5 17	

Roma - Istituto Poligrafico dello Stato P.V.

PROT NR 1379 PUNTO RIFERIMENTO PRECORSO CORRISPONDENZA COMUNICASI
 CHE QUESTO MINISTERO HABET PREDISPOSTO DECRETO NOMINA DOCENTE STRANIERO
 PROF ALFREDO RITTMANN PROPCSTO PER INCARICO INSEGNAMENTO
 VULCANOLOGIA PUNTO PREGASI VOSSIGNORIA DARNE PARTECIPAZIONE FACOLTA
 COMPETENTE ET DOCENTE INTERESSATO PUNTO = MORO MINISTRO ISTRUZ +

990 / 2.59

Macchine per scrivere
da ufficio e portatili
Telescriventi

0111111111 CT 1379 RITTMANN + +

Calcolatori scriventi
Macchine contabili
Schedari e classificatori

Prof. Dott. ALFREDO RITTMANN
Ex DIRETTORE DELL'ISTITUTO DI VULCANOLOGIA DELL'UNIVERSITÀ
CORSO ITALIA N. 21
CATANIA

Catania 23 Maggio 1972

Chiar.mo e Caro Rettore

Come da mandato da Te cortesemente commessomi, Ti rimetto, unitamente alla presente, due volumetti concernenti - il primo - "La struttura ed evoluzione del Monte Etna" - ed il secondo "L'eruzione Etnea aprile-giugno 1971".

Mi è gradita l'occasione per ringraziare l'Illustre Consiglio di Amministrazione di questa Università e Te per le cortese espressioni rivoltemi in riconoscimento dell'opera da me svolta nel campo degli studi vulcanologici a beneficio delle scienze e che tanto è stata apprezzata in campo internazionale.

Con la speranza che l'Illustre Consiglio possa continuare a fornirmi altri mezzi a sostegno delle mie ricerche che hanno posto l'Università di Catania all'avanguardia - nel mondo - nel campo degli studi vulcanologici.

Ti porgo, Chiar.mo e Caro Rettore,
i più cordiali saluti

Tuo aff.mo
A. Rittmann.

Magnifico Rettore dell'Università
di Catania.

Prof. Cesare Sanfilippo

BIBLIOGRAFIA

A. BIBLIOGRAFIA GENERALE

Aa. Vv., *Carta geologica del Monte Etna, scala 1:50.000*, Progetto Finalizzato Geodinamica, Istituto Internazionale di Vulcanologia-C.N.R (Catania), 1979.

T. Abate e S. Branca, *Jean Houel e la vulcanologia dell'Etna* in P. Barbera e M. R. Vitale (a cura di), *Architetti in viaggio. La Sicilia nello sguardo degli altri*, Siracusa, LetteraVentidue, 2017, pp. 243-257.

T. Abate, S. Branca e C. Monaco, *Le eruzioni dell'Etna nell'opera di Orazio Silvestri (1835-1890). Il disegno come strumento per l'osservazione scientifica*, Palermo, Caracol, 2013.

H. W. Abich, *Vues illustratives de phénomènes géologiques observés sur le Vesuve et l'Etna, pendant les années 1833 et 1834*, Berlin, Librairie de I. Kuhr, 1837.

B. Accordi, *Storia della Geologia*, Modena, Zanichelli, 1984.

V. Acocella, *Volcano-Tectonic Processes*, Advances in Volcanology, Cham, Springer Nature Switzerland AG, 2021.

C. C. Jr. Albritton, *The Abyss of Time: Changing Conceptions of the Earth's Antiquity after the Sixteenth Century*, San Francisco, Freeman, Cooper, 1980.

O. Ampferer, *Über das Bewegungsbild von Faltengebirgen*, «Jahrbuch der Geologischen Reichsanstalt», 56 (1906), 3, 4, pp. 539-622.

Á. Amstutz, *Inversion dans in tectogénèse des Pennides*, «Comptes Rendus de l'Académie des Sciences», 234 (1952), 19, pp. 1895-1897.

R. J. Arculus, *Recent submarine pillow lavas in the Catania area, eastern Sicily*, in J. E. Guest and R. R. Skelhorn (eds.), *Mount Etna and the 1971 eruption*, London, Philosophical Transaction of the Royal Society of London, A, 274, 1238, 1973, pp. 153-162.

E. Argand, *La tectonique de l'Asie. Conférence faite à Bruxelles, le 10 août 1922, devant le Congrès géologique international (XIIIe session)*, Liege, Vaillant-Carmanne, 1924.

A. Argentieri, P. Schirolli e D. Musumeci, *Ragazzoni, Cacciamali and Cozzaglio: The "Brescia Geological Trinity"*, Poster presentato al Congresso SGI-SIMP, Torino, 19-21 settembre 2022.

A. Aspri, *An Elastic Model for Volcanology*, Lecture Notes in Geosystems Mathematics and Computing, Cham, Springer Nature Switzerland, 2019.

R. Azzaro and M. S. Barbano, *Relationship between seismicity and eruptive activity at Mt. Etna volcano (Italy) as inferred from historical record analysis: the 1883 and 1971 case histories*, «Annali di Geofisica», 39 (1996), 2, pp. 445-461.

R. Azzaro e V. Castelli, *L'eruzione etnea del 1669 nelle relazioni giornalistiche contemporanee*, Catania, Le Nove Muse, 2013.

R. Azzaro, S. Branca, K. Gwinner and M. Coltelli, *The volcano-tectonic map of Etna volcano, 1:100.000 scale: an integrated approach based on a morphotectonic analysis from high-resolution DEM constrained by geologic, active faulting and seismotectonic data*, «Italian Journal of Geosciences», 131 (2012), 1, pp. 153-170.

F. Barberi and F. Innocenti, *Giorgio Marinelli*, «Bollettino della Società Geologica Italiana», 1995, 114, pp. 311-318.

F. Barberi, P. Gasparini, F. Innocenti and L. Villari, *Volcanism of the southern Tyrrhenian Sea and its geodynamic implications*, Journal of geophysical research, 78 (1973), 23, pp. 5221-5232.

F. Barberi, L. Civetta, P. Gasparini, F. Innocenti, R. Scandone, L. Villari, *Evolution of a section of the Africa-Europe plate boundary: paleomagnetic and volcanological evidence from Sicily*, «Earth and Planetary Science Letters», 22 (1974), 2, pp. 123-132.

J.-M. Bardintzeff, *Volcanologie*, Paris, Dunod, 2011.

W. Barzilay, *De ontwikkelingsgeschiedenis van Rein van Bemmelen (1904-1983) undatietheorie: veertig jaar Nederlandse geologie*, «Studium», 2009, 2, pp. 4-18.

V. V. Belousov, *Basic Problems in Geotectonics*, New York, McGraw-Hill, 1962.

Id., *On possible forms of relationship between magmatism and tectogenesis*, «Journal of the Geological Society», 127 (1971), 1, pp. 57-68.

A. Belousov, B. Voight and M. Belousova, *Directed blasts and blast-generated pyroclastic density currents: a comparison of the Bezymianny 1956, Mount St Helens 1980, and Soufrière Hills, Montserrat 1997 eruptions and deposits*, «Bulletin of Volcanology», 2007, 69, pp. 701-740.

M. Beretta, *Storia materiale della scienza*, Roma, Carocci, 2017.

H. Björnsson, *Sigurdur Thorarinsson—1912-1983*, «Journal of Glaciology», 29 (1983), 103, pp. 521 – 523.

A. Bonaccorso and S. Branca, *Fotografia storica alla luce del vulcano. Fondo fotografico Gaetano Ponte (1876-1955)*, Catania, Le Nove Muse, 2010.

A. Bonaccorso, S. Calvari, M. Coltelli, C. Del Negro and S. Falsaperla (eds.), *Etna Volcano Laboratory*, AGU (Geophysical monograph), 143, 384, 2004.

B. Booth and S. Self, *Rheological features of the 1971 Mount Etna lavas* in J. E. Guest and R. R. Skelhorn (eds.), *Mount Etna and the 1971 eruption*, London, Philosophical Transaction of the Royal Society of London, A, 274, 1238, 1973, pp. 99-106.

B. Booth and G. P. L. Walker, *Ash deposits from the new explosion crater, Etna 1971* in J. E. Guest and R. R. Skelhorn (eds.), *Mount Etna and the 1971 eruption*, London, Philosophical Transaction of the Royal Society of London, A, 274, 1238, 1973, 147-151.

G. A. Borelli, *Historia et meteorologia incendii Aetnaei anni 1669*, in officina Dominici Ferri, Regio Iulio, 1670.

Id., *De motu animalium*, (a cura di) L. Ingaliso, Soveria Manelli, Rubbettino, 2021.

A. Borgia, M. Aubert, O. Merle and B. van Wyk de Vries, *What is a volcano?* in E. Cañón-Tapia and A. Szakács (eds.), *What Is a volcano?*, Boulder, The Geological Society of America, Special Paper 470, 2010, pp. 1-9.

A. Bosellini, *Tettonica delle Placche e Geologia*, Ferrara, Boloventa, 1978.

N. L. Bowen, *The Evolution of the Igneous Rocks*, Princeton-New Jersey, Princeton University Press, 1928.

G. C. Braccini, *Dell'incendio fattosi nel Vesuvio a XVI di dicembre MDCXXXI e delle sue cause ed effetti*, Napoli, 1632.

S. Branca, *L'Etna di Natale di Pace: i fenomeni eruttivi fra la seconda metà del XVI e il XVII secolo* in L. Scalisi (a cura di), *Un secolo di fuoco. Il*

Seicento e l'Etna nel compendio di Natale di Pace, Catania, Domenico Sanfilippo, 2019, pp. 48-65.

S. Branca and T. Abate, *Current knowledge of Etna's flank eruptions (Italy) occurring over the past 2500 years. From the iconographies of the XVII century to modern geological cartography*, «Journal of Volcanology and Geothermal Research», 2019, 385, pp. 159-178.

S. Branca and P. Del Carlo, *Eruptions of Mt Etna During the Past 3,200 Years: A Revised Compilation Integrating the Historical and Stratigraphic Records* in A. Bonaccorso, S. Calvari, M. Coltelli, C. Del Negro and S. Falsaperla (eds.), *Etna Volcano Laboratory*, AGU (Geophysical monograph), 2004, 143, pp. 1-27.

Id., *Types of eruptions of Etna Volcano AD 1670-2003: Implications for short-term eruptive behaviour*, «Bulletin of Volcanology», 2005, 67, pp. 732-742.

S. Branca and L. Vigliotti, *Finding of an historical document describing an eruption in the NW flank of Etna in July 1643 AD: timing, location and volcanic products*, «Bulletin of Volcanology», 77 (2015), 95, pp. 1-6.

S. Branca, M. Coltelli e G. Groppelli, *Carta Geologica del Vulcano Etna. Introduzione* in S. Branca, M. Coltelli e G. Groppelli (eds.), *Carta Geologica del Vulcano Etna*, Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia, XCVIII, 2015.

S. Branca, E. De Beni and C. Proietti, *The large and destructive 1669 AD Etna eruption: reconstruction of the lava flow field evolution and effusion rate trend*, «Bulletin of Volcanology», 75 (2013), 694, pp. 2-16.

S. Branca, D. Musumeci and L. Ingaliso, *The significance of the 1971 flank eruption of Etna from volcanological and historic viewpoints*, in M. A. Di

Vito, F. Foresta Martin and M. C. Martinelli (eds.), *When volcanologists meet archeologists and other disciplines*, *Annals of Geophysics*, 64 (2021), 5, pp. 1-17.

S. Branca, M. Coltelli, G. Groppelli and F. Lentini, *Geological map of Etna volcano, 1:50,000 scale*, «*Italian Journal of Geosciences*», 130 (2011), 3, pp. 265-291.

S. Branca, R. Azzaro, E. De Beni, D. Chester and A. Duncan, *Impacts of the 1669 eruption and the 1693 earthquakes on the Etna Region (Eastern Sicily, Italy): An example of recovery and response of a small area to extreme events*, «*Journal of Volcanology and Geothermal Research*», 2015, 303, pp. 25-40.

M. J. Branney and P. Kokelaar, *Pyroclastic density currents and the sedimentation of ignimbrites*, London, Geological Society of London, 2002.

J. Brüggén, *Fundamentos de la Geología de Chile*, Santiago, Chile, 1950.

S. G. Brush, *A history of modern planetary physics. Nebulous Earth. The origin of the Solar System and the core of the Earth from Laplace to Jeffreys*, 1, Cambridge, Cambridge University Press, 1996.

L. von Buch, *Über die Zusammensetzung der basaltischen Inseln and über Erhebungs-Cratere*, «*Abhandlungen der Königlichen Akademie der Wissenschaften*», Berlin, pp. 51-86.

R. F. Butler, *Paleomagnetism: Magnetic Domains to Geologic Terranes*, London, Electronic Edition, 2004.

S. Calabrese, L. Li Vigni, F. Brugnone and G. Capasso, *The precious "scientific heritage" of Mariano Valenza: the unknown history of Ludovico Sicardi and the birth of the modern volcanology* in *Congresso SIMP-SGI-SOGEI 2019 Abstract Book*, 2019.

S. Calabrese, L. Li Vigni, F. Brugnone, G. Capasso, W. D'Alessandro, F. Parello and P. Ferla, *The precious treasure of Mariano Valenza: the history of Ludovico Sicardi and the birth of geochemical volcano monitoring*, «Italian Journal of Geosciences», 139 (2020), 3, pp. 413-435.

A. Candela, *Alle origini della Terra. I vulcani, le Alpi e la Storia della Natura nell'età del viaggio scientifico*, Varese, Università degli Studi dell'Insubria, 2009.

Id., *The early stages of uranium geology*, «Earth Sciences History», 38 (2019), 1, pp. 137-149.

E. Cañón-Tapia, *Reappraisal of the significance of volcanic fields*, «Journal of Volcanology and Geothermal Research», 2016, 310, pp. 26-38.

E. Cañón-Tapia and A. Szakács (eds.), *What Is a volcano?*, Boulder, The Geological Society of America, Special Paper 470, 2010.

M. Carapezza, *Come prevedere le eruzioni, Ludovico Sicardi lo scoprì 60 anni fa a Vulcano* in M. Carapezza, *Molti fuochi ardono sotto il vulcano. Di terremoti, vulcani e statue*, Palermo, Sellerio, 2017, pp. 209-217.

M. Carapezza, P. Ferla, P. M. Nuccio and M. Valenza, *Caratteri petrologici e geochimici delle vulcaniti dell'Isola Ferdinandea*, «Rendiconti della Società Italiana Mineralogia e Petrologia», 1979, 35, pp. 377-388.

S. W. Carey, *La Terra in espansione*, Roma-Bari, Laterza, 1986.

S. Carlino, *La storia dei vulcani napoletani e il contributo alla ricerca vulcanologica*, «Scienze e ricerche», 2015, 17, pp. 1-8.

Id., *Neapolitan Volcanoes. A Trip Around Vesuvius, Campi Flegrei and Ischia*, Cham, Springer, 2019.

R. A. F. Cas, *IAVCEI: from small beginnings to a vibrant international Association*, «History of Geo- and Space Sciences», 2019, 10, pp. 181-191.

Id., *The centenary of IAVCEI 1919–2019 and beyond: origins and evolution of the International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior*, «Bulletin of Volcanology», 84 (2022), 15, pp. 1-31.

R. A. F. Cas and J. V. Wright, *Volcanic Successions, Modern and Ancient*, London, Allen & Unwin, 1987.

R. Casapullo, *Descrivere un'eruzione: prodromi dell'italiano vulcanologico fra Seicento e Settecento (Gaspare Paragallo e Ignazio Sorrentino)*, Atti del XXVIII Congresso internazionale di linguistica e filologia romanza (Roma, 18-23 luglio 2016), s. l., 2018, pp. 17-27.

L. Casertano, *Der Vulkanismus in Chile*, Petermanns Geographischen Mitteilungen, 1962, pp. 106-110.

Id., *Catalogue of the Active Volcanoes of the World Including Solfatara Fields, Part XV: Chile*, Roma, International Volcanological Association, UNESCO, 1963.

Id., *General characteristics of active andean volcanoes and a summary of their activities during recent centuries*, «Bulletin of the Seismological Society of America», 53 (1963), 6, pp. 1415-1433.

Id., *Vulcani e Terremoti: conoscenze fondamentali e principali problemi*, Napoli, Edizioni Scientifiche, 1996.

L. Casertano, A. Oliveri Del Castillo and M. T. Quagliariello, *Hydrodynamics and geodynamics of the Phlegrean area of Italy*, «Nature», 1976, 264, pp. 161-164.

T. C. Chamberlin, *The method of multiple working hypotheses*, «Science», 1890, 15, pp. 92-97.

Id., *Land connections and relations in North Atlantic area and beyond*, Chicago, University of Chicago Library, Hanna Holborn Gray Special Collections Research Center, *Chamberlin, Thomas Chrowder Papers*, 27, 30, 1923.

R. Charrier, F. Hervé y P. Aceituno, *Contribución del Profesor Johannes Brügger a la geología en Chile*, «Revista del Museo de la Plata», 2016, 1, Número Especial “La Historia de la Geología en el Bicentenario de la Argentina”, pp. 61-85.

D. K. Chester, A. Duncan, J. E. Guest and C. Kilburn, *Mount Etna. The anatomy of a volcano*, London, Chapman & Hall, 1985.

G. Chiesura, *Charles Darwin geologo. La formazione del giovane Darwin. Docenti e mentori, il viaggio iniziatico tra vulcani e atolli. Le opere geologiche*, Società Geologica Italiana, 2014.

R. Cioni, M. Pistolesi and M. Rosi, *Plinian and Subplinian eruptions* in H. Sigurdsson, B. Houghton, S. McNutt, H. Rymer and J. Stix (eds.), *The Encyclopedia of Volcanoes*, San Diego, California Academic Press, 2015, pp. 519-535.

L. Civetta, L. Cuna, M. De Lucia e G. Orsi, *Il Vesuvio negli occhi. Storie di osservatori*, Unità Funzionale Vulcanologia e Petrologia Osservatorio Vesuviano – INGV, 2004.

L. Civetta, P. Gasparini, G. Luongo and A. Rapolla, *Physical Volcanology*, Amsterdam-New York, Elsevier, 1974.

A. Clericuzio, *Uomo e natura. Scienza, tecnica e società dall'antichità all'età moderna*, Roma, Carocci, 2022.

R. R. Coats, R. L. Hay and C. A. Anderson, *Studies in Volcanology. A Memory in Honor of Howel Williams*, The Geological Society of America, 1968, 116, pp. 1-678.

S. Conticelli and A. Peccerillo, *Petrology and geochemistry of potassic and ultrapotassic volcanism in central Italy: Petrogenesis and inferences on the evolution of the mantle sources*, «Lithos», 28 (1992), 3, 6, pp. 221-240.

S. Conticelli, M. D'Antonio, L. Pinarelli and L. Civetta, *Source contamination and mantle heterogeneity in the genesis of Italian potassic and ultrapotassic volcanic rocks: Sr-Nd-Pb isotope data from Roman Province and southern Tuscany*, «Mineralogy and Petrology», 74 (2002), 2, 4, pp. 189-222.

G. F. Cooper, C. G. Macpherson, J. D. Blundy, B. Maunder, R. W. Allen, S. Goes, J. S. Collier, L. Bie, N. Harmon, S. P. Hicks, A. A. Iveson, J. Prytulak, A. Rietbrock, C. A. Rychert, J. P. Davidson and the VoiLA team, *Variable water input controls evolution of the Lesser Antilles volcanic arc*, «Nature», 2020, 582, pp. 525-529.

R. A. Corsaro and M. Pompilio, *Magma Dynamics at Mount Etna* in A. Bonaccorso, S. Calvari, M. Coltelli, C. Del Negro and S. Falsaperla (eds.), *Etna Volcano Laboratory*, AGU (Geophysical monograph), 143, 384, 2004, pp. 91-110.

A. Costa, M. A. Di Vito, G. P. Ricciardi, V. C. Smith and P. Talamo, *The long and intertwined record of humans and the Campi Flegrei volcano (Italy)*, «Bulletin of Volcanology», 84 (2022), 5, pp. 1-27.

R. Cristofolini, *Recent trends in the study of Etna* in J. E. Guest and R. R. Skelhorn (eds.), *Mount Etna and the 1971 eruption*, London, Philosophical Transaction of the Royal Society of London, A, 274, 1238, 1973, pp. 17-35.

Id., *From Natural History to Volcanology. An account on the development of studies on Mt. Etna at the University of Catania*, «Bollettino Accademia Gioenia di Scienze Naturali Catania», 49 (2016), 379, pp. 23-38.

Id., *Wolfgang Sartorius von Waltershausen, geologo mitteleuropeo alla scoperta dei segreti dell'Etna in un'opera postuma, redatta con il contributo di Arnold von Lasaulx*, «Bollettino Accademia Gioenia di Scienze Naturali Catania», 43 (2010), 372, pp. 159-173.

C. W. Criswell, *Chronology and stratigraphy of the May 18, 1980 eruption of Mount St. Helens, Washington*, «Journal of Geophysical Research», 92 (1987), B10, pp. 10237-10266.

Id., *A revised narrative of the May 18, 1980 Plinian eruption of Mount St. Helens: Changes in the conduit and magma supply*, «Journal of Volcanology and Geothermal Research», 419 (2021), 6.

E. Cubellis, G. Luongo and F. Obrizzo, *Cultural climate in Naples between the birth and development of volcanology*, «Rendiconti Online della Società Geologica Italiana», 2017, 43, pp. 64-78.

S. Cucuzza Silvestri, *L'Etna nel 1956*, «Atti della Accademia gioenia di scienze naturali in Catania», 1957, 11, pp. 29-98.

Id., *L'Etna nel primo semestre dell'anno 1968*, «Atti della Società Peloritana di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali», 1969, 15, pp. 213-269.

G. Cumin, *L'eruzione laterale etnea dal novembre 1950 al dicembre 1951*, «Atti della Accademia gioenia di scienze naturali in Catania», VI (1952-1954), 9, pp. 123-133.

Id., *L'eruzione laterale etnea del novembre 1950 - dicembre 1951*, «Bulletin of Volcanology», 1954, 15, pp. 3-70.

D'Angelo S., Fiorentino A., Giordano G., Pensa A., Pinton A e Vita L. (a cura di), *Atlante delle Strutture Vulcaniche Sottomarine Italiane*, Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia, Roma, ISPRA, 2019, 104.

G. F. Davies, *Mantle Convection for Geologists*, Cambridge, Cambridge University Press, 2011.

C. R. Darwin, *On the connection of certain volcanic phenomena in South America*, «Transactions of the Geological Society of London», 1838, 5, 601.

Id., *Journal of Researches into the Natural History and Geology of the countries visited during the voyage of H.M.S. Beagle round the world under the command of Capt. Fitz Roy, R. N.*, 1, New York, Harper and Brothers, 1846.

R. Descartes, *Principles of Philosophy*, Translated, with Explanatory Notes, by V. R. Miller and R. P. Miller, Dordrecht-Boston-London, Kluwer, 1982.

Id., *I principi della filosofia*, Torino, Boringhieri, 1967.

N. Desmarest, *Mémoire sur l'origine & la nature du basalte à grandes colonnes polygones, déterminées par l'histoire naturelle de cette pierre, observée en Auvergne*, «Mémoires de l'Académie Royale des Sciences», 1774, pp. 705-775.

B. De Vivo (ed.), *Volcanism in the Campania Plain: Vesuvius, Campi Flegrei and Ignimbrites*, Amsterdam-Oxford-Cambridge, Elsevier, 2006.

B. De Vivo, H. E. Belkin and G. Rolandi (eds.), *Vesuvius, Campi Flegrei and Campanian Volcanism*, Amsterdam-Oxford-Cambridge, Elsevier, 2020.

B. De Vivo, P. Petrosino, A. Lima, G. Rolandi and H. E. Belkin, *Research progress in volcanology in the Neapolitan area, southern Italy: a review*

and some alternative views, «Mineralogy and Petrology», 2010, 99, pp. 1-28.

M. Di Re, *L'eruzione dell'Etna del 1780 ed i suoi prodotti*, «Atti della Accademia gioenia di scienze naturali in Catania», 6 (1961), 11, pp. 283-304.

Id., *Hyaloclastites and pillow lavas of Acicastello (Mt. Etna)*, «Bulletin Volcanologique», 1963, 25, pp. 281-284.

V. Di Renzo, R. A. Corsaro, L. Miraglia, M. Pompilio and L. Civetta, *Long and short-term magma differentiation at Mt. Etna as revealed by SrNd isotopes and geochemical data*, «Earth-Science Reviews», 2018, 190, pp. 112-130.

S. Di Prima, M. Manni, M. Marturano, D. Patanè and A. Pellegrino, *L'Osservatorio Geofisico di Lipari e i 40 anni della Rete Sismica Permanente del Tirreno meridionale*, «Quaderni di Geofisica», 2010, 81, pp. 1-37.

F. Dobran, *Vesuvius. Education, Security and Prosperity*, Developments in Volcanology, Amsterdam-Oxford, Elsevier, 2006.

I. Domeyko, *Description du volcan d'Antuco*, «Annales des Mines», 4 (1848), 14, 187.

Id., *Viaje a las Cordilleras de Talca y Chillán (segunda parte)*, «Anales de la Universidad de Chile», 1849, pp. 36-53.

Id., *Exploraciones de las lagunas de Llanquihue y de Pichi-Laguna. Volcanes de Osorno y de Calbuco*. «Anales de la Universidad de Chile», 1850, 7, 163.

Id., *Viaje a las Cordilleras de Talca y Chillán, Tercera Parte*, «Anales de la Universidad de Chile», 1850, 7, pp. 54-64.

Id., *Geología*, Imprenta Cervantes, 1903, Santiago, 5, 475.

I. Domeyko and W. Díaz, *Excursión geológica a la cordillera de San Fernando*, «Anales de la Universidad de Chile», 1862, 20, 22.

A. Donovan, *Critical volcanology? Thinking holistically about risk and uncertainty*, «Bulletin of Volcanology», 2019, 81, pp. 1-20.

A. Donovan, C. Oppenheimer and M. Bravo, *Social studies of volcanology: knowledge generation and expert advice on active volcanoes*, «Bulletin of Volcanology», 2012, 74, pp. 677-689.

D. M. Doronzo, M. A. Di Vito, I. Arienzo, M. Bini, B. Calusi, M. Cerminara, S. Corradini, S. de Vita, B. Giaccio, L. Gurioli, G. Mannella, G. P. Ricciardi, I. Rucco, D. Sparice, M. Todesco, E. Trasatti and G. Zanchetta, *The 79 CE eruption of Vesuvius: A lesson from the past and the need of a multidisciplinary approach for developments in volcanology*, «Earth-Science Reviews», 2022, 231, pp. 1-29.

M. J. Downes, *Some experimental studies on the 1971 lavas from Etna* in J. E. Guest and R. R. Skelhorn (eds.), *Mount Etna and the 1971 eruption*, London, Philosophical Transaction of the Royal Society of London, A, 274, 1238, 1973, pp. 55-62.

C. L. Driedger, J. J. Major, J. S. Pallister, M. A. Clynne, S. C. Moran, E. G. Westby and J. W. Ewert, *Ten ways Mount St. Helens changed our world—The enduring legacy of the 1980 eruption*, «U.S. Geological Survey Fact Sheet 2020-3031», 2020, pp. 1-6.

A. L. Du-Toit, *Our Wandering Continents. An Hypothesis of Continental Drifting*, Edinburgh, Oliver and Boyd, 1937.

I. Elskens, H. Tazieff and F. Tonani, *A new method for gas analysis in the field*, I.U.G.G. General Assembly, «Bulletin of Volcanology», 1964, XXVII, pp. 1-4.

Id., *Investigations Nouvelles sur les Gaz Volcaniques*, «Bulletin of Volcanology», 1969, XXXII, pp. 522-574.

M. D. Elson and M. H. Ort, *Archaeological Volcanology* in S. L. López Varela (ed.), *The Encyclopedia of Archaeological Sciences*, New York, John Wiley & Sons, 2018, pp. 1-5.

B. G. Escher, *On a classification of central eruptions according to gas pressure of the magma and viscosity of the lava*, Leids, «Geol Mededel», 1933, 6, pp. 45-49.

C. Faccenna, T. W. Becker, F. P. Lucente, L. Jolivet and F. Rossetti, *History of subduction and back arc extension in the Central Mediterranean*, «Geophysical Journal International», 145 (2001), 3, pp. 809-820.

S. A. Fagents, T. K. P. Gregg and R. M. C. Lopes (eds.), *Modeling Volcanic Processes The Physics and Mathematics of Volcanism*, Cambridge, Cambridge University Press, 2013.

P. K. Feyerabend, *Contro il metodo. Abbozzo di una teoria anarchica della conoscenza*, Milano, Feltrinelli, 2013.

E. Fossa-Mancini, *La recente teoria della deriva dei continenti in un vecchio manoscritto di Domenico Lovisato*, «Urania», 8 (1924), 6, pp. 123-129.

G. R. Foulger, *The plate theory for volcanism* in D. Alderton and S. A. Elias (eds.) *Encyclopedia of Geology* (2nd ed.), 2021, 3, Durham, Durham University Academic Press, pp. 879–890.

H. Frankel, *The non-Kuhnian nature of the recent revolution in the earth Sciences*, «Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association», 1978, 2, pp. 197-214.

Id., *The Continental Drift Controversy, Wegener and Early Debate*, Cambridge, Cambridge University Press, 2012.

Id., *The Continental Drift Controversy. Paleomagnetism and Confirmation of Drift*, Cambridge, Cambridge University Press, 2012.

Id., *The Continental Drift Controversy. Introduction of Seafloor Spreading*, Cambridge, Cambridge University Press, 2012.

Id., *The Continental Drift Controversy. Evolution into Plate Tectonics*, Cambridge, Cambridge University Press, 2012.

J. T. Freymueller, J. B. Murray and H. Rymer, *Ground Deformation, Gravity, and Magnetics* in H. Sigurdsson, B. Houghton, S. McNutt, H. Rymer and J. Stix (eds.), *The Encyclopedia of Volcanoes*, San Diego, California Academic Press, 2015, pp. 1100-1123.

R. Frodeman, *Geological reasoning: Geology as an interpretive and historical science*, «Geological Society of America Bulletin», 107 (1995), 8, pp. 960-968.

Id., *Hermeneutics in the field: The philosophy of geology* in B. Babich and D. Ginev (eds.), *The Multidimensionality of Hermeneutic Phenomenology. Contributions to Phenomenology*, Cham, Switzerland, Springer, 2014, 70, pp. 69-79.

R. Frodeman and C. Mitcham, *New Directions in Interdisciplinarity: Broad, Deep, and Critical*, «Bulletin of Science, Technology & Society», 27 (2007), 6, pp. 506-514.

- R. Frodeman, J. Thompson Klein and R. C. S. Pacheco (eds.), *The Oxford Handbook of Interdisciplinarity*, Oxford, Oxford University Press, 2017.
- Y. Fukao and M. Obayashi, *Subducted slabs stagnant above, penetrating through, and trapped below the 660 km discontinuity*, «Journal of Geophysical Research–Solid Earth», 118 (2013), 11, pp. 5920-5938.
- S. Furlani, *Domenico Lovisato: l'uomo che ha diviso i continenti*, «Itinerari adriatici», 2007, pp. 71-74.
- S. Furlani and N. Dall'Olio, *The Role of Domenico Lovisato in the Context of the Historical and Epistemological Evolution of the Continental Drift Theory*, in Federazione Italiana di Scienze della Terra, *Geoitalia 2007*, Sesto Forum Italiano di Scienze della Terra, Rimini, 12-14 settembre 2007, FIST, 2007, p. 371.
- S. Furlani and D. Musumeci, *Were the continents drifting before Continental drift? Domenico Lovisato and the role of Wegener's precursors in the theory of Continental drift*, «Physis», LV (2020), 1-2, pp. 11-32.
- S. Furlani and A. Ninfo, *Is the present the key to the future?*, «Earth-Science Reviews», 2015, 142, pp. 38-46.
- H.-G Gadamer, *Truth and Method*, London, Bloomsbury Academic, 2013.
- P. Gasparini and R. W. Johnson, *History of IAVCEI* in P. Melchior (ed.), *IUGG Chronicle*, 1995, 226, pp. 68-72.
- F. Gauthier, *Field and laboratory studies of the rheology of Mount Etna lava* in J. E. Guest and R. R. Skelhorn (eds.), *Mount Etna and the 1971 eruption*, London, Philosophical Transaction of the Royal Society of London, A, 274, 1238, 1973, pp. 83-98.

C. Gemmellaro, *La vulcanologia dell'Etna*, Catania, Maimone, 1989, a cura di S. Cucuzza Silvestri.

L. Giacomelli e C. Pesaresi, *Vulcani nel mondo. Viaggio visuale tra rischi e risorse*, Milano, FrancoAngeli, 2019.

L. Giacomelli e R. Scandone, *Vulcani e Eruzioni*, Bologna, Pitagora, 2002.

Id., *Quello che dovrete sapere su Vesuvio, Campi Flegrei e Ischia. Breve manuale di sopravvivenza in un'area vulcanica*, Independently Published, 2019.

Id., *Pompei sotto il Vesuvio. L'eruzione del 79 d.C. raccontata da superstiti e vittime, tra pomici e ceneri*, Independently published, 2019.

Id., *Pompei sotto il Vesuvio. Cercavano ori hanno trovato uomini*, 2-1, Independently published, 2021.

Id., *Pompei sotto il Vesuvio. Cercavano ori hanno trovato uomini*, 2-2, Independently published, 2021.

Id., *Pompei sotto il Vesuvio. Cercavano ori hanno trovato uomini*, 2-3, Independently published, 2021.

L. Giacomelli, F. Foresta Martin e R. Scandone, *La penisola dei vulcani. L'attività vulcanica in Italia tra ricerca e prevenzione*, Milano, Francesco Brioschi, 2022.

L. Giacomelli, R. Scandone and M. Rosi, *The loss of geological memory of past catastrophes: the case of Pompeii* in M. A. Di Vito, F. Foresta Martin and M. C. Martinelli (eds.), *When volcanologists meet archeologists and other disciplines*, *Annals of Geophysics*, 64 (2021), 5, pp. 1-17.

- L. Giacomelli, A. Perrotta, R. Scandone and C. Scarpati, *The eruption of Vesuvius of 79 AD and its impact on human environment in Pompeii*, «Episodes Journal of International Geoscience», 26 (2003), 3, pp. 235-238.
- L. Giannitrapani, *Il precursore italiano della teoria di Wegener*, «L'Universo», 37 (1957), 1, pp. 227-232.
- J. S. Gilbert and R. S. J. Sparks (eds), *The Physics of Explosive Volcanic Eruptions*, Cambridge, The Geological Society London, Cambridge University Press, 145, 1998.
- J. Gilluly, *Plate Tectonics and Magmatic Evolution*, «GSA Bulletin», 1971, 82, 9, pp. 2383-2396.
- W. Glen, *The Road to Jaramillo. Critical Years of the Revolution in Earth Science*, Stanford, Stanford University Press, 1982.
- G. Gohau, *A History of Geology*, New Brunswick, Rutgers University Press, 1990.
- O. González-Ferrán, *Volcanes de Chile*, Santiago, Instituto Geográfico Militar, 1994.
- E. I. Gordeeva and G. A. Karpova, *Fundamental Achievements of Academic Science in Studies of Volcanoes and Earthquakes in Kamchatka*, «Journal of Volcanology and Seismology», 16 (2022), 4, pp. 239-250.
- R. G. Gordon, *The plate tectonic approximation: Plate nonrigidity, diffuse plate boundaries, and global plate reconstructions*, «Annual Review of Earth and Planetary Sciences», 1998, 26, pp. 615-642.
- G. S. Gorshkov, *Gigantic eruption of the volcano Bezymianny*, «Bulletin Volcanologique», 1959, 20, 1, pp.77-109.

V. Gottini Grasso, *The TiO₂ frequency in volcanic rocks*, «Geologische Rundschau», 1968, 57, pp. 930-935.

P. Govoni, *Che cos'è la storia della scienza*, Roma, Carocci, 2019.

M. T. Greene, *Geology in the Nineteenth Century*, Ithaca-London, Cornell University Press, 1982.

Id., *Alfred Wegener. Science, Exploration, and the Theory of Continental Drift*, Baltimore, Johns Hopkins University Press, 2015.

G. W. Grindley, *Structural control of volcanism at Mount Etna* J. E. Guest and R. R. Skelhorn (eds.), *Mount Etna and the 1971 eruption*, London, Philosophical Transaction of the Royal Society of London, A, 274, 1238, 1973, pp. 165-175.

G. Groppelli, C. Principe and R. Sulpizio, *Geological data in volcanology: Collection, organisation and applications*, «Journal of Volcanology and Geothermal Research», 2019, 385, 1-2.

A. Gudmundsson, *Volcanotectonics, understanding the structure, deformation, and dynamics of volcanoes*, Cambridge, Cambridge University Press, 2020.

J. E. Guest, *The summit of Mount Etna prior to the 1971 eruption* in J. E. Guest and R. R. Skelhorn (eds.), *Mount Etna and the 1971 eruption*, London, Philosophical Transaction of the Royal Society of London, A, 274, 1238, 1973, pp. 63-78.

J. E. Guest and R. R. Skelhorn (eds.), *Mount Etna and the 1971 eruption*, London, Philosophical Transaction of the Royal Society of London, A, 274, 1238, 1973.

J. E. Guest, P. Cole, A. Duncan and D. Chester, *Volcanoes of Southern Italy*, London, The Geological Society, 2003.

E. Guidoboni, C. Ciuccarelli, D. Mariotti, A. Comastri and M. G. Bianchi, *L'Etna nella Storia. Catalogo delle eruzioni dall'antichità alla fine del XVII secolo*, Bologna, Bononia University Press, 2014.

A. Hallam, *Una rivoluzione nelle Scienze della Terra. Dalla deriva dei continenti alla tettonica a placche*, Bologna, Zanichelli, 1974.

S. A. Halldórsson, E. W. Marshall, A. Caracciolo, S. Matthews, E. Bali, M. B. Rasmussen, E. Ranta, J. Gunnarsson Robin, G. H. Guðfinnsson, O. Sigmarrsson, J. MacLennan, M. G. Jackson, M. J. Whitehouse, H. Jeon, Q. H. A. van der Meer, G. K. Mibei, M. H. Kalliokoski, M. M. Repczynska, R. Hlín Rúnarsdóttir, G. Sigurðsson, M. A. Pfeffer, S. W. Scott, R. Kjartansdóttir, B. I. Kleine, C. Oppenheimer, A. Aiuppa, E. Ilyinskaya, M. Bitetto, G. Giudice and A. Stefánsson, *Rapid shifting of a deep magmatic source at Fagradalsfjall volcano, Iceland*, «Nature», 2022, 609, pp. 529-551.

W. Hamilton, *Remarks upon the nature of the soil of Naples and its neighbourhood*, «Philosophical Transactions», 1771, 61, pp. 1-47.

Id., *Observations of Mount Vesuvius, Mount Etna and other Volcanoes in a series of letters addressed to the Royal Society*, London, Cadell, 1772.

Id., *Campi Phlegraei. Observations on the Volcanos of the Two Sicilies, as They have been communicated to the Royal Society of London by Sir William Hamilton K. B. F. R. S. his Britannic Majesty's Envoy Extraordinary and Plenipotentiary at Court of Naples*, Napoli, P. Fabris, 1776.

W. B. Hamilton, *The closed upper-mantle circulation of plate tectonics* in S. Stein and J. T. Freymueller (eds.), *Plate Boundary Zones*, American Geophysical Union Geodynamics Monograph, 2002, 30, pp. 359-410.

A. Harris, A. Steffke, S. Calvari and L. Spampinato, *Thirty years of satellite-derived lava discharge rates at Etna: Implications for steady volumetric output*, «Journal of Geophysical Research», 2011, 116, B8.

C. J. Hawkesworth and M. Brown, *Earth dynamics and the development of plate tectonics*, «Philosophical Transactions of the Royal Society», A, 376 (2018), 2132, 20180228.

M. Heidegger, *Being and Time*, Albany, New York, State University of New York Press, 2010.

H. H. Hess, *History of ocean basins* in A. E. J. Engel, H. L. James and B. F. Leonard, (eds.), *Petrologic Studies: A Volume to Honor A. F. Buddington*, New York, Geological Society of America, 1962, pp. 599-620.

R. P. Hoblitt, *Was the 18 May 1980 lateral blast at Mount St. Helens the product of two explosions?*, «Philosophical Transaction of the Royal Society of London», 2000, 358, pp. 1639-1661.

R. P. Hoblitt, C. D. Miller and J. W. Vallance, *Origin and stratigraphy of the deposit produced by the directed blast*, in P. W. Lipman and D. R. Mullineaux, eds., *The 1980 Eruptions of Mount St. Helens, Washington*, U. S. Geological Survey Professional Paper, 1981, 1250, pp. 401-420.

A. Holmes, *Principles of Physical Geology*, Edinburgh, Nelson, 1965.

A. F. Holt, L. H. Royden and T. W. Becker, *The dynamics of double slab subduction*, «Geophysical Journal International», 2017, 209, pp. 250-265.

J. Houel, *Voyage pittoresque des isles de Sicile, de Malte et de Lipari, où l'on traite des antiquités qui s'y trouvent encore, des principaux phénomènes que la nature y offre, du costume des habitans, et de quelques usages*, 4, Paris, Monsieur, 1782-1787.

R. S. Huisman and A. Grool, *Factors Controlling Slab Retreat and the Formation of Back-Arcs: Insights from Numerical Models*, «American Geophysical Union», Fall Meeting 2014, abstract id. T51B-4626.

A. von Humboldt, *Voyage aux régions équinoxiales du nouveau continent, fait en 1799, 1800, 1801, 1802, 1803, et 1804*, Paris, Librairie grecque-latine-allemande, 1816.

W. F. Hume, *Terrestrial theories: A Digest of Various Views as to the Origin and Development of the Earth and their Bearing on the Geology of Egypt*, Cairo, Government Press, 1948.

A. T. Huntington, *The eruption of Mount Etna, 1971*, «Spring», 60 (1972), 237, pp. 107-119.

Id., *The collection and analysis of volcanic gases from Mount Etna* in J. E. Guest and R. R. Skelhorn (eds.), *Mount Etna and the 1971 eruption*, London, Philosophical Transaction of the Royal Society of London, A, 274, 1238, 1973, pp. 119-128.

S. W. Hurrell (ed.), *The Hidden History of Earth Expansion: Told by Researchers Creating a Modern Theory of the Earth*, Oneoff Publishing.com, 2020.

A. Iannace, *The neglected early history of geology: The Copernican Revolution as a major advance in understanding the Earth; comment*, «Geology», 39 (2011), 9, e246.

Id., *A three-step view for the history of geology*, «Earth Sciences History», 38 (2019), 2, pp. 388-402.

G. Imbò, 1951, *Temperature d'irrigidimento di attuali lavi etnee*, «Rendiconto dell'Accademia delle Scienze Fisiche e Matematiche della Società Nazionale di Scienze, Lettere e Arti in Napoli», 4 (1951), 18, pp. 1-4.

L. Ingaliso, *La machina vulcanica di Giovanni Alfonso Borelli*, «Quaderni Leif», 2014, 8/11, pp. 49-60.

Id., *Vulcanologia e filosofia nella Historia Aetnae di Natale di Pace* in L. Scalisi (a cura di), *Un secolo di fuoco. Il Seicento e l'Etna nel compendio di Natale di Pace*, Catania, Domenico Sanfilippo, 2019, pp. 66-86.

B. L. Isacks, J. Oliver and L. R. Sykes, *Seismology and the new global tectonics*, «Journal of Geophysical Research», 1968, 73, pp. 5855-5899.

N. Jardine, J. A. Secord and E. C. Spary (eds.), *Cultures of Natural History*, Cambridge, Cambridge University Press, 1996.

M. Jung Lee, P. R. Kyle, N. A. Iverson, J. I. Lee and Han, *Rittmann volcano, Antarctica as the source of a widespread 1252 ± 2 CE tephra layer in Antarctica ice*, «Earth and Planetary Science Letters», 2019, 521, pp. 169-176.

J. Kandlbauer and R. S. J. Sparks, *New estimates of the 1815 Tambora eruption volume*, «Journal of Volcanology and Geothermal Research», 2014, 286, pp. 93-100.

C. Knight, *Le Gouaches di Hamilton. Quaranta tempere del British Museum*, Napoli, Electa, 1994.

Id., *L'impresa editoriale dei Campi Phlegrei* in W. Hamilton, *Campi Flegrei, Osservazioni sui vulcani delle Due Sicilie*, Napoli, Grimaldi & C., 2000.

Id., *Hamilton a Napoli. Cultura, svaghi, civiltà di una grande capitale europea*, Napoli, Electa, 2003.

J. Korenaga, *Initiation and evolution of plate tectonics on Earth: Theories and observations*, «Annual Review of Earth and Planetary Sciences», 2013, 41, pp. 117-151.

M. Krafft, *I vulcani. Il fuoco della terra*, Trieste, Electa-Gallimard, 1993.

T. S. Kuhn, *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, Torino, Einaudi, 2009.

Id., *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago-Illinois, University of Chicago Press, 2012.

A. Lacroix, *La montagne Pelée et ses éruptions*, Paris, Masson, 1904.

P. C. La Femina, *Plate Tectonics and Volcanism* in H. Sigurdsson, B. Houghton, S. McNutt, H. Rymer and J. Stix, (eds.), *The Encyclopedia of Volcanoes*, San Diego, California Academic Press, 2015, pp. 65-92.

I. Lakatos and A. Musgrave A. (eds.), *Criticism & the Growth of Knowledge: Proceedings of the International Colloquium in the Philosophy of Science*, Cambridge, Cambridge University Press, 2008.

L. Lancini, *Echoes of ancient volcanic representations: a geo-mythological approach*, «Physis», LV (2020), 1-2, pp. 49-70.

A. C. Lane, *Frank Bursley Taylor (1860-1938)*, «Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences», 75 (1944), 6, pp. 176-178.

- R. Lanza and A. Meloni, *The Earth's Magnetism. An Introduction for Geologists*, Berlin-Heidelberg Springer, 2006.
- J. H. Latter (ed.), *Volcanic Hazards. Assessment and Monitoring*, IAVCEI Proceedings in Volcanology, 1, Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong: Springer, 1989.
- L. Laudan, *Progress and Its Problems: Towards a Theory of Scientific Growth*, Berkeley, University of California Press, 1978.
- R. Laudan, The recent revolution in geology and Kuhn's theory of scientific change, «Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association», 1978, 2, pp. 227-239.
- Id., *From Mineralogy to Geology. The foundations of a Science, 1650-1830*, Chicago-London, The University of Chicago Press, 1987.
- F. Lavachery, *Un volcan nommé Haroun Tazieff*, Paris-Montréal, L'Archipel, 2014.
- H. E. Le Grand, *Drifting Continents and Shifting Theories*, Cambridge, Cambridge University Press, 1988.
- F. Le Guern, *Etudes dynamique sur la phase gazeuse eruptive*, Thèse de 3ème cycle, R 4383, C.E.N. Saclay, Gif sur Yvette, 1972.
- Id., *The collection and analysis of volcanic gases*, in J. E. Guest and R. R. Skelhorn (eds.), *Mount Etna and the 1971 eruption*, London, Philosophical Transaction of the Royal Society of London, A, 274, 1238, 1973, pp. 129-135.
- G. Leone (ed.), *Mars: A Volcanic World*, Cham, Springer Nature Switzerland, 2021.

G. Leone, K. M. Tanaka Hiroyuki, M. Holma, P. Kuusiniemi, D. Varga, L. Oláh, D. Lo Presti, G. Gallo, C. Monaco, C. Ferlito, G. Bonanno, G. Romeo, L. Thompson, K. Sumiya, S. Steigerwald and J. Joutsenvaara, *Muography as a new complementary tool in monitoring volcanic hazard: implications for early warning systems*, «Proceedings of the Royal Society A. Mathematical, Physical and Engineering Sciences», 2021, 477, 20210320.

G. Leopardi, *Canti*, Milano, Rizzoli, 2010, canto XXXIV.

X. Le Pichon, *Sea-floor spreading and continental drift*, «Journal of Geophysical Research», 1968, 73, pp. 3661-3697.

X. Le Pichon, J. Francheteau and J. Bonnin, *Plate Tectonics*, Amsterdam, Elsevier, 1973.

L. Lirer, M. C. Chiroasca, R. Munno, P. Petrosino e M. Grimaldi, *Il Vesuvio ieri, oggi e domani*, Napoli, Regione Campania, 2005.

J. P. Lockwood and R. W. Hazlett, *Volcanoes. Global Perspectives*, Hoboken, Wiley-Blackwell, 2010.

D. J. Lowe, P. M. Abbott, T. Suzuki and B. J. L. Jensen, *Global tephra studies: role and importance of the international tephra research group "Commission on Tephrochronology" in its first 60 years*, «History of Geo- and Space Sciences», 2022, 13, pp. 93-132.

G. Luongo, *Prefazione* in G. Mercalli, *I vulcani attivi della terra. Morfologia, dinamismo, prodotti, distribuzione geografica, cause*, Milano, Hoepli, 1907.

C. Lyell, *Principles of geology, being an attempt to explain the former changes of the Earth's surface, by reference to causes now in operation*, 1, London, John Murray, 1830.

- G. A. Macdonald, *Volcanoes*, Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1972.
- A. G. MacGregor, *Eruptive mechanisms: Mt. Pelée, the Soufrière of St. Vincent, and the Valley of Ten Thousand Smokes*, *Bulletin Volcanologique*, 1952, 12, pp. 49-74.
- Id., *Classification of nuée ardente eruptions*, «*Bulletin Volcanologique*», 1955, 16, pp. 7-11.
- H. M. Mader, S. G. Coles, C. B. Connor and L. J. Connor (eds), *Statistics in volcanology*, Special Publications of IAVCEI, 1, London, Geological Society of London, 2006.
- R. Mantovani, *Les fractures de l'écorce terrestre et la théorie de Laplace*, «*Bulletin de la Société des arts et sciences de La Réunion*», 1889, pp. 41-53.
- G. Marinelli, *L'énergie géothermique en Toscane*, «*Annales de la Société géologique de Belgique*», 85 (1963), 10, pp. 417-438.
- Id., *Magma evolution in Italy in Geology of Italy*, Tripoli, The Earth Science Society of the Libyan Arab Republic, 1975, pp. 165-219.
- Id., *Il magmatismo recente in Toscana e le sue implicazioni minerogenetiche*, «*Memorie della Società Geologica Italiana*», 25, 1983, pp. 111-124.
- A. McBirney, *Haroun Tazieff (1914-98). Volcanologist, and authority on natural hazards*, «*Nature*», 1998, 392, p. 444.
- D. P. McKenzie and R. L. Parker, *The North Pacific: An example of tectonics on a sphere*. «*Nature*», 1967, 216, pp. 1276–1280.
- G. Mercalli, *Vulcani e fenomeni vulcanici in Italia* in G. Negri, A. Stoppani e G. Mercalli, *Geologia d'Italia*, Milano, Vallardi, III, 1883.

Id., *Sulle modificazioni proposte alla scala sismica De Rossi-Forel*, «Bollettino della Società Sismologica Italiana», 1902, 8, pp. 184-191.

Id., *I vulcani attivi della terra. Morfologia, dinamismo, prodotti, distribuzione geografica, cause*, Milano, Hoepli, 1907.

P. A. Micheli, *Schedae variae ad lithologiam pertinentes, et observationes quaedam peculiare circa fossilia, et montium structuram, in descriptionibus itinerum at anno 1733 a se peractorum adnotatae*, University of Florence, Library of Sciences, 1733.

Id., *Relazione del viaggio fatto l'Anno 1733, dal dì 23. Maggio, fino a' 21. Giugno, per diversi luoghi dello Stato Senese, dal celebre Botanico Pier'Antonio Micheli e dal Signor Dottore Gio. Battista Mannaioni, distesa dal medesimo Micheli, con alcune annotazioni di Giovanni Targioni Tozzetti suo scolare* in G. Targioni Tozzetti (ed.) *Relazioni di alcuni viaggi fatti in diverse parti della Toscana per osservare le produzioni naturali e gli antichi monumenti di essa*, 6, Firenze, Gaetano Cambiagi Stampatore Granducale, 1754, pp. 173-250.

G. Milano and N. A. Pino, *Intensità macrosismica e magnitudo: stime diverse della forza dei terremoti* in M. A. Di Vito, G. P. Ricciardi, S. De Vita, E. Cubellis e A. Tertulliani (eds.), *Giuseppe Mercalli da Monza al Reale Osservatorio Vesuviano: una vita tra insegnamento e ricerca. Contributi presentati per l'inaugurazione dell'Anno Mercalliano. Napoli 19 marzo 1914*, Miscellanea INGV, 2014, 24, pp. 98-99.

D. T. Moore, *Sir William Hamilton's volcanology and his involvement in Campi Phlegraei*, «Archives of Natural History», 21 (1994), 2, pp. 169-193.

J. G. Moore and C. J. Rice, *Chronology and character of the May 18, 1980, explosive eruptions of Mount St Helens* in Geophysics Study Committee, Geophysics Research Forum, Commission on Physical Sciences, 208

Mathematics, and Resources and National Research Council (eds.), *Studies in Geophysics. Explosive Volcanism: inception, evolution and hazards*, Washington D. C., National Academy Press, 1984, pp. 133-142.

N. Morello, *La macchina della Terra. Teorie geologiche dal Seicento all'Ottocento*, Torino, Loescher, 1979.

Id. (a cura di), *Volcanoes and History: Proceedings of the 20th INHIGEO Symposium, Napoli-Eolie-Catania (Italy), 19-25 September 1995*, Brigati, Genova, 1998.

Id., *Giovanni Alfonso Borelli and the eruption of Etna in 1669* in *Volcanoes and History: Proceedings of the 20th INHIGEO Symposium, Napoli-Eolie-Catania (Italy), 19-25 September 1995*, Genova, Brigati, 1998, pp. 395-413.

Id., *Introduzione* in G. A. Borelli, *Storia e meteorologia dell'eruzione dell'Etna del 1669*, Firenze, Giunti, 2001.

H. Moreno Roa, G. Alvarado, A. Borgia, R. Carniel and C. Cigolini, *Lorenzo Casertano (1921-2004)*, «Revista geológica de Chile», 31 (2004), 2, pp. 368-369.

W. J. Morgan, *Rises, trenches, great faults and crustal blocks*, «Journal of Geophysical Research», 1968, 73, pp. 1959-1982.

Id., *Convection plumes in the lower mantle*, «Nature», 1971, 230, pp. 42-43;

Id., *Deep mantle convection plumes and plate motions*, «American Association of Petroleum Geologists Bulletin», 56 (1972), 2, pp. 203-213.

L. W. Morley and A. Larochelle, *Paleomagnetism as a means of dating geological events*, «Royal Society of Canada Special Publication», 1964, 8, pp. 39-50.

A. Mottana, *Le scienze della Terra nel Mezzogiorno d'Italia* in Aa. Vv, *La Scienza nel Mezzogiorno dopo l'Unità d'Italia*, Soveria Mannelli, Rubbettino, 2009, pp. 661-712.

A. Musumarra, *Una vita per l'Etna. Orazio Silvestri vulcanologo fiorentino (1835-1890)*, Palermo, Caracol, 2018.

Id., *Orazio Silvestri (1835-1890) il vulcanologo toscano che fece 'scoprire' l'Etna ai torinesi*, «Studi Piemontesi», 2020, pp. 45-55.

A. Nazzaro, *Vesuvius and Volcanologists, 1734-1860* in G. Giglia, C. Maccagni and N. Morello (eds.), *Rocks, Fossils and History*, Proceedings of the 13th INHIGEO Symposium PISA-PADOVA (ITALY) 24 September – 1 October 1987, Festina Lente, Firenze, 1995, pp. 129-139.

Id., *Il Vesuvio. Storia eruttiva e teorie vulcanologiche*, Napoli, Liguori, 2001.

Id., *Il rischio Vesuvio. Storia e geodiversità di un vulcano*, Napoli, Guida, 2009.

K. Németh, *John P. Lockwood, Richard W. Hazlett: Volcanoes—Global Perspectives*, Book Review, «Bulletin of Volcanology», 2011, 73, pp. 631-632.

C. G. Newhall, *Mount St. Helens, master teacher*, «Science», 288 (2000), 5469, pp. 1181-1183.

K. D. O'Hara, *A Brief History of Geology*, Cambridge, Cambridge University Press, 2018.

D. R. Oldroyd, (ed.), *The Earth Inside and Out: Some Major Contributions to Geology in the Twentieth Century*, Geological Society, 2002, London, Special Publications, 192.

A. Oliveri del Castillo e M. T. Quagliariello, *Sulla genesi del bradisismo flegreo*, «Atti Associazione Geofisica Italiana», 1969, 18th Congress, Napoli, pp. 557–594.

R. Opie, *A Neglected English Economist: George Julius Poulett*, «The Quarterly Journal of Economics», 44 (1929), 1, pp. 101-137.

C. Oppenheimer, *Eruptions that Shook the World*, Cambridge, Cambridge University Press, 2011.

N. Oreskes, *The rejection of Continental Drift. Theory and method in American Earth Science*, New York, Oxford University Press, 1999.

Id., *Perché fidarsi della scienza*, Torino, Boringhieri, 2021

N. Oreskes and H. Le Grand (eds.), *Plate Tectonics. An insider's history of the modern theory of the Earth*, Boulder, Westview, 2003.

N. Oreskes, K. Shrader-Frechette and K. Belitz, *Verification, Validation, and Confirmation of Numerical Models in the Earth Sciences*, *Science*, 1994, 263, pp. 641-646.

A. Ortelius, *Thesaurus Geographicus, Recognitus et auctus*, Antwerp, Ex Officina Plantiniana, 1596.

M. Pantaloni, F. Console and F. M. Petti, *On the trail of Otto Hermann Wilhelm Abich: a journey through the Italian volcanoes*, «Italian Journal of Geosciences», 137 (2018), 1, pp. 106-127.

R. Panvini e F. La Fico Guzzo (a cura di), *Etna 1669. Storie di lava a 350 anni dalla grande eruzione*, Palermo, Regione Siciliana, 2020.

E. A. Parfitt and L. Wilson, *Fundamentals of Physical Volcanology*, Malden-Oxford-Carlton, Blackwell, 2008.

- A. Peccerillo, *On the origin of the Italian potassic magmas-Comments*, «Chemical Geology», 85 (1990), 1, 2, pp. 183-191.
- P. A. Pellegrini, *Styles of Thought on the Continental Drift Debate*, «Journal for General Philosophy of Science», 2019, 50, pp. 85-102.
- C. Pesaresi, *La fotografia e il viaggio per studiare e conoscere i paesaggi vulcanici* in L. Giacomelli e C. Pesaresi, *Vulcani nel mondo. Viaggio visuale tra rischi e risorse*, Milano, FrancoAngeli, 2019, pp. 50-84.
- C. M. Petrone, R. Scandone and A. Whittaker, *Volcanoes & Earthquakes*, London, Natural History Museum, 2019.
- G. Ponte, *Sull'eruzione etnea del 1950-51*, «Bulletin of Volcanology», 1953, 13, pp. 121-128.
- C. Principe, *The 1631 eruption of Vesuvius: Volcanological concepts in Italy at the beginning of the XVIIth century* in Morello N. (a cura di), *Volcanoes and History: Proceedings of the 20th INHIGEO Symposium, Napoli-Eolie-Catania (Italy), 19-25 September 1995*, Brigati, Genova, 1998, pp. 525-542.
- C. Principe e L. M. Vezzoli, *Precedenti studi vulcanologici sul monte Amiata* in C. Principe, G. Lavorini e L. M. Vezzoli (a cura di), *Il Vulcano di Monte Amiata*, Regione Toscana, Edizioni Scientifiche e Artistiche, 2017, pp. 71-83.
- Id., *Monte Amiata volcano (Tuscany, Italy) in the history of volcanology: 2—its role in the definition of “ignimbrite” concepts and in the development of the “rheoignimbrite” model of Alfred Rittmann*, «Rendiconti Lincei, Scienze Fisiche e Naturali», 2020, 31, pp. 539-561.
- D. M. Pyle, *Visions of Volcanoes*, «Interdisciplinary Studies in the Long Nineteenth Century», 19 (2017), 25, pp. 1-30.

- E. Puntillo, *Felice Ippolito una vita per l'atomo*, Napoli, Sintesi, 1987.
- L. B. Railsback, T. C. Chamberlin's "Method of Multiple Working Hypotheses": An encapsulation for modern students, «Houston Geological Society Bulletin», 47 (2004), 2, pp. 68-69.
- G. Recupero, *Storia naturale e generale dell'Etna*, Catania, Regia Università degli Studi, 1815.
- A. Ribeiro, *Soft Plate and Impact Tectonics*, Berlin, Springer, 2002.
- G. P. Ricciardi, *Diario del Monte Vesuvio. Venti secoli di immagini e cronache di un vulcano nella città*, Napoli, Edizioni Scientifiche e Artistiche, 2009.
- Id., *Gli studi dell'Osservatorio Vesuviano sull'Etna: da Mercalli a Imbò in Aa. Vv., Etna 1928-2018. A 90 anni dall'eruzione e dalla ricostruzione di Mascali*, Riposto, La Rocca, 2020, pp. 35-41.
- M. Riuscetti and R. Di Stefano, *Il Terremoto di Macchia (Catania)*, «Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata», 1971, 13, pp. 150-164.
- C. Romagnoli, V. Belvisia, S. Innangi, G. Di Martino and R. Tonielli, *New insights on the evolution of the Linosa volcano (Sicily Channel) from the study of its submarine portions*, «Marine Geology», 2020, p. 106060.
- R. Romano, *Tectonic control on magmatic differentiation: An example*, «Bulletin Volcanologique», 1970, 34, pp. 823-832.
- Id., *Annual report of the world volcanic eruption in 1978*, «Bulletin of Volcanic Eruptions», 1981, 18, pp. 8-10.
- R. Romano and C. Sturiale, *L'isola di Ustica: Studio geo-vulcanologico e magmatologico*, «Rivista Mineraria Siciliana», 1971, XXII, pp. 127-129.

Id., *Some considerations on the magma of the 1971 eruption* in J. E. Guest and R. R. Skelhorn (eds.), *Mount Etna and the 1971 eruption*, London, Philosophical Transaction of the Royal Society of London, A, 274, 1238, 1973, pp. 37-43.

M. Rosi, C. Principe and R. Vecci, *The 1631 Vesuvius eruption. A reconstruction based on historical and stratigraphical data*, «Journal of Volcanology and Geothermal Research», 58 (1993), 1-4, pp. 151-182.

P. Rossi, *La nascita della scienza moderna in Europa*, Roma-Bari, Laterza, 2015.

P. D. Rowley, M. A. Kuntz and N. S. MacLeod, *Pyroclastic-flow deposits*, in P. W. Lipman and D. R. Mullineaux (eds.), *The 1980 Eruptions of Mount St. Helens, Washington*, U. S. Geological Survey Professional Paper, 1250 (1981), pp. 489-512.

L. Royden and C. Faccenna, *Subduction orogeny and the late Cenozoic evolution of the Mediterranean arcs*, «Annual Review of Earth and Planetary Sciences», 2018, 46, pp. 261-289.

M. J. S. Rudwick, *The emergence of a visual language for geological science 1760-1840*, «History of science», 14 (1976), 3, pp. 149-195.

H. Sandra, *Charles Darwin as a Prospective Geological Author*, «British Journal for the History of Science», 1991, 24, pp. 159-192.

A. M. Sarna-Wojcicki, S. Shipley, R. B. Waitt Jr., D. Dzurisin and S. H. Wood, *Areal distribution, thickness, mass, volume, and grain size of air-fall ash from the six major eruptions of 1980*, in P. W. Lipman and D. R. Mullineaux, eds., *The 1980 Eruptions of Mount St. Helens, Washington*, US Geological Survey Professional Paper, pp. 577-600.

W. Sartorius von Waltershausen, *Atlas des Aetna*, S. Schmidt (v. 1), Berlin, Geografisches Institut (voll. 2–8), Weimar (9), 1848–61.

M. Sato and J. G. Moore, *Oxygen and sulphur fugacities of magmatic gases directly measured in active vents of Mount Etna* in J. E. Guest and R. R. Skelhorn (eds.), *Mount Etna and the 1971 eruption*, London, Philosophical Transaction of the Royal Society of London, A, 274, 1238, 1973, pp. 137-146.

G. Scalera, *The expanding Earth: A sound idea for the new millennium* in G. Scalera and Jacob, K.-H. (eds.), *Why Expanding Earth?—A Book in Honour of O. C. Hilgenberg*, Rome, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), 2003, pp. 181-232.

Id., *An expanding Earth—A reply to two recent denial papers*, «Rendiconti Online Società Geologica Italiana», 2020, 52, pp. 103-119.

L. Scalisi (a cura di), *Un secolo di fuoco. Il Seicento e l'Etna nel compendio di Natale di Pace*, Catania, Domenico Sanfilippo, 2019.

R. Scandone, *Giuseppe Imbò: volcanologist in difficult times*, «Volcano News», 1983, p. 19.

R. Scandone e L. Giacomelli, *Vulcanologia. Principi fisici e metodi d'indagine*, Napoli, Liguori Editore, 1998.

Id., *Cronache di un'eruzione: la nascita di Monte Nuovo nel 1538*, «Ambiente Rischio Comunicazione», 2013, 5, pp. 25-30.

Id., *Vesuvius, Pompei, Herculaneum: a lesson in natural history*, «Journal of Research and Didactics in Geography», 2 (2014), 3, pp. 33-41.

R. Scandone, S. Bartolini and J. Martí, *A scale for ranking volcanoes by risk*, «Bulletin of Volcanology», 78 (2016), 2, pp. 1-8.

R. Scandone, K. V. Cashman, and S. D. Malone, *Magma supply, magma ascent and the style of volcanic eruptions*, «Earth and Planetary Science Letters», 2007, 253, pp. 513-529.

R. Scandone, L. Giacomelli and F. Fattori Speranza, *Persistent activity and violent strombolian eruptions at Vesuvius between 1631 and 1944*, «Journal of Volcanology and Geothermal Research», 170 (2008), pp. 167-180.

R. Scandone, L. Giacomelli and P. Gasparini, *Mount Vesuvius: 2000 years of volcanological observations*, «Journal of Volcanology and Geothermal Research», 58, 1993, pp. 5-25.

R. Scandone, L. Giacomelli and M. Rosi, *Death, Survival and Damage during the 79 AD Eruption of Vesuvius which destroyed Pompeii and Herculaneum*, «Journal of Research and Didactic in Geography», 2 (2019), 8, pp. 5-30.

R. Scarpa and R. I. Tilling, *Monitoring and Mitigation of Volcano Hazards*, Berlin-Heidelberg, Springer, 1996.

R. Schick, *Giuseppe Imbò and his contribution to volcano seismology*, «Annali di Geofisica», 42 (1999), 3, pp. 591-596.

A. Schierillo, *Giuseppe Imbò*, «Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali. Rendiconti», (8) 1982, 72, 1, pp. 49-63.

H.-U. Schmincke, *Volcanism*, Berlin-Heidelberg, Springer, 2004.

G. J. P. Scrope, *Volcanoes: The Character of their Phenomena, their Share in the Structure and Composition of the Surface of the Globe, and their Relation to its Internal Forces with a Descriptive Catalogue of All Known Volcanoes and Volcanic Formations*, London, Longmans, Green, Reader and Roberts, 1862.

M. Segala, *La favola della terra mobile. La controversia sulla teoria della deriva dei continenti*, Bologna, Il Mulino, 1990.

S. Self and R. S. J. Sparks, *Preface* in S. Self and R. S. J. Sparks (eds.), *Tephra studies*, Dordrecht, Reidel, 1981.

Id., *George Patrick Leonard Walker 2 March 1926 — 17 January 2005*, «Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society», 2006, 52, pp. 423-436.

P. S. Sessa (a cura di), *Milo e l'eruzione del 1950. Ricostruzione di un evento, immagini di un'epoca*, Catania, L'Almanacco, 2001.

W. Shen, S. Ziyu, R. Sun and Y. Barkin, *Evidences of the expanding Earth from space-geodetic data over solid land and sea level rise in recent two decades*, «Geodesy and Geodynamics», 2015, 6, pp. 248-252.

J. F. Shroder and P. Papale (eds.), *Volcanic Hazards, Risks and Disasters*, Amsterdam-Boston-Heidelberg-London-New York-Paris-San Diego-San Francisco-Singapore-Sidney-Tokyo, Elsevier, 2015.

Id., *Forecasting and Planning for Volcanic Hazards, Risks, and Disasters*, Amsterdam-Oxford-Cambridge, Elsevier, 2021.

H. Sigurdsson, *Melting the Earth: The History of Ideas on Volcanic Eruptions*, New York, Oxford University, 1999.

Id., *The History of Volcanology* in H. Sigurdsson, B. Houghton, H. Rymer, J. Stix and S. McNutt (eds.), *Encyclopedia of Volcanoes*, San Diego, Academic Press, 1999, pp. 15-37.

Id., *The History of Volcanology*, in H. Sigurdsson, B. Houghton, S. McNutt, H. Rymer and J. Stix (eds.), *The Encyclopedia of Volcanoes*, San Diego, California Academic Press, 2015, pp. 13-32.

H. Sigurdsson, B. Houghton, S. McNutt, H. Rymer and J. Stix, eds., *The Encyclopedia of Volcanoes*, San Diego, California Academic Press, 2015.

O. Silvestri, *Sulla eruzione dell'Etna nel 1865. Studi geologici e chimici*, Pisa, Nuovo Cimento, 1866.

Id., *Sulla esplosione etnea del 22 marzo 1883 in relazione ai fenomeni vulcanici (geodinamici ed eruttivi) presentati dall'Etna durante il quadriennio compreso dal gennaio 1880 al dicembre 1883*, «Atti della Accademia gioenia di scienze naturali in Catania», III (1883), 17, pp. 238-431.

Id., *Sulle eruzioni Centrale ed Eccentrica dell'Etna scoppiate il 18 e 19 Maggio 1886. I° e 2° Rapporto al Regio Governo*, Catania, Niccolò Giannotta, 1886.

Id. *L'eruzione dell'Etna del 1886*, Catania, «Atti della Accademia gioenia di scienze naturali in Catania», VI (4), 1893.

M. C. W. Sleep, *Sir William Hamilton (1730–1803): His work and influence in geology*, «Annals of Science», 25 (1969), 4, pp. 319-338.

J. L. Smellie and M. G. Chapman (eds.), *Volcano-Ice Interaction on Earth and Mars*, London, The Geological Society, 2002.

Smithsonian Institution Center For Short-Lived Phenomena, *1971 Annual Report, Mt. Etna Volcanic Activity*, 1972, pp. 61-69.

A. Snider-Pellegrini, *La Creation et ses mysteries dévoiles. Ouvrage ou l'on expose clairement la nature de tous les etres, les elements dont ils sont composes et leurs rapports avec les astres*, Paris, Franck et Dentu, 1858.

C. Sommaruga, *La Geotermia in Italia dal 1940 ad oggi*, Manifestazione in onore dei due Decani della geotermia italiana Dr. Claudio Sommaruga e Dr.

Roberto Carella, Pisa, 20 maggio 2010, Università di Pisa-Facoltà di Ingegneria, Aula Magna, 2010.

I. Sorrentino, *Istoria del monte Vesuvio*, Napoli, 1734.

R. S. J. Sparks, *Forecasting volcanic eruptions*, «Earth and Planetary Science Letters», 2003, 210, pp. 1-15.

R. J. Stern, *Subduction zones*, «Reviews of Geophysics», 40 (2002), 4, 1012.

F. Stoppa (ed.), *Updates in Volcanology – A comprehensive approach to volcanological problems*, Rijeka, InTech, 2011.

C. Sturiale, *Pillows and hyaloclastites on the island of Ustica (Sicily)*, «Bulletin Volcanologique», 1963, 25, pp. 259-262.

Id., *Le formazioni eruttive submarine a Nord di Catania*, «Rendiconti della Società Italiana di Mineralogia e Petrologia», 1968, 24, pp. 313-346.

E. Suess, *The Face of the Earth*, Oxford, Clarendon Press, 1904.

C. P. Snow, *Le due culture*, Milano, Feltrinelli, 1964.

R. Sulpizio, *The volcanic years 2021-2022: what we learnt and what we still miss*, Plenary Lecture, Conferenza A. Rittmann 2022, (29 settembre 2022).

H. Takeuchi, S. Uyeda and H. Kanamori, *La deriva dei continenti*, Torino, Boringhieri, 1970.

J. C. Tanguy, *The 1971 Etna eruption petrography of the lavas* in J. E. Guest and R. R. Skelhorn (eds.), *Mount Etna and the 1971 eruption*, London, Philosophical Transaction of the Royal Society of London, A, 274, 1238, 1973, pp. 79-82.

Id., *Les éruptions historiques de l'Etna: chronologie et localisation*, «Bulletin of Volcanology», 44 (1981), 3, pp. 585-640.

J. C. Tanguy and R. L. Wilson, *Palaeomagnetism of Mount Etna* in J. E. Guest and R. R. Skelhorn (eds.), *Mount Etna and the 1971 eruption*, London, Philosophical Transaction of the Royal Society of London, A, 274, 1238, 1973, pp. 163.

J. C. Tanguy, M. Condomines, S. Branca, S. La Delfa and M. Coltelli, *New archeomagnetic and ^{226}Ra - ^{230}Th dating of recent lavas for the Geological map of Etna volcano*, «Italian Journal of Geosciences», 131 (2012), 2, pp. 241-257.

F. B. Taylor, *Bearing of the Tertiary Mountain Belt on the Origin of the Earth's Plan*, «Bulletin Geological Society of America», 1910, 21, pp. 179-226.

H. Tazieff, *Cratères en fue*, Paris-Grenoble, Arthaud, 1951.

Id., *Structural implications of the 1971 Mount Etna eruption* in J. E. Guest and R. R. Skelhorn (eds.), *Mount Etna and the 1971 eruption*, London, Philosophical Transaction of the Royal Society of London, A, 274, 1238, 1973, pp. 79-82.

Id., *L'Etna e i vulcanologi*, Milano, Mondadori, 1974.

Id., *Sur l'Etna*, Paris, Flammarion, 1984.

H. Tazieff and F. Le Guern, *Signification tectonique et mécanisme de l'éruption d'avril-mai-juin 1971 de l'Etna*, «Comptes rendus de l'Académie des Sciences», 1971, 272, pp. 3252-3255.

H. Tazieff, G. Marinelli, F. Barberi and J. Varet, *Géologie de l'Afar septentrional, première expédition du CNRS France et du CNR Italie*

(décembre 67 - février 68), «Bulletin of Volcanology», 1969, XXXIII, pp. 1039-1072.

E. Thenius, *The Austrian geologist Otto Ampferer as founder of the sea-floor spreading concept. A contribution to the history of Earth Sciences*, «Earth Sciences History» 3 (1984), 2, pp. 174-177.

T. Thordarson, S. Self, G. Larsen, S. K. Rowland, and A. Hoskuldsson (eds), *Studies in Volcanology: The Legacy of George Walker*, Special Publications of IAVCEI, London, Geological Society, 2009, 2, pp. 371-400.

R. I. Tilling, *Mount St. Helens 20 years later: What we've learned*, «Geotimes», 45 (2000), pp. 14-19.

F. Tonani, *Epistemologia ed insegnamento della Chimica Fisica nel corso di laurea in Scienze Geologiche, Nota 1*, «Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali», 9 (1995), 5, pp. 49-63.

R. Tonielli, S. Innangi, G. Di Martino and C. Romagnoli, *New bathymetry of the Linosa volcanic complex from multibeam systems (Sicily Channel, Mediterranean Sea)*, «Journal of Maps», 15 (2019), 2, pp. 611-618.

J. von der Thüsen, *Painting and the rise of volcanology: Sir William Hamilton's Campi Phlegraei*, «Endeavour», 23 (1999), 3, pp. 106-109.

H. C. Urey, *The Planets: Their Origin and Development*, New Haven, Yale University Press, 1952.

S. Uyeda, *La nuova immagine della Terra. Si muovono i continenti, si muovono gli oceani*, Bologna, Zanichelli, 1983.

E. Vaccari, *La geologia e la conoscenza della Terra*, in A. Clericuzio e S. Ricci (a cura di), *Il contributo italiano alla storia del pensiero*, Roma, Istituto della Enciclopedia Italiana, 2013, pp. 535-539.

J. Vallance, C. Gardner, W. E. Scott, R. Iverson and T. Pierson, *Mount St. Helens—A 30-year legacy of volcanism*, «EOS Transactions of the American Geophysical Union», (91) 2010, 19, pp. 169-172.

T. H. Van Andel, *Storia della Terra*, Torino, Boringhieri, 1988.

R. W. van Bemmelen, *Prognose en diagnose in de geologie*, «Geologie en Mijnbouw», 1952, 14, pp. 401-409;

Id., *The scientific character of geology*, «The Journal of Geology», 69 (1961), 4, pp. 453-463.

Id., *Geodynamic models. An evaluation and synthesis*, Amsterdam-New York, Elsevier, 1972.

Id., *Plate Tectonics and the Undation model: a comparison*, «Tectonophysics», 32, 1976, pp. 83-125.

N. Vassallo (a cura di), *Filosofie delle scienze*, Torino, Einaudi, 2003.

R. Vestergaard, G. Birkefeldt Møller Pedersen and C. Tegner, *The 1845–46 and 1766–68 eruptions at Hekla volcano: new lava volume estimates, historical accounts and emplacement dynamics*, «Jökull», 2020, 70, pp. 35-55.

L. M. Vezzoli and C. Principe, *Monte Amiata volcano (Tuscany, Italy) in the history of Volcanology: I—its role in the debates on extinct volcanoes, source of magma, and eruptive mechanisms (AD 1733–1935)*, «Earth Science History», 2020, 39, pp. 28-63.

M. Viccaro and R. Cristofolini, *Nature of mantle heterogeneity and its role in the short-term geochemical and volcanological evolution of Mt. Etna (Italy)*, «Lithos», 2008, 105, pp. 272-288.

M. Viccaro, E. Nicotra, I. L. Millar and R. Cristofolini, *The magma source at Mount Etna volcano: perspectives from the Hf isotope composition of historic and recent lavas*. «Chemical Geology», 2011, 281, pp. 343-351.

L. Villari, *On particular ignimbrites of the island of Pantelleria (channel of Sicily)*, «Bulletin Volcanologique», 1969, 33, pp. 828-839.

E. A. Vincent, *Introduction* in J. E. Guest and R. R. Skelhorn (eds.), *Mount Etna and the 1971 eruption*, London, Philosophical Transaction of the Royal Society of London, A, 274, 1238, p. 3.

F. J. Vine and D. W. Matthews, *Magnetic anomalies over oceanic ridges*, «Nature», 1963, 199, pp. 947-949.

D. B. Vitaliano, *Legends of the Earth: their Geologic Origins*, Bloomington-London, Indiana University Press, 1973.

V. I. Vlodavets, *Achievements of modern geological volcanology and its trends*, «Earth-Science Reviews», 1966, 2, pp. 181-197.

B. Voight, *Time scale for the first moments of the May 18 eruption*, in P. W. Lipman and D. R. Mullineaux, eds., *The 1980 Eruptions of Mount St. Helens, Washington*, U. S. Geological Survey Professional Paper, 1981, 1250, pp. 69-86.

G. Wadge and J. E. Guest, *Steady-state magma discharge at Etna 1971–1981*, «Nature», 1981, 255, pp. 385-387.

G. P. L. Walker, *A brief account of the 1971 eruption of Mount Etna* in J. E. Guest and R. R. Skelhorn (eds.), *Mount Etna and the 1971 eruption*, London, Philosophical Transaction of the Royal Society of London, A, 274, 1238, 1973, pp. 177-179.

Id., *Lengths of lava flows* in J. E. Guest and R. R. Skelhorn (eds.), *Mount Etna and the 1971 eruption*, London, Philosophical Transaction of the Royal Society of London, A, 274, 1238, 1973, pp. 107-118.

A. R. Wallace, *Darwinism: an exposition of the theory of natural selection with some of its applications*, London-New York, Macmillan, 1889.

A. Wegener, *Die Entstehung der Kontinente*, «Geologische Rundschau», 1912, 3, pp. 276-292.

Id., *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane*, Braunschweig, Vieweg & Son, 1915.

Id., *La formazione dei continenti e degli oceani*, Torino, Giulio Einaudi, 1942.

Id., *La formazione dei continenti e degli oceani*, Torino, Boringhieri, 1976.

D. A. White, D. H. Roeder, T. H. Nelson and J. C. Crowell, *Subduction*, «Geological Society of America Bulletin», 1970, 81, pp. 3431-3432.

A. Wikström, I. Lundström and P. Weihed, *Thomas Lundqvist, a short biography*, «GFF», 119 (1997), 2, pp. 81-83.

H. Williams, *Glowing avalanche deposits of the Sudbury Basin*, «Annual report of the Ontario Department of Mines», 65 (1957), 3, pp. 57-89.

J. T. Wilson, *A possible origin of the Hawaiian Islands*, «Canadian Journal of Physics», 41 (1963), 6, pp. 863-870.

Id., *A new class of faults and their bearing on continental drift*, «Nature», 1965, 207, pp. 343-347.

L. Wilson, R. S. J. Sparks and G. P. L. Walker, *Explosive volcanic eruptions. IV. The control of magma properties and conduit geometry on*

eruption column behaviour, «Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society», 1980, 63, pp. 117-148.

A. Witze, *Why the Tongan volcanic eruption was so shocking*, «Nature», 602, 17 febbraio 2022, pp. 376-378.

K. Wohletz and G. Heiken, *Volcanology and Geothermal Energy*, Berkeley-Los Angeles-Oxford, University of California Press, 1992.

A.-C. Wöfl., H. Snaith, S. Amirebrahimi, C. W. Devey, B. Dorschel, V. Ferrini, V. A. I. Huvenne, M. Jakobsson, J. Jencks, G. Johnston, G. Lamarche, L. Mayer, D. Millar, T. H. Pedersen, K. Picard, A. Reitz, T. Schmitt, M. Visbeck, P. Weatherall and R. Wigley, *Seafloor Mapping – The Challenge of a Truly Global Ocean Bathymetry*, «Frontier in Marine Sciences», 6 (2019), 283, pp. 1-16.

K. Wood, *Making and Circulating Knowledge through Sir William Hamilton's "Campi phlegraei"*, «The British Journal for the History of Science», 39 (2006), 1, pp. 67-96.

D. Zaccagnino, F. Vespe and C. Doglioni, *Tidal modulation of plate motions*, «Earth-Science Reviews», 2020, 205, 103179.

J. R. Zimbelman, D. A. Crown, P. J. Mouginis-Mark and T. K. P. Gregg, *The Volcanoes of Mars*, Amsterdam-Oxford-Cambridge, Elsevier, 2021.

V. M. Zobin, *Introduction to Volcanic Seismology*, London-Waltham, Elsevier, 2012.

B. SITOGRAFIA

<https://ingvulcani.com/2021/01/22/le-eruzioni-di-epoca-storica-delletna/>

<https://ingvvulcani.com/2021/01/25/le-eruzioni-di-epoca-storica-delletna-2/>

<https://ingvvulcani.com/vulcani-in-italia/>

<https://inhigeo.com/>

Hatfield, Gary, *René Descartes*, The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Summer 2018 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL = <https://plato.stanford.edu/archives/sum2018/entries/descartes/>

<https://pubs.usgs.gov/gip/dynamic/Vigil.html>

<https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=211010>

<https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=211020>

<https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=211060>

<https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=211070>

<https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=211080>

<https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=211821>

<https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=243040>

<https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=300250>

<https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=321050>

<https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=332010>

<https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=360120>

<https://www.britannica.com/biography/William-Hamilton-British-diplomat>
Britannica, The Editors of Encyclopaedia. "Sir William Hamilton".
Encyclopedia Britannica, 2 Apr. 2022.

<https://www.ct.ingv.it/index.php/organizzazione/chi-siamo/la-sezione-di-catania/2-uncategorised/307-prof-letterio-carlo-villari-1940-2021>

<https://www.geoitaliani.it/>

<https://www.geolsoc.org.uk/About/History/Obituaries-2001-onwards/Obituaries-2012/John-Edward-Guest>

H. C. Berann, B. C. Heezen and M. Tharp, *Manuscript Painting of Heezen-Tharp World Ocean Floor map*. «Library of Congress», <https://www.loc.gov/item/2010586277/>

<https://www.socgeol.it/files/download/Chisiamo/sezioni/Nicoletta%20Morello-rev.pdf>

<https://www.societastoriadellascienza.it/index.php/it/>

http://www.storicang.it/a/confermato-il-vesuvio-distrusse-pompei-in-ottobre-e-non-in-agosto_15775#amp_tf=Da%20%251%24s&aoh=16668683548955&csi=0&referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com

[https://www.treccani.it/enciclopedia/felice-ippolito_\(Dizionario-Biografico\)/](https://www.treccani.it/enciclopedia/felice-ippolito_(Dizionario-Biografico)/)

[https://www.treccani.it/enciclopedia/gaetano-ponte_\(Dizionario-Biografico\)/](https://www.treccani.it/enciclopedia/gaetano-ponte_(Dizionario-Biografico)/)

[https://www.treccani.it/enciclopedia/giuseppe-recupero_\(Dizionario-Biografico\)/](https://www.treccani.it/enciclopedia/giuseppe-recupero_(Dizionario-Biografico)/)

https://www.treccani.it/enciclopedia/le-nuove-prospettive-della-geologia_%28Storia-della-civilt%C3%A0-europea-a-cura-di-Umberto-Eco%29/#:~:text=Nei%20decenni%20a%20cavallo%20tra%20il%20XIX%20e,solo%20i%20mutamenti%20sopravvenuti%20nel%20corso%20del%20tempo

<https://www.youtube.com/watch?v=Ec30uU0G56U&t=3s>

<https://www.ov.ingv.it/index.php/la-storia-dell-osservatorio>
Storia delle Geoscienze 2021-04 (socgeol.it)

https://youtu.be/yZ_YUjUvi6M

C. BIBLIOGRAFIA RITTMANN

C.1 OPERE DI RITTMANN

W. Kuhn and A. Rittmann, *Über den Zustand des Erdinnern und seine Entstehung aus einem homogenen Urzustand*, Geologische Rundschau, 1941, 32, pp. 215-256.

A. Rittmann, *Étude pétrographique sur une série de roches des gîtes platinifères de l'Oural*, Thèse du doctorat des science, Université de Genève, 1922.

Id., *Die Nutsbarmachung vulkanischer Kräfte*, «Die Naturwissenschaften», 1928, 16, pp. 797-800.

Id., *Die Zonenmethode ein beitrag zur methodik Plagioklasbestimmung mit hilfe des Theodolithisches*, Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen, 1929, 9, pp. 1-46.

Id., *Die Geologie der Insel Ischia*, Berlin, «Zeitschrift für Vulkanologie», 1930.

Id., *Vulkanische Glutwolken und Glutlawinen*, «Naturwissenschaften», 19 (1931), 51, pp. 1017-1020.

Id., *Die geologische bedingte evolution un differentiation des Somma-Vesuvmagmas*, Zeitschrift für Vulkanologie, 1933, 15, pp. 8-94.

Id., *Vulkane und irhe Tätigkeit*, Stuttgart, Ferdinand Enke, 1936.

Id., *Die Dienstbarmachung vulkanischer Kräfte*, «Natur und Volk», 1937, 67, p. 16.

Id., *Bemerkung zur "Atlantic-Tagung" in Frankufurt im Januar 1939*, «Geologische Rundschau», 30 (1939), 3, 4, p. 284.

Id., *Zur Thermodynamik der Orogenese*, «Geologische Rundschau», 1942, 33, pp. 485-498.

Id., *Vulcani Attività e Genesi*, Napoli, Politecnica, 1944.

Id., *Le Temperature Nella Crosta Terrestre e l'Orogenesi*, «Memorie e note dell'Istituto di Geologia Applicata di Napoli», 1947-1948, 1, pp. 21-38.

Id., *Sintesi geologica dei Campi Flegrei*, «Bollettino della Società Geologica Italiana», 1950, 69, pp. 117-128.

Id., *Orogénèse et volcanisme*, «Archives des Sciences», Société de Physique et d'Historie Naturelle de Genève, 1951, 4, pp. 273-314.

Id., *Magmatic character and tectonic position of the Indonesian volcanoes*, «Bulletin Volcanologique», 1953, 14, pp. 45-58.

Id., *Outline of a new geological theory*, «Bulletin de la Société de Géographie d'Égypte», 1956, 19, pp. 11-37.

Id., *Cenni sulle colate di ignimbriti*, «Bollettino dell'Accademia Gioenia di Scienze Naturali in Catania», 4 (1958), 10, pp. 524-533.

Id., *Il meccanismo di formazione delle lave a pillows e dei cosiddetti tufi palagonitici*, «Bollettino delle sedute dell'Accademia Gioenia di Catania», IV (1958), 4, pp. 311-318.

Id., *Sul meccanismo dell'attività vulcanica persistente*, «Bollettino dell'Accademia Gioenia di Scienze Naturali in Catania», Catania, IV (1958), 4, pp. 352-360.

Id., *Vulkane und ihre Tätigkeit*, Stuttgart, Ferdinand Enke, 1960.

Id., *Sur les ignimbrites en Italie*, «Archives Des Sciences Éditées par la Société de Physique et d'Historie Naturelle de Genève», 1961, 14, pp. 423-433.

Id., *On the mechanism of persistent activity*, «Bulletin Volcanologique», 1962, Napoli, XXIV, pp. 301-313.

Id., *Erklärungsversuch zum mechanismus der Ignimbritausbrüche*, «Geologische Rundschau», 1963, 52, pp. 853-861.

Id., *I progressi recenti della vulcanologia e le ricerche sull'Etna*, «Bollettino delle sedute dell'Accademia Gioenia di Catania», IV (1963), VII, 5, pp. 227-239.

Id., *Magmas and magmatic processes*, «Review of World Science», 1964, 6, pp. 137-141.

Id., *I vulcani e la loro attività*, Bologna, Cappelli, 1967.

Id., *Magmas* in S. K. Runcorn (ed.), *International Dictionary Geophysics*, Oxford, Pergamon Press, 1967, pp. 822-830.

Id., *Il dualismo dell'attività vulcanica*, «Le Scienze», (1) 1969, 6, pp. 11-19.

Id., *I vulcani e la loro attività*, Bologna, Cappelli, 1972 (rist. 2^a ed.).

Id., *Structure and evolution of Mount Etna* in J. E. Guest and R. R. Skelhorn (eds.), *Mount Etna and the 1971 eruption*, London, Philosophical Transaction of the Royal Society of London, A, 274, 1238, 1973, pp. 5-16.

Id., *Chemistry of lunar rocks with vulcanological and magmatological considerations and a model of the "hot moon"* in P. Leonardi (ed.), *Volcanoes and Impact Craters on the Moon and Mars*, Amsterdam, Elsevier, 1976, pp. 82-112.

Id., *Introduzione ai problemi del rischio vulcanico nell'area napoletana*, in *Atti Convegno I vulcani attivi dell'area napoletana*, Napoli, Regione Campania, Provincia di Napoli, CNR, Osservatorio Vesuviano, IAVCEI, 1977, pp. 71-82.

Id., *Volcanisme lunaire et origine des planètes*, «Archives des Sciences», Société de Physique et D'Histoire Naturelle de Genève, 30 (1977), 1, pp. 5-14.

Id., *Aspetti vulcanologici*, in *L'attraversamento dello Stretto di Messina e la sua fattibilità*, Atti del Convegno, Roma 4-6 Luglio 1978, «Accademia Nazionale dei Lincei», 1979, pp. 73-90.

Id., *Vulkane und ihre Tätigkeit*, Stuttgart, Ferdinand Enke, 1981.

A. Rittmann and V. Gottini Grasso, *Rocce ignee*, Enciclopedia ENI, 1961.

Id., *Chimismo dei magmi e dinamica dei vulcani*, *Scienza & Tecnica* 68, Annuario della Enciclopedia della Scienza e della tecnica, Milano, Mondadori, 1967, pp. 275-286.

Id., *Vulcanismo* in *Enciclopedia Italiana delle Scienze*, Novara, Istituto Geografico De Agostini, 1969.

Id., *L'Isola d'Ischia-Geologia*, «Bollettino del Servizio Geologico d'Italia», 1980, 101, pp. 131-274.

A. Rittmann e L. Rittmann, *I Vulcani*, Novara, Istituto Geografico de Agostini, 1976.

A. Rittmann and L. Villari, *Volcanism as a tracer in geodynamic processes*, in van der Linden, W. J. M. (ed.), *Fixism, Mobilism or Relativism: Van Bemmelen's Search for Harmony*, *Geologia en Mijnbouw*, 1979, 58, pp. 225-230.

A. Rittmann, R. Romano e C. Sturiale, *L'eruzione etnea dell'Aprile-Giugno 1971*, «Atti della Accademia gioenia di scienze naturali in Catania», 7 (1971), 3, pp. 3-29.

A. Rittmann, L. Villari, M. Di Re and R. Romano, *Studio geovulcanologico e magmatologico dell'Isola di Pantelleria*, «Rivista Mineraria Siciliana», 1967, 106-108, pp. 147-182.

A. Rittmann, V. Gottini Grasso, W. Hewers, H. Pichler and R. Stengelin, *Stable Mineral Assemblages of Igneous Rocks. A Method of Calculation*, Berlin-Heidelberg, Springer, 1973.

C.2 LETTERATURA CRITICA SU RITTMANN

P. Armienti and A. Tripodo, *Petrography and chemistry of lavas and comagmatic xenoliths of Mt. Rittmann, a volcano discovered during the IV Italian Expedition in Northern Victoria Land (Antartica)*, «Memorie della Società Geologica Italiana», 1991, 46, pp. 427-451.

F. Barberi, M. Carapezza, F. Esu Cugusi, P. Gasparini, F. Innocenti and L. Villari, *Alfred Rittmann Special Memorial Issue*, «Bulletin Volcanologique», Journal of the International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior, 44 (1981), 3.

S. Branca e G. Lanzafame, *La miscellanea di Alfred Rittmann (1893-1980): uno sguardo su un secolo di Scienze della Terra*, «Miscellanea INGV», 2016, 30, pp. 7-172.

V. Cabianca e A. Pignatelli Mangoni, *Il Parco letterario eoliano. La didascalizzazione di un arcipelago culturale di luoghi semiotici*, Bologna, Ismecca, 2012.

R. Cristofolini, *Ricordo di Alfred Rittmann*, «Rendiconti della Società Italiana di Mineralogia e Petrologia», 37 (1981), 1, pp. 15-22.

F. Ippolito, *Intorno ad una nuova teoria sull'origine del sial e sull'orogenesi*, Napoli, Genovese, 4 (1945), 13, pp. 39-62.

F. Ippolito and G. Marinelli, *Alfred Rittmann*, «Bulletin of Volcanology», 44 (1981), 3, pp. 217-221.

F. Ippolito e G. Marinelli, *Alfredo Rittmann (1893–1980)* in F. Ippolito (a cura di), *Amici e maestri. Personaggi, fatti e letture: ricordi di un quarantennio*, 1988, Bari, Dedalo, pp. 62-68.

J. Keller and E. Niggli, *Alfred Rittmann: 1893–1980*, Schweizerischen Mineralogischen und Petrographischen Mitteilungen, 1980, 60, pp. 305-309.

E. Lanterno, *Alfred Rittmann 1893-1980*, «Archives Des Sciences Éditées par la Société de Physique et D'Histoire Naturelle de Genève», 34 (1981), 1, pp. 102-105.

Y. Marzoni Fecia Di Cossato, P. Orlandi and G. Vezzalini, *Rittmannite, a new mineral species of the Whiteite Group from the Mangualde Granitic Pegmatite, Portugal*, «Canadian Mineralogist», 1989, 27, pp. 447-449.

P. Michot, *In Memoriam Alfred Rittmann*, «Bulletin de la Classe des sciences», 69, 1983, pp. 339-343.

D. Musumeci, *Alfred Rittmann (1893–1980): Vita e teorie di uno scienziato innovatore*, unpublished Master Thesis, University of Catania, 2018, pp. 96-111.

Id., *Magmatological Tectonics. Alfred Rittmann's paradigm (1893-1980)*, Poster presented at the 44th Symposium of the International Commission on the History of Geological Sciences (INHIGEO), 2019, Varese-Como, (Italy, 2-12 September 2019).

D. Musumeci, S. Branca and L. Ingaliso, *Magmatological Tectonics. Alfred Rittmann's paradigm*, «Earth Sciences History», 40 (2021), 1, pp. 266-281.

D. Musumeci, A. A. De Benedetti, S. Branca and L. Ingaliso, *Rittmann's heritage: A philosophical approach for current research*, in Foulger, G. R.,

Hamilton, L. C., Jurdy, D. M., Stein, C. A., Howard, K. A., and Stein, S., eds., *In the Footsteps of Warren B. Hamilton: New Ideas in Earth Science*, Geological Society of America, 2022, Special Paper 553, pp. 21-28.

F. Penta, *Osservazioni sulla evoluzione e la differenziazione del magma somma-vesuviano secondo le vedute del RITTMANN. Le loro basi e le loro conseguenze nella interpretazione della geologia del territorio fra i Campi Flegrei e Pesto*, Bollettino della Società dei Naturalisti in Napoli, 1937, XLIX, pp. 9-42.

Id., *Le recenti idee del Rittmann sul magma originario e sull'origine del Sial*, «Bollettino della Società sismologica italiana», 1939, XXXVII, pp. 107-136.

Id., *Le recenti idee su magmatismo, vulcanismo e migmatismo in rapporto anche alle profondità degli ipocentri di terremoti vulcanici o magmatici in genere*, «Bollettino della Società sismologica italiana», 1940, XXXVII, pp. 243-256.

Id., *Plutonismo e vulcanismo e la differenziazione petrografico-metallifera*, «Periodico di mineralogia», 1940, XI, pp. 106-141.

H. Pichler, *Alfred Rittmann 1893–1980*, Geologische Rundschau, 72 (1983), 1, pp. 7-11.

C. Principe and L. M. Vezzoli, *Monte Amiata volcano (Tuscany, Italy) in the history of volcanology: 2—its role in the definition of “ignimbrite” concepts and in the development of the “rheoignimbrite” model of Alfred Rittmann*, «Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali», 2020, 31, p. 539-561.

R. Romano, *Rittmann, gli anni di Catania* in G. Binni, A. Vista e F. Obrizzo (a cura di), *Atti del Convegno Rischio vulcanico e programmazione*

territoriale Ricordo di Alfred Rittmann (1893–1980), Napoli, Celebrano, 1989, pp. 25-28.

M. Russo, M. De Lucia, G. Milano e G. P. Ricciardi, *Giuseppe Mercalli e l'Osservatorio Vesuviano: la direzione dal 1911 al 1914* in M. A. Di Vito, G. P. Ricciardi, S. de Vita, E. Cubellis e A. Tertulliani (a cura di) *Giuseppe Mercalli da Monza al Reale Osservatorio Vesuviano: una vita tra insegnamento e ricerca*, Miscellanea INGV, 2014, 24, pp. 145-150.

H. Tazieff, *Preface* in A. Rittmann, *Les Volcans et leur activité*, Paris, Masson et Cie, 1963.

R. W. van Bemmelen, *On the origin and evolution of the Earth's crust and magmas*, «Geologische Rundschau» 1968, 57, pp. 657-705.

C.3 SITOGRAFIA SU RITTMANN

<https://hls-dhs-dss.ch/it/articles/048534/2010-03-22/>

<https://www.encyclopedia.com/science/dictionaries-thesauruses-pictures-and-press-releases/rittmann-alfred-alfredo-ferdinand>

RINGRAZIAMENTI

Quando si chiude un ciclo, i ringraziamenti sono più che doverosi. Il tempo dedicato alla ricerca e allo studio è, inevitabilmente, sottratto agli affetti e ad altri aspetti della vita. Nessun uomo è solo, viviamo immersi in arcipelaghi relazionali.

Il primo pensiero è per i miei genitori, mio fratello, mia cognata e per il mio nipotino e la mia famiglia. In vari modi e innumerevoli volte, mi sono stati accanto. In molti momenti, sono stati determinanti perché potessi andare avanti nelle mie ricerche.

Un altro primo pensiero va ai miei tutor, Luigi e Stefano, perché nonostante una quantità impressionante di impegni accademici, istituzionali e di ricerca, hanno sempre trovato il modo e il tempo di seguirmi e consigliarmi, umanamente e intellettualmente. Se il mio dottorato è stata un'esperienza molto felice, gran parte del merito lo attribuisco a loro. Maestri pazienti e preparati, mi hanno supervisionato con equilibrio, sapendo alternare le giuste correzioni al supporto e agli incoraggiamenti. Le mie scelte riguardanti le linee di ricerca sono sempre state rispettate e discusse criticamente, ma mai imposte dall'alto. A loro la mia stima sincera per il prezioso tempo dedicatomi, per le numerose opportunità di crescita fornitemi in questi anni e per avermi mostrato un modello sapiente di cura e direzione.

L'ex Monastero dei Benedettini, sede del Dipartimento di Scienze Umanistiche, è stato ancora una volta la sede istituzionale delle mie attività, di molti momenti di studio, di riflessione, di lavoro, di quotidianità. Molti problemi esistenziali e teoretici sono stati dissipati nella contemplazione di

un luogo dalla bellezza traboccante. Ritengo un privilegio aver potuto usufruire di questa possibilità.

Il mio dottorato in Scienze dell'interpretazione è stato arricchito da numerose possibilità didattiche, seminariali, e incontri istituzionali. Ciò grazie all'operato del Coordinatore, il prof. Antonino Sichera, del Segretario, prof. Marco Venuti, e dell'intero Collegio dei docenti del dottorato.

Nonostante la situazione pandemica abbia limitato le possibilità d'incontro, i colleghi del XXXV ciclo hanno fatto da sfondo in alcune esperienze e problematiche comuni. Ringrazio in particolare Enrico per la vicinanza e per i momenti di confronto avuti in questi anni.

In questi anni, mi sono rapportato con alcuni professori del Disum per alcune esperienze collaterali al dottorato. Ringrazio il mio tutor Luigi per avermi coinvolto nel Progetto Euroad, coordinato prima dal prof. Bentivegna e poi dal prof. Giarratana, avendomi così permesso di estendere le mie ricerche. Al prof. Giarratana un ringraziamento anche per la guida nelle attività di tutorato.

I professori dei corsi di laurea geologici del Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali sono stati molto importanti nella mia crescita scientifica, per i corsi che ho avuto la possibilità di seguire e per le questioni che ho avuto modo di discutere con molti di loro. Un ringraziamento particolare va ai proff. Cannata, Cirrincione, Fazio, Ferlito, Monaco, Punturo, Viccaro.

Molte ricerche bibliografiche sono state effettuate in biblioteche e archivi. Un ringraziamento al personale delle biblioteche di Scienze dell'antichità e di Scienze della Terra, in particolare alla signora Lucia Petralia, dell'Università degli Studi di Catania; ai bibliotecari della

Regionale Universitaria di Catania e della Zelantea di Acireale; a quelli operanti nella Biblioteca Ardito Desio dell'Università di Milano e nelle biblioteche di Scienze della Terra di Bari e Pisa.

Grazie anche al personale dell'Archivio Storico dell'Università degli Studi di Catania nelle persone del Responsabile Scientifico, dott. Salvatore Consoli, del dott. Antonino Terzo e del dott. Michelangelo Calderaro.

Le attività di associazionismo scientifico hanno accresciuto la mia cultura e mi hanno permesso di conoscere e confrontarmi con numerose personalità di specifici campi della cultura.

Grazie all'INHIGEO, in particolare al prof. Ezio Vaccari e al prof. Andrea Candela.

Grazie alla SISS, in particolare alla presidente prof.ssa Elena Canadelli, al dott. Luca Tonetti e alla dott.ssa Valentina Vignieri.

Grazie all'AIV e alle occasioni di crescita scientifica tra i vulcani. Ricordo con piacere Marco Viccaro, Roberto Scandone, Lisetta Giacomelli, Gianfilippo De Astis, Federico Lucchi, Claudio Tranne, Fabio Speranza, Eugenio Nicotra, Paola Donato, Luigi Vigliotti, Franco Foresta Martin. Così come numerosi studenti e professionisti della geologia con i quali ho condiviso, in questi anni intensi, varie esperienze scientifiche sull'Etna, sul Vesuvio, ad Ischia, nei Campi Flegrei, nelle Isole Pelagie, sui vulcani eoliani così come su quelli islandesi.

Grazie alla SGI, in particolare ad Alessio Argentieri e ai colleghi del gruppo di coordinamento della Sezione di Storia delle geoscienze per gli spunti e per la voglia di portare avanti una comune missione. Un grazie anche ai valutatori che hanno deciso di assegnarmi il Premio Scientifico dedicato alla memoria di Bruno Accordi e Nicoletta Morello.

Tra gli specialisti nel campo della geologia e della vulcanologia, ho avuto la possibilità di crescere grazie al dialogo con il prof. Stefano Furlani, il dott. Arnaldo Angelo De Benedetti, il prof. Giovanni Leone, il prof. Alessandro Iannace.

E ancora, sono stati importanti anche i contatti con Patrick Allard, Roberto Sulpizio, Frederic Lavachery, Fabio Minazzi, Sergio Calabrese, Giuseppe Luongo, Franco Barberi, Aldo Musumarra, diversi ricercatori dell'Osservatorio Etneo dell'INGV.

Loredana Rittmann ha continuato a fornirmi dettagli informali su suo padre. Oltre ad essere utili per ricostruire alcune vicende formali, sono stati importanti per umanizzare molte carte, per ricordarmi che la ricerca e le idee si muovono dentro gli uomini e le donne che le praticano.

La missione in Cile è stata importante per osservare nuovi orizzonti e connessioni inaspettate. Questa esperienza non sarebbe stata fausta se non fossi entrato in contatto con alcune persone dalle quali ho ricevuto un grande aiuto: Álvaro Amigo Ramos, Felipe Fuentes Carrasco, María Teresa Cortés Contreras, María Angélica Contreras Vargas, Constanza Perales Moya, Franco Vera Rivadeneira e José Pablo Sepúlveda.

Ultimo ma non meno importante, un ringraziamento ai revisori esterni che hanno revisionato attentamente questo elaborato, consentendomi di emendarlo da alcune imperfezioni e di intravedere degli spunti di miglioramento per il prosieguo della ricerca.

Molti amici e amiche sono stati compagni di viaggio in questi anni intensi. La loro presenza ha arricchito la mia esistenza e reso più leggeri molti momenti di naturale difficoltà. Un ringraziamento particolare ad Arianna per le esperienze condivise, a Maria Grazia per le opportunità ricevute, al mio figlioccio Vittorio per i momenti di studio condivisi in orari

improbabili, a Marco per la sua voglia di fare, a Marta per gli incoraggiamenti, a Giuseppe per essere stato la mia coscienza critica soprattutto negli ultimi mesi di dottorato, e a Maria per avermi spronato, per l'esempio e per l'incoraggiamento a fare meglio. A loro il mio affetto e la mia riconoscenza.