



MISCELLANEA INGV

Marcello Carapezza,
scienziato e umanista



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

97

Direttore Responsabile

Daniela VERSACE

Editor in Chief

Milena MORETTI

Editorial Board

Laura ALFONSI

Christian BIGNAMI

Simona CARANNANTE

Viviana CASTELLI

Luca COCCHI

Luigi CUCCI

Lorenzo CUGLIARI

Alessia DI CAPRIO

Roberto DI MARTINO

Domenico DI MAURO

Domenico DORONZO

Filippo GRECO

Alessandro IAROCCI

Mario MATTIA

Daniele MELINI

Anna NARDI

Lucia NARDONE

Marco OLIVIERI

Pierangelo ROMANO

Maurizio SOLDANI

Sara STOPPONI

Umberto TAMMARO

Andrea TERTULLIANI

Stefano URBINI

REGISTRAZIONE AL TRIBUNALE DI ROMA N.178 | 2014, 23 LUGLIO

© INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Rappresentante legale: Presidente INGV

Sede: Via di Vigna Murata, 605 | Roma

Tutti i diritti riservati

www.ingv.it



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

MISCELLANEA INGV

Marcello Carapezza, scienziato e umanista

Marcello Carapezza, scientist and humanist

Editor: Franco Foresta Martin

INGV | Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Palermo
Laboratorio Museo di Scienze della Terra Isola di Ustica

Accettato 21 luglio 2025 | Accepted 21 July 2025

Come citare | How to cite Foresta Martin F., (2025). Marcello Carapezza, scienziato e umanista. Misc. INGV, 97: 1-102.
<https://doi.org/10.13127/misc/97>

In Copertina Marcello Carapezza, 1970 (Foto: archivio F. Foresta Martin) (Elaborazione grafica P. Pantani - Al Adobe Firefly) | Cover
Marcello Carapezza, 1970 (Photo: F. Foresta Martin archive) (graphic processing - P. Pantani - Al Adobe Firefly)

INDICE

Introduzione <i>Introduction</i> Franco Foresta Martin	7
Marcello Carapezza - Un geochimico all'Università di Palermo <i>Marcello Carapezza - A geochemist at the University of Palermo</i> Valerio Agnesi	9
La poliedrica figura di Marcello Carapezza <i>The multifaceted figure of Marcello Carapezza</i> Attilio Carapezza	11
Momenti dell'attività scientifica, culturale e sociale di Marcello Carapezza (1925-1987) <i>Moments in the scientific, cultural and social activity of Marcello Carapezza (1925-1987)</i> Franco Foresta Martin	17
La Scuola di Geochemica di Palermo <i>The Geochemistry School of Palermo</i> Pasquale Mario Nuccio	43
Marcello Carapezza e la nascita del monitoraggio geochimico dei vulcani <i>Marcello Carapezza and the birth of geochemical monitoring of volcanoes</i> Alessandro Aiuppa	49
L'Istituto di Geochemica dei Fluidi fondato da Marcello Carapezza e il suo lascito <i>The Institute of Fluid Geochemistry founded by Marcello Carapezza and his legacy</i> Rocco Favara	57
La Sezione INGV di Palermo e l'eredità di Marcello Carapezza <i>The INGV Section of Palermo and the legacy of Marcello Carapezza</i> Antonio Paonita e Rocco Favara	61
Oltre il laboratorio. Marcello Carapezza e la visione "fluida" del Passato <i>Beyond the Laboratory. Marcello Carapezza and the "fluid" vision of the Past</i> Massimo Cultraro	71
Appendici	79
La formazione dei continenti <i>The formation of the continents</i> Marcello Carapezza	81
Energia eruttiva ed energia geotermica nei Campi Flegrei <i>Eruptive energy and geothermal energy in the Phlegrean Fields</i> Marcello Carapezza e Maria Luisa Carapezza	89

Risparmiateci la nuvola nera

Spare us the black cloud

Marcello Carapezza

95

Non basta innaffiare il carbone

Watering coal is not enough

Marcello Carapezza

97

Introduzione

Questo volume di *Miscellanea INGV* è dedicato alla memoria del Professor Marcello Carapezza (1925-1987), geochimico e vulcanologo dell'Università di Palermo, nel centenario della sua nascita.

I contributi qui raccolti sono stati presentati, per la maggior parte, in occasione della X rassegna di "Villaggio Letterario" in onore del Professor Carapezza che si è svolta a Ustica nel mese di agosto 2024. Si tratta di articoli che mettono in evidenza le molteplici doti di Carapezza: scienziato, innovatore, fondatore di una moderna scuola di Geochimica applicata al monitoraggio dei vulcani attivi, alla tutela ambientale e allo studio dei Beni Culturali; ma anche umanista, promotore di iniziative culturali e raffinato divulgatore scientifico attraverso i media. Tutte qualità che hanno lasciato una traccia profonda nell'ambiente accademico, dove gli allievi del Professor Carapezza hanno ulteriormente disseminato e sviluppato i suoi insegnamenti, e nell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) che ha raccolto gran parte della sua eredità scientifica, trasformando l'Istituto di Geochimica dei Fluidi, da lui fondato, nell'attuale Sezione INGV di Palermo.

Assieme ai contributi dei vari autori, mi è sembrato utile riproporre in Appendice a questo volume quattro articoli divulgativi del Professor Carapezza, scritti fra gli anni '70 e '80 del secolo scorso, a testimonianza dell'efficacia della sua spiegazione scientifica e dell'attualità dei temi trattati.

Come curatore di questo volume desidero ringraziare innanzitutto l'INGV che ha accettato la proposta di editare un volume speciale di *Miscellanea* in onore del Professor Carapezza; l'architetto Anna Russolillo, fondatrice e presidente di Villaggio Letterario, che gli ha dedicato la X edizione della rassegna; gli autori dei contributi qui raccolti per la disponibilità a trasformare in testi scritti le loro presentazioni orali; il Professor Valerio Agnesi, emerito di Geomorfologia dell'Università di Palermo, per avere coordinato da *chairman* la giornata di studi che si è svolta a Ustica; i familiari del Professor Carapezza per il costante supporto ricevuto nel corso delle mie ricerche biografiche; la presidente degli Archivi Guttuso, Tiziana Carapezza Guttuso, per la preziosa collaborazione.

Una menzione particolare, colma di gratitudine, rivolgo allo staff di *Miscellanea INGV*, nelle persone di Milena Moretti, Patrizia Pantani e Francesca Di Stefano, che hanno curato con competenza e dedizione l'allestimento di questo volume.

Introduction

*This volume of *Miscellanea INGV* is dedicated to the memory of Professor Marcello Carapezza (1925–1987), geochemist and volcanologist at the University of Palermo, on the centenary of his birth.*

Most of the contributions collected here were presented during the 10th edition of the X Villaggio Letterario conference, held in honour of Professor Carapezza, which took place in Ustica in August 2024. These articles highlight the many talents of Carapezza: an innovative scientist, founder of a modern school of Geochemistry applied to the monitoring of active volcanoes, environmental protection, and the study of cultural heritage; but also a humanist, promoter of cultural initiatives, and a refined science communicator through the media. These are all qualities that have left a deep mark on the academic world, where Professor Carapezza's students further disseminated and developed his teachings, and on the Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), which took on much of his scientific legacy, transforming the Institute of Fluid Geochemistry he founded into today's INGV Palermo Section.

In addition to the contributions of various authors, I considered it appropriate to include in Appendix of this volume four popular scientific articles written by Professor Carapezza between the 1970s and

1980s, as a testament to the clarity of his scientific communication and the continued relevance of the topics he addressed.

As editor of this volume, I wish first and foremost to thank INGV for agreeing to publish a special issue of *Miscellanea* in honour of Professor Carapezza; architect Anna Russolillo, founder and president of Villaggio Letterario, who dedicated the 10th edition of the Ustica conference to his memory; the authors of the contributions hereby collected for their willingness to transform their oral presentations into written texts; Professor Valerio Agnesi, emeritus of Geomorphology at the University of Palermo, for chairing the conference held in Ustica; the family of Professor Carapezza for their constant support throughout the course of my biographical research; the president of the Guttuso Archives, Tiziana Carapezza Guttuso, for her valuable collaboration.

A special mention, filled with gratitude, goes to the staff of *Miscellanea INGV*—Milena Moretti, Patrizia Pantani, and Francesca Di Stefano—who oversaw the preparation of this volume with competence and dedication.

Franco Foresta Martin
Geologo e divulgatore

Keywords Marcello Carapezza; Geochimica applicata; Divulgazione scientifica | Applied geochemistry; Dissemination of scientific knowledge



Il Professor Marcello Carapezza nello studio di Renato Guttuso a Palermo, 1983
(Foto: Giovanni Gagliardo di Carpinello).

Marcello Carapezza in Renato Guttuso's studio in Palermo, 1983 (Photo: Giovanni Gagliardo di Carpinello).

Marcello Carapezza Un Geochimico all'Università di Palermo

Marcello Carapezza A Geochemist at the University of Palermo

Valerio Agnesi

Professore Emerito di Geomorfologia

DISTEM | Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare, Università degli Studi di Palermo

L'intervento che segue è stato presentato dal Professor Valerio Agnesi all'apertura della X rassegna di "Villaggio Letterario", nella sua veste di chairman della giornata di studi in onore del Professor Marcello Carapezza che si è tenuta a Ustica il 5 agosto 2024 (Franco Foresta Martin).

The following presentation was delivered by Professor Valerio Agnesi at the opening of the X "Villaggio Letterario", as chairman of the study day in honour of Professor Marcello Carapezza, held in Ustica on August 5, 2024 (Franco Foresta Martin).

La rassegna "Villaggio Letterario" di Ustica del 2024, dal titolo *Mondi terracquei tra ricerca scientifica e mito nel Mediterraneo*, giunta alla decima edizione, è stata dedicata al ricordo del Prof. Marcello Carapezza (Petràlia Sottana 1925-1987), eminente scienziato e docente di *Geochimica applicata* presso l'Università di Palermo, prematuramente scomparso all'età di 61 anni.

Carapezza non fu solamente un docente ed uno scienziato di fama mondiale, ma anche un uomo di grande cultura che spaziava in diversi campi del sapere e che sapeva coniugare gli ambiti scientifici, propri della sua attività di ricerca, con quelli umanistici, fino ad incarnare la figura di uno studioso rinascimentale, ove la riflessione filosofica *tout court* travalicava i confini delle scienze della natura per abbracciare i più vasti ambiti del difficile rapporto tra uomo e ambiente. Laureatosi in Chimica ed assistente alla cattedra di Mineralogia dell'Università di Palermo, Carapezza, fortemente attratto dagli studi di Geochimica, disciplina che allora muoveva i primi passi, nel 1959 si trasferisce all'Università di Bologna dove avrà modo di consolidare la sua preparazione scientifica grazie anche ad un anno di *fellow* (1962) presso la Penn State University (Pennsylvania, USA).

Vincitore della cattedra di *Geochimica Applicata*, nel 1969 rientrerà a Palermo, dando vita alla scuola geochimica palermitana e fondando e dirigendo l'Istituto di Geochimica dei fluidi del CNR, successivamente inglobato dall'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia). Grazie alla sua competenza ed alla riconosciuta fama in ambito internazionale nel 1978 ricevette dalla NASA, per poterli studiare, alcuni campioni di suolo lunare, prelevati dalla missione Apollo 15.

Amico, tra gli altri, di Camilleri, Sciascia e Guttuso fu proprio lui che, da Prorettore Vicario dell'Università di Palermo con delega al restauro dello Steri (oggi sede del Rettorato), riuscì a convincere il grande maestro bagherese a donare all'Ateneo palermitano il quadro raffigurante la *Vucciria* di Palermo.

Ricordare, quindi, in questa sede, ed oltretutto in quest'isola di natura vulcanica, la figura e l'opera di Marcello Carapezza ci sembra perfettamente in sintonia con il tema della rassegna che vuole coniugare i saperi scientifici con i miti, che, come scrisse il grande antropologo Bronisław Malinowski, sono la *narrazione di una realtà primigenia, forza attiva costruita nel tempo*.

A parlare di Marcello Carapezza si alterneranno familiari, allievi, colleghi e studiosi che consentiranno di poter delineare la grandezza dell'uomo, indagandone le numerose sfaccettature della sua poliedrica personalità.

Consentitemi, prima di dare la parola agli illustri ospiti, un ricordo personale di Marcello Carapezza. Anch'io approdai all'Università di Palermo nel 1969, anno del rientro di Carapezza, ma nell'infinitamente più modesto ruolo di matricola, iscritto al corso di laurea in Scienze Geologiche; dopo la laurea ed espletato il servizio militare, iniziai la carriera universitaria come assegnista di ricerca. Le università italiane, ancorché iniziavano a spirare i venti del post sessantotto, erano saldamente ancorate al modello del dualismo facoltà/istituti; questi ultimi, sorti attorno all'insegnamento principale (cattedra), erano in prevalenza strutture chiuse con scarsi rapporti tra di loro, spesso gestite con logiche di potere baronale. Bisognerà attendere ancora qualche decennio affinché il processo di dipartimentalizzazione degli Atenei, previsto dalla Legge 382 del 1980, ne iniziasse una trasformazione più aderente allo sviluppo delle diverse discipline scientifiche ed anche più democratica.

L'appartenenza di Carapezza e mia a due Istituti diversi (Mineralogia Carapezza, Geologia io) nei quali si articolavano le Scienze della Terra, non mi aveva permesso di poter inserire, quali materie complementari (come allora si chiamavano) insegnamenti che non ricadessero nel mio Istituto e quindi i rapporti con Carapezza erano estremamente sporadici, limitati alle riunioni di coordinamento del corso di studio.

Tuttavia, Marcello Carapezza mi affascinava non solo per l'insegnamento e le ricerche che portava avanti, ma anche per le sue capacità affabulatorie, capaci di attrarre pienamente l'attenzione di un auditorio, per l'eloquio dotto senza tuttavia essere esclusivo e per l'innata signorilità dei suoi comportamenti. Spesso seguivo le numerose conferenze che Carapezza teneva in ambiti diversi, riuscendo ad appassionare a tematiche ai più sconosciute tutti coloro che lo ascoltavano, e sempre in questi casi egli non mancava di manifestare la sua simpatia nei miei confronti.

Quando alla fine del 1986 fui eletto al Consiglio Direttivo della *Società Siciliana di Scienze Naturali* per il triennio 1987/89, Marcello Carapezza, che della Società era stato uno dei rifondatori dieci anni prima e ne era il presidente, ebbe a mostrare grande apprezzamento per l'elezione e volle che sin da subito potessi svolgere un'attività di rilievo all'interno della Società, affidandomi la carica di tesoriere. Pensavo potesse essere l'inizio di un rapporto di più stretta collaborazione tra noi, ma il male che lo aveva colpito ne avrebbe stroncato di lì a poco l'esistenza.

È quindi con grande emozione che partecipo a questa serata per poter portare anche il mio piccolo contributo al ricordo di un grande uomo come fu Marcello Carapezza.

La poliedrica figura di Marcello Carapezza

The multifaceted figure of Marcello Carapezza

Attilio Carapezza

Già professore di Letteratura Inglese, Facoltà di Lettere e Filosofia, Università di Palermo

Società Siciliana di Scienze Naturali

L'intervento che segue è stato presentato dal Professor Attilio Carapezza alla X rassegna di "Villaggio Letterario", nella giornata di studi in onore del Professor Marcello Carapezza che si è tenuta a Ustica il 5 agosto 2024 (Franco Foresta Martin).

The following presentation was delivered by Professor Attilio Carapezza at the opening of the X "Villaggio Letterario", as part of the study day in honour of Professor Marcello Carapezza, held in Ustica on August 5, 2024 (Franco Foresta Martin).

Ho accettato volentieri ma con un po' di imbarazzo l'invito a parlare e scrivere di Marcello Carapezza, mio padre, a cui è stata dedicata la X edizione del Libro Festival di Ustica del 2024 promossa da Franco Foresta Martin, Anna Russolillo e Valerio Agnesi. Ho parlato di imbarazzo, perché credo che per chiunque parlare del proprio padre non sia una cosa facilissima, quindi per farlo cercherò di attenermi il più possibile al necessario distacco. Inoltre, sento di vivere più parti in commedia perché, parlando di Marcello Carapezza, so di parlare non solo di mio padre ma anche della sua figura pubblica di scienziato umanista e di colui che mi ha preceduto alla presidenza delle Società Siciliana di Scienze Naturali. Del resto, mio padre era abituato e ci ha abituati alla irrinunciabilità della complessità.

Nel 2017, trentennale della morte di Marcello Carapezza, Franco Foresta Martin ne ha raccolto un certo numero di scritti nel volume *Molti fuochi ardono sotto il suolo*, edito da Sellerio. Nella magnifica introduzione che vi ha premessa, densa ed esaustiva, racconta come, quando mio padre si iscrisse all'università, fosse stato a lungo indeciso fra il Corso di laurea in Filosofia e quello in Chimica. La mia sensazione è che egli abbia posto a sé stesso delle precise condizioni nel momento in cui compiva la scelta definitiva di divenire uno scienziato 'duro', uno scienziato galileiano. Aveva il mito di una triade costituita da Empedocle, Archimede e Galilei, Galilei soprattutto, quindi uno scienziato nel senso del lavoro sull'esperimento, sull'osservazione diretta, sulla conoscenza della realtà attraverso dati e numeri. Ma in qualche modo l'ipoteca umanistica gli era rimasta dentro e ha scelto sì di divenire scienziato, ma imponendosi delle precise condizioni.

La prima di queste è che la scienza non dovesse essere mai fine a sé stessa. Detestava l'idea della scienza come sapere racchiuso "nei segreti recessi di una torre d'avorio" che si rispecchia soltanto in sé stesso. Riteneva invece che il sapere dovesse essere accompagnato sempre e comunque, fin quasi a farne un dovere di chi praticava la scienza, da ideali democratici. Questa convinzione emerge già con chiarezza nella prefazione scritta nei tardi anni '50, quando era ancora giovanissimo, al libro di H. e G. Termier sulla *Formazione dei continenti*, uno dei primissimi libri sull'argomento e l'unico che Marcello Carapezza abbia mai tradotto in vita sua. L'idea di prepararne una edizione italiana per l'editore Sansoni era estremamente innovativa. Mentre oggi siamo abituati alla saggistica divulgativa, anche in ambito scientifico, negli anni '50 e '60 la divulgazione di conoscenze specialistiche in Italia era un ambito pressoché inesistente.

Quindi lui ritenne che un libro facilmente accessibile su un argomento così rilevante e moderno, andasse a coprire un vuoto editoriale. Scrisse una breve introduzione in cui sottolineava come la divulgazione, che è arte ampiamente praticata e diffusa nella cultura francese e nella cultura anglosassone, fosse pressoché assente nella cultura italiana che tradizionalmente è stata fatta di accademie e circoli esclusivi, preclusi alla società.

La pubblicazione del libro dei Termier in italiano è stata una sorta di atto politico, di pietra lanciata nello stagno di una editoria tradizionalista. Marcello Carapezza ha accompagnato l'attività di ricerca sempre alla divulgazione delle ricerche che conduceva, perché aveva la convinzione che non ci fosse argomento in sé così complesso da non poter essere, trovando le parole giuste, compreso da chiunque. Riteneva, in particolare, che la chiarezza, sia nella comunicazione orale sia nella scrittura, fosse un dovere dell'uomo di scienza. Una dote che gli è sempre stata riconosciuta è di essere stato un grande comunicatore.

C'era un autore inglese che amavamo tutti e due, che era Jonathan Swift, l'autore dei *Viaggi di Gulliver*. Ci affascinava in particolare un dettaglio della sua biografia. Swift, alla fine di ogni giornata, prendeva in mano le pagine che aveva completate, faceva sedere di fronte a sé la sua vecchia governante, completamente ignorante, e le leggeva quello che aveva scritto. Finché quella non aveva capito perfettamente il contenuto di quelle pagine, lui non era soddisfatto, pensava di aver assolto male al suo mestiere. Credo che mio padre abbia sempre tenuto in considerazione questa lezione.

L'imperativo della chiarezza trovava un riscontro nella sua grafia, leggibilissima e regolare, quasi come un attuale font digitale.

Assieme a questo c'era l'idea che non esistono una cultura scientifica e una cultura umanistica. Quasi si irritava a sentire evocare l'idea delle due culture. Pensava che l'Italia avesse sofferto fin troppo la pesantissima eredità del crocianesimo con l'idea di una cultura alta, quella umanistica, di serie A, e una cultura di serie B che si occupava di pseudoconcetti 'terra terra', per rimanere alla lettera in ambito geologico. Esiste piuttosto una sola cultura che si articola in una pluralità di modalità espressive diverse.

Nei suoi scritti, soprattutto nei suoi scritti divulgativi, c'è un continuo gioco di rimandi tra cultura scientifica e cultura letteraria, umanistica. Lo illustrano con chiarezza le prime righe di un suo scritto del '74 sulla formazione dei continenti.

"Al di là dei monti che chiudono l'ultimo orizzonte si stende una pianura in cui domina un cubo di granito. Il lato di questo cubo è di 1000 chilometri. Ogni mille anni giunge, un uccellino e dà un colpo di becco a quel cubo. Quando tutto il cubo sarà disfatto, sarà passato un giorno dell'eternità. Così è scritto nel *Mahabharata*, il grande poema indiano che è anche il più antico poema di cui abbiamo conoscenza.

La verità poetica di questa citazione si direbbe immaginata da un poeta geologo: quando quel cubo sarà disfatto, sarà trascorsa un'era geologica, sarà concluso un grande ciclo che darà immediatamente origine a un altro." Il poeta e lo scienziato si riferiscono entrambi alla stessa verità, ma ciascuno con i propri strumenti espressivi.

La seconda condizione che si era, secondo me, sin dall'inizio imposta è che la conoscenza, la scienza in particolare, dovesse riversarsi nel tessuto sociale, dovesse andare a vantaggio del bene comune, dell'interesse collettivo, e che questo fosse un dovere primario dello scienziato, nel suo campo specifico e possibilmente in altri campi a cui il suo raggio d'azione potesse allargarsi. Questa idea riflette una concezione del sapere e della figura del sapiente come investiti di una grande responsabilità.

Marcello Carapezza ha avuto la fortuna che la parte più significativa della sua attività accademica sia stata quella compresa fra la fine degli anni '60 e la metà degli anni '80. Nel 1969, dopo oltre un decennio trascorso tra l'Università di Bologna e quella di Penn State negli U.S.A., fa ritorno all'Università di Palermo dove diviene quasi subito Preside della Facoltà di Scienze matematiche,

fisiche e naturali. Era un periodo di grandi tensioni ideali, in cui da parte sia della società italiana sia del mondo politico c'era molto rispetto per l'Università. Oggi direi che non è più così da tempo, sin dall'anatema scagliato da Bettino Craxi contro il mondo della cultura con la celebre locuzione "Intellettuali dei miei stivali!" a partire dalla quale il 'rispetto' di quel periodo fausto si è capovolto in crescente diffidenza.

Credo che mio padre abbia saputo, come dire, sfruttare in più di un'occasione questo prestigio di cui godeva l'Università. E questo gli ha consentito anche delle incursioni in ambiti che non erano strettamente il suo. Era, per esempio, indignato del fatto che in Sicilia fosse consentita, grazie ad una malintesa autonomia regionale, la caccia primaverile. Si trattava di una vera vergogna, che consentiva che in Sicilia, territorio di transito degli uccelli migratori che arrivano dall'Africa stremati per l'attraversamento prima del deserto del Sahara, poi della distesa del Canale di Sicilia, trovassero uno sbarramento di fuoco a farne strage.

Utilizzò la sua posizione di Preside della Facoltà per proporre, nel 1972, al Consiglio di Facoltà una delibera, che fu votata all'unanimità, in cui si richiedeva alla Regione Siciliana l'abolizione della caccia primaverile. Miracolosamente la cosa funzionò, la Regione Sicilia abolì per legge la caccia primaverile e da allora gli uccelli migratori possono sorvolare senza rischi il territorio dell'isola. Oggi credo che nessun politico leggerebbe più il dettato della delibera di un organismo universitario, né tantomeno se ne farebbe guidare.

Ovviamente, quella iniziativa gli diede grande popolarità presso gli ambientalisti, ma lo fece detestare dal mondo dei cacciatori. Ricordo lettere anonime che preoccupavano molto nostra madre, il cui tenore era che "sapevano contro chi indirizzare il piombo messo da parte per gli uccelli migratori".

Almeno in un'altra occasione utilizzò il 'prestigio dello scienziato' in un campo che non era esattamente il suo, per scongiurare un rischio che ha corso Palermo fra il 1980 e il 1981. In quel biennio un ministro siciliano, di un certo peso, aveva sposato l'idea che Palermo dovesse diventare l'hub carbonifero di tutto il Mediterraneo.

Il porto di Palermo sarebbe stato sommerso da immensi cumuli di carbone e siamo stati veramente a un passo dalla sua realizzazione. Marcello Carapezza scrisse una serie di articoli di fuoco (vedi Appendice). Sono articoli interessanti, perché dimostrano la sua capacità di utilizzare un'ironia anche feroce quando serviva. Comparsi nel 1981 sul *Giornale di Sicilia*, si dimostrarono di straordinaria efficacia perché bloccarono definitivamente il progetto che avrebbe causato la rovina ambientale di Palermo.

In uno si legge: "È ben noto che, un quarto d'ora prima che morisse, era ancora in vita il signor De La Palisse".

Il signor De La Palisse è l'uomo da cui è derivato l'aggettivo "lapalissiano", che indica una palese ovvietà, qualcosa cioè che è talmente evidente da risultare evidente e scontato, se non addirittura ridicolo per la sua ovvietà.

E continua: "Ma ora si sa anche che il carbone non sporca e non inquina se nessuno lo tocca e lo trascina. Questo straordinario verdetto viene nientedimeno che dalla Commissione provinciale per l'Ambiente e quindi dall'organo che per legge dovrebbe tutelare l'ambiente dall'inquinamento. Nel porto di Palermo dove si era progettato il più grande terminal carbonifero del Mediterraneo, si è cominciato a fare esperienza con piccole quantità di carbone. ... Ma la Commissione ha rilevato testualmente che 'la sola presenza di polvere di carbone ammassata al porto non può provocare inquinamento ambientale'.

Fatto il primo passo, la Cpa potrà fare i successivi. Potrà autorizzare lo scarico di qualsivoglia veleno in un fiume, se l'acqua di quel fiume non scorre e sta ferma, potrà soprattutto autorizzare l'emissione di qualsivoglia sostanza tossica nell'aria, anche la diossina, se non c'è vento o se si presta attenzione alle 'giornate particolarmente calde e ventose'. Ma allora a che cosa servirebbe la sola presenza della polvere di carbone nel porto di Palermo?"

Nella vita di Marcello Carapezza le amicizie hanno svolto un ruolo importantissimo.

Se come scienziato manteneva sempre un atteggiamento distaccato e neutrale nell'osservazione dei fenomeni naturali e nella valutazione dei dati, nelle amicizie era passionale e persino partigiano. Percepiva la soggettività dell'amico come posta su un gradino di oggettività. Da sempre ha avuto amici estremamente cari e intimi, e le sue amicizie hanno riflettuto spesso i suoi fortissimi interessi umanistici, artistici, musicali. Fu amico di celebri direttori d'orchestra come Sergiu Celibidache e Andrea Gavazzeni; adorava la musica lirica e sapeva fischiare a memoria per intero le tante opere che amava. Quando fischiava un'opera ricorreva a una misteriosissima tecnica perché riusciva a fischiare contemporaneamente più tonalità come se avesse avuto in gola due o tre strumenti insieme. Per noi è rimasto un enigma scomparso con lui.

Negli anni universitari era legatissimo a degli amici di un cenacolo di cui facevano parte Angelo Musco Junior e Andrea Camilleri. Erano tutti giovani estremamente scintillanti e creativi. Assistevano a spettacoli musicali e teatrali e poi passavano notti intere a conversarne e commentarli, ma anche a poetare, improvvisando versi. Marcello Carapezza aveva una facilità straordinaria di versificazione, riusciva a parlare in versi estremamente brillanti. Andrea Camilleri ha rievocato la scoppiettante atmosfera di questo cenacolo in "Ricordo di Marcello", posto ad apertura del già citato volume *Molti fuochi ardono sotto il suolo*.

Fra gli amici degli anni giovanili la cui amicizia si è protratta tutta la vita ci fu soprattutto Renato Guttuso, con cui il rapporto è sempre stato particolarmente intenso, basato su una stima reciproca illimitata (Figura 1). Mio padre ricordava sempre con emozione il momento in cui l'aveva incontrato per la prima volta. Era a cena con amici in una trattoria romana e si aspettava questo giovane pittore di nome Renato. A un certo punto arrivò e allargando le braccia si rivolse a tutti dicendo "Amici". Mio padre commentava: "Non ho mai potuto dimenticare quel gesto d'abbraccio perché era come se offrisse il mondo e lo ricevesse anche dagli altri". È una storia che in qualche modo ricorda il mondo della *Bohème*, in cui si dice "Amici!", allo stesso modo. Fu un'amicizia durata tutta la vita, ripresa con particolare intensità dopo il ritorno a Palermo nel 1969. Non c'era una festività che non passassimo assieme. Renato Guttuso era al centro di una rete di conoscenze che coinvolgevano l'intera intelligenza europea. A casa di Guttuso si incontravano sempre grandissime personalità, da Picasso a Moravia a De Chirico. Il loro era un rapporto estremamente intenso; le loro conversazioni, che erano sempre estremamente appassionate, affrontavano tutti i grandi temi della contemporaneità. Un terzo amico comune era Leonardo Sciascia (Figura 2), molto legato ad entrambi, ma Sciascia era un'intelligenza illuministica e fredda, spesso tagliente. Sciascia diceva di sé stesso "Io non ho inconscio". Per mio padre Sciascia era una sorta di oracolo. Quando avveniva uno dei tanti eventi che sconvolsero gli anni '70, come il giorno in cui fu sequestrato Aldo Moro mio padre diceva: "Andiamo da Leonardo e sentiamo che ne pensa lui". Leonardo aveva una straordinaria lucidità di analisi, che sapeva immediatamente dare il senso di una situazione. Con Sciascia erano amici accomunati da una profonda intesa, che dividevano soprattutto la sfida e il piacere della ricerca. Il libro che Sciascia dedicò a *Il caso Maiorana* fu in buona parte l'esito di ipotesi messe a fuoco nelle loro conversazioni sull'argomento. Nella nostra famiglia abbiamo avuto il privilegio di essere stati esposti a grandi frequentazioni che hanno depositato nel nostro lessico familiare una serie di frasi memorabili. Ce ne sono un paio di Leonardo Sciascia che riteniamo indimenticabili. Sciascia era estremamente abitudinario, andava a letto prestissimo, già alle nove di sera e la mattina si svegliava prestissimo, attorno alle quattro. Scriveva in modo creativo dalle cinque alle otto, poi dedicava la mattina alle letture e il pomeriggio ad eventi sociali come incontri con gli amici o visite di gallerie d'arte. Una sera che erano a cena a casa nostra e si era fatto appena tardi, Sciascia si volge verso la moglie e le dice: "Maria, sono le dieci e non è Capodanno!" Questa frase la ripetiamo spesso, è divenuta un *refrain* del lessico di casa Carapezza.

Ne potrei citare un'altra che testimonia di un certo cinismo sulfureo dello scrittore. Era una sera

di Natale e al cenone a casa dei miei erano presenti Renato Guttuso, Antonello Trombadori, Leonardo Sciascia e altre personalità come il tenore Luigi Infantino, che godeva allora di grande notorietà. Nato anche lui a Racalmuto, era stato compagno di scuola e amico di tutta una vita di Leonardo Sciascia. Per questa intimità che risaliva all'infanzia, era uno dei pochissimi a poterlo chiamare Nanà. A un certo punto ognuno dei commensali offrì un saggio del proprio talento: Guttuso disegnò una colomba, Infantino cantò una romanza, un altro recitò una poesia, ma Sciascia rimaneva ostinatamente in silenzio. Infantino lo sollecitò dicendogli: "Nanà, io ho cantato, Renato ha disegnato e tu non devi fare niente?" Lo scrittore lo gelò: "Luigi, tu pensa a morire e io ti scrivo l'epitaffio!"



Figura 1 Marcello Carapezza con Renato Guttuso nello studio del pittore di Velate (Varese), 1974. Alle spalle un bozzetto preparatorio per *La Vucciria* (Foto: famiglia Carapezza).

Figure 1 Marcello Carapezza with Renato Guttuso in the studio of Velate (Varese), 1974. In the background, a preparatory sketch for *La Vucciria* (Photo: Carapezza family).

Mi avvio alla conclusione con una breve citazione da un commosso articolo che Marcello Carapezza scrisse in morte di Renato Guttuso, scomparso il 18 gennaio 1987, poco più di tre mesi dopo la moglie Mimise: "Sono passati quasi cento giorni dalla scomparsa di Mimise Guttuso (novantotto per la precisione), un breve trascorrere di tempo nella dimensione d'una vita umana,

ma cento giorni amari e lunghissimi per Renato Guttuso che li ha vissuti nello struggimento di quella assenza. ... Quelle sue mani bellissime che nessuno aveva mai visto inoperose, senza un pennello, un carboncino o una matita, quelle sue mani erano in quei cento giorni quasi immobili o scandite dal regolare portare alle labbra la sigaretta o un sorso di whisky. Parlava lentamente, con impressionante lucidità, ma con un incolmabile distacco da tutte le cose. Erano sempre i suoi temi consueti, ma li vedeva da lontano, vorrei dire con dolcezza, senza il fuoco delle passioni di cui la sua conversazione bruciava in altri tempi. C'era su tutto, sul suo dire, sul suo agire, sulle sue determinazioni, una grandissima dignità, accompagnata da un pudore tale da celare anche un solo lamento. Del male che lo aveva colpito non parlava mai con nessuno; se doveva lamentarsi taceva invece e lo sguardo si faceva triste.

Una sopravvivenza si diceva. Quasi una attesa di questo 18 gennaio in cui anche Renato Guttuso se n'è andato poco dopo Mimise. Scivola dunque verso il mito questa coppia così straordinaria su cui si dovrà e si potrà scrivere a lungo, ma scivola del resto verso il mito, vi scivola in punta di piedi, irresistibilmente, anche la sua arte e la sua umanità."

A distanza di meno di un anno, il 2 settembre 1987, anche Marcello Carapezza avrebbe concluso la sua esistenza terrena. Quasi circolarmente lui, che aveva ritratto l'amico Renato in 'scivolamento verso il mito', sarà ritratto immerso in una dimensione mitica nella commemorazione che gli dedica il grande antropologo Antonino Buttitta: "Marcello Carapezza aveva la virtù rara, quando avviava un discorso con i suoi interlocutori, o quando teneva una conferenza, oppure era una semplice presenza fisica in un pubblico evento, di trasmettere al luogo e alle persone una tensione mitica. Egli stesso appariva come un attore di un mito antico che bastava recitare perché le cose dette o sperate si trasformassero agli occhi dei fedeli in presenze reali."



Figura 2 Marcello Carapezza con Leonardo Sciascia a Polizzi per la celebrazione del centenario della nascita di Giuseppe Antonio Borgese, 1982 (Foto: famiglia Carapezza).

Figure 2 Marcello Carapezza with Leonardo Sciascia in Polizzi for the celebration of the centenary of the birth of Giuseppe Antonio Borgese, 1982 (Photo: Carapezza family).

Momenti dell'attività scientifica, culturale e sociale di Marcello Carapezza (1925-1987)

Moments in the scientific, cultural and social activity of Marcello Carapezza (1925-1987)

Franco Foresta Martin

Geologo e divulgatore

INGV | Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Palermo

Laboratorio Museo di Scienze della Terra Isola di Ustica

1. Premessa

Quando ricevetti dai familiari del Professor Marcello Carapezza (Figura 1) l'incarico di scrivere l'introduzione a una raccolta di suoi scritti divulgativi su tematiche di Scienze della Terra, poi pubblicata da Sellerio editore nel trentennale della sua scomparsa [Carapezza, 2017] (Figura 2), esitai a lungo sul taglio da dare al mio contributo. Un semplice commento al contenuto e alla persistente attualità di quegli articoli mi sembrava riduttivo, se non addirittura superfluo, tanto forte era – e rimane – la capacità del Professor Carapezza di rivelarsi compiutamente attraverso i suoi scritti, comunicando insegnamenti ed emozioni senza bisogno di ulteriori chiose. Pensai allora a una breve biografia, con l'intento di far conoscere alle nuove generazioni il contributo del Professor Carapezza alla nascita e allo sviluppo di una moderna scuola di Geochimica nel nostro Paese, nonché alla promozione della cultura scientifica in senso più ampio. Questo proposito, tuttavia, si scontrava con i limiti di spazio imposti dall'editore.

Decisi quindi di individuare, nel ricco – seppur breve – percorso umano e scientifico del Professor Carapezza, alcuni momenti nei quali egli ha impresso una svolta alla sua esistenza e alla sua attività di ricerca: momenti che segnano salti di qualità individuali, diventati ben presto collettivi, a vantaggio di chi ha avuto l'opportunità di far parte del suo gruppo di lavoro.



Figura 1 Marcello Carapezza nel 1970
(Foto: archivio F. Foresta Martin).

Figure 1 Marcello Carapezza in 1970
(Photo: F. Foresta Martin archive).

Le note che seguono, in parte pubblicate nell'introduzione al citato volume edito da Sellerio, costituiscono la versione integrale del mio contributo, che mi auguro potrà servire da base per lo sviluppo di una biografia più approfondita del Professor Marcello Carapezza.



Figura 2 La raccolta di articoli e saggi di divulgazione scientifica del Prof. Marcello Carapezza. Sellerio editore, 2017.

Figure 2 The collection of newspaper articles and popular science essays by Professor Marcello Carapezza. Sellerio editore, 2017.

2. Lo scrittore e lo scienziato (*in pectore*)

«Io e Marcello passeggiavamo a lungo in via Libertà, ci facevamo una grandissima simpatia ed avevamo una sorta di affinità elettiva sia per gusti pittorici che letterari; passavamo lunghe ore a camminare parlando di arte e letteratura. Solo dopo ho saputo che gli interessi di studente di Marcello non erano di indirizzo letterario. Avevo sempre immaginato che studiasse filologia romanza o, addirittura, filosofia. Non aveva infatti mai accennato ai suoi studi scientifici. Fu per me una rivelazione sapere che era studente in chimica» [Camilleri, 2017].

Così lo scrittore Andrea Camilleri (1925-2019) (Figura 3) ha rievocato la sua giovanile amicizia con il coetaneo Marcello Carapezza (1925-1987) (Figura 4) - futuro chimico, vulcanologo e fondatore della scuola di geochimica all'Università di Palermo -, consegnandoci una delle rare testimonianze sugli anni formativi dello scienziato [Camilleri, 2017]. Anni caratterizzati da una duplice vocazione, sia per le materie umanistiche sia per quelle scientifiche, che induce Carapezza a iscriversi alla facoltà di Chimica mantenendo tuttavia aperta l'opzione di cambiare indirizzo di studi. Era un modo di mettersi precocemente alla prova nel terreno della ricerca e decidere la strada da seguire una volta acquisita la consapevolezza delle proprie capacità e degli ostacoli da superare.

I tempi in cui si sviluppa l'intenso sodalizio fra i due studenti ventenni sono quelli dell'immediato dopoguerra, tra il 1944 e il 1948, come ha raccontato lo stesso Camilleri nella nota introduttiva a una raccolta di articoli divulgativi di Marcello Carapezza pubblicata postuma [Camilleri, 2017].

Il contesto è la città di Palermo ancora frastornata dal fragore dei bombardamenti, dove l'Università ha da poco ripreso la sua attività e, assieme alla vita civile, si riaccende anche quella culturale. Sono soprattutto i giovani intellettuali ad animare il dibattito politico soffocato da anni di propaganda di regime, a trasformare i salotti di alcuni attivisti politici antifascisti in un ritrovo abituale di filosofi, letterati e artisti, aggiungendo al fervore per la libertà ritrovata una buona dose di allegra sregolatezza.



Figura 3 Andrea Camilleri a 25 anni (il primo a sinistra), mentre recita una sua poesia davanti alla giuria delle 'Olimpiadi culturali della gioventù' (Genova, 1950). Al tavolo della giuria, dopo Camilleri, da sinistra: Flora Volpini, Alfredo Poggi, Giacomo De Benedetti, Galvano della Volpe e Sibilla Aleramo (Foto: anonimo, pubblico dominio).
Figure 3 Andrea Camilleri at age 25 (first on the left), reciting one of his poems before the jury at the "Youth Cultural Olympics" (Genoa, 1950). At the jury's table, after Camilleri, from left: Flora Volpini, Alfredo Poggi, Giacomo De Benedetti, Galvano della Volpe, and Sibilla Aleramo (Photo: anonymous, public domain).

Nel gennaio 1944 Camilleri si era da poco iscritto alla facoltà di Lettere e Filosofia dell'Università di Palermo, iniziando un percorso di studi umanistici che non avrebbe portato a compimento [Camilleri & Lodato, 2002]; non scriveva ancora romanzi ma poesie che pubblicava su alcune riviste letterarie e qualche volta declamava in pubblico. Camilleri è introdotto da amici al salotto di Giuseppe Ruggero, figliastro di Giuseppe Montalbano, segretario del PCI siciliano. E lì, nella bella Villa Montalbano di via Marchese Ugo, «*meta obbligata degli artisti, degli intellettuali che vivevano a Palermo o che vi passavano*», conosce Marcello Carapezza [Camilleri, 2017].

Figura 4 Marcello Carapezza all'età di circa 25 anni
(Foto: famiglia Carapezza).

Figure 4 Marcello Carapezza at about age 25
(Photo: Carapezza family).



La poesia è il primo terreno di affinità su cui si stringe l'amicizia fra Andrea e Marcello. La sera del primo incontro, lo scrittore in pectore rimane incantato nel sentire la passione con cui il futuro scienziato declama a memoria un componimento della poetessa Corinna Mali (pseudonimo rimasto inesplicito), pubblicato sulla rivista letteraria «Mercurio», diretta da Alba de Cespedes. Qualche sera dopo, nello stesso salotto, Marcello si manifesta non solo valente dicitore, ma anche abile improvvisatore di ironiche quartine, una dedicata allo stesso Camilleri con l'accompagnamento al piano del giovane compositore Angelo Musco jr., figlio del celebre attore dialettale siciliano.

<i>Del giovin Camilleri</i>	<i>Però maggior fattezza</i>
<i>Noi diamo qui un ritratto</i>	<i>Avrà se ci rivela</i>
<i>Diciamo perciò subito</i>	<i>Perché stia la salvezza</i>
<i>Che è già un poeta fatto.</i>	<i>Nel bianco di una vela.</i>

Caricatura in versi che, per quanto improvvisata, rivela l'humor sottile e raffinato di cui era dotato Marcello Carapezza. La stoccata finale era per la criptica metafora conclusiva di una poesia da poco composta da Camilleri. Ma non finì lì: «*Marcello proseguì a dedicare poesie a tutti i presenti, con Musco che lo seguiva al pianoforte. Qualcuno rispose all'invito poetico, si continuò tutta la notte*» [Camilleri, 2017]. Insomma, fra Camilleri e Carapezza è amicizia a prima a vista e i due iniziano a frequentarsi con assiduità. «*Ricordo la passione musicale di Marcello, i miei incontri con lui erano frequenti, almeno tre quattro volte la settimana. Se assistevamo ad un concerto, ad uno spettacolo, se ne discuteva, si dibatteva, fino a notte alta...Eravamo un gruppo legatissimo di cui facevano parte anche ragazze. Andavamo a fare il bagno a Sferracavallo a casa di un'amica, di cui tutti eravamo innamorati*» [Camilleri, 2017].

Nel 1948 Giuseppe Ruggero, l'animatore del salotto letterario, scompare improvvisamente. Dopo infruttuose ricerche, solo alcuni suoi abiti vengono riconosciuti in una grotta di Monte Pellegrino, ma del suo corpo non si troverà più traccia. Suicidio o omicidio? La magistratura non risolve il caso. L'evento è talmente traumatico che tutti gli abituali frequentatori del salotto non avranno più l'estro di tornare a far gruppo. «*La sparizione di Giuseppe ci fece disperdere così bruscamente,*

così brutalmente come quando un vecchio termometro si rompe e le palline di mercurio sfuggono via all'impazzata. Non riuscimmo più a parlarci, non ci vedemmo mai più» [Camilleri, 2017].

Il mai più di Camilleri, almeno per quanto riguarda la sua frequentazione con Marcello Carapezza, equivale a dire che si sono persi di vista per un lunghissimo lasso di tempo: ventidue anni, fino al 1970. Nel frattempo, Camilleri è diventato regista, sceneggiatore, autore di programmi televisivi della Rai. Carapezza chimico, professore ordinario di Geochimica Applicata all'Università di Palermo e vulcanologo.

A farli incontrare, questa volta, è la Luna, il nostro satellite naturale su cui i due astronauti americani Armstrong e Aldrin hanno da poco messo piede (luglio 1969), aprendo la via al programma Apollo che continuerà con una serie di sbarchi umani e di esplorazioni per approfondire lo studio dell'ambiente lunare. Camilleri, in veste di regista, si trova un pomeriggio del 1970 nella sede romana della Rai ad allestire lo studio dove sarà registrato un programma dedicato all'impatto culturale della conquista della Luna, con la partecipazione di scienziati, letterati e artisti selezionati dalla redazione. Non di tutti gli invitati conosce in anticipo i nomi: gli saranno presentati a mano a mano che arriveranno. Carapezza è appena sbarcato a Roma proveniente da Houston dove, grazie alle sue prestigiose credenziali scientifiche, ha ottenuto l'assegnazione di un certo numero di campioni lunari da sottoporre ad analisi. Si presenta in studio troppo presto, quando l'allestimento non è ancora ultimato. Camilleri, ignaro di chi sia il professore in anticamera, gli fa dire che deve aspettare e s'infastidisce quando gli riferiscono che l'ospite-scienziato è stanco per il jet-lag e vorrebbe riposarsi qualche minuto su una poltrona. Gli va incontro per convincerlo a ripresentarsi più tardi e, dopo un brevissimo battibecco: «*Ma tu sei Marcello!*», «*Ma tu sei Andrea!*». E i due amici ritrovati si abbracciano davanti agli occhi attoniti del direttore dello studio televisivo. Si mettono reciprocamente al corrente del lungo itinerario di vita trascorso dai tempi dell'Università. Stavolta – promettono – non perderanno più i contatti, anche se poi saranno per lo più telefonici a causa dei reciproci impegni di lavoro [Camilleri, 2017].

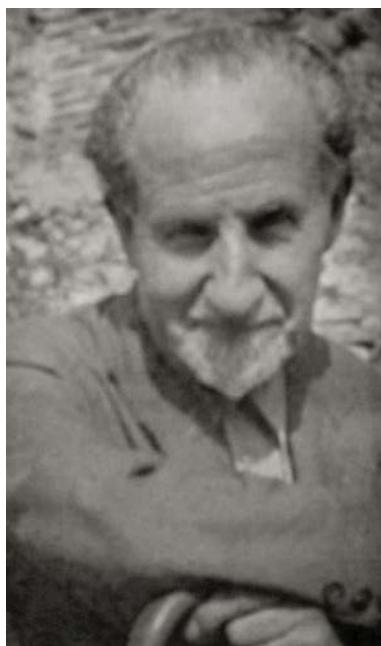
Qualche anno dopo si ritroveranno ancora insieme per fare da pacieri fra due celebri artisti in rotta: Corrado Cagli (amico di Camilleri) e Renato Guttuso (amico di Carapezza). Il tentativo di conciliazione ha successo e diventa un motivo di più per rinsaldare la vecchia amicizia. Ma la breve esistenza dello scienziato volge al termine. «*Quella fu l'ultima volta che ebbi il piacere di vedere Marcello*» [Camilleri, 2017].

3. Scienza come Poesia

Nell'aprile del 1948 un personaggio dai tratti somatici pirandelliani, dall'alto di un palchetto, stava arringando la folla radunata per un comizio politico in una piazza di Palermo. Erano i giorni in cui il Blocco del Popolo di Togliatti e di Nenni, alleanza elettorale fra comunisti e socialisti, tentava la scalata al governo del Paese in un duro confronto con la Democrazia Cristiana di De Gasperi. Quell'uomo, Giuseppe Luigi Ferretti (Figura 5), per gli amici Gino, da candidato indipendente nelle liste del Blocco del Popolo, chiedeva qualcosa di più della triade "pace, libertà e lavoro" invocata nei manifesti della coalizione. Come filosofo e professore di pedagogia all'Università di Palermo, Ferretti prospettava un rinnovamento radicale dell'educazione di massa, a partire dalla scuola elementare: "Un insegnamento che sia attivo e magico, che sappia farsi 'poesia', anche quando riguarda le discipline scientifiche, le matematiche, le scienze della natura". Ferretti, stimato al di là di ogni barriera ideologica, tanto che qualche anno prima l'amministrazione militare alleata gli aveva chiesto di collaborare ai programmi di ricostruzione in Sicilia, aveva cresciuto anche un vivaio di giovani allievi, ora impegnati, al pari del maestro, nel rinnovamento dell'insegnamento dopo la rovina del fascismo [Cambi, 1997].

Figura 5 Il filosofo e pedagista Giuseppe Luigi Ferretti, maestro di filosofia del giovane Carapezza (Foto: anonimo, pubblico dominio).

Figure 5 The philosopher and educator Giuseppe Luigi Ferretti, philosophy master of the young Carapezza (Photo: anonymous, public domain).



Concluso il comizio, fra le ovazioni e l'agitarsi di bandiere rosse e di cartelloni con l'effigie di Garibaldi (l'icona scelta dalla coalizione elettorale di sinistra), Ferretti puntò l'indice verso un ragazzo di 22 anni schierato in prima fila e, con un intervento assolutamente fuori dal contesto, lo apostrofò sorridendo: «Tu, traditore, mi avevi promesso che saresti passato alla facoltà di Filosofia, e invece sei rimasto a Chimica!» (Marco Carapezza, comunicazione personale).

Quel ragazzo era Marcello Carapezza, un giovane da poco laureato in Chimica e già preso come assistente alla cattedra di Mineralogia dell'Università di Palermo. Alto, dinoccolato, con una folta chioma di capelli castani e gli occhi celesti, il giovane Marcello, nel nitido ricordo della moglie Ginevra, che lo aveva conosciuto nel 1942, aveva esitato a lungo nella scelta della facoltà, tanto da frequentare, contemporaneamente, lezioni di chimica e di filosofia, legandosi idealmente a Ferretti. Con quest'ultimo Marcello era anche entrato in consuetudine, per la comune sorte di correre a rifugiarsi, assieme alle rispettive famiglie, nella natia Petralia Sottana (Figura 6), al tempo dei bombardamenti di Palermo, tra il '42 e il '43 (Ginevra Carapezza, comunicazione personale). Poi, nonostante l'ascendente del maestro-filosofo, in Marcello era prevalsa la passione per la speculazione scientifica e per le scienze sperimentali, quelle che, come la chimica, indagano i processi alla base delle trasformazioni della materia.

Figura 6 Veduta aerea di Petralia Sottana, paese natale di Marcello Carapezza (Cartolina postale degli anni '50).

Figure 6 Aerial view of Petralia Sottana, birthplace of Marcello Carapezza (Postcard from the 1950s).



Questi episodi giovanili della vita di Marcello Carapezza, recuperati dalle memorie dei familiari, mi sembrano il modo più appropriato di introdurre il personaggio. Come il bozzetto di un artista rinascimentale può riassumere, in pochi tratti, i caratteri distintivi e i pregi di quella che diventerà l'opera compiuta, sia essa un dipinto o una scultura, così penso che la stoccata di Ferretti al giovane Carapezza ci consegni, in una sola battuta, la storia di una formazione. L'attitudine di Marcello, fin dai banchi di scuola, alla riflessione filosofica; e, da questa, la passione per la filosofia naturale e per la scienza *tout court*. Tutto ciò senza mai rinchiudersi in un pensatoio, ma con l'aspirazione a trasferire nel tessuto sociale i risultati della propria ricerca.

4. I ragazzi di via Archirafi

In quello stesso 1948, caoticamente attraversato da aspre tensioni politiche e dall'entusiasmo per la rinascita postbellica, Marco Leone (Figura 7), un giovane di 17 anni che aveva bruciato le tappe del liceo classico e già frequentava il secondo anno di Chimica all'Università di Palermo, a conclusione di un brillante esame di Mineralogia, ricevette dal titolare di quell'insegnamento, il Professor Angelo Bellanca, l'invito a presentarsi nel suo studio per un colloquio. «Il giorno successivo, quando mi recai all'Istituto di Mineralogia, in un edificio all'ultimo piano di via Archirafi 36 – ci ha raccontato il Professor Marco Leone, che molti anni dopo avrebbe occupato la stessa cattedra di Mineralogia –, Bellanca non c'era, ma nel suo studio mi accolse con molta cordialità il suo assistente. Era Marcello Carapezza, un giovane di soli quattro anni più grande di me, che si era da poco laureato con il chimico-fisico Cosimo Cannata, discutendo una tesi dal titolo "L'affinità chimica e la sua misura". Marcello m'intrattenne, illustrandomi le attività dell'Istituto e sondando la mia disponibilità a intraprendere un percorso di studi e di ricerca in mineralogia. Io, allora, non avevo ancora maturato alcuna scelta specifica; poi, per le pressioni dello stesso Marcello, mi sarei anch'io orientato verso la mineralogia. Quel primo incontro segnò l'inizio di una collaborazione scientifica e di un'amicizia che sarebbero durate per sempre» (M. Leone, comunicazione personale). Testimonianza preziosa, questa del Professor Marco Leone, che ci mostra il giovanissimo Carapezza, per quanto appena entrato nell'organico dell'Istituto di Mineralogia, già intento a reclutare il meglio degli studenti che si andavano formando in quella scuola di solide tradizioni.



Figura 7 Il Professor Marco Leone negli anni '60

(Foto: archivio F. Foresta Martin).

Figure 7 Professor Marco Leone in the 1960s

(Photo: F. Foresta Martin archive).

Nella prima metà del '900, per dirla con le stesse parole di Emilio Segrè (Figura 8), celebre allievo di Enrico Fermi e premio Nobel per la Fisica, l'Università di Palermo, pur periferica e priva di adeguati laboratori scientifici, non era considerata una sede minore in cui iniziare la carriera per poi scappare via, bensì un ateneo che aveva formato e ospitato eccellenze in diverse discipline scientifiche [Segrè, 1995]. Un secolo prima, il chimico palermitano Stanislao Cannizzaro (Figura 9), con i suoi studi per calcolare il peso atomico degli elementi, aveva steso un ponte ideale fra la chimica classica e la futura fisica atomica.

Nel 1936, lo stesso Emilio Segrè, vincitore a ventinove anni del concorso per la cattedra di Fisica Sperimentale a Palermo, avviava nella nuova sede universitaria un promettente filone di studi, mutuato dalla sua esaltante esperienza di lavoro con Enrico Fermi e con gli altri ragazzi di via Panisperna: la ricerca di elementi chimici risultanti da trasmutazioni nucleari. Grazie alle sue ottime relazioni con il fisico americano Ernest O. Lawrence, direttore del Radiation Laboratory di Berkeley, California, Segrè otteneva alcuni piccoli pezzi di scarto di uno dei primi acceleratori di particelle, il ciclotrone. Essendo stato sottoposto a bombardamento nucleare, quel materiale recava minute quantità di nuove specie atomiche. In un frammento di Molibdeno, l'elemento 42 della tavola periodica, che Lawrence gli aveva inviato per pacchetto postale, Segrè intuì che potessero trovarsi tracce del successivo e fino ad allora mancante all'appello elemento 43. Ma come separarlo?

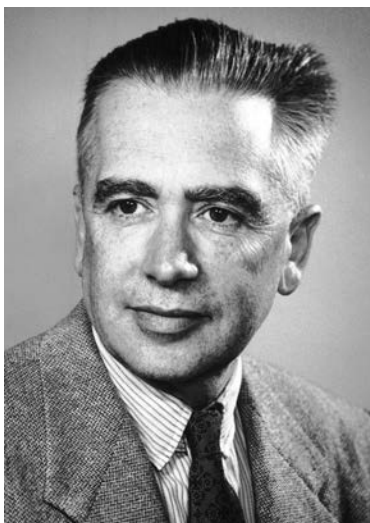


Figure 8 e 9 Il premio Nobel per la Fisica Emilio Segrè (a sinistra), ebbe la cattedra di Fisica Sperimentale a Palermo nel 1936. Il grande chimico palermitano Stanislao Cannizzaro (a destra), fondatore di una moderna scuola di chimica-fisica nella metà dell'800 (Foto: pubblico dominio).

Figures 8 e 9 The Nobel Prize winner in Physics Emilio Segrè (left) held the chair of Experimental Physics in Palermo in 1936. The great Palermitan chemist Stanislao Cannizzaro (right), founder of a modern school of physical chemistry in the mid-19th century (Photo: public domain).

Per fortuita combinazione, l'Istituto di Fisica dell'Università di Palermo si trovava, e tuttora si trova, in via Archirafi 36 (Figura 10), nello stesso edificio occupato dall'Istituto di Mineralogia, a un livello inferiore, e Segrè, appena arrivato, aveva allacciato una cordiale amicizia con un collega del piano di sopra: il chimico e mineralogista Carlo Perrier (Figura 11), maestro di Bellanca. Fu proprio Perrier a suggerire a Segrè i metodi di chimica analitica più efficaci per separare i vari elementi e isotopi formati nel frammento di Molibdeno, riuscendo così a isolare le particelle del 43 [Segrè, 1995].



Figura 10 L'Edificio di via Archirafi 36, a Palermo, con gli istituti di Fisica al secondo piano e di Mineralogia al terzo, intorno ai primi anni Trenta del XX secolo, poco dopo la sua costruzione. (Foto: www.researchgate.net).

Figure 10 The building at Via Archirafi 36, Palermo, with the Institutes of Physics on the second floor and Mineralogy on the third, circa the early 1930s, shortly after its construction (Photo: www.researchgate.net).

Si trattava della scoperta del primo elemento chimico creato artificialmente dall'uomo, che i due autori si affrettarono a pubblicare su una rivista scientifica italiana e su una americana [Perrier & Segrè, 1937 a, b]. Qualche anno dopo, quando fu certo che una precedente rivendicazione della scoperta di questo elemento da parte dei coniugi polacchi Walter e Ida Noddak fosse infondata, Perrier e Segrè decisero di battezzarlo Tecnezio, dal greco *τεχνητός*, artificiale. Purtroppo, la felice permanenza a Palermo di Segrè sarebbe stata interrotta nel 1938 dall'ignobile promulgazione delle leggi razziali [Segrè, 1995].



Figura 11 Carlo Perrier, co-scopritore del Tecnezio assieme a Segrè, nel suo studio di Via Archirafi 36 (Foto: <https://fisicaechimica.unipa.it/>).

Figure 11 Carlo Perrier, co-discoverer of Technetium with Segrè, in his office at Via Archirafi 36 in Palermo (Photo: <https://fisicaechimica.unipa.it/>).

Nel dopoguerra, i fasti passati e recenti della fisica, della chimica e della mineralogia palermitane erano ben vivi e presenti fra i docenti e gli studenti dei rispettivi istituti e per molti di essi costituivano un'eredità da raccogliere e fare fruttare. Il Professor Bellanca, diventato direttore dell'Istituto di Mineralogia citava Perrier, come un maestro da imitare, purtroppo mancato prematuramente nel 1948 [Bellanca, 1948].

Tra i primi lavori accademici di Marcello Carapezza ce n'è uno che riprende e prosegue una ricerca avviata anni prima da Perrier e Bellanca sull'afitalite, un minerale contenente solfati di potassio, di sodio e di altri elementi, che si forma in alcuni contesti vulcanici come prodotto di sublimazione nelle fumarole ad alta temperatura [Perrier & Bellanca, 1940]. Di una varietà di afitalite del Vesuvio dai tenui colori cilestrini, di cui si avevano dati analitici discordanti, Carapezza individuò i numerosi costituenti, stabilendone sperimentalmente le proporzioni con una serie di complesse analisi termiche di laboratorio che comportarono oltre duecento fusioni, innumerevoli misure di temperature, esami ottici e controlli röntgenografici. I risultati di questo enorme studio, che dimostra la grande abilità con cui Marcello operava in laboratorio, furono pubblicati in una memoria di 45 pagine sugli Atti dell'Accademia di Scienze Lettere ed Arti di Palermo [Bellanca & Carapezza, 1952]. Negli anni successivi Carapezza approfondì le ricerche su questa particolare specie mineralogica e presentò i nuovi risultati in una comunicazione [Carapezza, 1954] all'XI congresso nazionale della Società Mineralogica Italiana (SMI) che nel 1954, per la prima volta, veniva ospitato a Palermo, con la partecipazione di molti illustri scienziati italiani e stranieri. Fu proprio questo congresso (Figura 12), in cui Marcello Carapezza ebbe assegnato un ruolo organizzativo centrale, con l'incarico di Segretario Generale, a metterlo in contatto con ricercatori che avrebbero presto valorizzato il suo talento [Fagnani & Tonani, 1955].



Figura 12 Escursione nella miniera di Cozzo Disi (AG) dei partecipanti all'XI congresso della Società Mineralogica Italiana, tenuto a Palermo nel 1954. (Foto: Fagnani & Tonani, 1955)

Figure 12 Excursion to the Cozzo Disi mine (AG) by participants in the 11th congress of the Italian Mineralogical Society, held in Palermo in 1954. (Photo: Fagnani & Tonani, 1955)

In quegli anni la Mineralogia viveva una radicale trasformazione degli indirizzi di ricerca e degli strumenti d'indagine che fu evidenziata proprio nel discorso inaugurale del congresso di Palermo, dal presidente della SMI, il Professor Guido Carobbi: «Da scienza descrittiva, la Mineralogia, è diventata scienza profondamente esatta. I primi mineralogisti si limitavano a girare per raccogliere e poi descrivere minerali, adesso la nostra ricerca è in gran parte di laboratorio... La Mineralogia ha dato vita alla Petrografia o scienza delle rocce e più recentemente alla Geochimica. Ormai due gruppi affini di scienze sono i nostri campi di ricerca: la Mineralogia e Cristallografia, la Petrografia e Geochimica... la Geochimica, ha portato le nostre ricerche verso altri nuovi orizzonti... La Geochimica vuole studiare la distribuzione di tutti gli elementi chimici sulla Terra e l'evoluzione e il trasformarsi di questi elementi da quando la materia solare vergine si differenziò dal Sole fino allo stato attuale della nostra Terra» [Fagnani & Tonani, 1955].

Parole che non potevano non suscitare entusiasmi in un giovane aperto alle innovazioni come Marcello Carapezza il quale, proprio in quell'autunno del 1954, cominciò a guardare oltre gli orizzonti di ricerca della mineralogia.

5. “Spiegami, ti prego, la causa di questo fuoco”

L'Etna, il vulcano attivo più alto d'Europa, crocevia di miti, di letteratura e di scienza (Figura 13) ha occupato un posto centrale nel vasto campo di ricerca di Marcello Carapezza. Lo studioso comincia a interessarsi del vulcano nella seconda metà degli anni '50 quando, avvertendo il bisogno di superare i confini dell'esclusiva ricerca in mineralogia, si volge verso la petrografia, quindi, inevitabilmente, verso la geologia e la vulcanologia. L'Etna, la cui cima innevata, in certe giornate particolarmente limpide, appare come un miraggio da alcune località di Palermo: Mondello, Monte Pellegrino, Capo Gallo, fu percorso a piedi per chilometri e chilometri da quell'appassionato escursionista che era il giovane Marcello Carapezza¹, col proposito di classificare i vari tipi di prodotti eruttivi, d'interpretare la genesi e la dinamica delle eruzioni, di stabilire le relazioni fra l'apparato vulcanico, che geologicamente parlando è giovane, essendo nato circa 600 mila anni fa, e il più antico substrato su cui si è edificato.

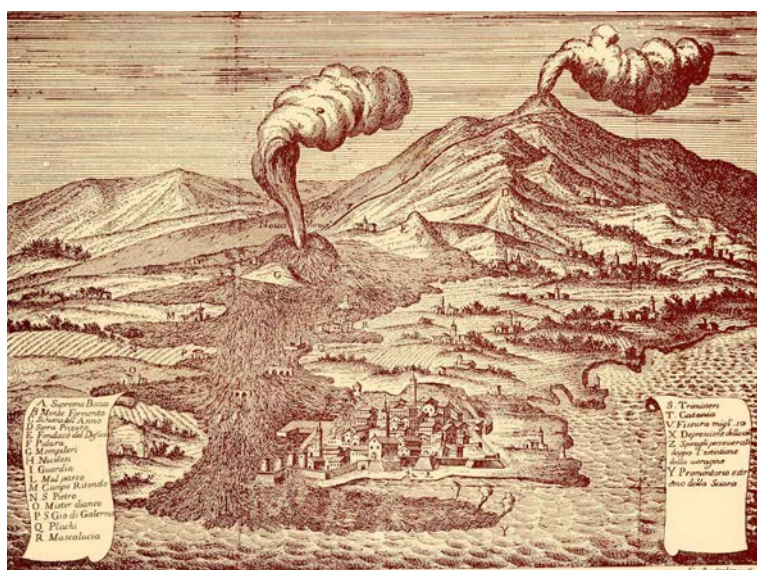


Figura 13 L'Etna e Catania in una incisione del Settecento di F. Anderloni (Immagine: pubblico dominio).

Figure 13 Etna and Catania in an eighteenth-century engraving by F. Anderloni (Image: public domain).

¹“U prufissuri avi i roti!”, il professore ha le ruote! Esclamavano i contadini di Petralia, quando lo vedevano salire e scendere velocemente per le balze delle Madonie, nelle sue consuete esplorazioni geologiche. Comunicazione personale di Ginevra Carapezza.

Alcuni lavori di Marcello Carapezza, presentati nel 1960 al XVII congresso della SMI di Napoli, testimoniano i suoi primi e rilevanti contributi alla conoscenza del vulcano. Per decenni, fra '800 e primi del '900, insigni geologi come Mario e Carlo Gemmellaro, Charles Lyell, Giuseppe Mercalli e Orazio Silvestri, avevano spiegato le eruzioni laterali dell'Etna, quelle che sgorgano dai fianchi piuttosto che dalla cima del cono vulcanico, come la conseguenza di faglie che si dipartono radialmente dai crateri sommitali. Concentrandosi sull'assetto geologico-strutturale, sia dell'edificio vulcanico, sia dei più antichi terreni sedimentari sui cui esso poggia, Carapezza dimostra che alcune faglie eruttive sui fianchi dell'Etna non hanno affatto orientamento radiale, ma seguono le direzioni di altre faglie preesistenti nel substrato sedimentario. Dunque, entrambi i sistemi di faglie sono la conseguenza di fenomeni deformativi su scala regionale che, nei tempi geologici, prima hanno interessato gli antichi terreni della Sicilia Orientale e poi il vulcano che ci è cresciuto sopra. Il magma che alimenta questo particolare tipo di "eruzioni laterali da faglia", come le denomina Carapezza, non proviene dalla cima del condotto vulcanico, ma da livelli intermedi, dopo essersi infiltrato nei piani formati dalle discontinuità e spaccature delle lave più antiche² [Carapezza, 1962] (Figura 14).

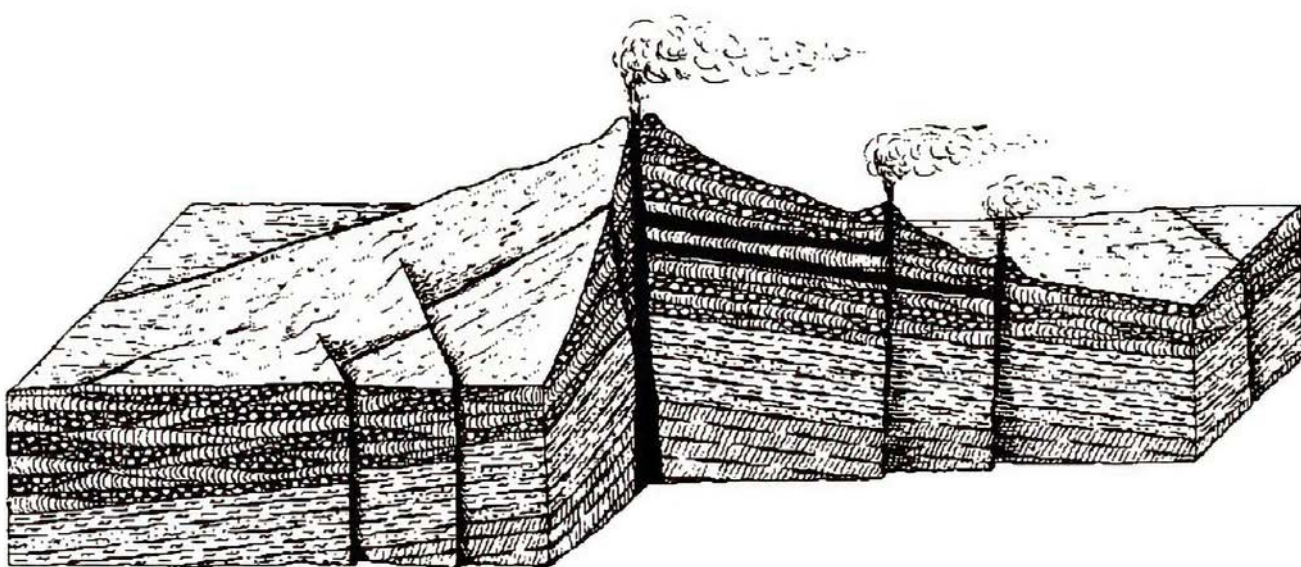


Figura 14 Schema delle eruzioni laterali da faglia. Da Carapezza M. [1962], op.cit.
Figure 14 Scheme of lateral fault eruptions on Etna. From Carapezza M. [1962], op.cit.

Si trattava di un importante contributo alla conoscenza del comportamento eruttivo del vulcano che fu accompagnato da un altro lavoro di tipo petrografico: una nuova e minuziosa classificazione delle lave dell'Etna, motivata dal fatto che i dati presenti in letteratura scientifica mostravano notevoli discordanze e andavano dunque rivisti alla luce di più precise analisi geochimiche [Carapezza, 1962]. Le annotazioni in margine alla pubblicazione sulle eruzioni etnee da faglia sono rivelatrici del metodo di studio seguito da Carapezza, quando si accinse ad affrontare questa impegnativa ricerca. Poiché il corso di studi in Chimica non gli aveva fornito il necessario bagaglio di conoscenze geologiche e stratigrafiche, egli recuperò queste nozioni direttamente dai suoi più anziani colleghi universitari, titolari degli insegnamenti su cui si erano estese le sue ricerche: fra questi il Professor Giuliano Ruggieri (Figura 15), geologo e paleontologo, che Carapezza ringrazia, in particolar modo,

²Carapezza M. (1962). Un esempio di eruzione laterale da faglia nell'apparato eruttivo etneo. *Acta geologica Alpina*, Vol. 8, pp. 249-276.

per averlo «educato» all'interpretazione geologica delle fotografie aeree dell'Etna. Fu un paziente studio al tavolino, propedeutico al non facile riconoscimento in campagna delle colate sovrapposte, delle faglie, delle timpe e ripe che contrassegnano il massiccio etneo.



Figura 15 Il Professor Giuliano Ruggieri, geologo e paleontologo dell'Università di Palermo (Foto: Quaderno di Studi e Notizie di Storia Naturale della Romagna, 17, 2002).

Figure 15 Professor Giuliano Ruggieri, geologist and paleontologist at the University of Palermo (Photo: Quaderno di Studi e Notizie di Storia Naturale della Romagna, 17, 2002).

E fra i suoi maestri del vulcanismo dell'Etna non poteva mancare Alfred Rittmann (Figura 16), uno dei padri fondatori della moderna vulcanologia, allora direttore dell'Istituto Vulcanologico di Catania, con cui Carapezza concordò la definizione di «eruzione laterale da faglia».

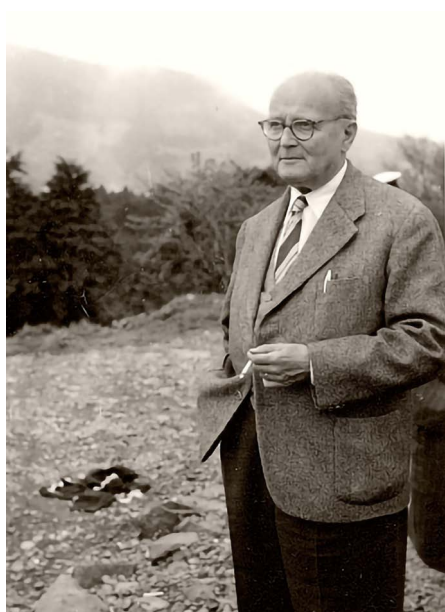


Figura 16 Alfred Rittmann, vulcanologo svizzero, nominato direttore dell'Istituto di Vulcanologia di Catania tra gli anni '50 e '60 (Foto: Branca & Lanzafame, 2014).

Figure 16 Alfred Rittmann, Swiss volcanologist, was appointed director of the Catania Institute of Volcanology between the 1950s and 1960s (Photo: Branca & Lanzafame, 2014).

Noi sappiamo che, nel corso delle sue escursioni etnee, ogni riconoscimento di formazione geologica, ogni campionamento di vulcanite, rappresentava per Marcello un grato stupore, un'esaltante conquista. Ma possiamo anche presumere che, in virtù di una dotta immaginazione, il suo cammino si popolasse di suggestioni ben oltre il campo delle Scienze della Terra. Su un fiume di lava che scorreva silenzioso in un tunnel di lava, egli vide galleggiare il sandalo di bronzo dello scienziato agrigentino Empedocle³; fra le antiche rovine di Torre del Filosofo, incontrò l'imperatore romano Adriano che riposava prima dell'ultima scalata al

³Empedocle, secondo una delle tante leggende sulla sua fine, riferita nelle Vite dei Filosofi di Diogene Laerzio, si tuffò nella bocca dell'Etna e poco dopo il cratere rigettò uno dei suoi sandali di bronzo.

cratere⁴; nella Casa degli Inglesi, confortò Alexander Dumas padre, azzoppato dal calcio del mulo cui si era aggrappato per non cadere in un burrone⁵; sotto un lastrone di lava dove aveva trovato riparo assieme all'umanista rinascimentale Pietro Bembo, Marcello ripeté con lui: "Padre mio, spiegami, ti prego, la causa di questo fuoco, ché della gente del luogo non s'è trovato nessuno che abbia saputo dirlo in modo convincente"⁶.

6. Palermo, Pennsylvania, Bologna e ritorno

Un giorno d'autunno del 1959, su uno dei lentissimi treni che lasciano Palermo per varcare lo Stretto e risalire la Penisola, si ritrovarono seduti nello stesso scompartimento due giovani docenti dell'Università di Palermo. Uno era il nostro Marcello Carapezza, giunto all'età di 34 anni, l'altro il fisiologo e medico Giuseppe La Grutta (Figura 17) che, fra il 1972 e il 1984, avrebbe ricoperto la carica di rettore dell'Università di Palermo. I due non si conoscevano, o forse si erano soltanto sfiorati in qualcuno di quegli eventi accademici in cui si radunano professori dello stesso ateneo, ma, come succede nei lunghi e tediosi tragitti in treno fra occasionali compagni di viaggio, essi cominciarono a parlare dei reciproci lavori e problemi, quasi fossero vecchi amici. «Lui si trasferiva a Bologna per continuare la sua carriera universitaria, che qui a Palermo era diventata difficile –era solito raccontare lo stesso La Grutta, rievocando quel suo primo incontro con Marcello–, ed io andavo a Bari per un congresso» [La Grutta, 1988].

Figura 17 Il Professor Giuseppe La Grutta fu rettore dell'Università di Palermo tra gli anni '70 - '80 (Foto: Mazara forever).

Figure 17 Professor Giuseppe La Grutta was rector of the University of Palermo between the 1970s and 1980s (Photo: Mazara forever).



Che cosa avesse indotto Marcello a sradicarsi dall'amata Palermo (lui, con tutta la famiglia in crescita, già allietata dalla nascita di due dei quattro figli) e dall'Istituto di Mineralogia di via Archirafi, lo argomenta più compiutamente l'amico Marco Leone: «I suoi interessi di ricerca, dalla mineralogia, ora si andavano dilatando, fino a includere la petrografia e la geochimica. In aggiunta c'era stato un deterioramento dei rapporti col direttore dell'Istituto, che probabilmente non gradiva le ambizioni culturali dell'allievo, la sua ansia di realizzare collaborazioni con gli studiosi italiani e stranieri più sensibili alle innovazioni» (M. Leone, comunicazione personale).

⁴Secondo quanto riportato dalla Historia Augusta (De vita Hadriani, 13,3), l'imperatore Adriano, dopo un viaggio in Grecia, andò in Sicilia e "salì il monte Etna per vedere il sorgere del sole nella forma, a quanto si dice, dell'arcobaleno". La data dovrebbe essere attorno al 128 d.C.

⁵L'episodio è raccontato dallo stesso Alexandre Dumas padre nel suo "Viaggio in Sicilia", compiuto nel 1835.

⁶Bembo fu sull'Etna nel 1494 e di quella esperienza scrisse un'opera in forma di dialogo col padre, il De Aetna. Per l'edizione di Sellerio del 1981 Marcello Carapezza scrisse un'ampia introduzione. L'invocazione di Bembo al padre è tratta da questa edizione alla pagina 74.

Il distacco da Palermo era stato favorito da un evento catalizzatore: l'incontro col Professor **Ciro Andreatta** (Figura 18), rinomato mineralogista e petrografo dell'Università di Bologna, che Marcello aveva conosciuto in occasione delle annuali riunioni tenute dalla SMI in varie città italiane e che, proprio nel 1954, alla conferenza nazionale di Palermo, si sarebbe trasformato in un rapporto di reciproca ammirazione e stima.



Figura 18 Il mineralogista **Ciro Andreatta** dell'Università di Bologna. Fu lui a offrire a Carapezza il posto di assistente alla cattedra di Mineralogia (Foto: Mineralogisti storici).

*Figure 18 The mineralogist **Ciro Andreatta** of the University of Bologna. It was he who appointed Carapezza to the position of assistant professor of Mineralogy (Photo: Mineralogisti Storici).*

Fu Andreatta, verso la fine degli anni '50, a offrirgli l'opportunità di trasferirsi all'Università di Bologna, come assistente alla cattedra di Mineralogia. Marcello la colse, senza esitazioni. Poco dopo il suo insediamento a Bologna, nel 1962, Marcello accettò una borsa di studio per un soggiorno alla Pennsylvania State University, negli Stati Uniti, dove ebbe la possibilità di lavorare nei laboratori di uno dei centri di eccellenza mondiali in Scienze della Terra: il College of Earth & Mineral Sciences (Figura 19).



Figura 19 Il College of Earth & Mineral Sciences della Penn State University, USA, dove Carapezza svolse un'intensa attività sperimentale all'inizio degli anni '60 (Foto: Wikipedia).

Figure 19 The College of Earth & Mineral Sciences at Penn State University, USA, where Carapezza carried out its intense experimental activity in the early 1960s (Photo: Wikipedia).

Alla Penn State University Marcello Carapezza restò poco più di un anno e fu un periodo d'intensissima attività sperimentale. Proprio in quegli anni, fra i maggiori studiosi mondiali di petrogenesi, la branca della petrografia che studia la formazione delle rocce, si era stabilita una sorta di gara per ricreare in laboratorio le condizioni in cui avvengono alcuni processi geologici naturali non direttamente accessibili a causa delle condizioni fisiche estreme in cui si svolgono. Il College of Earth & Mineral Science partecipava a questa competizione con studiosi che hanno fatto la storia della petrografia, come E.F. Osborn, J.W. Greig, P. Wyllie, G. Ulmer. Carapezza fu incluso subito nel gruppo e prese parte a una serie di esperimenti in cui, utilizzando speciali contenitori sottoposti a temperature e pressioni elevate, si simulavano quei processi di fusione, mescolamento, raffreddamento e cristallizzazione dei materiali terrestri che avvengono all'interno del nostro pianeta e negli apparati vulcanici attivi. Si tentava così di ricostruire le interazioni fra i costituenti della crosta e del mantello terrestri, ossia fra l'involucro esterno, freddo e rigido, e quello sottostante, caldo e semifluido, definendo le condizioni fisiche e chimiche in cui ogni minerale si forma e rimane stabile [Leone, 1988].

Nel corso di queste ricerche era emerso un parametro decisivo da cui dipende la composizione non solo del nostro pianeta, ma anche degli altri corpi celesti rocciosi del sistema solare: si chiama fugacità di ossigeno e si potrebbe spiegare come la pressione parziale di questo elemento gassoso quando è presente in una miscela formata da diversi composti in diversi stati fisici. Il valore della fugacità di ossigeno, così importante nell'ambito di un processo petrogenetico, veniva misurato da un grande geochimico come Hans Eugster, della Johns Hopkins University di Baltimora, soltanto in maniera discontinua. Marcello Carapezza scoprì che le olivine, silicati di magnesio e di ferro molto diffusi nel mantello e nella crosta terrestri, possono essere usate come un indicatore naturale, la cui analisi permette di ricavare e misurare quel parametro in maniera continua. Sarà questo il suo più importante contributo alla petrologia sperimentale che lo scienziato avrà l'opportunità di affinare al suo rientro in Italia [Leone, 1988].

Con i colleghi conosciuti nel periodo americano si cementò un intenso sodalizio scientifico e umano di lunga durata, che negli anni si estese ad includere anche grandi nomi del panorama internazionale come H. Rose e F. Cottrell (Figura 20). Quest'ultimo, responsabile della divisione geochimica della NASA, affiderà a Marcello Carapezza, all'inizio degli anni '70, lo studio di campioni del suolo lunare prelevati dalla missione Apollo 15 [Foresta Martin, 2017; 2024].

Figura 20 Marcello Carapezza assieme ai geochimici americani Frank Cottrell (a sinistra) ed Henry Rose in visita alla NASA all'inizio degli anni '80 (Foto: Famiglia Carapezza).

Figure 20 Marcello Carapezza together with the American geochemists Frank Cottrell (left) and Henry Rose visiting NASA in the early 1980s (Photo: Carapezza Family).



Conclusa la permanenza americana, Marcello Carapezza tornò al lavoro nell'Istituto di Mineralogia di Bologna dove, nel frattempo, all'età di 54 anni, era mancato il Professor Andreatta ed era subentrato alla direzione il mineralogista Paolo Gallitelli, proveniente dalla vicina Università di Modena. Carapezza non faticherà ad avere il suo appoggio incondizionato per realizzare, ex novo e in tempi brevi, un laboratorio di alte temperature e pressioni sul modello di quello della Pennsylvania University. Lo chiamarono "laboratorio delle pentole", a causa dei contenitori cilindrici in cui venivano effettuati gli esperimenti di termodinamica dei processi petrogenetici. Lì Marcello poté riprendere tutte le intuizioni e attività sperimentali iniziate negli Stati Uniti e consegnare alla letteratura scientifica i risultati dei suoi studi [Carapezza, 1965; 1966a; 1966b; 1969].

«Il lavoro di laboratorio, nonostante fosse massacrante, lo esaltava –ricorda la moglie–. Una sera, tornato a casa tardi e visibilmente stanco, dopo ore di esperimenti, mi disse: lo non so se sia giusto che mi paghino uno stipendio perché, per quanto mi sono divertito oggi, dovrei essere io a pagare l'Università!» (Ginevra Carapezza, comunicazione personale).

Nel 1968 fu messa a concorso una cattedra di Geochimica Applicata all'Università di Palermo. Per Marcello Carapezza, dopo un decennio di gratificante attività a Bologna, era l'occasione propizia per il ritorno nella città d'origine, con un ruolo accademico innovativo e di prestigio. Partecipò al concorso, risultando vincitore. L'anno successivo rientrava definitivamente all'Università di Palermo.

7. Il laboratorio trasferito sul territorio

Il 'parlamentino' del ministero dei Lavori Pubblici, l'aula in cui si riunisce quel Consiglio Superiore formato dai tecnici che svolgono attività consultiva e normativa, non stava offrendo un'edificante vista di sé, in quel momento. I consiglieri apparivano, per lo più, distratti, impreparati al dibattito e qualcuno addirittura sonnecchiante, mentre alcuni geologi e sismologi che avevano chiesto di essere ascoltati, si affannavano a dimostrare quanto fossero superate le norme di prevenzione antisismica vigenti in Italia [Barberi, 1988].

Si era all'indomani del devastante terremoto dell'Irpinia del 23 novembre 1980: magnitudo 6.9, quasi 3.000 morti, 10.000 feriti e due regioni in ginocchio, Campania e Basilicata (Figura 21). Fra le tante cose da sanare, c'era la legislazione che considerava sismiche, e quindi soggette a più severe norme di costruzione, solo le aree che avevano subito terremoti distruttivi nel '900.



Figura 21 Prima pagina del Mattino di Napoli all'indomani del terremoto dell'Irpinia del 23 novembre 1980 (Immagine: archivio F. Foresta Martin).

Figure 21 Front page of the Naples newspaper Il Mattino in the aftermath of the Irpinia earthquake of November 23, 1980 (Image: F. Foresta Martin archive).

Gli esperti ammessi all'audizione chiedevano di basarsi su più validi criteri storico-statistici e di approvare una nuova classificazione, includendo le regioni ripetutamente colpite da sismi nel lontano passato. A guidare il gruppo, i Professori Marcello Carapezza e Franco Barberi (Figura 22), quest'ultimo responsabile del Progetto Finalizzato Geodinamica del CNR che, in assenza di organismi scientifici funzionanti, surrogava, in quei mesi, tante urgenti funzioni di ricerca, monitoraggio e consulenza [Barberi, 1988].

Figura 22 Il Prof. Franco Barberi, direttore del Progetto Finalizzato Geodinamica del CNR negli anni '80 (Foto: famiglia Carapezza).

Figure 22 Professor Franco Barberi, director of the CNR's Geodynamics Project in the 1980s (Photo: Carapezza family).



“A un certo punto –racconta Barberi– Marcello, tra il disperato e l’ironico, si avvicina all’orecchio e mi sussurra: ma se riusciremo a convincerli, pensi che potremmo essere accusati di circonvenzione d’incapace?”. Era una battuta per prendere fiato e sorridere, in un momento di tensione. Nonostante tutto, Carapezza e Barberi riuscirono nel loro intento: la carta sismica dell’Italia fu completamente ridisegnata e la legislazione antisismica estesa ad altre aree ad alto rischio; fra queste, grazie all’impegno personale di Carapezza, la Sicilia Orientale [Barberi, 1988]. Il salto temporale fino all’epoca del terremoto irpino ci consegna l’immagine di Marcello Carapezza impegnato, in prima fila, nelle applicazioni delle Scienze della Terra alla prevenzione delle catastrofi, alla conservazione dei beni culturali, all’uso corretto delle risorse naturali. Ora al centro degli interessi dello scienziato c’è la ricerca di un’armonia fra la natura, le attività dell’uomo e la sua cultura. È una maturazione raggiunta nel volgere di pochi anni, in coincidenza col suo ritorno a Palermo. Quanti si aspettavano, fra i colleghi dell’Università, la riproposizione, presso l’Istituto di Mineralogia di via Archirafi, delle ricerche di laboratorio effettuate tra gli Stati Uniti e Bologna, rimangono sorpresi. L’attività sperimentale continua ad essere il fulcro dell’attività di ricerca di Marcello ma, anticipando metodologie e tecniche d’indagine che si affermeranno in geochimica alcuni anni dopo, essa verrà effettuata soprattutto nel teatro degli eventi, direttamente sul terreno, in sintonia con le intuizioni di altri pionieri delle Scienze della Terra alla fine del ‘900 [Leone, 1988]. Dirà lo stesso Carapezza, in occasione di una tavola rotonda sul metodo sperimentale in geologia: «Non più la natura rifatta e indagata in laboratorio, ma immediatamente scrutata secondo i dettami dell’attualismo» [Carapezza, 1978].

L’innovativa filosofia di ricerca è accompagnata da una serie di iniziative coordinate che creeranno un nuovo campo d’indagini nell’area scientifica palermitana: la geochimica dei fluidi applicata ai sistemi naturali. Così, nel 1980, nell’ambito dei Progetti Finalizzati del CNR, Carapezza propone la fondazione dell’Istituto di Geochimica dei Fluidi (IGF), di cui sarà direttore fino alla sua morte prematura, nel 1987. Nel 1983 l’IGF diverrà membro dell’Executive Committee del CODATA, l’organismo dell’International Council for Sciences (ICSU, Parigi) che sovrintende alla diffusione e all’attendibilità dei dati scientifici, all’interno del quale darà vita al gruppo “Data

for Surveillance of Active Volcanoes”. L’IGF opererà per venti anni consecutivi; quindi, dal 2001, sarà inglobato nell’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), diventando la Sezione di Palermo di questo ente [Leone, 1988].

All’IGF, fin dalla fondazione, è avviato un sistematico programma di controllo geochimico dell’attività dei vulcani siciliani, iniziando con una sperimentazione nell’isola di Vulcano (Figura 23) che, a quei tempi, dava preoccupanti segni di riattivazione, poi rientrati [Carapezza et al., 1981].



Figura 23 Il cratere attivo di La Fossa nell’isola di Vulcano (Foto: Wikipedia, Drlectin).

Figure 23 The active crater of La Fossa on the Island of Vulcano (Photo: Wikipedia, Drlectin).

Il cratere e i campi di fumarole dell’isola sono cosparsi di sensori. Quando la rete è a regime, vengono registrati in continuo numerosi parametri fisici e chimici le cui variazioni, fornendo informazioni sullo stato dei fluidi magmatici e idrotermali profondi, possono essere utilizzate come precursori di eventi eruttivi. Tutti questi dati, aggiunti a quelli più squisitamente geofisici (tremori, terremoti), sono teletrasmessi alla sede dell’IGF di Palermo che diventa il modello e l’antesignano dei moderni centri di sorveglianza automatica dei vulcani attivi. La nascente Protezione Civile, in cui Marcello Carapezza avrà un ruolo fondamentale di consulenza, farà tesoro di queste sperimentazioni che, negli anni successivi, troveranno applicazione in altri contesti vulcanici attivi, come quelli di Stromboli, dell’Etna, del Vesuvio e dei Campi Flegrei [Foresta Martin, 2017; 2024].

Parallelamente, con una lungimirante integrazione fra didattica universitaria e attività sperimentale sul territorio, attorno al nuovo indirizzo di ricerca cresce a Palermo tra gli anni ’70

e '80 una generazione di allievi di Carapezza destinata a dare solidità e continuità agli studi di geochimica dei fluidi. Due di essi raccoglieranno l'eredità accademica del maestro dopo la sua scomparsa: il Professor Mariano Valenza (Figura 24) sarà titolare della cattedra di Geochimica e direttore dell'IGF; il Professor Mario Nuccio (Figura 25), occuperà la cattedra di Geochimica Applicata che fu di Carapezza. Molti altri formati a quella scuola ricoprono oggi posti chiave nella ricerca universitaria e in quella dell'INGV [Foresta Martin, 2017].

Figure 24 e 25 I Professori Mariano Valenza (a sinistra) e Mario Nuccio (a destra), due allievi di Carapezza che hanno raccolto l'eredità della Scuola di Geochimica di Palermo (Foto 24: famiglia Carapezza; Foto 25: archivio F. Foresta Martin).
Figures 24 and 25 Professors Mariano Valenza (left) and Mario Nuccio (right), two of Carapezza's disciples who have inherited the legacy of the School of Geochemistry in Palermo (Photo 24: Carapezza family; Photo 25: F. Foresta Martin archive).



8. La Geochimica per i Beni Culturali e la Protezione Civile

L'attenzione su Marcello Carapezza scienziato potrebbe mettere in ombra altri aspetti della sua ricca personalità: il raffinato gusto per le lettere, l'amore per la musica e le arti, la cura per il patrimonio archeologico e architettonico: «Il tutto coniugato in una fervida umanità, tanto da richiamare l'immagine di una figura dalla sensibilità e dal tratto rinascimentale», compendia l'amico Marco Leone [Leone, 1988]. A questa sfera d'interessi appartengono alcuni lavori di Carapezza e dei suoi collaboratori che rappresentano brillanti applicazioni della geochimica allo studio dei beni culturali. Fra questi, la determinazione delle proprietà chimiche e mineralogiche delle sculture in pietra, o metope, del tempio di Selinunte (VI sec. a.C.), con l'individuazione delle varie cave di calcarenite da cui furono tratti i materiali per realizzarle [Carapezza et al., 1983] (Figura 26); un analogo studio sui marmi di una statua rinvenuta nell'isola di Mozia [Alaimo e Carapezza, 1988]; e diversi contributi per prevenire il degrado di beni archeologici e architettonici [Carapezza, 1988].

Figura 26 Le sculture in pietra del Tempio di Selinunte analizzate dal Prof. Marcello Carapezza (Foto: Wikipedia, pubblico dominio).
Figure 26 The stone sculptures of the Temple of Selinunte analyzed by Prof. Marcello Carapezza (Photo: Wikipedia, public domain).



Il chimico Mario Pagliaro, in un saggio sul sistema universitario italiano [Pagliaro, 2007], ha voluto mettere in evidenza il fatto che l'impegno scientifico, culturale e sociale di Marcello Carapezza e del suo gruppo, in quegli anni, si sia inserito in un momento quasi magico per la città di Palermo. Nel capoluogo della seconda regione più depressa d'Italia, per una serie di favorevoli circostanze, brillò simultaneamente una pleiade d'intellettuali. Tra di essi, lo scrittore Leonardo Sciascia, il pittore Renato Guttuso, e gli scienziati Marcello Carapezza e Alberto Monroy, quest'ultimo fondatore di una scuola di Biologia dello Sviluppo di fama internazionale (Figure 27, 28 e 29).



Figure 27, 28, 29 Da sinistra: Renato Guttuso e Marcello Carapezza; Renato Guttuso e Leonardo Sciascia; Alberto Monroy (Foto 27 e 28: famiglia Carapezza; Foto 29: Pagliaro, 2009).

Figures 27, 28, 29 From left: Renato Guttuso and Marcello Carapezza; Renato Guttuso and Leonardo Sciascia; Alberto Monroy (Photos 27 & 28: Carapezza family; Photo 29: Pagliaro, 2009).

Carapezza, Guttuso e Sciascia, costituirono un'affiatata triade, mossa da passioni e intenti comuni, pur nella diversità dei singoli campi d'azione, ad esempio nella convinta battaglia per la difesa del patrimonio culturale. E accanto a questi personaggi, interagenti e attivi nel tessuto sociale cittadino con mostre, conferenze, pubblicazioni di articoli e libri, fiorirono iniziative culturali come la casa editrice Sellerio e la scuola di giornalismo di Vittorio Nisticò al giornale L'Ora [Nisticò, 2004]. Marcello Carapezza, in particolare, avvertì con grande anticipo sui tempi la necessità d'impegnarsi anche in un'appassionata attività di divulgazione della Geologia e della Geochimica (Figura 30), che si esplicò con decine di articoli scritti per quotidiani e riviste e con numerosi interventi in trasmissioni radiofoniche e televisive, traendo spunto sia da argomenti di drammatica attualità, come le ricorrenti crisi sismiche, vulcaniche e ambientali, sia da alcuni rilevanti risultati nell'ambito delle Scienze della Terra e dell'esplorazione planetaria, raggiunti fra gli anni '70 e '80 [Foresta Martin, 2017] (Figura 31).



Figura 30 Marcello Carapezza con Renato Guttuso e altri amici, in escursione al giacimento di bauxite di Le Baux de Provence, Avignone, 1972 (Foto: famiglia Carapezza).

Figure 30 Marcello Carapezza with Renato Guttuso and other friends, during an excursion to the bauxite deposit at Le Baux de Provence, Avignon, 1972 (Photo: Carapezza family).



Figura 31 Tavola rotonda organizzata al Giornale di Sicilia in occasione dello sbarco sulla Luna del primo astronauta-geologo Harrison Schmidt, nel mese di dicembre 1972. Nella foto, da sinistra: il Prof. Giuliano Ruggieri, Franco Foresta Martin, Mario Nuccio e il Professor Marcello Carapezza (Foto: archivio F. Foresta Martin).

Figure 31 Round table discussion organized at the Giornale di Sicilia on the occasion of the moon landing of the first geologist astronaut Harrison Schmidt, in December 1972. In the photo, from left: Prof. Giuliano Ruggieri, Franco Foresta Martin, Mario Nuccio and Professor Marcello Carapezza (Photo: F. Foresta Martin archive).

Quella vera e propria rinascita culturale della città di Palermo fu, purtroppo, un fenomeno transiente, che tuttavia non ha mancato di lasciare tangibili segni positivi. Fra i tanti, la ripresa e il completamento dei restauri di Palazzo Steri dei Chiaramonte (Figura 32), già parzialmente acquisito dall'Università e inizialmente destinato a mera sede di rappresentanza dell'Ateneo.

Figura 32 Palazzo Steri dei Chiaramonte, trasformato in Rettorato per iniziativa di Marcello Carapezza (Foto: pubblico dominio).

Figure 32 Palazzo Steri dei Chiaramonte, which became the Rectorate of the University of Palermo on the initiative of Marcello Carapezza (Photo: public domain).



Fu un'intuizione di Marcello Carapezza, allora Prorettore, che il complesso dello Steri dovesse diventare la sede del Rettorato e degli uffici ad esso connessi, primo nucleo della rinascita di un'area del centro storico allora gravemente degradata e in pieno abbandono. L'idea, pur osteggiata da alcuni settori dell'ateneo, trovò il pieno sostegno del Rettore Giuseppe La Grutta che diede a Carapezza una delega piena ad occuparsene. Il nuovo indirizzo impresso ai lavori di restauro fu facilitato dall'intesa tra Carapezza e tre amici di lunga data, che in quel restauro ebbero un ruolo cruciale: lo storico dell'arte e teorico del restauro Cesare Brandi, il grande architetto Carlo Scarpa e l'archeologo Vincenzo Tusa, in quel periodo Sovrintendente ai Beni Culturali [Foresta Martin, 2017]. Lo Steri, soleva ripetere Marcello, costruito nel 1300 come simbolo dell'indipendenza dei siciliani dalla dominazione straniera, diventato nel 1600 sede della feroce Inquisizione, doveva tornare ad essere spazio di ragione e libertà di pensiero.

L'impegno profuso nel restauro dello Steri e il senso di riscatto cittadino che Marcello Carapezza seppe dargli furono determinanti nel convincere Renato Guttuso a donare all'Università la Vucciria (Figura 33), che oggi fa bella mostra di sé nella sala ad esso dedicata dello Steri. A memoria di questi straordinari contributi all'arricchimento del suo patrimonio culturale, l'Università di Palermo dedicò al nome di Marcello Carapezza la sala di Palazzo Steri in cui si tengono le riunioni del Senato Accademico.



Figura 33 La Vucciria, il grande quadro che Renato Guttuso donò alla nuova sede del Rettorato grazie alle sollecitazioni di Marcello Carapezza, allora Prorettore dell'Università di Palermo (Crediti: © Guttuso by SIAE).

Figure 33 La Vucciria, the large painting that Renato Guttuso donated to the new Rectorate thanks to the urging of Marcello Carapezza, then Pro-Rector of the University of Palermo (Credits: © Guttuso by SIAE).

9. “La ventura di aver vissuto un’incredibile fiaba”

Quando si attribuiscono doti di grande umanità a un personaggio scomparso, c'è il rischio di cadere nei toni agiografici. Per testimoniare questa dote di Marcello Carapezza, basterà raccontare un emblematico episodio. Alla fine degli anni '70, come già ricordato, l'isola di Vulcano dava segni di riattivazione e c'era l'esigenza di infittire i controlli. Carapezza diede incarico ai suoi allievi Nuccio e Valenza di procedere alla preparazione di apparati per effettuare il maggior numero di campionamenti geochimici. I giovani ricercatori, durante l'allestimento degli strumenti, scovarono alcune vecchie e dimenticate pubblicazioni di un chimico ligure di nome Ludovico Sicardi (Figura 34) che, negli anni '20, si era autocostruito degli apparecchi di monitoraggio dei gas vulcanici. Ne parlarono al professore che li giudicò «di stupefacente inventività» e suggerì di cercare nelle biblioteche tutto quel che aveva scritto Sicardi. Furono trovati pochi lavori ma tecnicamente «in anticipo di mezzo secolo» [Carapezza, 2017].



Figura 34 Il chimico Ludovico Sicardi con la moglie Zoe Gianfranceschi (Foto: anonimo, pubblico dominio).

Figure 34 The chemist Ludovico Sicardi with his wife Zoe Gianfranceschi (Photo: anonymous, public domain).

In breve, Carapezza e collaboratori riproducono e adottano, con poche varianti, le strumentazioni del misconosciuto ricercatore, ovviamente rendendogliene merito con opportune citazioni nelle loro pubblicazioni. A quel punto, racconterà lo stesso Carapezza, desideravo conoscerlo, ringraziarlo personalmente, proporlo per una laurea ad honorem. Un'impresa impossibile, poiché nessuno lo conosceva negli ambienti universitari. Col solo elenco telefonico in mano, Carapezza fa decine di telefonate, rintraccia a Sanremo la signora Zoe Gianfranceschi, moglie di Sicardi e apprende con rammarico che il ricercatore è venuto meno pochi mesi prima. Dalla vedova riceve, generosamente, altre carte, libri e appunti del marito. La partita potrebbe chiudersi qui ma Marcello Carapezza sente di dover assolvere a un obbligo morale. Propone e ottiene dal Comune di Vulcano che la lunga e, fino a quel momento, anonima strada che dal Paese conduce verso il cratere sia dedicata a due personaggi: la prima metà a Giuseppe Mercalli, la seconda a Ludovico Sicardi [Carapezza, 2017]. Dopo che le targhe furono apposte, Marcello volle tornare da solo in via Ludovico Sicardi. Ripercorse, fra i vapori delle fumarole, quel cammino che ora gli sembrava accendersi di luci e

bagliori quasi magici. E sentì di avere onorato un debito di riconoscenza: capì che quel precursore del monitoraggio geochimico rappresentava per lui molto di più che un esempio da additare. Grazie a lui: «Improvvisamente mi rendevo conto della ventura di aver vissuto, nel nostro tempo tecnologico, un'incredibile fiaba» [Carapezza, 2017].

Bibliografia

- Alaimo R., Carapezza M., (1988). *Il marmo della statua di Mozia: caratteri geochimici e possibili aree di provenienza*. In: La statua marmorea di Mozia e la scultura di stile severo in Sicilia. Atti della giornata di studio, Marsala, 1 giugno 1986. L'Erma di Bretschneider, 29-37.
- Barberi F., (1988). In: Marcello Carapezza. *Commemorazione allo Steri dei Chiaramonte*. Università degli Studi di Palermo, 55-63.
- Bellanca A., (1948). Carlo Perrier (1886-1948). *Rendiconti della Società Mineralogica Italiana*, 39-43.
- Bellanca A., Carapezza M., (1952). *Sulla natura delle aftitaliti cupro-cilestrine: l'aftitalite nel sistema ternario $Na_4-SO_4-Ka-SO_4-Cu SO_4$* . Atti dell'Accademia di Scienze Lettere e Arti di Palermo, vol. XI, 1-45.
- Bembo P., (1981). *De Aetna: il testo di Pietro Bembo tradotto e presentato da Vittorio Enzo Alfieri*. Sellerio, pp. 215.
- Branca S., Lanzafame G., (2014). *La Miscellanea di Alfred Rittmann (1893-1980): Uno sguardo su un secolo di Scienze della Terra*. Misc. INGV, 30: 1-175. <https://doi.org/10.13127/misc/30>
- Cambi F., (1997). *Giuseppe Luigi Ferretti*. In: Dizionario Biografico degli Italiani, vol. 47, Enciclopedia Treccani.
- Camilleri A., (2017). *Ricordo di Marcello*. In Carapezza M., *Molti fuochi ardono sotto il suolo. Di terremoti, vulcani e statue*, Sellerio Editore Palermo.
- Camilleri A., Lodato S., (2020). *La linea della palma*. Edizioni Mondadori.
- Carapezza M., (1954). *Ulteriore contributo alla conoscenza dell'aftitalite*. Rendiconti della Società Mineralogica Italiana, 11, 47-57.
- Carapezza M., (1960). *Un esempio di eruzione laterale da faglia nell'apparato eruttivo etneo*. Acta geologica Alpina, 8, 251.
- Carapezza M., (1962). *Un esempio di eruzione laterale da faglia nell'apparato eruttivo etneo*. Acta geologica Alpina, 8, 249-276.
- Carapezza M., (1965). *L'olivina come indicatore della fugacità dell'ossigeno in alcuni ambienti naturali*. Acc. Lincei, Rend. Sc. Fis. Mat. e Nat., V. XXXVIII, 394-402.
- Carapezza M., (1966a). *Influenza sulla fugacità dell'ossigeno della temperature di fusione delle lave*. Acc. Lincei, Rend. Sc. Fis. Mat. e Nat., V. XL, 470-478.
- Carapezza M., (1966b). *Un metodo di controllo della fugacità di un gas con variazione continua nelle sintesi idrotermali ad alte pressioni*. Acc. Lincei, Rend. Sc. Fis. Mat. e Nat., V. XL, 646-652.
- Carapezza M., (1969). *A method for continuously variable control of the fugacity of a gas in hydrothermal synthesis at high pressure*. Geochemistry International, Vol. 6(4), 819-823.
- Carapezza M., (1978). *Le Scienze della Terra e l'esperimento*. Rendiconti della Società di Mineralogia e Petrografia, vol. 34(1), pp. 211-215.
- Carapezza M., Nuccio P.M., Valenza M., (1981). *Genesis and evolution of the fumaroles of Vulcano (Aeolian Islands, Italy): a geochemical model*. Bulletin Volcanologique, 44, 547-563.
- Carapezza M. et al., (1983). *I materiali e l'ambiente delle sculture di Selinunte*. In: Tusa V., *La scultura in pietra di Selinunte*. Sellerio, Palermo, 32-41.
- Carapezza M., (2017). *Molti fuochi ardono sotto il suolo*. Sellerio Editore, pp. 336.
- Diogenes Laertius, (1999). *Diogenis Laertii Vitae philosophorum*. Edidit Miroslav Marcovich,

- Stuttgart-Lipsia, Teubner, 1999–2002. Bibliotheca scriptorum Graecorum et Romanorum Teubneriana, vol. 1: Books I–X; vol. 2: Excerpta Byzantina; vol. 3: Indices by Hans Gärtner.
- Dumas A., (1988). *Viaggio in Sicilia*. Pungitopo, pp. 210.
- Fagnani G., Tonani F., (1955). *Relazione del congresso e Assemblea generale della Società Mineralogica Italiana*. Rendiconti della Società Mineralogica Italiana, vol. XI, 13-24.
- Foresta Martin F., (2017). *La ventura di aver vissuto un'incredibile fiaba*. In: Carapezza M., Molti fuochi ardono sotto il suolo. Sellerio Editore, 19-52.
- Foresta Martin F., (2024). *Marcello Carapezza (1925-1987), a pioneer of geochemical surveillance of active volcanoes*. Rendiconti Online della Società Geologica Italiana, 62, 82-88.
- La Grutta G., (1988). In: *Marcello Carapezza. Commemorazione allo Steri dei Chiaramonte*. Università degli Studi di Palermo, 65-69.
- Leone M., (1988). In: *Marcello Carapezza. Commemorazione allo Steri dei Chiaramonte*. Università degli Studi di Palermo, 47-53.
- Magie D. ed., (1921). *De vita Hadriani*. In *Historia Augusta*. Vol. 1., Loeb Classical Library.
- Nisticò V., (2004). *L'Ora dei ricordi*. Sellerio.
- Pagliaro M., (2007). *Of sea urchins, volcanoes, earthquakes and engagement: Marcello Carapezza, Alberto Monroy, and Italy's University System*. *Science in Context*, 20(4), 679-691.
- Pagliaro M., (2008). *L'eredità perduta*. Sapere, dicembre 2008, Dedalo, pp.18-24.
- Perrier C., Segre E., (1937). *Alcune proprietà chimiche dell'elemento 43*. Rendiconti Lincei, 25, 6, 723-730.
- Perrier C., Segre E., (1937). *Some chemical properties of element 43*. *Journal of Chem. Phys.*, 5, 712-716.
- Perrier C., Bellanca A., (1940). *Aftitalite e palmierite nel sistema ternario K_2SO_4 - Na_2SO_4 - $PbSO_4$* . *Periodico di Mineralogia*, 11, 163-300.
- Segre E., (1995). *Autobiografia di un fisico*. Il Mulino, pp. 440.

La Scuola di Geochimica di Palermo

The Geochemistry School of Palermo

Pasquale Mario Nuccio

Già professore di Geochimica Applicata presso l'Istituto di Mineralogia, Petrografia e Geochimica, Università di Palermo

INGV | Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Palermo

All'inizio degli anni '70, nell'Università di Palermo si determinano delle particolari condizioni per una straordinaria promozione della Geochimica, nonostante fosse ancora relegata tra gli insegnamenti non obbligatori dei corsi di studi in Scienze Geologiche degli atenei italiani.

Confluirono infatti a Palermo i Professori ordinari Franco Tonani, con esperienze nel campo della Geotermia, Antonio Longinelli, che apre il laboratorio di isotopi stabili, e Marcello Carapezza, con esperienze nel settore della petrologia sperimentale. Si deve a quest'ultimo una decisa svolta d'indirizzo verso la ricerca applicata a scopi pratici ed utili per la comunità, ben rappresentata sia dall'adesione al Progetto Finalizzato Geodinamica del CNR, che dalla creazione dell'Istituto di Geochimica dei Fluidi del CNR.

L'apprezzabile incremento della temperatura nelle fumarole dell'area craterica di Vulcano, alla fine del 1977, destò un forte interesse in alcuni geochimici dell'Università di Palermo, impegnati nello studio del fenomeno vulcanologico con l'obiettivo di cogliere i segni di un'eventuale evoluzione verso condizioni eruttive.

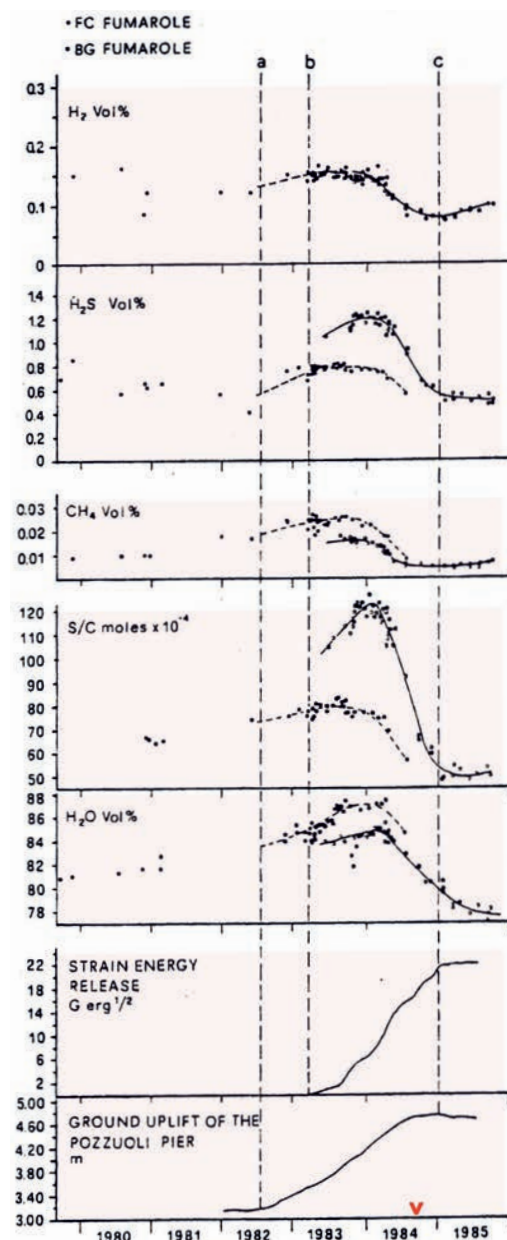
In pochi anni i metodi di campionamento delle fumarole furono integrati con quanto adottato da Ludovico Sicardi negli anni '40 e furono sviluppati sistemi di misura dei gas fumarolici assolutamente innovativi. Nuove metodologie furono adottate in ambiente subacqueo, per il prelievo di campioni di gas, per l'analisi chimica e degli isotopi stabili di Carbonio, Zolfo, Ossigeno e Idrogeno, nonché dei flussi di CO₂, di vapore e dell'energia termica ad essi associata. Vennero progettati e brevettati sensori per la misura in campagna di alcuni importanti parametri termodinamici e sviluppate stazioni per la registrazione, prima, e trasmissione radio, dopo, di alcuni parametri geochimici, tra i quali la temperatura e la capacità riducente dei gas fumarolici. Questa rapida evoluzione delle ricerche in campo applicativo avvenne in un periodo storico durante il quale la Geochimica, in campo internazionale, si era sviluppata con scarso orientamento verso problematiche d'interesse sociale e di protezione civile, quale lo studio dei precursori delle eruzioni vulcaniche e dei terremoti. Settori della ricerca che erano stati svolti con approcci quasi esclusivamente geofisici.

In realtà, qualche tentativo era stato sviluppato dai geochimici dell'Unione Sovietica, ma con risultati incoerenti e assolutamente inconcludenti. In questo contesto, la Geochimica era considerata, come ebbe a dire Marcello Carapezza, la disciplina "cenerentola" delle Scienze della Terra.

La forte ripresa del bradisismo dei Campi Flegrei nel 1982, vide intensamente impegnati i geochimici di Palermo. Il sollevamento del suolo, che nel settembre 1984 raggiunse quasi 2 metri e le continue scosse di terremoto, orientarono i geofisici e vulcanologi verso l'estrema decisione di una evacuazione di circa mezzo milione di persone dall'intera area flegrea per il rischio di una eruzione catastrofica.

Figura 1 A settembre 1984, nonostante il massimo sollevamento del suolo e il numero giornaliero dei sismi, i parametri geochimici monitorati mostravano una chiara tendenza in discesa ed opposta a quella che aveva preceduto di qualche mese la crisi flegrea del 1982 (Modificato da Barberi e Carapezza, 1996).

Figure 1 In September 1984, despite the maximum ground uplift and the daily number of earthquakes, the monitored geochemical parameters showed a clear downward trend, opposite to that which had preceded the Phlegraean crisis of 1982 by a few months (Modified after Barberi and Carapezza, 1996).



Tuttavia, le evidenze dei dati geochimici (Figura 1) documentate da tutti gli operatori del CNR di Firenze, di Pisa e dal gruppo di Palermo, suggerivano una fenomenologia profonda in via di esaurimento, finanche in relazione alla pressione di equilibrio dei fluidi profondi, stimata mediante reazioni geochimiche coinvolgenti il metano [Carapezza et al., 1984]. Tali valutazioni geochimiche rendevano inopportuna e improponibile l'attivazione delle gravissime problematiche socio-economiche che sarebbero scaturite da una massiccia evacuazione, tenuto conto anche della ancora embrionale organizzazione del sistema di Protezione Civile.

Durante tutto questo periodo, grazie alla risoluta azione del Prof. Marcello Carapezza, vennero intensificati i contatti e gli scambi con importanti istituzioni straniere, come le prestigiose università americane Penn State e Berkeley, il servizio geologico degli Stati Uniti (USGS) e l'Accademia delle Scienze dell'Unione Sovietica.

Alla fine degli anni '70, l'apprezzabile incremento della temperatura nelle fumarole dell'area craterica di Vulcano, destò un forte interesse nei geochimici dell'Università di Palermo e con il determinante contributo di Mario Nuccio e Mariano Valenza, fu avviato un nuovo filone di ricerche sul monitoraggio dei vulcani attivi con innovativi metodi geochimici, con l'obiettivo di cogliere i segni di un'eventuale evoluzione verso condizioni eruttive.

Le ricerche subacquee effettuate nell'area delle isole Eolie, hanno condotto alla sorprendente conclusione che Panarea avesse in realtà un magmatismo ancora attivo, nonostante fosse stato ritenuto, fino ad allora, estinto da 500.000 anni [Italiano and Nuccio, 1991]. Una evidente conferma di tale conclusione si ebbe 12 anni dopo, quando fu osservato un potentissimo degassamento sottomarino (Figura 2), con una componente magmatica, che ha indotto la Guardia costiera a precludere per parecchi mesi la navigazione in quell'area. Si sperimentarono in quegli anni metodi di campionamento e di misura delle emissioni gassose, anche in ambiente subacqueo, assolutamente innovativi, attingendo anche tutto ciò che la letteratura scientifica poteva offrire fino a quel momento (Figura 3).



Figura 2 Effetti in superficie del degassamento sottomarino di Panarea (Foto: M.P. Nuccio).

Figure 2 Surface effects of submarine degassing off the coast of Panarea (Photo: M.P. Nuccio).



Figura 3 Campionamento delle emissioni sottomarine di Panarea (Foto: A. Caracausi).

Figure 3 Sampling of submarine fluid emissions off the coast of Panarea (Photo: A. Caracausi).

Alle esperienze acquisite dal gruppo di Palermo, furono così integrati i metodi di campionamento sviluppati a Vulcano negli anni '40 da Ludovico Sicardi e W.F. Giggenbach, un prestigioso ricercatore austriaco, fortemente orientato allo studio delle manifestazioni geotermiche e vulcaniche della Nuova Zelanda, consentendo l'acquisizione della composizione chimica ed isotopica dei gas, nonché dei flussi di CO₂, di vapore e dell'energia termica ad essi associata.

La scomparsa di Marcello Carapezza, nel settembre 1987, determinò indubbiamente forti contraccolpi in ambito locale, nazionale ed internazionale. Tuttavia, i ricercatori che più avevano lavorato al suo fianco diedero prova di una straordinaria resilienza, sviluppando ed approfondendo tematiche geochemiche per la previsione delle eruzioni vulcaniche, in ambito idrologico ed ambientale, avviando lo studio dei cambiamenti geochemici che precedono i terremoti.

Vennero inoltre progettati sensori per la misura in campagna di alcuni importanti parametri termodinamici e furono allestite stazioni per la registrazione, prima, e trasmissione radio alla sede di Palermo dopo, di alcuni parametri geochemici, tra i quali la temperatura e la capacità riducente dei gas fumarolici.

Lo straordinario sviluppo tecnologico sui sistemi di misura e rilievo, ha avuto un notevole impatto anche nel monitoraggio vulcanico, ma ci auguriamo che i ricercatori non trascurino l'ulteriore sviluppo delle idee, l'approfondimento della teoria e ulteriori sperimentazioni. Questo approccio, più di ogni altra tecnologia, può condurre ad una migliore comprensione dei processi che si sviluppano nelle profondità di un vulcano e alla previsione dell'inizio di una eruzione ed alla sua successiva interruzione.

Particolarmente significativa è stata la dotazione all'IGF-CNR di uno dei 4 spettrometri di massa di altissima precisione per la misura degli isotopi dell'elio esistenti in quel tempo al mondo (Figura 4), fortemente voluta dal sottoscritto. Tale acquisizione, scaturita dal suggerimento del direttore del dipartimento di Chimica dei terremoti dell'Università di Tokyo, Prof. Hiroshi Wakita, ha condotto allo sviluppo di nuove linee di ricerca coinvolgenti i gas nobili e a molteplici collaborazioni internazionali con istituzioni del Giappone, Spagna, Germania, Austria, Gran Bretagna, Slovenia, Malta, Turchia, Grecia, Cina, Taiwan, USA, Messico.



Figura 4 Spettrometro di massa per la misura degli isotopi di elio, in dotazione alla Sezione di Palermo dell'INGV (Foto: M.P. Nuccio).

Figure 4 Mass spectrometer for helium isotope measures, INGV Lab of Palermo Section (Photo: M.P. Nuccio).

Il primo Dottorato di ricerca in Geochimica, istituito a Palermo sotto la direzione del Prof. Carapezza, rimase attivo fino al X ciclo.

In seguito ai contatti personali attivati dal Prof. Sergio Deganello con la direzione del Dipartimento generale e finanziario del Ministero della Pubblica Istruzione, Mario Nuccio ottenne l'approvazione di un regolamento assolutamente innovativo e il cofinanziamento da parte della Commissione Europea del Dottorato di ricerca in Geochimica, che riprese la sua attività nel 1997 col XII ciclo, assumendo una dimensione decisamente internazionale. Infatti, il nuovo regolamento prevedeva sia l'obbligo di permanenza presso istituzioni straniere, la revisione delle tesi di dottorato da parte di noti ricercatori stranieri (canadesi, statunitensi, spagnoli, francesi, inglesi e tedeschi), nonché la loro inclusione tra i 5 commissari dell'esame finale.

Nel settembre 1999, un decreto legislativo ha costituito l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), dove confluirono l'Istituto di Geochimica dei Fluidi - CNR di Palermo, l'Osservatorio Vesuviano di Napoli, l'Istituto Internazionale di Vulcanologia di Catania e l'Istituto di Ricerca sul Rischio Sismico di Milano.

Si sviluppa in quegli anni un'intensa ed efficace collaborazione con la Sezione di Palermo dell'INGV, che supporterà anche finanziariamente alcune borse di studio del Dottorato di Ricerca in Geochimica dell'Università degli Studi di Palermo ed il Dottorato.

Il successo del Dottorato di Geochimica fu ampiamente riconosciuto sia in Italia che all'estero ed ebbe riscontro nei premi per le migliori tesi conferite dalla Società Italiana di Mineralogia e Petrografia e dalla Società Italiana di Geochimica, che incaricò il direttore responsabile del Dottorato Mario Nuccio ed il direttore della Sezione di Palermo dell'INGV Rocco Favara, di organizzare una scuola di Geochimica post doc. Questa si tenne nel 2002 presso il castello Utveggio, con la partecipazione di docenti palermitani, affiancati da numerosi docenti stranieri di altissimo profilo. Tra coloro che conseguirono il rinnovato Dottorato di ricerca in Geochimica, mi piace ricordare il Prof. Alessandro Aiuppa, insignito della Wager Medal 2008, quale migliore vulcanologo under 40 del quadriennio 2004-2008, assegnata dalla IAVCEI (International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth Interior), professore ordinario di Geochimica e Vulcanologia presso l'Università di Palermo e componente della Commissione Grandi Rischi; il primo ricercatore Dr. Antonio Paonita, attuale direttore della Sezione di Palermo dell'INGV; la Dr.ssa C. Federico; il Dr. M. Liotta primo ricercatore presso INGV; il Dr. F. Grassa, il Dr. S. Bellomo e la Dr.ssa A. Correale ricercatori presso l'INGV; il Dr. S. Calabrese, prof. Associato dell'Università di Palermo; i Dr. W. D'Alessandro, M. Camarda, R. Di Martino, F. Pisciotta, le Dr.sse S. De Gregorio e E. Bagnato dell'INGV; le Dr.sse G. Iacono - Marziano, M. Alletti ed I. Di Carlo, ricercatrici presso l'Università ISTO - CNRS di Orleans. Molti altri lavorano stabilmente in strutture pubbliche (CNR, Assessorati regionali, ecc.).

Bibliografia

- Barberi F., Carapezza M.L., (1996). *The problem of volcanic unrest: the Campi Flegrei case history*. In *Monitoring and mitigation of volcano hazards*, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, pp. 771-786.
- Cioni R., Corazza E., Fratta M., Guidi M., Magro M., Marini L., (1989). *Precursors at Solfatara Volcano, Pozzuoli (Italy)*. IAVCEI Proceedings in Volcanology 1 J.H. Latter (Ed), Volcanic Hazards, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 384-398.
- Carapezza M., Nuccio P.M., Valenza M., (1984). *Geochemical surveillance of the Solfatara of Pozzuoli (Phegraeon Fields) during 1983*. Bulletin Volcanologique, 47, pp.303-311.
- Italiano F. and Nuccio P.M., (1991). *Geochemical investigations of submarine volcanic exhalations to the east of Panarea, Aeolian Islands, Italy (1991)*. J. Volcanol. Geother. Research, 46, pp.125-141.

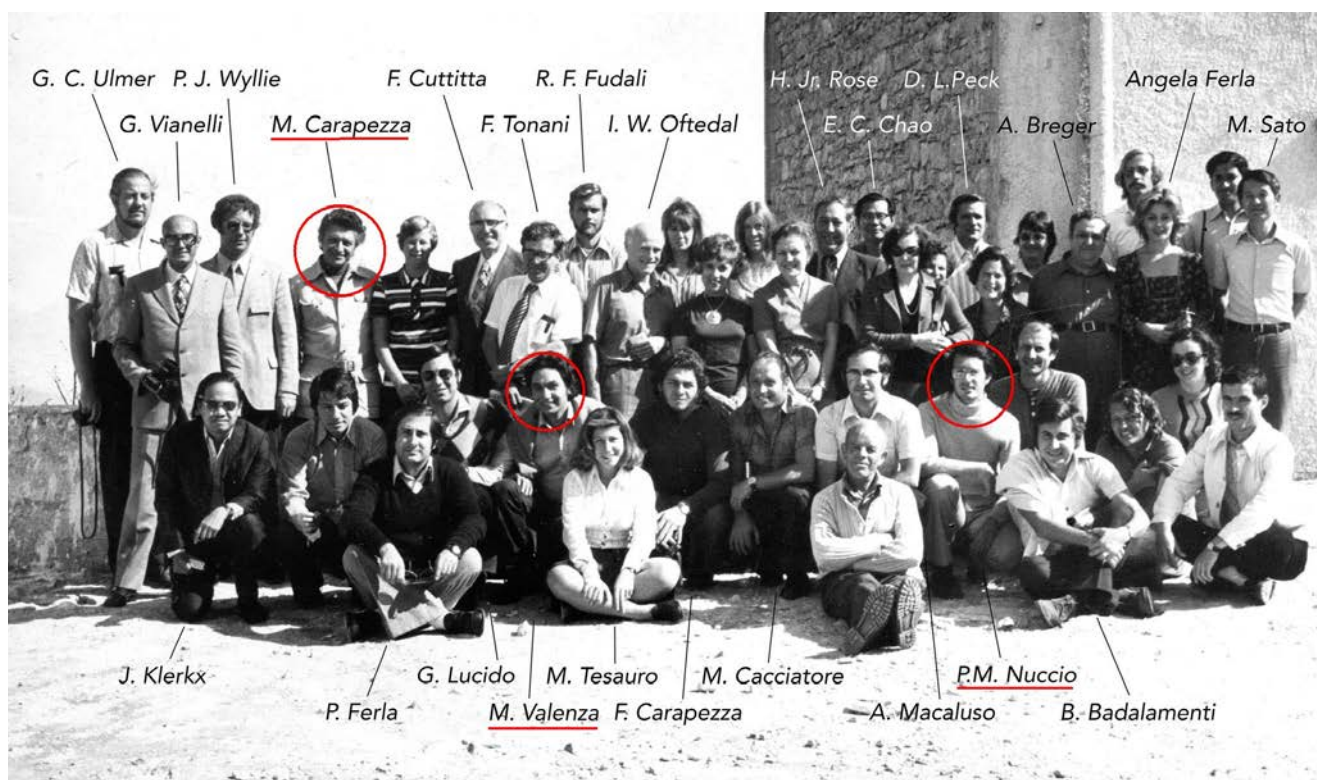


Figura 1 Gruppo di partecipanti alla Scuola Internazionale di Scienze della Terra diretta dal professor Marcello Carapezza a Erice (7-20 ottobre 1973). Evidenziati lo stesso Carapezza, fondatore della Scuola di Geochemica di Palermo, e i suoi primi due allievi e collaboratori: Mario P. Nuccio e Mariano Valenza, (Foto: modificata da Calabrese et al., 2020).

Figure 1 Group of participants at the International School of Earth Sciences directed by Professor Marcello Carapezza in Erice (7-20 October 1973). Highlighted are Carapezza, founder of the Palermo School of Geochemistry, and his first two disciples and collaborators: Mario P. Nuccio and Mariano Valenza. (Photo: modified from Calabrese et al., 2020).

Marcello Carapezza e la nascita del monitoraggio geochimico dei vulcani

Marcello Carapezza and the birth of geochemical monitoring of volcanoes

Alessandro Aiuppa

DISTEM | Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare, Università degli Studi di Palermo

1. Introduzione

Una delle più evidenti e persistenti manifestazioni del vulcanismo sul nostro pianeta è il rilascio in atmosfera di cospicue quantità di fluidi che, ove emessi dalle fumarole e dai condotti aperti sulle sommità dei vulcani attivi, sono conosciuti con il termine “gas vulcanici” [Symonds et al., 1994]. Nata a seguito delle prime pioneristiche osservazioni e misure sperimentali nel primo Novecento [Jaggar, 1940], la geochimica dei gas vulcanici si è evoluta e consolidata come scienza fra gli anni 60 e 80 dello stesso secolo [Symonds et al., 1994]. È in questo periodo che l'intuizione di un ristretto numero di chimici prestati alla vulcanologia porta alle prime evidenze sperimentali del fatto che i gas vulcanici, inerentemente più mobili del magma, potessero anticiparne l'arrivo in superficie, rendendoli pertanto non solo dei preziosi “telegrammi dall'interno della terra” [Matsuo, 1975], ma anche e soprattutto dei potenziali precursori delle eruzioni vulcaniche [Menyailov, 1975]. Marcello Carapezza (1925-1987) è riconosciuto come uno dei padri fondatori della moderna geochimica dei gas vulcanici [Foresta Martin, 2024]. Rientrato a Palermo nel 1969 per ricoprire la cattedra di Geochimica Applicata presso l'Università di Palermo [Foresta Martin, 2017], vi fonda la scuola di Geochimica dei Fluidi (Figura 1, v. pag. 48), mosso dalla profonda convinzione che i gas vulcanici contenessero delle informazioni chiave sui processi ed i meccanismi di regolazione del comportamento dei vulcani attivi. Marcello Carapezza fu tra i primi ad intuire che, se opportunamente interpretate con i metodi delle scienze esatte (la chimica e la fisica in primis), quelle informazioni avrebbero potuto aprire la strada ad una migliore comprensione delle dinamiche vulcaniche [Foresta Martin, 2024].

Questa breve nota si propone di riassumere alcuni dei più preziosi contributi di Marcello Carapezza alla nascita ed evoluzione del pensiero nel campo della geochimica dei gas vulcanici.

2. Marcello Carapezza e gli unrest vulcanici dei Campi Flegrei e dell'isola di Vulcano

Il monitoraggio dei vulcani si basa sul principio che sia possibile catturare, attraverso rilievi sul terreno e misure strumentali condotte con l'utilizzo di reti multi-parametriche permanenti, dei “segnali” indicatori dei processi vulcanici in atto che, nel caso più fortunato, rappresentino dei “precursori” di una imminente eruzione vulcanica [Sparks et al., 2012].

Il moderno monitoraggio vulcanico [Poland and Anderson, 2020; Acocella et al., 2024] si basa su tre tecniche principali: la sismologia, la geodesia e la geochimica dei gas. Le prime due discipline (geofisiche) si basano sul concetto che un aumento di pressione in un serbatoio magmatico (la principale causa scatenante delle eruzioni vulcaniche) causi la fratturazione (risposta fragile) e la deformazione (risposta elastica) delle rocce circostanti, rilevabili rispettivamente attraverso una rete di sismometri [Matoza and Roman, 2022] e ricevitori GPS

(o altre misure satellitari) [Biggs and Pritchard, 2017].

Il monitoraggio geochimico [Aiuppa et al., 2025] si basa sul presupposto che un'eruzione vulcanica è anticipata da un aumento della quantità di fluidi rilasciati in superficie dal vulcano, e da una variazione della loro composizione chimica. Tale circostanza si realizza in ragione del fatto che i magmi contengono in soluzione delle specie volatili (H_2O , CO_2 , e S sono i più abbondanti) la cui solubilità, sebbene una complessa funzione di temperatura, composizione e condizioni ossido riduttive, è in prima istanza determinata dalla pressione di confinamento sul magma stesso. In ragione della relazione positiva fra solubilità e pressione, la risalita (decompressione) del magma è associata al degassamento magmatico [Oppenheimer et al., 2014], fenomeno naturale in virtù del quale, al diminuire della pressione, i volatili si separano dal fuso, generando una fase gassosa indipendente. Questa, migrando verso la superficie, viene emessa in superficie attraverso le manifestazioni fluide dei vulcani (fumarole, pennacchi vulcanici, suoli, acque di falda), potenzialmente anticipando l'avvio dell'attività eruttiva.

Nel tentativo di utilizzare a pieno le potenzialità offerte dal monitoraggio geochimico, Carapezza e la scuola di geochimica dei fluidi di Palermo da lui fondata, avente come principali attori Mario Nuccio, Mariano Valenza e il costituendo Istituto di Geochimica dei Fluidi (IGF) del CNR, avviarono alla fine degli anni Settanta – con i colleghi della scuola di Firenze e Pisa – le prime strategie di monitoraggio sistematico delle emissioni fluide dei vulcani italiani. Le strategie di monitoraggio sviluppate, e i modelli concettuali che derivarono dai dati raccolti, furono messi alla prova dalle crisi vulcaniche dei Campi Flegrei nel 1982-84 [Barberi et al., 1984] e dell'Isola di Vulcano nel 1978-1990 [Barberi et al., 1991] (Figura 2).

Una breve analisi di queste esperienze consente di enucleare tre dei principali lasciti scientifici di Marcello Carapezza alla geochimica dei fluidi.

Figura 2 Marcello Carapezza (a destra) e Mariano Valenza (a sinistra) alle prese con campionamenti di gas nel cratere di La Fossa dell'isola di Vulcano all'inizio degli anni '80 (Foto: famiglia Carapezza).

Figure 2 Marcello Carapezza (right) and Mariano Valenza (left) in the early 1980s taking gas samples from the high-T fumaroles of La Fossa crater at Vulcano Island (Photo: Carapezza family).



2.1 Le fumarole dei vulcani dormienti come miscele fra gas magmatici e idrotermali

Nell'estate del 1982, una intensa crisi sismo-deformativa, localmente nota come bradisisma o crisi bradisismica, prese inizio nel sistema vulcanico dei Campi Flegrei [Barberi et al., 1984]. Tale crisi fu caratterizzata da un sollevamento del suolo di ~1.8 m, da migliaia di terremoti di bassa magnitudo (M_D massima di 4.2), e da evidenti accelerazioni nel degassamento. L'intensa sismicità, in particolare, causò l'evacuazione di circa 40,000 persone dal centro storico di Pozzuoli, l'area di massimo sollevamento. La crisi fu accompagnata e seguita da un vivace dibattito sulle sue

cause, che divise la comunità scientifica fra i sostenitori della sua natura idrotermale (laddove il bradisismo era spiegato come causato dalla pressurizzazione di corpi idrici idrotermali nel sottosuolo) da quelli che ne suggerivano una natura magmatica (ovvero, che il bradisismo fosse triggerato alla risalita e messa in posto di un corpo magmatico nella crosta) [Troise et al., 2019]. Analizzando i dati composizionali delle fumarole raccolti dai geochimici del tempo, Carapezza e collaboratori [Carapezza et al., 1984] contribuirono ad evidenziare un progressivo aumento dell'acqua a spese dell'anidride carbonica (CO_2) nelle fumarole durante il bradisismo (Figura 3). Sulla base di tali dati, Carapezza et al., [1984] proposero che il bradisismo fosse causato dall'aumento di pressione associato al crescente riscaldamento ed ebollizione di un acquifero idrotermale confinato. Sebbene l'analisi a posteriori dei dati abbia portato ad una rivisitazione dei modelli, suggerendo un ruolo chiave giocato dal degassamento del magma nella crisi bradisismica [Chiodini et al., 2003], è un dato ormai acclarato – come suggerito da Carapezza et al., [1984] – che le dinamiche degli unrest nei vulcani a condotto chiuso siano interpretabili attraverso l'analisi dell'evoluzione temporale del rapporto $\text{H}_2\text{O}/\text{CO}_2$ nei gas vulcanici; laddove questo parametro consente di quantificare il contributo relativo del magma (che rilascia gas magmatici ricchi in CO_2) e degli acquiferi idrotermali (che per ebollizione rilasciano una fase vapore ricca in H_2O) nel determinare la composizione delle fumarole [Giggenbach, 1987; 1996]. L'interpretazione dei gas vulcanici come “miscele” fra gas magmatici e vapore di origine idrotermale fu anche figlia delle esperienze condotte da Carapezza e collaboratori durante le fasi iniziali della crisi esalativa dell'isola di Vulcano, cominciata alla fine degli anni '70 [Nuccio et al., 1980] e culminata alla fine degli anni '80 [Barberi et al., 1991]. Sulla base della modellizzazione della composizione chimica delle fumarole, Carapezza et al. [1981] proposero uno dei primi modelli quantitativi (noto come modello della “pentola a pressione”) delle interazioni magmatico-idrotermali, nel quale le dinamiche evolutive di un sistema vulcanico dormiente in stato di unrest furono ricondotte all'interazione fra una sorgente magmatica in profondità (che rappresenta la sorgente di calore e fluidi magmatici) e un serbatoio idrotermale interposto fra questo e la superficie.

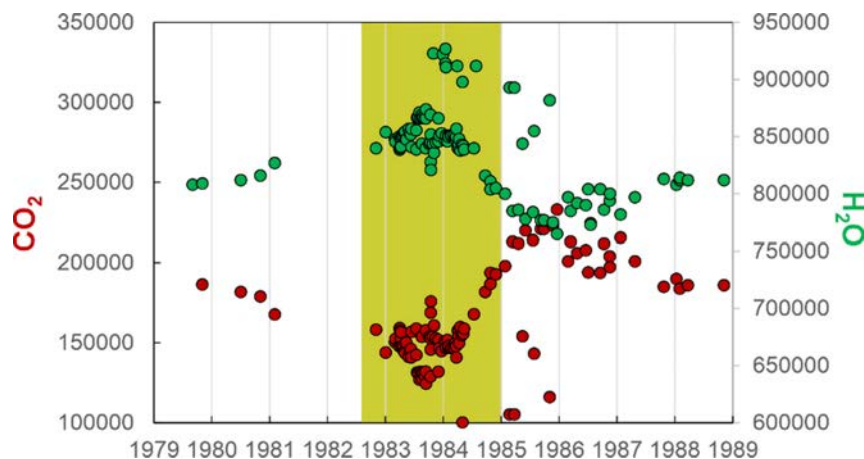


Figura 3 Cronologia dell'evoluzione della composizione chimica delle fumarole dei Campi Flegrei fra il 1979 ed il 1989. Database dell'Osservatorio Vesuviano dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia e altre fonti da Caliro et al., [2025]. L'area gialla indica la fase bradisismica del 1982-84, ed è caratterizzata da un peculiare arricchimento in acqua, interpretato da Carapezza et al., [1984] come il risultato di un crescente grado di ebollizione di un acquifero idrotermale in pressurizzazione.

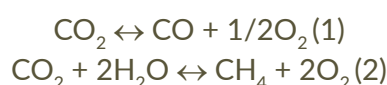
Figure 3 Chronology of the evolution of the chemical composition of the fumaroles of the Campi Flegrei between 1979 and 1989. Database of the INGV - OV Section and other sources from Caliro et al., [2025]. The yellow area indicates the bradyseismic phase of 1982-84 and is characterized by a peculiar water enrichment, interpreted by Carapezza et al., [1984] as the result of an increasing boiling rate of a pressurized hydrothermal aquifer.

2.2 La geochimica dei gas: da scienza “osservativa” a scienza “quantitativa”

Un secondo lascito che la produzione scientifica di Marcello Carapezza ci consegna riguarda la necessità di affrontare l'interpretazione dei dati geochimici avvalendosi degli strumenti quantitativi della chimico-fisica. Negli anni Settanta, la crescente disponibilità di serie temporali della composizione dei gas vulcanici aprì la strada ai primi modelli empirici che miravano ad individuare dei segnali/pattern potenzialmente interpretabili come “precursori” dell'attività vulcanica [Menyailov, 1975]. La lezione di Marcello Carapezza è che l'individuazione di tali precursori deve necessariamente essere basata su un modello concettuale di funzionamento di un vulcano attivo, che si poggi su rigide leggi quantitative.

Alla fine degli anni Settanta, era ormai noto che i gas vulcanici, sia quelli di alta temperatura (i gas magmatici; [Ellis, 1957; Nordlie, 1971; Gerlach, 1979]) che gli equivalenti di bassa temperatura (gas idrotermali; [Ellis e Mahon, 1977]), possedessero una configurazione chimica tipica di un sistema all'equilibrio termodinamico, tale ovvero da minimizzare l'energia libera del sistema. In tale contesto, Carapezza e collaboratori sfruttarono questa proprietà per estrarre, dalla chimica dei gas vulcanici, informazioni quantitative sulle condizioni (pressione, temperatura, condizioni ossido-riduttive) dei sistemi vulcanici sotto investigazione, ed in particolare della loro evoluzione temporale durante il progredire di un unrest vulcanico.

Si consideri, a titolo di esempio, le reazioni chimiche di riduzione dell'anidride carbonica (CO_2) in monossido di carbonio (CO) e metano (CH_4). All'equilibrio, queste reazioni assumono la forma:



Nell'assunzione che (i) la fugacità di ossigeno ($f\text{O}_2$) sia tamponata dagli equilibri fra specie redox-sensibili (e.g., il ferro i due diversi stati di ossidazione) nella matrice rocciosa, e pertanto una funzione della temperatura [Giggenbach, 1987], e che (ii) la pressione d'acqua ($p\text{H}_2\text{O}$) corrisponda alla pressione totale del sistema, ne deriva che i rapporti CO_2/CO e CO_2/CH_4 nei gas vulcanici dipendono esclusivamente dalle variabili T-P del sistema idrotermale ove si realizza il processo di riequilibrio delle specie gassose [Giggenbach, 1987; Chiodini e Marini, 1998]. Sulla base dei dati analitici (concentrazione di CO_2 , CO e CH_4), è pertanto possibile valutare le condizioni di pressione-temperatura del sistema idrotermale che alimenta le fumarole.

Carapezza e collaboratori furono fra i primi ad utilizzare questo approccio quantitativo nella gestione delle emergenze vulcaniche, ed in particolare per ricavare informazioni sul “motore” interno degli unrest vulcanici. In particolare, avvalendosi di equilibri analoghi a quelli descritti dalle relazioni (1) e (2), Carapezza et al. [1984] suggerirono che la crisi bradisismica dei Campi Flegrei nel 1982-84 potesse essere il risultato di un aumento di pressione del ~70% nel sistema idrotermale che alimentava le fumarole della Solfatara (Figura 4), senza pertanto richiedere l'apporto di magma verso le superficie. Analogamente, durante l'unrest di degassamento dell'isola di vulcano, lo studio degli equilibri in fase gassosa si rivelò la chiave per stimare le condizioni P-T del sistema idrotermale bifase che alimentava le fumarole del cratere.

A distanza di più di quarant'anni, la geo-termobarometria in fase gassosa rimane uno strumento chiave per il monitoraggio geochimico dei vulcani attivi [Fischer e Chiodini, 2015; Chiodini et al., 2016; Chiodini et al., 2021].

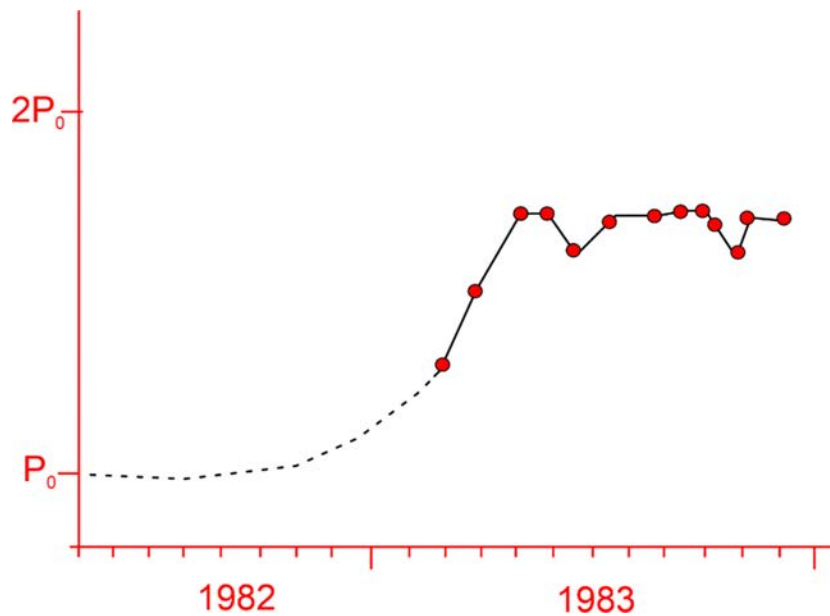


Figura 4 Variazioni relative della pressione del sistema idrotermale che alimentava le fumarole della Solfatara dei Campi Flegrei (Ridisegnato da Carapezza et al., [1984]). P_0 rappresenta la pressione del sistema prima dell'inizio dell'unrest.

Figure 4 Relative pressure variations in the hydrothermal system that fed the fumaroles of the Solfatara at Campi Flegrei (Modified from Carapezza et al., [1984]). P_0 represents the system pressure before the onset of unrest.

2.3 Il monitoraggio continuo

Negli anni Settanta e Ottanta dello scorso secolo, la tecnica di misura largamente più utilizzata per la sorveglianza geochimica dei vulcani attivi era il campionamento diretto delle fumarole, seguito da analisi chimiche di varia natura in laboratorio [Giggenbach, 1975; Symonds et al., 1994] (Figura 5). I vulcani idrotermali a condotto chiuso attraversano lunghe fasi di riposo, che possono protrarsi anche per secoli o millenni in alcuni casi. In tali condizioni, le variazioni del chimismo dei fluidi vulcanici sono modeste in ampiezza, e comunque si realizzano su intervalli temporali molto lunghi (anni, decenni, secoli). Tale lenta cinetica nei processi evolutivi rende il campionamento diretto (che prevede campionamenti discreti su base periodica, e tempi di attesa di giorni/settimane fra le attività di prelievo sul campo e la disponibilità dei dati per la loro interpretazione) la tecnica più idonea per caratterizzare le dinamiche vulcaniche.

Tuttavia, con l'inizio di una fase di unrest vulcanico, l'evoluzione di un sistema vulcanico accelera significativamente e, nella sfortunata condizione che l'unrest progredisca verso la fase di "eruzione imminente", la scala dei tempi si riduce ai giorni, o perfino alle ore [Rosi et al., 2022]. In tali situazioni, l'uso delle tecniche di campionamento diretto diviene inadeguata per catturare, in maniera tempestiva, qualunque alterazione nel sistema vulcanico.

È a Marcello Carapezza (e pochi altri contemporanei) che si deve l'intuizione che fosse pertanto necessario lo sviluppo di tecniche strumentali che permettessero la misura in continuo – e l'analisi in tempo reale – della composizione dei gas vulcanici; ed è a Carapezza che si devono i primi esempi di misure strumentali in Italia della fugacità dello zolfo [Carapezza et al., 1980] e della capacità riducente [Carapezza et al., 1984] nei gas vulcanici dell'isola di Vulcano e dei Campi Flegrei. Questi studi costituirono l'impeto iniziale che dette il via allo sviluppo delle moderne e complesse reti strumentali sui vulcani attivi (Figura 5) che oggi misurano, in continuo e ad alta risoluzione temporale (fino ad 1 Hz), un'ampia varietà di parametri geochimici [Aiuppa et al., 2025].



Figura 5 Una moderna rete strumentale per il monitoraggio geochimico dei vulcani attivi. Sullo sfondo, il vulcano Manam, in Papua Nuova Guinea (Foto: A. Aiuppa). Gli inserti mostrano le principali tecniche analitiche. (fra parentesi, i parametri monitorati) (Modificato da Aiuppa et al., [2025]).

Figure 5 A modern instrumental network for the geochemical monitoring of active volcanoes. In the background, the Manam volcano, Papua New Guinea (Photo: A. Aiuppa). The insets show the main analytical techniques. (In brackets, the monitored parameters) (Modified from Aiuppa et al., [2025]).

Conclusioni

La geochimica dei gas vulcanici ha subito una fortissima evoluzione negli ultimi decenni, avvalendosi degli enormi progressi realizzatisi in campo tecnologico e teorico. Questi avanzamenti, muovendosi lungo il percorso originariamente tracciato da Marcello Carapezza fra la fine degli anni Settanta e l'inizio degli anni Ottanta dello scorso secolo, ci rammentano come, a distanza di più trent'anni dalla sua prematura scomparsa, il lascito scientifico di Marcello Carapezza rimane vivo e forte, e fonte di riconoscimento da parte della comunità geochimica tutta.

Ringraziamenti

Questa breve nota riassume il contenuto di un intervento orale tenutosi durante la X edizione di Villaggio Letterario, Librofest, dedicata alla memoria di Marcello Carapezza (Ustica, 5-6 agosto 2024). Desidero ringraziare Anna Russolillo, Franco Foresta Martin e Valerio Agnesi, organizzatori della rassegna, per il loro gentile invito a tenere la conferenza, e Franco in particolare per aver cortesemente atteso, con sua elegante pazienza, la scrittura di questa mia nota.

Bibliografia

- Acocella V., Ripepe M., Rivalta E., et al., (2024). *Towards scientific forecasting of magmatic eruptions*. Nat. Rev. Earth Environ., 5, 5-22. <https://doi.org/10.1038/s43017-023-00492-z>
- Aiuppa A., et al., (2025). *Geochemical volcano monitoring*. Chapter 2.4 of The Encyclopedia of Volcanoes, 3rd edn. Eds: Bonadonna C., Caricchi L., Clarke A., Cole P., Lindsay J., Lowenstern J., Robertson R., Villegas M.L. Elsevier, Peer-reviewed preprint published in EarthArXiv. <https://doi.org/10.31223/X5TT6D>
- Barberi F., Corrado G., Innocenti F., Luongo G., (1984). *Phlegraean Fields 1982–1984: Brief chronicle of a volcano emergency in a densely populated area*. Bull. Volcanol., 47, 175–185. <https://doi.org/10.1007/BF01961547>
- Barberi F., Neri G., Valenza M., Villari L., (1991). *1987–1990 unrest at Vulcano*. Acta Vulcanol., 1, 95–106.
- Biggs J., Pritchard M.E., (2017). *Global volcano monitoring: what does it mean when volcanoes deform?* Elements, 13(1), 17–22. <https://doi.org/10.2113/gselements.13.1.17>
- Caliro S., Chiodini G., Avino R., et al., (2025). *Escalation of caldera unrest indicated by increasing emission of isotopically light sulfur*. Nat. Geosci., 18, 167–174. <https://doi.org/10.1038/s41561-024-01632-w>
- Carapezza M., Nuccio P.M., Valenza M., (1980). *Misura della fugacità dello zolfo nelle fumarole dell'isola di Vulcano*. Rendiconti della Società Italiana di Mineralogia e Petrologia, 36(2), 555 – 561.
- Carapezza M., Nuccio P.M., Valenza M., (1981). *Genesis and evolution of the fumaroles of Vulcano (Aeolian Islands, Italy): A geochemical model*. Bull. Volcanol., 44, 547–563.
- Carapezza M., Nuccio P.M., Valenza M., (1984). *Geochemical surveillance of the Solfatara of Pozzuoli (Phlegraean Fields) during 1983*. Bulletin Volcanologique, 47(2), 303-311. doi: 10.1007/BF01961561
- Chiodini G., Todesco M., Caliro S., Del Gaudio C., Macedonio G., Russo M., (2003). *Magma degassing as a trigger of bradyseismic events; the case of Phlegraean Fields (Italy)*. Geophys. Res. Lett., 30 (8), 1434. <https://doi.org/10.1029/2002GL01679>
- Chiodini G., Paonita A., Aiuppa A., Costa A., Caliro S., De Martino P., Acocella V., Vandemeulebrouck J., (2016). *Magmas near the critical degassing pressure drive volcanic unrest towards a critical state*. Nat. Comm., 7, 13712.
- Chiodini G., et al., (2021). *Hydrothermal pressure-temperature control on CO₂ emissions and seismicity at Campi Flegrei (Italy)*. J. Volcanol. Geotherm. Res., 414, art. no. 107245. doi:10.1016/j.jvolgeores.2021.107245
- Ellis A.J., (1957). *Chemical Equilibrium in Magmatic Gases*. Am. J. Sci., 255, 416-431.
- Ellis A.J., Mahon W.A.J., (1977). *Chemistry and Geothermal Systems*. Academic Press, New York.
- Fischer T.P., Chiodini G., (2015). *Volcanic gases*. In Encyclopaedia of Volcanoes 2nd ed., 779-797. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385938-9.00045-6>
- Foresta Martin F., (2017). *Marcello Carapezza (1925-1987), scienziato - umanista*. Naturalista Siciliano, S. IV, vol. XLI (2), 199-200.
- Foresta Martin F., (2024). *Marcello Carapezza (1925-1987), a pioneer of geochemical surveillance of active volcanoes*. Rendiconti Online Società Geologica Italiana, 62, 82-88. doi: 10.3301/ROL.2024.08
- Gerlach T.M., (1979). *Evaluation and restoration of the 1970 volcanic gas analyses from Mount Etna, Sicily*. J. Volcanol. Geotherm. Res., 6, 165-178.
- Giggenbach, W.F., (1975). *A simple method for the collection and analysis of volcanic gas samples*. Bull. Volcanol., 39, 132-145.
- Giggenbach W.F., (1987). *Redox processes governing the chemistry of fumarolic gas discharges from*

- White Island, New Zealand. Appl. Geochem., 2, 143-161.
- Giggenbach W.F., (1996). *Chemical composition of volcanic gases*. In: Scarpa R., Tilling R. (eds.), *Monitoring and Mitigation of Volcano Hazard*, 221–256 (Berlin, Heidelberg, Germany).
- Jaggard T.A., (1940). *Magmatic gases*. Am. J. Sci., 238, 313-353.
- Matoza R.S., Roman D.C., (2022). *One hundred years of advances in volcano seismology and acoustics*. Bull. Volcanol., 84, 86. <https://doi.org/10.1007/s00445-022-01586-0>
- Matsuo S., (1975). *Chemistry of volcanic gases*. Kazan. Bull. Volcanol. Soc. Japan., 20, 319–329.
- Menyailov I.A., (1975). *Prediction of eruptions using changes in compositions of volcanic gases*. Bull. Volcanol., 39, 112-125.
- Nordlie B.E., (1971). *The Composition of the Magmatic Gas of Kilauea and Its Behaviour in the Near-surface*. Environment. Am. J. Sci., 271, 471-463.
- Nuccio P.M., Valenza M., Carapezza M., (1980). *Surveillance of the Volcanic Activity of Vulcano (Aeolian Islands, Italy); Evolution, Risk and Choice of Critical Parameters*. E.O.S. Trans. A.G.U., 61, p. 45.
- Oppenheimer C., Fischer T.P., Scaillet B., (2014). *Volcanic degassing*. In: Holland HD, Turekian KK (eds.), *Treatise on Geochemistry, The Crust*, 2nd ed., Elsevier, 111–179.
- Poland M.P., Anderson K.R., (2020). *Partly cloudy with a chance of lava flows: forecasting volcanic eruptions in the twenty-first century*. J. Geophys. Res. - Solid Earth, 125. <https://doi.org/10.1029/2018JB016974>
- Rosi M., Acocella V., Cioni R., Bianco F., Costa A., De Martino P., Giordano G., Inguaggiato S., (2022). *Defining the Pre-Eruptive States of Active Volcanoes for Improving Eruption Forecasting*. Front. Earth Sci., 10:795700. doi: 10.3389/feart.2022.795700
- Sparks R.S.J., Biggs J., Neuberg J.W., (2012). *Monitoring volcanoes*. Science, 335, 1310–1311.
- Symonds R.B., Rose W.I., Bluth G.J.S. and Gerlach T.M., (1994). *Volcanic-gas studies: methods, results and applications*. Reviews in Mineralogy, 30, 1-66.
- Troise C., De Natale G., Schiavone R., Somma R., Moretti R., (2019). *The Campi Flegrei caldera unrest: Discriminating magma intrusions from hydrothermal effects and implications for possible evolution*. Earth-Science Reviews, 188, 108-122. doi: 10.1016/j.earscirev.2018.11.007

L'Istituto di Geochimica dei Fluidi fondato da Marcello Carapezza e il suo lascito

The Institute of Fluid Geochemistry founded by Marcello Carapezza and his legacy

Rocco Favara

Già direttore della Sezione di Palermo dell'INGV

INGV | Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Palermo

L'Istituto di Geochimica dei Fluidi (IGF) del Consiglio Nazionale delle Ricerche nasce nel 1980 su iniziativa di Marcello Carapezza, allora ordinario di Geochimica Applicata presso l'Università di Palermo. Lo scopo era quello di effettuare ricerche sui fluidi presenti in sistemi naturali per studiare la loro genesi ed evoluzione nei sistemi che li rilasciano.

La figura di Marcello Carapezza è centrale nella nascita dell'IGF, e per questo desidero definirla da un punto di vista umano oltre che, ovviamente, scientifico.

La nascita dell'IGF si inserisce perfettamente in un processo di crescita culturale, scientifica e sociale maturata da Marcello dopo il suo ritorno, all'inizio degli anni '70, presso l'Università di Palermo.

Marcello Carapezza aveva iniziato la sua carriera operando a cavallo tra gli anni '40 e '50 come assistente presso l'Istituto di Mineralogia, Petrografia e Geochimica dell'Università di Palermo; il suo campo di ricerca era focalizzato prevalentemente sulla petrologia sperimentale. Il suo trasferimento a Bologna alla fine degli anni '50 e la sua esperienza americana presso la Pennsylvania State University e la Johns Hopkins University di Baltimora gli permisero di essere apprezzato, come scienziato, a livello nazionale ed internazionale. I suoi argomenti di ricerca riguardavano sistemi ad alta pressione e temperatura ed il ruolo della fugacità di ossigeno in questi sistemi naturali e nelle fasi mineralogiche che ne derivavano.

Nel 1969, Marcello ritornava da Bologna all'Università di Palermo come ordinario di Geochimica Applicata.

Alcuni colleghi dell'Istituto di Mineralogia, Petrografia e Geochimica dell'Università di Palermo avevano pensato che con il suo arrivo si sarebbe potuto costituire anche a Palermo un laboratorio di alte pressioni e temperature per continuare la sua attività nel campo della petrologia sperimentale, dando così seguito a quei temi di ricerca innovativi che avevano caratterizzato la sua attività di ricerca.

Marcello Carapezza era un uomo di grande cultura che non trattava semplicemente argomentazioni scientifiche relazionate con suo ruolo di cattedratico, infatti, fin da giovane aveva mostrato interesse per le materie umanistiche e per la filosofia, inoltre era in grado di parlare con competenza anche di musica e di arte in genere.

Non è banale sottolineare che il Professore Carapezza avrebbe potuto insegnare in università prestigiose del nord Italia o all'estero, invece scelse di tornare a Palermo. A guidarlo probabilmente è stato il grande amore che lui aveva per questa terra, anche perché riteneva che la Sicilia, dal punto di vista geologico, offriva ampi spazi a ricerche innovative che avrebbero portato importanti progressi nelle Scienze della Terra.

Tenendo fede all'amore per la sua terra ed applicando il suo modo innovativo di concepire la ricerca, Marcello, una volta arrivato a Palermo, decise insieme ai suoi collaboratori di aprire nuovi campi di ricerca.

Questa era una sua convinzione, direi anche una premonizione, dato che oggi, a distanza di quasi

cinquanta anni, il ruolo dei fluidi nella dinamica geologica è universalmente riconosciuto, specialmente nello studio dell'attività vulcanica e in quello dell'attività sismica. Altra "premonizione" espressa chiaramente in alcuni suoi scritti di circa 50 anni fa era l'approccio scientifico multidisciplinare alle problematiche che riguardavano la ricerca sperimentale sui fenomeni naturali ed in particolare sull'attività vulcanica e sull'evoluzione dei processi sismogenetici. Infatti, il conseguimento di risultati sempre migliori nei vari aspetti disciplinari (geologia, geofisica, geochimica, etc.) permetteva la formulazione di modelli interpretativi sempre migliori e quindi più aderenti alla realtà fenomenologica.

Il tutto poi aveva un'importante ricaduta in termini di mitigazione dei rischi naturali (rischio vulcanico, rischio sismico, problematiche e rischi ambientali). Queste attività di ricerca avevano una evidentissima proiezione sociale che oggi è sempre più attuale e indispensabile a supporto delle azioni di protezione civile.

Un innato pragmatismo scientifico aveva certamente guidato Marcello in questo cambiamento di rotta; però devono essere considerate anche motivazioni più alte, che riguardano il riscatto della Sicilia attraverso progressi culturali e scientifici in grado di portarla alla ribalta anche per questioni positive.

Nella realtà non penso che ci sia stato un vero e proprio cambio di rotta, in quanto Marcello non ha chiuso con il suo passato scientifico, ma ha solo portato la sua esperienza di laboratorio sul campo, trasformando i vulcani, le aree sismiche e l'ambiente in veri e propri laboratori sperimentali naturali. La caratterizzazione geochimica ed isotopica dei fluidi presenti in questi ambienti divennero i percorsi da utilizzare per approfondire e migliorare le conoscenze.

Il mio ricordo del Professor Carapezza riguarda la parte iniziale della mia vita professionale vissuta presso l'Istituto di Mineralogia, Petrografia e Geochimica dell'Università di Palermo, prima da studente, poi, per un breve periodo, circa 18 mesi, da ricercatore dell'IGF, quando Carapezza era il direttore.

Carapezza riusciva a trasmettere ai suoi collaboratori un grande entusiasmo, attraverso l'apprezzamento delle loro migliori qualità. La sensazione che ne ricavavi era quella che il tuo lavoro, nell'economia generale delle attività da svolgere, fosse importante per l'Istituto e per lo stesso direttore. Insomma, Carapezza riusciva a caricarti e a darti grandi motivazioni che ti portavano ad impegnarti sempre di più nelle attività da svolgere. Il suo impegno nel conseguire i risultati concordati era tangibile dato che cercava di mettere i ricercatori e tutto il personale nelle condizioni ottimali per lavorare al meglio, mettendogli a disposizione tutto quanto era necessario e affrancandoli da carichi burocratici e amministrativi, cosa che oggi non viene minimamente considerata.

Una delle frasi che mi disse durante un nostro incontro e che ancora oggi ricordo con estremo apprezzamento è la seguente: "Vede Rocco, noi siamo veramente fortunati, perché ci pagano per svolgere attività che in realtà sono la nostra passione": oggi più di allora capisco e condivido pienamente questa affermazione. Questa è la motivazione che ci portava a lavorare intensamente e duramente facendo passare in secondo piano orari di lavoro e impegni personali. Un altro grande insegnamento del professor Carapezza che ho sempre cercato di seguire durante la mia attività di ricerca, ma in special modo nel corso dei miei anni di direzione, prima nell'IGF CNR e poi nell'INGV Sezione di Palermo, riguarda la sua apertura alle innovazioni ed al miglioramento del livello culturale e scientifico dell'Istituto. Un esempio è dato dallo sviluppo della geochimica isotopica che negli anni '70 cominciava ad avere un ruolo sempre maggiore ed importante per il conseguimento di risultati di elevato livello scientifico, dato che indagava la genesi dei fluidi. Per creare solide basi di questa disciplina, Marcello aveva fatto mettere a concorso presso l'Università di Palermo una cattedra di Geochimica Isotopica; a vincere il concorso fu Antonio Longinelli. Il Professore Longinelli veniva dalla scuola pisana di Tongiorgi, era un ricercatore molto noto e apprezzato a livello nazionale e internazionale e Carapezza,

come era nelle sue abitudini, gli mise a disposizione le risorse umane ed economiche per realizzare un laboratorio a Palermo. Fu acquistato uno spettrometro di massa e furono costruite alcune "linee a vuoto" in vetro per la purificazione e preparazione dei campioni da misurare. Longinelli profuse un grande impegno per realizzare a Palermo un nucleo di geochimica isotopica, concretizzando le aspettative di Marcello e creando una scuola di geochimica isotopica sia presso l'Università che nell'IGF-CNR, oggi INGV Sezione di Geochimica di Palermo.

L'Istituto di Geochimica dei Fluidi del Consiglio Nazionale delle Ricerche probabilmente fu creato da Marcello Carapezza per dare concretezza con risorse economiche e di personale alla nuova idea di portare ricerche che chiarissero il ruolo dei fluidi nella dinamica geologica dei sistemi naturali, con ricadute positive per la protezione civile e per la sicurezza sociale.

Nei primi anni di attività dell'IGF gli studi riguardavano per lo più i gas e le acque circolanti in sistemi vulcanici attivi ed in aree sismiche. L'interesse era rivolto principalmente alle aree termali che rilasciavano fluidi anomali ed alle zone di degassamento dal suolo che sono prevalentemente localizzate in aree vulcaniche o in corrispondenza di sistemi tettonici potenzialmente attivi. Una particolare attenzione era stata anche rivolta agli studi di carattere ambientale con particolare riferimento allo stato quali-quantitativo dei corpi idrici superficiali e sotterranei con relativa valutazione sul livello di contaminazione delle acque.

L'Istituto di Geochimica dei Fluidi (IGF), anche se è stato formalmente fondato nel 1980, ha svolto il suo ruolo di Ente Pubblico di Ricerca dal 1983, quando vennero assunti i primi ricercatori, al 2000. I primi giorni del 2001 ed esattamente il 10 gennaio, ai sensi del decreto legislativo 381 del 29 settembre del 1999, venne ufficializzata la nascita dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia e l'IGF venne soppresso e trasformato nella Sezione di Palermo dell'INGV che si occupava di geochimica. In questo arco di tempo il personale IGF, guidato inizialmente dal Professore Carapezza, ha costruito e consolidato una tradizione nel campo della geochimica applicata innanzitutto ai vulcani, ma anche ai terremoti ed all'ambiente.

Per quanto riguarda le attività sui vulcani attivi l'IGF aveva un ruolo di rilievo confermato dalla presenza di diritto del suo direttore nel Consiglio Scientifico del Gruppo Nazionale per la Vulcanologia (GNV) del CNR e, data la sua capacità operativa, l'IGF faceva parte anche della Giunta esecutiva GNV. Condivideva questa posizione con l'Istituto Internazionale di Vulcanologia, oggi Sezione di Catania dell'INGV con la denominazione di Osservatorio Etno e con la Sezione di Napoli dell'INGV che ha conservato la sua storica denominazione di Osservatorio Vesuviano. Per il conseguimento di questa posizione di prestigio, determinante era stata la figura di Marcello Carapezza, fondatore dell'IGF e direttore dell'Istituto fino alla sua scomparsa nel 1987.

La tradizione è stata costruita con un impegno costante nello studio dei vulcani italiani e con esperienze anche sui vulcani extraeuropei. Fondamentali per il conseguimento di importanti obiettivi di ricerca sono state le collaborazioni con istituzioni estere come, ad esempio, il Servizio Geologico degli Stati Uniti (USGS) che ha anche portato allo sviluppo di sensori di capacità riducente che erano in grado di funzionare in continuo; questo consentì di costruire a Vulcano, Isole Eolie, una delle prime reti di monitoraggio operanti su un vulcano attivo che misuravano automaticamente parametri chimici e chimico-fisici su acque ed emissioni gassose e i dati acquisiti venivano trasferiti in tempo quasi reale al centro operativo di Palermo.

Il professore Carapezza riuscì anche ad organizzare congressi italo-russi a cui partecipavano scienziati di tutto il mondo e che ebbero un ruolo strategico nell'aprire importanti canali di scambio scientifico in tempi di difficili comunicazioni con i ricercatori dell'Est. Questi incontri aprirono alla collaborazione con l'Accademia delle Scienze di Mosca su temi che riguardavano prevalentemente lo studio dei processi sismogenetici.

Come ricordato precedentemente, le attività di ricerca che l'IGF conduceva sui vulcani, avevano un impatto sociale rilevante in quanto trovavano importanti applicazioni nel campo della

protezione civile, contribuendo alla mitigazione del rischio vulcanico sul territorio italiano. Tutto questo è comprovato dal contributo che l'IGF diede in alcune crisi vulcanologiche che vanno dal bradisismo Flegreo 1982-1985 alla deviazione della lava sull'Etna nelle eruzioni del 1983, che poi venne ripetuta nell'eruzione del 1991-93 dopo la morte di Carapezza.

Va ricordato che proprio per meglio affrontare e coordinare le azioni scientifiche della crisi Flegrea nel 1983 nacque il Gruppo Nazionale di Vulcanologia (GNV) del CNR che aveva il compito di proseguire, per il settore vulcanologico, quanto sviluppato dal Progetto Geodinamica che si era concluso nel 1981. Anche nel processo che portò alla nascita del GNV Marcello Carapezza e l'IGF ebbero un ruolo importante. Il GNV, fino alla sua estinzione nel 2001, proprio per la nascita dell'INGV in cui confluì, fu un utile strumento operativo a supporto delle ricerche finalizzate all'individuazione di precursori delle eruzioni vulcaniche che potessero sempre meglio supportare le azioni che la Protezione Civile doveva adottare durante le crisi vulcanologiche.

Questo ruolo viene adesso svolto dall'INGV.

Per adempiere al meglio al ruolo che l'IGF aveva assunto, furono sviluppati e via via nel tempo incrementati i laboratori geochimici dell'IGF che sono stati e sono tuttora, anche nell'INGV, uno dei punti di forza della sezione. Già in seno al CNR, l'IGF era in possesso di strumentazioni di laboratorio di alto livello, in grado di effettuare analisi chimiche su acque e gas e misure isotopiche di alcuni parametri importanti per effettuare valutazioni di pericolosità dei vulcani monitorati, valutazioni sulle aree sismiche studiate e delineare valutazioni ambientali su sistemi sottoposti a pressioni antropiche. I parametri misurati riguardano prevalentemente la concentrazione dei singoli componenti in emissioni gassose sia in forma libera che in fase disciolta nelle acque fredde e termali. Altre misure riguardano la composizione isotopica dell'anidride carbonica, dell'acqua, dell'Elio nelle emissioni gassose sia fumaroliche sia dal suolo o in forma disciolta nelle acque; tutte queste analisi sono in grado di caratterizzare i fluidi campionati e la loro genesi, queste informazioni consentono di formulare modelli di funzionamento dei sistemi studiati. Tenendo fede ai principi scientifici innovativi che Carapezza aveva portato avanti, anche dopo la sua scomparsa i laboratori geochimici dell'IGF vennero continuamente innovati e ampliati. Il riconoscimento del ruolo a livello nazionale ed internazionale che l'IGF aveva assunto venne premiato dallo stesso CNR che per accrescere le potenzialità analitiche dei laboratori IGF, l'anno precedente alla confluenza dell'IGF nell'INGV durante la mia direzione, venne sottoscritto un contratto con l'Analytical Precision per la fornitura di una serie di spettrometri di massa ed in particolare per lo sviluppo di uno spettrometro di massa innovativo per la misura isotopica dell'Elio e di altri gas nobili più confacente alle nostre esigenze. Il contratto aveva un valore di circa un miliardo di vecchie lire. Questo contratto al momento del passaggio all'INGV fu preso in carico dal nuovo ente e, attraverso alcune complesse vicissitudini societarie, il completamento di questa fornitura è stato realizzato, da parte della Thermo fisher scientific, solo pochi anni fa con la consegna di nuovi spettrometri per la misura della composizione isotopica dell'Elio e di alcuni gas nobili pesanti. Attualmente la dotazione di spettrometri di massa della Sezione di Palermo INGV è di tutto rispetto e riesce a reggere il confronto con le maggiori strutture internazionali del settore.

In ultima analisi tengo davvero a sottolineare un aspetto del ruolo del Professore Marcello Carapezza, che spesso non viene enfatizzato, che fu uno dei primi grandi scienziati politici italiani che fece comprendere alla classe politica le potenzialità della ricerca scientifica e le ricadute positive che poteva avere sul sociale. Questo a mio parere è stato possibile grazie alla sua grande capacità di comunicare le potenzialità della ricerca anche ai profani.

La Sezione INGV di Palermo e l'eredità di Marcello Carapezza

The INGV Section of Palermo and the legacy of Marcello Carapezza

Antonio Paonita e Rocco Favara

INGV | Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Palermo

1. Introduzione

In questo articolo, dopo una presentazione della Sezione INGV di Palermo oggi, desideriamo descrivere il percorso storico seguito in questi anni per arrivare all'attuale struttura, che ha raccolto l'eredità scientifica del professor Marcello Carapezza. Il conseguimento dell'attuale assetto ha avuto modo di crescere e consolidarsi nei 20 anni di Istituto di Geochimica dei Fluidi del CNR (IGF-CNR) e successivamente nei 24 anni di Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia Sezione di Palermo (INGV-PA). Si desidera inoltre rimarcare l'opera di chi in questi anni ha portato avanti e sviluppato l'idea di Marcello Carapezza.

La struttura è stata adeguata alla crescita scientifica che si è andata realizzando a livello nazionale e internazionale. Il prestigio e l'efficienza dell'INGV-PA si sono certamente incrementati e ciò è testimoniato dalla quantità di finanziamenti ottenuti in questi anni su importanti progetti di ricerca e dal supporto che ci è stato richiesto dalla Pubblica Amministrazione. Ci riferiamo non solo al ruolo che l'INGV ha rispetto alla Protezione Civile Nazionale, sancito dal Decreto Legislativo 381, che include l'INGV come facente parte del sistema nazionale di protezione civile, ma anche rispetto alle istituzioni regionali che hanno chiesto il supporto dell'INGV in generale, e dell'INGV-PA in particolare, per diverse problematiche che ricadono sempre in ambito istituzionale (vulcani, terremoti e ambiente).

Con il passaggio dall'IGF-CNR all'INGV-PA si è avuto un importante incremento di personale, strumentazioni di laboratorio e mezzi economici alla base dell'importante sviluppo che, con alterne vicende, ci ha portato all'attuale situazione.

2. La Sezione di Palermo dell'INGV oggi

La Sezione di Palermo dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) si configura oggi come un polo di ricerca geochimica di rilevanza strategica a livello nazionale e internazionale. Erede della solida tradizione scientifica dell'Istituto di Geochimica dei Fluidi (IGF) del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), confluito nell'INGV ai sensi del Decreto Legislativo n. 381 del 29 settembre 1999, la sezione palermitana ha saputo non solo preservare ma anche ampliare significativamente il suo campo di expertise originario. Attualmente, essa si concentra sull'indagine approfondita del ruolo cruciale che i fluidi naturali svolgono nei complessi processi geodinamici e ambientali che plasmano il nostro pianeta, con un'attenzione particolare al contesto dinamico e variegato del territorio italiano.

3. Un polo di eccellenza nella geochimica dei fluidi

Il motore propulsivo della Sezione di Palermo è rappresentato dalla sua intensa e diversificata

attività di ricerca scientifica, che abbraccia un ampio spettro di tematiche geochemiche all'avanguardia. Un'area di competenza distintiva e di riconosciuta eccellenza è rappresentata dalla geochemica dei fluidi in contesti geodinamicamente attivi, quali le regioni vulcaniche, le zone caratterizzate da sismicità e i sistemi geotermici. I ricercatori della sezione palermitana sono impegnati in prima linea nel monitoraggio geochemico di alcuni dei vulcani più emblematici e attivi del territorio italiano, tra cui Etna, Campi Flegrei, Ischia, Panarea, Pantelleria, l'isola di Vulcano e Stromboli. Questo monitoraggio sistematico e continuo si articola attraverso l'analisi dei flussi di anidride carbonica (CO_2), delle temperature delle fumarole, dei parametri chimico-fisici delle acque, della pressione totale dei gas disciolti e della composizione chimica dei pennacchi vulcanici. Le campagne di misura e campionamento periodiche, integrate da avanzati sistemi di acquisizione dati in tempo reale, costituiscono un pilastro fondamentale per la sorveglianza costante dell'attività vulcanica e contribuiscono in modo significativo alla valutazione, alla previsione e alla mitigazione del rischio associato a tali fenomeni naturali. La grande mole di dati acquisiti nel tempo ha consentito in molti casi una profonda comprensione dei processi in atto nei sistemi di alimentazione dei vulcani, spesso coronata da una modellistica geochemica-fisica in grado di fornire valutazioni sullo stato di attività di grande rilevanza (Figura 1).



Figura 1 Ricercatori della Sezione di Palermo dell'INGV che effettuano un campionamento di gas vulcanici, indossando l'equipaggiamento di protezione (Foto: INGV).

Figure 1 Researchers from the INGV Palermo Section sampling volcanic gas, wearing protective equipment (Photo: INGV).

Parallelamente all'impegno nello studio del vulcanismo attivo, la sezione è profondamente coinvolta in ricerche pionieristiche e innovative sulla geochemica dei fluidi in aree caratterizzate da sismicità. L'obiettivo primario di queste indagini è l'identificazione di potenziali precursori geochemici dei terremoti, analizzando attentamente le variazioni nella composizione e nel flusso dei fluidi sotterranei in relazione all'attività sismica.

Le attività di ricerca condotte dalla sezione palermitana si estendono in modo significativo anche

al monitoraggio ambientale del variegato territorio siciliano. Vengono condotti studi approfonditi e sistematici sul chimismo delle acque superficiali e sotterranee e sulla composizione dei gas presenti in diverse aree di interesse ambientale, al fine di valutare la quantità e qualità delle risorse idriche e l'impatto di eventuali sorgenti di contaminazione. Vengono inoltre formulati modelli di circolazione delle acque sotterranee che hanno il fine di garantire una corretta gestione di questi sistemi idrogeologici che in molti casi sono utilizzati per l'approvvigionamento idropotabile della popolazione.

Un altro filone di ricerca di grande rilevanza e attualità è rappresentato dagli studi geochimici applicati al settore della geotermia. La geochimica, infatti, contribuisce a stimare il potenziale di questa fonte di energia, valutandone la sostenibilità ambientale e analizzandone l'impatto attraverso l'analisi geochimica dettagliata dei fluidi geotermici presenti nel sottosuolo.

Un'ulteriore area di competenza scientifica della sezione è rappresentata dallo studio del degassamento in aree non vulcaniche e dall'analisi del chimismo dell'atmosfera, con un'attenzione particolare rivolta al ciclo biogeochimico del carbonio e dei gas serra, principali responsabili del cambiamento climatico globale.

A completare il quadro delle competenze scientifiche della sezione si aggiunge una linea di ricerca basata sullo studio integrato petrografico-petrologico combinato alla geochimica dei fluidi intrappolati in rocce vulcaniche, metamorfiche e sedimentarie. Questo ramo di attività scientifica nasce con lo sviluppo del laboratorio rocce, dove si sono affiancati metodi di analisi per inclusioni fluide a metodi in situ per lo studio di inclusioni di fuso, minerali e rocce con "Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (LA-ICPMS).

Con l'acquisizione della strumentazione LA-ICPMS, si sono aperti altri campi di indagini, come quello ambientale, con studi su campioni biologici (e.g. otoliti di pesci) finalizzati a valutazioni su inquinamento ambientale o ecologia, o come quello archeologico, con studi chimici su reperti archeologici finalizzati alla definizione della provenienza e delle antiche rotte commerciali.

4. Laboratori e Reti di monitoraggio geochimico all'avanguardia tecnologica

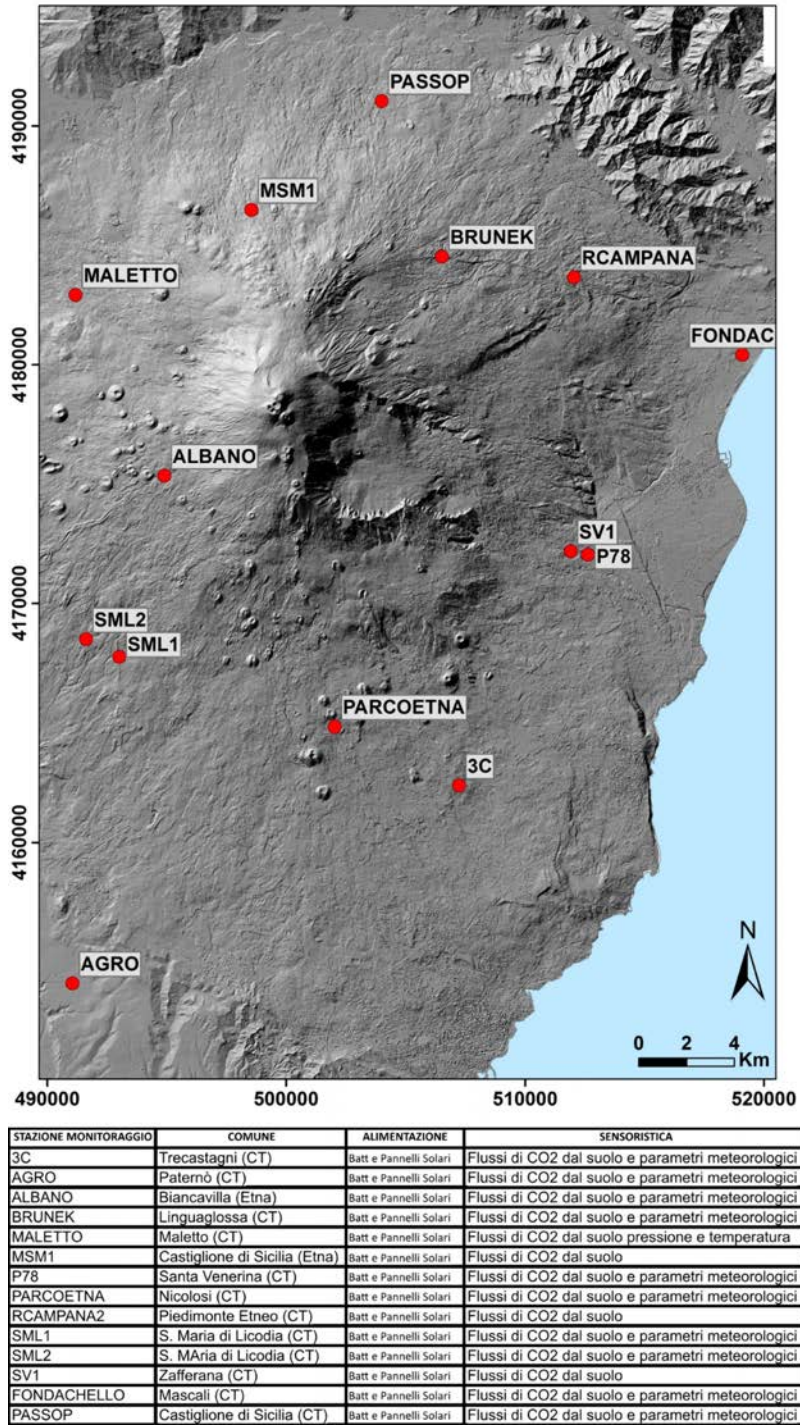
La Sezione di Palermo dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) ospita un avanzato polo di laboratori geochimici, punto di riferimento cruciale per il monitoraggio dei vulcani attivi siciliani, come l'Etna, lo Stromboli e Vulcano, delle aree vulcaniche campane e delle isole minori come Panarea e Pantelleria. Tra i laboratori di eccellenza, spiccano il Laboratorio Isotopi Stabili, che analizza i rapporti isotopici di elementi leggeri (come idrogeno, carbonio, ossigeno e azoto) per tracciare l'origine e i processi che interessano i fluidi terrestri, e il Laboratorio isotopico Gas Nobili, specializzato nell'analisi di gas rari, preziosi traccianti dei processi magmatici profondi. A questi si affiancano il Laboratorio di Cromatografia Ionica, per l'analisi delle specie ioniche disciolte nelle acque, il Laboratorio Gascromatografia, per la determinazione della composizione dei gas, il Laboratorio Elementi in Tracce e il già menzionato Laboratorio Rocce e Laser Ablation. Oltre al monitoraggio vulcanico e sismico, i laboratori geochimici palermitani sono impegnati in diverse linee di ricerca, che includono lo studio della geochimica dei fluidi in ambienti terrestri e marini, lo sviluppo di nuove metodologie analitiche e strumentazioni innovative, e applicazioni nello studio dei processi sismogenetici, dell'archeometria e degli studi paleoambientali.

Accanto allo sviluppo dell'infrastruttura laboratori geochimici, la Sezione di Palermo ha nel tempo sviluppato diverse reti di monitoraggio geochimico di importanza strategica per la sorveglianza del territorio e la comprensione dei fenomeni naturali. Distribuite sui principali vulcani siciliani ed isole minori, rappresentano un network geochimico innovativo interamente

progettato, sviluppato e gestito dagli esperti della sezione. Queste reti misurano in continuo e in tempo reale il flusso diffuso di anidride carbonica (CO₂) dal suolo nelle aree vulcaniche attive, i parametri chimico-fisici degli acquiferi, la temperatura di emissioni fumaroliche, la chimica di pennacchi vulcanici, fornendo dati cruciali e tempestivi per la sorveglianza costante dell'attività del vulcano. Oltre alla misurazione suddette, le reti acquisiscono in tempo reale dati meteorologici essenziali per l'interpretazione dei dati geochimici. I dati raccolti attraverso questa sofisticata infrastruttura di monitoraggio vengono trasferiti quotidianamente e in modalità completamente automatica alla sala di monitoraggio situata presso la sede della Sezione a Palermo, garantendo un flusso continuo di informazioni fondamentali per la valutazione di pericolosità vulcanica. I dati acquisiti attraverso le reti di monitoraggio gestite dalla sezione vengono condivisi in tempo reale o quasi reale con il Dipartimento della Protezione Civile, contribuendo in modo sostanziale e tempestivo alla gestione delle emergenze (Figura 2).

Figura 2 Una mappa dettagliata che mostra la dislocazione spaziale dei sensori e delle stazioni di monitoraggio della rete EtnaGas sull'Etna, con indicazione dei parametri misurati in ciascun sito (Immagine: INGV).

Figure 2 A detailed map showing the spatial distribution of the EtnaGas network sensors and monitoring stations on Mount Etna, indicating the parameters measured at each site (Image: INGV).



La nascita e la crescita di queste attività hanno reso necessario lo sviluppo propedeutico di infrastrutture a supporto, tra cui menzioniamo un'officina meccanica in grado di realizzare prototipi personalizzati in materiali metallici o plastici, nonché laboratori di elettronica e informatica. Molte di queste attività di monitoraggio e ricerca sono realizzate in stretta e proficua collaborazione con prestigiose istituzioni scientifiche internazionali, a testimonianza del ruolo di primo piano e della riconosciuta competenza della sezione nel contesto della ricerca geochimica globale.

In quest'ambito è infine importante ricordare la nascente Rete Idrogeochimica Nazionale, ossia un'infrastruttura di monitoraggio a scala nazionale costituita già da diverse decine di stazioni di misura in continuo dei parametri chimico-fisici degli acquiferi, con lo scopo principale di identificare indicatori di variazione dello stress tettonico in aree sismicamente attive e dunque possibili precursori di eventi sismici. Benché la comprensione e l'applicazione di queste innovative metodologie sia ancora embrionale, lo sforzo in termini di risorse umane e finanziarie in questa direzione è importante a fronte di grandi prospettive. La Sezione di Palermo ha in tal senso un ruolo centrale a livello nazionale in quanto hub per la raccolta, organizzazione, storage ed elaborazione del flusso di dati provenienti dalla rete.

5. Un ponte attivo tra la scienza e la società civile

La Sezione di Palermo riconosce l'importanza cruciale della divulgazione scientifica come strumento fondamentale per accrescere la consapevolezza e la comprensione delle complesse dinamiche che regolano il nostro pianeta e i fenomeni naturali che lo caratterizzano. In questo spirito di apertura e di servizio alla società, la sezione è attivamente impegnata nella diffusione della cultura scientifica attraverso molteplici canali di comunicazione e iniziative di coinvolgimento pubblico. La produzione continua di pubblicazioni scientifiche di alto livello, lo sviluppo di programmi didattici innovativi e interattivi dedicati alle geoscienze e la realizzazione di iniziative di divulgazione mirate a un pubblico ampio e diversificato costituiscono alcune delle attività principali portate avanti dai ricercatori della sezione con queste finalità. La sezione collabora attivamente con le università locali e nazionali nell'organizzazione di attività formative, ospitando studenti universitari per lo svolgimento di tesi di laurea, tirocini e dottorati di ricerca, contribuendo in modo significativo alla formazione delle nuove generazioni di esperti e professionisti nel campo delle scienze della Terra (Figura 3).



Figura 3 Una fotografia di un evento di divulgazione scientifica organizzato dalla Sezione di Palermo dell'INGV, che mostra l'interazione tra ricercatori e pubblico (Foto: INGV).

Figure 3 A photograph of a scientific dissemination event organized by the Palermo Section of the INGV, showing the interaction between researchers and the public (Photo: INGV).

Vengono regolarmente organizzati seminari scientifici aperti al pubblico, conferenze divulgative su temi di attualità geofisica e mostre che rendono accessibili concetti scientifici complessi in modo coinvolgente e stimolante, spesso in concomitanza con eventi di risonanza nazionale ed europea come la “Notte Europea dei Ricercatori” (SHARPER Night) e iniziative di successo come “Esperienza inSegna” promossa da PalermoScienza. Queste attività rappresentano preziose opportunità per rendere accessibili a un vasto pubblico le affascinanti e spesso complesse tematiche delle scienze della Terra, stimolando la curiosità scientifica, promuovendo una maggiore consapevolezza sui rischi naturali che interessano il territorio e sottolineando l'importanza fondamentale della ricerca scientifica per la loro previsione, mitigazione e gestione efficace.

6. Progetti di ricerca innovativi e sinergie strategiche

Attualmente, la Sezione di Palermo è attivamente coinvolta in una serie di progetti di ricerca di rilevanza nazionale e internazionale, in collaborazione con università, enti di ricerca e istituzioni sia italiane che estere, che spaziano dall'innovazione tecnologica all'esplorazione di nuove frontiere scientifiche nel campo delle geoscienze. Tra questi progetti, spiccano iniziative focalizzate sul potenziamento delle infrastrutture di ricerca esistenti, come i progetti Reti Multiparametriche, Pianeta Dinamico ed Earth Telescope, gli Accordi tra Sistema Nazionale Protezione Ambiente (SNPA)-Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) – Istituto Superiore Protezione e Ricerca Ambientale (ISPRA), o quelli finanziati da fondi infrastrutturali esterni come DM737 e DM1644, PON-GRINT, PNRR-MEET e Rete Idrogeochimica (Figura 4).

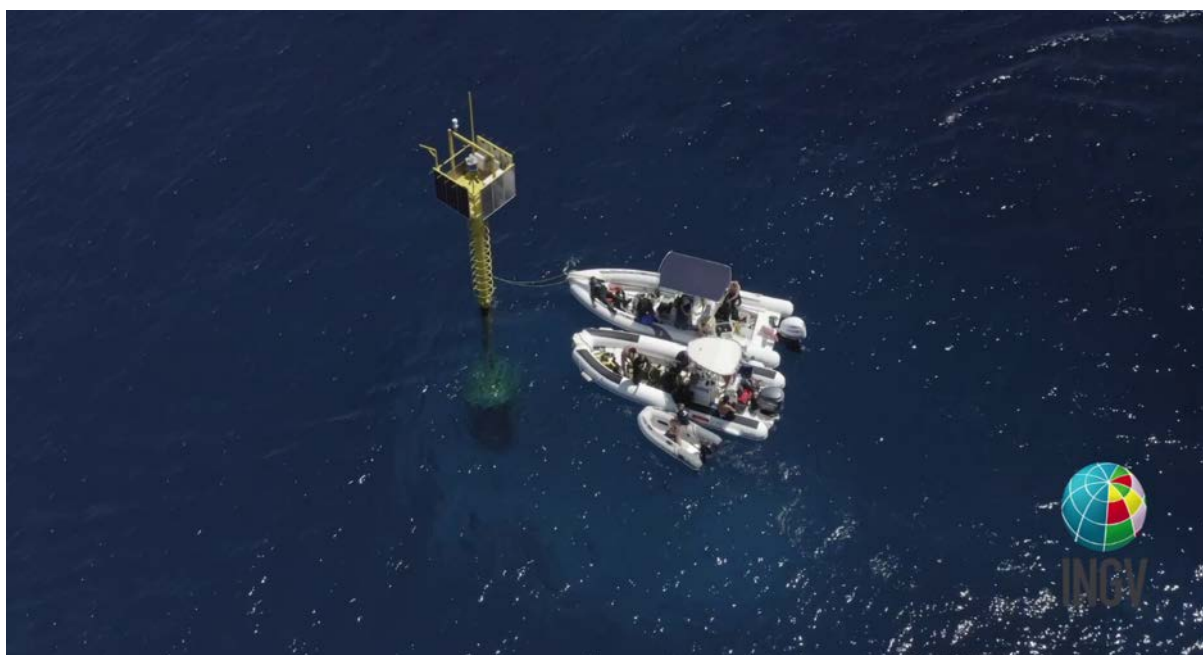


Figura 4 Una fotografia aerea del laboratorio naturale di Panarea, che evidenzia le sue infrastrutture di ricerca (Foto: INGV).

Figure 4 An aerial photograph of the natural laboratory of Panarea, highlighting its research infrastructure (Photo: INGV).

La sezione partecipa inoltre a iniziative di più ampio respiro e di carattere strategico, come la ricerca sul mare, che mira a creare in Sicilia un polo di eccellenza per la ricerca scientifica e

tecnologica marina, sfruttando le uniche caratteristiche ambientali e geologiche del Mar Mediterraneo. Le indagini si concentrano sulla geochimica dei fluidi emessi da sistemi idrotermali sottomarini, come quelli delle Isole Eolie, e sull'impatto di tali emissioni sull'ecosistema. Ha partecipato a progetti chiave come "Marine Hazard", per monitorare la contaminazione marina e sviluppare tecnologie innovative, e "IPANEMA", che potenzia l'osservatorio marino di Panarea per lo studio della CO₂. La sezione è inoltre coinvolta nell'infrastruttura europea EMSO, con osservatori multidisciplinari per lo studio dei processi geofisici, geochimici e ambientali, contribuendo alla comprensione dei rischi naturali e dei cambiamenti climatici in mare.

7. Celebrazione di un quarto di secolo di impegno scientifico

Nel corso degli anni 2024 e 2025, la Sezione di Palermo ha partecipato con vivo entusiasmo e convinto impegno alle celebrazioni per il 25° anniversario della fondazione dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). Iniziative significative e coinvolgenti come "L'INGV si racconta a Palermo" hanno offerto alla comunità locale l'opportunità preziosa di conoscere da vicino le molteplici e diversificate attività di ricerca e monitoraggio svolte quotidianamente dalla sezione, evidenziando il suo ruolo cruciale nello studio dei terremoti, dei vulcani e delle dinamiche ambientali che interessano direttamente il territorio siciliano. Questi eventi celebrativi hanno rappresentato un'importante occasione per rafforzare il legame fondamentale tra l'istituto e la cittadinanza, promuovendo una maggiore consapevolezza sui rischi naturali che incombono sul territorio e sottolineando l'importanza vitale della ricerca scientifica per la loro previsione accurata, la mitigazione efficace e la gestione responsabile.



Figura 5 Il logo ufficiale del 25° anniversario dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (Immagine: INGV).
Figure 5 The official logo of the 25th anniversary of the National Institute of Geophysics and Volcanology (Image: INGV).

Il prestigio raggiunto e il ruolo che ha attualmente conseguito la Sezione di Palermo dell'INGV è il maggiore riconoscimento alla memoria di Marcello Carapezza creatore e ispiratore di questa struttura e attualmente è la più evidente e tangibile testimonianza del suo operato.

8. Il percorso storico

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) nasce e comincia ad operare come ente unico il 10 gennaio 2001. In quella data è stato effettuato l'atto finale di un lungo percorso

iniziato alcuni anni prima con diverse proposte che inizialmente parlavano di accorpamento di istituti all'interno del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), con il nome di Istituto Nazionale di Vulcanologia.

Questa proposta non fu molto condivisa perché nell'eventuale nuovo Istituto molte delle istituzioni coinvolte non desideravano perdere la propria individualità. La proposta di creare un Istituto Nazionale di Vulcanologia nel CNR non fu neanche accolta nell'ambito politico perché in quel momento storico gli obbiettivi economici erano più che altro votati al risparmio; quindi, la proposta più ragionevolmente accettata era di creare un nuovo istituto che razionalizzasse tutti gli istituti che avevano tra i loro obbiettivi istituzionali la mitigazione dei rischi naturali, con particolare riferimento ai vulcani ed ai terremoti. Questo nuovo ente di ricerca doveva essere vigilato direttamente dal Ministero dell'Università e della Ricerca e doveva diventare il riferimento istituzionale per la ricerca, la sorveglianza e il monitoraggio dell'attività sismica e vulcanica del territorio nazionale. Per tale motivo furono inseriti nella riforma oltre agli istituti del CNR, anche due strutture che ne erano al di fuori: l'Istituto Nazionale di Geofisica e l'Osservatorio Vesuviano. Entrambe queste istituzioni avevano una grande tradizione. L'Istituto Nazionale di Geofisica fu istituito nel 1936 ad opera di Antonino Lo Surdo ma quello che aveva una tradizione molto consolidata era l'Osservatorio Vesuviano, la cui fondazione risale al 1841 ad opera di Ferdinando II di Borbone e il cui primo direttore fu Macedonio Melloni.

Prima dell'approvazione del Decreto Legislativo 381 del 29 settembre 1999, che ha determinato la nascita dell'INGV ed al quale abbiamo dato il nostro contributo alla stesura per la parte che riguardava la geochimica, oltre agli istituti che facevano parte del Gruppo Nazionale per la Vulcanologia (GNV) che erano: L'Istituto Internazionale di Vulcanologia di Catania, l'Osservatorio Vesuviano di Napoli e l'Istituto di Geochimica dei Fluidi di Palermo, venivano coinvolti l'Istituto Nazionale di Geofisica di Roma, l'Istituto di Ricerca sul Rischio Sismico di Milano del CNR e il Sistema Poseidon di Nicolosi, il Gruppo nazionale di vulcanologia e il Gruppo nazionale per la difesa dai terremoti. Tutte queste istituzioni venivano soppresse e confluivano nell'INGV.

Il D.Lgs 381 del 29 settembre 1999 prevedeva per la nascita dell'INGV una procedura che comprendeva l'integrazione del Consiglio di Amministrazione dell'Istituto Nazionale di Geofisica con i direttori degli istituti confluenti che erano: Lucia Civetta per l'Osservatorio Vesuviano di Napoli, Gianni Frazzetta per l'Istituto Internazionale di Vulcanologia di Catania, Massimiliano Stucchi per l'Istituto di Ricerca sul Rischio Sismico di Milano, Letterio Villari per il Sistema Poseidon di Nicolosi (CT) e Rocco Favara per l'Istituto di Geochimica dei Fluidi di Palermo.

L'attuazione della procedura comportò una serie di riunioni che dovevano occuparsi della redazione dei regolamenti che dovevano sovrintendere al funzionamento del nuovo ente. Questa fase durò poco più di un anno in quanto era prevista l'approvazione dei regolamenti prodotti da parte di tre ministeri: il ministero vigilante dell'Università e Ricerca, della Funzione Pubblica e dell'Economia e finanze.

Esaurita questa fase preliminare il 10 gennaio del 2001 nasce ufficialmente l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) in applicazione del D.Lgs. 381 del 29 settembre 1999. La nascita è sancita dall'incontro, al Ministero dell'Università e della Ricerca, del Consiglio di Amministrazione ING allargato ai direttori delle strutture confluenti con l'allora Ministro dell'Università e della Ricerca Ortensio Zecchino. In quella occasione il ministro Zecchino firmò anche il decreto di finanziamento del Progetto Irpinia di 60 milioni di vecchie lire che, oltre a sviluppare la rete sismica in quell'area geografica colpita da un devastante terremoto nel 1980 consentì, negli anni successivi, la creazione della Sezione INGV di Grottaminarda.

La configurazione finale dell'INGV, al momento della sua nascita, comprendeva quindi l'ING, l'Osservatorio Vesuviano e tre istituti del CNR, Istituto Internazionale di Vulcanologia (IIV), Istituto di Ricerca sul Rischio Sismico di Milano (IRRS) e l'Istituto di Geochimica dei Fluidi di Palermo (IGF). Il sistema "Poseidon", che era una struttura nata sui fondi della 433 del 1990 che

doveva sviluppare il sistema di sorveglianza sismica e vulcanica multidisciplinare delle Sicilia orientale, ha formato insieme all'IIV-CNR la Sezione di Catania dell'INGV, attuale Osservatorio Etneo.

L'INGV si articolava inizialmente in 3 sezioni romane: Roma1 diretta da Massimo Cocco, Roma2 diretta da Bruno Zolesi e Centro Nazionale terremoti diretto da Alessandro Amato, Sezione di Napoli che conservava lo storico nome di Osservatorio Vesuviano, diretto da Giovanni Macedonio, Sezione di Milano diretta da Massimiliano Stucchi, Sezione di Catania diretta da Giovanni Frazzetta e Sezione di Palermo diretta da Rocco Favara.

Nel momento della nascita dell'INGV, l'IGF era in una fase di crescita, come personale tecnico e di ricerca, ma anche dei propri laboratori e delle proprie reti osservative che, in un primo momento erano concentrate sulle isole Eolie ed in particolare a Vulcano, dove negli anni '80 si era temuto un potenziale inizio di una nuova fase eruttiva.

La nascita dell'INGV ha certamente dato un importante impulso alla crescita della Sezione di Palermo, sia in termini di personale operante, sia di infrastrutture di laboratorio, ma anche in reti osservative sul campo.

Oltre il laboratorio. Marcello Carapezza e la visione “fluida” del Passato

Beyond the Laboratory. Marcello Carapezza and the "fluid" vision of the Past

Massimo Cultraro

Dirigente di ricerca

CNR-ISPC | Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Scienze del Patrimonio Culturale, Catania

1. Una passione dalle lontane origini

Personalità eclettica e dai molteplici interessi, Marcello Carapezza (1925-1987) rappresenta uno tra i più importanti e vivaci studiosi nazionali che ha esplorato la più antica storia del Mediterraneo attraverso l'applicazione e sperimentazioni dei metodi di ricerca delle scienze chimiche. Alle indagini sul campo e in laboratorio, Carapezza lega anche un'intensa attività di comunicazione e divulgazione su riviste del settore, ma anche su quotidiani nazionali, nella piena convinzione, condivisa con altri intellettuali quali Leonardo Sciascia e Renato Guttuso, che la salvaguardia del Patrimonio culturale, materiale quanto immateriale, dovesse passare da una profonda interazione con il tessuto sociale di riferimento (Figura 1).

Una recente raccolta di scritti dello studioso, curata da Franco Foresta Martin [2017], in occasione del trentennale della scomparsa dello studioso, offre il corollario entro il quale occorre muoversi per mettere a fuoco il significativo contributo di un chimico, che amava anche gli studi di filosofia. Ancora più importante è definire le coordinate storiche di quel singolare momento quando, a metà degli anni '70 l'archeologia siciliana si avviava verso il complesso cammino di attuazione della legge di autonomia regionale in materia di Patrimonio culturale.

In questo particolare clima di generale trasformazione, prende forma l'attenta curiosità che Carapezza mostra per il mondo antico, mutuata dagli studi classici ma anche dai ricordi personali legati al suo paese natale, Petralia Sottana, che negli anni '30 diventa una fucina di archeologia grazie all'esplorazione della grotta del Vecchiuzzo [Bovio Marconi, 1979].

Per ricostruire con maggiore chiarezza il percorso ed il contesto culturale ed accademico entro il quale si muove Carapezza negli anni '70 e '80, può essere utile isolare alcuni dei momenti della lunga storia delle relazioni tra i due differenti ambiti scientifici.



Figura 1 Da sinistra Marcello Carapezza, Giorgio De Chirico, Angelo Bonfiglio Presidente dell'Assemblea Regionale Siciliana e Renato Guttuso a Palazzo dei Normanni, Palermo, 1974 (Foto: famiglia Carapezza).
Figure 1 From the left Marcello Carapezza, Giorgio De Chirico, Angelo Bonfiglio President of the Sicilian Regional Assembly and Renato Guttuso at Palazzo dei Normanni, Palermo, 1974 (Photo: Carapezza family).

2. Il contributo italiano alla storia dell'archeometria

Il connubio tra scienze umane e chimica ha una lunga storia che non casualmente trova in Italia uno dei terreni più fecondi dopo il processo di Unificazione, quando la nascente paleontologia, formatasi principalmente nell'ateneo di Bologna, assume i connotati di una disciplina in cui il metodo stratigrafico, ereditato dalle scienze geologiche, era finalizzato a ricostruire il contesto antico anche con il contributo delle indagini chimiche. In questo ambito gioca un ruolo strategico la figura del geologo Giovanni Capellini (1833-1922), il quale trasforma gli studi preistorici in un campo privilegiato multidisciplinare, dove le ricerche chimiche incontravano le Scienze Naturali e l'Antropologia [Vitali, 1989].

Non è certo un caso che, dopo la laurea a Palermo, Carapezza maturi un interesse per la Geochimica, che avrebbe trovato una maggiore sistematizzazione durante il suo periodo trascorso presso l'Università di Bologna a partire dal 1959 [Foresta Martin, 2017: 35].

Agli inizi del Novecento le pioneristiche ricerche archeometriche per lo studio sulla composizione materica dei manufatti archeologici, oltre al contesto emiliano e veneto legato alla ricerca del mondo delle Terre Mare, include l'ambito siciliano. Il medico torinese Angelo Mosso (1846-1910), appassionato di archeologia, applica le prime indagini archeometriche su manufatti in metallo e in ambra con l'obiettivo di definire la natura dei materiali e formulare le prime ricostruzioni sulle sorgenti delle materie prime, la supposta provenienza del rame dalla Sardegna, mentre per le resine fossili veniva confermata l'origine baltica [Cultraro, 2023].

La saldatura tra i due ambiti scientifici avviene in maniera strutturale nel 1923 con la nascita del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), quando il vicepresidente, il geochimico Gian Alberto Blanc (1879-1966), nel 1929 promuove un progetto decennale di mappatura e studio delle antiche miniere di calcopirite in Toscana legate alla metallurgia etrusca. Questa ricerca multidisciplinare, che non ha confronti in altre parti dell'Europa in quegli anni, coinvolge chimici e archeologi, prefiggendosi un duplice ambizioso obiettivo: da un lato indagare la più antica metallurgia dell'Italia preromana, dall'altro riprendere una delle ricerche di Blanc connesse all'estrazione dell'allumina dalle rocce leucitiche [Cultraro, 2022: 477-488]. Il principale ente di ricerca nazionale, presieduto da Guglielmo Marconi, apriva un interessante e innovativo percorso di ricerca proiettandosi in uno spazio interdisciplinare di collaborazione tra studi di chimica e indagini archeologiche, da cui l'industria del Paese avrebbe tratto significativi benefici.

Carapezza riprende, a distanza di quarant'anni, l'intuizione di Blanc e, forte dell'esperienza maturata presso la Pennsylvania State University, agli inizi degli anni '80 fonda a Palermo, all'interno di una rinnovata collaborazione con il CNR, l'Istituto di Geochimica dei Fluidi (IGF) che solo nel 2001 passerà sotto il controllo dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

3. Scandagliare tra le trame della storia delle ricerche

In un toccante ricordo personale Andrea Camilleri richiama alcuni episodi della vita palermitana condivisi tra il 1944 e il 1948 con Marcello Carapezza, quando frequentavano il cenacolo di intellettuali che si riuniva a Villa Montalbano. Lo sceneggiatore era pronto a giurare che quel giovane, dotato di straordinarie qualità nel campo delle discipline storico-filosofiche e musicali, fosse prossimo a conseguire una laurea in filologia, mentre gli studi che avrebbe intrapreso sarebbero stati di tutt'altro orientamento [Camilleri, 2017: 12].

Non c'è dubbio che l'esperienza letteraria di Villa Montalbano abbia influito sulla formazione giovanile di Carapezza, il quale, ogni qualvolta affronta una questione in ambito vulcanologico o geologico, traccia con sicurezza la storia delle ricerche. Non è questione di applicare uno stereotipo proprio della ricerca delle scienze umane, ma tracciare la storia degli studi, agli occhi dello studioso,

implica la consapevolezza di avere il controllo della materia e coglierne i tratti più originali. Le indagini dedicate ai Naturalisti siciliani sono una sapiente costruzione che mette insieme il percorso intellettuale dei singoli studiosi e i condizionamenti di quel contesto di apertura internazionale che l'isola vive nel periodo borbonico. Il filo che lega queste due vicende, quella della formazione individuale e autodidatta degli studiosi siciliani del primo Ottocento, e lo stimolante collegamento con alcune realtà d'oltralpe, in particolare il mondo francese, viene riconosciuto da Carapezza in un fenomeno che non esitiamo a definire spiccatamente siciliano: il tentativo, da parte di ogni studioso dell'Ottocento, di affrancarsi da quella condizione precaria attraverso la pubblicazione di saggi alla ricerca di un riconoscimento da parte dell'accademia ufficiale. Ciascun erudito, infatti, possedeva libri che venivano acquistati anche al di fuori dall'Italia, creando biblioteche "laiche" che facevano da contraltare a quelle degli istituti religiosi [Carapezza, 1984]. L'esempio più pregnante di questa condizione di vivacità intellettuale del mondo siciliano nella prima metà dell'Ottocento è il richiamo che lo stesso Carapezza fa al suo bisnonno paterno, Giulio Carapezza, astronomo per passione, ma attento studioso di agricoltura e lettore di testi dell'Illuminismo francese [Carapezza, 1987: 59-66] (Figura 2). Le figure come il bisnonno, caratterizzate dall'applicazione di un metodo scientifico maturato dal contatto con altri studiosi nazionali e stranieri, tornano come protagoniste in un saggio inedito dedicato alla storia della geologia siciliana nell'Ottocento. Carapezza è il primo ad isolare due differenti scuole di pensiero, una palermitana, l'altra catanese, che fino all'Unità d'Italia finiscono per contraddistinguere due tradizioni, le quali presentano più punti di contatto che non divergenze. Il comune denominatore tra i due differenti ambiti regionali e accademici è l'approccio allo studio delle grotte: se nella Sicilia orientale le indagini sugli ingrottamenti si saldano con gli studi di vulcanologia, promossi da Gaetano Giorgio Gemmellaro (1832-1904), nel contesto palermitano è Domenico Scinà (1765-1837) che individua nelle cavità carsiche il palinsesto stratigrafico sulla più antica storia geologica e antropica [Carapezza, 2017]. Le ricerche di storia della geologia non hanno alcun tono commemorativo, come sottolinea Carapezza [2017: 102], ma diventano la ricostruzione di un percorso scientifico promosso anche con i metodi della ricerca storico-filologica.



Figura 2 Ritratto di Giulio Carapezza (1820-1886), bisnonno di Marcello Carapezza (Foto: famiglia Carapezza).

Figure 2 Portrait of Giulio Carapezza (1820-1886), great-grandfather of Marcello Carapezza (Photo: Carapezza family).

4. Selinunte, laboratorio privilegiato di ricerca

La ripresa delle ricerche archeologiche a Selinunte, promosse dal soprintendente per la Sicilia occidentale Vincenzo Tusa (1920-2009) a partire dalla fine degli anni '60, rispondeva in primo luogo alla necessità di contenere la piaga degli scavi clandestini e, al tempo stesso, alla messa in opera di tutte quelle strategie finalizzate alla valorizzazione dell'area, dove una costante presenza di visitatori e di attività avrebbe ridimensionato processi di degrado, di vandalismo e di illegalità [Tusa, 1990].

La ricerca non viene concepita solo come lavoro sul campo e di esplorazione, ma deve coinvolgere altri soggetti in funzione di un più articolato progetto di conservazione e restauro. L'Università di Palermo gioca un ruolo determinante in questa rinnovata cooperazione tra archeologia e scienze chimico-fisiche, mettendo a disposizione il laboratorio di Geochimica dei Fluidi (IGF) diretto da M. Carapezza.

Per trovare le più adeguate strategie di restauro conservativo, Carapezza e il suo gruppo di lavoro vanno alla ricerca dei luoghi di provenienza delle calcareniti utilizzate come materiale edilizio nella colonia greca. Vengono definite su base scientifica le relazioni tra le composizioni mineralogiche e le caratteristiche strutturali delle rocce. La ricerca, tuttavia, va ben oltre perché nei sopralluoghi vengono identificate le cave di provenienza nell'area di Cusa, a cui si aggiungono quelle di Misilbesi presso Melfi (Agrigento) (Figura 3). Carapezza legge la carta di distribuzione dei litotipi in relazione al contesto storico di Selinunte in età arcaica, riconoscendo nelle Latomie Landaro, prossime alla città, un primo tentativo di recupero di materiale rivelatosi in seguito poco adatto per l'alto tenore di silice. Risulta possibile, pertanto, agli occhi di Carapezza, tentare una lettura di "stratigrafia orizzontale" nello sfruttamento delle risorse litiche da parte dei Selinuntini, che scelgono il materiale da costruzione in rapporto alla qualità e non ad esigenze di natura ergonomica [Carapezza *et. al.*, 1983].



Figura 3 Le cave di Cusa presso Campobello di Mazara (TP) (Foto: Wikimedia Commons, D. Mauro).
Figure 3 The Cusa quarries near Campobello di Mazara (Trapani) (Photo: Wikimedia Commons, D. Mauro).

L'esame archeometrico della statua del giovane di Mozia segna un ulteriore tassello nella cooperazione tra archeologi e chimici [Carapezza, 1988b] (Figura 4). L'ampia trattazione sui caratteri chimici del marmo di due sculture, la nota statua di giovane auriga e una coda di cavallo forse pertinente al medesimo gruppo scultoreo, porta a concludere che il marmo impiegato fosse di origine cicladica, verosimilmente dall'isola Naxos.



Figura 4 Statua in marmo del c.d. Auriga da Mozia, Museo Whitaker (Mozia) (Foto: Wikipedia, Ismoon).

Figure 4 Marble statue of the so-called Charioteer from Mozia, Whitaker Museum (Mozia) (Photo: Wikipedia, Ismoon).

L'analisi di Carapezza è rigorosa nella forma e molto prudente nelle conclusioni in assenza di dati isotopici. Nonostante le incertezze dello stesso studioso sul carattere troppo generico e scarsamente caratterizzato su base geochimica di alcune cave di marmo dell'Anatolia sud-occidentale, non sono mancati recenti tentativi di attribuire la statua di Mozia a queste sorgenti microasiatiche [Gorgoni, Pallante, 2000], anche se oggi si è tornati alla prima proposta di identificazione di Carapezza, che aveva intuito una relazione con le sculture in marmo da Selinunte [Marconi, 2014: 445].

5. Ambiente e Patrimonio culturale, un nesso inscindibile

Negli anni quando prende avvio l'attività dell'Istituto di Geochimica dei Fluidi (IGF), che registra, come è stato chiarito nel paragrafo precedente, le prime indagini su Selinunte, Carapezza affronta anche i temi della tutela dell'ambiente e delle aree di interesse archeologico.

L'esperienza di Selinunte, che viene sarcasticamente definita una città dalla "breve vita felice" [Carapezza, 1982], spinge lo studioso a leggere nella lunga durata le trasformazioni che ha subito il territorio intorno alla colonia greca. In un susseguirsi di citazioni di eventi, da quelli naturali come i terremoti, all'impatto dell'azione antropica, Selinunte vive una fase di drammatiche distruzioni, che non si limitano al sacco cartaginese del 409 a.C., ma soprattutto alle trasformazioni urbane tra la Tarda Antichità e Medioevo, fino al devastante impatto ambientale cominciato a partire dagli anni '70. Quello di Carapezza è un atto di denuncia contro il silenzio e l'assenza degli organi dello Stato e della politica, regionale e nazionale, che, ignorando le norme sulla tutela dell'ambiente, si rendono complici di «demoniaci agguati». Le colate di asfalto nell'area delle cave di Cusa che fanno da *pendant* alle villette abusive di Triscina, sono un atto *contra legem*, che vanifica lo sforzo del Soprintendente alle antichità della Sicilia occidentale, Vincenzo Tusa, che per primo aveva imposto vincoli nell'area.

Se Selinunte soffre, in altre parti della Sicilia la situazione non è certo ottimale. Carapezza, partendo da un'analisi diagnostica sulle calcareniti utilizzate nell'architettura templare e pubblica della colonia greca di Akragas, mette in evidenza la gravità dell'azione di degrado del calcare gessoso a seguito dell'inquinamento di idrocarburi delle automobili che transitano nell'area archeologica [Carapezza, 1983]. Lo studioso, tuttavia, tende a precisare che l'azione di corrosione della pietra è un fenomeno antico, con cui i Greci si sono confrontati, scegliendo di intonacare in maniera sistematica le colonne e le strutture murarie. Il breve articolo, dunque, affidato ad un quotidiano, si trasforma, nella visione di Carapezza, in un saggio scientifico che pone in maniera corretta le cause del degrado, antico e moderno, tenendo separati i due piani di lettura [Carapezza, 1983]. La risposta al problema è di natura scientifica: occorre affidare a laboratori qualificati la diagnostica dei monumenti, invocando anche un coinvolgimento dell'azione politica, perché sarebbe auspicabile l'inserimento di geochimici tra le figure specialistiche delle Soprintendenze regionali. Quel tema della *degradatio*, che Carapezza utilizza nella formula latina in un paio di articoli [Carapezza, 1984; 1988a] è il filo conduttore di un'ampia indagine teorico-metodologica che spinge il chimico a ribaltare la tradizionale lettura sullo stato di un'opera d'arte: respingendo una «tutela astrattamente perfetta», lo scienziato deve tenere presente non tanto il degrado in atto, quanto quello potenziale [Carapezza, 1988a: 57].

L'attenzione al tema della salvaguardia del Patrimonio rimane una delle costanti nella vita intellettuale di Carapezza, a cui dedica articoli su quotidiani e trasmissioni radiofoniche. Sarebbe di grande utilità ai fini della ricerca che un giorno questa imponente mole di documenti, oggi conservata nell'archivio personale della famiglia, venga analizzata in maniera sistematica per tentare di ricostruire scelte e motivazioni che hanno segnato il percorso dello studioso. Altrettanto importante sarebbe una verifica attraverso il Fondo Cesare Brandi dove sono conservate lettere tra i due studiosi. La prefazione che Carapezza scrive al volume dello storico dell'arte [1989], che aveva sistematizzato racconti di viaggi nell'isola iniziati nel 1939, rientra a pieno titolo in questo specifico interesse verso i temi della salvaguardia. Tuttavia, le distanze tra i due studiosi sono evidenti perché, pur trattando la medesima questione del fenomeno del degrado che non è imputabile solo all'azione naturale ma ha soprattutto una grave responsabilità umana, il discorso di Carapezza appare più lucido ed asciutto, non indugiando su quella dimensione di trasfigurazione mitica della Sicilia che accompagna lo scritto di Brandi.

6. Un poeta tra le righe?

Se leggiamo in parallelo la vasta produzione scientifica nel campo della chimica e i testi di natura storico-filologica, si nota un doppio registro stilistico e di prosa. Pur mantenendo una spiccata attitudine alla chiarezza e concretezza, negli articoli giornalistici si coglie una maggiore attitudine

ad un linguaggio che ricorre ad un periodare più articolato e ad un più ampio uso di aggettivi e avverbi ricercati. Questo, tuttavia, non toglie quella lucida concretezza a lasciar passare al lettore, di differente cultura e formazione scolastica, il messaggio principale, talvolta giocando sull'ironia, secondo un modello che trova un diretto parallelo nella scrittura del suo amico di gioventù Leonardo Sciascia. Come quest'ultimo, soprattutto negli articoli di denuncia [Carapezza, 1982; 1983], la conclusione è drammaticamente amara, ma non si colgono echi di pessimismo, dal momento che c'è sempre un'esortazione rivolta ai soggetti a cui il messaggio è rivolto.

La costruzione dei periodi rimane semplice, riducendo in maniera drastica l'uso di secondarie che avrebbero annacquato la forza del messaggio di base. Nei suoi scritti si ritrovano spesso riferimenti letterari e citazioni di autori, secondo uno stile narrativo che Carapezza aveva acquisito da giovane all'interno del circolo letterario di Villa Montalbano, come ricorda acutamente Camilleri [2017: 10]. In questo contesto nasce la passione per la poesia, mentre l'uso sapiente di una formidabile memoria gli permetteva di ricordare e declamare versi con estrema facilità.

7. Per un quadro di sintesi: il Patrimonio culturale, un malato alla ricerca di cura

La mirabile raccolta di saggi a cura di F. Foresta Martin [2017] offre un prezioso strumento di conoscenza di un aspetto della complessa figura di M. Carapezza, probabilmente quello meno noto, l'indagine a tutto campo sul Patrimonio Culturale.

L'inizio di questa avventura intellettuale si pone dopo l'istituzione del Laboratorio di Geochimica dei Fluidi (IGF), quando agli inizi degli anni '80 si consolida la collaborazione con il soprintendente Vincenzo Tusa, che apre il sito di Selinunte ad una serie di indagini innovative finalizzate al restauro, conservazione e valorizzazione dei monumenti. L'interesse di Carapezza si muove su un doppio binario: da un lato c'è la messa in campo e anche la sperimentazione di sistemi di indagine geochimica sui monumenti antichi, mentre dall'altro si sviluppa progressivamente una specifica attenzione alla salvaguardia dell'ambiente.

Le indagini nell'area di Cusa e Melfi, dove vengono identificate almeno quattro distinte cave utilizzate in antico, presuppongono la conoscenza dell'ambiente e dei fenomeni di degrado della pietra, in funzione di restauro, ma anche di attribuzione del materiale lapideo [Carapezza et al., 1987].

La Geochimica è uno strumento imprescindibile in ogni ricerca applicata ai Beni culturali, perché consente, attraverso l'applicazione di differenti protocolli, l'identificazione dei principali costituenti chimici e della loro distribuzione nei sistemi naturali. Pertanto, nella visione olistica del concetto di scienza, solo la Geochimica può rendere ancora più solido il rapporto tra materia e ambiente di riferimento, non diversamente dall'archeologo che stabilisce solidi nessi tra manufatti e contesti.

Carapezza si spinge ben oltre e utilizza un'altra metafora ancora più efficace quando si rivolge al grande pubblico e scrive sui quotidiani. Se per il mondo medico «non esistono malattie, ma malati» allora non esiste il degrado dei manufatti, ma opere d'arte degradate [Carapezza, 1988a: 58].

Come un medico, il geochimico analizza e si interroga sulle ragioni che portano al disequilibrio chimico e termodinamico di un manufatto antico, qualunque sia la materia di riferimento, come legno, pietra, metallo, terracotta. Il materiale chimicamente stabile non esiste e tutte le azioni di degrado sono causate da fasi fluide che interagiscono con l'ambiente [Carapezza, 1988a: 59].

Ancora una volta il nesso tra materia e ambiente rappresenta il punto di sintesi di un percorso di studi avviato tra esperienze nel mondo della chimica, geologia e vulcanologia. Curiosamente è il campo di indagine sul Patrimonio culturale a suggerire a Carapezza una straordinaria saldatura tra interventi di diagnostica, studio dell'interazione dell'ambiente e ricerca storica.

Bibliografia

- Brandi C., (1989). *Sicilia mia*. Con prefazione di M. Carapezza, Palermo.
- Bovio Marconi J., (1979). *La grotta del Vecchiuzzo presso Petralia Sottana*. Roma.
- Camilleri A., (2017). *Ricordo di Marcello*. In Carapezza, 2017, 7-18.
- Carapezza M., (1982). *Fermare lo scempio di Cusa*. Giornale di Sicilia (16 aprile 1982).
- Carapezza M., (1983). *È un tarlo antico a uccidere i templi*. Giornale di Sicilia (1 marzo 1983).
- Carapezza M., (1984). *Perché le opere d'arte non devono andare in trasferta*. Corriere della Sera (1 maggio 1984).
- Carapezza M., (1987). *Personaggi e tematiche d'interesse naturalistico nell'Ottocento in Sicilia*. In G. Liotta (ed.), *I Naturalisti in Sicilia e la cultura scientifica siciliana nell'Ottocento* (Atti del Convegno Palermo, 5-7 dicembre 1984), Palermo, 393-401.
- Carapezza M., (1988a). *Degradatio*. in Nuove Effemeridi, 1, 57-59.
- Carapezza M., (1988b). *Il marmo della statua di Mozia: caratteri geochimici e possibili aree di provenienza*. In Aa.Vv., *La statua marmorea di Mozia e la scultura di stile severo in Sicilia*, Roma, 29-38.
- Carapezza M., (2017). *Molti fuochi ardono il suolo*. Palermo.
- Carapezza M., Alaimo R., Calderone M., Leone M., (1983). *I materiali e l'ambiente delle sculture di Selinunte*. In S. Tusa (ed.), *La scultura in pietra di Selinunte*, Palermo, 32-42.
- Cultraro M., (2022). *L'Italia delle origini in camicia nera: ricerche e studi di archeologia preistorica negli anni del ventennio fascista*. In A. Piergrossi, A. Babbi, M. Cultraro (eds.), *Tra protostoria e storia: l'Etruria nel cuore del Mediterraneo*. Scritti in onore di Filippo Delpino per il suo 80° compleanno (Mediterranea Suppl. 2), Roma, 469-483.
- Cultraro M., (2023). *Indagando l'aurora dell'umanità. Angelo Mosso (1846-1910) e le prime ricerche di archeologia sperimentale sul Mediterraneo antico*. In Atti dell'Accademia delle Scienze di Torino. Serie Archeologia, Epigrafia, Numismatica, 3, 1-17.
- Foresta Martin F., (2017). *La ventura di aver vissuto un incredibile favola*. In Carapezza 2017, 19-52.
- Gorgoni C., Pallante P., (2000). *On Cycladic Marbles Used in the Greek and Phoenician Colonies of Sicily*. In D.U. Schilardi, D. Katsonopoulou (eds), *Paria Lithos. Parian Quarries, Marble and Workshops of Sculpture*, Athens, 497-506.
- Marconi C., (2014). *The Mozia Charioteer: A Revision*. In A. Avramidou, D. Demetriou (eds), *Approaching the Ancient Artifact: Representation, Narrative, and Function*, Berlin-New York, 435-447.
- Tusa, V. (1990). *Selinunte nella mia vita*, Palermo.
- Vitali D., (1989). *La figura di Giovanni Capellini e gli apporti allo studio delle antichità preistoriche*. In G.A. Mansuelli, G. Susini (eds.), *Il contributo dell'Università di Bologna alla storia della città: l'Evo antico* (Atti del I° Convegno, Bologna 11-12 marzo 1988), Bologna, 291-299.

APPENDICI

Questo saggio, finora inedito, era stato chiesto nel 1974 dalla RAI al professor Marcello Carapezza come base per una sceneggiatura di un programma a puntate dedicato alle Scienze della Terra. Il lettore più avveduto noterà come alcuni riferimenti evidenziano il mezzo secolo trascorso dal suo concepimento. Per esempio, il fatto che Plutone non è più considerato il nono pianeta del sistema solare, essendo stato declassato a 'pianeta nano'; oppure che l'età di formazione della nostra Galassia è ora valutata ben maggiore rispetto ai 7 miliardi di anni qui indicati. Ma nonostante queste comprensibili obsolescenze, il testo brilla per eleganza espositiva e può essere considerato un modello di divulgazione scientifica chiara e rigorosa nello stesso tempo.

This previously unpublished essay was commissioned in 1974 by RAI to Professor Marcello Carapezza as the basis for a multi-episode television script on Earth Sciences. As the attentive reader will note, some references reflect the half-century that has passed since it was written. For instance, Pluto is no longer considered the ninth planet of the Solar System, having been reclassified as a "dwarf planet," and the estimated age of our Galaxy is now much greater than the seven billion years indicated here. Despite these understandable obsolescences, the essay shines for its elegance of exposition and stands as a model of scientific communication that is both clear and rigorous.

Franco Foresta Martin

La formazione dei continenti

The formation of the continents

Marcello Carapezza

Al di là dei monti che chiudono l'ultimo orizzonte si stende una pianura in cui domina un cubo di granito. Il lato di questo cubo è di 1.000 chilometri. Ogni mille anni giunge, un uccellino e dà un colpo di becco a quel cubo. Quando tutto il cubo sarà disfatto, sarà passato un giorno dell'eternità. Così è scritto nel *Mahabharata*, il grande poema indiano che è anche il più antico poema di cui abbiamo conoscenza.

La verità poetica di questa citazione si direbbe immaginata da un poeta geologo: quando quel cubo sarà disfatto, sarà trascorsa un'era geologica, sarà concluso un grande ciclo che darà immediatamente origine a un altro.

Stiamo parlando di uno dei tanti motivi per i quali la Terra va considerata, fin dalla sua formazione, come un sistema in continua evoluzione. Niente nella Terra è statico ed è mai stato statico. La visione di una Terra statica, così come ce la danno le carte geografiche, è quanto di più erroneo per la comprensione di tutti i fenomeni che in essa avvengono.

Alla concezione di una Terra statica dobbiamo dunque sostituire quella di una Terra dinamica, in continuo movimento. Montagne come le Alpi e gli Appennini continuano oggi ancora ad innalzarsi, interi continenti come l'America o l'Africa continuano a muoversi, immense fratture alla base dei fondi oceanici continuano a squarciarsi.

L'uomo non riesce a percepire questi movimenti altro che quando si sono accumulati. E non c'è davvero da meravigliarsene se si pensa che l'occhio umano non riesce a seguire neppure il movimento delle sfere di un orologio che pure corrono con un movimento molto più veloce di quelli che abbiamo fin qui ricordato.

Ma la visione di una Terra dinamica non si esaurisce in questi movimenti lentissimi: altri

movimenti che implicano delle energie immense avvengono invece rapidamente e sono sotto gli occhi di tutti. Per esempio, i terremoti che arrivano a spostare di qualche metro strati che erano prima congiunti o i fenomeni vulcanici che implicano spostamenti di materia imponenti: molte eruzioni dell'Etna hanno provocato la fuoriuscita di quantità vicine ad un miliardo di tonnellate di lava. E gli esempi potrebbero continuare a lungo.

Ma, a questo punto, sarà opportuno considerare le cose dall'inizio. E vale la pena chiedersi immediatamente quale momento, scegliere per stabilire l'inizio. Scartiamo senz'altro quello che coincide con l'origine dell'Universo di cui si è parlato in una precedente puntata. Scartiamo anche un inizio già databile che è quello della formazione della Galassia cui apparteniamo e che dovrebbe essersi formata 7 miliardi d'anni fa. Scartiamo infine il momento in cui, circa 5 miliardi d'anni fa, iniziò il processo di contrazione di una nebula che avrebbe dato origine al sistema solare.

Fissiamo dunque l'inizio a 4 miliardi e 600 milioni di anni fa quando il processo di formazione dei pianeti solari poteva darsi già completo e il Sole venne a trovarsi in una situazione che potremmo dire di privilegio rispetto alle altre stelle: quella appunto di avere nove pianeti. Nel 1972 il *Pioneer 10* partì per lo spazio, recando in una targa d'oro dei segni che dovrebbero essere intellegibili a qualunque altro essere intelligente di altro pianeta. Uno dei segni fu appunto la raffigurazione del sistema solare. Se esseri intelligenti e in un certo stadio di evoluzione venissero in possesso, di quella targa, dovrebbero capire, proprio dalla presenza di quei pianeti, che la stella raffigurata è il Sole.

Questi nove pianeti potremmo dividerli in tre categorie: i piccoli pianeti, detti anche pianeti interni perché sono appunto nelle orbite interne del sistema solare; i grandi pianeti che sono nelle orbite esterne e Plutone che è il più esterno di tutti ma è piccolo come i pianeti interni.

I quattro pianeti interni sono, a distanza progressivamente crescente dal Sole, Mercurio, Venere, Terra e Marte. Essi hanno in comune le dimensioni relativamente piccole e la densità che è molto elevata. Questi valori di densità suggeriscono che sia comune a tutti e quattro una composizione, chimica fatta da silicati e da ferro.

I quattro pianeti esterni Giove, Saturno, Urano e Nettuno sono invece caratterizzati da dimensioni enormi, da densità molto basse, comparabili con quelle che ha l'acqua sulla superficie terrestre e da una composizione chimica molto, simile a quella del Sole in cui l'idrogeno è l'elemento più diffuso e l'elio è l'elemento che immediatamente lo segue.

Così come il Sole è una stella eccezionale per il corteo di tanti pianeti, la Terra è a sua volta un pianeta eccezionale rispetto agli altri pianeti. Anzitutto perché ha un satellite enorme, la Luna, mentre i satelliti degli altri pianeti sono piccolissimi. Poi perché è l'unico pianeta la cui superficie è dominata dall'acqua e l'acqua ha avuto: un ruolo determinante nella sequenza dei processi di questo pianeta in continua evoluzione.

Abbiamo dunque fissato l'inizio delle nostre osservazioni a 4 miliardi e 600 milioni d'anni fa: un numero che poteva essere speculativo ed ipotetico fino a pochi mesi or sono. Sulla Terra una roccia che sia rimasta inalterata fin d'allora non esiste, proprio per la complessa fenomenologia cui abbiamo fatto cenno all'inizio. La speranza di trovare una roccia così antica era però abbastanza ragionevole sulla Luna che dovrebbe essersi formata contemporaneamente alla Terra, qualunque sia stato poi il meccanismo con cui è divenuta un satellite. La selenologia è infatti molto più semplice della geologia: la storia della Luna non registra la continua dinamica dei fenomeni terrestri. Questa speranza si è verificata nel marzo 1974, quando a Houston è stata misurata, su una roccia prelevata sulla Luna, un'età molto vicina a 4 miliardi e 600 milioni d'anni.

Ma la Terra di quel tempo era completamente diversa da quella attuale. La sua struttura doveva essere ancora organizzata, i continenti e gli oceani non si erano ancora formati, l'atmosfera era così rarefatta da poterla considerare inesistente.

Sarà necessario attendere 1 miliardo d'anni perché possiamo parlare di una storia geologica che siamo in grado di ricostruire. Le rocce più antiche che si siano trovate sulla Terra sono infatti delle rocce metamorfiche la cui età è di 3 miliardi e 600 milioni di anni. Ed è necessario attendere 2 miliardi di anni perché si formi qualcosa che ha a che fare con la vita.

Durante il primo miliardo d'anni avvengono tuttavia delle variazioni geofisiche sostanziali, che daranno all'interno della Terra la struttura attuale. I silicati ed il ferro che erano distribuiti uniformemente in tutta la massa si mescolano, hanno, inizio i processi di differenziazione che creano una struttura costituita da tre involucri successivi: nucleo, mantello e crosta.

Il nucleo occupa il centro della Terra ed ha un raggio che è maggiore della metà del raggio terrestre e cioè 3.475 km su 6.370. Dovrebbe essere costituito da ferro e nichel, ma secondo alcuni recenti modelli potrebbe essere costituito invece da materia solare indifferenziata ad altissima pressione. Segue il mantello il cui spessore è di circa 2.900 km; esso è costituito soprattutto da silicati di ferro e magnesio. Nella parte più esterna abbiamo infine la crosta, il cui spessore è al massimo di poche decine di chilometri.

La crosta è dunque una pellicola così sottile che, se paragonassimo la Terra a un'arancia, o ad una mela, persino la scorza dell'arancia o la buccia della mela sarebbero esageratamente grandi per raffigurarla. Eppure, è soprattutto questa esilissima pellicola che rende la Terra un pianeta probabilmente unico e popolato da esseri che hanno ritenuto per tanti secoli la loro sede come il centro dell'Universo. Ed è proprio in questa pellicola che l'uomo considera gigantesche ed immobili le catene dell'Himalaya, delle Ande o delle Alpi.

Di che cosa è fatta questa pellicola? in superficie essa è costituita soprattutto da acqua che ricopre più del 70% di tutta la superficie della Terra. Il solo Oceano Pacifico costituisce la metà di questo 70% ed ognuno dei tre oceani più grandi ha una superficie maggiore di quella occupata dall'Europa e dall'Asia.

Se immaginassimo per un momento tutta quest'acqua, vedremmo le grandi masse continentali innalzarsi bruscamente dai fondi oceanici. Se prendiamo il punto più alto, la cima dell'Everest, e il punto più basso, la fossa delle Marianne, rileviamo che la differenza è di circa 20 km e cioè un po' meno della metà dello spessore medio di tutta la crosta.

Ci accorgeremmo ancora che le grandi catene di montagne sono tutte vicine alle zone costiere ed hanno spesso delle scarpate ripide e profondissime. Vedremmo anche che esse sono quasi interamente distribuite in due fasce principali: la prima si estende lungo le coste del Pacifico e va grossolanamente da Nord a Sud; la seconda va invece da Ovest a Est e comprende le Antille, l'Atlante, le Alpi, i Carpazi, i Balcani, il Caucaso, le catene dell'Himalaya e della Birmania e le isole della Sonda.

Vedremmo infine che la composizione della crosta è abbastanza variabile nelle sue parti. Nella zona più superficiale essa è costituita per la maggior parte da rocce sedimentarie, rocce cioè che si sono formate in seguito a un accumulo o per meglio dire, in armonia con la parola latina *sedimentum*, a un deposito. Nei fondi oceanici, dove cioè il processo della sedimentazione è continuo, esso è continuamente intercalato e disturbato dalla presenza di lave vulcaniche, che fuoriescono da squarci sott'acqua. Al di sotto dei continenti è molto più complessa; infatti, la crosta ha uno spessore molto maggiore al di sotto dei continenti che al di sotto degli oceani. Si può addirittura immaginare in prima approssimazione che esista una sorta di simmetria fra la parte della crosta che affiora e quella che sprofonda nel mantello. Dove troviamo le più alte catene montuose, troviamo anche le più grandi profondità della crosta, quasi che le catene stesse fossero come iceberg in un mare. Questo concetto, ci consente di introdurre i due termini di litosfera e astenosfera che riguardano rispettivamente la zona rigida sprofondata della crosta e la zona plastica del mantello in cui la prima affonda.

Al di sotto dei sedimenti o nelle zone non occupate da questi, troviamo normalmente rocce assimilabili a tipi granitici nella parte superiore e basalti nella parte inferiore. Una discussione

che riguardi questi tipi di rocce ci porterebbe troppo lontano.

A questo punto potrà comunque divenire comprensibile la strettissima connessione esistente fra la crosta ed il mantello sottostante. Una gran parte dei 150.000 terremoti che ogni anno fanno tremare alcune zone della crosta provengono dal mantello, i magmi che fuoriescono dai vulcani provengono direttamente o indirettamente dal mantello, e la formazione dei continenti, così come la loro evoluzione, avviene in continua connessione con fenomeni che si manifestano nel mantello.

Con un termine abbastanza usato potremmo anzi dire che i continenti galleggiano sul mantello e questo verbo “galleggiare” può darci immediatamente ragione di due fenomeni importantissimi. Il primo, è che le masse della crosta hanno densità più bassa di quelle del mantello e questo è il motivo per cui si può dire che galleggino. Il secondo è che queste masse sono soggette a spostamenti continui che hanno diversa velocità nelle diverse placche.

Una volta precisati questi concetti fondamentali, possiamo tentare di rispondere alle due domande che sorgono spontanee: com'è nata la crosta e i continenti che la compongono? Qual è stata la sua evoluzione e quale sarà il suo futuro?

Avevamo già osservato che la formazione dei continenti è intimamente collegata alla presenza dell'acqua. Dovremmo anzi considerare la Terra costituita, oltre che dagli involucri prima citati (nucleo, mantello e crosta), da altri involucri che possiamo definire idrosfera ed atmosfera. Sono questi ultimi due involucri ad avere permesso la formazione di quella fascia che chiamiamo biosfera in cui è possibile il fenomeno della vita.

La nostra prima domanda si può quindi riformulare così: come e quando sono nate l'idrosfera e l'atmosfera?

Per rispondere sarà opportuno liberarci da tutti i modelli che presuppongono un'atmosfera iniziale che si sia raffreddata e condensata man mano che la temperatura della terra diminuiva. Come avevamo già accennato all'inizio, la Terra nei primi stadi della sua formazione aveva un'atmosfera estremamente rarefatta. Gli elementi volatili che avrebbero costituito l'idrosfera e l'atmosfera dovevano essere dunque contenuti nella Terra stessa e da questa liberarsi lentamente per fenomeni di degassazione.

Questo processo che portò a un'atmosfera costituita soprattutto da acqua, anidride carbonica, azoto e idrogeno, è del resto un processo che si svolge ancora sotto i nostri occhi se consideriamo i gas che vengono emessi dai vulcani, dalle fumarole, dai geysers e dalle sorgenti termali.

Non c'è dubbio che gran parte dell'acqua emessa in queste condizioni è acqua meteorica filtrata in strati profondi e successivamente portata allo stato di vapore dal contatto con rocce ad alta temperatura. Tuttavia, è stato calcolato che almeno una parte di quell'acqua è effettivamente un'acqua detta *juvenile* e cioè proveniente direttamente da magmi profondi e mai esistita precedentemente in superficie.

Sarebbe sufficiente che tale parte sia vicina all'1%, per giustificare l'intero volume d'acqua contenuto negli oceani, se solo si assume la stessa attività vulcanica negli ultimi 3 miliardi di anni.

Ma i fenomeni di degassazione dovettero essere certamente molto più imponenti nel primo miliardo di vita della Terra e probabilmente ebbero un'estrema vivacità proprio quando si era in prossimità del compimento di tale miliardo. Alcuni scienziati, sostenitori dell'ipotesi secondo cui la Luna sia stata “catturata” dalla Terra successivamente alla sua formazione, segnano appunto questo momento, 3 miliardi e 600 milioni d'anni fa, per localizzare il momento, della cattura. Questa avrebbe infatti provocato un rapido innalzamento della temperatura sulla Terra e di conseguenza un'imponente attività eruttiva e una degassazione conseguentemente elevata.

Man mano che la condensazione delle acque aumentava il volume degli oceani aveva dunque inizio un vero e proprio attacco chimico alle rocce già consolidate e la formazione quindi di una salinità

delle acque. Questa era certamente favorita dal fatto che si trattava di acque molto acide che venivano progressivamente neutralizzate man mano che le piogge asportavano i sali dalle rocce. Dobbiamo adesso considerare il secondo miliardo di anni per cominciare a trovare negli oceani una salinità simile a quella attuale. Ed è in questo, periodo che cominciano a formarsi delle rocce di un tipo nuovo. Fino a questo momento tutte le rocce presenti sulla Terra erano costituite solo dal consolidamento di masse fuse, simili a quelle che ci siamo ormai abituati a vedere nelle fotografie della Luna o, a quelle che possiamo vedere nei grandi apparati vulcanici. Rocce eruttive, dunque, e null'altro: più esattamente rocce di composizione granitica nella parte più alta e di composizione basaltica in quella più bassa.

Ma da quando le acque iniziano la loro attività, i detriti delle rocce eruttive cominciano ad essere trasportati nei fondi oceanici e ad accumularsi in strati successivi; nascono quindi quelle rocce che abbiamo chiamato sedimentarie proprio a definire il loro progressivo deposito a seguito di un trasporto.

Il progressivo accumulo di queste rocce creava necessariamente uno sprofondamento successivo verso zone via via più calde dove gli strati più profondi finivano col trovare una temperatura vicina a quella di fusione. Le condizioni di equilibrio fra crosta e mantello dovute allo sprofondamento della crosta provocavano inoltre dei continui movimenti che si aggiungevano a quelli propri dei continenti di cui parleremo fra poco. Nascevano dunque da questi movimenti fenomeni di corrugamento particolarmente accentuati in zone preferenziali e in questi corrugamenti tutte le rocce coinvolte venivano metamorfosate.

Possiamo dunque avere ora un panorama completo dei tre fondamentali tipi di rocce presenti nella litosfera e della loro origine. Queste rocce le abbiamo definite sedimentarie e metamorfiche.

Cominciano ora sulla Terra i grandi cicli geologici che portano a continui mutamenti delle rocce, del loro assetto, delle catene montuose e delle pianure che esse formano.

Nell'immagine poetica del *Mahabharata* il colpo di becco dell'uccellino è sostituito dalla degradazione esercitata da tutti gli agenti meteorici. Le piogge, i venti, l'azione chimica e quella di trasporto delle acque superficiali, i ghiacciai, le brusche variazioni di temperatura sono altrettanti motivi delle immense azioni di alterazione delle rocce dei continenti. Gigantesche catene montuose formatesi nel corso delle ere geologiche sono state trasformate in pianura. Antichi fondi marini si sono di contro innalzati di chilometri in una dinamica continua, inarrestabile. Materiale nuovo proveniente dal mantello ha continuato a fuoriuscire ricominciando infinite volte da capo questo meraviglioso ciclo geologico che continua ad offrire argomenti di studio sempre più appassionanti e formulazioni di modelli fisici di particolare fascino.

Resta ora da affrontare il problema connesso con i movimenti delle masse continentali. Diciamo, subito che la comprensione di questo problema, che è stato affrontato all'inizio del secolo ma suffragato da prove irrefutabili solo nell'ultimo decennio, ha costituito per la geologia la più grossa rivoluzione concettuale fin da quando essa esiste come scienza.

Avviene talvolta in alcune branche della scienza che scoperte fondamentali vengano fatte da persone precedentemente digiune degli argomenti necessari a quelle scoperte. Nessun archeologo avrebbe prestato fede a Schliemann per il ritrovamento della città di Troia basato sulle descrizioni topografiche dell'Iliade; e nessun geologo avrebbe prestato fede al meteorologo Alfred Wegener quando elaborò la sua teoria sulla deriva dei continenti; un geofisico inglese giunse a dire che essa era "una spiegazione che non spiega nulla di ciò che vorremmo spiegare". Wegener aveva indirizzato le sue ricerche meteorologiche alla Groenlandia per stabilire se quell'isola potesse avere delle condizioni climatiche tali da consentire delle rotte aeree più brevi fra Europa e America. Proprio, in quell'isola, dove sarebbe tragicamente morto, egli trovò conferma a una teoria elaborata guardando un atlante geografico. Leggiamo da una sua lettera:

Appare straordinario come le coste opposte di alcuni continenti, e in particolare quelle del Sud America e dell'Africa, si somiglino come se fossero i brandelli staccati di un pezzo che era precedentemente unico. La somiglianza diviene ancora più grande se anziché alle coste si fa riferimento all'isobata dei 1.000 metri.

L'idea di Wegener, che alimentò violentissime polemiche negli ultimi 60 anni, era dunque che tutti i continenti fossero uniti a costituire un blocco unico, che egli chiamò Pangea, almeno fino a 280 milioni d'anni fa. Il Sud America era saldato, come abbiamo visto, all'Africa; il Nord America saldato alla Groenlandia e assieme a questa all'Europa; l'Australia, l'India, il Madagascar e l'Antartide erano un unico blocco saldato, al Sud America.

Per Wegener era dunque chiaro che i continenti galleggiassero sul mantello e navigassero su di esso sotto l'azione di due cause concomitanti: l'effetto della rotazione terrestre che centrifugava i continenti verso l'equatore e l'effetto delle maree che li spingeva verso Ovest.

Il caso fortuito di aver trovato alcune determinazioni geodetiche eseguite in Groenlandia che coprivano l'arco di alcuni decenni gli rivelò che l'isola si spostava effettivamente verso Ovest e a una velocità che fu valutata a circa 10 metri l'anno. Gli errori scoperti in questa misura furono uno dei motivi perché la sua teoria venisse dai più completamente rigettata, anziché corretta in termini quantitativi. Eppure, Wegener aveva anche offerto l'evidenza di un grande numero di correlazioni sia geologiche che paleontologiche per dimostrare che sia nella costa orientale del Sud America che in quella occidentale dell'Africa si erano avuti praticamente gli stessi eventi geologici fondamentali fino all'inizio dell'era mesozoica.

Ma il punto difficilmente sostenibile nella sua teoria era quello di considerare il mantello come un mezzo più fluido di quanto in realtà non sia. Pochi scienziati erano, disposti ad immaginare che in un mezzo di quel tipo i continenti potessero effettivamente viaggiare.

La spiegazione doveva venire solo all'inizio degli anni Sessanta, quando la deriva dei continenti poté essere considerata non come un fenomeno isolato ma bensì visto nel quadro di una tettonica globale in cui veniva associato a un altro fenomeno importantissimo e cioè l'espansione dei fondi oceanici. A questo si aggiunse anche la possibilità di effettuare misure di età delle rocce con metodi sviluppati successivamente a Wegener e si aggiunsero tante successive scoperte che finirono con il porre la teoria della deriva dei continenti al livello di un fatto scientifico ormai acquisito e al di fuori di ogni dubbio.

Fu appunto verso l'inizio degli anni Sessanta che alcuni scienziati fecero l'ipotesi che i fondi marini potessero avere una dinamica altrettanto attiva quanto le masse continentali. Si pensò che materiale proveniente da zone molto profonde potesse risalire in superficie lungo l'asse delle dorsali oceaniche ed espandersi quindi all'esterno attraverso il fondo dell'oceano per sprofondare poi in prossimità dei margini delle masse continentali.

Contemporaneamente veniva scoperto un fenomeno di estremo interesse. Ci si accorse, cioè, che le rocce fuse provenienti da zone profonde subivano l'influenza del campo magnetico secondo fasce regolari che divenivano una documentazione del campo magnetico stesso al tempo del loro consolidamento. Questo materiale si allontanava a fasce simmetriche dalla grande frattura da cui era fuoriuscita: queste fasce con magnetismo normale e inverso erano, cioè, sempre parallele all'asse della dorsale.

La scoperta costituiva la base sia per ricostruire la storia dei fondi oceanici sia per ricostruire con estrema precisione i movimenti dei continenti, giacché gli allineamenti magnetici costituiscono appunto le tracce lasciate dai continenti e documentano le successive posizioni da essi occupate.

Le prove geologiche così acquisite hanno accertato che fra 200 e 300 milioni d'anni fa esisteva una sola grande massa nell'emisfero meridionale che comprendeva l'Africa, l'America meridionale, l'Australia, la Nuova Zelanda, l'Antartide e l'India: proprio da una regione indiana questa massa viene indicata come Gondwana. Un'altra sola grande massa esisteva nell'emisfero

settentrionale chiamata Laurasia.

Lo spostamento delle grandi placche continentali è dunque sempre attivo. Esso procede contemporaneamente all'espansione dei fondi oceanici dandoci, come si diceva all'inizio, un'idea completamente dinamica dell'evoluzione della Terra.

Se tutti questi lentissimi movimenti potessero essere stati cinematografati e poi proiettati rapidamente vedremmo l'America letteralmente viaggiare verso l'Asia con la formazione di catene montuose simile alle onde di prua di una nave. E vedremmo montagne disfarsi lentamente e ricostituirsi altrove. E vedremmo l'uomo come un episodio breve e rapido anche se terribilmente importante. Ma ben misera cosa è pur sempre questo, essere umano, capace di dominare e scatenare tante energie a paragone del colpo di becco dell'uccellino che viene però eternamente ogni mille anni a spezzare una piccolissima scheggia.

(Testo di un programma RAI, 1974)

In questo saggio, scritto da Marcello Carapezza in collaborazione con la figlia Maria Luisa alla metà degli anni '80, la cultura interdisciplinare del primo autore tocca un apice di felice espressività. Nella descrizione delle due forme di energia, eruttiva e geotermica, che si esplicano nei Campi Flegrei, si intrecciano miti, riferimenti letterari e formule matematiche. L'erudizione si sostanzia in spiegazione scientifica. E l'analisi del caso flegreo, accanto all'attento monitoraggio dei fenomeni, lascia intravedere ipotesi di sfruttamento energetico.

In this essay, written in the mid-1980s by Marcello Carapezza in collaboration with his daughter Maria Luisa, the interdisciplinary breadth of the first author reaches a peak of expressive synthesis. In describing the two forms of energy, eruptive and geothermal, manifested in the Phlegrean Fields, the text intertwines myth, literary references, and mathematical formulas. Here, erudition becomes scientific explanation, and the analysis of the Phlegrean case, alongside the careful monitoring of phenomena, suggests possible scenarios for energy exploitation.

Franco Foresta Martin

"Per speculum in aenigmate"

L. Borges da San Paolo

Energia eruttiva ed energia geotermica nei Campi Flegrei

Eruptive energy and geothermal energy in the Phlegrean Fields

Marcello Carapezza e Maria Luisa Carapezza¹

¹INGV | Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione Roma 1

Nulla quanto una visione globale dei Campi Flegrei può suggerire, come in un racconto di Borges, l'inquietante idea di un labirinto fatto da tanti labirinti. Una quarantina di grandi cavità circolari s'affollano in breve spazio, talora s'intersecano, talaltra l'una può cancellare la precedente. Ognuna d'esse è contemporaneamente individuale e collettiva, perché uguale è il grande processo che le ha originate, ma diversi i singoli fenomeni che ne hanno caratterizzato la nascita. Queste cavità sono contenute tutte dentro un'altra cavità enormemente più grande. La genesi vulcanica di queste strutture consente che queste cavità siano individuate da nomi semplici: crateri le più piccole, caldera quella più grande. Questa cavità, come altri innumeri labirinti che appaiono nelle opere di Borges, *sono di carattere ciclico: sembrano combinare fatti di regioni remote, di remote età*. Si combinano infatti leggende e fatti storici, paesi inghiottiti come Tripergola e grandi parossismi dove l'energia vulcanica è stata tale da spingere delle ceneri vulcaniche fino in Grecia. Ma da quei labirinti, o in mezzo ad essi, ci si *inabissa in altri labirinti più inestricabili ed eterogenei*. Questi altri sono ancora più mutevoli per luoghi, tempi e modi d'attività. Alcuni di essi somigliano come nella celebre conclusione de "La morte e la bussola" *ad un labirinto greco che è una linea unica, retta...* Una linea siffatta la chiameremo frattura o, a seconda dei suoi movimenti, faglia. La vedremo apparire ed esalare gas vulcanici e vapore acqueo, la vedremo poi sparire per riapparire nello stesso luogo o altrove. Ma altri labirinti sono sotterranei e sono certamente ancora più complessi: per valutarli va sommata l'indagine dei geochimici, dei geofisici, dei geologi. Questo inquietante labirinto di labirinti ha un solo minotauro che s'agita in profondo per colpire da uno dei labirinti esistenti o da un altro creatosi per essere ancora più imprevedibile. Formalmente

anche il minotauro ha un nome che vulcanologicamente è il più semplice e primordiale: magma. Ecco, dunque, che un'area come i Campi Flegrei offre una connaturata e fin troppo ovvia metafora. Non è la sola né necessariamente la più facile: tutti i luoghi con vulcanismo attivo si prestano alla metafora e tante ne hanno suggerito nel tempo.

Ma vorrei che il pensiero di chi legge indugiasse un attimo su una circostanza eccezionale, quella per cui l'immagine di un'area di vulcanismo attivo come i Flegrei è, in sé e per sé, una immagine da metafora.

Restituata infatti questa figura retorica alla sua etimologia da *meta phero*, il senso è quello di un portare al di là, di un trasporto al di fuori. La traslazione retorica diviene insomma nei Campi Flegrei un fenomeno chimico e fisico. Semplificando al massimo possiamo dire che nei Flegrei è in atto un processo che provoca un enorme flusso di energia e di materia trasportata dall'interno verso l'esterno. C'è dunque un "trasporto al di fuori", una metafora fisica di calore, di sostanze allo stato fluido (gas e vapore acqueo) che possono recare in sospensione anche particelle allo stato solido. Ci si consenta tuttavia di indugiare un momento ancora nella metafora retorica, prima di illustrare quella fisica.

Alcuni nomi sono metafore in sé: dalla definizione di Forum Vulcani data da Strabone alla Solfatara, a tutti quelli che facevano riferimento ad emanazioni gassose a carattere ciclico: la "grotta del cane" che indicava un'altezza nella emissione di anidride carbonica tale da uccidere ogni animale fino all'altezza di un cane, o il lago Averno ove ogni uccello che vi trasvolasse restava immediatamente vittima delle esalazioni di anidride carbonica cui potevano occasionalmente aggiungersi due gas ben più micidiali: ossido di carbonio e acido solfidrico.

Ma ben altre metafore s'approssimavano in tempi più recenti. Una delle ultime la racconta con distaccato humour Sir William Hamilton sulla cui esperienza vulcanologica tutto è ancora da scrivere. Hamilton era sbalordito dal totale disinteresse che l'Università di Napoli aveva nel suo tempo per tutti i fenomeni vulcanici, lui che vi aveva dedicato, assieme all'archeologia, la sua vita ed i suoi averi. Di questo disinteresse Hamilton parla dunque nelle sue opere e nelle sue lettere. Ad un certo momento ricorda il Prof. Antonio Santorelli, ne elenca minuziosamente tutti i titoli accademici (professore di filosofia naturale all'Università di Napoli, dottore in medicina), e poi ne cita una frase sola che riguarda appunto il Vesuvio: *Se questo incendio sia opera dei demoni? Whether this eruption be the work of devils?* Non c'era da meravigliarsi troppo. Questa demoniaca presenza come metafora delle grandi eruzioni vulcaniche veniva invocata per ogni vulcano attivo. Sacrificando decine di citazioni che sarebbero in verità altrettante tentazioni, salviamo quella certamente più straordinaria di tutte e soprattutto per il surrealismo con cui è espressa. Essa viene da Nicola Speciale che, descrivendo una grande eruzione dell'Etna del 1329, asserisce: *Parecchi, nelle vicinanze del monte, furono portati via dai diavoli, che assumendo vari corpi, predicavano nell'aria terribili menzogne.*

Ed è ormai tempo di affrontare quella che si è definita la *metafora* fisica dei Campi Flegrei. Come si è detto prima, è sempre in atto in quell'area un processo vulcanico, con dominanti caratteri esplosivi, che provoca un grandioso trasferimento di energia e di massa verso la superficie.

Contemporaneamente giungono in quelli che abbiamo detti labirinti del sottosuolo delle quantità d'acqua, probabilmente molto ingenti, provenienti in parte dal mare e in parte fin dalla catena appenninica. Quest'acqua costituisce, dove trova delle rocce permeabili, un certo numero di falde che vengono attraversate da flussi di calore che vanno dall'interno all'esterno.

I fenomeni geochimici e geofisici connessi a questo trasferimento divengono di conseguenza veramente complessi. In una sede così raffinatamente interdisciplinare come questa, potremmo tratteggiare solo alcuni concetti fondamentali, avvertendo però che dovremo necessariamente ricorrere ad alcune approssimazioni.

Precisiamo subito che l'energia vulcanica in gioco nel trasferimento verso l'esterno agisce con due processi profondamente diversi. Una parte di essa, che chiameremo energia eruttiva, si

trasferisce con un processo violento che culmina appunto nei grandi parossismi eruttivi ed esplosivi che sempre hanno caratterizzato questa area. Altra parte, che chiameremo energia geotermica, si trasferisce invece con un processo tranquillo, che si esplica attraverso una attività idrotermale; questa parte di energia si trasferisce alle falde acquifere trasformandole in qualcosa di simile a delle grandi pentole a pressione.

Quel che può veramente sorprendere i non addetti ai lavori, ma che è del resto comune ad altri apparati eruttivi con dominante carattere esplosivo, è che l'energia vulcanica globale è salomonicamente ripartita in parti quasi uguali tra l'energia eruttiva e quella geotermica. In un paragone grossolano, se l'energia vulcanica venisse raffrontata alla energia atomica, sarebbe come se avessimo contemporaneamente una certa quantità d'energia che alimenta una bomba atomica che esplode una volta ogni tanto ed una uguale quantità di energia che alimenta una pila atomica. Difficile spiegare, senza alcune sottigliezze termodinamiche, le circostanze per cui si ha una ripartizione a metà tra energia eruttiva e geotermica, ma ci si accontenti di sapere che, in una ripartizione siffatta, l'entropia del sistema viene a trovare l'optimum.

In ogni caso possiamo lasciare posto a qualche numero perché possa divenire più eloquente di qualunque spiegazione. Cercheremo quindi di valutare l'energia eruttiva e l'energia geotermica che si sprigiona dai Campi Flegrei. Ma è necessario ripetere di nuovo che queste valutazioni hanno molte approssimazioni e vanno considerate come uno di quei giochi che s'inseguono così spesso nelle pagine di Borges, cui queste espressioni di metafora sono così scopertamente dedicate.

Iniziamo dunque dalla energia eruttiva. Le valutazioni possono essere basate sulla conoscenza dei volumi delle vulcaniti eruttate da precedenti eruzioni dei Campi Flegrei; quei volumi, veramente giganteschi, sono noti a seguito di ricerche di grande interesse fatte dai colleghi delle Università di Napoli e Pisa. Si tratta dunque di conoscere quanta energia era necessaria per la loro eruzione. La prima fase eruttiva dei Campi Flegrei inizia con l'eruzione di ben 80 km^3 di vulcaniti che costituiscono le cosiddette ignimbriti campane. Questa fase, avvenuta circa 50.000 anni fa, provocò la formazione della grande caldera flegrea. La fase eruttiva seguente coinvolse 23 km^3 di vulcaniti che ricolmarono i grandi spazi della caldera. La terza fase conclude l'attività sottomarina con l'emissione dei tufi gialli caratterizzati da un volume di 10.5 km^3 . L'ultima fase eruttiva è quella degli ultimi 10.000 anni la cui attività complessiva implica l'eruzione di un volume di vulcaniti stimabile di circa 4.5 km^3 . Attribuendo dei valori medi alla densità di tutte queste vulcaniti (circa 2.5 g/cc) ed alla energia (circa $1.6 \times 10^{10} \text{ erg}$), risulta che l'energia eruttiva totale smaltita complessivamente negli ultimi 50.000 anni è approssimativamente

$$E_{\text{tot}} 4.7 \times 10^{27} \text{ erg}$$

Questo valore distribuito nel tempo lungo il quale si è svolto, porta ad una quantità annuale media che è

$$E_{\text{anno}} 1 \times 10^{23} \text{ erg}$$

Passiamo adesso alla valutazione della energia geotermica, o, per meglio dire, ad una stima della sua emissione convettiva. Per questa valutazione ci si rifarà ad alcune misure di flusso eseguite alla Solfatara ed anche a misure di concentrazione di ammoniaca nell'intera baia di Pozzuoli; ambedue le misure provengono da geochimici dell'Università di Palermo. Si ricava da esse che la quantità di energia trasportata dai fluidi in superficie è valutabile dai 100 ai 1.000 hfu (heat flow units = unità di flusso di calore) per i $\sim 50\text{-}100 \text{ km}^2$ della intera area flegrea. Se trasformiamo questa emissione convettiva in quantità annuale il risultato è il seguente

$$E_{\text{conv}}, E_{\text{erutt}} 1.023 \text{ erg/anno}$$

Per rendere più familiare questo simbolo che abbiamo chiamato *erg* potremmo dire che 1.023 *erg* equivalgono alla combustione di 3.5 miliardi di litri di petrolio all'anno, ovvero a 10 milioni di litri di petrolio al giorno che divengono quindi la misura completa della nostra "metafora fisica". E tuttavia chi ascolta deve stare attento a non equivocare su quei numeri che si riferiscono ad una energia trasferita all'esterno, ma non ad una energia interamente utilizzabile: quei numeri consentono però di intuire, nella eloquenza della loro semplicità, che il processo di trasferimento è veramente imponente.

Chiarita l'esistenza di queste due energie, sorge spontaneo il desiderio di conoscere se esse possono essere sfruttate con vantaggio della socialità vivente nei Campi Flegrei. La risposta è largamente positiva.

Per quel che riguarda l'energia eruttiva, ma anzi in modo più significativo per quel che riguarda il rischio di una eruzione a carattere esplosivo, proprio il trasferimento di energia e di massa è stato adoperato per la sorveglianza vulcanica.

Sorveglianza è parola che deriva forse dal provenzale *velhar* e individua l'attenzione del marinaio che ha il compito di guardare ogni movimento delle vele della sua nave. L'ultima crisi dell'area flegrea è stata seguita per la prima volta da una sorveglianza vulcanica eseguita con una integrazione di metodi geochimici, geodetici e geofisici che ha avuto apprezzamenti particolarmente lusinghieri nelle sedi internazionali più qualificate. Le vele di tanto perigliosa nave avevano dunque costantemente tanti occhi attenti a scrutarne i movimenti.

Nella qualità di responsabile della sorveglianza geochimica (Marcello Carapezza) desidera ricordare la cooperazione avuta fra le Università di Firenze, Napoli, Palermo, Pisa e Roma, il coordinamento scientifico e organizzativo del Prof. Giuseppe Luongo, direttore dell'Osservatorio Vesuviano, l'impostazione magistrale di tutta la ricerca avvenuta ad opera del Gruppo Nazionale di Vulcanologia istituito e diretto da Franco Barberi.

La sorveglianza, e qui per le mie competenze mi riferisco a quella geochimica, ha consentito per la prima volta di seguire con metodologia continua tutte le variazioni che i gas vulcanici misti a vapore subivano, nel corso della evoluzione vulcanica. Rilevante conseguenza fu nell'ottobre 1984, in un momento di panico, la capacità di affermare, nel corso di una riunione presieduta dal nostro grande Felice Ippolito, che tutti i parametri geochimici mostravano che i fenomeni vulcanici evolutivi dei Campi Flegrei erano ormai in declino e si poteva prevedere un rientro a valori normali entro la fine del 1984. Ciò in effetti si verificò puntualmente, pur se non poteva ancora consentire alcun trionfalismo. Si trattava infatti di una esperienza interessante, forse anche fortunata, ma certamente ancora da approfondire anche perché ha insegnato a valutare l'assoluta inadeguatezza dei mezzi e del personale scientifico di cui dispongono le nostre istituzioni.

Per quanto riguarda adesso lo sfruttamento della energia geotermica, i numeri che abbiamo prima fornito mostrano che il potenziale geotermico è veramente enorme sia per l'energia in gioco, sia per la quantità di acqua che si può immaginare disponibile. Una *joint-venture* AGIP-ENEL, con l'AGIP come operatore, ha già in corso delle ricerche estremamente avanzate con delle trivellazioni eseguite nelle aree di Mofete e San Vito.

Paradossalmente molte delle difficoltà presentate da questa ricerca dipendono dalla esistenza di un serbatoio profondo le cui dimensioni non sono ancora interamente note ed il cui contenuto energetico è più elevato di quello comunemente presente negli altri campi geotermici fin ora noti. Questa condizione apparentemente molto fortunata pone in verità dei problemi tecnologici rilevanti. Ancora una volta non riteniamo di dover entrare in dettagli tecnici e ci limitiamo a qualche nota puramente informativa.

Se il serbatoio di cui abbiamo parlato e che è già accertato in alcune zone, fosse veramente esteso, allora i Campi Flegrei dovrebbero divenire il più grande campo geotermico del mondo, con una potenzialità del migliaio di megawatt.

Tutto fa pensare che questa ipotesi sia assolutamente ragionevole e che i Campi Flegrei

dovrebbero in questo caso poter fornire una energia a basso prezzo e in quantità veramente elevata; ma tante ricerche sono ancora da svolgere e tanti problemi sono ancora da approfondire. Sfruttamento dell'energia geotermica e sorveglianza dell'energia vulcanica sono dunque i due grandi programmi scientifici dei Campi Flegrei, ambedue con grandi ricadute sociali, ambedue di eccezionale interesse. L'uno e l'altro programma richiedono ancora una grande quantità di studi e di esperienze; insomma, l'immagine della metafora fisica che risale da un labirinto di labirinti non era solo una immagine letteraria, ma un modo di rendere conto delle difficoltà esistenti. E poiché comunque quell'immagine è mutuata dalla suggestione di altre immagini di Borges, vorremmo qui ricordare uno splendido passo in cui il simbolo del labirinto viene giustificato da quella perplessità, da quella meraviglia, che viene da Borges riassunta e fatta sua in una frase di G.K. Chesterton: *Tutto passa, ma ci rimane sempre la meraviglia, soprattutto la meraviglia del quotidiano*. Potremmo aggiungere che persino nei fenomeni vulcanici, i Campi Flegrei offrono da migliaia d'anni quella misteriosa meraviglia del quotidiano.

In: Il destino della Sibilla. Mito, Scienza e Storia dei Campi Flegrei. A cura di P. Amalfitano. Atti del II Convegno Internazionale della Fondazione Napoli Novantanove. Bibliopolis, Napoli 1985.

Agli inizi degli anni '80 fece scalpore la proposta di dare al porto di Palermo una vocazione di "terminal carboniero del Mediterraneo". Nei due articoli che seguono, pubblicati sul Giornale di Sicilia, il Professor Marcello Carapezza, contestava con argomentazioni scientifiche questa idea, mostrando di anticipare una sensibilità per i temi ambientali e per la difesa del territorio che si sarebbe affermata negli anni successivi. Quanto alla proposta del terminal carboniero, essa non ebbe seguito.

In the early 1980s, a proposal to turn the harbour of Palermo into the "coal terminal of the Mediterranean" caused considerable controversy. In the following two articles, published in Giornale di Sicilia, Professor Marcello Carapezza opposed this idea with scientific arguments, anticipating the environmental awareness and commitment to land protection that would become widely recognized only years later. As for the coal terminal proposal, it was never implemented.

Franco Foresta Martin

Risparmiateci la nuvola nera

Spare us the black cloud

Marcello Carapezza

Si immagini che qualcuno proponga di spegnere gli incendi che funestano, in estate, i boschi italiani, adoperando la benzina anziché l'acqua, purché si abbia la garanzia che la benzina spenga effettivamente le fiamme. La proposta sembra paradossale solo perché tutti conoscono il grado di infiammabilità della benzina.

Ma in termini abbastanza simili è stata presentata la proposta o, ben peggio, il programma che Palermo divenga il "terminal carboniero di tutto il Mediterraneo", purché si abbiano le necessarie garanzie ecologiche. E di questa proposta pochi si sono, per così dire, adeguatamente scandalizzati: sta di fatto che le garanzie ecologiche, in un porto votato al carbone, sono uguali alle garanzie per cui la benzina spegnerebbe gli incendi.

Dovrebbe essere chiaro a tutti che in ecologia, e in ogni altra branca scientifica, si parla di un rischio quando si ha una certa probabilità che un evento calamitoso ("un effetto difettoso" come si dice in Amleto) si verifichi. Si può quindi esprimere con una probabilità l'insorgere di una malattia, il verificarsi di un terremoto, la possibilità d'un incidente automobilistico, l'inquinamento a causa di una certa sostanza chimica e così via di seguito.

Ma nel caso di un porto a carbone la probabilità di inquinamento perde il suo termine di incertezza. L'inquinamento, un inquinamento veramente pesante, non è più una probabilità ma una certezza, una vera equazione matematica al fondo della quale è possibile sapere attraverso quanti grammi di carbone, zolfo ed altro per ogni metro cubo d'aria, Palermo diverrebbe una sorta di Liverpool o di Cardiff. Una città dove, per intenderci, nessuno si sognerebbe più di stendere panni al sole, di usare camicie bianche o chiare (gli uni e le altre sarebbero scure in poche ore), dove si avrebbe una elevata incidenza di malattie respiratorie, dove i monumenti e le case sarebbero, in breve tempo, ricoperti di una nera e attaccaticcia fuliggine, dove tutti gli enti e le aziende preposti al turismo dovrebbero essere al più presto disciolti come enti inutili.

Ma è superfluo diffondersi in troppi dettagli, c'è una letteratura di tale vastità sull'argomento, da renderlo più che ovvio: c'è un buon senso che può fare intuire immediatamente cosa significa

manovrare decine di migliaia di tonnellate al giorno di carbone.

Viene a questo punto da chiedersi perché è stata prescelta Palermo per una così incredibile iniziativa: una città senza retroterra industriale che giustifichi un così enorme e specialistico movimento, senza un porto talmente grande da potere assorbire senza conseguenze una così gigantesca attività. Ma Palermo non è solo questo: è anche una città solare, una città mediterranea dove neppure la più elaborata rete speculativa mafioso-politica è riuscita a sommergere i monumenti di nove secoli.

Il carbone più si muove e più inquina: logica ed ecologia vorrebbero che i luoghi in cui esso arriva o si immagazzina fossero i più prossimi a quelli in cui viene bruciato. Se dunque nessuna centrale elettrica a carbone è prevista a Palermo o nei dintorni, quale motivo può far sì che una successione di navi porti carbone a Palermo da mezzo mondo ed altre navi lo riportino via per distribuirlo in tutto il Mediterraneo? Davvero è difficile intuire quale enorme quantità di pulviscolo nero si stenderebbe su tutta l'ex Conca d'Oro ad ogni nave da 60.000 tonnellate in su che giunge e ad ogni nave che parte?

Sta di fatto che la Sicilia ha già pagato alla produzione di energia ed alla chimica primaria un contributo che non ha uguale a quello di nessun'altra regione italiana. Questa dovrebbe essere una ragione sufficiente per evitare che la sua capitale divenga il mondezzaio del Mediterraneo. Che ne pensa il ministro Calogero Mannino che è siciliano?

(Giornale di Sicilia, 1981)

Non basta innaffiare il carbone

Watering coal in not enough

Marcello Carapezza

È ben noto che, un quarto d'ora prima che morisse, era ancora in vita il signor De La Palisse. Ma ora si sa anche che il carbone non sporca e non inquina se nessuno lo tocca e lo trascina. Questo straordinario verdetto viene nientedimeno che dalla Commissione Provinciale per l'Ambiente e quindi dall'organo che per legge dovrebbe tutelare l'ambiente dall'inquinamento.

Nel porto di Palermo dove si era progettato il più grande terminal carbonifero del Mediterraneo, si è cominciato a fare esperienza con piccole quantità di carbone. Il "Giornale di Sicilia" ha dato il giusto rilievo alle conseguenze che queste piccole quantità hanno determinato: si è avuta una fuga in massa degli sprovveduti turisti giunti con le loro barche, si sono manifestati gravi disagi per quanti abitano nella zona del porto. Ma la commissione ha rilevato testualmente che "la sola presenza di polvere di carbone ammassata al porto non può provocare inquinamento ambientale".

Questa vicenda aveva già l'arroganza di certo potere che non si può certo dire senza macchia, anche se è assolutamente senza paura. E adesso un organo tecnico, sulla base di un verbale redatto da esperti e da tecnici, viene a sentenziare che il carbone non inquina almeno con la sola presenza. Fatto il primo passo, la CpA potrà fare i successivi. Potrà autorizzare lo scarico di qualsivoglia veleno in un fiume, se l'acqua di quel fiume non scorre e sta ferma, potrà soprattutto autorizzare l'emissione di qualsivoglia sostanza tossica nell'aria, anche la diossina, se non c'è vento o se si presta attenzione alle "giornate particolarmente calde e ventose".

A cosa servirebbe dunque la sola presenza della polvere di carbone nel porto di Palermo? Nessun membro della commissione si è reso conto che il commercio del carbone è remunerativo solo per continue e veloci operazioni di carico e scarico e di più su grandi quantità? Quali sono effettivamente i tempi per i quali il carbone è una presenza statica e non dinamica?

Ma il punto più grave è evidentemente quello metodologico. Ci si attende che un organo tecnico esprima pareri che siano sorretti da numeri e non da sentimenti e sensazioni di esperti e tecnici (che si direbbero differenziati perché gli esperti non sono tecnici ed i tecnici non sono esperti). "Io credo che voi sapete qualcosa nella misura in cui siete in grado di esprimerlo in numeri" diceva il grande chimico inglese Cavendish. Queste parole dovrebbero essere meditate dalla CpA di Palermo. Fornisca dunque dei numeri, dica chiaro qual è la concentrazione del carbone nell'aria, dica con che metodo sono state fatte le analisi e quali erano i luoghi e le condizioni del prelievo. Ripeta poi le analisi fino a che i numeri siano criticamente valutati e solo allora potrà fare un paragone con gli adempimenti di legge ed esprimere dei pareri.

Ed entriamo ora nell'argomento più delicato. Se i prelievi sono fatti da esperti, questi debbono sapere che non si può gabbare il prossimo sostenendo che il carbone al porto va considerato "per la sola presenza". Fare delle misure in queste condizioni, nel breve tempo in cui il carbone è in quiete, serve solo a far perdere quel minimo di credibilità che ancora può esistere nei servizi dello Stato, serve a far nascere gravi sospetti sulle applicazioni di una giovane legge che, attraverso la CpA, dovrebbe proteggere l'ambiente e la salute degli uomini.

Non è purtroppo tutto. È necessario che chi esplica certi doveri si aggiorni sui progressi che la scienza e la tecnologia hanno fatto. Scoprirebbe che fra gli inquinanti indotti dal carbone alcuni sono veramente pericolosi e nessuna prudenza è dunque superflua a controllarli adeguatamente. Scoprirebbe anche che la risoluzione della CpA dove dice che "i dispositivi da impiegare per evitare il disperdersi di polvere di carbone nell'aria sono quelli già adottati", è davvero

incomprensibile se le premesse ed i risultati sono quelli che conosciamo.

Certamente ci sono dei metodi moderni per mitigare l'inquinamento da carbone, ma questi non sono certo quelli fin ora adottati che si riducono ad innaffiare frequentemente la polvere di carbone: se si fa riferimento alla modernità di questa tecnologia, è bene sapere che essa è precedente alla rivoluzione francese.

(Giornale di Sicilia, 1981)

QUADERNI di GEOFISICA

ISSN 1590-2595

<http://istituto.ingv.it/le-collane-editoriali-ingv/quaderni-di-geofisica.html/>

I QUADERNI DI GEOFISICA (QUAD. GEOFIS.) accolgono lavori, sia in italiano che in inglese, che diano particolare risalto alla pubblicazione di dati, misure, osservazioni e loro elaborazioni anche preliminari che necessitano di rapida diffusione nella comunità scientifica nazionale ed internazionale. Per questo scopo la pubblicazione on-line è particolarmente utile e fornisce accesso immediato a tutti i possibili utenti. Un Editorial Board multidisciplinare ed un accurato processo di peer-review garantiscono i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi. I QUADERNI DI GEOFISICA sono presenti in "Emerging Sources Citation Index" di Clarivate Analytics, e in "Open Access Journals" di Scopus.

QUADERNI DI GEOFISICA (QUAD. GEOFIS.) welcome contributions, in Italian and/or in English, with special emphasis on preliminary elaborations of data, measures, and observations that need rapid and widespread diffusion in the scientific community. The on-line publication is particularly useful for this purpose, and a multidisciplinary Editorial Board with an accurate peer-review process provides the quality standard for the publication of the manuscripts. QUADERNI DI GEOFISICA are present in "Emerging Sources Citation Index" of Clarivate Analytics, and in "Open Access Journals" of Scopus.

RAPPORTI TECNICI INGV

ISSN 2039-7941

<http://istituto.ingv.it/le-collane-editoriali-ingv/rapporti-tecnici-ingv.html/>

I RAPPORTI TECNICI INGV (RAPP. TEC. INGV) pubblicano contributi, sia in italiano che in inglese, di tipo tecnologico come manuali, software, applicazioni ed innovazioni di strumentazioni, tecniche di raccolta dati di rilevante interesse tecnico-scientifico. I RAPPORTI TECNICI INGV sono pubblicati esclusivamente on-line per garantire agli autori rapidità di diffusione e agli utenti accesso immediato ai dati pubblicati. Un Editorial Board multidisciplinare ed un accurato processo di peer-review garantiscono i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi.

RAPPORTI TECNICI INGV (RAPP. TEC. INGV) publish technological contributions (in Italian and/or in English) such as manuals, software, applications and implementations of instruments, and techniques of data collection. RAPPORTI TECNICI INGV are published online to guarantee celerity of diffusion and a prompt access to published data. A multidisciplinary Editorial Board and an accurate peer-review process provide the quality standard for the publication of the contributions.

MISCELLANEA INGV

ISSN 2039-6651

<http://istituto.ingv.it/le-collane-editoriali-ingv/miscellanea-ingv.html>

MISCELLANEA INGV (MISC. INGV) favorisce la pubblicazione di contributi scientifici riguardanti le attività svolte dall'INGV. In particolare, MISCELLANEA INGV raccoglie reports di progetti scientifici, proceedings di convegni, manuali, monografie di rilevante interesse, raccolte di articoli, ecc. La pubblicazione è esclusivamente on-line, completamente gratuita e garantisce tempi rapidi e grande diffusione sul web. L'Editorial Board INGV, grazie al suo carattere multidisciplinare, assicura i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi sottomessi.

MISCELLANEA INGV (MISC. INGV) favours the publication of scientific contributions regarding the main activities carried out at INGV. In particular, MISCELLANEA INGV gathers reports of scientific projects, proceedings of meetings, manuals, relevant monographs, collections of articles etc. The journal is published online to guarantee celerity of diffusion on the internet. A multidisciplinary Editorial Board and an accurate peer-review process provide the quality standard for the publication of the contributions.

Progetto grafico
Barbara ANGIONI
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Ufficio Editoriale
Francesca DI STEFANO | Coordinatore

Segreteria di redazione
segreteria.collane-editoriali@ingv.it

Editing | Produzione | Grafica redazionale
Barbara ANGIONI
Massimiliano CASONE
Francesca DI STEFANO
Patrizia PANTANI

© 2025 the Author(s). All rights reserved. Open Access



Creative Commons Attribution 4.0 International



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA