

GEOLOGICAMENTE

MAGAZINE DI ATTUALITÀ E CULTURA DELLE GEOSCIENZE
Periodico della Società Geologica Italiana
n. 10 | marzo 2023

MERCURIO:
messaggero delle origini
di un pianeta solido

**I MODELLI DI DISPERSIONE
DI GAS E PARTICOLATO VULCANICO:**
uno strumento essenziale per la valutazione
della pericolosità vulcanica

**FOSSILI
AI RAGGI X**

**LE INVERSIONI
DEL CAMPO
MAGNETICO
TERRESTRE**



SOCIETÀ GEOLOGICA ITALIANA

FONDATA NEL 1841 - ENTE MORALE R. U. 17 OTTOBRE 1880



DIREZIONE GENERALE
EDUCAZIONE,
RICERCA E
ISTITUTI CULTURALI

Le attività sono realizzate grazie al contributo concesso dalla Direzione generale Educazione, ricerca e istituti culturali del Ministero della Cultura

Tecnologie per le Scienze della Terra e del Mare



Magnetometri terrestri



Leggeri e intuitivi per rilievi ambientali e geologici: progetto preimpostato, dati visualizzati a colori e con il rumore di fondo più basso del mercato.

Magnetometri marini



Rapidi, accurati, acquisiscono dati ad altissima risoluzione in acque poco o molto profonde. G-882 è l'unico certificato per le bonifiche OBI-UXO nel mare del Nord.

Magnetometri per drone



La tecnologia MFAM diminuisce di 10 volte dimensioni e consumi e mantiene l'altissima risoluzione.

Codevintec rappresenta anche:



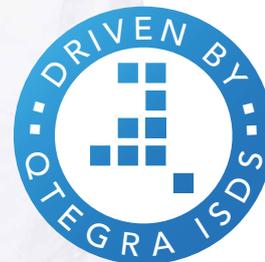
CODEVINTEC

Tecnologie per le Scienze della Terra e del Mare

tel. +39 02 4830.2175 | info@codevintec.it | www.codevintec.it



Gas IRMS



Intelligenza. Automazione. Produttività.

GasBench Plus System

Espandi le tue applicazioni di spettrometria di massa del rapporto isotopico (IRMS) con il sistema Thermo Scientific™ GasBench Plus. Questo sistema universale di preparazione e introduzione di gas in linea fornisce una soluzione affidabile per la determinazione ad alta precisione di isotopi e rapporti molecolari in campioni gassosi mediante campionamento dello spazio di testa. Le applicazioni includono l'analisi degli isotopi dell'acqua, dei carbonati e dei gas atmosferici. La nuova piattaforma è implementata dal software Thermo Scientific™ Qtegra ISDS per la massima automazione del flusso di lavoro e dall'autocampionatore Thermo Scientific™ TriPlus RSH SMART, che insieme consentono la preparazione e l'analisi non presidiata dei campioni.



Scopri di più su thermofisher.com/gasbench

Oppure contattaci: isotopeanalysis-italy@thermofisher.com

GEOLOGICAMENTE

MAGAZINE DI ATTUALITÀ E CULTURA DELLE GEOSCIENZE

CONTRIBUTI

- P. 8** **MERCURIO:**
*messaggero delle origini
di un pianeta solido*
- P. 20** **I MODELLI
DI DISPERSIONE
DI GAS E PARTICOLATO
VULCANICO:**
*uno strumento essenziale
per la valutazione della
pericolosità vulcanica*
- P. 30** **FOSSILI
AI RAGGI X**
- P. 38** **LE INVERSIONI
DEL CAMPO
MAGNETICO
TERRESTRE**

SEZIONI

- P. 47** **GEOSCIENZE**
e Tecnologie Informatiche
- P. 48** **GEOLOGIA**
Planetaria
- P. 50** **GEOLOGIA**
Marina
- P. 51** *Storia delle
GEOSCIENZE*
- P. 52** **GEOLOGIA**
Ambientale
- P. 54** **GEOsed**
- P. 55** **GEOETICA**
e Cultura Geologica
- P. 56** **GEOLOGIA**
Strutturale
- P. 58** **GEOSCIENZE**
Forensi
- P. 59** **GEOLOGIA**
Himalayana

ASSOCIAZIONI

- P. 60** *Associazione Nazionale
INSEGNANTI
SCIENZE NATURALI*
- P. 61** *Associazione Italiana
DI VULCANOLOGIA*
- P. 62** *Società
PALEONTOLOGICA
Italiana*
- P. 64** *Società
GEOCHIMICA
Italiana*
- P. 66** *Associazione Italiana
PER LO STUDIO DEL
QUATERNARIO*
- P. 68** *Associazione
PALEONTOLOGICA
PALEOARTISTICA
Italiana*

Rivista quadrimestrale SGI - Società Geologica Italiana | Numero 10 | marzo 2023 | SOCIETÀ GEOLOGICA ITALIANA
Piazzale Aldo Moro 5, 00185 Roma | www.socgeol.it | Tel: +39 06 83939366
Autorizzazione del Tribunale di Roma n. 34/2020 del Registro stampa del 24 marzo 2020

DIRETTORE EDITORIALE Enrico Capezuoli

COMITATO EDITORIALE Fabio Massimo Petti, Elena Bonaccorsi, Francesca Cifelli, Alessandro Danesi, Riccardo Fanti, Giulia Innamorati, Susanna Occhipinti, Domenico Sessa, Marco Chiari, Anna Giamborino, Eugenio Nicotra, Eleonora Regattieri e Orlando Vaselli

COORDINAMENTO SCIENTIFICO Sandro Conticelli, Domenico Cosentino, Elisabetta Erba e Vincenzo Morra

DIRETTORE RESPONSABILE Alessandro Zuccari

NEWS

P. 70 **THE GEOSCIENCE PARADIGM:**
Resources, Risks and Future Perspectives

P. 72 **LA GOLA DEL BOTTACCIONE:**
un geosito, tra protezione ed etica del campionamento

P. 73 **UN PASSO AVANTI: PRESENTE E FUTURO DELLE GEOLOGHE ITALIANE**

P. 74 **L'OTTOCENTO VISTO DALLE DOLOMITI**
Tra letterari viaggi e geognostiche osservazioni: il primo Memoriale dell'Hotel Nave d'Oro di Predazzo (1820-1875)

P. 76 **VOLTA LA CARTA 1822-2022**
Duecento anni di cartografia geologica delle Dolomiti nell'area del Parco Naturale Paneveggio Pale di S. Martino



VISITA IL SITO DELLA RIVISTA



- P. 7** EDITORIALE
- P. 77** NUNTIIUM *de Lapidibus*
- P. 79** NEWS *in pillole*
- P. 81** INCONTRA GLI AUTORI
- P. 82** IL LABORATORIO MUSEO DI SCIENZE DELLA TERRA ISOLA DI USTICA

GRAFICA, IMPAGINAZIONE E PUBBLICITÀ Agicom srl | Viale Caduti in Guerra, 28 - 00060 - Castelnuovo di Porto (RM) | Tel. 06 90 78 285 - Fax 06 90 79 256
comunicazione@agicom.it | www.agicom.it

STAMPA Spadamedia | Viale del Lavoro, 31 - 00143 - Ciampino (RM)

Distribuzione ai soci della Società Geologica Italiana e delle società scientifiche associate e agli Enti e Amministrazioni interessati.

Gli articoli e le note firmate esprimono solo l'opinione dell'autore e non impegnano la Società Geologica Italiana né la Redazione del periodico.

Foto in copertina: "BepiColombo surveys Mercury's rich geology". Credit: ESA/BepiColombo/MTM, CC BY-SA 3.0 IGO.

Immagine interne: freepik.com

Chiuso in Redazione: 10 marzo 2023.

MISURE DI
LIVELLO

FREATIMETRI PER MISURE
DI LIVELLO, TEMPERATURA,
CONDUCIBILITÀ.
INTERFACCE ACQUA OLIO.



FREATIMETRO
A ULTRASUONI



Una gamma completa di strumentazione di qualità per le misure di livello, dai freatimetri tradizionali o a ultrasuoni, ai misuratori di interfaccia acqua-olio per pozzi, piezometri, cisterne, ecc.

Interface Meter ATEX 122 e 122 Mini, per la determinazione di LNAPL e DNAPL.

Freatimetri

- 101 P7 con nastro piatto fino a 1.500 m in PVDF marcato al laser ogni mm e 101 P2 con nastro in Polietilene fino a 300 m marcato a caldo.
- 107 TLC per profilazione di Temperatura e Conducibilità fino a 300 m.
- 201 per profilazione della Temperatura fino a 600 m di profondità e 125° C.

- 101D Drawdown meter con modalità abbassamento per facilitare i test di pompaggio.
 - 102 e 102 Mini con cavo coassiale e sonda da 4 o 10 mm per piezometri di piccolo diametro o con strozzature.
 - 101B compatto ed economico.
 - 105 per rilevare incamicatura metallica e fondo pozzo.
 - 104 a ultrasuoni per misure di livello da 3 a 600 metri anche in presenza di ostruzioni, senza l'inserimento di sonde in pozzo.
- Scandaglio** 103 Tag Line per lo sviluppo dei pozzi e per il posizionamento di precisione di strumenti e attrezzature.

Da sempre impegnati nell'offrire le soluzioni tecnologiche più avanzate e affidabili per misure e monitoraggio di livello, campionamenti low-flow e indisturbati, analisi qualitative delle acque sotterranee o di superficie. Abbiamo selezionato i migliori prodotti disponibili sul mercato internazionale per soddisfare le esigenze dei professionisti del settore.



DATALOGGER
E TELEMETRIE



CAMPIONAMENTO
LOW-FLOW



PROFILAZIONE
MULTILIVELLO



BONIFICA
IDROCARBURI

Solinst[®]

DISTRIBUTORI UFFICIALI PER L'ITALIA E RIVENDITORI PER CROAZIA,
SLOVENIA E SVIZZERA DEI PRODOTTI SOLINST[®]

Una partnership di successo che dura da oltre trent'anni.

EGEO +lab

WWW.EGEO.LAB.IT

GRUPPO EGEO S.R.L. | VIA OVIDIO, 11 - 20026 NOVATE MILANESE (MI) | TEL. +39 02 36 577 830 | EMAIL: EGEO@EGEO.LAB.IT

EDITORIALE



Sandro CONTICELLI

Presidente SGI - Società Geologica Italiana

Con questo fascicolo entriamo nel quarto anno di vita di **GeologicaMente**, la rivista della **Società Geologica Italiana** che dà voce ai **geologi** di qualsiasi disciplina, per raccontare sé stessi e le loro attività al mondo esterno, alla società, alla scuola. Un mondo che ha, ancora oggi, pochissima coscienza delle competenze e conoscenze che la **comunità delle geoscienze** esprime nei confronti del progresso della **Scienza** e della **Conoscenza**. Recentemente, durante una campagna di promozione della geologia, esordivamo in un video, che ha ricevuto migliaia di visualizzazioni al mese, con “(...) *essere un geologo significa comprendere i miliardi di anni che hanno trasformato il passato per raccontare il futuro (...)*” e concludeva con “(...) *il mondo che finora hai conosciuto ti porterà verso pianeti ancora da scoprire (...)*”.

GeologicaMente in questo numero ci porterà, infatti, a scoprire molti degli aspetti racchiusi in quelle due frasi, a partire dal contributo che le geoscienze portano alla comprensione della **natura** e della **tettonica di Mercurio** e di come queste indagini possano riflettersi nella comprensione delle fasi primordiali dell'evoluzione della nostra **Terra**. Sarebbe impossibile comprendere i **pianeti rocciosi** dell'universo **senza conoscere** e studiare i **meccanismi di funzionamento** dell'unico di questi

a portata di “**martello**”: la **Terra**. Allo stesso tempo sarebbe ugualmente impossibile comprendere fasi apparentemente lontanissime nel tempo del nostro pianeta che sono oggi ben visibili nel piccolo pianeta roccioso del nostro Sistema Solare. Questo numero, ci **accompagna** anche alla **scoperta** di altri aspetti importanti in atto nel pianeta sin dal lontano passato e che possono incidere in maniera concreta sulle nostre vite. Un esempio di ciò viene dallo studio dei **meccanismi di emissione e dispersione di gas e particolato vulcanici** nell'atmosfera terrestre e di come questo aspetto possa incidere su salute umana e agricoltura. Vulcani e terremoti sono testimonianza concreta della dinamicità del nostro pianeta, ma altri aspetti apparentemente invisibili hanno un impatto non immaginabile sulla vita sulla Terra e sull'Universo. Un esempio è l'**inversione del campo magnetico** terrestre, fenomeno avvenuto centinaia di volte durante la storia del pianeta. Come, perché, quando? A queste e altre domande potremo avere una risposta nell'articolo a pagina 38 di questo numero. Inoltre, non dobbiamo dimenticare che lo studio del passato profondo del pianeta ci apre orizzonti incredibili sull'**evoluzione delle specie viventi**. In questo numero scopriremo come l'innovazione tecnologica in campo bio-medico possa essere strumento fondamentale anche in **ambito paleontologico**, e verremo così accompagnati alla scoperta di quanto questa branca delle geoscienze sia progredita attraverso l'utilizzo dei **raggi X** come strumento di indagine, consentendo di **vedere oltre il visibile**. Infine, come al solito, il “magazine” è corredato dalle notizie relative alle attività e vita delle sezioni della Società Geologica Italiana e delle Società scientifiche associate, da recensioni di libri appena usciti e dalle notizie provenienti da tutto il mondo della geologia.



Enrico CAPEZZUOLI

Direttore Editoriale Geologicamente

“Non sto bene! Piango tutte le volte che ci penso e non riesco a dormire.” Questo è quello che mi ha detto una carissima amica (e collega geologa) dalla Turchia dopo il disastroso terremoto dello scorso 6 Febbraio. Lei abita a 700 km da quelle aree e non ha neanche sentito la scossa, ma il suo pensiero è corso subito là e a tutti i suoi conoscenti presenti nell'area. Dopo l'evento, insieme ad altri colleghi, stanno provando a dare il loro contributo, in termini di conoscenza, su eventi così impattanti per la società umana. Infatti, visto che li studiamo, i geologi sono spesso interpellati in questi per informazioni e commenti. Ma è dura essere geologi in queste situazioni, specialmente quando dovremmo dare risposte che aiutino le persone....., ma le domande sono “Quando finirà lo sciame sismico??” Le persone sono abituate ad un mondo dove tutto inizia e finisce e queste domande sembrano ovvie, ma in realtà il pensiero che ognuno dovrebbe porsi è “Sono pronto per quando succederà nuovamente??” Infatti, il nostro (Bellissimo!!) pianeta è incredibilmente dinamico e non noiosamente statico. Percepriamo le sue bellezze e le sue peculiarità come immutabili, da preservare così come sono e da perpetuare nel tempo ai nostri posteri. Ma il geologo sa che queste bellezze sono da ammirare ed intendersi

come una unicità, un risultato derivante da un lungo e continuo processo di cambiamenti, talvolta lenti e impercettibili, talvolta rapidissimi e catastrofici. Ed è ovvio che questi processi, sia quelli lenti che quelli catastrofici (e gli stessi che si susseguono fin dalla nascita del pianeta), siano allo stesso modo da A-spettare (perché continueranno a ripetersi) e da RI-spettare. Essere consapevoli di questa naturalità, magari sapendo che le nostre case e le strutture dove viviamo quotidianamente sono fatte per superare indenni questi processi (magari rispettando le norme antisismiche) e che sappiamo anche noi stessi come comportarsi (per il caso di un terremoto, vedi ad esempio www.protezionecivile.gov.it/it/approfondimento/in-caso-di-terremoto), potrebbe anche farci vivere queste situazioni in maniera più appropriata, magari come un “evento naturale” (alla fine sarebbe giusto inquadrarli così!). Forse nessun di noi vorrebbe vivere un terremoto di Magnitudo 7,9 come quello avvenuto in Turchia, ma le popolazioni di quelle aree, così come i loro antenati, vivono in quelle zone da tempi lontani, e l'impressione è che non sarà questo evento a farli desistere dal continuare a stare lì (nonostante che qualche altro terremoto così potente sia sicuramente già avvenuto)! Dovremmo provare a fare esperienza di questi eventi, andando ad imparare quali sono i modi virtuosi in cui comportarsi, quali quelli da evitare e riuscire a vivere anche questo aspetto del nostro pianeta che si rinnova in continuazione.

A proposito: anche Geologicamente si rinnova! Dopo 3 anni, qualche cambiamento qua e là.....

Li avete visti? Vediamo se li trovate tutti!

Mente et malleo a tutti!!!

MERCURIO:

*messaggero delle origini
di un pianeta solido*

a cura di Valentina Galluzzi e Luigi Ferranti



Vista prospettica 3D di Mercurio a colori composti sovrapposti ad un mosaico a moderato angolo d'incidenza nel settore di Victoria-Endeavour-Antoniadi (il Nord è al centro in alto, esagerazione altezze 4x). Immagine di V. Galluzzi, crediti basemaps: NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Carnegie Institution of Washington.

Mercurio è il più piccolo dei pianeti rocciosi ed il meno esplorato, con sole due missioni completate fino ad oggi. Tuttavia, le strutture della sua superficie ci rivelano un assetto tettonico messaggero dei primi stadi evolutivi di un pianeta solido. Usato come analogo della nostra distante ed inesplorabile Terra primordiale apre nuovi scenari di studio che saranno ben presto arricchiti dai dati della missione ESA/JAXA BepiColombo.





Valentina Galluzzi

Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali (IAPS), Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF).



Luigi Ferranti

Dipartimento di Scienze della Terra delle Risorse e dell'Ambiente, Università degli Studi di Napoli "Federico II".

Keywords

- ▶ Geologia planetaria
- ▶ Mercurio (pianeta)
- ▶ Tettonica planetaria
- ▶ Missione BepiColombo

I PIANETI SOPRA DI ME, E L'EVOLUZIONE IN ME

La citazione opportunamente rielaborata di una nota massima della Critica della Ragion Pratica del filosofo Immanuel Kant ben si addice, a nostro parere, ai risvolti che l'esplorazione planetaria può offrire alla conoscenza di stadi primordiali dell'evoluzione geologica della Terra molto difficili da studiare. Con l'avvento delle grandi esplorazioni spaziali, infatti, abbiamo raggiunto la consapevolezza che lo studio dell'evoluzione primordiale del pianeta su cui viviamo (e su cui unicamente oggi possiamo vivere) è di fatto molto simile all'osservazione di un pianeta distante: un primo punto di intersezione con la scienza che oggi chiamiamo Geologia Planetaria.

La Geologia Planetaria utilizza tecniche geologiche ampiamente collaudate sulla Terra applicandole allo studio di altri corpi planetari del nostro Sistema Solare. Dopo pochi decenni dalla sua nascita ufficiale (1961-63, con la fondazione dello *U.S. Geological Survey Astrogeology Center* da parte di E. M. Shoemaker), la Geologia Planetaria ci ha fornito un quadro cronologico chiaro dell'evoluzione dei "figli" rocciosi del Sole (Fig. 1). Se per la Terra, infatti, abbiamo più facilmente accesso a informazioni che ci permettono di comprendere processi occorsi nel Fanerozoico, meno facilmente quelli del Proterozoico e limitatamente o difficilmente quelli dell'Archeano e dell'Adeano, per gli altri pianeti la situazione è invertita, fatta eccezione per Venere

di cui conosciamo esclusivamente un periodo di tempo limitato agli ultimi 500 milioni di anni. Mercurio, Marte e Luna (se vista come "pianeta"), offrono difatti l'opportunità di analizzare una finestra temporale molto più antica se paragonata a quella normalmente più accessibile per la Terra. Tra questi, il meno celebre e studiato Mercurio conserva per tutta la sua superficie affioramenti di rocce più antiche di 3,5 miliardi di anni che: 1) a differenza di Marte non sono state sottoposte ad erosione idrica o eolica; 2) a differenza della Luna sono interamente di origine secondaria (derivano infatti da molteplici ed ubiqua eruzioni vulcaniche) e risultano più intensamente tettonizzati. Mercurio inoltre possiede un nucleo ancora attivo, esternamente fuso, capace di generare un debole campo magnetico (ma pur sempre secondo per intensità a quello terrestre). Da queste considerazioni si evince che, tra i pianeti rocciosi, Mercurio rappresenta un ottimo analogo per analizzare i primi stadi dell'evoluzione geologica della Terra, quando la sua litosfera non ancora frammentata e stagnante (quindi non mobile) era sottoposta a meccanismi deformativi ben diversi da quelli instaurati in tempi geologicamente più recenti e tuttora operanti. È curioso pensare come l'ipotesi della tettonica delle placche (Wilson, 1966) e la Geologia Planetaria siano nate negli stessi anni, entrambe a seguito di decenni di dibattiti e sovente scetticismo. Altrettanto curioso è che Alfred Wegener, propositore della

deriva dei continenti (Wegener, 1929), fosse contemporaneamente interessato al dibattito sulla formazione dei crateri lunari (Wegener, 1921). Da qui la riflessione che pensare di ricostruire il passato terrestre ignorando l'apporto che può dare la planetologia comparata significa rinunciare ad una grande opportunità.

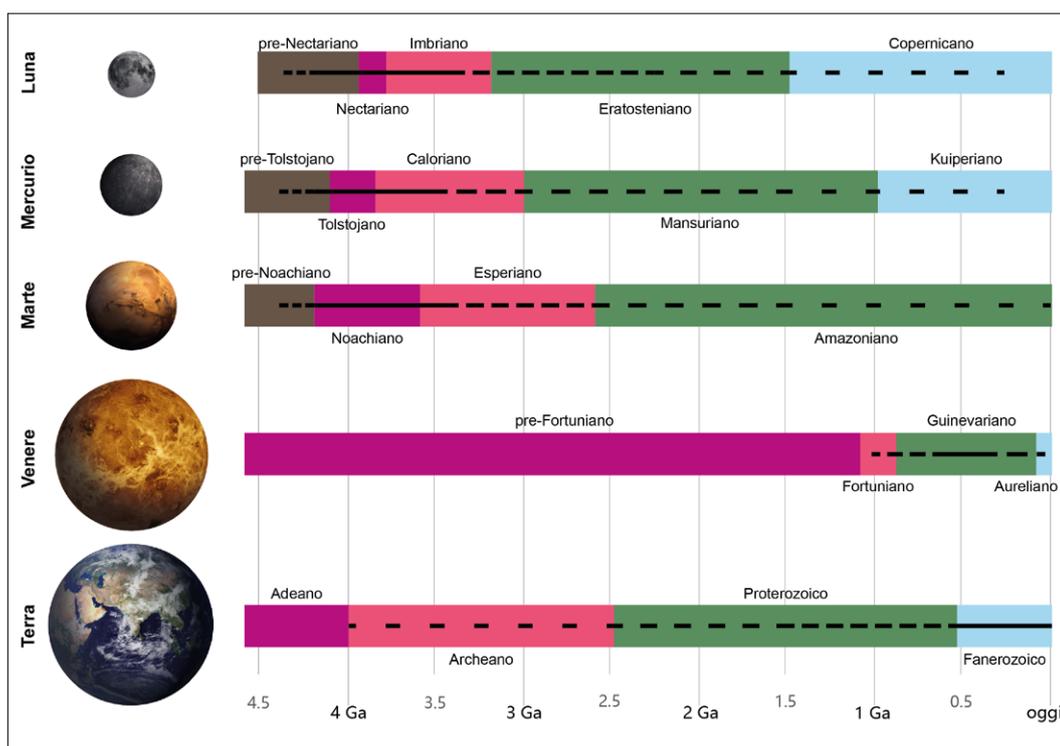


Fig. 1 - Scala dei tempi geologici per Luna e per i quattro pianeti rocciosi (rappresentati in scala). La linea nera rappresenta quanto approssimativamente conosciamo, attraverso gli affioramenti, di ciascuna era (eoni per la Terra).

RAFFREDDARSI... SENZA PLACCHE

L'evoluzione di Mercurio è "congelata" ad uno stadio caratterizzato da litosfera stagnante non frammentata (Stern et al., 2018). La sua superficie porta segni evidenti di una intensa tettonica da raccorciamento globalmente distribuita. Migliaia di scarpate, dall'andamento più o meno lobato lunghe da poche decine a centinaia di chilometri e antiche fino a 3,9 miliardi di anni sono tutt'oggi visibili sulla superficie. Queste scarpate, note come *lobate scarps* (che quando risultano morfologicamente prominenti vengono designate col termine di *rupēs*) sono state interpretate come l'espressione superficiale di faglie inverse a basso angolo (*thrust*) che interessano la crosta di Mercurio. Una delle scarpate più prominenti, *Beagle Rupes*, raggiunge 1 km di altezza nella sua parte centrale e il suo aspetto più spettacolare è rappresentato dalla dislocazione di alcuni crateri, che sembrano venire letteralmente "fagocitati" dal movimento lungo la faglia (Fig. 2).

Analogamente a queste, le *high-relief ridges* (morfologicamente note come *dorsa*), dal profilo più simmetrico, indicano la presenza di strutture secondarie antitetiche ovvero di grandi ondulazioni plicative simili a quelle terrestri. Questo tipo di strutture è molto diffuso all'interno di un sistema compressivo orientato N-S e lungo oltre 1600 km (*Victoria Rupes-Endeavour Rupes-Antoniadi*

Fig. 2 - La *lobate scarp Beagle Rupes* (lunga più di 600 km) che taglia il cratere ellittico *Sveinsdóttir* (220 km asse maggiore). Un piccolo cratere a nord di *Sveinsdóttir* è anch'esso troncato dalla faglia. Crediti: NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Carnegie Institution of Washington.

Dorsum; Byrne et al., 2014; Galluzzi et al., 2019; Fig. 3a e 3b), caratterizzato da scarpate immergenti sia a est che a ovest. Se già è impressionante pensare come questo sistema di faglie mercuriano sia lungo più della penisola italiana, è ancora più formidabile apprezzarne le dimensioni se rapportato proporzionalmente alla curvatura terrestre (Fig. 3c). Di minore entità, ma non importanza, sono le *wrinkle ridges*, morfologie già ampiamente conosciute sulla Luna,

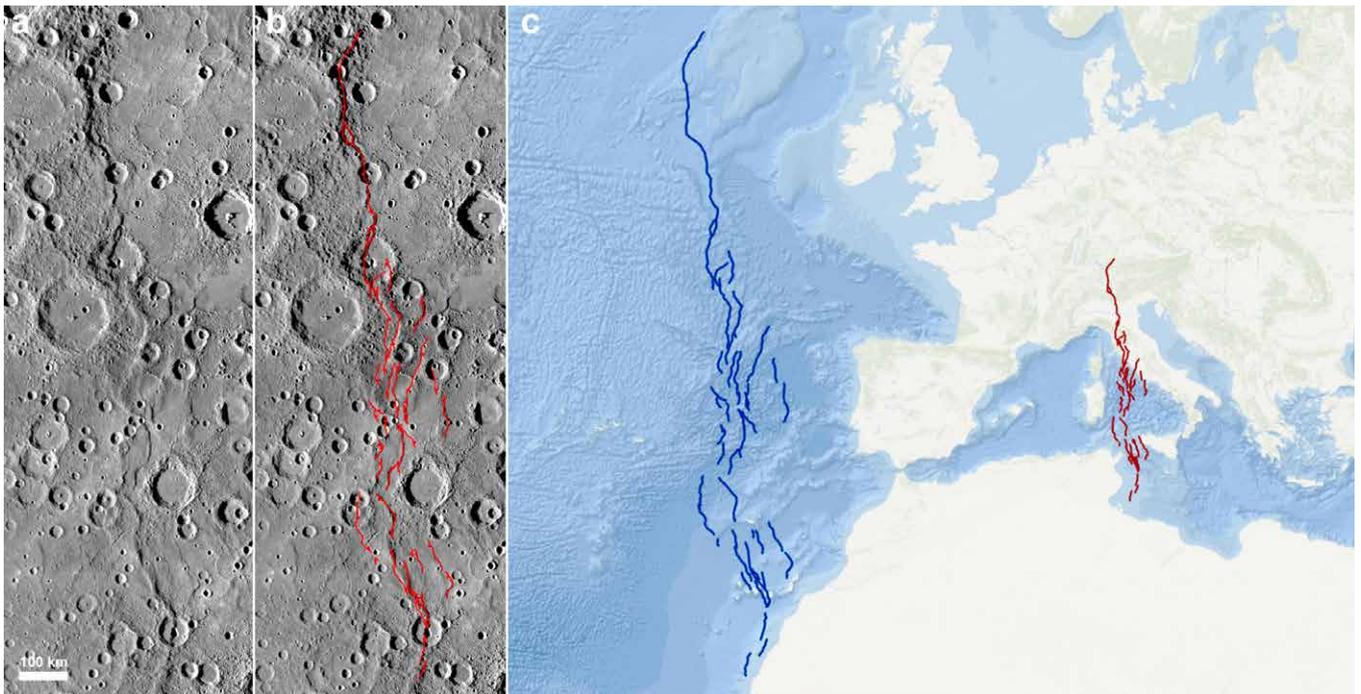


Fig. 3 - Sistema di *thrust* N-S *Victoria-Endeavour-Antoniadi*. a) *Basemap* ad alto angolo d'incidenza con sole da Ovest (166 m/pixel), crediti: NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Carnegie Institution of Washington; b) Scarpate di faglia segnate in rosso sulla *basemap* in a) da Galluzzi et al. (2016;2019); c) Confronto dello stesso sistema proporzionalmente al raggio terrestre (blu) o in scala (rosso), crediti *basemap*: ESRI/GEBCO/DeLorme/NaturalVue.

espressione superficiale di *thrust* minori o ciechi. Infine, sistemi distensivi di *horst* e *graben* non sono assenti su Mercurio, tuttavia essi rimangono limitati alle aree di grandi bacini da impatto e risultano distribuiti radialmente e concentricamente rispetto ad essi. Si pensa che questi sistemi estensionali siano legati a processi di riaggiustamento isostatico della crosta innescati dall'impatto di corpi di grandi dimensioni.

L'assetto tettonico peculiare di Mercurio, essenzialmente di natura compressiva, è stato interpretato come la conseguenza del raffreddamento globale del pianeta legato alla progressiva solidificazione del nucleo (Strom et al., 1975). Durante la loro formazione, infatti, i protopianeti si scaldano, ma finita la fase di accrezione, comincia il raffreddamento con conseguente diminuzione di volume e contrazione della parte esterna. A parte la Terra che, ad un certo punto (ancora molto dibattuto), ha trovato un modo unico di raffreddarsi riciclando la propria crosta con i meccanismi della tettonica delle placche, gli altri pianeti rocciosi portano segni evidenti della contrazione globale. Perché tra tutti proprio Mercurio, con appena 4880 km di diametro, esponga le più diffuse evidenze di contrazione planetaria è forse da attribuirsi proprio alle dimensioni "anomale" del suo nucleo che occupa circa l'80% del raggio dell'intero pianeta ed è tutt'oggi in parte ancora fuso (vedi Genova et al., 2019 e riferimenti; Fig. 4).

Sarebbe ben lieto il geologo Léonce Élie de Beaumont, che nel 1829 attribuiva ad eventi catastrofici legati alla contrazione globale della Terra la formazione delle catene montuose, di vedere che questo meccanismo non è ancora considerato un'idea obsoleta per gli altri pianeti (Fig. 5). Oggi sappiamo che gli effetti della contrazione globale non sono visibili sulla Terra in quanto enormemente sovrastati dai processi legati alla tettonica delle placche. Tuttavia, catastrofismo e contrazione globale sono ancora argomenti all'ordine del giorno per chi studia le superfici dei pianeti solidi extraterrestri.

La distribuzione e le orientazioni dei *thrust* mercuriani non

sono stocastici come ci si potrebbe aspettare da un processo di raffreddamento isotropo e uniforme. Al contrario, come già accennato, i sistemi di *thrust* si allineano lungo direzioni preferenziali N-S e si accompagnano a sistemi a probabile cinematica obliqua orientati NO-SE e NE-SO. Mentre i sistemi di *thrust* N-S sono spesso localizzati alle basse latitudini, quelli obliqui si rinvengono alle medie latitudini, soprattutto meridionali. Tale regolarità nella distribuzione e nella orientazione delle strutture tettoniche ha ispirato in passato una ipotesi diversa dal raffreddamento globale per la loro genesi. Questo processo, noto come *tidal despinning*, sarebbe legato ad una "frenata" che la rotazione di Mercurio avrebbe subito nei primi stadi della sua evoluzione, causando, dal punto di vista tettonico, l'inversione di un pre-esistente rigonfiamento equatoriale e la genesi di sistemi strutturali diversi a seconda della latitudine (compressione E-O equatoriale, trascorrenza NE-SO e NO-SE alle medie latitudini e dilatazione N-S ai poli; e.g., Pechmann & Melosh, 1979). Visto che questi sistemi non sono osservabili ovunque, oggi si ritiene che la contrazione globale sia stato il processo principale a governare la tettonica di Mercurio, con parziale sovrapposizione nel tempo al *tidal despinning*, che sembrerebbe essere stato un processo limitato solo ai primi stadi evolutivi (Klimczak et al., 2015).

Tuttavia, la convinzione radicata in passato che tutte le faglie di Mercurio siano puramente compressive o puramente trascorrenti sta lentamente venendo abbandonata. Gli studi più moderni, basati su concetti sviluppati per le faglie terrestri, documentano che le faglie mercuriane sono caratterizzate da variabilità cinematica ed evidenze di riattivazioni. I crateri fagliati, che possono funzionare da *marker* cinematici, rivelano come molte *lobate scarps* siano caratterizzate da movimenti obliqui (Galluzzi et al., 2015). La morfologia stessa di alcuni sistemi di *thrust* è chiara evidenza della presenza di rampe laterali (e.g., Beagle Rupes, Massironi et al., 2015). Analisi di *strain inversion* dimostrano che alcune

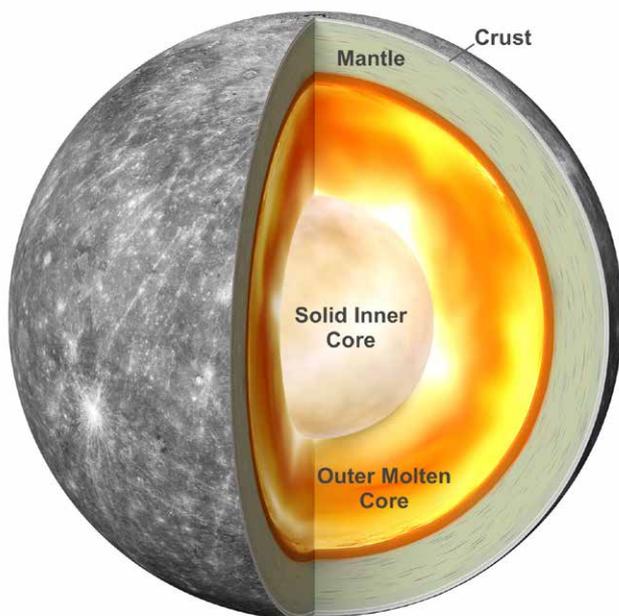


Fig. 4 - Struttura interna di Mercurio derivante dagli studi più recenti (e.g., Genova et al., 2019). Crediti: NASA's Goddard Space Flight Center.

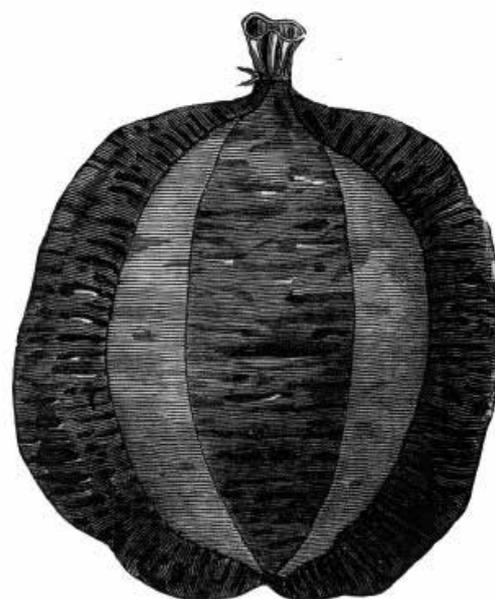


Fig. 5 - Esperimento di contrazione su palloni flessibili di Gabriel-Auguste Daubrèe seguendo l'idea di Elie de Beaumont sulla contrazione globale (vedi Touret, 2007).

aree, dove la morfologia delle scarpate è molto blanda, siano compatibili con la presenza di faglie trascorrenti (Galluzzi et al., 2019). Recentissimi studi sulla distribuzione dei rigetti effettuati dal nostro gruppo di ricerca, dimostrano che alcune faglie di Mercurio sono segmentate e i singoli segmenti sono connessi attraverso regolari variazioni di rigetto secondo meccanismi di *linkage*, come osservato nelle aree di *Victoria* e *Discovery*. Dove numerosi segmenti coesistono e si intersecano, si nota come si creino importanti sistemi percolanti, soprattutto per quanto riguarda l'ascesa di volatili. In corrispondenza dei più importanti sistemi di faglie, (e.g., il sistema *Victoria-Endeavour-Antoniadi*, **Fig. 3**), non è difficile trovare evidenza di vulcanesimo esplosivo dove l'intensità di segmentazione cambia (Galluzzi et al., 2019). Un ruolo da non sottovalutare è quello delle anisotropie crostali preesistenti. È stato osservato come spesso le strutture tettoniche si enucleino in corrispondenza dei margini dei bacini da impatto (e.g., Fegan et al. 2019) o ai bordi di grandi regioni geochemiche (che non è escluso siano collegati a bacini ancora più antichi; Galluzzi et al., 2019) dove il contrasto di densità crostale potrebbe giocare un ruolo importante nella localizzazione delle faglie. L'analisi cronologica di questi sistemi ci riporta sempre ad un periodo tra i 3.8 e i 3.9 miliardi di anni fa, quando la contrazione planetaria, forse, era più intensa (Giacomini et al., 2019).

IL PIANETA ROCCIOSO MENO ESPLORATO

Nonostante le premesse interessanti, Mercurio è ancora oggi il pianeta roccioso meno esplorato del Sistema Solare, vista la sfida tecnologica richiesta per raggiungere l'orbita planetaria più vicina al Sole. Mentre Luna, Venere e Marte vantano decine di missioni spaziali lanciate per la loro esplorazione, Mercurio ha incontrato solamente due *spacecraft* fino ad oggi, e un terzo è in viaggio proprio in questi anni. Le prime foto del pianeta si devono alla sonda *NASA Mariner 10* (1973-1975) che ha sorvolato Mercurio tre volte ottenendo il 40% di copertura della superficie. La seconda missione *NASA MESSENGER (MErcury Surface, Space ENvironment, GEOchemistry and Ranging, 2011-2015)* è avvenuta soltanto trent'anni dopo, ponendo per la prima volta una sonda in orbita attorno al pianeta. Tutti i dati che riusciamo a studiare oggi di Mercurio provengono principalmente da questa missione che ha coperto il 100% della sua superficie, permettendo di compiere numerose nuove scoperte rispetto alla missione precedente. Tra le più stimolanti, forse, vi è la scoperta degli *hollows*, cavità con base piatta, larghe da poche decine di metri a pochi chilometri, circondate da aloni molto chiari, spesso clusterizzate e localizzate all'interno dei crateri (**Fig. 6**). Queste morfologie peculiari sembrano essere uniche di Mercurio, legate alla presenza di volatili nel sottosuolo e, probabilmente, al processo di sublimazione (e.g., Blewett et al., 2011).

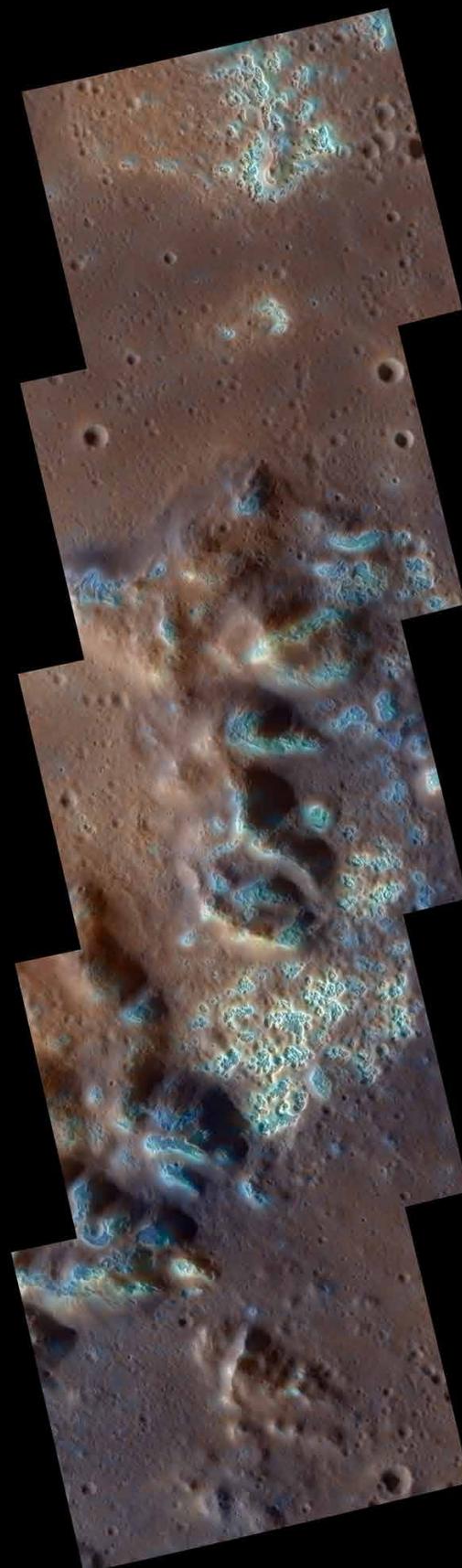


Fig. 6 - *Hollows* all'interno del cratere Raditladi ripresi dalla *Mercury Dual Imaging System (MDIS) Narrow Angle Camera (NAC)* a bordo della missione *NASA MESSENGER* con sovrapposizione di falsi colori ottenuti dalla camera multispettrale *MDIS Wide Angle Camera (WAC)*. Crediti: *NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Carnegie Institution of Washington*.



Fig. 7 - Rappresentazione artistica di ESA/JAXA BepiColombo con Mio (in alto) e MPO (in basso) in orbita attorno a Mercurio. Crediti Spacecraft: ESA/ATG medialab; Crediti Mercurio: *NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Carnegie Institution of Washington.*

LA MISSIONE BEPICOLOMBO

Nel dicembre 2025, la missione BepiColombo, prima missione verso il pianeta della *European Space Agency* (ESA) congiuntamente con la *Japan Aerospace eXploration Agency* (JAXA), comincerà ad esplorare Mercurio attraverso due orbiter: il *Mercury Planetary Orbiter* (MPO) e Mio (precedentemente conosciuto come MMO, *Mercury Magnetospheric Orbiter*) (Fig. 7). Lo scopo di questa missione fortemente multidisciplinare è quello di studiare Mercurio nella sua totalità dall'interno, alla superficie, all'esosfera, al campo magnetico, con 16 strumenti diversi.

Vale la pena citare l'apporto italiano a BepiColombo, in quanto l'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) ha in gestione ben 4 strumenti a leadership italiana tutti sull'orbiter MPO: SIMBIO-SYS (*Spectrometer and Imagers for Mpo Bepicolombo Integrated Observatory SYStem*); SERENA (*Search for Exospheric Refilling and Emitted Natural Abundances*); ISA (*Italian Spring Accelerometer*); MORE (*Mercury Orbiter Radioscience Experiment*). Il nome della missione commemora un illustre scienziato italiano, Giuseppe Colombo, che per primo stimò correttamente la relazione tra rotazione e periodo orbitale del

pianeta ed aiutò la missione Mariner 10 ad effettuare tre flyby (o swingby, per effetto della fionda gravitazionale), anziché uno come inizialmente deciso dalla NASA.

Dopo la partenza nell'ottobre 2018, la missione ESA/JAXA BepiColombo ha finalmente avvicinato il pianeta con due flyby e grazie alle camere di monitoraggio esterne allo spacecraft (M-CAM) abbiamo potuto "sbirciare" le prime porzioni del pianeta dopo sette anni dagli ultimi scatti di NASA MESSENGER (Fig. 8).



Fig. 8 - Porzione di Mercurio così come osservata durante il secondo flyby del pianeta il 23 giugno 2022 da M-CAM#2. La scarpata rettilinea e prominente in basso a sinistra è stata denominata *Challenger Rupes*, di cui sono visibili 170 dei suoi 200 km totali di lunghezza. Crediti: ESA/BepiColombo/MTM.

I GEOLOGI DI MERCURIO

L'esplorazione geologica del piccolo pianeta roccioso è una sfida che ad oggi, può fare affidamento solo sul telerilevamento. Di particolare importanza per l'analisi della superficie saranno le immagini prodotte da BepiColombo/SIMBIO-SYS che con le sue tre camere potrà: 1) effettuare scatti ad alta risoluzione tramite HRIC (*High Resolution Imaging Channel*) di target prelezionati; 2) effettuare per la prima volta una copertura globale con stereo immagini

ricostruendo la morfologia del pianeta con STC (*Stereo Channel*); 3) rilevare la composizione superficiale del pianeta globalmente con VIHI (*Visible Infrared Hyperspectral Imaging Channel*) (Cremonese et al., 2020). Tali potenzialità saranno gli strumenti principali dei geologi planetari coinvolti nella missione. E quando questi dati verranno integrati a quelli forniti degli altri strumenti di BepiColombo, forniranno un quadro geologico completo della composizione ed evoluzione della

superficie (Rothery et al., 2020).

In preparazione alle osservazioni di BepiColombo, le immagini di NASA MESSENGER/MDIS vengono sfruttate per produrre carte geologiche planetarie al massimo della risoluzione permessa dalle basemaps globali (e.g., Galluzzi et al., 2016, Fig. 9), che coprono il 50% del pianeta come osservabile dal sito *Mercury QuickMap*

(<https://messenger.quickmap.io/>). Queste carte geologiche sono prodotte secondo tecniche di fotointerpretazione 2D e basate sul principio che “su Mercurio, la morfologia superficiale riflette l’età, la composizione, la litologia e lo stile di formazione della sottostante unità rocciosa” (Trask &

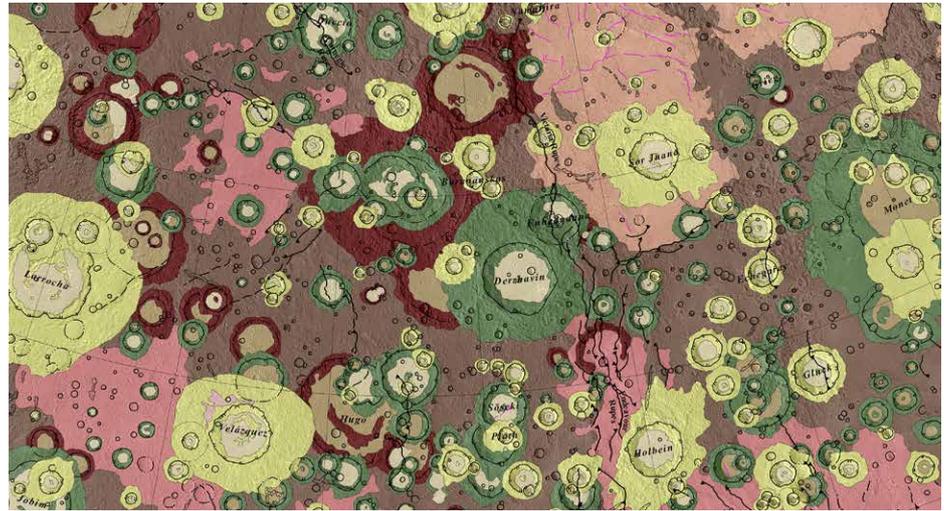


Fig. 9 - Porzione di carta geologica planetaria del quadrante Victoria di Mercurio (Galluzzi et al., 2016).

Guest, 1975), grazie al fatto che nessun evento atmosferico o tettonico è intervenuto a riciclare la crosta negli ultimi 4 miliardi di anni e quindi l’intensità di craterizzazione e la luminosità dei terreni sono gli unici fattori che permettono di distinguere tra loro le varie unità.

OBIETTIVI FUTURI

Mancano pochi mesi al terzo *flyby* di Mercurio (previsto il 20 giugno 2023) da parte di BepiColombo e pochi anni a quando la missione euro-giapponese inizierà ad inviarci nuovi dati scientifici da interpretare. Oltre gli obiettivi già citati, sono numerose le domande ancora aperte. *Hollows*, depositi piroclastici, presenza di ghiaccio ai poli, caratterizzazione dettagliata delle faglie e della loro segmentazione, e

riattivazione di faglie (con movimenti geologicamente “recenti”) sono tra i *target* di missione più attesi. BepiColombo ci insegnerà quanto la collaborazione multidisciplinare sia importante negli studi di evoluzione planetaria e quanto la Geologia Planetaria ricopra ormai una posizione di rilievo nell’analisi dei corpi solidi del Sistema Solare. E se la Terra primordiale ci sembra ancora paragonabile ad un pianeta distante, l’esplorazione spaziale di corpi come Mercurio ci potrà forse avvicinare alla sua comprensione.

BIBLIOGRAFIA

Blewett D. T., Chabot N. L., Denevi B. W., Ernst C. M., Head J. W., Izenberg N. R. ... & Hurwitz D. M. (2011). *Hollows on Mercury: MESSENGER evidence for geologically recent volatile-related activity*. *Science*, 333(6051), 1856-1859. <https://doi.org/10.1126/science.1211681>

Byrne, P. K., Klimczak, C., Celál Şengör, A. M., Solomon, S. C., Watters, T. R., Hauck, I. I. & Steven, A. (2014). *Mercury’s global contraction much greater than earlier estimates*. *Nature Geoscience*, 7(4), 301-307. <https://doi.org/10.1038/ngeo2097>

Cremonese G., Capaccioni F., Capria M. T., Doressoundiram A., Palumbo P., Vincendon M. ... & Turrini D. (2020). *SIMBIO-SYS: scientific cameras and spectrometer for the BepiColombo mission*. *Space science reviews*, 216(5), 1-78. <https://doi.org/10.1007/s11214-020-00704-8>

Fegan E. R., Rothery D. A., Marchi S., Massironi M., Conway S. J. & Anand M. (2017). *Late movement of basin-edge lobate scarps on Mercury*. *Icarus*, 288, 226-234. <https://doi.org/10.1016/j.icarus.2017.01.005>

Galluzzi V., Di Achille G., Ferranti L., Popa C. & Palumbo P. (2015). *Faulted craters as indicators for thrust motions on Mercury*. Geological Society, London, Special Publications, 401(1), 313-325. <https://doi.org/10.1144/SP401.17>

Galluzzi V., Guzzetta L., Ferranti L., Di Achille G., Rothery D. A. & Palumbo P. (2016). *Geology of the Victoria quadrangle (H02), Mercury*. *Journal of Maps*, 12(sup1), 227-238. <https://doi.org/10.1080/17445647.2016.1193777>

Galluzzi V., Ferranti L., Massironi M., Giacomini L., Guzzetta L. & Palumbo P. (2019). *Structural analysis of the Victoria quadrangle fault systems on Mercury: Timing, geometries, kinematics, and relationship with the high-Mg region*. *Journal of Geophysical Research: Planets*, 124(10), 2543-2562. <https://doi.org/10.1029/2019JE005953>

Genova A., Goossens S., Mazarico E., Lemoine F. G., Neumann G. A., Kuang W. ... & Zuber M. T. (2019). *Geodetic evidence that Mercury has a solid inner core*. *Geophysical research letters*, 46(7), 3625-3633. <https://doi.org/10.1029/2018GL081135>

Giacomini L., Massironi M., Galluzzi V., Ferrari S. & Palumbo P. (2020). *Dating long thrust systems on Mercury: New clues on the thermal evolution of the planet*. *Geoscience Frontiers*, 11(3), 855-870. <https://sci-hub.se/10.1016/j.gsf.2019.09.005>

Klimczak C., Byrne P. K. & Solomon S. C. (2015). *A rock-mechanical assessment of Mercury’s global tectonic fabric*. *Earth and Planetary Science Letters*, 416, 82-90. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2015.02.003>

Massironi M., Di Achille G., Rothery D. A., Galluzzi V., Giacomini L., Ferrari S. ... & Palumbo P. (2015). *Lateral ramps and strike-slip kinematics on Mercury*. Geological Society, London, Special Publications, 401(1), 269-290. <https://doi.org/10.1144/SP401.16>

Pechmann J. B. & Melosh H. J. (1979). *Global fracture patterns of a despun planet: Application to Mercury*. *Icarus*, 38(2), 243 - 250. [https://doi.org/10.1016/0019-1035\(79\)90181-7](https://doi.org/10.1016/0019-1035(79)90181-7)

Rothery D. A., Massironi M., Alemanno G., Barraud O., Besse S., Bott N. ... & Zambon F. (2020). *Rationale for BepiColombo studies of Mercury’s surface and composition*. *Space science reviews*, 216(4), 1-46. <https://doi.org/10.1007/s11214-020-00694-7>

Stern R. J., Gerya T. & Tackley P. J. (2018). *Stagnant lid tectonics: Perspectives from silicate planets, dwarf planets, large moons, and large asteroids*. *Geoscience Frontiers*, 9(1), 103-119. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2017.06.004>

Strom R. G., Trask N. J. & Guest J. E. (1975). *Tectonism and volcanism on Mercury*. *Journal of Geophysical Research*, 80(17), 2461-2477. <https://doi.org/10.1029/JB080i017p02478>

Touret J. (2007). *Élie de Beaumont (1798-1874), des systèmes de montagnes au réseau pentagonal*. *Travaux du Comité français d’Histoire de la Géologie*, 3rd ed., 21, 127-155.

Trask N. J. & Guest J. E. (1975). *Preliminary geologic terrain map of Mercury*. *Journal of Geophysical Research*, 80(17), 2461-2477. <https://doi.org/10.1029/JB080i017p02461>

Wegener A. (1921). *Die Entstehung der Mondkrater, Braunschweig, Sammlung Vieweg, Tagesfragen*. Natur u. Tech. 5, 48 pp.

Wegener A. (1929). *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane*. 5a ed. Friedr. Vieweg & Sohn A.-G., Braunschweig.

Wilson J. T. (1966). *Did the Atlantic close and then re-open?* *Nature*, 211, 676-681. <https://doi.org/10.1038/211676a0>

SPUNTI PER LA DIDATTICA

MERCURIO: messaggero delle origini di un pianeta solido

Susanna Occhipinti



Mercurio in falsi colori. Credit: NASA/JPL

La lettura dell'articolo da parte del docente può risultare abbastanza impegnativa per la ricchezza di termini tecnici utilizzati. Inoltre, la geografia astronomica viene spesso poco valorizzata durante il percorso scolastico (le leggi di Keplero, qualche caratteristica dei pianeti terrestri e gioviani...) e Mercurio, forse perché piccolo e apparentemente poco interessante, sicuramente perché esterno alla Zona di abitabilità, viene decisamente trascurato.

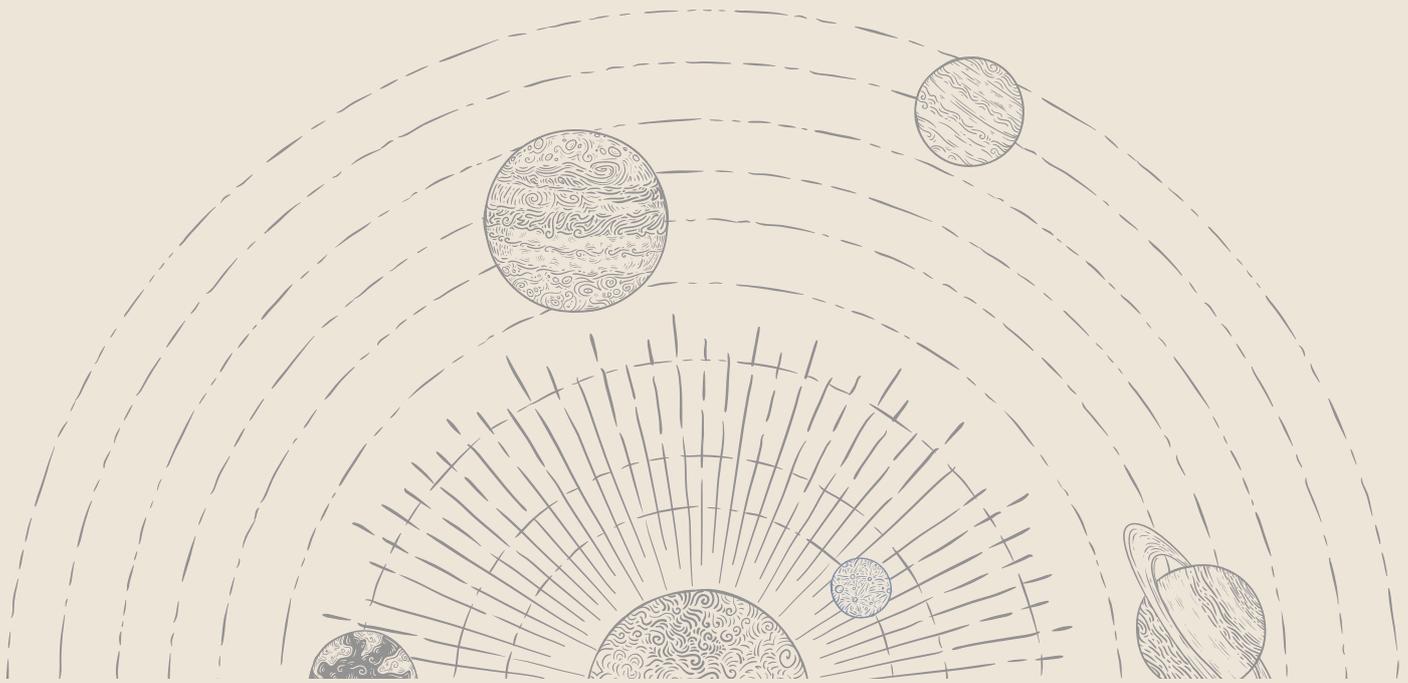
Invece l'articolo e Mercurio stesso possono fornire interessanti *Spunti per la didattica*. Qualche precisazione:

- L'Adeano, da Ade, quando ancora la superficie terrestre era calda e fusa, è il primo eone della storia terrestre, dai 4600 ai 4000 milioni di anni fa; seguono l'Archeano e il Proterozoico e costituiscono il Precambriano. Sulla Terra sono attribuite all'Adeano rocce metamorfiche ritrovate in Groenlandia, gli gneiss di Amitsoq, in Canada, lo scudo di Slave e in Australia, il cratone di Pilbara;
- *Horst e Graben*, sono strutture geologiche distensive, rispettivamente pilastri e fosse tettoniche; in Europa, ad esempio sono graben i bacini di Oslo, del Reno, del Rodano e la pianura del Campidano in Sardegna;
- Teoria della contrazione, formulata da L.E. De Beaumont nel 1829, (in qualche libro, *la teoria della mela renetta*): la Terra raffreddandosi, si contrae internamente così che la crosta forma pieghe e rughe, le catene montuose; la

teoria ovviamente è superata ma è interessante metterla in relazione con la teoria delle Catastrofi di Cuvier.

Mercurio e le sue peculiarità, evidenziate nell'articolo, invitano a riflessioni che ben si adattano anche al nostro pianeta e permettono collegamenti imprevisti. Per approfondire:

- ▶ www.media.inaf.it/2019/11/07/scopriamo-mercurio
- ▶ www.lescienze.it/news/2018/10/17/news/mercurio-bepicolombo-missione-pianeta-esa-4155051
- ▶ www.youtube.com/watch?v=9jOI6b8URWE&embeds_euri=https%3A%2F%2Fwww.gravita-zero.org%2F&feature=emb_imp_woyt
- è il pianeta più interno del Sistema solare, la luce del Sole impiega circa 3,2 minuti per raggiungere il pianeta rispetto agli 8 minuti che impiega a raggiungere la Terra; ha un raggio di 2.440 chilometri, 1/3 di quello della Terra, ed è poco più grande della Luna;
- il suo nome deriva dalla tradizione dei Greci, che gli diedero il nome del messaggero degli dèi, per la consuetudine di associare ai pianeti le peculiarità degli dèi dell'Olimpo; a Roma il dio divenne anche protettore dei ladri, della destrezza. Si muove infatti molto velocemente: già gli antichi astronomi assiri lo avevano osservato nel XIV secolo a.C., ma solo Pitagora e gli astronomi greci del



IV secolo a.C. si resero conto l'astro del mattino e l'astro della sera erano in realtà lo stesso oggetto è *infatti visibile ad occhio nudo, sia dopo il tramonto che prima dell'alba, molto vicino all'orizzonte e per poco tempo;*

- è privo di atmosfera, perché la sua piccola massa esercita una forza di gravità che trattiene solo i gas più leggeri, costituendo un'esosfera. Lo stesso fenomeno si ritrova sulla Terra, ai primordi, *quando abbondavano gas leggeri come l'idrogeno (H₂) e l'elio (He), ma a causa della temperatura superficiale, molto più elevata di quella attuale, i gas erano dotati di un'energia sufficiente a vincere la forza di gravità e in grado di disperdersi nello spazio. Solo in seguito, l'atmosfera si è arricchita di gas liberati dall'interno della Terra per i violenti impatti di meteoriti e le eruzioni vulcaniche, sempre più frequenti;*
- l'assenza di atmosfera e la vicinanza al sole causano l'elevata escursione termica fra l'emisfero diurno, rivolto verso il vicino Sole, dove si raggiungono temperature di oltre 400 °C e quello notturno, dove si può arrivare a circa -200 °C. *Conferma quindi l'importanza dell'atmosfera e dell'EFFETTO SERRA che sulla terra permette che la temperatura media si attesti sui 15° circa.* La mancanza di un'atmosfera causa anche l'assenza di processi erosivi per cui le caratteristiche superficiali possono conservarsi per miliardi di anni, come avviene sulla Luna, a cui assomiglia, con regioni ricche di crateri a zone pianeggianti, più levigate, che lasciano ipotizzare una passata attività vulcanica, come quella che ha dato origine ai "mari" lunari;
- ha uno dei più grandi crateri del sistema solare, in rapporto alle dimensioni del pianeta: il bacino Caloris, un cratere da impatto di quasi 1600 chilometri di diametro originato da una collisione con un planetesimo, probabilmente avvenuta circa 3,8 miliardi di anni, epoca a cui risalgono anche gli impatti che originarono anche i mari lunari. L'impatto fu così violento che gli effetti si propagarono per tutto il pianeta: una regione agli antipodi è caratterizzata da una serie di fratture e piccoli crateri probabilmente generati

dalle onde sismiche che si propagarono sul pianeta in seguito all'impatto;

- ha un nucleo ricco di ferro, liquido a causa delle intense forze di marea subite dal pianeta lungo la sua orbita, che occupa il 55 % del volume e l'85% del raggio del pianeta, ruotando all'interno del mantello e della crosta, che hanno uno spessore di soli 400 km, così da sviluppare un campo magnetico, dipolare e globale, generato da un effetto dinamo simile a quello della Terra; pur debole, il campo magnetico di Mercurio è in grado di deflettere il vento solare e produrre una magnetosfera;
- completa una rivoluzione ogni 88 giorni, ruotando su sé stesso tre volte ogni due orbite attorno al Sole, perché le forze di marea agiscono in maniera differenziale fra le diverse parti; il Sole esercita un'attrazione maggiore sull'emisfero rivolto verso di sé, mentre esercita una minore attrazione sull'emisfero opposto;
- ha l'orbita più eccentrica del Sistema Solare, passando da 47 milioni di chilometri a 70 milioni di chilometri dal Sole; si verifica il fenomeno della **precessione del perielio**, cioè ogni volta che compie un giro attorno al Sole, la sua orbita ellittica ruota nello spazio, facendo avanzare nel tempo il punto di massimo avvicinamento al Sole. Questa anomalia fu spiegata solo nel 1919 da Einstein, grazie alla Teoria della relatività generale, che fu in grado di comprovare l'entità dello spostamento;
- le sonde che lo hanno studiato hanno utilizzato per la prima volta l'effetto fionda che, durante un passaggio ravvicinato con un pianeta, ne sfrutta la gravità per variarne il proprio moto orbitale, velocità e traiettoria, senza impiegare i propri motori e quindi senza consumare combustibili;
- il suo fascino ha colpito molti: Isaac Asimov lo ha scelto per ambientare alcune delle sue storie, a Farrokh Bulsara, potrebbe aver deciso di diventare Freddie Mercury proprio per via del pianeta, www.youtube.com/watch?v=04854XqcfCY



MASSENZA
DRILLING RIGS

100 YEARS
SINCE 1921
MADE IN ITALY

Made in Italy
dal 1921

www.massenzarigs.it

La prima scelta dei perforatori per:

- Pozzi d'acqua
- Geotecnica
- Geotermia
- Ricerche minerarie
- Sismica
- Fondazioni
- Micropali e Ancoraggi



Scopri tutta
la nostra gamma per
Sondaggi e
Applicazioni Geotecniche





Ivulcani immettono nell'atmosfera enormi quantità di gas e ceneri che possono essere trasportate fino a grandi distanze dal centro eruttivo. Predirne la dispersione è complesso poiché il loro comportamento è funzione di diversi fattori, in primo luogo, il vento. Capire quale sarà il percorso del materiale emesso da un vulcano è importante per garantire il corretto funzionamento dei trasporti (aereo o stradale) durante le eruzioni, ma anche per valutare gli effetti di lungo termine sulla salute e agricoltura. Questo processo può essere descritto con modelli fisico-matematici che includono gli effetti del vento, della turbolenza atmosferica, topografia, e della diversa velocità di caduta delle particelle a densità diversa. In questo articolo verrà affrontato il tema della pericolosità vulcanica legata alla dispersione di gas e particolato, descrivendo alcuni modelli numerici elaborati negli ultimi anni, che si utilizzano per produrre stime probabilistiche di pericolosità.



I MODELLI DI DISPERSIONE DI GAS E PARTICOLATO VULCANICO:

*uno strumento essenziale
per la valutazione della
pericolosità vulcanica*

a cura di **Silvia Massaro**



Keywords

- ▶ Pericolosità vulcanica
- ▶ Tephra
- ▶ Gas vulcanico
- ▶ Modelli numerici

INTRODUZIONE

Nel caso di gas, la dispersione in atmosfera è funzione del numero di sorgenti di emissione, dei flussi (e quindi delle quantità) ad esse associati, e della tipologia di specie chimiche coinvolte (es. CO₂, H₂S, SO₂). I gas vulcanici vengono emessi durante le eruzioni, ma possono talvolta costituire il prodotto esclusivo di attività vulcanica (attività di degassamento). Esistono numerosi esempi di aree vulcaniche in cui è presente un degassamento attivo che proviene direttamente dal suolo (*degassamento diffuso*) o da sorgenti puntuali, come fumarole (*degassamento fumarolico*).

Nel caso di particolato vulcanico (*tephra*), un parametro chiave è rappresentato dalla granulometria ovvero dalle diverse dimensioni delle particelle (es., bombe, lapilli, cenere), e dell'incertezza di come saranno distribuite nell'atmosfera. Alcune di queste, ad esempio le bombe (il cui diametro è > 64 mm), possono rimanere in aria per pochi secondi mentre altre (come cenere, aventi diametro < 2 mm) possono restare in volo per anni, disperdendosi a migliaia di chilometri di distanza in tutto il pianeta.

In **Fig. 1** vengono mostrate due aree vulcaniche attive che nel passato hanno prodotto diverse eruzioni esplosive, e in cui da diverso tempo sono presenti manifestazioni permanenti di degassamento diffuso e fumarolico: il cratere di Stefanos nell'isola di Nisyros (Grecia, **Fig. 1a-b-c**) ed il cratere del vulcano La Solfatara (Campi Flegrei, **Fig. 1c-d**).

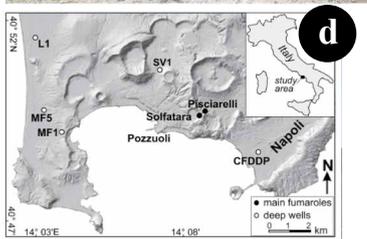
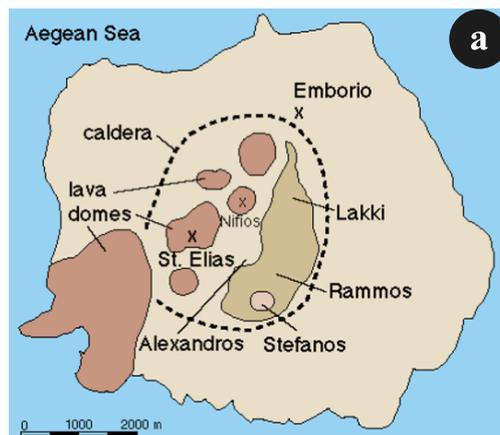


Fig. 1 - a) mappa semplificata di Nisyros; **b)** vista dell'area in degassamento di CO₂; **c)** cratere di Stefanos; **d)** Digital Elevation Model dei Campi Flegrei; **e)** vista del cratere La Solfatara (© INGV).

LA PERICOLOSITÀ VULCANICA: IL COMPITO DEI VULCANOLOGI

Con il termine *pericolosità vulcanica* indichiamo la probabilità che un certo fenomeno pericoloso investa una certa area in un certo periodo di tempo. Tale probabilità è una delle tre componenti essenziali per determinare il *rischio vulcanico*, dato dal prodotto della pericolosità, valore esposto e vulnerabilità. Il valore esposto descrive cosa è esposto al pericolo. È dato dal numero di persone, dal numero e dalla tipologia delle costruzioni, dalla superficie di terreno agricolo, dalle infrastrutture etc., che sono presenti sul territorio potenzialmente investito dal fenomeno pericoloso. La vulnerabilità è la percentuale del valore esposto che si stima verrà perduto per effetto di un determinato fenomeno pericoloso.

In questo contesto, l'uomo non può intervenire per diminuire la pericolosità vulcanica poiché essa dipende da fenomeni naturali che sono fuori dalla nostra possibilità di controllo. Tuttavia, una corretta gestione del territorio e adeguate misure di prevenzione possono evitare l'aumento del valore esposto e della vulnerabilità. Ad esempio, la costruzione di edifici con solai resistenti al carico di particelle vulcaniche che si accumulano per caduta durante un'eruzione, può ridurre drasticamente la vulnerabilità. In Italia, l'area napoletana è caratterizzata dal più alto rischio vulcanico al mondo, poiché contiene tre vulcani attivi caratterizzati da un vulcanismo altamente esplosivo (Vesuvio, Campi Flegrei ed Ischia; Fig. 1c) attorno ai quali vi è un'altissima densità di popolazione. Il risultato è che più di tre milioni di persone vivono entro una distanza di 20 km da una possibile bocca eruttiva.

La stima della pericolosità vulcanica è un compito principalmente affidato ai vulcanologi, ed è molto complesso perché uno stesso vulcano può manifestare dinamiche eruttive molto diverse, sia per dimensioni, ovvero quantità/massa di magma coinvolto, sia per stile eruttivo, da effusivo fino a molto esplosivo, o viceversa, con tutta una gamma di esplosività intermedie. Persino nel corso di una singola eruzione possono susseguirsi e coesistere fenomeni molto diversi, ciascuno dei quali ha un diverso impatto sul territorio e i suoi abitanti. A causa di questa complessità, la pericolosità vulcanica non si può sintetizzare con un solo numero o una singola mappa, poiché la previsione deterministica di questi fenomeni risulta impossibile. Si fa perciò ricorso a modelli statistici capaci di studiare la probabilità di occorrenza delle eruzioni, delle loro caratteristiche e dei conseguenti fenomeni pericolosi. Questi modelli stimano la probabilità delle fenomenologie su varie scale temporali (da pochi giorni, a decine di anni)



tenendo conto della storia e/o dello stato del vulcano. Essi sono basati sul concetto di *albero degli eventi* che deriva dalla formula Bayesiana del concetto di probabilità. Tale formulazione permette di effettuare stime della probabilità di eruzione considerando la variabilità naturale di quest'ultima (incertezza aleatoria) e l'incertezza legata alla "mancanza di conoscenza" sui fenomeni studiati (incertezza epistemica)". Le possibili fonti di informazione sono modelli concettuali, opinione degli esperti, dati geologici, dati relativi alla storia del vulcano e misurazioni di parametri di monitoraggio. In questo senso, la stima probabilistica è espressa come una distribuzione di probabilità, dove il valore centrale rappresenta la stima migliore della probabilità (valore medio), mentre la dispersione della distribuzione intorno al valore centrale rappresenta una sorta di misura della precisione della stima prodotta (deviazione *standard*).

LA DISPERSIONE DI GAS VULCANICI

La dispersione dei gas vulcanici può avvenire in modo *passivo* (per advezione da parte del vento) nel caso in cui il gas in questione sia sufficientemente caldo da avere una densità minore di quella dell'aria. Un esempio recente riguarda l'isola di Vulcano (Eolie) in cui nel Settembre del 2021 e nei mesi a seguire, è stata registrata una significativa variazione di alcuni segnali geofisici legati all'attività del sistema idrotermale che alimenta le fumarole del cratere sommitale di La Fossa. In **Fig. 2a-b** si osserva l'aumento del degassamento diffuso dal suolo e dalle sorgenti fumaroliche sul cratere e nelle aree limitrofe.

In presenza di condizioni meteorologiche particolari, calma e temperature basse, il gas può disperdersi in modo *gravitativo*, quindi anziché essere trasportato dal vento, esso è soggetto alla forza di gravità e tende ad accumularsi nelle depressioni morfologiche formando veri e propri fiumi e laghi di gas. Le persone e gli animali che fortuitamente entrano in queste trappole invisibili sono destinati a morire perché la CO_2 ad alte concentrazioni è estremamente tossica e per la presenza di altri gas vulcanici. Svitati incidenti di questo tipo hanno coinvolto animali selvatici e domestici, ma anche esseri umani. Alle Mefite d'Ansanto (Irpinia; **Fig. 2c**) l'ultimo incidente mortale è avvenuto nel 1996.

Il regime fisico con cui i gas si "muovono" in atmosfera molto spesso è transizionale ed è di solito quantificato con un numero adimensionale chiamato *numero di Richardson (Ri)* che è funzione del raggio della nube di gas, dalla velocità del vento e del contrasto di densità tra gas e aria. $Ri < 0.25$ indica un regime di tipo passivo, quando $Ri > 1$ il regime di trasporto è gravitativo (e.g., Costa et al., 2013).



Fig. 2 - a) Degassamento dall'area del cono La Fossa, Vulcano, 09/21 (© D. Granieri); **b)** fumarole attive, 10/21 (© G. De Astis); **c)** Mefite d'Ansanto (Irpinia): valle di CO_2 fredda (© G. Tamburello).

LA DISPERSIONE E RICADUTA AL SUOLO DI PARTICOLATO VULCANICO

La caduta di materiale vulcanico consiste nella deposizione di piccole particelle di clasti che vengono immesse in atmosfera, raffreddate e consolidate, nel corso di un'eruzione esplosiva a partire dalla colonna eruttiva (Fig. 3a-b). I satelliti geostazionari equipaggiati con opportuni sensori (ad es., radiometri ad alta risoluzione nella banda visibile e infrarossa) sono tra gli strumenti più utilizzati per monitorare costantemente la presenza di tephra ed SiO_2 in atmosfera indotta da attività vulcanica.

L'entità del deposito in termini di area coperta e spessore è funzione della scala eruttiva, nonché della direzione e della velocità del vento. Le eruzioni verificatesi nel corso degli anni hanno mostrato come la caduta di particolato vulcanico sia in grado di produrre impatti fisici, sociali ed economici dirompenti su diversi settori. Ad esempio, a causa della caduta di cenere possono verificarsi interruzioni di corrente causate da scariche elettriche, collasso di tetti per incremento del carico verticale, corrosione di metalli (compresi quelli dei materiali di copertura), riduzione dell'aderenza della sede stradale e della visibilità, effetti alle vie respiratorie, contaminazione di riserve d'acqua, danni da abrasione macchine ed aerei, inquinamento di reti idriche e fognature, danni a colture e vegetazione. Inoltre, gli effetti causati dalla cenere sono diversi in caso di materiale secco o bagnato, fine o grossolano. Tutto questo si traduce in costi elevati associati ai danni diretti, nonché alla gestione delle emergenze ed alle operazioni di pulizia. In Fig. 3c si può osservare la ricaduta di lapilli a Catania, a seguito di un'eruzione dell'Etna.

Fig. 3 - a) deposito da caduta nell'isola di Nisyros; b) colonna eruttiva generata dall'Etna nel 2021 (© M. Viccaro); c) deposizione di cenere al suolo a seguito di un'eruzione dell'Etna (© S. Scollo).



IL CONCETTO DI INCERTEZZA

Uno degli obiettivi della ricerca vulcanologica è riuscire a stimare la probabilità che si verifichi un'eruzione in un determinato intervallo temporale e di valutarne la taglia (magnitudo) e/o l'intensità. A tal fine, alcuni autori ipotizzano una *distribuzione Poissoniana degli eventi*, che sottintende l'ipotesi che l'intensità sia indipendente dal tempo di riposo (ovvero il tempo che intercorre tra due eventi eruttivi) e dall'intensità dell'eruzione che l'ha preceduta. Persiste, comunque, l'impossibilità di definire limiti massimi all'energia della prossima eruzione, come evidenziato in molti lavori scientifici.

La caratterizzazione accurata dei parametri fisici delle eruzioni vulcaniche è fondamentale per la modellizzazione della dispersione

e della sedimentazione del *tephra*, necessaria sia per la previsione in tempo reale che per la valutazione dei rischi a lungo termine. È pertanto necessario un approccio sinergico che combini studi numerici, studi di terreno e varie tecniche geofisiche per la determinazione dei parametri eruttivi che sono al loro volta caratterizzati da diversi livelli di incertezza. Come accennato in precedenza, l'*incertezza epistemica* è legata alla natura incompleta sia delle osservazioni geofisiche e di terreno che delle indagini numeriche, e può essere trattata migliorando sia la descrizione numerica dei processi fisici che la caratterizzazione dei parametri eruttivi. L'*incertezza aleatoria* è legata al comportamento casuale del sistema naturale e può essere trattata esplorando scenari eruttivi appropriati.

Di conseguenza, piuttosto che come singoli valori, i parametri eruttivi sono meglio descritti con intervalli di valori, funzioni di densità di probabilità e/o *ensembles* che descrivano sia l'incertezza epistemica che aleatoria. Vi è quindi la necessità di accurati studi di terreno e di un'implementazione sistematica del monitoraggio geofisico per vulcani attivi con caratteristiche differenti, che possano contemporaneamente migliorare la nostra conoscenza scientifica e la valutazione dei rischi vulcanici. Questo quadro rappresenta un'opportunità per studi multidisciplinari che possano sfruttare i progressi tecnologici per migliorare l'accoppiamento di studi numerici con osservazioni geofisiche e di terreno.

IL RUOLO DEI MODELLI NUMERICI

I modelli numerici utilizzati in Vulcanologia descrivono i processi fisici che avvengono dalle profondità dei sistemi magmatici fino alla dispersione dei prodotti vulcanici nell'atmosfera. Tali fenomenologie infatti possono essere rappresentate da sistemi di equazioni che esprimono le leggi fisiche fondamentali, permettendoci di descrivere, in modo semplificato, il comportamento complesso dei magmi. In particolare, tali equazioni mettono in relazione le variabili che definiscono lo stato del sistema vulcanico al variare del tempo. Nell'ambito della stima della pericolosità vulcanica, i modelli numerici hanno un ruolo fondamentale perché permettono di simulare il possibile impatto del fenomeno pericoloso al variare di determinate condizioni al contorno, talvolta gestendo un numero elevato di processi (simulazioni) utile per rappresentare un campione statistico significativo. Tra i numerosi modelli utilizzati per descrivere la dispersione di gas in atmosfera, un codice molto utilizzato in condizioni

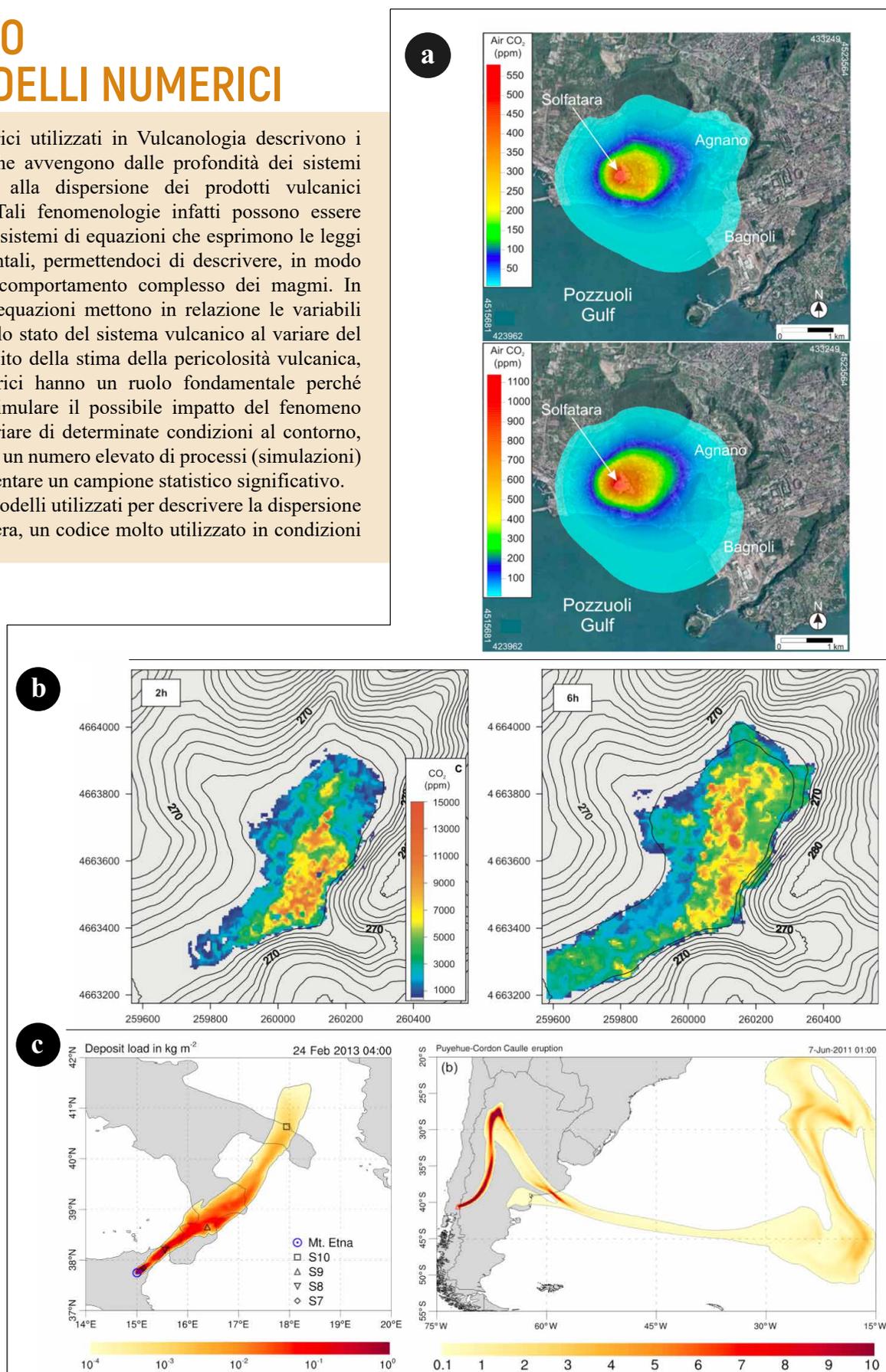


Fig. 4 - a) mappe medie di CO₂ per La Solfatara; **b)** mappe di CO₂ fredda di 2 e 6 ore per Mefite d'Ansanto, **c)** carico al suolo di cenere (Etna) e concentrazione in atmosfera (Puyehue-Cordon Caulle).

passive è DISGAS (Costa & Macedonio, 2016). Questo modello si basa sull'equazione di diffusione-advensione e restituisce la concentrazione del gas a diverse altezze ed intervalli temporali all'interno di una giornata, in base alle informazioni di *input* che vengono stabilite dall'utente riguardanti dati meteo, posizione e flusso delle sorgenti, topografia del dominio computazionale. Le informazioni contenute nei dati meteo forniscono un'analisi completa dell'atmosfera, in particolare, la variabilità temporale e spaziale della direzione e velocità del vento oltre alle condizioni di stabilità dell'atmosfera, in modo da garantire una descrizione attendibile del fenomeno simulato. La **Fig. 4a** mostra un esempio di *output* di mappa di concentrazione media giornaliera di CO₂ nell'area della Solfatara, Campi Flegrei (da Granieri et al., 2013). Un codice utilizzato per il caso della dispersione gravitativa è TWODEE-2 (Folch et al., 2009) capace di descrivere la

l'evoluzione del gas a contatto con la topografia mediante quattro variabili: profondità, velocità orizzontali, e densità in funzione del tempo e della posizione. In **Fig. 4b** viene riportato un esempio di simulazione di dispersione di CO₂ fredda nell'area di Mefite d'Ansanto (Folch et al., 2009).

Un modello molto diffuso nella comunità scientifica che si adatta bene alla dispersione della cenere vulcanica è FALL3D (Folch et al., 2020). FALL3D può essere usato per ricostruire eventi passati, per scopi operazionali, ma soprattutto per fare previsioni sulla concentrazione di aerosol e particolato al suolo e in atmosfera dopo un'eruzione. In **Fig. 4c** si riportano due esempi di simulazione di carico al suolo proveniente dall'Etna e di concentrazione in aria (PM₁₀) durante l'eruzione del vulcano Puyehue-Cordon Caulle in Cile (da Folch et al., 2020).

LE MAPPE DI PERICOLOSITÀ

In termini di quantificazione probabilistica di pericolosità vulcanica, le mappe di pericolosità rappresentano uno strumento in grado di identificare una qualsivoglia probabilità di superamento circa l'intensità di un fenomeno naturale pericoloso (es., carico di ceneri al suolo, concentrazione di gas in atmosfera).

Le eruzioni vulcaniche sono spesso eventi drammatici della Terra, in grado di cambiare il paesaggio per decine o centinaia di chilometri quadrati e di produrre variazioni climatiche annuali o pluriennali sull'intero Pianeta. Le eruzioni e i fenomeni correlati, hanno costretto nel passato decine di migliaia di persone che abitano territori vulcanicamente attivi ad abbandonare le loro case, anche in Italia. Molto spesso, però, l'attività vulcanica è anticipata da segnali precursori che, se rilevati e analizzati per tempo, consentono di allertare le popolazioni esposte.

Le stime di pericolosità da caduta di ceneri vengono calcolate per il *breve termine*, ossia considerando la previsione meteorologica del vento per i pochi giorni a seguire ma variando le condizioni eruttive legate alla entità dell'eruzione. Per il *lungo termine* (cioè per i prossimi decenni), si tiene conto sia della statistica climatologica del vento degli ultimi 20-30 anni, che della variabilità delle condizioni eruttive. In entrambi i casi, vengono prodotte simulazioni su grandi calcolatori (*supercomputers*) in un tempo ragionevole e, nel caso del breve termine, vengono eseguite in un tempo utile affinché la stima di pericolosità possa essere utilizzata nella pratica per mitigare il rischio legato alla dispersione e alla caduta di ceneri vulcaniche.

Tipicamente, questi modelli di pericolosità vengono realizzati separatamente per i diversi vulcani quantificando la variabilità delle condizioni al contorno (i.e. del vento) e assumendo alcuni cosiddetti “*scenari eruttivi di riferimento*”. Questi scenari, in genere riferiti ad alcuni eventi ben studiati e “rilevanti” nella storia eruttiva del vulcano considerato, rappresentano una specifica realizzazione delle infinite possibili “*condizioni eruttive*” che determinano alcuni fattori chiave nel processo di dispersione delle ceneri: la posizione della bocca eruttiva, la taglia e la durata dell'eruzione, e la distribuzione granulometrica delle particelle di lapilli e ceneri (le componenti più fini del *tephra*) prodotte. Per questi motivi l'approccio tradizionale trascura l'intrinseca variabilità nelle condizioni eruttive e produce stime di pericolosità condizionate all'occorrenza di uno specifico scenario di riferimento (o di poche unità). Nuovi studi indicano che la pericolosità vulcanica può essere calcolata esplorando una grande spettro di condizioni eruttive, tenendo anche conto della variabilità nella posizione delle bocche eruttive, nei parametri correlati alla taglia eruttiva, simulando eruzioni di diversa massa (magnitudo) ed associando ad ognuna di esse una probabilità di occorrenza (Sandri et al., 2016; Selva et al., 2018).

La costruzione di una mappa probabilistica di pericolosità avviene mediante la realizzazione di un numero elevato di simulazioni numeriche i cui risultati vanno a costituire un campione statistico su cui calcolare la probabilità di accadimento di un certo fenomeno pericoloso.

In particolare, ogni punto della mappa, rappresenta una

“curva di pericolosità” (Fig. 5a) che esprime la probabilità di superare diversi valori di intensità del fenomeno pericoloso, in quello specifico punto. Tale curva, in realtà, contiene una famiglia di curve (percentili) che rappresentano una funzione di probabilità a cui viene associata una media ed

una incertezza (deviazione standard). In questo caso, la curva centrale media corrisponderà al 50°esimo percentile. Le mappe possono essere realizzate in due modi differenti, considerando di tagliare verticalmente oppure orizzontalmente le curve di pericolosità in ogni punto del dominio. Tagliando

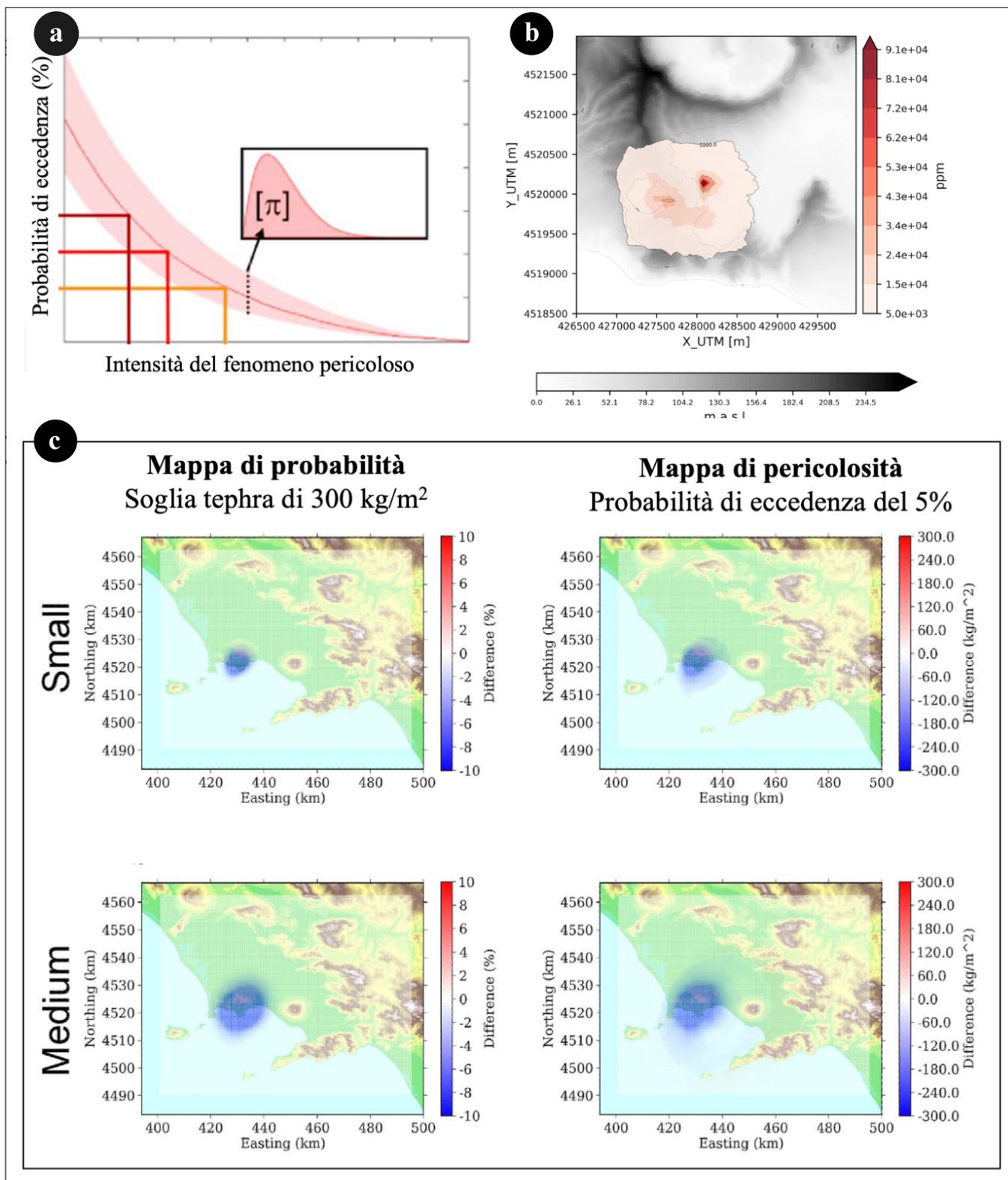
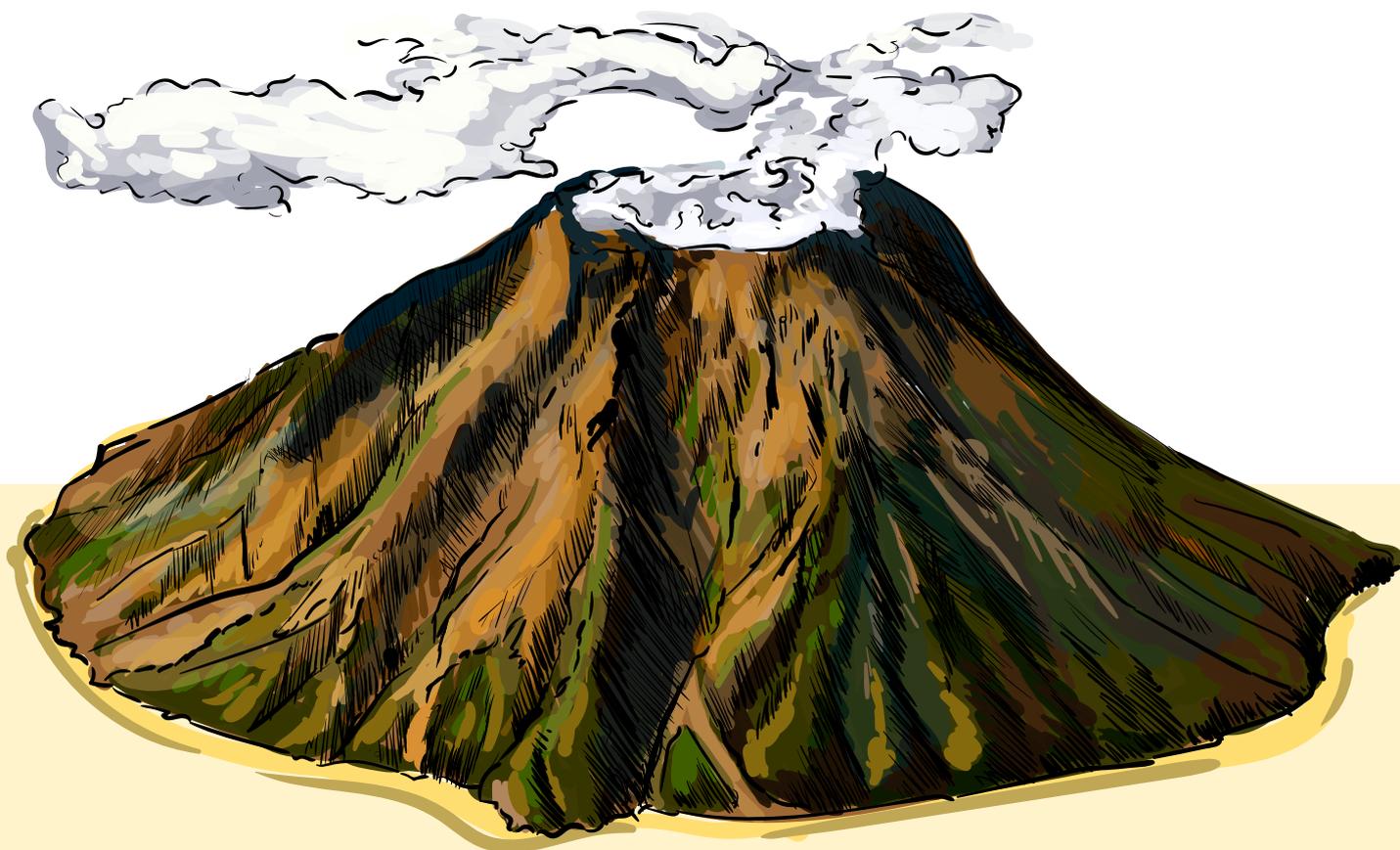


Fig. 5 - a) esempio di curva di pericolosità; b) esempio di mappa di pericolosità da dispersione di gas realizzata con VIGIL; c) mappe di probabilità e pericolosità per tagli eruttivi del Vesuvio.

I MODELLI DI DISPERSIONE DI GAS E PARTICOLATO VULCANICO: uno strumento essenziale per la valutazione della pericolosità vulcanica

orizzontalmente la curva di pericolosità si può fissare una probabilità di superamento (es. 5%) e leggere sulla mappa il valore di intensità del fenomeno (es. concentrazione di CO₂ in aria in ppm, o carico di cenere al suolo in kg m⁻²) che potrà essere superato al massimo del 5%. In **Fig. 5b** viene riportato un esempio di mappa di pericolosità da dispersione passiva di gas emesso dal cratere Solfatara (Campi Flegrei) realizzata con il *workflow* VIGIL (Dioguardi et al., 2022) capace di gestire in modo automatico un numero elevato di simulazioni (es. 1000) con i codici di dispersione DISGAS e TWODEE-2.

In alternativa, si possono realizzare le mappe di probabilità tagliando verticalmente le curva di pericolosità per ciascun punto del dominio, ad una prefissata soglia di intensità (**Fig. 5a**). In questo caso, nella mappa verrà letta la probabilità di superare quel prefissato valore di soglia (es. 300 kg m⁻² nel caso di carico di cenere al suolo). In **Fig. 5c** vengono riportati due esempi che mostrano mappe di pericolosità e di probabilità per due diverse taglie eruttive del Vesuvio (Sandri et al., 2016).



BIBLIOGRAFIA

Costa A., Folch A. & Macedonio G. (2013). *Density-driven transport in the umbrella region of explosive eruptions: effects on tephra dispersion models*. Geophysical Research Letters, 40, 1-5.

Costa A. & Macedonio G. (2016). *DISGAS: a model for passive DISPerSion of GAS*. Rapporti tecnici INGV, Istituto Nazionale Di Geofisica e Vulcanologia, Italy, 332.

Dioguardi F., Massaro S., Chiodini G., Costa A., Folch A., Macedonio G., Sandri L., Selva J. & Tamburello G. (2022). *VIGIL: A Python tool for automatized probabilistic Volcanic Gas dispersion modeling*. Annals of Geophysics, 65(1).

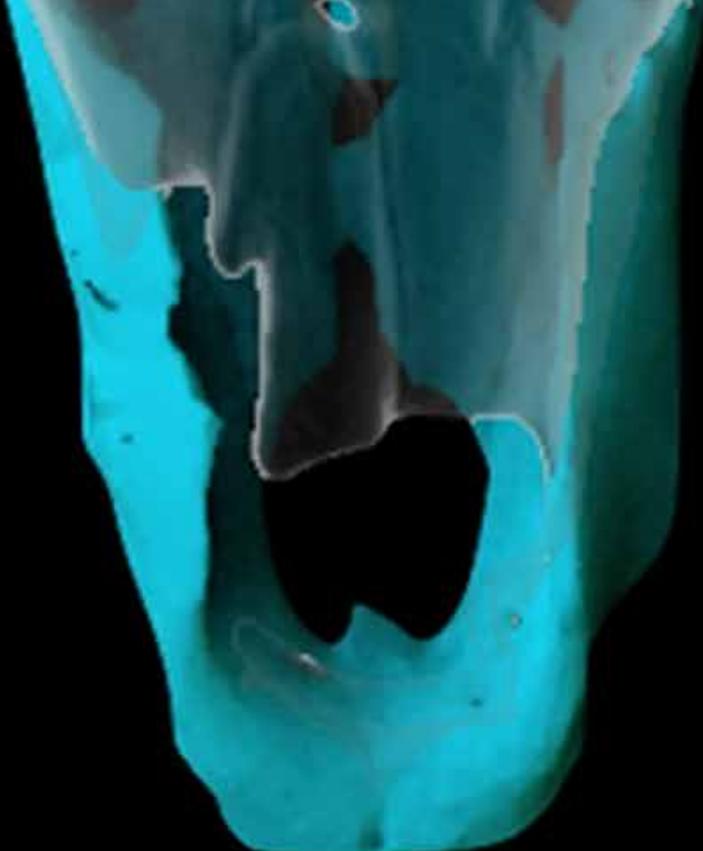
Folch A., Costa A. & Hankin, R.K. (2009). *TWODEE-2: A shallow layer model for dense gas dispersion on complex topography*. Computers & Geosciences, 35(3), 667-674.

Folch A., Mingari L., Gutierrez N., Hanzich M., Macedonio G. & Costa A. (2020). *FALL3D-8.0: a computational model for atmospheric transport and deposition of particles, aerosols and radionuclides-Part 1: Model physics and numerics*. Geoscientific Model Development, 13(3), 1431-1458.

Granieri D., Costa A., Macedonio G., Bisson M. & Chiodini G. (2013). *Carbon dioxide in the urban area of Naples: Contribution and effects of the volcanic source*. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 260, 52-61.

Sandri L., Costa A., Selva J., Tonini R., Macedonio G., Folch A. & Sulpizio R. (2016). *Beyond eruptive scenarios: assessing tephra fallout hazard from Neapolitan volcanoes*. Scientific Reports, 6(1), 1-13.

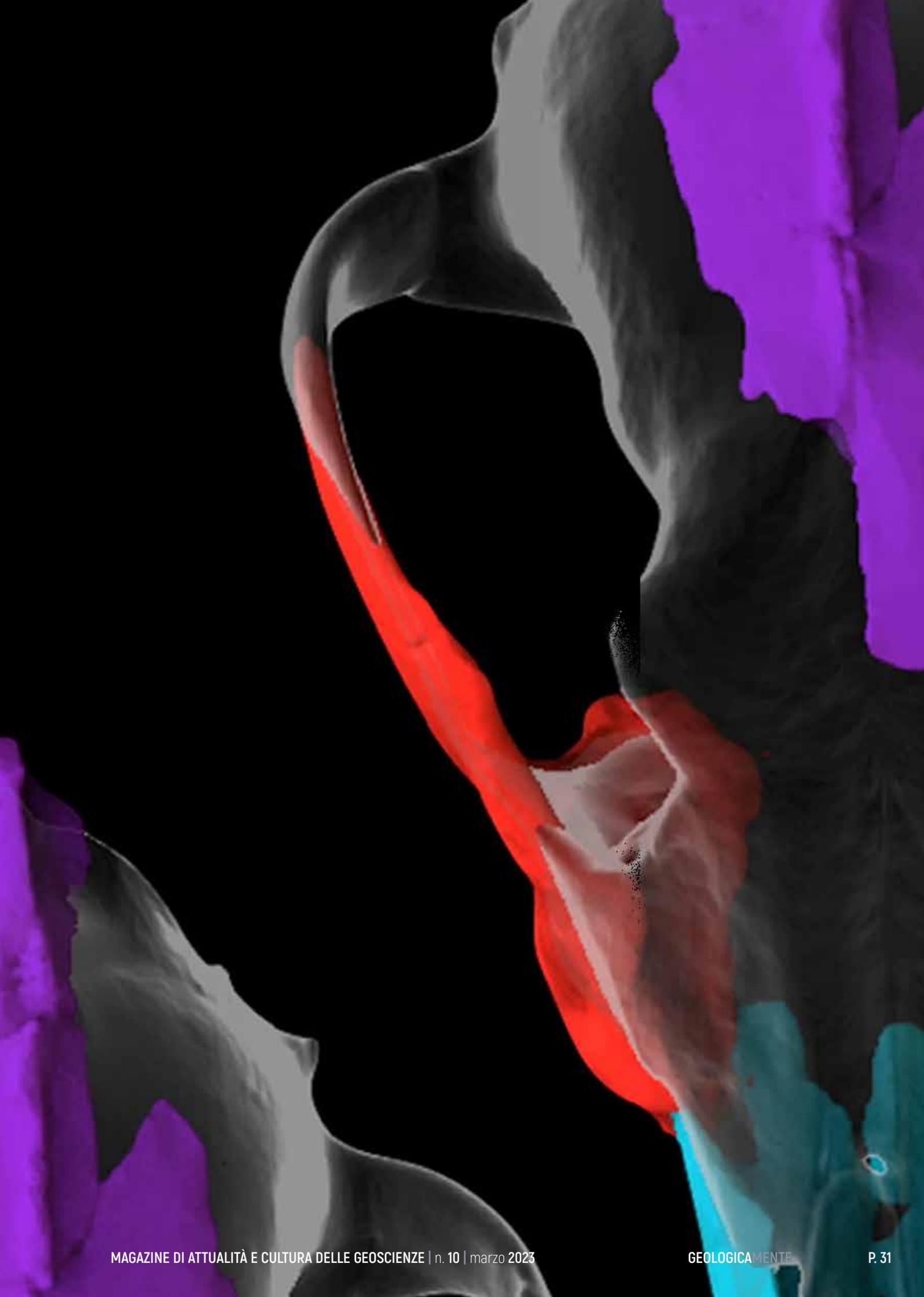
Selva J., Costa A., De Natale G., Di Vito M.A., Isaia R. & Macedonio G. (2018). *Sensitivity test and ensemble hazard assessment for tephra fallout at Campi Flegrei, Italy*. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 351, 1-28.



FOSSILI AI RAGGI X

a cura di **Dawid Adam Iurino e Raffaele Sardella**

“Non basta guardare, occorre guardare con occhi che vogliono vedere, che credono in quello che vedono.” (Galileo Galilei). Le parole del grande scienziato descrivono molto bene lo spirito dei paleontologi che per primi utilizzarono i raggi X per lo studio dei fossili con l'ambizioso obiettivo di esplorare attraverso le immagini radiografiche l'interno dei reperti senza rischiare di danneggiarli, di osservare elementi altrimenti invisibili. Sono passati oltre cento anni da quando la paleontologia e la radiologia hanno iniziato un cammino comune, dapprima sporadico e oggi arrivato con le moderne tecnologie alla sua massima espressione. L'uso di tomografie e immagini 3D ad alta risoluzione è oggi una realtà diffusa e ben consolidata nello studio delle morfologie e dell'anatomia interna sia dei fossili e che dei reperti bioarcheologici come le mummie. In questo articolo presenteremo una panoramica su come oggi i raggi X stanno rendendo sempre più approfondito lo studio dei fossili e sul ruolo centrale dei modelli 3D scaturiti da questi metodi nella ricerca e nella valorizzazione del patrimonio paleontologico.





Keywords

- Paleontologia Virtuale
- Paleoradiologia
- Paleontologia
- Fossili
- Modelli 3D

Raffaele Sardella

Dipartimento di Scienze della Terra
(PaleoFactory lab.), Sapienza Università
di Roma.

INTRODUZIONE

I paleontologi sono in grado di osservare all'interno delle rocce i fossili, veri e propri segnali della vita del passato. Questa capacità si può esprimere alla massima potenza quando si usano i raggi X per studiare i fossili. Chiunque abbia avuto necessità di una radiografia o di una TAC (Tomografia Assiale Computerizzata) potrà facilmente riconoscere i vantaggi offerti dai raggi X nel poter esplorare l'interno del proprio corpo in modo sicuro e non invasivo. Analogamente, per i paleontologi, ma anche per gli antropologi e gli archeologi, l'uso dei raggi X rappresenta ormai uno strumento indispensabile per acquisire informazioni sulla forma e il contenuto dei reperti senza alterarne l'integrità (Fig. 1). Oltre alle applicazioni nella ricerca, le immagini 3D dei fossili sono oggi anche ampiamente utilizzate nella divulgazione dato il loro elevato valore comunicativo. L'approccio multidisciplinare è ormai da tempo considerato quello più ricco di contaminazioni e fruttuosi intrecci tra discipline. La paleontologia virtuale rappresenta bene il valore del legame tra discipline apparentemente lontane che invece, una volta messe in contatto, aprono la strada a molteplici vie e prospettive. Da alcuni anni gli studi paleontologici si avvalgono di immagini 3D e analisi condotte su elementi interni di reperti altrimenti inaccessibili e sono ormai diventate standard. Queste

immagini sono alla base di restauri e ricostruzioni che, oltre a fornire elementi di grande valore e originalità per la ricerca scientifica, permettono di realizzare immagini di grande richiamo per i non specialisti nel campo della divulgazione, della didattica, della comunicazione (Iurino et al., 2013). Lo sviluppo della paleontologia virtuale va di pari passo con la cosiddetta "paleoarte" dove la ricostruzione di organismi vissuti nel passato geologico e degli ambienti popolati da questi diventa sempre meno oggetto di interpretazioni artistiche, sempre più legato a vincoli scientifici che rendono i risultati ancora più significativi e coinvolgenti (Fig. 2).



Fig. 1 - Fasi di preparazione per l'acquisizione di immagini tomografiche di reperti fossili.



Fig. 2 - Ricostruzione delle porzioni mancanti del cranio di un lupo (*Canis lupus*) del Pleistocene Medio proveniente dalla località di Ponte Galeria (Lazio) e del suo aspetto in vita (Iurino et al., 2022).

STORIA DELLE RICERCHE

Nikola Tesla fu il primo a lavorare in modo approfondito sui raggi X senza però rendere pubblici i suoi dati, ragione per cui va a Wilhelm Conrad Röntgen il merito di aver pubblicato nel 1895 il primo lavoro scientifico sui raggi X dal titolo "*Su un nuovo tipo di raggi: una comunicazione preliminare*". Dall'anno successivo in Europa iniziarono ad essere eseguite le prime radiografie su mummie umane e animali provenienti principalmente dal Perù e dall'Egitto, mentre nel 1897 con i lavori del francese Albert Londe i raggi X furono usati come strumento di diagnosi per determinare l'autenticità delle mummie. Per il primo fossile invece, occorrerà attendere il 1901 quando il paleontologo croato Dragutin Gorjanović-Kramberger usò le radiografie per studiare gli esemplari di Neanderthal da lui stesso scoperti nella località di Krapina. Da questi studi pionieristici sono passati oltre 120 anni, un arco di tempo durante il quale le applicazioni radiologiche in paleontologia, archeologia e nelle scienze naturali e forensi, si sono evolute e consolidate confluendo in quella che oggi viene chiamata paleoradiologia. Fino alla seconda metà del secolo scorso, la paleoradiologia si è basata principalmente sull'uso delle radiografie che, tuttavia, hanno il limite di restituire solo immagini bidimensionali dell'oggetto preso in esame. Per questo motivo, per molti decenni la tecnica più efficace per

riprodurre in tre dimensioni l'interno dei fossili fu quella messa in pratica dal paleontologo inglese William Johnson Sollas nel 1904, che però mise a punto un processo che portava alla distruzione dei reperti e molto dispendioso in termini di tempo. La tecnica consisteva nel ridurre in sezioni sottili l'intero fossile, sulle singole sezioni venivano poi ricalcati con la cera i contorni delle strutture anatomiche, e per ultimo la serie di sezioni in cera veniva rimontata nel giusto ordine fino al completamento del modello 3D. L'idea venne ripresa dai paleontologi svedesi Erik Stensio e Erik Jarvik negli anni Venti. Costoro, dotati di una incredibile pazienza, applicarono la tecnica in questione per studiare il sistema nervoso centrale di diversi vertebrati basali, come ad esempio l'encefalico di *Eusthenopteron*, un tetrapodomorfo del Devoniano che richiese a Jarvik quasi 25 anni di lavoro (Cunningham et al., 2014). Sebbene ingegnosa, la tecnica di Sollas risultò quindi eccessivamente lunga e troppo invasiva per poter essere applicata su ampia scala e nell'arco di poco tempo cadde in disuso.

La prima possibilità di studiare efficacemente l'interno dei fossili in modo non invasivo si presentò negli anni Settanta, quando il sudafricano Allan MacLeod Cormack e l'inglese Godfrey N. Hounsfield realizzarono il primo tomografo. Queste ricerche valsero agli scienziati il premio Nobel per la medicina nel 1979. A questa

invenzione seguirono diverse migliorie in termini di qualità e velocità delle scansioni, ma la vera rivoluzione si ebbe pochi anni dopo, quando nel 1988 venne realizzato il primo *rendering* 3D del cranio di una mummia umana tramite immagini TAC. Il principio su cui si basa la tomografia combina l'idea delle sezioni sottili di Sollas con quella della lastra radiografica, ovvero consente di acquisire sequenze di immagini bidimensionali (tomogrammi) e modelli 3D dell'interno degli oggetti scansionati attraverso l'uso dei raggi X. Poter esplorare l'anatomia in tre dimensioni effettuando misurazioni e acquisizioni di molteplici dati, significa che in termini di versatilità e prestazioni la differenza tra una radiografia e una TAC è abissale, paragonabile a quella tra un vecchio cellulare e uno *smartphone*.

Negli ultimi tre decenni poi si è assistito a una forte accelerazione nello sviluppo di apparecchiature sempre più performanti come microtomografi e scansioni al sincrotrone, che, abbinate a processori e *software* di nuova generazione, consentono oggi di indagare con maggior dettaglio tanto i vertebrati quanto gli invertebrati e le piante fossili.

L'avvento dei tomografi e della computer grafica ha di fatto proiettato gli studi paleontologici in quella che potremmo definire l'era virtuale della paleontologia.

IMPLICAZIONI NELLA RICERCA

Esplorare l'anatomia interna di micro e macro fossili è già di per sé un'enorme vantaggio per i paleontologi, ma i benefici delle applicazioni tomografiche vanno ben oltre. Grazie ai *software* di diagnostica per immagini le osservazioni non sono limitate alle strutture ossee dei vertebrati o ai gusci e gli esoscheletri degli invertebrati, ma offrono l'opportunità di ricostruire digitalmente organi e tessuti molli (muscoli, encefali, nervi), effettuare interventi di ricostruzione e restauro digitale, retrodeformare

i fossili danneggiati dalla diagenesi e molto altro ancora. Ad esempio, utilizzando i *software* concepiti in ambito ingegneristico per lo studio dei materiali, i fossili possono essere sottoposti a simulazioni per analisi biomeccaniche e di morfologia funzionale.

Altro vantaggio non trascurabile per la ricerca è rappresentato dalla facilità con cui le immagini tomografiche possono essere condivise. Trattandosi infatti di file digitali, le TAC sono facilmente inviabili tramite *email* o messe in

condivisione su piattaforme di *data sharing*, favorendo un rapido accesso ai reperti e alle collezioni di confronto. Queste procedure sono oggi incentivate e regolamentate da istituzioni e riviste scientifiche tramite specifici protocolli. L'insieme di questi strumenti non solo ha permesso un approfondimento delle ricerche ma ha dato nuovo slancio a una moltitudine di discipline legate alla paleontologia, come la tafonomia, la paleopatologia e la paleoneurologia solo per citarne alcune. Un caso interessante è dato proprio dalla paleoneurologia,

branca delle neuroscienze che si occupa dello studio dell'evoluzione del sistema nervoso centrale nei vertebrati fossili, le cui origini risalgono al XIX secolo con Georges Cuvier, padre dell'anatomia comparata. Sebbene l'encefalo rappresenti un organo fondamentale per comprendere numerosi aspetti biologici di un organismo, per lungo tempo i calchi encefalici sono stati realizzati con tecniche distruttive o nel migliore dei casi invasive, che hanno limitato fortemente lo sviluppo di questa disciplina. Per gli studiosi

dell'evoluzione dei vertebrati il cranio è la porzione dello scheletro più informativa, ne consegue che la distruzione o il danneggiamento sistematico per ottenere calchi encefalici è una procedura da evitare, soprattutto in presenza di reperti rari e dall'inestimabile valore scientifico. A partire dagli anni Duemila, tomografie e modelli 3D ad alta risoluzione hanno rivoluzionato gli studi paleoneurologici dando vita a nuovi ambiti di ricerca rivolti alla comprensione dello sviluppo sensoriale, cognitivo e comportamentale

dei vertebrati fossili. In sintesi, negli ultimi due decenni la paleoneurologia grazie alle TAC ha compiuto progressi maggiori che nei precedenti due secoli. In futuro la paleontologia, pur non abbandonando le tecniche tradizionali di ricerca, non potrà fare a meno di queste tecnologie grazie anche allo sviluppo di nuove apparecchiature e all'abbattimento dei costi delle scansioni che ad oggi restano l'unico vero limite di queste applicazioni.

CASI STUDIO

A partire dal 2013 presso il Dipartimento di Scienze della Terra della Sapienza Università di Roma è stato aperto il laboratorio *PaleoFactory* con l'obiettivo di utilizzare la tomografia nell'ambito della ricerca paleontologica. L'analisi e lo studio dei reperti prescelti sono avvenuti e avvengono in collaborazione con diverse istituzioni universitarie, centri di ricerca e ospedali.

Una delle maggiori difficoltà affrontate nello studio delle ossa fossilizzate consiste nella rimozione del sedimento o delle concrezioni presenti sulle loro superfici che in alcuni casi sono molto più resistenti e dure dei reperti che si intende prendere in esame. Infatti sovente può accadere che i fossili risultino completamente o parzialmente inclusi nella roccia, rendendo indispensabili lunghe e dispendiose operazioni di preparazione tramite rimozione meccanica o bagni in acidi.

In questi casi l'impiego della tomografia è determinante per velocizzare e semplificare le ricerche. Un caso studio è quello del fossile di un grande felino proveniente dal sito del Monte Argentario (Toscana, Pleistocene Inferiore), consistente in un frammento della parte anteriore del cranio con mandibola articolata e denti difficili da classificare perché inglobato in una matrice estremamente compatta. Per superare l'ostacolo, il fossile è stato sottoposto a una scansione al sincrotrone presso l'ESRF (*European Synchrotron Radiation Facility*) di Grenoble grazie alla collaborazione internazionale con l'Università di Perugia e altre istituzioni. L'elevato dettaglio delle immagini 3D e la loro successiva elaborazione ha consentito la rimozione virtuale del sedimento e la separazione dei denti dalle ossa (**Fig. 3**). Queste operazioni hanno messo in evidenza dettagli di rilevante valore diagnostico, come le

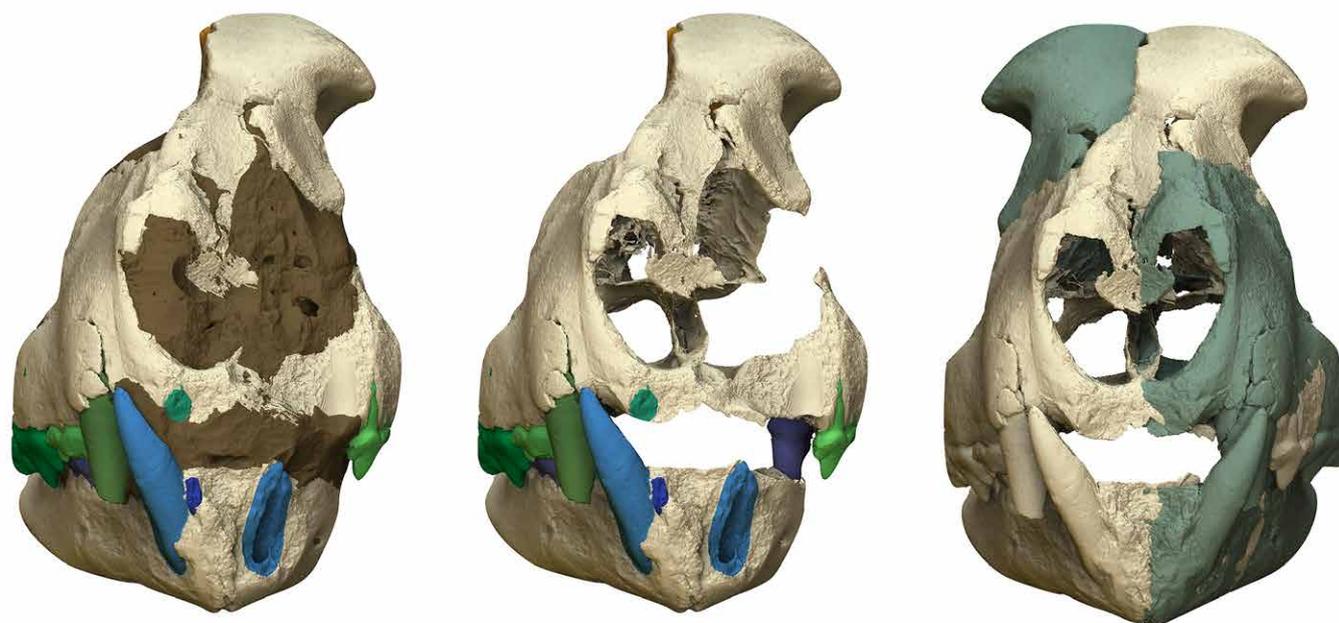


Fig. 3 - Rimozione virtuale del sedimento e ricostruzione delle porzioni mancanti del muso di un ghepardo gigante (*Acinonyx pardinensis*) del Pleistocene Inferiore proveniente dal Monte Argentario (Toscana).

linee di sutura del palato (**Fig. 4**), che unitamente allo studio dei denti e di altre morfologie ha permesso di svelare l'identità del felino del Monte Argentario, uno dei rari esemplari di *Acinonyx pardinensis* il ghepardo gigante del Pleistocene (Cherin et al., 2018).

Un caso simile, ma per certi versi ancora più intrigante, riguarda un blocco di travertino proveniente dal sito pliocenico di Colleparado (Lazio meridionale) contenente numerose ossa di mammifero, incluso un neurocranio di suide (**Fig. 5**). La scatola cranica, immersa per buona parte nella roccia, è stata dapprima estratta digitalmente dalla sua gabbia di sedimento e successivamente da essa sono stati acquisiti i modelli 3D dell'encefalo e dei seni paranasali (**Fig. 5**). L'analisi comparativa di queste anatomie con quelle di forme attualmente viventi ha permesso di attribuire il campione alla specie *Sus arvernensis* e di descrivere per la prima volta la neuroanatomia di un suide fossile (Iannucci et al., 2022). La specie ha valore biocronologico e ha confermato



Fig. 4 - Esposizione delle linee di sutura del palato, dei denti e di altri caratteri anatomici diagnostici di *Acinonyx pardinensis* del Monte Argentario.

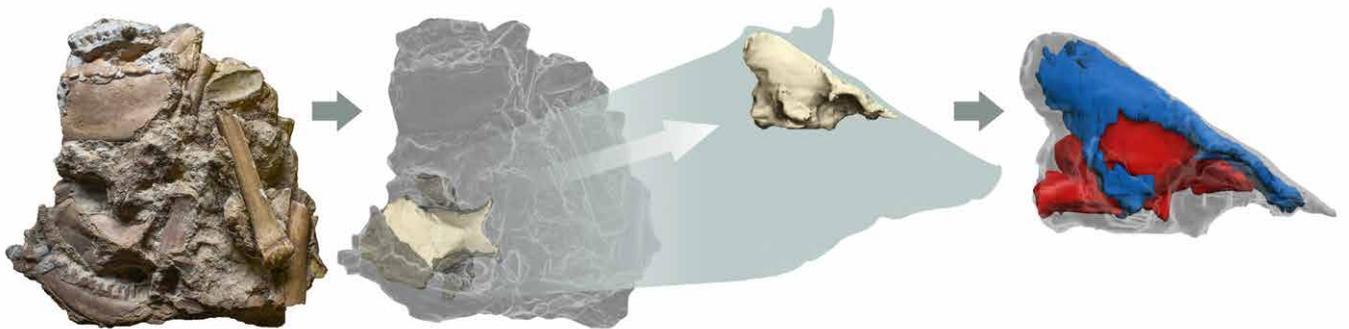


Fig. 5 - Sequenza di estrazione virtuale del cranio, dell'encefalo e dei seni paranasali di un suide pliocenico (*Sus arvernensis*) del sito di Colleparado (Lazio meridionale).

una attribuzione al Pliocene dell'associazione a mammiferi.

Le applicazioni della tomografia non sono però limitate unicamente alle ossa fossilizzate, ma si rivelano di particolare utilità negli studi tafonomici e icnologici. Per esempio, l'analisi TAC di un blocco di Peperino Albano proveniente dal complesso vulcanico dei Colli Albani (Lazio, Pleistocene Superiore) ha restituito il modello 3D completo della testa di un avvoltoio della specie *Gyps fulvus* (**Fig. 6**). I dettagli dell'occhio, della pelle e della lingua sono incredibilmente ben preservati e non mostrano tracce di gonfiore, di deformazioni né di ustioni. Queste informazioni hanno permesso di escludere l'ipotesi che il corpo del rapace sia entrato in contatto con piroclastiti ad elevata temperatura, come capitò invece alle vittime di Ercolano e Pompei nell'eruzione pliniana del 79 d.C. Il materiale che ha seppellito l'avvoltoio doveva pertanto avere temperature molto più basse di quanto ipotizzato in precedenza, fornendo un importante vincolo termico della messa in posto del Peperino Albano. Il grifone dei Colli Albani, noto dalla fine del XIX secolo, alla luce delle nuove modalità di analisi offre nuovi spunti per lo studio dei peculiari casi di conservazione di organismi fossilizzati in contesti vulcanici, con la possibilità di rinvenire calchi naturali tridimensionali di vertebrati fossili (Iurino et al., 2014).

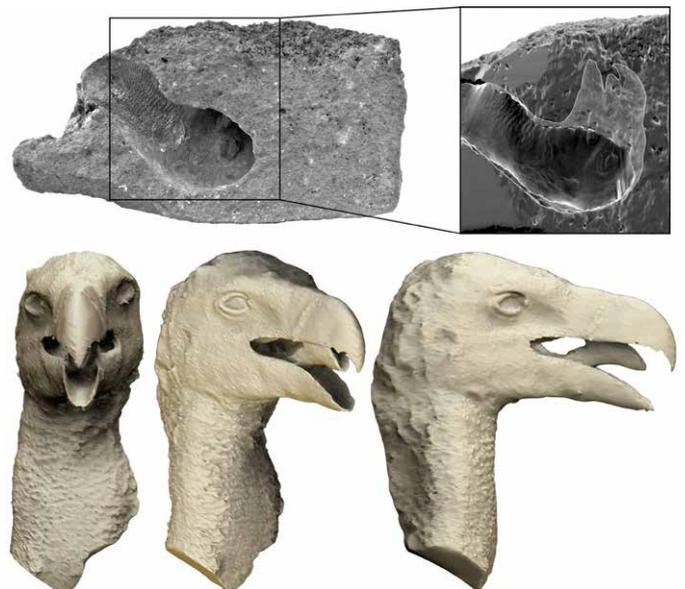


Fig. 6 - Modello 3D della testa di un grifone (*Gyps fulvus*) del Pleistocene superiore estratto da un blocco di Peperino Albano proveniente dal complesso vulcanico dei Colli Albani (Lazio).

VALORIZZAZIONE E DIVULGAZIONE

Lo sviluppo della paleontologia virtuale, come abbiamo visto, sta avvenendo in modo rapido e apre molteplici prospettive non solo nel campo della ricerca scientifica, ma anche nel settore della valorizzazione dei fossili - da intendere a tutti gli effetti come beni culturali - e fornisce anche formidabili strumenti per comunicare ad un ampio pubblico di appassionati e di non addetti ai lavori, temi cruciali come l'evoluzione degli organismi viventi, il tempo profondo, la storia del nostro pianeta. In Italia le azioni legate al restauro e alla tutela dei fossili come beni culturali vanno comunque autorizzate dalle soprintendenze di riferimento, mentre una recente riforma ha affidato al MISE (Ministero dello Sviluppo Economico) il compito della valorizzazione dei beni culturali.

La possibilità di intervenire in modo virtuale su reperti fragili o che necessiterebbero di lunghe e costose attività di preparazione "manuale" da parte di specialisti è una strada

di grande prospettiva per musei e operatori culturali (Fig. 7). Negli ultimi anni si stanno costruendo *database* di modelli 3D di fossili che permetteranno agli specialisti di effettuare analisi e confronti in remoto su campioni sempre più numerosi, così come è sempre più agevole poter restaurare virtualmente un reperto e poi realizzarne una copia fisica utilizzando stampanti 3D.

Come sempre avviene in ogni grande trasformazione, queste potenzialità portano con loro anche problemi aperti inerenti a questioni di "copyright", costruzione di "chimere", gestione dei dati e possibilità di *open access* in un mondo sempre più interconnesso. Sfide interessanti e nuove che legano il remoto passato della vita sulla Terra al futuro di coloro che vorranno continuare a guardare il nostro Pianeta con occhi che vogliono vedere.



Fig. 7 - L'elaborazione virtuale dei fossili frammentati consente una più facile e immediata comprensione dei reperti trovando molteplici applicazioni in ambito museale e didattico. A sinistra, frammenti di un lupo del Pleistocene Superiore proveniente da Grotta Romanelli (Puglia) e modello 3D finale a destra.

BIBLIOGRAFIA

Cherin M., Iurino D.A., Zanatta M., Fernandez V., Paciaroni A., Petrillo C., Rettori R. & Sardella R. (2018). Synchrotron radiation reveals the identity of the large felid from Monte Argentario (Early Pleistocene, Italy). *Scientific reports*, 8(1), 1-10.

Cunningham J.A., Rahman I.A., Lautenschlager S., Rayfield E.J. & Donoghue P.C. (2014). A virtual world of paleontology. *Trends in ecology & evolution*, 29(6), 347-357.

Iannucci A., Bellucci L., Conti J., Mazzini I., Mecozzi B., Sardella R. & Iurino D.A. (2022). Neurocranial anatomy of *Sus arvernensis* (Suidae, Mammalia) from Colleparado (Early Villafranchian; central Italy): taxonomic and biochronological implications. *Historical Biology*, 34(1), 108-20.

Iurino D.A., Danti M., Della Sala S.W. & Sardella R. (2013). Modern techniques for ancient bones: Vertebrate Palaeontology and medical CT analysis. *Bollettino della Società Paleontologica Italiana*, 52(3), 145-155.

Iurino D.A., Bellucci L., Schreve D. & Sardella R. (2014). Exceptional soft tissue fossilization of a Pleistocene vulture (*Gyps fulvus*): new evidence for emplacement temperatures of pyroclastic flow deposits. *Quaternary Science Reviews*, 96, 180-187.

Iurino D.A., Mecozzi B., Iannucci A., Moscarella A., Strani F., Bona F., Gaeta M. & Sardella R. (2022). A Middle Pleistocene wolf from central Italy provides insights on the first occurrence of *Canis lupus* in Europe. *Scientific Reports*, 12(1), 1-13.



CTD Logger multiparametrico (conducibilità, temperatura, pressione)

- Precisione / scala di conducibilità del sensore:
 $\pm 1\%$ max. / 0,2...200 mS/cm
- Precisione / sensore Pt1000 per monitorare la temperatura:
 $\pm 0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ / -10...40 $^{\circ}\text{C}$
- Precisione / campo di pressione (profondità):
 $\pm 0,02\%$ FS max. / 5...200 m
- Applicazioni:
monitoraggio della qualità dell'acqua e del livello



Competenza nella idrologia

Unità di trasmissione dati a distanza GSM

- Logger multiparametrico
- Trasmissione dei dati via e-mail, FTP oppure SMS
- Multifunzionale
- Durata della batteria fino a 10 anni
- Facilità d'installazione
- Software incluso

Logger di pressione e temperatura

- Autonomo
- Di facile uso
- Durata della batteria fino a 10 anni
- Applicazioni:
 - Acqua dolce
 - Acqua salata
 - Acqua sporca
- Ottenibile in acciaio Inox, Hastelloy oppure in Titanio





LE INVERSIONI DEL CAMPO MAGNETICO TERRESTRE

a cura di **Massimo Mattei e Francesca Cifelli**

Tra le proprietà del campo magnetico terrestre c'è quella di invertire la propria configurazione con una frequenza non prevedibile ed estremamente variabile nel tempo geologico. La scoperta delle inversioni magnetiche ha fornito un contributo fondamentale alla comprensione della storia e della dinamica del nostro pianeta, ponendo le basi per la formulazione della teoria della Tettonica delle Placche e fornendo un importante sistema di riferimento per la datazione degli eventi geologici. Modelli teorici e analisi delle inversioni del campo magnetico del passato mostrano che il meccanismo responsabile delle inversioni è molto complesso, con una diminuzione di intensità del campo magnetico, seguita da un suo recupero con una configurazione inversa. La più recente inversione è avvenuta circa 780.000 anni fa e nonostante la progressiva diminuzione dell'intensità del campo magnetico degli ultimi secoli non è ancora possibile prevedere quando il campo magnetico si invertirà nuovamente.



Keywords

- ▶ Campo magnetico
- ▶ Scala Magnetostratigrafica
- ▶ Tettonica delle Placche
- ▶ Espansione dei fondali oceanici

Francesca Cifelli

Dipartimento di Scienze, Sezione di Scienze Geologiche, Università Roma Tre.

IL CAMPO MAGNETICO TERRESTRE

Il campo magnetico terrestre rappresenta una delle manifestazioni più affascinanti e misteriose della dinamica del nostro pianeta, la cui origine e configurazione ha rappresentato uno dei grandi enigmi degli ultimi 2 millenni. La capacità di alcuni minerali magnetici di orientarsi verso il nord è stata utilizzata per la costruzione di bussole in Cina sin dal secondo secolo a.C. Il magnetismo terrestre rappresenta la prima proprietà fisica della Terra ad essere riconosciuta e il primo articolo scientifico riguardante il magnetismo risale al 1262 (Petrus Peregrinus, “*Epistola de Magnete*”), il primo trattato scientifico organico sul magnetismo risale a Gilbert nel 1600 (*De Magnete, Magneticisque Corporibus, et de Magno Magnete Tellure*), quindi ben prima della formulazione della Teoria di Newton sulla gravità (1672), mentre la sua compiuta descrizione matematica si deve a Gauss (1838), che ne riconobbe anche l’origine interna al nostro pianeta.

Il campo magnetico terrestre ha per il 90% delle caratteristiche molto semplici, che possono essere descritte immaginando che al centro della Terra ci sia un dipolo magnetico orientato parallelamente all’asse di rotazione terrestre (Fig. 1a). Questa ipotesi semplificata del campo magnetico (detta GAD, acronimo di *Geocentric Axial Dipole*) è di grandissima importanza, in quanto ci permette di definire l’asse di rotazione terrestre come elemento comune sia per la rappresentazione geografica della superficie terrestre, sia per la descrizione della forma del campo magnetico.

Per convenzione, la configurazione del campo magnetico attuale, nella quale sulla superficie terrestre le linee di forza al polo magnetico nord sono dirette verso l’interno del pianeta e il nord di un ago magnetico indica il nord geografico, è detto campo magnetico a polarità normale. Nella sostanza, il campo magnetico terrestre può essere usato in prima approssimazione come sistema di riferimento analogo a quello dei meridiani e paralleli (Fig. 1a).

Questa caratteristica del campo magnetico fu alla base, negli anni ‘50 del secolo scorso, dell’utilizzo della magnetizzazione rimanente (la magnetizzazione intrappolata nei minerali magnetici contenuti nelle rocce al momento della loro formazione) per dimostrare che i continenti presenti sulla Terra non avevano avuto sempre la stessa posizione nel loro passato, ma si erano mossi, sia uno rispetto all’altro e sia rispetto all’asse di rotazione terrestre, fornendo quindi le basi per la futura definizione della Teoria della Tettonica delle Placche degli inizi degli anni ‘60 (Irving, 1956).

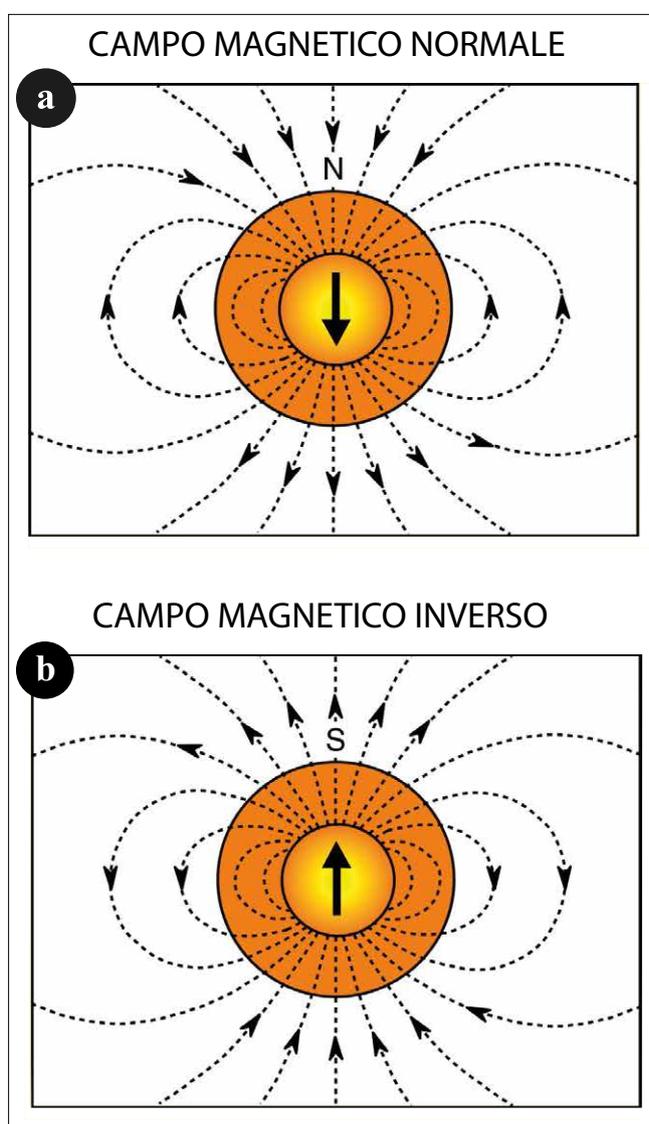


Fig. 1 - Configurazione Geocentrica, Assiale e Dipolare (GAD) del campo magnetico terrestre con polarità normale (a) e polarità inversa (b).

LA SCOPERTA DELLE INVERSIONI DEL CAMPO MAGNETICO

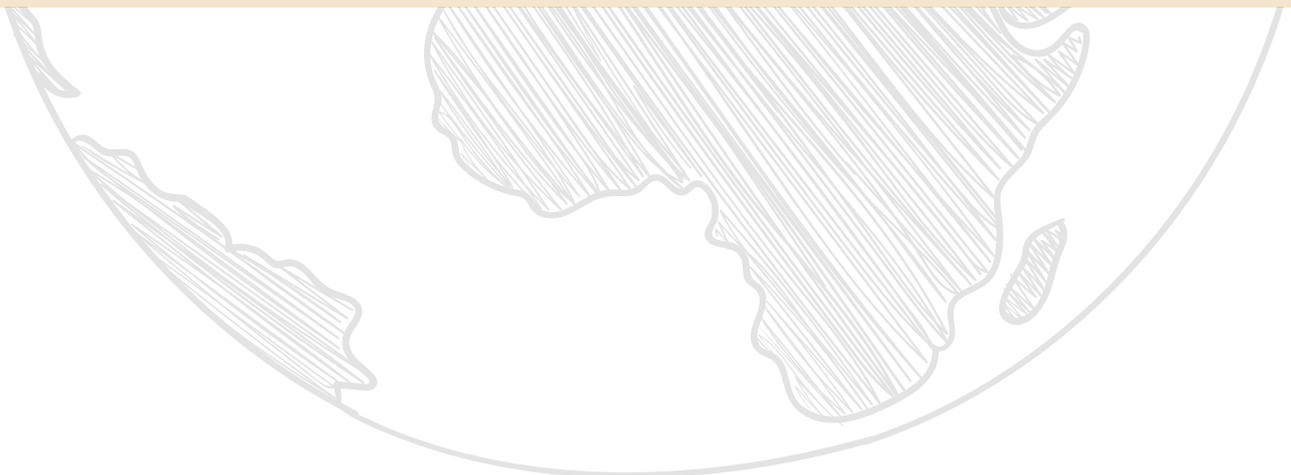
Tra le caratteristiche più affascinanti del campo magnetico terrestre la più complessa è quella relativa alla sua capacità di invertire la propria polarità, con la conseguenza che le linee di forza del campo, attualmente uscenti dal polo sud ed entranti al polo nord, si invertono (Fig. 1).

La possibilità che il campo magnetico non avesse avuto nel passato geologico sempre la stessa polarità fu riconosciuta dai primi pionieri degli studi paleomagnetici. Bernard Brunhes, nel 1906, studiò alcune lave del Miocene della provincia vulcanica dei Puys, in Francia, osservando che l'orientazione della loro magnetizzazione rimanente era rivolta verso sud e verso l'alto, invece che verso nord e verso il basso, con una direzione opposta a quella che si sarebbe osservata con un campo magnetico avente la stessa polarità di quello attuale. Brunhes attribuì questa direzione ad un'anomalia locale del campo magnetico terrestre.

Rocce con polarità magnetica opposta a quella attuale furono osservate ripetutamente dal geofisico giapponese Matuyama (1929) in uno studio sistematico su rocce vulcaniche della Manciuria e del Giappone. I risultati di Matuyama mostrarono per la prima volta una chiara relazione tra l'età delle rocce esaminate e la loro polarità magnetica. In particolare, Matuyama dimostrò che rocce del Pleistocene avevano una magnetizzazione simile a quella derivante dal campo magnetico attuale, mentre rocce più antiche mostravano polarità opposte. Matuyama ipotizzò pertanto che queste ultime si fossero magnetizzate durante un periodo

nel quale il campo magnetico terrestre aveva una polarità inversa. Si trattava delle prime evidenze sistematiche che il campo magnetico terrestre si fosse invertito nel passato e che la polarità normale o inversa del campo magnetico terrestre fosse funzione dell'età. L'ipotesi di Matuyama fu sostenuta nei decenni seguenti da nuovi risultati ottenuti su campioni ben definiti dal punto di vista stratigrafico provenienti dall'Islanda, dal Massiccio Centrale e dagli Stati Uniti occidentali, che dimostrarono come rocce del Pleistocene superiore e del Quaternario avessero polarità normale, mentre rocce del Pleistocene inferiore e del Pliocene erano caratterizzate da magnetizzazione inversa. Il successivo riconoscimento di ripetute inversioni di polarità magnetica nelle arenarie Torridoniane (Precambriano) della Scozia e in rocce devoniane e triassiche permise di ipotizzare che il fenomeno delle inversioni del campo magnetico fosse una caratteristica di lungo periodo del campo geomagnetico.

Questo promettente filone di ricerca e la progressiva accettazione dell'esistenza delle inversioni del campo magnetico da parte della comunità scientifica vennero messi tuttavia in serio dubbio dall'osservazione che rocce recenti di composizione dacitica in Giappone presentavano una polarità inversa e che tale fenomeno era dovuto alla capacità di queste rocce di acquisire una magnetizzazione opposta rispetto a quella del campo magnetico terrestre (fenomeno del *self-reversal*) (Nagata, 1952).



LE PRIME SCALE MAGNETOSTRATIGRAFICHE

Il dibattito scientifico sull'esistenza o meno di inversioni del campo magnetico ebbe quindi la sua conclusione solo all'inizio degli anni '60, quando lo sviluppo di nuovi spettrometri di massa permise di ottenere datazioni radiometriche affidabili sulle stesse rocce oggetto dell'analisi paleomagnetica. I risultati furono esaltanti, in quanto per la prima volta fu possibile dimostrare che rocce della stessa età avevano la stessa polarità magnetica e che diverse inversioni del campo magnetico terrestre si erano succedute nel tempo geologico. Inoltre, l'utilizzo di datazioni radiometriche consentì di definire con precisione l'età delle inversioni del campo magnetico terrestre. Queste indagini portarono da parte di Cox et al. (1963) alla pubblicazione della prima scala magnetostratigrafica, nella quale gli ultimi 3,5 milioni di anni venivano suddivisi in periodi nel quale il campo magnetico aveva avuto polarità magnetica inversa e altri, come l'attuale, nei quali il campo magnetico terrestre aveva una polarità normale (Fig. 2). A partire da questa iniziale scoperta, nel giro di pochi anni fu possibile provare che le inversioni del campo magnetico potevano avvenire a brevi intervalli temporali (denominati eventi), che presero il nome dalle località nelle quali erano stati riconosciuti per la prima volta (es. Jaramillo in Messico, Olduvai in Tanzania), che si succedevano a epoche nelle quali il campo magnetico rimaneva per tempi più lunghi con la stessa polarità, a cui vennero attribuiti i nomi dei grandi pionieri degli studi di geomagnetismo (Brunhes, Matuyama, Gauss e Gilbert) (Fig. 3). Con il procedere delle ricerche scientifiche apparve sempre più evidente che la stessa sequenza di inversioni magnetiche nel tempo poteva essere riconosciuta in rocce vulcaniche, in sedimenti marini e in sedimenti continentali. Pertanto, le polarità magnetiche registrate nelle rocce dovevano effettivamente essere legate ad inversioni del campo magnetico terrestre e non a fenomeni legati a *self-reversal*.

Da questo momento e in brevissimo tempo fu possibile costruire scale magnetostratigrafiche sempre più precise e dettagliate e sempre più estese nel tempo, fornendo un contributo fondamentale per la ricostruzione della storia del nostro pianeta.

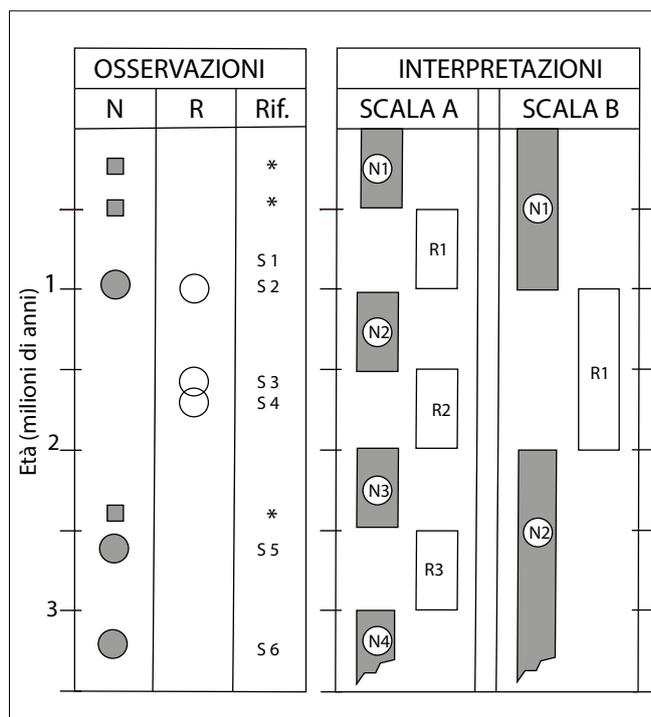


Fig. 2 - Prima scala magnetostratigrafica basata su dati paleomagnetici e radiometrici provenienti dall'Europa (quadrati e asterischi) e dal Nord America (cerchi e S1-S6) N=polarità magnetica normale; R=polarità magnetica inversa (modificato da Cox et al., 1963).

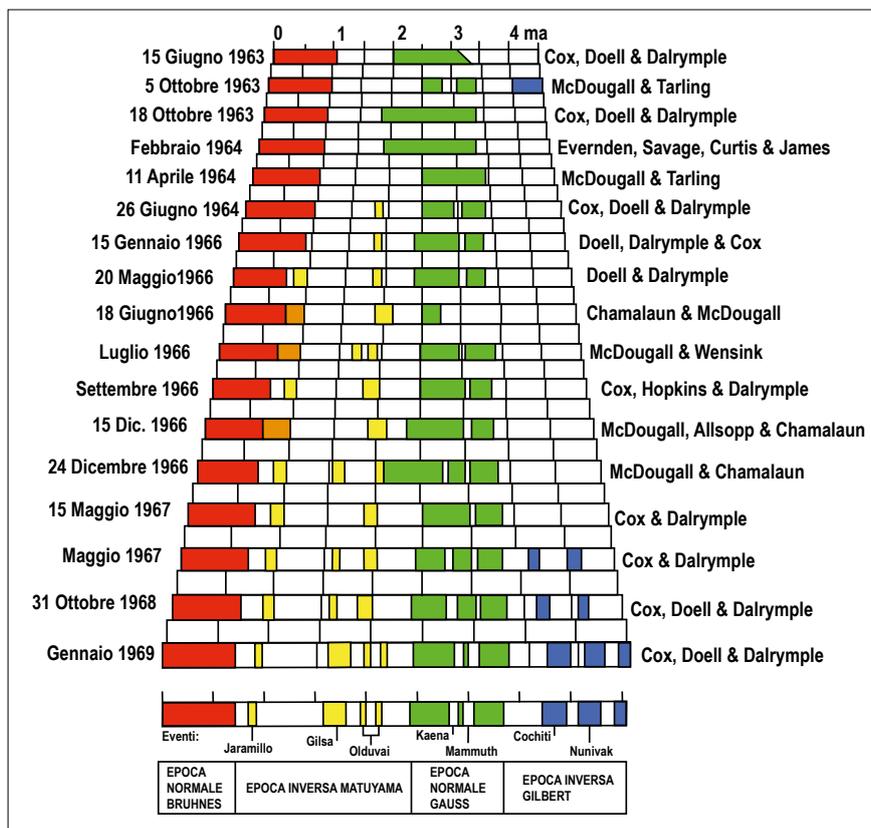


Fig. 3 - Evoluzione della scala magnetostratigrafica a partire dai primi anni '60, con il progressivo riconoscimento degli eventi di breve durata.

L'ESPANSIONE DEI FONDALI OCEANICI E LA TETTONICA DELLE PLACCHE

La scoperta delle inversioni del campo magnetico terrestre fornì un contributo essenziale per la comprensione del meccanismo di formazione dei bacini oceanici e quindi per la formulazione della teoria della Tettonica delle Placche. Grazie alla pubblicazione delle prime scale magnetostratigrafiche, avvenuta agli inizi degli anni '60, fu infatti possibile interpretare le fasce di anomalie magnetiche osservate negli oceani come il risultato della magnetizzazione acquisita dalle rocce magmatiche formate lungo le dorsali oceaniche (Vine and Matthews, 1963). Queste rocce venivano magnetizzate secondo un campo magnetico normale o inverso, in funzione dell'età della loro formazione, ed erano progressivamente allontanate dalla dorsale man mano

che nuova crosta oceanica veniva prodotta, dando origine quindi alle fasce di anomalie magnetiche osservate sui fondali oceanici. Su questa base fu rapidamente possibile dimostrare che le anomalie magnetiche avevano un andamento simmetrico rispetto alle dorsali oceaniche e che la loro successione era identica a quella ottenuta attraverso le datazioni radiometriche delle rocce vulcaniche sui continenti. A questo punto, ipotizzando un tasso costante di formazione della crosta oceanica, fu possibile utilizzare le anomalie magnetiche per estendere la scala magnetostratigrafica agli ultimi 10 milioni di anni e successivamente fino al Cretaceo superiore (80 milioni di anni) e, soprattutto, utilizzare le anomalie magnetiche come strumento

di datazione della crosta oceanica nei diversi oceani, producendo la prima carta delle isocrone dei fondali oceanici (Heirtzler et al., 1968). Nel giro di pochissimi anni quindi, grazie alla corretta interpretazione delle inversioni magnetiche e delle anomalie magnetiche, fu possibile comprendere il meccanismo di formazione della crosta oceanica, elemento fondante della Teoria della Tettonica delle Placche e giungere ad una dettagliata conoscenza della sua età nei diversi bacini oceanici (Fig. 4). Per ottenere lo stesso risultato sui continenti erano stati necessari diversi secoli di indagini geologiche.

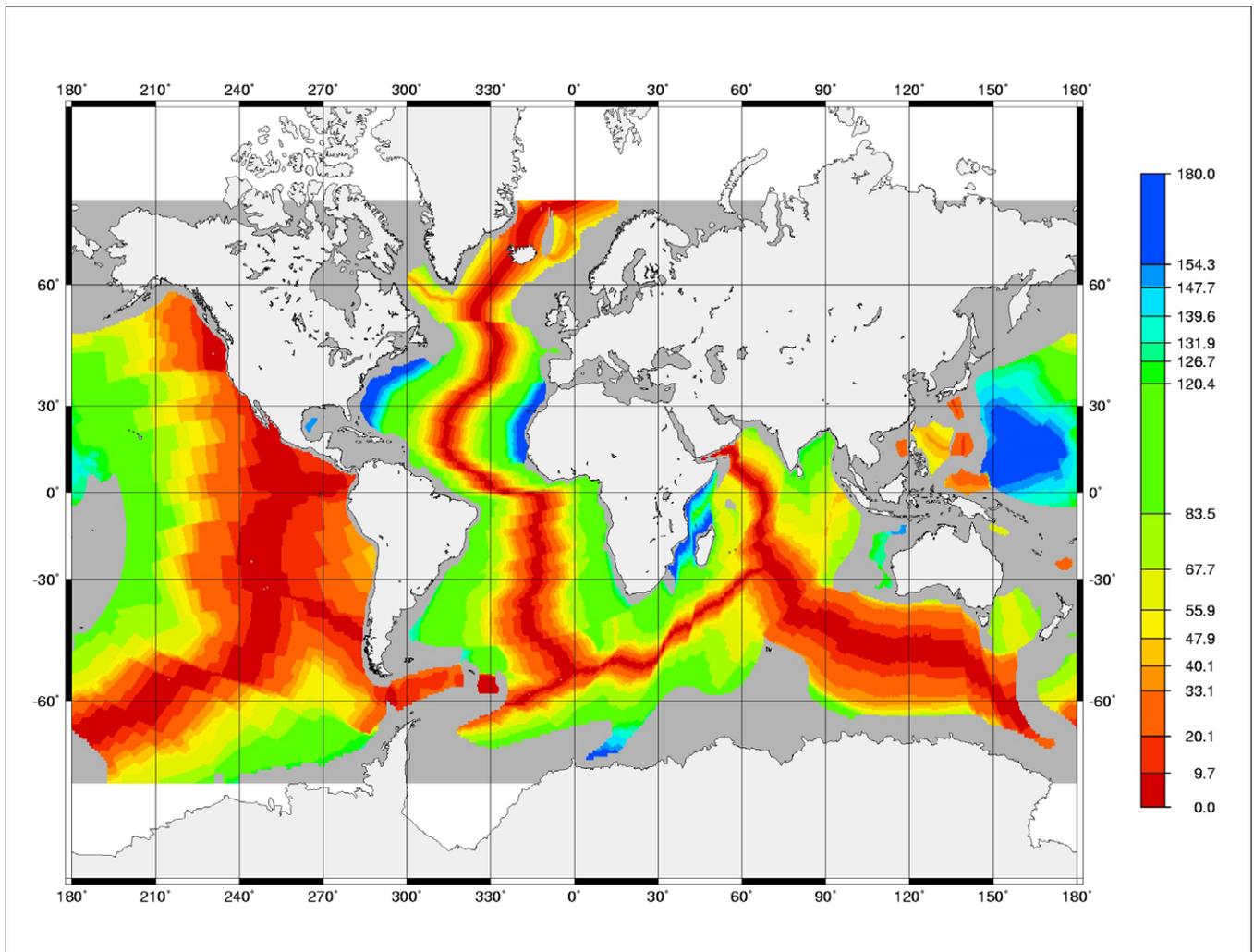


Fig. 4 - Carta dell'età della crosta oceanica, in milioni di anni, dedotta dalle anomalie magnetiche dei fondali oceanici (da Müller et al., 2008).

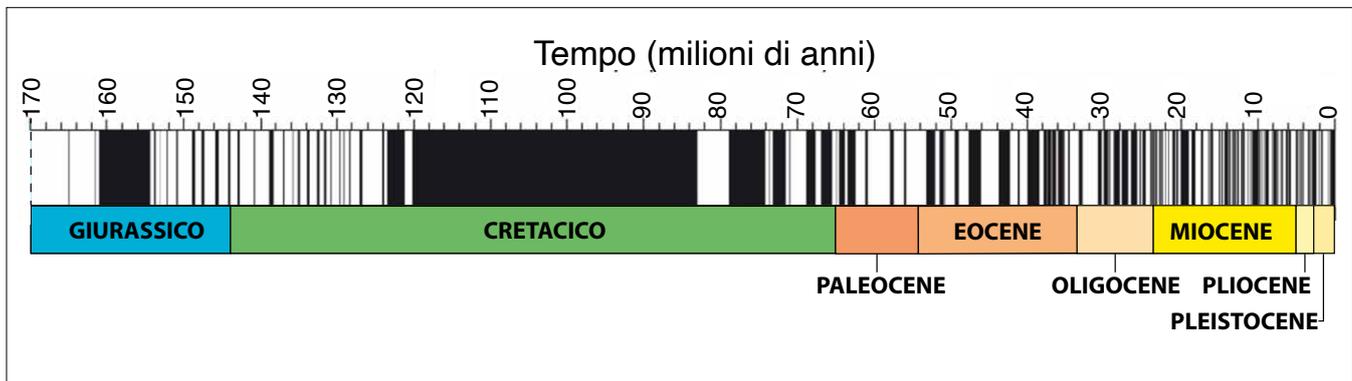


Fig. 5 - Scala magnetostratigrafica degli ultimi 170 milioni di anni. È visibile la variazione di frequenza e durata delle inversioni magnetiche. Nero=periodo a polarità normale; bianco=periodo a polarità inversa.

COSA SUCCEDDE DURANTE UN'INVERSIONE DEL CAMPO MAGNETICO

Una delle caratteristiche più complesse delle inversioni del campo magnetico riguarda la loro irregolarità e frequenza. In prima approssimazione, le inversioni del campo magnetico riflettono un processo casuale, dove cioè gli intervalli tra inversioni successive sono indipendenti dai cambiamenti di polarità precedenti. Gli intervalli temporali in cui il campo magnetico terrestre mantiene una polarità costante sono estremamente variabili, con durate che sono comprese tra circa 30.000 anni e diverse decine di milioni di anni. La frequenza media delle inversioni durante gli ultimi 65 milioni di anni è di circa 2 o 3 per milioni di anni e l'inversione più recente è avvenuta 780.000 anni fa. Ci sono intervalli, quali quello nella parte centrale del Cretacico nel quale il campo magnetico con polarità normale non si è invertito per circa 35 milioni di anni (Fig. 5), mentre durante il Permiano il campo magnetico si è mantenuto con la stessa polarità inversa per circa 40 milioni di anni (Intervallo Magnetico Kiaman).

Il meccanismo con cui il campo magnetico si inverte è stato studiato sia attraverso modelli teorici sia attraverso lo studio di dettaglio delle inversioni magnetiche del passato. I dati a nostra disposizione indicano che le inversioni del campo magnetico sono eventi rapidi dal punto di vista geologico, con una durata tipica di meno di 5000 anni e a volte di qualche centinaio di anni.

Durante l'inversione del campo magnetico si assiste ad una progressiva diminuzione dell'intensità del campo dipolare, che raggiunge valori intorno al 10-20% del campo iniziale durante l'inversione stessa, per poi crescere ancora, ma con polarità opposta a quella precedente (Fig. 6). In alcuni casi questo processo si interrompe e il campo magnetico ritorna

ad avere la stessa polarità iniziale. In questo caso si parla di escursioni del campo magnetico terrestre.

Le misure di intensità del campo magnetico terrestre degli ultimi secoli mostrano una progressiva diminuzione della sua intensità, analogamente a quanto osservato prima delle inversioni del campo magnetico del passato. Questa diminuzione di intensità segue un picco registrato tra 2500 e 2000 anni fa, e pertanto potrebbe essere legata ad una oscillazione simile alle molte registratesi negli ultimi 780.000 anni, piuttosto che ad un fenomeno precursore di una prossima inversione (Brown et al., 2018).

La presenza del campo magnetico ha la funzione fondamentale di schermare le radiazioni solari sul nostro pianeta. Pertanto, la diminuzione dell'intensità del campo magnetico durante un'inversione potrebbe portare ad un aumento delle radiazioni cosmiche sulla superficie terrestre con alcune conseguenze significative sul mondo biologico, che includono tra l'altro un possibile aumento dei tumori della pelle. Inoltre, la scarsa definizione o l'assenza totale del nord magnetico potrebbe avere conseguenze sulla capacità di orientarsi di diverse specie animali. Tuttavia, l'analisi delle passate inversioni magnetiche non sembra evidenziare alcun loro effetto significativo sul mondo biologico e, per quanto riguarda le inversioni più recenti, sull'evoluzione del genere Homo. E' tuttavia evidente che una variazione nella configurazione del campo magnetico terrestre potrebbe avere effetti importanti su molti aspetti della nostra società attuale, a partire da quelli legati alle telecomunicazioni, di cui non siamo ancora in grado di definire la portata.

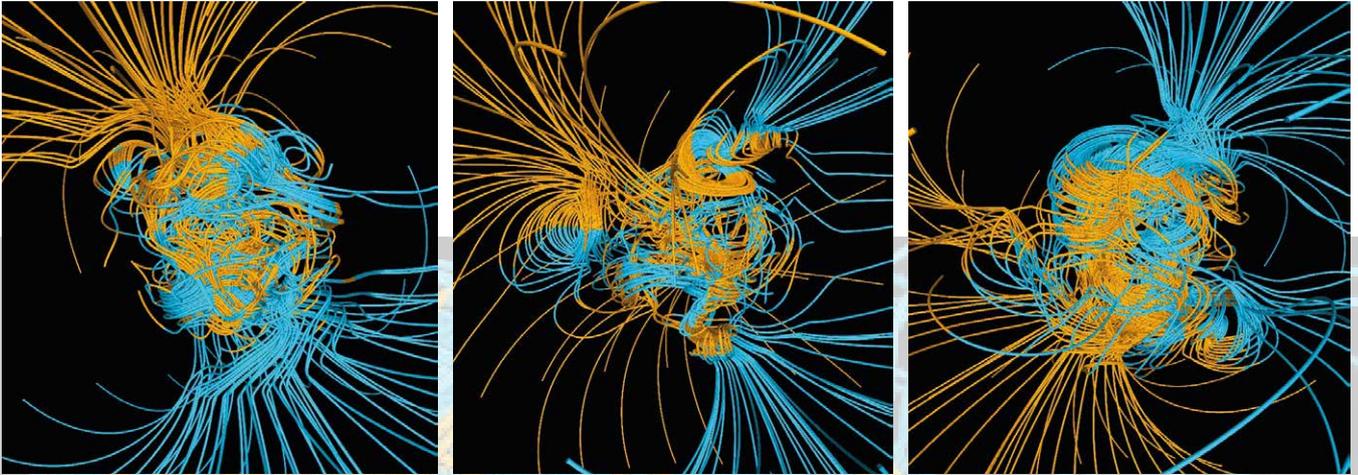
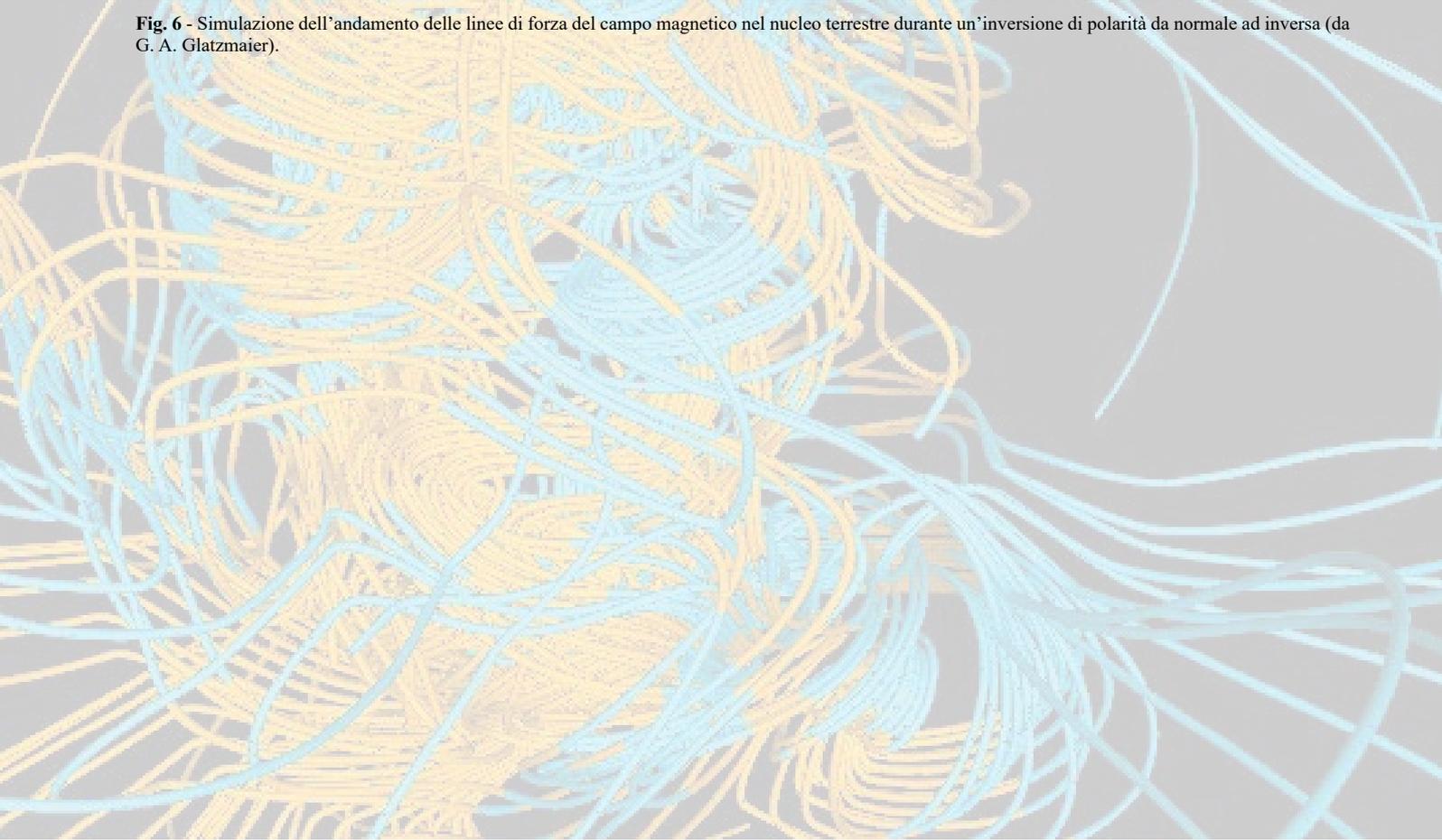


Fig. 6 - Simulazione dell'andamento delle linee di forza del campo magnetico nel nucleo terrestre durante un'inversione di polarità da normale ad inversa (da G. A. Glatzmaier).



BIBLIOGRAFIA

Brown M., Korte M., Holme R., Wardinski I. & Gunnarson S. (2018). *Earth's magnetic field is probably not reversing.* Proceedings of the National Academy of Sciences, 115, 20, 5111–5116.

Cox A., Doell R.R., & Dalrymple G.B. (1963). *Geomagnetic polarity epochs and Pleistocene geochronometry.* Nature, 198, 1049-1051.

Glatzmaier G. A. <https://websites.pmc.ucsc.edu/~glatz/geodynamo.html>

Heirtzler J.R., Dickson G.O., Herron E.M., Pittman W.C. III & LePichon, X. (1968). *Marine magnetic anomalies, geomagnetic field reversal and motions of the ocean floor and continents.* Journal of Geophysical Research, 73, 2119-2136.

Irving E. (1956). *Palaeomagnetic and palaeoclimatological aspects of polar wandering.* Geofisica Pura e Applicata, 33, 1-20.

Matuyama M. (1929). *On the direction of magnetization of basalts in Japan, Tyosen, and Manchuria.* Proc. Imp. Acad. (Tokyo) 5, 203.

Müller R.D., Sdrolias M., Gaina C. & Roest W.R. (2008). *Age, spreading rates and spreading symmetry of the world's ocean crust.* Geochemistry Geophysics Geosystems, 9, Q04006, doi:10.1029/2007GC001743.

Nagata T. (1952). *Reverse thermal-remanent magnetism.* Nature, 169, 704.

Vine F. J. & Matthews D. H. (1963). *Magnetic anomalies over oceanic ridges.* Nature, 199, 947-949.

2023 Mostra Internazionale

13-16
settembre 2023

GEO²⁴ FLUID

Drilling & Foundations

Mostra internazionale
delle Tecnologie ed Attrezzature
per la Ricerca, Estrazione
e Trasporto dei Fluidi Sotterranei



PIACENZAEXPO

www.geofluid.it

Uffici e Quartiere fieristico
PIACENZA EXPO Spa - Tel. +39.0523.602711
geofluid@piacenzaexpo.it



Fig. 1 - Un momento del Convegno Nazionale dell'Associazione Italiana G&T a cui la Sezione GIT ha concesso il patrocinio.

Dal 15 al 17 settembre 2022 si è svolto il Convegno Nazionale dell'Associazione Italiana di Geologia & Turismo sull'isola di Capraia (Li) dal titolo: "Geologia Insulare e Turismo ... a piedi nel Parco" (**Fig. 1**). La sezione di *Geosciences & Information Technologies* (GIT) della Società Geologica Italiana ha favorevolmente concesso il proprio patrocinio alla sessione 3: "L'innovazione nella divulgazione delle Geoscienze" presentando alcuni propri contributi orali e *poster*. È ormai indubbio, infatti, che grazie ai continui sviluppi nei campi dell'interoperabilità e della connettività (reti, architetture aperte, multimedialità, *social network*), l'*Information and Communication Technology* (ICT) giochi un ruolo di primaria importanza nel favorire la condivisione delle informazioni e, di conseguenza, incrementare il livello e la qualità della divulgazione scientifica. Ciò porta a creare un rapporto sostenibile con la natura e a sviluppare una maggiore consapevolezza dell'ambiente e delle sue fragilità.

Nell'ambito della sessione 3 alcuni contributi (tra i quali: "Un *BOT telegram* per la Carta Geologica Escursionistica della Riserva Naturale Statale del Furlo" di F. Ottaviani et al.; "Modelli 3D e *Geoclimbing* per la didattica delle Scienze della Terra: esempi dal caso studio dalla Val D'Ossola" di G. Tronti, "Promozione e protezione del cielo notturno" di L. Massetti) hanno evidenziato l'attualità e l'estrema utilità dell'utilizzo di strumenti propri dell'ICT per la raccolta e la condivisione verso il grande pubblico (anche non esperto) di informazioni derivanti dai più disparati campi delle Geoscienze.

La partecipazione a tutte le sessioni e alle escursioni pre- e post-convegno da parte degli iscritti alla Sezione GIT e del prof. Mauro de Donatis dell'Università degli Studi di Urbino "Carlo Bo", membro del Gruppo di Coordinamento della Sezione GIT nonché primo Coordinatore della Sezione dalla sua nascita, non ha fatto altro che cementare il forte spirito di collaborazione esistente tra la Sezione GIT e l'Associazione Nazionale G&T, nata nel corso degli anni e concretizzata attraverso proposte e partecipazioni a sessioni tematiche nell'ambito dei Convegni Annuali organizzati dalla Sezione GIT.

A seguito del successo della Tavola Rotonda "Il mondo della ricerca incontra l'impresa: il dialogo in azione" organizzata nell'ambito del XVI Convegno Nazionale della Sezione GIT a Fondi (Lt) nel mese di settembre 2022, ha preso avvio l'iniziativa "**Vetrina Impresa**" finalizzata, da un lato, a dare il giusto riconoscimento alle imprese che da anni supportano il Convegno Annuale della Sezione GIT e, dall'altro, a promuovere l'incontro tra il mondo della ricerca e il mondo dell'impresa. L'idea alla base

GEOSCIENZE e Tecnologie Informatiche

👤 Coordinatore: **Simone Sterlacchini**

🌐 www.socgeol.it/374/geoscienze-e-tecnologie-informatiche-git.html

di "**Vetrina Impresa**" è quella di portare la componente "ricerca e sviluppo" al cospetto dell'impresa e delle sue necessità nel tentativo di mettere in comunicazione da un lato la ricerca "giovane e *smart*" e, dall'altro, la visione del mercato e delle possibilità di *business* legati a idee e prodotti innovativi.

"**Vetrina Impresa**" veicola, attraverso il sito *web* e i canali *Social* della Sezione GIT (*Facebook*, *Twitter* e *Linkedin*), informazioni e richieste provenienti dall'impresa (obiettivi e progetti aziendali, ricerca di personale, *workshop* e incontri per la promozione di progetti/prodotti specifici, ecc.) verso il mondo della ricerca al fine di potenziare i vantaggi di una mutua collaborazione. Al tempo stesso, l'impresa viene costantemente informata circa i risultati della ricerca e dei prototipi progettati e implementati nell'ambito delle Università e degli Enti di Ricerca nonché delle figure professionali disponibili ad essere potenzialmente integrate nei *team* aziendali.

Nell'ambito di questa iniziativa, nella giornata del 12 ottobre 2022, presso gli uffici di NHAZCA s.r.l. (dott.ssa Vera Costantini, Project Manager of Satellite Business Unit) è stato organizzato un primo incontro con il Coordinatore della Sezione GIT a cui è seguito, mercoledì 09 novembre, l'incontro presso gli uffici della Hortus s.r.l. (ing. Mauro Reguzzoni, CEO) a Legnano (Mi) e, da ultimo, nella giornata di mercoledì 23 novembre, l'incontro presso gli uffici della Geosoul Italia s.r.l. (dott. Serafino Angelini, CEO), a San Benedetto del Tronto (Ap), storico sponsor della Sezione GIT e del Premio "Simone Frigerio" dedicato ai giovani ricercatori che si distinguono per l'elevata qualità della presentazione in termini di chiarezza espositiva, metodologia proposta e applicabilità della stessa.

Gli incontri sono stati finalizzati a ottimizzare la collaborazione tra impresa e mondo della ricerca, quest'ultimo ben rappresentato dalla Sezione GIT soprattutto nella sua componente "più giovane" e a finalizzare attività collaborative congiunte che potrebbero spaziare dalla presentazione di progetti nazionali e/o europei alle possibili "interazioni" in ambito accademico. Relativamente a quest'ultimo punto, in particolare, si è approfondito il tema della collaborazione Università-Impresa che già durante la Tavola Rotonda del Convegno di Fondi aveva costituito uno dei *topic* di maggior interesse. L'impresa si è dimostrata disponibile a organizzare seminari/*workshops* o presso i propri uffici oppure in aula, durante le lezioni, e altresì si è mostrata estremamente interessata alla realizzazione di tesi congiunte: una concreta possibilità per avviare i laureandi al mondo del lavoro attraverso una conoscenza preliminare delle peculiarità aziendali e delle figure professionali di interesse. Un primo esempio è stata la tesi di uno studente di Scienze Naturali - Facoltà di Scienze e Tecnologie dell'Università degli Studi di Milano, svolta in collaborazione con la Geosoul Italia s.r.l. (dott. Serafino Angelini), a San Benedetto del Tronto (Ap).

a cura di M. de Donatis, S. Angelini, S. Sterlacchini

GEOLOGIA

Planetaria

👤 Coordinatrice: Lucia Marinangeli

🌐 www.socgeol.it/372/geologia-planetaria.html

PERCHÈ ABBANDONARE DEI CAMPIONI *sulla superficie di Marte?*

Nelle scorse settimane le immagini del portacampioni abbandonato dal rover *Perseverance* sulla superficie di Marte (**Fig. 1**) ha fatto il giro del *web*. Per quale ragione è stato lasciato lì?

La missione Mars2020 di cui il rover *Perseverance* fa parte^[1] è la prima missione del programma di *Sample Return* finalizzato alla raccolta e conservazione di campioni di roccia e suolo geologicamente significativi da inviare sulla Terra per poter essere analizzati in dettaglio. L'obiettivo scientifico primario è quello di trovare tracce di vita fossile nel sito di atterraggio, il cratere Jezero. Jezero è un cratere da impatto di circa 45 km di diametro situato nella fascia equatoriale e all'interno di un immenso cratere, Isidis Planitia, di circa 1500 km di diametro.

La presenza di acqua nel passato del sito è testimoniata dai depositi di un antico sistema fluvio-deltizio e confermata dall'identificazione di minerali argillosi e carbonati dai dati dello spettrometro CRISM (Horgan et al.2020). Jezero rappresenta uno dei pochi siti marziani dove i carbonati sono stati individuati con certezza dagli spettrometri.

La strategia del *team* scientifico della missione è indirizzata verso la raccolta di circa 30 campioni di rocce e suolo che siano indicativi

di diversi processi geologici e potenziali testimoni di tracce di vita. *Perseverance* ha finora raccolto 18 campioni (**Fig. 2**) attraverso un minicarotiere installato sul braccio robotico del rover e custoditi all'interno del rover dentro un contenitore in attesa di essere consegnato a una delle future missioni che lo riporterà sulla Terra. *Perseverance* ha anche preso duplicati di alcuni campioni che verranno lasciati sulla superficie come soluzione di *back-up* nel caso di problemi nel recupero di quelli presenti all'interno del rover. Il primo campione è stato rilasciato il 21 dicembre (**Fig. 1**) e dovrà aspettare ancora diversi anni prima di essere recuperato da dei droni probabilmente simili all'elicotterino *Ingenuity*^[2] testato per la prima volta con la Mars2020. Questi droni sorvoleranno il cratere Jezero alla ricerca dei campioni lasciati sulla superficie per sottoporli ad ulteriori analisi.

Questo ambizioso progetto di recupero dei campioni marziani vedrà una stretta collaborazione tra NASA ed ESA, con un largo coinvolgimento non solo dell'industria aerospaziale europea, ma anche della comunità scientifica. Infatti, è probabile che per la fine di questo decennio potremmo avere i primi campioni di Marte nei laboratori terrestri, pronti per essere analizzati e finalmente fornire risposte certe sull'evoluzione geologica di questo pianeta.

Bibliografia:

Horgan B.H.N., R.B. Anderson, G. Dromart, E.S. Amador & M.S. Rice (2020). *The mineral diversity of Jezero crater: Evidence for possible lacustrine carbonates on Mars*. *Icarus*, Volume 339, 113526, ISSN 0019-1035
<https://doi.org/10.1016/j.icarus.2019.113526>

Approfondimenti:

[1] La missione Mars2020
<https://mars.nasa.gov/mars2020/mission/overview>

[2] L'elicottero *Ingenuity* della missione Mars2020
<https://mars.nasa.gov/technology/helicopter>



Fig. 1 - Il campione lasciato sulla superficie di Marte il 21 dicembre 2022 durante il 653° giorno marziano (sol) della missione e fotografato dalla camera WATSON a bordo del rover. La carota prelevata è di circa 60 mm di lunghezza e 13 di diametro. Si tratta di una copia di un campione presente all'interno del rover che viene lasciato sulla superficie come soluzione di *backup* nel caso di problemi nel recupero di quelli presenti all'interno del rover. Questi campioni verranno raccolti da successive missioni utilizzando dei droni simili all'elicotterino *Ingenuity*.
 Crediti: NASA/JPL-Caltech/MSSS

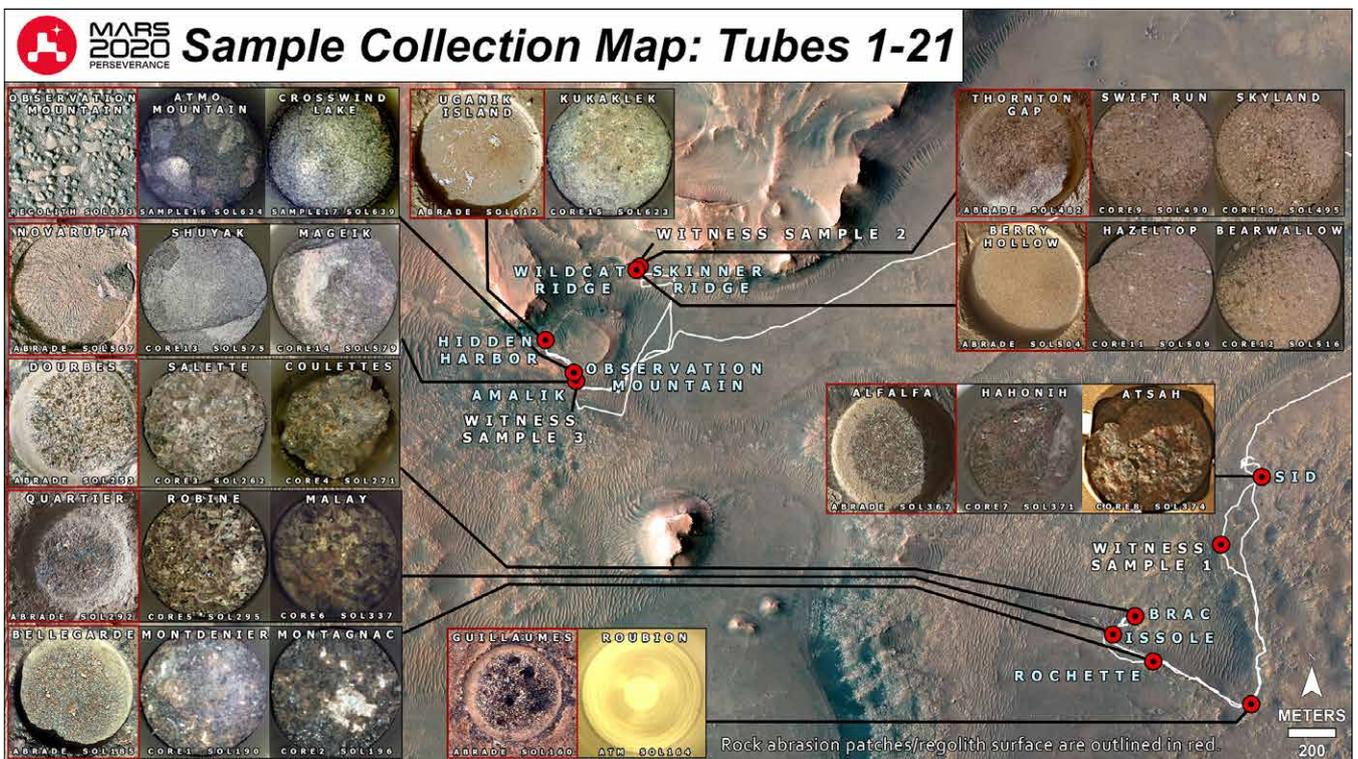


Fig. 2 - Immagini della superficie pulita dei 18 campioni finora prelevati dal minicarotiere montato sul braccio meccanico di *Perseverance* e la mappa dei siti dove sono state campionate. Le immagini della superficie abrasa prima del campionamento sono evidenziate con il riquadro rosso e hanno un lato di circa 5 cm. Il *witness sample* invece assorbirà molecole e particolato atmosferico per dare indicazioni sulle condizioni ambientali vicino ai siti campionati e registrare eventuali contaminazioni durante la perforazione. I nomi dei siti così come per le strutture e zone più interessanti esplorate dal rover, indicano parchi nazionali o zone protette delle nazioni che contribuiscono alla missione (Canada, Spagna, Norvegia) mentre il sito di atterraggio è stato dedicato ad Octavia E. Butler, una famosa scrittrice americana di libri di fantascienza. Crediti: NASA/JPL-Caltech

GEOLOGIA

Marina

● Coordinatore: **Attilio Sulli**

🌐 www.socgeol.it/255/geologia-marina.html

Il 13 dicembre del 2022 si è svolta in modalità telematica la riunione annuale della Sezione di Geologia Marina, che ha visto la numerosa partecipazione di affiliati alla Società Geologica Italiana. Nel corso della riunione sono state illustrate le iniziative intraprese nel corso del 2022. Dal punto di vista della **didattica avanzata**, si è svolta a Ponza dal 20 al 23 settembre la “Scuola di Geomorfologia, Ecologia e biologia in ambiente marino ed insulare”, patrocinata dalla sezione. La scuola, organizzata da Enrico Miccadei dell’Università di Chieti e da Elena Romano di ISPRA, ha visto la partecipazione di numerosi componenti della Sezione, sia nel ruolo di docenti che di discenti (**Fig. 1**). La scuola è finalizzata alla formazione di studenti, dottorandi, ricercatori e tecnici impegnati nello studio dell’ambiente marino-costiero. Per quanto riguarda le iniziative editoriali è stata presentata l’imminente pubblicazione di un volume speciale di *Journal of Marine Science and Engineering* dal titolo “*Marine Geological Mapping*”, che raccoglie contributi su diversi aspetti, da quelli cartografici a quelli morfo-deposizionali e strutturali. È in preparazione un volume speciale di “*Journal of Maps*” per presentare i risultati del progetto *Magic*. Sempre per questo progetto sono state spedite 1200 copie dell’Atlante dei Lineamenti di pericolosità dei Mari Italiani a capitanerie, uffici tecnici dei comuni costieri, province, regioni e aree marine protette, oltre che alle università e agli Enti di Ricerca interessati.

Per le **infrastrutture navali**, dettagli sulla recente acquisizione della nave da ricerca Gaia Blu sono stati illustrati da Fabio Trincardi, capo del Dipartimento Terra e Ambiente del CNR, artefice principale dell’acquisizione. Il Dott. Trincardi ha presentato le caratteristiche tecniche, le strutture di bordo e le potenzialità scientifiche, sottolineando la qualità della nave che è stata “ringiovanita” al 2009. La disponibilità di una nave da ricerca in Mediterraneo è fondamentale per competere nei progetti di *Horizon Europe* previsti per l’ambiente marino. La nave consentirà di ripristinare la collaborazione tra CNR ed enti di ricerca e università e di formare la nuova generazione di ricercatori e tecnici. Le campagne saranno tutte improntate alla *Open science*, con elaborazione dei dati a bordo. Fabio Trincardi ha poi illustrato la campagna di test svolta nel Golfo di Napoli, scelto nella prospettiva di *Blue Med* e delle tematiche riguardanti le grandi città costiere con grande dinamica di processi naturali e alta biodiversità.



Fig. 1 - Nella foto i partecipanti alla terza edizione della Scuola di Geomorfologia, Ecologia e biologia in ambiente marino ed insulare.

Per quanto riguarda i **grandi progetti nazionali** i membri della sezione sono stati aggiornati sulle iniziative che si stanno sviluppando in ambito PNRR con attività di geologia marina (progetti *Geosciences* e *Return*) e sul rifinanziamento del progetto CARG. Fabiano Gamberi ha riferito sull’andamento del Progetto METIQ, che unisce varie unità operative per la realizzazione di una Carta dei Depositi Quaternari alla scala 1:500.000.

Infine, Francesco L. Chiocci, Francesca Budillon e Attilio Sulli hanno fornito informazioni sul **Convegno dei Geologi Marini Italiani**, che si terrà a Roma in presenza il 14 e 15 di febbraio. Alla fine dell’assemblea Enrico Bonatti, professore di geologia marina in numerose università americane oltre che a Pisa e Roma, già direttore di ISMAR-CNR e figura storica della geologia marina italiana, ha tenuto un seminario dal titolo “L’esplorazione degli oceani negli ultimi 50 anni e contributi scientifici al modello dello *spreading* oceanico”. Il **seminario** ha rappresentato una vera e propria “immersione” nelle fasi pionieristiche della geologia marina ed un’occasione per conoscere dalla viva voce di uno dei protagonisti le ricerche e le scoperte che hanno contribuito alla costruzione dei modelli attuali della geologia.

Storia delle GEOSCIENZE

📍 Coordinatore: **Alessio Argentieri**

🌐 www.socgeol.it/368/storia-delle-geoscienze.html

GEOITALIANI10: *il decennale della Sezione di Storia delle Geoscienze, nel segno di Ulisse*

Nel dicembre 2012 la Società Geologica Italiana istituì la Sezione di Storia delle Geoscienze, con finalità di recupero delle radici della comunità geologica italiana, base fondamentale su cui fondare un rinnovamento del ruolo propulsivo avuto nella storia d'Italia, quando i nostri predecessori contribuirono al progresso delle geoscienze a livello internazionale. Il decennale della Sezione è stato celebrato a Bologna, grazie all'ospitalità del socio Paolo Macini che ha coordinato l'organizzazione degli eventi, nella città simbolo nella quale Ulisse Aldrovandi coniò il termine "geologia" nel 1603.



Il 26 gennaio si è svolta una visita ai **Musei universitari di Palazzo Poggi** e all'esposizione ***L'altro Rinascimento. Ulisse Aldrovandi e le meraviglie del mondo*** allestita per il cinquecentenario dello scienziato (www.unibo.it/aldrovandi500), guidati da Ezio Mesini e Paolo Macini.

La giornata è proseguita con la visita al **Museo Geologico "Giovanni Capellini"**, e ad uno degli eventi del cinquecentenario: ***MENTE ET MALLEO. From Ulisse Aldrovandi to Giovanni Capellini: stories of the first geology museum; guide d'eccezione Gian Battista Vai e Federico Fanti***. Ospite graditissima Silvana Viali, figlia di Vittorio già Direttore del museo, alla cui figura sarà dedicata una prossima iniziativa.

Venerdì 27 giornata dedicata al convegno **"GEOITALIANI 10"** ospitato nella Sala di Ulisse di Palazzo Poggi dell'Accademia delle Scienze bolognese. Ad aprire i lavori, sotto le volte affrescate con scene dell'Odisseo primigenio, il Presidente dell'Accademia Luigi Bolondi, Ezio Mesini (UNIBO - Accademia delle Scienze), Fabio Massimo Petti in rappresentanza del Presidente della SGI e Paolo Macini (UNIBO) a nome del Comitato scientifico.

Nella sessione introduttiva un intervento degli scriventi ha ripercorso i 10 anni di vita della Sezione, con il passaggio "da spedizione garibaldina ad esercito regolare", evidenziando l'eterogeneità di formazione, specializzazione e provenienza dei propri membri, che consente una sintesi tra l'approccio scientifico e quello epistemologico alla storia della geologia. A seguire la prolusione di G.B. Vai, dedicata a Capellini e al suo deuteragonista Scarabelli.

Le comunicazioni scientifiche sono state raggruppate in sessioni tematiche: *I personaggi, I luoghi, Gli oggetti e le immagini*.

Il programma della conferenza è consultabile sul sito GEOITALIANI (www.geoitaliani.it/2023/01/geoitaliani10.html).

La ripresa video della conferenza, realizzata dal socio Giovanni De Caterini, sarà a breve disponibile sul canale YouTube Geoitaliani (www.youtube.com/channel/UCNL6k7NY4pyEt2zKnXYtl8Q), a beneficio di chi non ha potuto esser presente a Bologna.

a cura di Alessio Argentieri e Marco Pantaloni

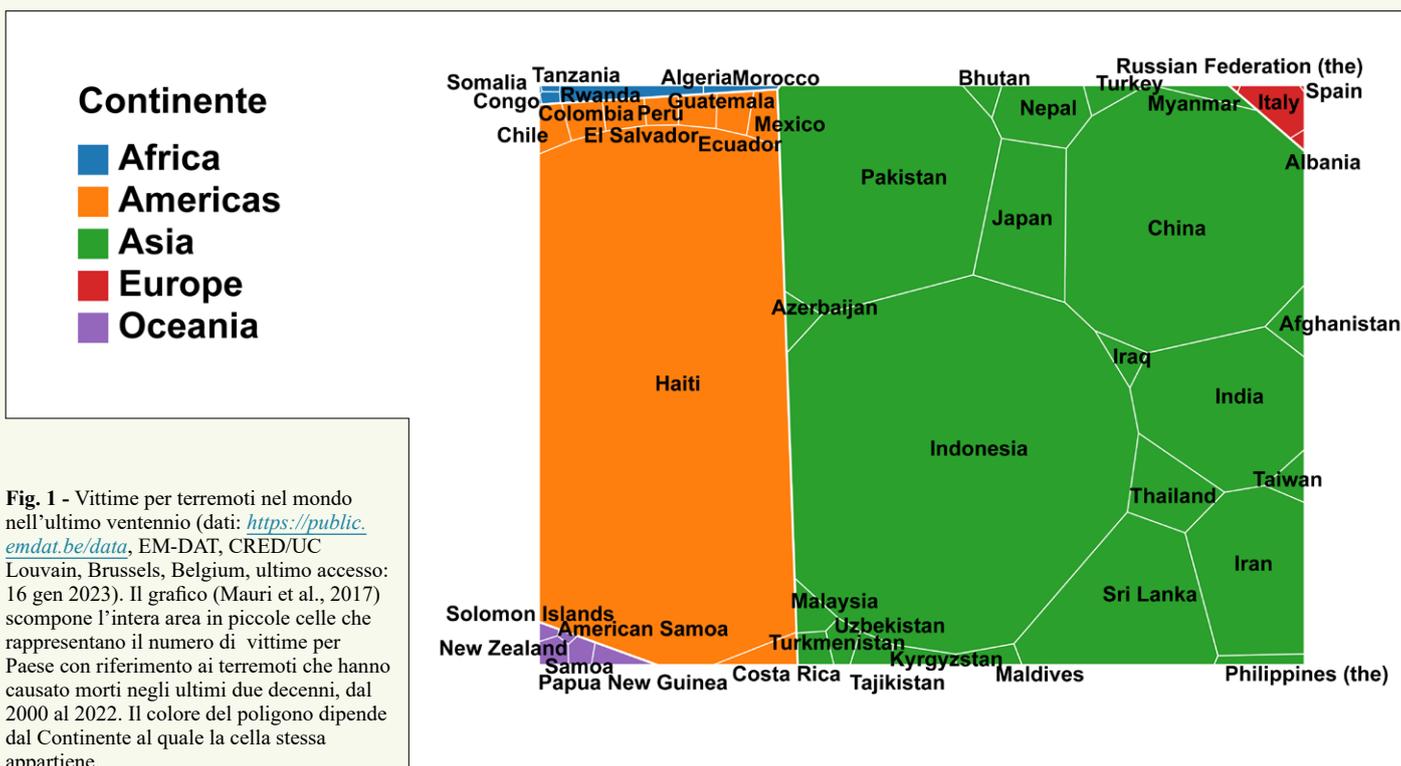
GEOLOGIA *Ambientale*

👤 Coordinatore: Mariano Mercurio

🌐 www.socgeol.it/401/geologia-ambientale.html

MICROZONAZIONE SISMICA. *Quali scenari per il futuro?*

L'Agenda 2030 si propone di realizzare 17 Obiettivi di Sviluppo Sostenibile. Tra questi, l'obiettivo 13: "Take urgent action to combat climate change and its impacts" si propone di rafforzare la resilienza e la capacità di adattamento ai rischi legati ai disastri naturali. L'altro dei due accordi adottati dalle Nazioni Unite per la riduzione del rischio sismico è il *Sendai Framework*. Una delle opportunità per affermarli con azioni concrete, visto il gran numero di morti che i terremoti sono in grado di provocare (Fig.1), è costituita dagli studi di microzonazione sismica (in seguito MS). Non è infatti il terremoto in sé a causare vittime, ma il modo in cui gli edifici sono in grado di resistere alle azioni sismiche (Moscatelli et al., 2020). La MS è quindi di diritto inseribile tra gli strumenti dedicati alla difesa del territorio, *focus* attorno a cui ruota la Geologia Ambientale. I dati di Fig.1 ci aiutano a riflettere sulla necessità di rafforzare la cooperazione scientifica tra i Paesi. Mancini et al., 2021 è un valido esempio di tentativo messo in opera in questa direzione. Lo stato di attuazione degli studi in Italia è indicato invece in Fig. 2. L'obiettivo della Legge n. 77/2009 di dotare i Comuni almeno del livello di base di conoscenza, per poi procedere con gli approfondimenti, è raggiunto nel 60% dei Comuni eleggibili.



In realtà, mentre da un lato i numeri dimostrano che è necessario compiere ancora degli sforzi, dall'altro è evidente che gli studi nel campo della MS hanno incontrato sempre più aspetti innovativi della Ricerca (*new technologies, data science, computation engineering*). La rivoluzione nel campo del *wireless, contact-less* e dei *big data* contribuisce a rimodellare i contorni dei metodi attuali di fare MS. Con l'avanzamento delle capacità computazionali poi, la nuova frontiera dell'approccio totalmente probabilistico (Gaudiosi et al., 2023) potrà fornire nuove informazioni idonee a raggiungere una comprensione dettagliata dei processi a scala maggiore di quelle tipicamente utilizzate.

L'adozione di rinnovate *partnership* globali, insieme alle capacità di monitorare i fenomeni naturali con sempre maggiore risoluzione, sarà quindi, la nuova sfida, che ci condurrà a strategie che traggono il massimo rendimento dall'applicazione degli studi di Geologia Ambientale.

a cura di *Iolanda Gaudiosi, Marco Mancini, Grazia Caielli, Roberto de Franco, Massimiliano Moscatelli, Francesco Stigliano*
Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria del Consiglio Nazionale delle Ricerche

Bibliografia:

Mancini M., Skrame K., Simionato M., Muçi R., Gaudiosi I., Moscatelli M., & Daja S. (2021). *Site characterisation in Durrës (Albania) from a seismic microzonation perspective.* Bollettino di Geofisica Teorica e Applicata, 62(1), 33-60.

Mauri M., Elli T., Caviglia G., Uboldi G., & Azzi M. (2017). *RAWGraphs: A Visualisation Platform to Create Open Outputs.* In Proceedings of the 12th Biannual Conference on Italian SIGCHI Chapter (p. 28:1–28:5). New York, NY, USA: ACM.

Moscatelli M., Mancini M., Peronace E., Polpetta F. & Stigliano F. (2020). *La microzonazione per la mitigazione del rischio sismico in Italia.* Geologicamente 3, 18-56.

Gaudiosi I., Porchia A., Caielli G., Albarello D., de Franco R. & Moscatelli M. (2023). *Amplification of ground motions incorporating uncertainty in subsurface soils throughout extensive seismic microzonation data.* Atti del 41° Convegno Nazionale del Gruppo Nazionale di Geofisica della Terra Solida GNGTS, 7-9 Febbraio Bologna.

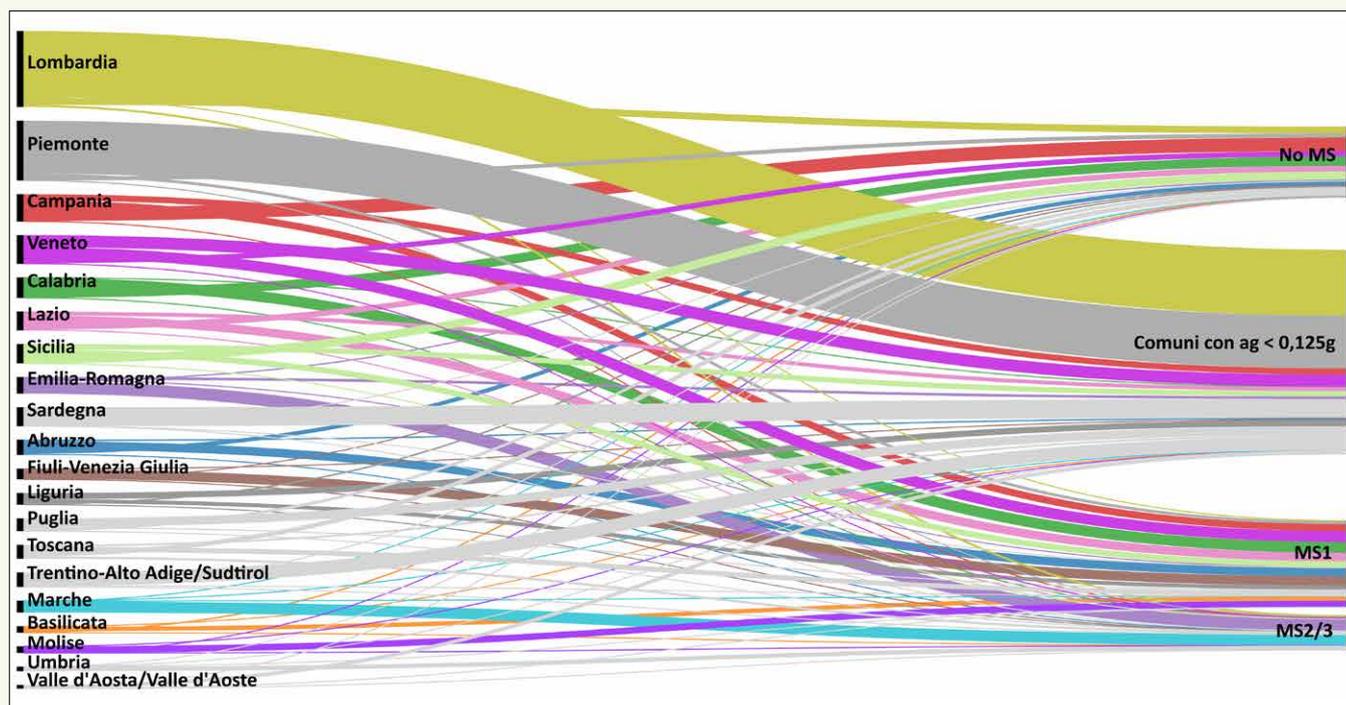


Fig. 2 - Stato di attuazione degli studi di MS per Regione, in Italia (aggiornato a dicembre 2022). Sorgente dati: www.webms.it (Portale informativo e cartografico della Microzonazione Sismica e della Condizione Limite per l'Emergenza, ultimo accesso: 18 gennaio 2023). Grafico: Mauri et al., 2017.

GEOsed

● Coordinatore: **Marcello Tropeano**

🌐 www.socgeol.it/369/geosed.html



La socia Daniela Fontana presenta la sua relazione ad invito in occasione della VII edizione degli Incontri di Geologia.

(comunicazione), Sabrina Amodio (tesoreria).

È stato un anno davvero soddisfacente per la nostra comunità! Le varie attività (seminari *online*, premiazioni di giovani ricercatori, il Congresso di Bari, le tre riunioni dei soci – la prima in occasione del Congresso di Bari in giugno, la seconda durante il Congresso SGI di Torino in settembre e la terza in occasione degli Incontri di Geologia in dicembre) sono state ben accolte dai nostri soci che hanno sempre partecipato numerosi. Siamo inoltre orgogliosi dell'importante incremento del numero di iscrizioni che ha coinvolto soprattutto giovani ricercatori, dottorandi e anche studenti dei nostri Corsi di Laurea in Geologia.

L'ultima iniziativa dell'anno 2022, la VII edizione degli Incontri di Geologia, si è tenuta lo scorso primo dicembre presso il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Roma La Sapienza. La giornata è stata introdotta dal Presidente della Società Geologica Sandro Conticelli e dal Coordinatore uscente di GeoSed Marco Brandano ed è stata ampiamente partecipata sia in presenza sia online. Il Coordinatore uscente ha ringraziato e salutato pubblicamente tutti i componenti del Comitato Direttivo: Daniela Ruberti, Massimo Moretti, Ivan Martini ed in particolare modo la Segretaria, Amalia Spina, per il grande spirito collaborativo e l'eccezionale sintonia che ha permesso di offrire tante iniziative e soprattutto di riproporre i premi per i giovani. Nel corso della giornata è stato poi premiato dal Coordinatore entrante Marcello Tropeano il giovane ricercatore Alessandro Mancini per la "Migliore guida all'escursione" curata insieme al socio Enrico Capezzuoli (Università di Firenze) e focalizzata

Alla fine del 2022, la sezione GeoSed ha rinnovato il proprio Consiglio Direttivo. Al Coordinatore uscente, Marco Brandano, è subentrato Marcello Tropeano, e il resto del Consiglio Direttivo risulta così composto: Amalia Spina e Alessandro Mancini (segreteria), Agata Di Stefano e Irene Cornacchia (iniziative ed eventi), Ivan Martini e Luigi Bruno

sui travertini di Rapolano Terme (Siena) e delle Acque Albule (Tivoli). Di seguito la socia Daniela Fontana (Università di Modena e Reggio Emilia) ci ha parlato della sua attività di ricerca sulla stratigrafia ed evoluzione della Pianura Padana alla fine del Quaternario. Francesco Dela Pierre (Università di Torino) ci ha poi illustrato come la sedimentologia incontra la geomicrobiologia nell'analisi delle crisi degli ecosistemi. Il giovanissimo dottorando Massimo Civitelli (Università della Calabria) ci ha mostrato i risultati ottenuti nel suo primo anno di dottorato. In chiusura le presentazioni di Alessandro Mancini e Francesca Padoan (Università di Padova).

Anche il 2023 si preannuncia ricco di eventi nei quali la nostra sezione o diversi afferenti ad essa saranno protagonisti. Di seguito un elenco, sicuramente non esaustivo, di quanto bolle in pentola:

Congresso Geosed 2023

📅 25 giugno / 1 luglio 2023 📍 Torino

🌐 www.socgeol.it/N4996/congresso-geosed-2023-primacircolare.html

International Conference on Fluvial Sedimentology 2023

📅 2 / 7 luglio 2023 📍 Riva del Garda

🌐 www.icfs2023.it

Bathurst meeting 2023

📅 5 / 7 settembre 2023 📍 Napoli

🌐 bathurst2023.azuleon.org

a cura di Marco Brandano, Alessandro Mancini e Amalia Spina

È con grande preoccupazione che subentro a Marco Brandano, che nei suoi anni di coordinamento ha favorito la crescita della nostra sezione per numerosità di afferenti, partecipazione agli eventi e ventaglio di attività proposte. Un vivo ringraziamento va quindi espresso a lui, ai consiglieri uscenti che lo hanno coadiuvato (Daniela Ruberti e Massimo Moretti) e a quelli che hanno potuto e gradito riproporsi per un altro mandato (Ivan Martini e Amalia Spina). Mantenere un livello così elevato per qualità e quantità di attività non sarà impresa facile ma è l'obiettivo prefissato dal nuovo consiglio direttivo. Sicuramente dovremo riabituarci ad incontrarci fisicamente, nonostante la grande opportunità offerta dagli incontri a distanza, fra i pochi risultati positivi del periodo pandemico che abbiamo attraversato.

Sperando di non far rimpiangere chi mi ha preceduto, non solo Marco Brandano, ma prima di lui, Simonetta Cirilli, Vincenzo Pascucci e Marco Roveri (solo per citare chi ha rappresentato GeoSed negli ultimi 15 anni), ringrazio tutti per la fiducia accordatami.

a cura di Marcello Tropeano

Fronte di cava in cui è possibile riconoscere una stratificazione tabulare nei depositi del travertino pleistocenico del bacino delle Acque Albule (Tivoli, Roma) grazie alla presenza di superfici di discontinuità ricoperte da paleosuoli. Affioramento parte dell'escursione la cui guida è stata premiata in occasione della VII edizione degli Incontri di Geologia (Foto di Alessandro Mancini).

GEOETICA e Cultura Geologica

👤 Coordinatrice: **Silvia Peppoloni**

🌐 www.socgeol.it/371/geoetica-e-cultura-geologica.html

La sezione di geoetica e cultura geologica della SGI/IAPG-Italy promuove i temi della geoetica a livello nazionale e internazionale e coordina la rete internazionale della IAPG - International Association for Promoting Geoethics (www.geoethics.org).

Di seguito si riportano informazioni sulle iniziative e le attività più significative che la sezione ha promosso, supportato, o direttamente svolto nei mesi scorsi e su eventi che avranno luogo nei mesi prossimi.

- ▶ Partecipazione al **Panel del Deep Digital Earth Forum**, coorganizzato da UNESCO, IUGS e DDE. Titolo: “*Geoliteracy: raising public awareness and societal relevance of geosciences*”. UNESCO Headquarters
📍 Parigi 📅 9/11/2022
- ▶ Partecipazione al **RISE Early Career Scientists Workshop** con la keynote: “*Ethical and social aspects in the seismic risk reduction*”
📍 Napoli 📅 26-28/10/2022
- ▶ Organizzazione del webinar “**Geoetica senza confini: visioni transdisciplinari per la sostenibilità**”, in occasione della Giornata Internazionale della Geoetica (patrocini: SGI, INGV, IAPG, IAEG Italia, ANINS, Univ. Torino, Univ. Piemonte Orientale). Gli interventi hanno offerto una panoramica sulla geoetica, sulle riflessioni, i linguaggi e gli strumenti per discutere di sostenibilità in modo transdisciplinare.
📅 3/10/2022
- ▶ Partecipazione all’evento online: “**Geoscience Solutions for Net Zero**”, organizzato dall’*International Union of Geological Sciences* in occasione dell’*Earth Sciences Festival*, con un intervento dal titolo “*Geoethics of advocacy in addressing society’s greatest challenges*”.
📅 13/10/2022
- ▶ Partecipazione alla *convenership* della sessione “*Seismology, geoethics and society: risk communication at the service of risk reduction*” al **3rd ECEES - European Conference on Earthquake Engineering and Seismology**.
📍 Bucarest 📅 4-9/9/2022
- ▶ Partecipazione con una keynote alla “**6th International Summer University of the UNESCO Chair on “Geoparks, Sustainable Regional Development and Healthy Lifestyles”**”. Tema: “*Oceans, People and Cooperation for Sustainable Development*”, in riferimento all’*UN Decade of Ocean Science for Sustainable Development*.
📍 Coimbra, Portogallo 📅 15/7/2022
- ▶ Partecipazione alla **CGEO 2022 Conference**, organizzata dal Centro de Geociências dell’Università di Coimbra (Portogallo), con la keynote: “*Geosciences to achieve UN SDGs: the need for geoethics*”.
📅 20/6/2022
- ▶ Partecipazione con una keynote su geoetica e georischi al **3rd International Workshop on Natural Hazards - Volcanic Risks, Terceira Island**.
📍 Azzorre, Portogallo 📅 26/5/2022

Si segnalano, inoltre, alcune pubblicazioni, recenti o disponibili a breve, sulla geoetica e argomenti correlati.

- **Di Capua G. & Oosterbeek L., eds. (2023).** *Bridges to Global Ethics: Geoethics at the Confluence of Humanities and Sciences*. SpringerBriefs in Geoethics, Springer, ISBN 978-3031222221.
- **Peppoloni S. & Di Capua G. (2023).** *The Significance of Geotourism Through the Lens of Geoethics*. In: Allan M. & Dowling R. (Eds.), *Geotourism in the Middle East*. Springer. www.researchgate.net/publication/362231540
[The Significance of Geotourism Through the Lens of Geoethics](http://www.researchgate.net/publication/362231540).
- **Peppoloni S. et al. (2023).** *Geoethics: the missing piece in the separation of responsibility between volcanologists and decision-makers*. In: Malheiro A. et al. (Eds.), *Advances in Natural Hazards and Volcanic Risks: Shaping a Sustainable Future*. Proceedings of the 3rd International Workshop on Natural Hazards, Terceira Island - Azores 2022, ISBN 978-3031250415.
- **Canseco R. & Bellaubi F. (2022).** *Application of geoethics to university education based on a mining geoethical dilemma case study in the Catalanian Potassic Basin (Spain)*. Journal of Geoethics and Social Geosciences. www.journalofgeoethics.eu/index.php/jgsg/article/view/24/8
- **Di Capua G. et al. (2022).** *Push for ethical practices in geoscience fieldwork*. Nature, Correspondence. doi.org/10.1038/d41586-021-03837-0
- **Peppoloni S. & Di Capua G. (2022).** *Geoethics: Manifesto for an Ethics of Responsibility Towards the Earth*. Springer. doi.org/10.1007/978-3-030-98044-3
- **Peppoloni S. & Di Capua G. (2022).** *Crisi ecologica e geoetica*. Almanacco di Filosofia di Micromega, 3.
- **Peppoloni S. & Di Capua G., eds. (2022).** *New Advances on Geoethics and Sustainable Development*. Special Issue, Sustainability. www.mdpi.com/journal/sustainability/special_issues/geoethics
- **Marjanović M. et al. (2022).** *Geotourism and geoethics as support for rural development in the Knjaževac municipality, Serbia*. Open Geosciences. doi.org/10.1515/geo-2022-0388
- **Marti M. et al. (2022).** *Addressing the challenges of making data, products, and services accessible: an EPOS perspective*. Annals of Geophysics, 65(2). doi.org/10.4401/ag-8746
- **Procesi M. et al. (2022).** *Science and Citizen Collaboration as Good Example of Geoethics for Recovering a Natural Site in the Urban Area of Rome (Italy)*. Sustainability. doi.org/10.3390/su14084429

GEOLOGIA Strutturale

📍 Coordinatrice: Laura Crispini

🌐 www.socgeol.it/400/geologia-strutturale-gigs.html

DAI SATELLITI LA PRIMA MAPPA DEI PROCESSI GEOLOGICI ATTIVI IN SICILIA
un importante tassello nella ridefinizione della pericolosità sismica dell'isola

Sofisticata elaborazioni eseguite su una serie di immagini satellitari catturate dal satellite SENTINEL-1 negli ultimi 5 anni, hanno portato alla produzione della prima mappa a scala regionale dei processi tettonici attivi in Sicilia. Lo studio, dal titolo *Present-day surface deformation of Sicily derived from Sentinel-1 InSAR time-series* è stato pubblicato di recente (2022) sulla prestigiosa rivista *Journal of Geophysical Research-Solid Earth*. L'articolo scientifico è il risultato di una collaborazione internazionale italo-francese che ha visto coinvolti il Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche ed Ambientali dell'Università di Catania (Giovanni Barreca e Carmelo Monaco), l'Aix-Marseille Université, CEREGE (Maxime Henriquet – dottorando di ricerca,

il cui tutor è Giovanni Barreca) e l'Università di Montpellier, CNRS UMR-5243 (Stéphane Dominguez, Michel Peyret e Stéphane Mazzotti). La mappa (Fig. 1) è stata realizzata tramite una sofisticata elaborazione denominata PS-InSAR che utilizza tecniche proprie del telerilevamento per mettere a raffronto immagini satellitari della stessa area ma acquisite in epoche diverse (serie temporali 2015-2020). In altri termini, la mappa è il risultato di una misura differenziale tra la distanza satellite-suolo misurata nel 2015 e quella misurata nel 2020 e mostra con colori differenti dove e di quanto si è mosso il suolo siciliano negli ultimi 5 anni. La tecnica, grazie anche alla calibrazione a terra con stazioni GPS-GNSS distribuite sull'intero territorio siciliano, riesce a quantificare con precisione millimetrica il movimento verticale (Fig. 1a) ed orizzontale (Fig. 1b) di bersagli ubicati al suolo evidenziando altresì in maniera netta i limiti tra zone a differente velocità. L'ubicazione in mappa di tali limiti è stata successivamente sovrapposta alle principali discontinuità tettoniche (faglie) riconosciute in Sicilia, ottenendo per quest'ultime la velocità di deformazione nell'intervallo di tempo considerato. L'interpretazione tettonica dei movimenti rilevati ha dunque portato ad un aggiornamento del quadro sismo-tettonico della Sicilia e ad

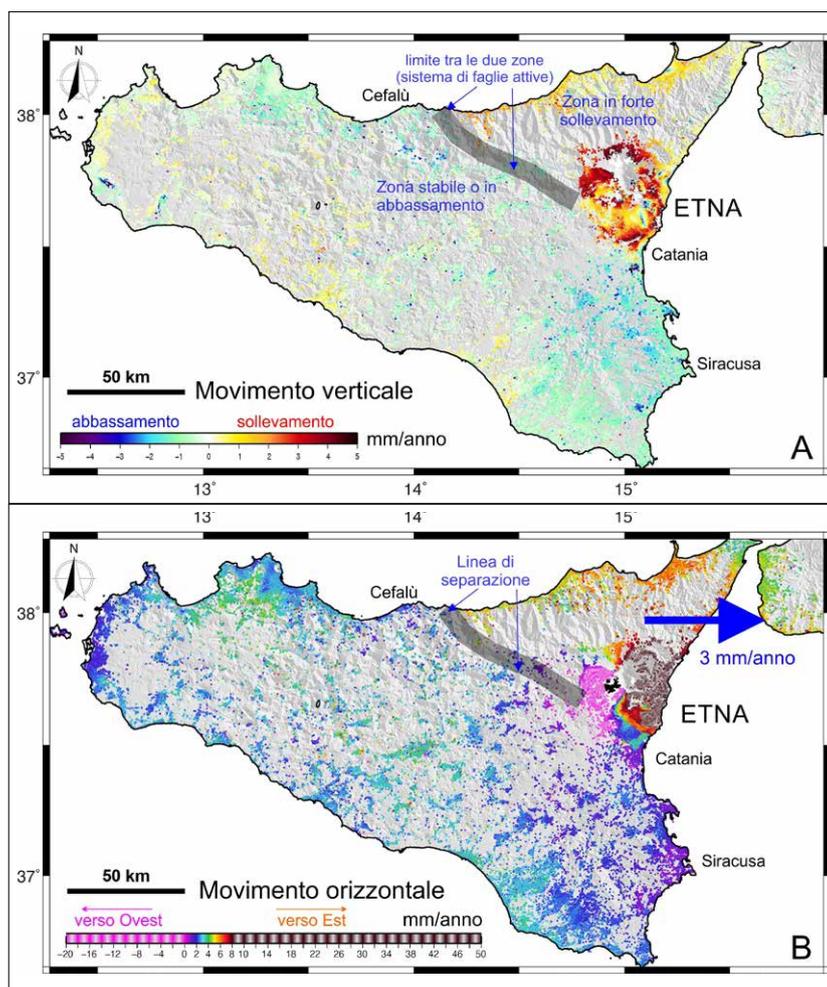


Fig. 1 - a) Movimento verticale catturato dal satellite Sentinel-1 negli ultimi 5 anni per il territorio siciliano. La mappa mostra con diversi colori le diverse velocità di movimento verticali (dal giallo al rosso – sollevamento, dal verde al blue – abbassamento). La parte nord-orientale dell'isola si solleva rispetto alla Sicilia centrale. **b)** Movimento orizzontale catturato dal satellite Sentinel-1 negli ultimi 5 anni per il territorio siciliano. La mappa mostra con diversi colori le diverse velocità di movimento orizzontale (dall'azzurro al marrone – spostamento verso Est, in magenta – spostamento verso Ovest).

ulteriori vincoli sulle velocità di deformazione attualmente in atto con notevoli implicazioni sulla pericolosità sismica dell'isola. I risultati più rilevanti riguardano sia la parte orientale della Sicilia che quella occidentale, entrambe teatro storico di eventi sismici distruttivi. La parte nord-orientale della Sicilia (Nebrodi-Peloritani) si solleva ad una velocità media di 1-2 mm/anno e si muove verso Est, allentandosi dal resto dell'isola (Sicilia centrale - relativamente stabile), ad una velocità di circa 3 mm/anno (**Fig. 1b**). La linea di separazione tra i due blocchi in allontanamento è identificata come la zona di deformazione maggiormente attiva in Sicilia e consiste di un lineamento tettonico regionale che attraversa, con direzione NO-SE, l'intera isola da Cefalù fino all'Etna (a tratteggio in **Fig. 1a e 1b**). Lo studio conferma inoltre come l'Etna sia in continuo movimento. In particolare, il suo fianco Est scivola verso mare con velocità significative (fino a oltre 5 cm/anno) ma si estende su un'area più ampia di quanto fino ad adesso conosciuto. Scivolando verso mare, la parte orientale del vulcano si frammenta in una serie di blocchi delimitati da faglie attive (**Fig. 2**). Tra queste vi è la faglia di Fiandaca da cui si è originato il terremoto del 26 dicembre 2018. L'area immediatamente a Nord-Ovest di Catania si solleva invece ad una velocità superiore ai 5 mm per anno. Un ulteriore dato significativo emerge dalla stima dei movimenti del suolo registrati in Sicilia sud-orientale (settore Ibleo - province di Siracusa e Ragusa), teatro di numerosi terremoti distruttivi avvenuti in passato (es. 4 febbraio, 1169; 10 dicembre 1542; 11 gennaio, 1693, ecc.). I dati satellitari indicano infatti come il settore costiero siracusano si stia abbassando rispetto all'area ragusana, ad una velocità di circa 2 mm/anno (**Fig. 3**). L'abbassamento avviene in prossimità di una importante discontinuità tettonica, la scarpata Ibleo-Maltese (**Fig. 3**), alla base della quale secondo molti scienziati vi è la faglia responsabile del devastante terremoto del 11 gennaio 1693.

a cura di Giovanni Barreca

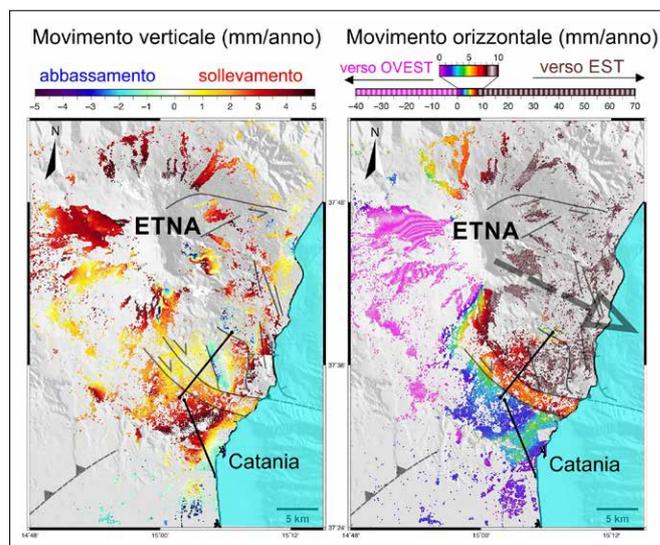


Fig. 2 - Mappa delle velocità verticali (a sinistra) ed orizzontali (a destra) dell'edificio vulcanico etneo. I dati mostrano come il vulcano sia in continua deformazione specie lungo il suo fianco orientale dove un'ampia area (in marrone figura a sinistra, vedi freccia a tratteggio) scivola verso il Mar Ionio con velocità superiori ai 5 cm. Il satellite mostra anche le velocità con cui si muovono le principali faglie a nord di Catania.

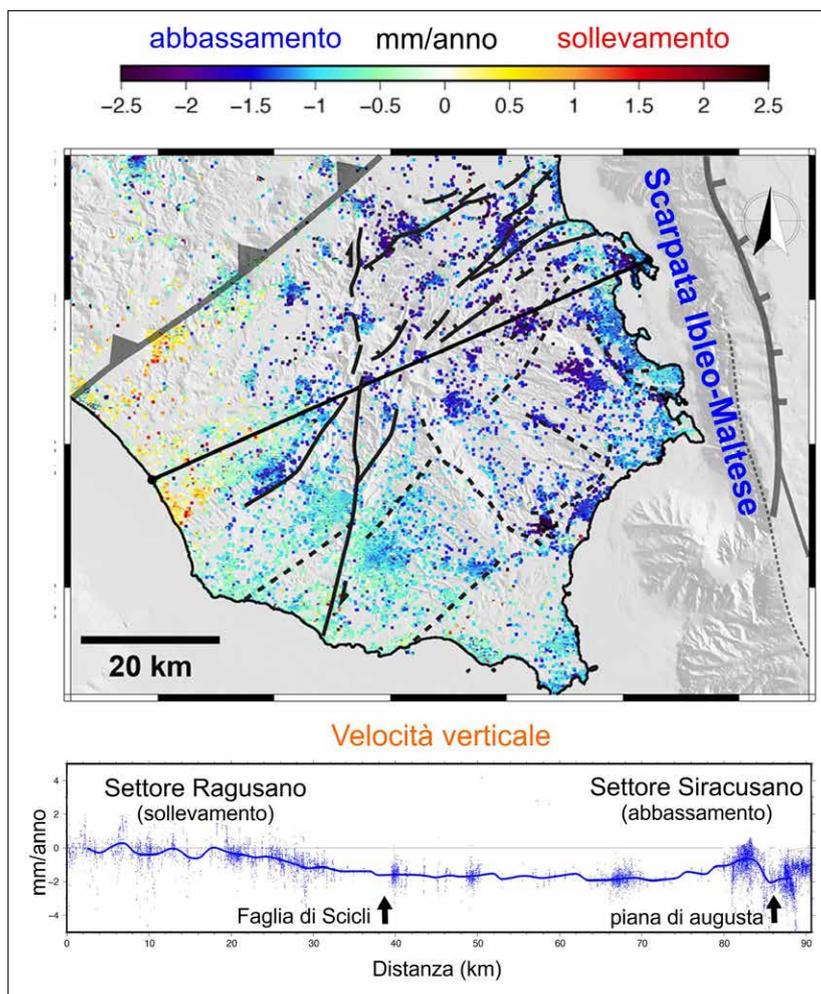


Fig. 3 - Mappa di deformazione verticale del suolo (dal giallo al rosso – sollevamento, dal verde al blu – abbassamento) dell'area delle province di Siracusa e Ragusa. Il grafico in basso mostra l'andamento delle velocità verticali lungo un transetto che va da Scogliti ad Augusta (si veda la traccia nell'immagine in alto). Il settore siracusano si abbassa ad una velocità media di 2 mm/anno in prossimità della Scarpata Ibleo-Maltese ubicata a mare.

GEOSCIENZE Forensi

👤 Coordinatrice: **Eva Sacchi**

🌐 www.socgeol.it/375/geoscienze-forensi.html



Prelievo di campioni di suolo da una autovettura.

LE GEOSCIENZE FORENSI *in Europa*

Le Scienze Forensi sono Scienze relativamente recenti. Come per tutti i campi di ricerca, all'inizio hanno avuto approcci differenti e tali differenze poi, nel corso degli anni, sono state amplificate dalle diverse filosofie del diritto, dalla prospettiva più o meno garantista dei legislatori e dalle risultanti differenti leggi dei vari Paesi. Basti pensare a come le impronte digitali vengano utilizzate dai tribunali. In Italia per definire una corrispondenza a fine probatorio tra due impronte sono necessarie almeno 16/17 minuzie identificative che altro non sono che le particolarità di una impronta digitale, negli Stati Uniti ne servono almeno 12, in altri paesi anche meno di 12. Questo esempio rende bene l'idea delle diversità che esistono su cose anche apparentemente semplici.

Per molto tempo, le Scienze Forensi hanno subito la mancanza di procedure condivise dall'intera comunità forense, e la mancanza di norme per la validazione dei risultati. Gli esiti delle consulenze e delle perizie, infatti, per lungo tempo sono stati accettati o rifiutati in tribunale, in Italia come nel resto d'Europa, solo sulla base della posizione più o meno autorevole dell'esperto. Queste diverse valutazioni da parte delle autorità giudicanti sono inoltre amplificate se i risultati sono frutto di metodi legati a "hard" o "soft sciences"; ad esempio risultati numerici ottenuti con analisi chimiche o, in generale, con analisi strumentali, sono più difficilmente messi in dubbio rispetto a risultati di analisi nelle quali sono fondamentali le capacità e le esperienze dell'esperto. Tutti questi problemi sono stati esasperati nelle Geoscienze Forensi, dove spesso i risultati sono espressi in termini di probabilità e non "oltre ogni ragionevole dubbio".

La comunità scientifica forense si è resa presto conto che era necessario un approccio più scientifico e coerente nel trattare le prove, di conseguenza, nel

1995, è stata fondata una rete europea di ricercatori e laboratori forensi, la *European Network of Forensic Science Institutes* (ENFSI).

Lo scopo dell'ENFSI, come rete di esperti, è condividere le conoscenze, scambiare esperienze, produrre linee guida per le procedure e i protocolli, e raggiungere accordi reciproci nel campo delle Scienze Forensi. Le attività dell'ENFSI includono l'organizzazione di riunioni e seminari scientifici a livello europeo, esercizi collaborativi e test di competenza, consulenza ai *partner* su questioni forensi, pubblicazione di *Best Practice Manuals*, linee guida e procedure operative *standard*. Attualmente fanno parte dell'ENFSI ben 71 laboratori distribuiti in 38 nazioni in tutta Europa. L'ENFSI comprende anche 2 comitati permanenti (comitato qualità e competenze e comitato permanente per la ricerca e lo sviluppo) ed è suddiviso in 17 gruppi di lavoro di esperti, estremamente specializzati, che coprono la maggior parte dei settori delle Scienze Forensi. Il gruppo di lavoro *Animal, Plant and Soil Traces*, costituito nel 2010, è il più giovane tra quelli dell'ENFSI e si occupa della gran parte dei rami di base delle Geoscienze Forensi.

Al gruppo possono partecipare esperti di Istituti membri dell'ENFSI ma anche di Istituti non membri a condizione che queste persone svolgano la loro attività in laboratori forensi senza scopo di lucro. Al *meeting* annuale, che si svolge ogni anno in paesi diversi, possono essere invitati ospiti esterni a discrezione del Comitato Direttivo e del Presidente. Tra le strutture rappresentate nel gruppo e più conosciute troviamo la *Gendarmerie Nationale*, la *Guardia Civil*, la *Bundeskriminalamt*, il *Nationaal Instituut voor Criminalistiek en Criminologie*, il *Netherlands Forensic Institute* ma anche molte Università. Per arrivare a omogeneizzare le procedure, diffondere metodi di lavoro e

di analisi, curare la formazione, validare i laboratori e migliorare i *report*, tutti i membri del gruppo partecipano a esercizi di collaborazione periodici e a *test* di competenza. Negli esercizi collaborativi riguardanti i suoli, per esempio, vengono mandati identici campioni di terreno ai vari laboratori con diversi quesiti ai quali tutti i partecipanti devono rispondere in tempi prestabiliti.

Lo scopo di questi esercizi e *test* non è valutare l'attendibilità di un laboratorio. I risultati dei diversi laboratori sono infatti anonimi. Piuttosto, ogni laboratorio fa una propria autovalutazione. Lo scopo è quindi l'omogeneizzazione e la corretta interpretazione dei risultati così che le polizie e i tribunali europei possano avere risultati scientifici congrui. La parte complessa di questo processo è però ottenere risultati omogenei con strumentazioni scientifiche ed esperienze differenti poiché ogni laboratorio è dotato di apparecchiature specifiche in relazione agli ambiti forensi maggiormente indagati localmente, al numero di casi annui di determinati reati e, non ultimo, alle loro disponibilità finanziarie.

Il lavoro, dal lontano 2010, procede costante ed efficace tanto che quest'anno è stato finalmente pubblicato il *Best Practice Manual for the Forensic Comparison of Soil Traces*. Un lavoro lungo e faticoso, frutto della collaborazione di numerosi geologi e terminato con successo nei tempi, pur nelle difficoltà del Covid che ha costretto a incontri e confronti a distanza e che ha impedito per lungo tempo l'incontro diretto e la verifica nei laboratori degli stati di avanzamento.

Sempre per colpa della pandemia, i *meeting* annuali sono stati interrotti e solo quest'anno sono ripresi. Ad aprile di questo anno infatti, dopo lunga attesa, si è svolto finalmente ad Aberdeen, in Scozia, il *9th APST Working Group Annual Meeting*, incontro che era previsto per il 2020.

GEOLOGIA *Himalayana*

👤 Coordinatrice: Chiara Montomoli

🌐 www.socgeol.it/381/geologia-himalayana.html



Fig. 1 - Franco Rolfo, Sara Nerone e Chiara Groppo con il team nepalese al Passo Thorong La (5416 m s.l.m.).

Bibliografia:

Dhital M.R. (2015). *Geology of the Nepal Himalaya: Regional Perspective of the Classic Collided Orogen*. Springer, 498 pp.
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-02496-7>

Searle M.P. & Treloar P.J. (2019). *Introduction to Himalayan tectonics: a modern synthesis*. Geological Society, London, Special Publications, 483, 1–17.
<https://doi.org/10.1144/SP483-2019-20>

Per 3 giorni tutti gli esperti del gruppo si sono confrontati in tavole rotonde e sono riusciti a presentare alla comunità i casi più complessi e le problematiche più urgenti. Gli obiettivi sono ancora molti e complessi, non ultimo quello di guidare tutti i laboratori verso la standardizzazione delle procedure e delle analisi secondo le norme ISO. Obiettivo, questo, estremamente complesso considerando le normative differenti dei diversi Stati membri e considerando le diverse disponibilità economiche e di personale dedicato. In particolare, la sfida principale è accreditare il maggior numero di laboratori secondo la norma ISO/IEC 21043, specificatamente dedicata alle Scienze Forensi. Essa affronta, e in parte tenta ancora di affrontare, il problema dei differenti termini e definizioni in ambito forense, il corretto comportamento sulla scena del crimine, l'acquisizione di reperti, la loro custodia, le analisi e le relative interpretazioni, le modalità di elaborazione del *report* finale. Il fatto che esista ormai da oltre 12 anni un gruppo di lavoro dedicato per buona parte alle Geoscienze Forensi (il numero di geologi è notevolmente aumentando nel corso degli anni) significa che finalmente in Europa le Geoscienze Forensi stanno uscendo da una fase pionieristica, durata anche troppo a lungo, e sta iniziando a raggiungere lo *status* di vera disciplina scientifica.

La catena Himalayana ospita le vette più alte del mondo (14 cime oltre gli 8000 m s.l.m.). Nell'immaginario collettivo, l'Himalaya, con i suoi paesaggi incontaminati, è una meta che affascina, ma che può anche suscitare timore a persone fisicamente e mentalmente non allenate. Essa offre però la possibilità di studiare processi geologici molto diversi (Searle & Treloar, 2019), che ci permettono di comprendere i contesti geodinamici attuali, passati e futuri.

Sono una studentessa di dottorato presso il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Torino, sede che ospita numerosi ricercatori particolarmente attivi in Himalaya, e di certo non mi definisco una persona atletica. Il mio progetto, sotto la supervisione della Prof.ssa Chiara Groppo e del Prof. Franco Rolfo, prevede l'applicazione di approcci petrologici per comprendere processi metamorfici in ambito collisionale, di cui l'Himalaya è uno degli esempi più rappresentativi.

A Novembre, primo mese del mio percorso di dottorato, ho avuto l'opportunità di partecipare ad una spedizione nella regione dell'Annapurna, in Nepal centrale, insieme ai miei supervisori. Abbiamo percorso l'*Annapurna Circuit* in 19 giorni di cammino, risalendo la Valle del Marsyangdi fino al passo Thorong La (5416 m s.l.m.; **Fig. 1**) e scendendo nella Valle del Kali Gandaki (**Fig. 2**) per un totale di circa 250 km percorsi a piedi. L'*Annapurna Circuit* ci ha permesso di attraversare la *Lesser Himalayan Sequence*, la *Greater Himalayan Sequence* e la *Tethyan Sedimentary Sequence*, tre delle principali unità tettoniche della catena (Dhital, 2015).

Prima di partire per questa esperienza ero intimorita dalle quote a cui saremmo arrivati e dalla lunghezza del viaggio. Tuttavia, la curiosità di vedere con i miei occhi la geologia Himalayana ed i consigli della guida mi hanno aiutata a non mollare. Il messaggio che porto a casa e che vorrei condividere con possibili futuri geologi "himalayani" è: "*bistari*" (piano piano) e tutto è possibile.

a cura di Sara Nerone



Fig. 2 - Il paesaggio dell'alta Valle del Kali Gandaki.



Associazione Nazionale INSEGNANTI SCIENZE NATURALI

👤 Coordinatrice: **Susanna Occhipinti**

🌐 Pagina web: www.anisn.it/nuovosito

La Società Geologica Italiana e l'ANISN-Associazione Nazionale degli Insegnanti di Scienze Naturali hanno sottoscritto, oramai nel maggio 2020, un accordo di collaborazione che impegna le due associazioni nel pieno rispetto dei reciproci ruoli, ...a cooperare per iniziative volte a: *diffondere la cultura delle Scienze della Terra, cosiddette anche Geoscienze, promuovere la sensibilità verso i rischi naturali e la tutela dell'ambiente, migliorare la qualità dell'insegnamento, potenziare la ricerca scientifica e didattica, promuovere l'innovazione metodologica e le buone pratiche curandone il trasferimento e la diffusione nella realtà scolastica italiana, e si adopereranno per coinvolgere le rispettive strutture regionali, centrali e periferiche.*

ANISN, in particolare, metterà a disposizione la propria comprovata esperienza di ricerca didattica e di formazione in servizio, per i docenti della scuola primaria e secondaria, unita alle competenze di carattere progettuale, organizzativo ed operativo intervenendo in incontri di formazione in presenza e a distanza organizzati della SGI. ANISN, attraverso i propri canali (sito web, social network, mailing list dei soci, ecc.), diffonderà e promuoverà incontri di formazione e di divulgazione organizzati in collaborazione e pubblicazioni e contributi di interesse scientifico; collaborerà con la SGI (secondo le disponibilità delle singole sezioni) nell'organizzazione di eventi finalizzati a diffondere la cultura delle Scienze della Terra (Geoscienze) e promuovere la sensibilità verso i rischi naturali e la tutela dell'ambiente. La SGI metterà a disposizione la propria comprovata esperienza di ricerca scientifica a sostegno della formazione in servizio per i docenti della scuola primaria e secondaria, unita alle competenze di carattere progettuale, organizzativo ed operativo intervenendo in incontri di formazione in presenza e a distanza organizzati dall'ANISN. La SGI, attraverso i propri canali (sito web, riviste, in particolare Geologicamente e i Rendiconti Online, mailing list dei soci, ecc.), diffonderà e promuoverà incontri di formazione e di divulgazione organizzati in collaborazione e pubblicazioni e contributi di interesse didattico e collaborerà con l'ANISN (secondo le disponibilità delle singole sezioni) nell'organizzazione di eventi finalizzati a diffondere la cultura delle Scienze della Terra (Geoscienze) e promuovere la sensibilità verso i rischi naturali e la tutela dell'ambiente.

Con riferimento a questo accordo, ed alla necessità, condivisa, di diffondere la cultura delle Scienze della Terra (Geoscienze) e promuovere la sensibilità verso i rischi naturali e la tutela dell'ambiente, si propone a tutti i corsi di laurea in geologia, ai diversi Dipartimenti di Scienze della Terra, interessati a promuovere i propri corsi tra gli studenti delle scuole secondarie italiane, in molte delle quali sono presenti insegnanti di ANISN, di **costruire una rete condivisa di informazione e comunicazione.**

La SGI, in particolare la Divisione didattica delle geoscienze, e ANISN propongono agli iscritti ad ANISN, a tutti i docenti e alle Università interessate, la realizzazione di una *LANDING PAGE*, quindi una *web page* singola, di facile gestione e aggiornabile in automatico, che contenga tutti i riferimenti dell'Università, prioritariamente delle lauree triennali, e che elenchi quindi:

- ▶ il link, aggiornato, dell'*home page* della Sede Universitaria;
- ▶ l'indirizzo mail del referente dell'orientamento, se disponibile;
- ▶ eventuali eventi di orientamento offerti agli studenti in uscita dalla scuola secondaria;
- ▶ eventuali iniziative di formazione rivolte ai docenti o di informazione rivolte agli studenti delle Secondarie, in particolare tutte quelle legate alla terza missione delle Università, che, si ricorda ai docenti ANISN, comprende **l'insieme delle attività di trasferimento scientifico, tecnologico e culturale e di trasformazione produttiva delle conoscenze**, attraverso processi di interazione diretta dell'Università con la società civile ... affinché la conoscenza diventi strumentale per l'ottenimento di benefici di natura sociale, culturale ed economica.

I dati vanno inviati inizialmente alla mail

✉ susocchip@gmail.com, che provvederà ad attivare la pagina ed a tenerla aggiornata, segnalando eventuali errori o pagine scadute.

Questa *landing page* potrà rappresentare un ponte tra la pagina web della SGI www.socgeol.it e quella di ANISN - www.anisn.it/nuovosito e potrà quindi diffondere tra le scuole, docenti e studenti, università e a tutta la popolazione interessata, in un unico sito, tutte le informazioni che possono riguardare i percorsi universitari delle Geoscienze, auspicando che promuovano le iscrizioni ma soprattutto favoriscano l'interesse verso questa disciplina scientifica, così importante per la comprensione delle grandi trasformazioni ambientali in atto e coerente con i goal e i traguardi di Europa 2030.

Associazione Italiana DI VULCANOLOGIA

 a cura del Consiglio Direttivo AIV

 <https://www.aivulc.it/it>



Con l'inizio del nuovo anno, prendono finalmente forma le numerose attività sociali che l'AIV ha in cantiere anche per il 2023. La nostra associazione sarà infatti impegnata sia in attività congressuali di rilevanza nazionale sia in attività formative rivolte a giovani vulcanologi con differenti livelli di esperienza. Di questo e tanto altro si è discusso in occasione dell'assemblea annuale dei soci AIV tenutasi il 24 Febbraio 2023 presso il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Roma "La Sapienza".

La collaborazione tra l'AIV e l'associazione *BeGEOscientists* ha consentito di organizzare nell'ambito del congresso "*BeGEO 2023 - Sustainability and risk: BeGEO scientists on the road to the future*", che si svolgerà a Napoli dal 3 al 6 Ottobre 2023, tre sessioni scientifiche con tematiche vulcanologiche di ampio respiro che saranno coordinate da giovani soci e socie AIV. La nostra associazione avrà una partecipazione attiva anche nell'ambito del congresso congiunto SIMP-SGI-SoGeI-AIV in programma a Potenza dal 19 al 21 Settembre 2023.

Da sempre la formazione è tra le principali prerogative socio-culturali dell'AIV. L'entusiasmo mostrato dagli studenti triennali e magistrali, dottorandi e *post-doc* in occasione delle scuole estive organizzate negli ultimi anni testimonia un desiderio

continuamente crescente verso questo genere di attività sociali. Ed è per tale ragione che per il 2023 stiamo programmando più iniziative per offrire molteplici opportunità ai nostri vulcanologi, da quelli più giovani a quelli che già stanno maturando esperienza nel mondo della ricerca scientifica. Sono al momento confermate 2 scuole estive che si svolgeranno entrambe alle Isole Eolie.

Il primo appuntamento è previsto per il 17-24 Giugno 2023 con la Scuola Internazionale per dottorandi, *post-doc* e giovani ricercatori dal tema "*Working on active volcanoes: learning the tools of modern Volcanology – field observations, data acquisition, reporting and response*", organizzata dall'Associazione Italiana di Vulcanologia e l'Université Clermont Auvergne in collaborazione con l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia e il Laboratorio di Geofisica Sperimentale dell'Università di Firenze. Nella prima metà di Settembre 2023 si svolgerà a Lipari anche la nuova edizione della Scuola di Vulcanologia "Bruno Capaccioni" per studenti triennali e magistrali, che ha lo scopo di fornire le basi della conoscenza dei sistemi vulcanici e dei processi eruttivi, con particolare attenzione allo studio delle morfologie e dei depositi vulcanici sul terreno. Altre idee sono attualmente in corso di valutazione, il che ci porta a non escludere che possano essere programmati anche ulteriori appuntamenti rivolti ai giovani.

Il vostro sostegno all'AIV è fondamentale affinché si possa continuare su questa strada! L'iscrizione o il rinnovo della membership all'AIV per il 2023 consentirà sia di sostenerci sia di approfittare di molti vantaggi nell'ambito di queste e altre iniziative sociali. Seguiteci sui nostri canali social *Facebook, Instagram, Twitter, YouTube* e sul sito web dell'AIV al link www.aivulc.it per rimanere sempre aggiornati sulle *news* riguardanti i vulcani attivi del nostro Pianeta e su quanto viene pubblicato dalla comunità vulcanologica italiana, anche tramite il rilascio mensile degli aggiornamenti al database delle pubblicazioni scientifiche PubAIV.



Società PALEONTOLOGICA Italiana

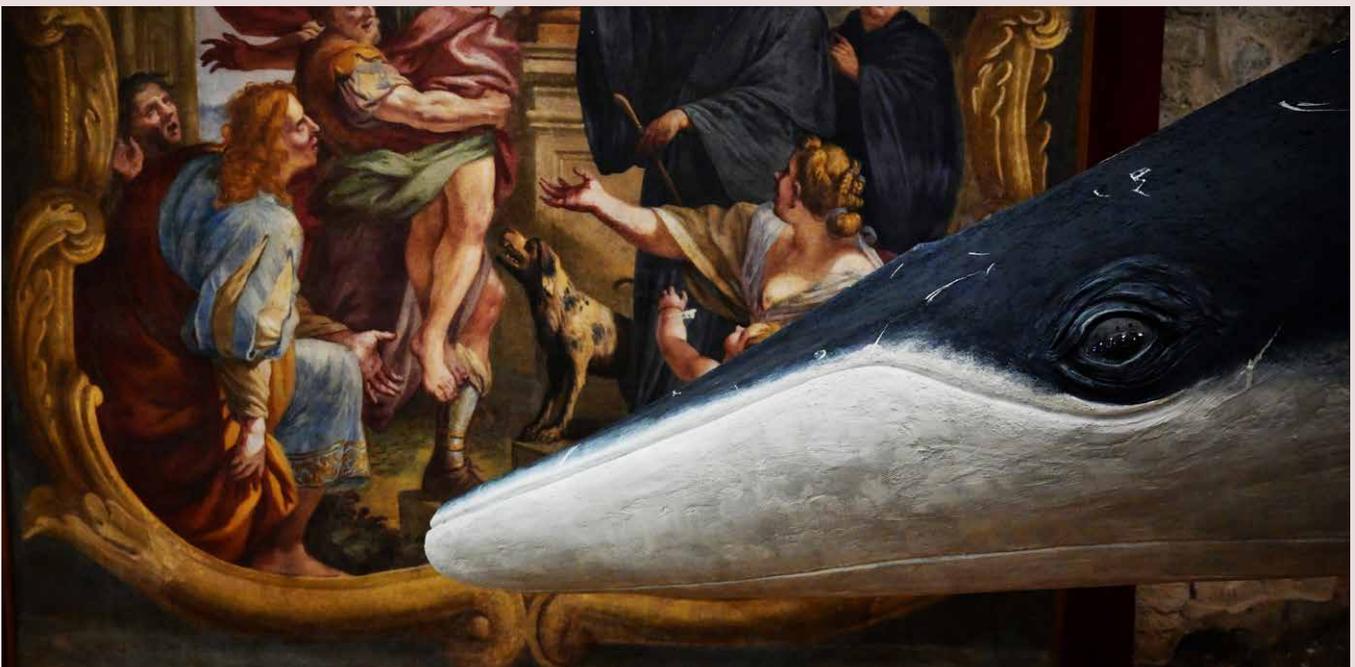
👤 a cura di Giorgio Carnevale

🌐 www.paleoitalia.it

La mostra sui cetacei fossili piemontesi AL MUSEO DEI FOSSILI DI ASTI

Il 17 settembre 2021 è stata inaugurata la mostra *Balene preistoriche* presso l'ex Chiesa del Gesù del Palazzo del Michelerio ad Asti (Fig. 1). Per la prima volta, nell'ambito di questa esposizione, che si è conclusa il 31 ottobre 2022, sono stati presentati al pubblico reperti fossili di cetacei pliocenici e miocenici di grande valore scientifico e storico. In particolare, vetrine *ad hoc* sono state realizzate per quattro spettacolari esemplari: il misticete di Moletto (AL) attribuito alla specie *Atlantictetus lavei*, il più antico misticete del Mediterraneo risalente a circa 19 milioni di anni fa, il delfino pliocenico di Camerano Casasco (AT) scoperto sul finire dell'Ottocento e rappresentato da uno scheletro pressoché completo splendidamente conservato, la balenottera pliocenica di Montafia (AT) caratterizzata da uno stato di conservazione eccezionale e la balenottera 'Tersilla' attribuita alla specie *Marzanothera tersillae* e proveniente da San Marzanotto (AT). Altre due vetrine sono state dedicate rispettivamente ai bellissimi molluschi del Pliocene astigiano e a una serie di denti di squalo fossili piemontesi; una ricostruzione a grandezza naturale di *Atlantictetus lavei* è stata realizzata appositamente per questa mostra in associazione con un filmato proiettato su grande schermo sulla vita di questi cetacei miocenici. Infine, la stampa 3D del calco endocranico della balenottera 'Tersilla,' che ne rappresenta il cervello coperto dalle meningi, è stata posta su un piedistallo a completamento dell'esposizione.

Fig. 1 - Ricostruzione della testa di *Atlantictetus lavei* a grandezza naturale nell'ex Chiesa del Gesù in Asti e sullo sfondo un affresco seicentesco.



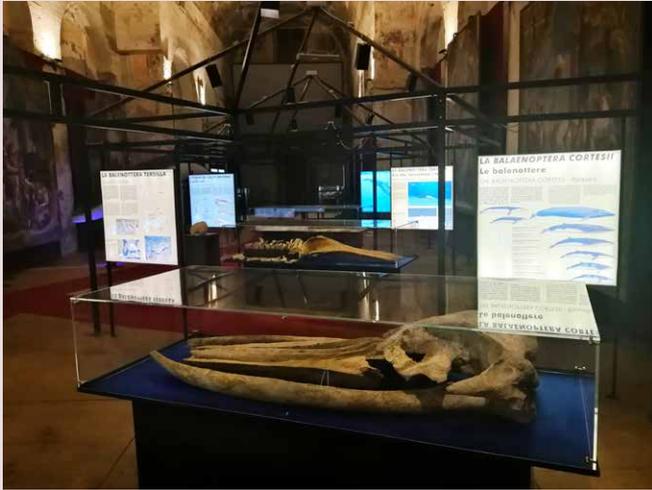


Fig. 2 - Sequenza di 'isole' espositive e relativa pannellonistica nell'esposizione *Balene preistoriche*.

La mostra è stata realizzata sulla base di un progetto espositivo che vede nella libertà del visitatore l'elemento centrale. I reperti sono stati collocati all'interno di 'isole' espositive tra le quali non esiste un percorso stabilito lasciando al visitatore la scelta sull'ordine dei fossili da vedere e dei cartelloni da leggere (**Fig. 2**). L'esposizione è stata collocata all'interno di una chiesa sconsacrata adornata con grandi affreschi seicenteschi che hanno garantito una scenografia di grande impatto e suggestione.

La scelta dei reperti da esporre è stata effettuata in base alla bellezza estetica dei fossili e alla loro importanza scientifica che hanno permesso di realizzare esperienze finalizzate a divulgare informazioni in merito alla storia geologica ed ambientale del territorio astigiano dal Miocene inferiore ai giorni nostri. In questo ambito si è parlato largamente di estinzioni e di cambiamento climatico ponendo l'attenzione sul fatto che la Paleontologia è forse l'unica disciplina in grado di illustrare con fatti questi fenomeni che hanno un peso così importante nel mondo contemporaneo attraverso la documentazione degli eventi del passato.

Dopo poco più di un anno di apertura, la mostra si è conclusa con un notevole successo di pubblico. Più di 16000 persone hanno visitato l'esposizione e hanno fruito delle visite guidate o dei percorsi didattici. Numerosissime classi di scuole di ogni ordine e grado hanno partecipato alle esperienze didattiche realizzate dalle guide del Parco Paleontologico (**Fig. 3**). Tra i visitatori occasionali spiccano i numeri elevati di turisti provenienti da Svizzera, Olanda, Germania e Francia che hanno potuto usufruire dei testi in italiano e inglese dei cartelloni illustrativi annessi alle diverse 'isole' espositive e delle visite guidate in in diverse lingue straniere effettuate dagli operatori del museo. La mostra ha rappresentato anche un importante motivo d'interesse per gli oltre 200 paleontologi convenuti ad Asti nell'ambito dei *Paleodays 2022 – XXII Edizione delle Giornate di Paleontologia*, l'annuale convegno della Società Paleontologica Italiana, che si è tenuto ad Asti. Grazie a questo convegno, i congressisti hanno visitato la mostra, il Museo dei Fossili e i principali affioramenti pliocenici dell'astigiano tra l'8 e il 10 giugno 2022.

Parallelamente alla mostra, è stato pubblicato il volume *Valle Andona – Mare e Fossili* per la casa editrice *Elledici* di Torino



Fig. 3 - Visita guidata a una classe di scuola primaria effettuata da una guida del Parco Paleontologico.

a cura del personale del museo astigiano e del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Torino nel quale viene illustrata la storia delle collezioni paleontologiche del territorio della Valle Andona (AT) noto a livello mondiale, insieme con le caratteristiche geologiche e culturali del territorio stesso con una descrizione dei più importanti fossili trovati nel corso del tempo nelle formazioni plioceniche della zona. Il libro, di carattere sia scientifico che divulgativo, è stato pubblicato in italiano con lingua inglese a fronte. Un secondo volume, di carattere più divulgativo-informativo, è stato pubblicato successivamente da Laura Nosenzo con il titolo *Fossili e territori – Scoperte straordinarie sulle colline astigiane* per la casa editrice *arabAFenice* di Cuneo. In questo libro l'autrice ricostruisce la storia umana, oltre che scientifica, delle collezioni paleontologiche piemontesi con un taglio etnografico attraverso visite sui siti e racconti di alcuni testimoni delle scoperte. Tutte queste iniziative rappresentano alcuni dei risultati prodotti da un intenso sforzo di ricerca e conservazione messo in atto dal museo astigiano e dall'Università degli Studi di Torino negli ultimi quattro anni allo scopo di studiare e valorizzare la collezione dei cetacei fossili piemontesi che rappresenta un *unicum* a livello italiano per numerosità dei reperti e stato di conservazione. Ciò che è stato fatto fin qui costituisce un primo importante passo per la valorizzazione di questa collezione, un passo all'interno di un percorso in cui la mostra *Balene preistoriche* rappresenta la prima di una serie di esposizioni attraverso le quali i magnifici reperti fossili piemontesi saranno presentati al pubblico. In questo modo, auspicabilmente, l'eccezionale patrimonio paleontologico della regione potrà essere pienamente fruito da tutti acquisendo, al contempo, un ruolo da protagonista nel dibattito scientifico internazionale e nella vita culturale del nostro paese.

a cura di Piero Damarco, Alessandra Fassio, Federico Imbriano, Graziano Delmastro (*Ente di Gestione del Parco Paleontologico Astigiano e Museo Paleontologico Territoriale dell'Astigiano*) e Michelangelo Bisconti (*Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Torino e San Diego Natural History Museum, California, USA*).

Società GEOCHIMICA Italiana

• a cura di **Orlando Vaselli**

• www.societageochemica.it

Gent.me Lettrici e Gent.mi Lettori, Buon Anno!
Il 19 Dicembre scorso si è tenuta l'Assemblea Generale della Società Geochimica Italiana dove sono state ripercorse le attività effettuate nel 2022. Il resoconto è stato più che lusinghiero sia in termini di eventi, primo fra tutti quello di Luglio che ha visto la realizzazione del 1° Congresso della So.Ge.I. (al quale cercheremo di dare una cadenza

biennale), sia di sponsorizzazioni e di patrocini. Nonostante le piccole dimensioni della nostra Società che conta circa 120 iscritti, il contributo dei vari soci nell'organizzare giornate di studio, scuole, ecc. è decisamente lusinghiero. Mi preme sottolineare il successo che ha avuto la Giornata di Studio dedicata alla Geochimica dei Fluidi ai Campi Flegrei, dedicata a due colleghi che tanto hanno dato alla geochimica nazionale italiana

e internazionale (Roberto Cioni e Egizio Corazza). Erano presenti, oltre a colleghi di INGV e CNR-IGG, che si occupano da decenni del complesso sistema flegreo, il Presidente dello IAVCEI (Patrick Allard) e il Direttore Scientifico di ITER (Nemesio Perez) nonché Coordinatore dell'Istituto Vulcanologico della Canarie (INVOLCAN).

Anche il 2023 si apre con ottime prospettive in quanto sono già in ponte due Scuole. La prima è ormai un classico. Si tratta della **Summer School** su *"In situ measurement and sampling of volcanic gases"*, che coinvolgerà docenti e ricercatori di vari atenei ed istituti di ricerca italiani. La Scuola si terrà in quel laboratorio naturale che è l'Isola di Vulcano dal 19 al 23 Giugno 2023. Non ci sono spese di registrazione come potete vedere dalla locandina allegata ed è aperta a laureandi, dottorandi e *post-doc* che si vogliono avvicinare o hanno iniziato un percorso dedicato allo studio geochimico di fasi gassose e acquose.

SUMMER SCHOOL ON IN SITU MEASUREMENTS AND SAMPLING OF VOLCANIC GASES - 2023

The Summer School on In Situ Measurements and Sampling of Volcanic Gases, patronized by the Italian Geochemical Society (So.Ge.I.) and the IAVCEI Commission on the Chemistry of Volcanic Gases (CCVG), will be hosted in **Vulcano Island, in the Aeolian Archipelago (Sicily, Italy)**.

The school is addressed to **Master and PhD students and PostDoc researchers** and it gathers researchers and professors with diverse expertise in fluid geochemistry, microbiology, biogeochemistry, atmospheric chemistry, volcanology and hydrogeochemistry.

The students will have the opportunity to experience, directly in the field, different techniques of **remote sensing, fumarolic gas and water sampling, measurements of diffuse soil degassing, sampling of submerged gas emissions, air quality measurements and soil sampling for microbiological analysis**, devoted mainly to (but not limited to) volcanic surveillance and monitoring, environmental quality assessment, and understanding of deep and shallow geobiochemical processes.

Field activities will be performed both at La Fossa Crater, in the inhabited area of Vulcano Porto and in the hydrothermalized area of Baia di Levante.

The aim of the school is to bring together students and professional scientists from diverse backgrounds, stimulating the development of a **multidisciplinary approach** to the study of complex natural systems.

Vulcano Island (Italy)
19 - 23 June, 2023

No registration fee is required.
Students will be responsible for their accommodation and travel expenses.

Registration deadline: 1 March, 2023
To register, write to franco.tassi@unifi.it and stefania.venturi@unifi.it

L'altra Scuola, interamente organizzata dalla So.Ge.I., avrà luogo a Abbadia San Salvatore (Siena) all'interno del suggestivo Museo Multimediale all'interno del locale Parco Minerario dall'11 al 14 Giugno. Si tratta della **4ª Scuola CAMGEO (Campionamento ed Analisi di Matrici Geologiche)** che, per i noti motivi sanitari, ha visto un blocco temporaneo. L'ultima Scuola, tenutasi sempre ad Abbadia San Salvatore, ha infatti avuto luogo nel 2018. Oltre alla descrizione delle modalità di campionamento ed analisi di acque suoli, acque e aria, il *focus* sarà incentrato su isotopi convenzionali e non convenzionali applicati all'ambiente. Docenti e ricercatori offriranno un ampio panorama sull'importanza che le indagini geochimiche rivestono in varie problematiche di natura ambientale. La Scuola è indirizzata prevalentemente a laureandi magistrali e dottorandi. Potete trovare ulteriori informazioni nella Prima Circolare qui acclusa. Preme ricordare che: **i)** il numero massimo di iscritti sarà di 20; **ii)** è prevista una escursione sul terreno per il campionamento di fasi fluide e misure di flussi di gas dal suolo e **iii)** la seconda circolare sarà disponibile entro la fine di Gennaio.

4ª Scuola CAMGEO Abbadia San Salvatore
Monte Amiata
Campionamento ed Analisi di Matrici Geologiche 11 - 14 luglio 2023

1ª CIRCOLARE

La Scuola «Campionamento ed Analisi di Matrici Geologiche - CAMGEO», organizzata dalla Società Geochimica Italiana (So.Ge.I.), è finalizzata alla presentazione e discussione di:

- metodologie di campionamento di matrici geologiche
- procedure analitiche di terreno e in laboratorio
- post-processing statistico-cartografico

La quarta edizione della Scuola CAMGEO, intitolata «isotopi convenzionali e non convenzionali applicati all'ambiente», è dedicata in modo particolare alla geochimica isotopica applicata a tematiche ambientali.

La Scuola è indirizzata a **giovani ricercatori, dottorandi, professionisti e alle figure tecniche** coinvolte nella pianificazione territoriale, interessati ad ampliare le loro conoscenze sull'approccio geochimico alle tematiche ambientali attraverso lezioni teoriche ed esercitazioni pratiche sul terreno.

Le lezioni si terranno presso i locali del **Parco Museo Minerario di Abbadia San Salvatore**, che i partecipanti avranno occasione di visitare insieme all'ex-sitio minerario di Abbadia San Salvatore in un tour guidato.

Nella seconda circolare (prevista entro la fine di Febbraio) verranno specificati i dettagli relativi a programma, costi e modalità di iscrizione.

COMITATO ORGANIZZATORE
Silvana Kisi - Consiglio Nazionale delle Ricerche
Daniele Rappuoli - Unione dei Comuni Anella-Val D'Orcia
Orlando Vaselli - Università di Firenze
Stefania Venturi - Università di Firenze
Marino Veluschi Zuccolini - Università di Genova

INFORMAZIONI
segreteria@societageochemica.it



Scuole | Conferenze Workshop | Congresso

Due conferenze: **Water in Geosciences** (organizzata dagli studenti PhD dell'Università di Pisa: watergeo2023.dst.unipi.it) e **Sustainability and Risk: BeGeoScientists on the Road to the Future** (organizzata da un'associazione creata da dottori di ricerca e dottorandi in Scienze della Terra: www.begeos.it/begeo2023), patrocinate dalla So.Ge.I. si terranno, rispettivamente, a Pisa dal 2 al 3 Marzo e a Napoli dal 3 al 6 Ottobre 2023.

Un altro importante appuntamento, con il patrocinio e la sponsorizzazione della So.Ge.I., è relativo al Primo *Workshop* Nazionale sulle inclusioni fluide ("Inclusioni fluide e vetrose, dal particolare all'universale: identificazione, caratterizzazione e applicazioni") che vedrà Palermo (presso l'Orto Botanico) come sede ospitante dal 10 all'11 Maggio 2023, come riportato nella locandina qui allegata.

A Potenza, grazie all'impegno, tra gli altri, dei Soci Giovanni Mongelli e Michele Paternoster, avrà nuovamente luogo il **Congresso Congiunto SGI-SIMP-SoGeI-AIV**. Questo importante appuntamento, che si terrà dal 19 al 21 Settembre 2023, ha già avuto un riscontro più che positivo da parte dei Soci So.Ge.I. Infatti, è doveroso segnalare come la comunità geochemica abbia proposto ben 17 sessioni nel *Topic "Geochemistry"*, posizionandosi al primo posto assieme al *Topic "Tectonics and Structural Geology"*. Insomma, un bel successo. Un sentito ringraziamento a tutti i Soci che si sono adoperati nel sottomettere delle sessioni molto interessanti e che, mi auguro, possano essere popolate da numerose richieste di presentazioni orali e *poster*.

Infine, altri due eventi sono in attesa di trovare giusta collocazione ed organizzazione. Si tratta di una giornata dedicata ai suoli ed alla definizione di *background* e *geochemical baseline* e una o due giorni interamente rivolta alla geochemica del mercurio e alla caratterizzazione di ambienti ove sono in procinto di partire o già partite delle operazioni di bonifica.

Concludo con una piccola novità. Da quest'anno la nostra *newsletter* passerà da trimestrale a quadrimestrale e sarà totalmente realizzata in inglese mentre il nostro sito manterrà doppia lingua. Non mi resta che augurarvi una buona lettura. Ulteriori informazioni possono essere trovate sul nostro sito e sui nostri *social*.

Primo Workshop Nazionale sulle inclusioni fluide e vetrose

Palermo, Orto Botanico
10-11 Maggio 2023

Enti patrocinanti

Tematiche:

- T-01: Inclusioni fluide, traccianti dei processi petrolologici e geodinamici
- T-02: Le inclusioni vetrose, traccianti dei processi magmatici profondi e superficiali
- T-03: Tecniche analitiche avanzate applicate allo studio di inclusioni fluide e vetrose
- T-04: Risorse e riserve, le inclusioni fluide come metodo di indagine per la prospezione
- T-05: Le inclusioni fluide nei materiali di interesse gemmologico

Esperti Ospiti:
Maria Luce Frezzotti - Università di Milano Bicocca
Rosario Esposito - Università di Milano Bicocca
Anna Giocada - Università di Pisa
Paolo Fulignati - Università di Pisa
Andrea Rizzo - INGV sez. di Palermo/Milano
Giovanni Ruggeri - CNR, Firenze
Maya Musa - Gemmologa

Responsabile Organizzatore
Francesco Maria Lo Forte - Università di Palermo

Comitato Organizzatore
Alessandro Aiuppa - Università di Palermo
Francesco Maria Lo Forte - Università di Palermo
Simone Costa - Università di Pisa

Partnership & Sponsorship

Ispezioni e informazioni:
francescomarialoforte@gmail.com
simone.costa@dst.unipi.it
(+39) 3899895048 (+39) 3278264090

IMPORTANTE

1. **Iscrizioni gratuite** fino ad esaurimento posti (n.30)
2. **Abstract deadline 31 Marzo 2023**
3. **Rimborso** fino a 250 euro per 4 soci junior SIMP

Associazione Italiana PER LO STUDIO DEL QUATERNARIO

👤 a cura di Eleonora Regattieri

🌐 www.aiqua.it

Campagna Associativa 2023

Sul sito *web* di AIQUA è possibile iscriversi all'associazione o rinnovare l'iscrizione, provvedendo al pagamento delle quote associative 2023 e al versamento di eventuali contributi quali donazione come socio sostenitore. Gli importi non sono stati ritoccati rispetto al 2022.

Come sempre, la partecipazione ad eventi ed attività scientifiche programmate da AIQUA per il 2023 sarà gratuita per i soci. Per i non soci è previsto il pagamento della quota associativa.

INQUA 2023

Prosegue il coinvolgimento di AIQUA nell'organizzazione del XXI congresso INQUA che si svolgerà presso Sapienza, Università di Roma, dal 13 al 20 Luglio 2023. Il tema del congresso è "Time for change" per sottolineare il ruolo fondamentale delle scienze quaternarie nel contribuire alla conoscenza necessaria ad affrontare le attuali sfide sociali e climatiche. Abbiamo ricevuto oltre 3900 abstracts ed è prevista la partecipazione di 3000 ricercatori provenienti da tutto il mondo.

Il 20 Febbraio si è chiusa la registrazione *Early Bird* e la possibilità di registrarsi ai *fieldtrips*, e ai *workshops* e *short courses* a pagamento, ma resta aperta la *Regular Registration*. Per la comunità di quaternaristi italiani è un'occasione unica per mostrare la qualità delle ricerche ma anche dei siti Quaternari italiani che sono oggetto di varie escursioni.

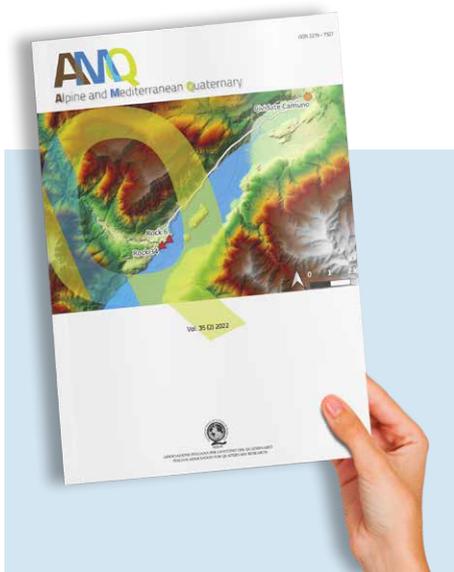
Rivista

ALPINE AND MEDITERRANEAN QUATERNARY

La rivista è indicizzata su *Scopus* ed è *Gold Open Access*; la rivista pubblica ricerche originali e di revisione, riguardanti il Quaternario che includono la storia, il clima e la biodiversità, i cambiamenti relativi del livello del mare, le interazioni umane-ambiente, le dinamiche del popolamento umano preistorico, l'impatto delle antiche civiltà e l'evoluzione delle regioni circostanti il bacino del Mediterraneo, le montagne ed i bacini alpino-himalayani, del Medio Oriente e del Nord Africa. Sono ben accette anche ricerche che trattano di prospettive geografiche più ampie e di processi globali.

I due fascicoli del 2022 (amq.aiqua.it/index.php/amq)

sono ricchi di lavori originali e di ottima qualità. Per il 2023 sono in corso di revisione vari articoli di *review* del Quaternario italiano e si prevede che siano tutti online per luglio in occasione del XXI Congresso INQUA, che si svolgerà a Roma dal 14 al 20 Luglio 2023 (inquareoma2023.org). Prevediamo di stampare numerose copie da distribuire al congresso, in modo che possano contribuire a valorizzare e pubblicizzare il lavoro dei quaternaristi italiani nel consesso internazionale.



Resoconto attività 2022 ED ATTIVITÀ PREVISTE PER IL 2023



I partecipanti alla scuola di Subiaco.

Il 2022 ha visto la ripresa delle attività in modo quasi regolare, con iniziative sia virtuali che in presenza. Nel 2022, il convegno e l'assemblea di giugno si sono svolti in modalità virtuale.

Gli interventi sono stati tutti di ottimo livello ed è stata molto apprezzata la *keynote* del Prof. Timothy Herbert (Brown University, U.S.), dal titolo: *Pliocene/Pleistocene ocean temperature changes synchronized to the Mediterranean Rosetta Stone*.

Dal 10 al 14 ottobre 2022, si è svolta a Subiaco, nel centro visite "Porta del Parco" del Parco Naturale Regionale dei Monti Simbruini, la Scuola di specializzazione per il rilevamento dei depositi quaternari continentali. La Scuola, indirizzata in particolare modo a dottorandi, assegnisti di ricerca e professionisti, ha avuto l'obiettivo di fornire un aggiornamento sul rilevamento geologico di problematiche scientifiche in un'ottica di applicazione alla cartografia geotematica. Sono stati sviluppati sia il quadro teorico sia i metodi per l'uso combinato di rilevamento sul terreno e analisi di laboratorio, al fine della ricostruzione dell'assetto stratigrafico di aree continentali, in particolare di ambiente montano. L'iniziativa, comprendente lezioni frontali e lavoro sul terreno, è stata organizzata in collaborazione con ISPRA ed ospitata dal Parco Regionale dei Monti Simbruini. I partecipanti sono stati 21. Ringraziamo ancora i docenti (Marco Pantaloni, Simone Fabbi, Maurizio D'Orefice, Guido Giordano, Stefano Gori, Fabrizio Galadini, Emanuela Falcucci, Pierluigi Pieruccini, Enrico Capezzuoli e Alessandro Mancini) per aver fornito la loro preziosa esperienza e disponibilità. Visto il successo dell'iniziativa, AIQUA sta valutando di proporre un'iniziativa analoga anche per l'autunno 2023.

Lo scorso 17 dicembre sono riprese le escursioni tematiche con la visita alla Polledrara di Cecanibbio (Lazio, resp. Prof. Raffaele Sardella in collaborazione con la Soprintendenza Speciale di Roma) a cui sono seguite il 15 Gennaio 2023 l'escursione: "Vesuvio – Gran Cono e scavi di Oplontis" e il 21 Gennaio l'escursione: "Napoli città vulcanica" (responsabile di entrambe Prof.ssa Paola Petrosino). Le escursioni proseguiranno nel 2023, il programma sarà disponibile sul sito dell'associazione (www.aiqua.it).

Nella primavera del 2022 l'Associazione ha continuato l'organizzazione del ciclo di webinar mensili dal titolo *AIQUA Scientific Virtual Tour*, che ha registrato sempre una partecipazione numerosa. Anche il ciclo di webinar "All roads lead to Rome 2023", iniziato nell'autunno del 2021, continuerà a scadenza



Un momento del lavoro sul terreno.

mensile fino a giugno 2023. I webinar organizzati durante il 2022 sono disponibili nel canale YouTube di AIQUA:

www.youtube.com/@aiqua-associazioneitaliana3629/videos.

Sono stati patrocinati diversi webinar organizzati da enti su tematiche relative al Quaternario. Inoltre, hanno ricevuto il patrocinio di AIQUA i "Paleodays 2022", il "Paleofest – Il Festival della Preistoria", il "Convegno 40 anni di Casal de' Pazzi: Il sito nel contesto archeopaleontologico del Pleistocene tra 400.000 e 40.000 anni BP", la "Scuola di Paleoantropologia" di Perugia, la "Giornata di Studio su Geologia e Clima - Clima e Ambiente: dove va la Terra?", la "Winter School on active tectonics and climate change driven landscape evolution", il corso "Quaternary Paleoenvironments and Paleoclimate in the Mediterranean area". Nel 2022 nell'ambito della convenzione quadro con il Comitato Scientifico del Club Alpino Italiano è stata bandita una borsa di ricerca AIQUA-CAI rivolta ai soci junior di AIQUA. Sono stati presentati progetti di ottimo livello da parte di tre soci AIQUA. La borsa di 2.000 € è stata assegnata, a seguito di valutazioni della commissione, alla socia Valentina Bracchi con il tema: Pinna *nobilis* del torrente Stirone: un archivio paleoclimatico e paleoambientale ancora inesplorato. Si prevede il lancio di un nuovo bando per il 2023.

Associazione PALEONTOLOGICA PALEOARTISTICA Italiana

👤 a cura di Anna Giamborino

🌐 www.paleoappi.it

DINO DIG 2022: SADP

Progetto Dinosauri del Sud dell'Alberta (Prima Parte)

In via del tutto sperimentale e per la prima volta, quest'anno l'Associazione Paleontologica APPI ha avviato un progetto di collaborazione con il ROM (*Royal Ontario Museum*) e il *Philip J. Currie Dinosaur Museum* per un progetto di scavo paleontologico e *prospecting* geologico che ha coinvolto anche alcuni studenti italiani dell'*Alma Mater Studiorum - Università di Bologna*, le cui attività sono state supportate da APPI. Il progetto ha avuto come referenti scientifici i paleontologi David Evans (ROM) per l'area del *Milk River*, Manyberries e Corwin Sullivan (*University of Alberta* e *Philip J. Currie Dinosaur Museum*) per il progetto nell'area di Grande Prairie. Le attività di campagna si sono svolte nella regione dell'Alberta, in Canada, e le oltre tre settimane di permanenza ci hanno dato modo di apprezzare le bellezze e la varietà di questa regione da un punto di vista geologico ma anche paesaggistico, oltre che alla

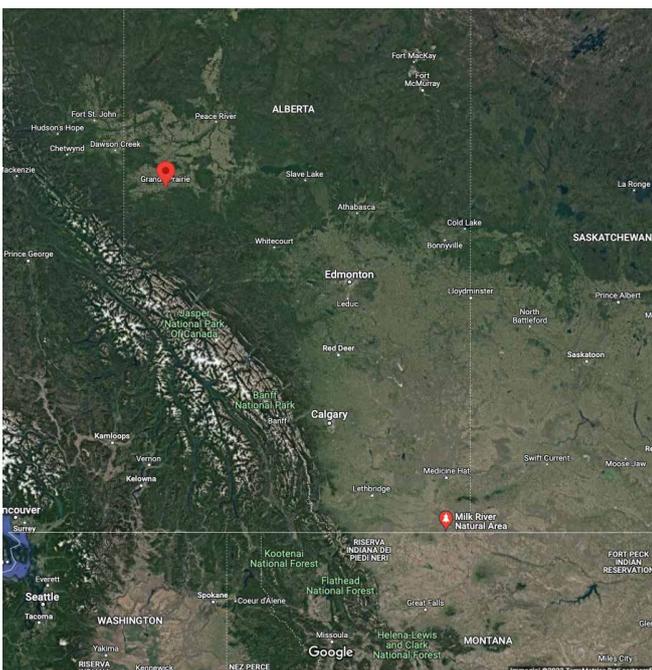
ricchezza di reperti fossili. Gli studenti che ci hanno accompagnato in questa esperienza hanno provenienze formative differenti, e per questo motivo, le attività svolte sul campo sono state di carattere geo-paleontologico la prima e più specificatamente paleontologica la seconda.

L'Alberta è al centro delle scoperte di dinosauri già dalla fine dell'800, quando diverse spedizioni del *Geological Survey of Canada* raccolsero ossa dei grandi rettili mesozoici nella parte più meridionale della regione. Quasi sempre i siti più produttivi e in generale gli esemplari più significativi e meglio preservati provenivano dai calanchi lungo il *Red Deer River*, in quello che oggi è giustamente chiamato *Dinosaur Provincial Park*. Per questa sua importanza, l'area all'interno e intorno al *Dinosaur Provincial Park* è stata quindi riccamente campionata, con oltre 400 scheletri di dinosauri articolati o associati raccolti da questa località in oltre un secolo di ricerche.

La prima parte del nostro lavoro si è svolta dal 15 al 26 luglio, nell'area del *Milk River* lungo il confine con il Montana (USA). Il nostro *team* ha fatto parte di un progetto di ricerca sul campo che va avanti da diversi anni, organizzato e avviato dal *Royal Ontario Museum* (con la supervisione del Dott. David Evans) con i colleghi del *Cleveland Museum of Natural History* e del *Royal Tyrrell Museum*. Quest'area contiene alcuni dei più antichi sedimenti con faune a dinosauri in Alberta e ha il potenziale per rivelare nuove specie dei grandi rettili mesozoici per contribuire alla nostra conoscenza nell'evoluzione dei dinosauri del tardo Cretaceo, oltre a rappresentare una delle aree con la maggior biodiversità a dinosauri del mondo.

La geologia e la paleontologia del tardo Cretaceo dell'Alberta sono state intensamente studiate, ma le ricerche sono state indirizzate principalmente verso aree con grandi quantità di siti affioranti facilmente accessibili, concentrando l'attenzione come già detto, sul *Dinosaur Provincial Park*.

Nei livelli fossiliferi negli strati rocciosi della *Dinosaur Park Formation* sono presenti diversi *turnovers* faunistici che sono certamente dovuti a cambiamenti ambientali di queste aree. Lo studio quindi anche delle aree limitrofe al *Dinosaur Provincial Park* è importante per comprendere meglio le cause di questi cambiamenti e i loro reali effetti sulla fauna. Spostandosi nell'area più a sud dell'Alberta al confine con il Montana, nella regione del



Milk River Area SADP, Canada.



Briefing maps.



Daspletosaurus quarry.



Mappatura sito.



Dinosaur Provincial Park.



Riconoscimento e catalogazione reperti.

Milk River; i dati geologici e paleontologici sono però più scarsi ma comunque molto promettenti. Da questa zona infatti arrivano alcuni dei più antichi sedimenti a dinosauri in Alberta (*Milk River*, *Foremost* e *Oldman Formation*) nonché porzioni significative delle *Oldman* e *Dinosaur Park Formation* che sono equivalenti nel tempo alle sezioni esposte all'interno del *Dinosaur Provincial Park* e che quindi potrebbero contribuire ad una maggiore comprensione dell'area.

Per questo motivo, il progetto di ricerca pluriennale sul campo, mira a eseguire un'indagine paleontologica completa di quest'area, con l'obiettivo di compilare un quadro biostratigrafico dettagliato per questa regione che possa essere confrontato direttamente con il ben noto *Dinosaur Provincial Park* e per documentare la fauna ancora poco conosciuta dei dinosauri della metà inferiore del *Belly River Group* e della *Milk River Formation*.

Durante la campagna di quest'anno, l'attenzione è stata posta principalmente in tre differenti direzioni:

1. Riapertura vecchi siti e scavo: il sito principale è stato certamente "*Daspletosaurus quarry*". Già noto da precedenti campagne, l'area del sito è stata accuratamente ripulita e lo scavo riaperto. Alcuni dei partecipanti allo scavo erano alla loro prima esperienza, quindi molti momenti della giornata sono stati dedicati a illustrare le tecniche di scavo e preservazione dei fossili. Tutto questo ha richiesto molti giorni di lavoro con gruppi di almeno 5-6 unità per poter portare alla luce più reperti fossili possibili, e la messa in sicurezza degli stessi, di quello sembra essere uno scheletro quasi completo di *Daspletosaurus* (un genere di *Tirannosauride*). Il lavoro non è terminato e richiede probabilmente un'altra campagna per poter dichiarare lo scavo concluso.
2. Rilevamento geologico: il rilevamento è stato condotto aree note per la ricchezza fossilifera ai fini di correlare le successioni stratigrafiche. È stata posta particolare attenzione alla stratigrafia della *Oldman Formation* (da cui deriva il sito del *Daspletosaurus*) e alla sottostante *Foremost Formation* con lo scopo di integrare i dati geologici e paleontologici per una più precisa correlazione con i livelli noti della *Dinosaur Park Formation*.

3. *Prospecting* paleontologico: ricerca di nuovi siti per la programmazione di scavi da organizzare a partire dal 2023 e raccolta fossili provenienti dai siti a microvertebrati. Questo tipo di attività ha permesso di valutare diverse nuove aree di lavoro, testarne l'accessibilità e di acquisire buone capacità di riconoscimento dei fossili anche per i meno esperti del gruppo. Ogni nuovo sito è stato mappato tramite GPS, fotografato e descritto in maniera generica. Alcuni di questi siti verificati erano frutto di segnalazioni e monitoraggi dei precedenti anni. La raccolta del materiale paleontologico proveniente da queste aree veniva confrontata, identificata e catalogata alla fine di ogni giornata di lavoro.

In generale possiamo concludere che questo tipo di esperienze si rivelano altamente formative per gli studenti e non solo perché hanno la possibilità di toccare con mano quello che è il lavoro sul campo e di seguirne tutte le fasi, partendo dall'osservazione, l'elaborazione e la raccolta dei dati e, nel caso del ritrovamento dei fossili, la loro estrazione e tutela.

Non da meno è certamente l'esperienza del lavoro in *team*. Al rientro al campo base infatti c'era sempre un momento comunitario in cui ogni partecipante poteva raccontare del proprio lavoro svolto durante la giornata e discutere con gli altri partecipanti le proprie osservazioni e considerazioni. Questi momenti di confronto sono stati fondamentali per comprendere meglio la natura dei reperti e dell'area di ricerca, oltre ad acquisire consapevolezza del lavoro svolto.

Ma non solo. Essere "obbligati" a condividere ogni momento della giornata con gli altri membri della spedizione è stato fondamentale per creare un legame con le persone e i gruppi di lavoro provenienti dalle altre istituzioni. L'aspetto umano in questo tipo di esperienze non è mai infatti secondario. L'isolamento dovuto anche alle particolari condizioni geografiche e ambientali dell'area di lavoro possono creare difficoltà e rendere complicata la permanenza (a volte molto lunga) in posti paesaggisticamente meravigliosi ma spesso "ostili". In questi casi, i componenti della spedizione possono davvero fare la differenza e rendere piacevole anche un'esperienza così faticosa.

Ma ora è tempo di smontare le tende e volare più a nord, alla volta di *Grande Prairie* e proseguire il nostro lavoro nell'area della *Peace Country*. Nuovi amici e altri dinosauri ci aspettano!

TO BE CONTINUED...

THE GEOSCIENCE PARADIGM: *Resources, Risks and Future Perspectives*

Congresso Nazionale SIMP-SGI-SoGeI-AIV
Potenza | Università della Basilicata
19 / 21 Settembre 2023

 www.geoscienze.org/potenza2023



La Basilicata, situata nel cuore dell'Appennino meridionale, rappresenta un territorio unico da un punto di vista della geodiversità, le cui caratteristiche hanno portato allo sviluppo delle moderne conoscenze sulla stratigrafia e sull'assetto strutturale di questo settore di catena. Nella regione, infatti, è possibile analizzare l'assetto geologico della catena appenninica, dalla zona di avampaese-avanfossa, fino alle successioni ofiolitiche affioranti nelle aree più interne (Fig. 1). Spettacolari affioramenti permettono di osservare, nella zona assiale della catena, pieghe rovesciate a scala chilometrica ritagliate da faglie ad alto angolo (Fig. 2), che testimoniano l'evoluzione polifasica della catena. Oltre alle caratteristiche prettamente geologiche, la Basilicata si distingue per la presenza di importanti georisorse. Nell'area è presente il più importante giacimento di idrocarburi in terraferma dell'Europa occidentale. Inoltre, le sorgenti della regione rappresentano importanti risorse idriche, che vanno a soddisfare le esigenze di acqua potabile della Basilicata e delle regioni limitrofe. La presenza delle risorse è associata a un territorio caratterizzato da una notevole fragilità. Infatti, la Basilicata, come tutta la zona assiale della catena appenninica, è caratterizzata da un elevato rischio sismico e da notevoli problemi

di carattere idrogeologico.

Per rispondere alle esigenze del territorio, presso l'Università della Basilicata e il CNR-IMAA sono presenti gruppi di ricercatori in geologia che, grazie all'attivazione del Corso di Laurea in Scienze Geologiche nel 1992, si sono coordinati per promuovere ed incentivare ricerche nell'area dell'Appennino lucano, focalizzando la propria attenzione sui georischi e le georisorse. Questo è il contesto in cui si inserisce il Congresso Nazionale SIMP-SGI-SoGeI-AIV, previsto presso la sede di Potenza dell'Università della Basilicata che, coerentemente con le caratteristiche del territorio lucano, affronta tematiche fondamentali nelle geoscienze, come la comprensione dei processi che sovrintendono alla genesi delle georisorse, la pianificazione del loro uso sostenibile nel rispetto della salvaguardia dell'ambiente, la prevenzione e la mitigazione dei rischi geologici, da affrontare nell'attuale contesto caratterizzato dal cambiamento climatico. In definitiva, il Congresso, attraverso tre giorni di sessioni scientifiche e conferenze plenarie, si proporrà di favorire la discussione e lo scambio di esperienze su tematiche di rilevante impatto sociale e scientifico riguardanti le geoscienze. Escursioni pre- e post-congresso serviranno ad illustrare le caratteristiche geologiche del territorio lucano e delle regioni limitrofe.

Potenza 2023

CONGRESSO
The Geoscience paradigm:
Resources, Risks and future perspectives

19 20 21
settembre 2023
POTENZA

SAVE THE DATE



Fig. 1 - La cuspidi di Timpa Pietrasasso, formata da basalti ofiolitici di età Giurassica, nel Parco Nazionale del Pollino.



Fig. 2 - L'anticlinale rovesciata del Monte Caldarosa affiorante in Val d'Agri (Parco Nazionale dell'Appennino Lucano, Val d'Agri, Lagonegrese). Si notano i calcari ben stratificati in corrispondenza del nucleo della piega (Calcari con Selce – Triassico superiore) e il fianco rovesciato costituito dai diaspri rossi degli Scisti Silicei (Giurassico).

LA GOLA DEL BOTTACCIONE:

un geosito, tra protezione ed etica del campionamento

L'Unione Internazionale delle Scienze Geologiche (IUGS), con la sua commissione per il patrimonio geologico, ha recentemente, presentato l'elenco dei 100 geositi di rilevanza internazionale (iugs-geoheritage.org). In Italia ne sono stati individuati tre: uno di questi è la Gola del Bottaccione (Gubbio) nell'Appennino settentrionale. Essa è ben nota per gli straordinari affioramenti delle rocce sedimentarie pelagiche della Successione stratigrafica meso-cenozoica Umbro-Marchigiana e per la presenza del limite stratigrafico Cretacico-Paleogene (K-Pg), dove è stata rilevata per la prima volta l'anomalia di iridio che ha permesso di elaborare l'ipotesi di un'estinzione di massa, inclusa

quella dei dinosauri, dovuta all'impatto di un asteroide 66 milioni di anni fa.

La Gola del Bottaccione è conosciuta dal punto di vista geologico sin dalla fine del XIX secolo. Da allora è diventato un eccezionale sito di ricerca per diverse generazioni di geologi. Il limite K-Pg è situato nella parte alta della gola, in uno spiazzo liberamente accessibile e visitato frequentemente da geologi e geo-turisti (Fig. 1).

La rilevanza scientifica del luogo contrasta con il suo attuale stato di manutenzione. Il degrado è evidente e aggravato dalla presenza di vario pattume. L'ente gestore della strada, proprietario dell'area, non fa molto di più di quello che è di sua competenza. A questo si aggiunge un chiaro sovracampionamento per specifiche ricerche geologiche. Dalle perforazioni per analisi magnetostatigrafiche all'asportazione di interi blocchi di roccia (Fig. 1a-c). In particolare, il livello argilloso che marca il limite K-Pg è ormai praticamente campionabile solo ricorrendo a interventi particolarmente invasivi (Fig. 1d). L'affioramento roccioso,

inoltre, ha problemi di naturale instabilità strutturale, relativi alle vibrazioni indotte dal traffico stradale (Fig. 1b,c).

Con questa breve nota sottopongo all'attenzione della comunità delle geoscienze le problematiche di conservazione di questo singolare geosito. Mi rendo conto che l'argomento è particolarmente complesso, ma ritengo che sia necessario avviare, al più presto, una approfondita discussione al riguardo per individuare le azioni da intraprendere e definire anche norme geoetiche che ispirino il comportamento dei ricercatori. Come cittadino di Gubbio mi sto già adoperando per preservare uno dei luoghi che ha contribuito significativamente allo sviluppo storico, a scala mondiale, delle scienze geologiche.

Bibliografia:

Alvarez L.W., Alvarez W., Asaro F. & Michel H.V. (1980). *Extraterrestrial cause for the cretaceous-tertiary extinction*. Science, 208(4448), 1095-1108. <https://doi.org/10.1126/science.208.4448.1095>

Menichetti M., Coccioni R. & Montanari A. (2016). *The stratigraphic record of Gubbio*. Special Paper of the Geological Society of America, 524, 35-55. [https://doi.org/10.1130/2016.2524\(04\)](https://doi.org/10.1130/2016.2524(04))

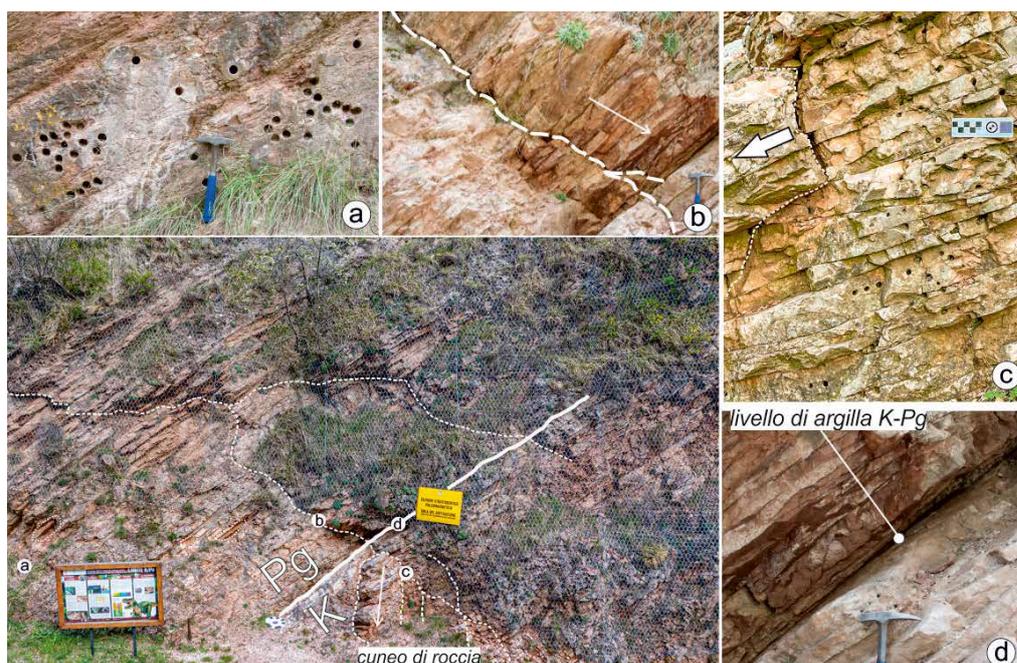


Fig. 1 - L'affioramento del limite K-Pg nella Gola del Bottaccione a Gubbio (Pg), lungo la strada statale n.298. La linea tratteggiata indica le superfici di discontinuità e di instabilità e le frecce le direzioni di movimento dei blocchi di roccia.

UN PASSO AVANTI: PRESENTE E FUTURO DELLE GEOLOGHE ITALIANE

10-11 Febbraio 2023
VII Giornata Internazionale delle Donne
e Ragazze nella Scienza

La Divisione Equità, Diversità, Inclusione “PanGEA” della S.G.I. ha organizzato a Roma due giornate (10 e 11 Febbraio) di incontri per discutere e riflettere in occasione della VII Giornata Internazionale delle Donne e Ragazze nella Scienza. Il *workshop* intitolato “Un passo avanti: Presente e futuro delle geologhe italiane” ha riscosso un grande successo e interesse, riunendo 74 partecipanti da tutta Italia di cui 31 *online*. Questa iniziativa è stata animata dal desiderio comune di comprendere quale sia la condizione delle geologhe in Italia e per migliorarla promuovendo iniziative concrete.

L'evento è stato preceduto da un aperitivo e una cena di benvenuto organizzato presso la Casa Internazionale delle Donne a Trastevere. L'aperitivo è stato accompagnato da un animato dibattito condotto da Sveva Corrado che ha visto la partecipazione di Patrizia Fregonese, regista che da anni organizza un festival di film di registe dell'area mediterranea, e Parisa Nazari, mediatrice culturale iraniana, che ha portato l'attenzione sulla condizione delle donne in Iran.

L'11 Febbraio il *workshop* organizzato presso l'aula Urbano VIII della sede dell'Argiletum dell'Università Roma Tre ha coinciso con la vera, prima riunione in presenza della Divisione. La giornata è stata articolata in una serie di interventi che hanno avuto come

tema portante il ruolo delle donne in tutti i campi delle Geoscienze: dall'università, alla libera professione, agli istituti di ricerca, con relatori appartenenti a ciascuna di queste realtà. Questi interventi, che hanno aperto una finestra su quella che è, ad oggi, la situazione nel nostro paese, sono stati il punto di partenza per la seconda parte della giornata quando si sono organizzati quattro tavoli di discussione. Le macro-aree tematiche oggetto delle discussioni sono state: il *mentoring* per le ragazze, l'università e il mondo del lavoro, le politiche di genere e di ruolo e le nuove professionalità. Questo fondamentale momento del *workshop* è stato guidato da una serie di domande: a che punto siamo? Dove vogliamo arrivare? Quali sono le strategie da portare avanti per migliorare la situazione? Ogni tavolo ha quindi evidenziato non solo le criticità, ma anche le iniziative da perseguire per cambiare lo stato attuale. La giornata si è quindi conclusa con una partecipata sintesi conclusiva e un dibattito.

La Divisione è entusiasta delle idee e degli spunti di riflessione che sono emersi da questi due giorni di condivisione e della partecipazione attiva di tutte e tutti coloro che sono intervenuti. L'auspicio è quello di condividere con i soci e le socie della SGI le iniziative da intraprendere, così da muovere i primi passi verso un cambiamento concreto della situazione EDI in Italia.



Foto di gruppo della serata alla Casa Internazionale delle Donne, 10 Febbraio 2023

L'OTTOCENTO VISTO DALLE DOLOMITI

Tra letterari viaggi e geognostiche osservazioni: il primo Memoriale dell'Hotel Nave d'Oro di Predazzo (1820-1875)

A certi luoghi capita di far da sfondo a moltissimi eventi nel giro di poco tempo. E può anche capitare, con un po' di fortuna, che le tracce di quegli eventi durino abbastanza a lungo da arrivare fino a noi.

Che lo scopritore sia un paleontologo, un archeologo, o uno storico, sempre di tracce si tratta: e dunque la considerazione vale tanto per la storia naturale (cosa sono una colonna stratigrafica o un *Lagerstätte* se non degli archivi sul passato?) quanto per l'umana, dove non mancano giacimenti

degni delle loro controparti geologiche. Con la differenza che

nella storia umana i giacimenti possono anche essere fatti di carta: e in questa carta, più dei libri e dei giornali, sono spesso gli scritti inediti – epistolari, note di laboratorio e di campo, registri, ecc. – quelli più preziosi. Perché il loro contenuto è in genere meno attento all'immagine pubblica degli autori ed è dunque più veritiero, e perché i protagonisti non vi compaiono quasi mai da soli. Li affiancano comprimari, comparse, *villain* che sono altrettanto essenziali per la nostra comprensione del passato. Per formarsi, un giacimento cartaceo richiede circostanze particolari. E furono particolarissime quelle che s'incrociarono in Val di Fiemme ai primi dell'Ottocento, quando una scoperta di Giuseppe Marzari Pencati (1779–1836) che contraddiceva la teoria nettunista di Abraham Gottlob Werner (1749–1817) attirò sulle Dolomiti un esercito di geologi e naturalisti da tutta Europa. Questo fiume di scienza non s'esaurì con la fine del dibattito tra nettunismo

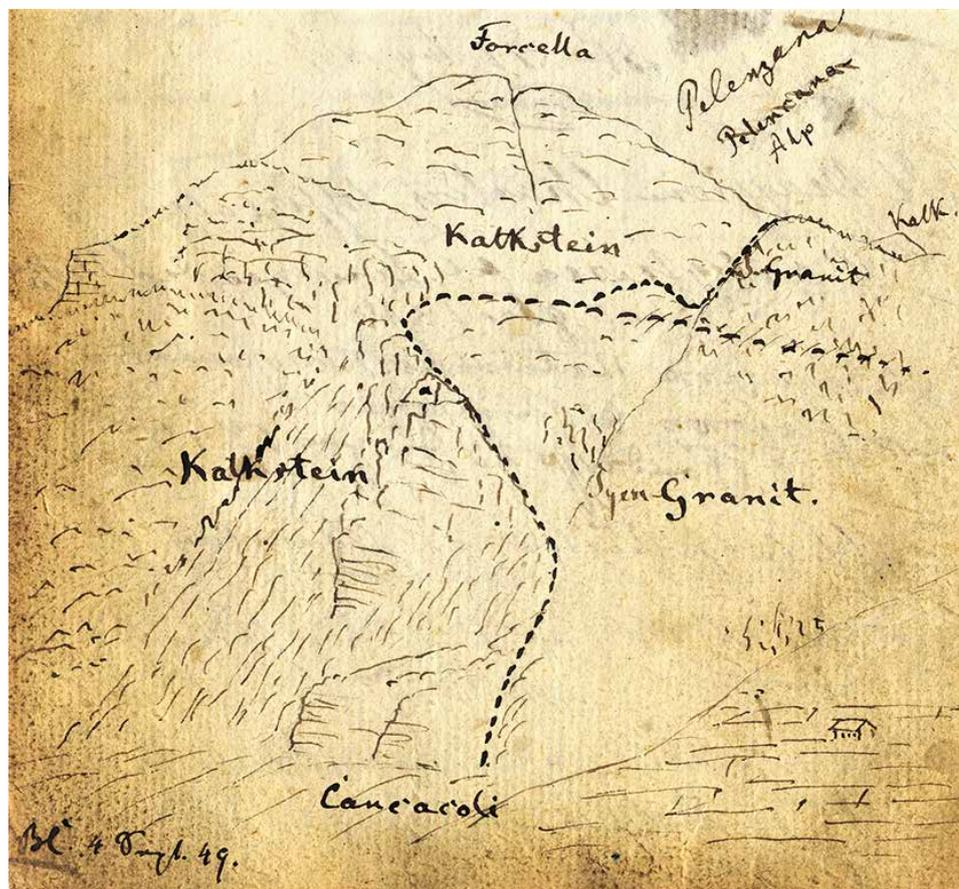
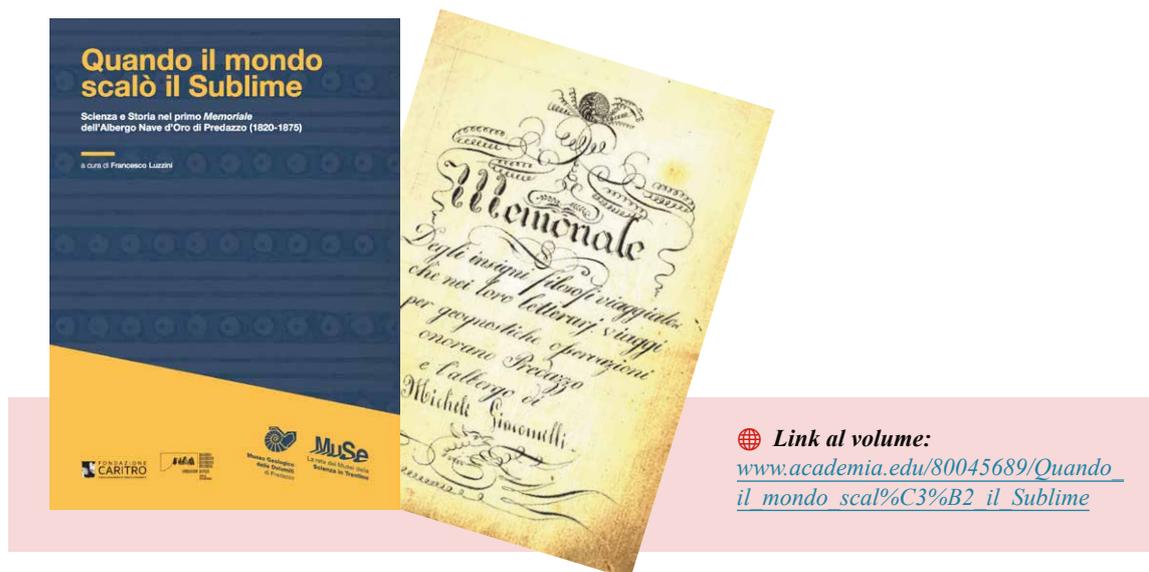


Fig. 1 - Sito dei Canzocoli, Predazzo, Val di Fiemme (*Memoriale*, vol. I, p. 30).



 **Link al volume:**
[www.academia.edu/80045689/Quando
 il_mondo_scal%C3%B2_il_Sublime](http://www.academia.edu/80045689/Quando_il_mondo_scal%C3%B2_il_Sublime)

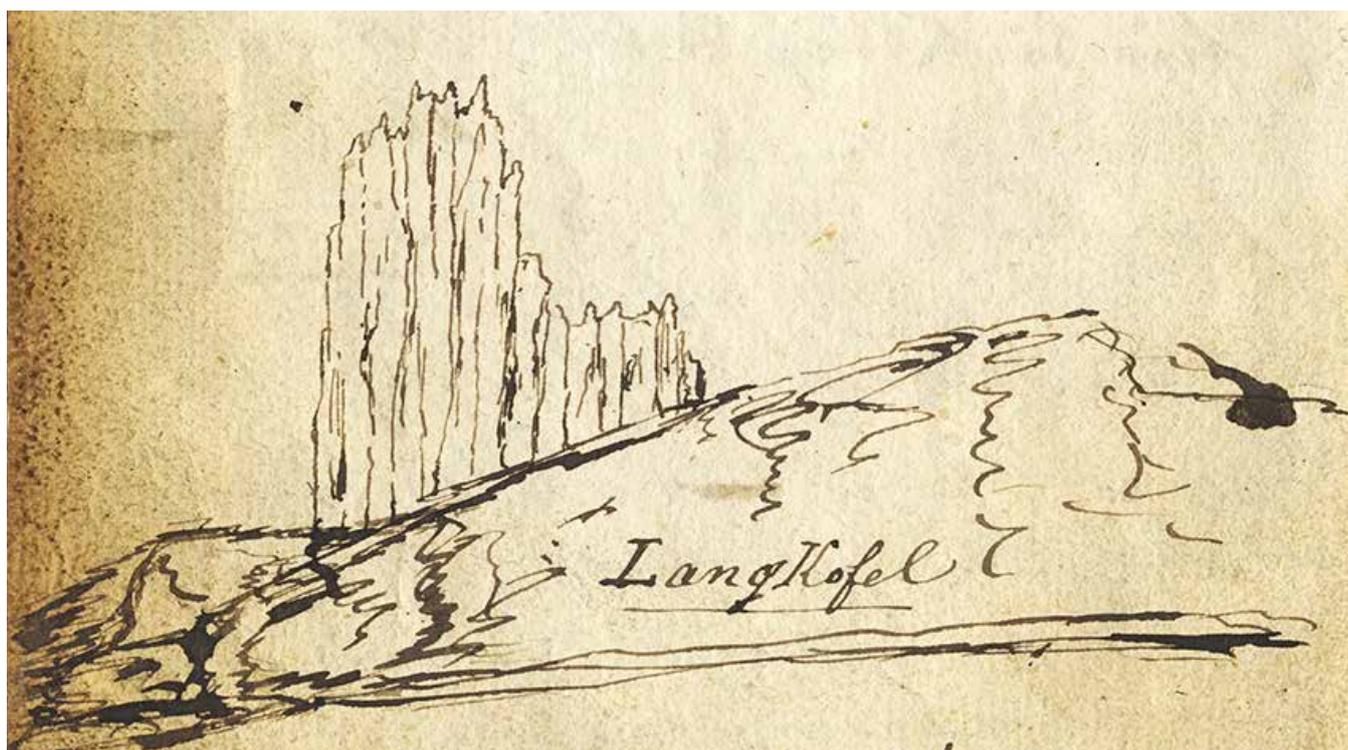


Fig. 2 - Sassolungo/Langkofel, Dolomiti di Gardena e di Fassa (*Memoriale*, vol. I, p. 36).

e plutonismo, ma anzi si rafforzò nei decenni seguenti e incontrò i fiumi altrettanto impetuosi della politica, della letteratura, dell'arte, del turismo. L'estetica romantica con la sua irresistibile fascinazione per il sublime, l'emergere dei nazionalismi europei e lo scontro tra pangermanisti e irredentisti italiani, l'affermarsi dell'alpinismo come fenomeno di massa: nell'Ottocento un intreccio unico di contesti sociali, culturali, politici trasformò le Dolomiti nel teatro di avvenimenti la cui complessità e ricchezza sono rimaste impresse nel *Memoriale* dell'Hotel Nave d'Oro

di Predazzo, un libro firme in cui innumerevoli personaggi dall'Europa e dal mondo lasciarono i loro nomi, note, disegni. Grazie a un progetto promosso dal MuSe di Trento e finanziato dalla Fondazione Caritro, l'edizione critica del primo volume del *Memoriale* (1820-1875) è ora disponibile in versione cartacea e in open access. Un lavoro, questo, che si propone come uno strumento utile non solo alla comunità degli studiosi, ma anche al vasto pubblico degli amanti della montagna per approfondire un capitolo cruciale della storia trentina, italiana, europea.

VOLTA LA CARTA

1822-2022

Duecento anni di cartografia geologica delle Dolomiti nell'area del Parco Naturale Paneveggio Pale di S. Martino

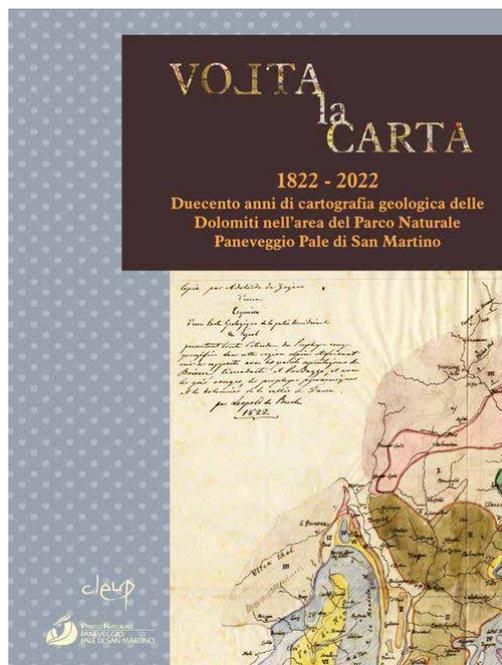
Nel loro “VOLTA la CARTA - 1822-2022 Duecento anni di cartografia geologica delle Dolomiti nell'area del Parco Naturale Paneveggio Pale di S. Martino” Fabrizio Bizzarrini e Guido Roghi vogliono raccontare la straordinaria storia della cartografia geologica di un meraviglioso settore delle Dolomiti.

Questo libro non ci accompagna solamente nella storia del Parco Naturale di Paneveggio Pale di S. Martino, ma ci consente al contempo di viaggiare nella storia della Geologia d'Italia e d'Europa. Questo settore delle Dolomiti, infatti, in quanto terra di confine, è sempre stato meta di studiosi provenienti da tutti i Paesi limitrofi, divenendo palestra naturale di studio per geologi Austriaci, Italiani Francesi e Tedeschi.

Il libro si snoda in 6 capitoli organizzati in ordine cronologico. Il primo capitolo illustra cosa sia una Carta Geologica e di come queste, già nei primi decenni dell'800, divennero lo strumento indispensabile tra i geoscientisti europei per “comunicare” e descrivere i propri territori. Tale era l'importanza di una carta geologica, che i criteri e la simbologia necessari per la sua costruzione vennero definiti in modo unanime nei vari Congressi Geologici Internazionali. In questo quadro si colloca la prima carta Geologica della zona, redatta da Leopold von Boch nel 1822. Si prosegue con il secondo capitolo, incentrato sui Congressi degli Scienziati Italiani, che fino al 1847 furono un momento chiave di confronto per i geologi del nostro Paese e naturalmente ospitarono le opere cartografiche realizzate nell'area delle Dolomiti.

Ma le Dolomiti, non furono solo terreno fertilissimo per il proliferare di studi geologici di ogni tipologia, furono anche, data la loro posizione geopoliticamente strategica, sede di contese. Come descrivono gli Autori, essendo la geologia considerata una disciplina chiave dal punto di vista strategico, si instaurò una serrata sfida tra geologi austriaci, tedeschi e italiani nello studio e nella comprensione dell'area.

In questa prima parte del libro, vengono anche descritti gli sforzi dei primi cartografi, che si trovarono a lavorare in aree a tratti impenetrabili, giacché ancora non erano state costruite e predisposte le carrozzabili che a partire dal '900 le avrebbero ben collegate con tutti i paesi limitrofi. Così gli autori ci conducono in quei paesaggi incontaminati raccontandoci anche gli intrecci tra cartografia e prime esplorazioni alpinistiche ad opera del CAI.



Con i successivi capitoli, gli Autori si addentrano nel Secolo Breve, descrivendo come i geologi italiani, a seguito della Prima guerra mondiale, divennero i principali studiosi dell'area con le carte di Vardabasso, Castiglioni, Venzo, Merla e Brega. Il quinto capitolo è invece dedicato agli studi portati avanti da geologhe donne, italiane e non, che hanno enormemente contribuito all'avanzamento delle conoscenze sull'area, basti ricordare Marta Furlani con i suoi studi relativi al vulcanismo della Marmolada.

Il libro termina con un capitolo relativo alla cartografia attuale. Ogni capitolo è corredato di bellissime illustrazioni delle carte geologiche descritte e di schede che approfondiscono sia le vite dei protagonisti del libro, sia tematiche storiche e curiosità, consentendo al lettore di immergersi in questa bellissima storia di cartografia lunga 200 anni.

NUNTIUM

de Lapidibus

Autore Massimo Coli

Dip. Scienze della Terra. Università di Firenze.

Heritage stones, Building stones and Stone buildings news

La geologia e la conservazione degli edifici storici

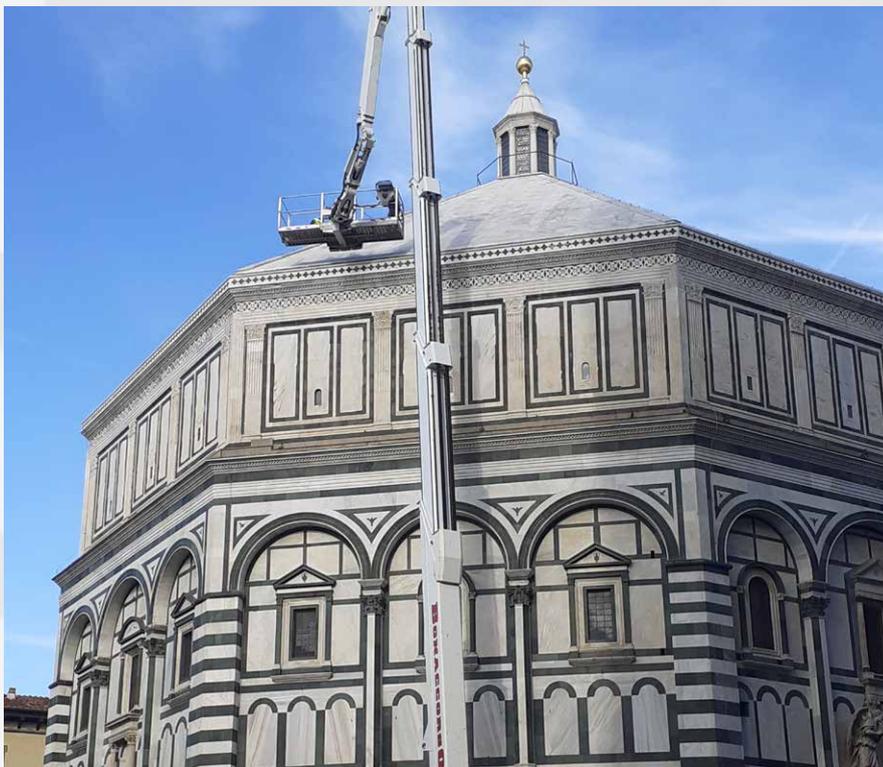


Fig. 1 - Esecuzione di rilievi georadar con antenna contactless sulla copertura del Battistero di San Giovanni a Firenze.

Il rapporto costruito/pietra nasce nella preistoria con l'uso della pietra quale materiale che poi diventa materia prima in una filiera di conoscenze, saperi, tecniche e organizzazione sociale ed economica che ha consentito lo sviluppo della nostra civiltà e la realizzazione di opera d'arte, monumenti ed edifici in materiale lapideo. Le risorse lapidee rappresentano da sempre una delle principali fonti di materiale nel campo dell'edilizia e, in particolare, un importante elemento culturale in quanto impiegate come materia prima per realizzare i capolavori della scultura e dell'architettura che fanno ormai parte del patrimonio culturale dell'umanità. Pertanto, la conoscenza dei materiali lapidei offerti dal contesto geologico locale,

delle loro caratteristiche fisico-meccaniche e minero-petrografiche, del loro uso e delle tecniche di coltivazione dall'Antichità ad oggi, può fornire un ampio panorama del significato storico e culturale di questi materiali, sottolineando l'importanza di un'attività economica assai rilevante nella storia e nelle tradizioni delle diverse culture che si sono sviluppate nel corso dei secoli nell'area mediterranea. Lo studio delle risorse lapidee riveste anche una particolare importanza per la corretta conservazione dei beni architettonici e artistici; spesso, infatti, l'attività di restauro delle opere d'arte è stata condotta con pietre esteticamente simili alle originali (per litologia e colore) ma non provenienti dal medesimo sito estrattivo. Solo recentemente si sta prendendo coscienza

della opportunità e della possibilità di reperire il medesimo materiale originario, identificandone il luogo di provenienza (principio di Autenticità) in quanto la conoscenza delle caratteristiche intrinseche del materiale è di fondamentale importanza per la previsione del comportamento del materiale una volta in opera. Negli ultimi anni, anche grazie a svariati progetti internazionali, si stanno diffondendo il concetto di *Heritage Stone* (Pietra Culturale; *Global Heritage Stone* - www.globalheritagestone.org), ivi compresi i siti ed i paesaggi di cava (www.quarryscapes.no) ed i principi di Autenticità e Integrità. I lapidei impiegati per la realizzazione di un monumento/edificio storico vengono così annoverati tra i materiali di "pregio culturale", al pari di dipinti, ceramiche, etc.... Ogni pietra in opera racchiude in sé una doppia storia: la storia geologica della roccia come materiale naturale dalla sua origine fino al suo prelievo da parte dell'Uomo, e la storia della pietra come materia prima dalla sua individuazione, prelievo, trasformazione, trasporto e messa in opera, e poi eventualmente al suo degrado. Queste conoscenze sono la base per una corretta azione di Conservazione; in accordo con i principi di Autenticità ed Integrità la normativa vigente prevede che su tali monumenti/edifici possano essere svolte indagini conoscitive solo tramite



Fig. 2 - Forte sant'Elmo a Napoli, splendido esempio di architettura militare realizzata nel locale "tufo" tra scavato e costruito.

diagnostica NDT (*No Destructive Test*) e LDT (*Low Destructive Test*).

Nello studio dei materiali storici posti in opera su un determinato monumento/edificio vi sono tre diverse tipologie di approccio per determinare il tipo di materiale usato, e quindi la cava di provenienza:

- ▶ **Analisi organolettica:** svolta da esperti sulla base della loro conoscenza e che riguarda litologia, grana, tessitura e ordito; si svolgono in sito e non prevedono prelievo di campioni, ma necessitano di una superficie pulita di osservazione, possono essere rapide e diffuse.
- ▶ **Analisi tecniche:** svolte tramite analisi fisico-meccaniche, petrografiche, mineralogiche, geochimiche ed isotopiche che consentono di caratterizzare il materiale lapideo; necessitano del prelievo di campioni rappresentativi come tipologia e numero, richiedono tempo e sono puntuali.
- ▶ **Analisi documentale:** svolta da esperti su archivi e testi storici, documenti commerciali, resoconti, compendi, relazioni; meglio se riportano ordini, provenienza e tipologia dei materiali, storie di luoghi e di uomini, richiedono molto tempo e spesso anche conoscenza della terminologia tecnica storica e della sua traduzione attuale.

Di queste tre diverse tipologie di approccio le prime due sono proprie delle discipline geologiche.



Fig. 3 - Splendido esempio di carpenteria litica di sostegno e di orizzontamento della copertura del Pozzo Etrusco a Perugia.

Su questi argomenti, negli ultimi mesi, si sono tenuti tre importanti Convegni:

- **Third International Symposium on Geotechnical Engineering for the Preservation of Monuments and Historic Sites.**
📍 Napoli 📅 22-26 Giugno 2022
- **Geosciences for a sustainable future. Congresso congiunto Società Geologica Italiana (SGI) e Società Italiana di Mineralogia e Petrologia (SIMP).**
📍 Torino 📅 19-21 Settembre 2022
- **Conferenza Nazionale sulle Prove non Distruttive Monitoraggio Diagnostica: 19° Congresso AIPnD.**
📍 Verona 📅 19-21 Ottobre 2022

La partecipazione e le presentazioni di ordine "geologico" sono state numerose e di buon livello, mostrando un sempre maggior interesse e coinvolgimento dei geologi nel settore dei Beni Culturali, che rappresentano una specie di "Risorsa Locale" da conservare e valorizzare sempre di più, sia per l'economia nazionale che per i fondi di ricerca connessi, come anche in riferimento ad alcuni degli attuali obiettivi del PNRR.

Grazie per l'attenzione ed alla prossima.

NEWS *in pillole*

Chianti Topics a Firenze dal 3 al 5 Maggio 2023

La 6ª edizione del Chianti Topics è organizzata dall'Osservatorio Polifunzionale del Chianti, Università di Firenze, Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF), DISTAV Università di Genova, Società Geologica Italiana, Sezione Geologia Planetaria della Società Geologica Italiana, Sezione Geologia Strutturale della Società Geologica Italiana, Società Italiana di Scienze Planetarie e Centro Interdipartimentale Universitario ORSA. Ha lo scopo di offrire una visione aggiornata sugli ambienti planetari dal pianeta Terra agli Esopianeti attraverso il Sistema Solare. Questo ambizioso approccio multidisciplinare è un'incredibile e unica opportunità per condividere competenze e creare sinergie. Sono graditi tutti i contributi che riguardano studi, osservazioni ed esperimenti (sul campo o in laboratorio) su analoghi ambienti planetari.

Per maggiori informazioni si rimanda alla prima circolare e al sito dell'evento.

www.socgeol.it/files/download/6CT%20FIRST%20ANNOUNCEMENT.pdf
chiantitopics.it

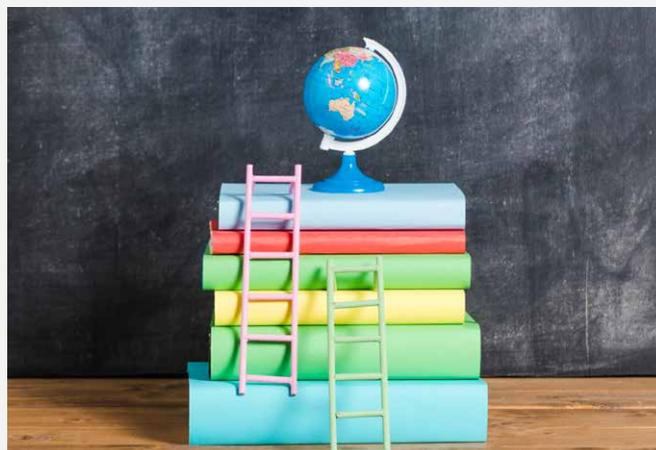


International Conference on Fluvial Sedimentology

Dopo oltre 40 anni, l'*International Conference on Fluvial Sedimentology* (ICFS) è ancora la piattaforma internazionale più importante in cui la comunità della sedimentologia fluviale può incontrarsi e confrontarsi. Dopo l'incontro online del 2021, siamo finalmente pronti per incontrarci nella splendida cornice di Riva del Garda, per la 12ª edizione.

Questo incontro prenderà in considerazione i sistemi fluviali nei loro aspetti generali e specifici a diverse scale temporali e spaziali, dall'analisi del bacino fino all'analisi delle forme del letto e delle *facies* deposizionali in affioramenti, carote, canali e realtà virtuale.

Visita il sito web (www.icfs2023.it) per maggiori dettagli e i video (<https://youtu.be/gG8v29EaqJU>) per avere una panoramica dell'incontro in soli due minuti!



Premio Quintino Sella per la Didattica delle Scienze della Terra

È indetto il concorso per l'assegnazione del premio "Quintino Sella per la didattica delle Scienze della Terra" per elaborati didattici prodotti nell'anno scolastico 2022/2023 riguardante gli aspetti delle Scienze della Terra, quali ad esempio suolo, aria, acqua, rocce, vulcani, terremoti, connessi alle applicazioni pratiche, alla vita quotidiana, ai rischi, ai problemi ambientali, con auspicabile riferimento alla realtà territoriale della scuola. Il "Premio" di € 1.000,00, finanziato da Banca Sella, è destinato all'acquisto di strumentazione e materiale didattico-tecnico-scientifico ed è indivisibile.

Tutta la documentazione dovrà essere inviata entro e non oltre il 31 maggio 2023 al seguente indirizzo: premi@socgeol.it
Per informazioni si consulti il Regolamento del Premio.

www.socgeol.it/440/premio-quintino-sella-per-la-didattica-delle-scienze-della-terra.html



Mostra tematica: All'ombra del supervulcano

17 marzo 2023 - 14 Febbraio 2024

280 milioni di anni fa, nella zona dell'attuale Trentino-Alto Adige, si verificò un imponente eruzione vulcanica. Il cosiddetto "Supervulcano di Bolzano" fu attivo per oltre 12 milioni di anni, ed è stato uno dei dieci più grandi nella storia della Terra. L'intensa attività vulcanica fatta di eruzioni laviche, flussi piroclastici ha portato alla formazione di un'enorme depressione definita "caldera" e alla formazione di depositi vulcanici (lave e ignimbriti) spessi oltre 2.000 metri. Questi depositi, meglio conosciuti come "Porfido quarzifero di Bolzano", caratterizzano l'area che va da Merano a Trento e sono stati utilizzati per pavimentare le strade del centro di Bolzano e di moltissime città italiane.

L'attività vulcanica fu tuttavia intervallata da diversi periodi di quiescenza durante i quali si formarono fiumi e laghi attorno al supervulcano. Queste fasi sono testimoniate da rocce sedimentarie (conglomerati, areniti) e dalle orme fossili di rettili, anfibi e da resti eccezionalmente preservati di piante. *Habitat* rigogliosi che furono ripetutamente cancellati dalle diverse fasi eruttive e dai gas vulcanici emessi.

Il progetto di ricerca "Living with the Supervulcano", capitanato dal Museo di Scienze Naturali dell'Alto Adige, in collaborazione con l'ufficio Geologia e prove materiali della Provincia di Bolzano, il MUSE - Museo delle Scienze di Trento e l'Università di Padova, ha avuto il compito di analizzare le rocce e i fossili di questi bacini sedimentari per ricavare informazioni sugli antichi ecosistemi del Permiano inferiore e comprendere come le varie eruzioni vulcaniche abbiano influenzato il clima e gli ambienti e quali adattamenti furono necessari ad animali e piante per sopravvivere in condizioni così estreme.

Il progetto ha visto coinvolti anche decine di studiosi del CNR, della Società Geologica Italiana, del Museo di Geologia e Paleontologia di Padova, del Museo di Scienze Naturali di Chemnitz e dell'Università di Innsbruck.

La mostra "All'ombra del supervulcano", che sarà ospitata dal Museo di Scienze Naturali dell'Alto Adige (Bolzano) dal 17/03/2023 al 4/02/2024, ci racconterà uno spaccato della vita di 280 milioni di anni fa, in cui nulla era come al giorno d'oggi.

Novità per GeologicaMente!!!

Con nuove grafiche e nuovi spazi, GeologicaMente si rinnova! Saranno due le principali novità che l'Editorial board ha voluto, per tenere il magazine sempre aggiornato e all'avanguardia.

In primis, la rivista si arricchisce di una nuova sezione "News in pillole" che raccoglierà le notizie dal Mondo delle Geoscienze. In questa parte della rivista i lettori potranno approfondire e scoprire le iniziative organizzate, non solo dalla SGI, ma da tutte le realtà che popolano il nostro settore.

La seconda novità, non certo per ordine di importanza, è la creazione di un sito web interamente dedicato a GeologicaMente. In questo nuovo contenitore, i nostri lettori potranno sfogliare e scaricare tutti i numeri del magazine, nonché recuperare i video dei Caffè di GeologicaMente. Il sito consentirà agli interessati di trovare tutte le informazioni relative alla rivista e i contatti del nostro Editorial Board. Cosa aspetti??? Guarda tutte le novità e vai subito a dare un'occhiata al sito (www.geologicamente.it).

Call for Student Helpers

La Società Italiana di Mineralogia e Petrologia, la Società Geologica Italiana, la Società Geochimica Italiana e l'Associazione Italiana di Vulcanologia ricordano che, dal 19 al 21 settembre 2023, si terrà a Potenza il congresso congiunto dal titolo "The Geoscience paradigm: resources, risks and future perspectives". Le società lanciano una *call for student helper* per coadiuvare l'organizzazione tecnico-logistica e al contempo incentivare la partecipazione di giovani (studenti e dottorandi).

Gli student helpers coadiuveranno gli organizzatori nelle fasi di registrazione e accoglienza dei partecipanti, nell'assistenza ai congressisti, presenziando le aule e (dis)allestendo sessioni poster, ecc.. Al contempo, avranno garantito:

- **iscrizione al congresso: alloggio** dal 18/09 al 21/09 in strutture individuate dall'organizzazione;
- **pranzi, coffee-break** (presso il congresso) e cene (in locali convenzionati).

L'adesione è su base volontaria e si stima necessario un numero di **20 student helper**. Il loro impegno sarà al 60% del periodo di apertura del Congresso, così che ciascun helper possa anche partecipare alle sessioni scientifiche.

Se interessati ed info, vi invitiamo a mandare una mail all'indirizzo comunicazione@socgeol.it entro il **30 aprile 2023**.

INCONTRA *gli Autori*

1. VALENTINA GALLUZZI

Valentina Galluzzi ha un dottorato in Scienze della Terra conseguito presso l'Università degli Studi di Napoli "Federico II" nel 2015 con una tesi in Geologia Planetaria supervisionata dal prof. Luigi Ferranti e premiata dal Gruppo Italiano di Geologia Strutturale nel 2016. Oggi è ricercatrice presso l'INAF-IAPS di Roma dove è responsabile di un progetto di tettonica planetaria comparata. È coinvolta nella missione ESA/JAXA BepiColombo in viaggio verso Mercurio, come co-investigatrice dello strumento SIMBIO-SYS e supervisiona la cartografia geologica e la selezione dei *target* scientifici di missione. È coinvolta inoltre nella missione ESA JUICE che esplorerà il sistema di satelliti ghiacciati di Giove nel prossimo futuro.

2. LUIGI FERRANTI

Luigi Ferranti è Professore Ordinario di Geologia Strutturale presso l'Università di Napoli "Federico II", nonché Associato alla Ricerca presso lo INFN-IAPS e l'INGV-Roma. Si occupa di evoluzione tettonica di aree emerse, costiere e sommerse (caratterizzazione di faglie attive, sismotettonica, speleosismologia, archeosismologia, geodesia tettonica, deformazioni costiere), nonché di tettonica planetaria. Ha partecipato a numerose spedizioni scientifiche in Italia, Stati Uniti occidentali, Aleutine, Atlantico, Nord Africa, esplorandone i rilievi con l'occhio attento dello scienziato e dell'alpinista. Fa parte del comitato scientifico delle missioni ESA/JAXA BepiColombo (Mercurio) e JANUS (Giove).

3. SILVIA MASSARO

Silvia Massaro è ricercatrice (RTDA) in Vulcanologia, presso il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Bari. I principali interessi scientifici riguardano lo studio delle transizioni di stile eruttivo durante eruzioni e/o cicli eruttivi, mediante modellazione numerica e dati osservati. Attualmente si occupa di studi probabilistici per quantificare la pericolosità connessa alla dispersione di *tephra* e gas vulcanici mediante modelli numerici e *workflows*.



4. DAWID ADAM IURINO

Dawid Adam Iurino si occupa di Paleontologia dei Vertebrati presso il Dipartimento di Scienze della Terra "A. Desio" dell'Università di Milano. Specialista di tecniche digitali applicate allo studio anatomico e paleobiologico dei grandi carnivori fossili e dei mammiferi neogenico-quadernari. Negli ultimi anni ha preso parte a numerose campagne di scavo in siti paleontologici nazionali e in Tanzania nelle località di Olduvai e Laetoli. Dal 2012 illustratore scientifico.

5. MASSIMO MATTEI

Massimo Mattei è professore ordinario di Geologia Strutturale nel Dipartimento di Scienze dell'Università Roma TRE. La sua attività di ricerca si è svolta soprattutto nel campo della geologia strutturale e delle applicazioni del paleomagnetismo alla tettonica, vulcanologia e stratigrafia. Nel corso della sua attività scientifica ha svolto ricerche prevalentemente nell'area mediterranea (Catena Appenninica, Arco Calabro, Arco di Gibilterra, Egeo, Anatolia) e, più recentemente, in Iran. I principali risultati scientifici sono stati pubblicati in oltre 120 lavori e in diverse carte geologiche, tra le quali la Carta Geologica del territorio del Comune di Roma a scala 1:50.000 e la Carta Geologica del Vulcano dei Colli Albani, sempre a scala 1:50.000. È stato Coordinatore del Gruppo Italiano di Geologia Strutturale nel triennio 2017-2019. Attualmente è membro del Consiglio Direttivo della Società Geologica Italiana.

6. FRANCO FORESTA MARTIN

Franco Foresta Martin è stato per trent'anni redattore scientifico del Corriere della Sera, su cui ha pubblicato oltre tremila articoli di Scienze della Terra, Fisica, Astronomia, Energia e Ambiente. Da inviato speciale ha seguito le conferenze internazionali sul Cambiamento Climatico. Ha collaborato alle trasmissioni televisive RAI *Quark* e *Geo*. Laureato in Geologia, è ricercatore associato dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia e docente al *Master* in Comunicazione della Scienza dell'Università di Padova. Dirige il Laboratorio-Museo di Scienze della Terra di Ustica (Palermo), dove svolge attività di divulgazione, didattica e ricerca. È autore di numerosi articoli pubblicati su riviste scientifiche internazionali e di libri di divulgazione e didattica. L'Unione Astronomica Internazionale gli ha intestato un asteroide tra Marte e Giove: 'ForestaMartin 18122'.



IL LABORATORIO MUSEO DI SCIENZE DELLA TERRA ISOLA DI USTICA

Maggiori informazioni sull'attività di LABMUST

 www.laboratoriomuseo-scienzedellaterra-ustica.it

La Rocca della Falconiera è uno dei luoghi più simbolici di Ustica, un cono di tufi vulcanici che si formò 130 mila anni fa nell'estremità nord-orientale dell'isola e che segnò anche la conclusione della sua storia eruttiva. Sulla cima del cratere spicca un fortino eretto nel '700 dai Borbone sulle rovine di un insediamento ellenistico-romano, trasformato nel 2015 in sede del Laboratorio-Museo di Scienze della Terra Isola di Ustica (in breve LABMUST), istituzione culturale nata da un Protocollo d'intesa fra il Comune di Ustica e l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). Nel settembre del 2022, dopo due lunghi anni di emergenza Covid, LABMUST ha riaperto i battenti alle visite guidate.

LABMUST si compone di due storici locali incassati nei tufi del cratere, entrambi restaurati con un finanziamento della Regione Siciliana. Il primo ospita la mostra permanente "Ustica prima dell'uomo", che illustra la storia geovulcanologica di Ustica, a partire da circa un milione di anni fa, quando l'isola cominciò a edificarsi come monte vulcanico sottomarino sul fondo del Tirreno Meridionale. Il secondo è dedicato alle ossidiane, i vetri vulcanici usati nella preistoria come utensili da taglio e da caccia, i cui frammenti presenti a Ustica raccontano una storia di antichi scambi commerciali con Lipari e Pantelleria, da dove veniva importata questa indispensabile materia prima.

Il nome Laboratorio-Museo, riassume la vocazione di questa giovane istituzione culturale. Pannelli espositivi, reperti raccolti nelle vetrine e varie installazioni sono il frutto di programmi sviluppati coinvolgendo gli studenti dell'istituto scolastico comprensivo dell'isola (dalle elementari alle superiori). Il racconto illustrato della storia geo-vulcanologica dell'isola risulta comprensibile e avvincente non solo per i ragazzi ma anche per i turisti e i numerosi appassionati di *diving* che frequentano l'isola.

Ustica, considerata "il paradiso dei sub" dagli amanti del mare, possiede un importante primato: è l'unico vulcano emerso di natura "anorogenica" del Tirreno Meridionale. Il che equivale a dire che i suoi magmi non derivano dalla subduzione e dalla fusione di una porzione di placca terrestre, come è stato per le vicine isole Eolie, piuttosto sono stati alimentati da un pennacchio di magma risalito direttamente dalle profondità del mantello terrestre, in seguito all'apertura di fratture distensive sul fondo del Mare Tirreno.

Il Laboratorio-Museo è diventato, nel giro di pochi anni, un punto di riferimento per i numerosi studiosi che si recano a Ustica per sviluppare le loro ricerche sulle peculiarità geovulcanologiche dell'isola e per gli studenti universitari che l'hanno scelta come oggetto delle loro tesi.



La settecentesca fortezza borbonica trasformata nel museo geovulcanologico di Ustica Labmust.



Labmust locali.



Labmust lesson.



Attività didattica alla Falconiera.



Labmust lesson.



Geophysical Elements Co.
Deep Measurements Consulting

Indagini GEOFISICHE

Tomografia Elettrica 2D/3D/4D

Indagini Sismiche 2D/3D

Elettromagnetismo

Rilievi GPR

Un mare di soluzioni...

GECO-DMC Srl

Ordine Geologi Toscana STP-001

geco@geco-dmc.com

WWW.GECO-DMC.COM

instagram GECO-DMC

