

GEOLOGICAMENTE

MAGAZINE DI ATTUALITÀ E CULTURA DELLE GEOSCIENZE
Periodico della Società Geologica Italiana
n. 12 | novembre 2023

DIAMANTI:
messaggeri
dalla Terra profonda

**UN ESEMPIO
DI GEOARCHEOLOGIA
IN AMBIENTE MONTANO:**
il caso di Pisogne (BS)

L'OCCHIO DEL SATELLITE:
un aiuto per svelare le deformazioni
dei terremoti

**RISCALDAMENTO GLOBALE
ED ESTINZIONI:**
lezioni dal Giurassico Inferiore



SOCIETÀ GEOLOGICA ITALIANA

FONDATA NEL 1858 - ENTE NAZIONALE N. 10.17 OTTOBRE 1988



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



**Georadar compatto
UtilityScan**



L'UtilityScan pesa solo 15 chili, senza cavi, si ripiega fino alle dimensioni di un bagaglio a mano.

**Georadar all-in-one
Flex NX**



Flex NX di GSSI è il sistema georadar per rilievi strutturali più potente flessibile e affidabile del settore.

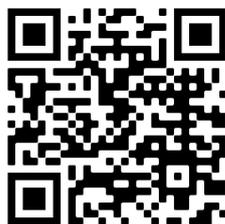
**Rilievi georadar 3D
Kontur 3D-Radar**



Il sistema Kontur offre la migliore risoluzione possibile a tutte le profondità in un unico passaggio, con tutte le frequenze da 200 a 4.500 MHz.

*Seleziona
il link!*

Georadar 3D



Codevintec rappresenta anche:



KONTUR
(3D=RadAr)



CODEVINTEC

Tecnologie per le Scienze della Terra e del Mare

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



L'evoluzione nell'analisi isotopica

DELTA Q IRMS e software Qtegra ISDS

Per i laboratori che studiano l'origine, la storia e l'adulterazione dei campioni, Thermo Scientific™ DELTA Q™ IRMS combina prestazioni senza precedenti con l'impegno per un futuro sostenibile. DELTA Q IRMS è il primo spettrometro di massa al mondo creato al netto zero di emissioni di CO₂ che funziona sull'innovativa piattaforma software di facile utilizzo Thermo Scientific™ Qtegra™

Intelligent Scientific Data Solution (ISDS).

DELTA Q IRMS è progettato per essere collegato senza soluzione di continuità con un'ampia gamma di periferiche Thermo Scientific, offrendo al vostro laboratorio un'elevata produttività, funzionamento automatizzato e flessibilità.

Scopri di più su thermofisher.com/DELTAQ
Oppure contattaci: isotopeanalysis-italy@thermofisher.com

For Research Use Only. Not for use in diagnostic procedures. © 2023 Thermo Fisher Scientific Inc. All rights reserved. All trademarks are the property of Thermo Fisher Scientific and its subsidiaries unless otherwise specified. AD000577-IT 0222S



GEOLOGICAMENTE

MAGAZINE DI ATTUALITÀ E CULTURA DELLE GEOSCIENZE

CONTRIBUTI

- P. 8** UN ESEMPIO DI GEOARCHEOLOGIA IN AMBIENTE MONTANO: *il caso di Pisogne (BS)*
- P. 18** L'OCCHIO DEL SATELLITE: *un aiuto per svelare le deformazioni dei terremoti*
- P. 28** DIAMANTI: *messaggeri dalla Terra profonda*
- P. 38** RISCALDAMENTO GLOBALE ED ESTINZIONI: *lezioni dal Giurassico Inferiore*

ASSOCIAZIONI

- P. 47** *Associazione Nazionale INSEGNANTI SCIENZE NATURALI*
- P. 48** *Società PALEONTOLOGICA Italiana*
- P. 50** *Associazione Italiana DI VULCANOLOGIA*
- P. 52** *Associazione Italiana DI GEOGRAFIA FISICA E GEOMORFOLOGIA*
- P. 54** *Associazione Italiana PER LO STUDIO DEL QUATERNARIO*
- P. 56** *Società GEOCHIMICA Italiana*
- P. 58** *Associazione PALEONTOLOGICA PALEOARTISTICA Italiana*

SEZIONI

- P. 60** *Storia delle GEOSCIENZE*
- P. 61** *GEOETICA e Cultura Geologica*
- P. 62** *GEOSCIENZE Ambientale*
- P. 63** *GEOSCIENZE e Tecnologie Informatiche*
- P. 64** *GEOLOGIA Marina*
- P. 65** *GEOLOGIA Himalayana*
- P. 66** *GEOsed*
- P. 67** *GEOLOGIA Planetaria*
- P. 68** *GEOLOGIA Strutturale*
- P. 69** *IdroGEOLOGIA*

Rivista quadrimestrale SGI - Società Geologica Italiana | Numero 12 | novembre 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, Orlando Vaselli e Maurizio Del Monte

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

DIRETTORE RESPONSABILE Alessandro Zuccari

NEWS

P. 70 **IL CONGRESSO CONGIUNTO SIMP, SGI, SOGEI, AIV**
The Geoscience paradigm: Resources, Risks and future perspectives di Potenza (19-21 settembre, 2023): qualche considerazione

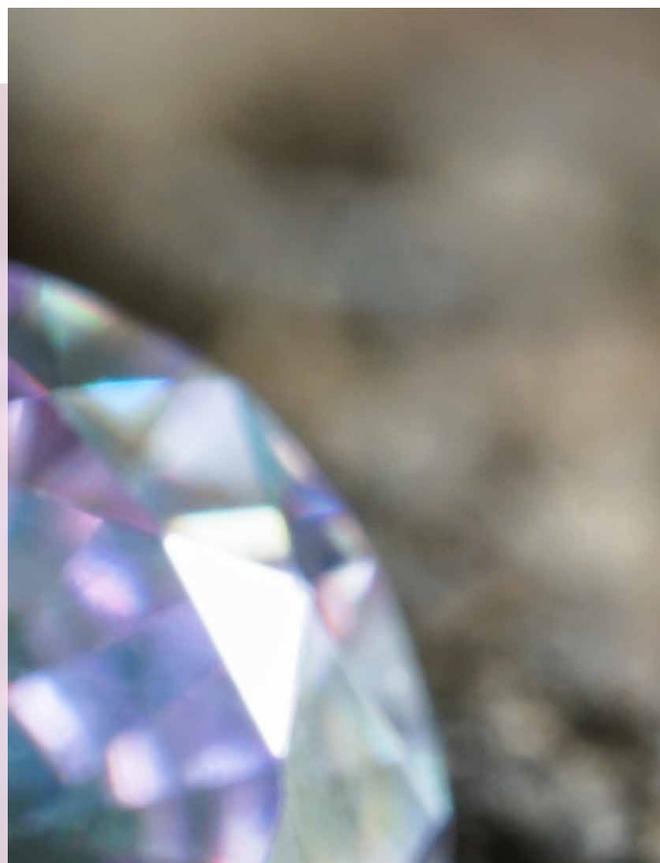
P. 72 **PREMI SGI 2023**

P. 73 **FASE 1 DEL PROGETTO DIVE NELLA ZONA IVREA-VERBANO: primo touchdown**

P. 74 **IL MANIFESTO DI BARCELLONA per l'insegnamento delle Geoscienze**



VISITA IL SITO DELLA RIVISTA



P. 7 **EDITORIALE**

P. 76 **RECENSIONE**

P. 77 **NUNTIVM *de Lapidibus***

P. 79 **NEWS *in pillote***

P. 81 **INCONTRA GLI AUTORI**

P. 82 **MUSEO PALEONTOLOGICO "LUIGI BOLDRINI" di Pietrafitta Museo Mammuth, rinoceronti e cervi pronti a riconquistare il pubblico**

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: "Gemma naturale di zaffiro". Foto di notetanapat - freepik.com.

Immagini interne: freepik.com

Chiuso in Redazione: 3 novembre 2023.

DATALOGGER E
TELEMETRIE

LEVELOGGER 5

LA QUINTA GENERAZIONE DEI DATALOGGER SOLINST®



La precisione e l'affidabilità Solinst® si consolida con il rinnovo dell'intera gamma di datalogger per il monitoraggio di livello, temperatura, conducibilità e precipitazioni.

Caratteristiche*

- Sensore di pressione in Hastelloy con una precisione del $\pm 0,05\%$ FS.
- Disponibili con sensore di pressione di tipo assoluto o a tubo aperto.
- Rivestimento polimerico in PTFE interno ed esterno applicato a caldo PFAS-free.
- Batteria di lunga durata: 10 anni!
- 150.000 set completi di dati.
- Intervalli di campionamento programmabili da 1/8 di secondo a 99 ore.
- Disponibili in versioni di fondo scala da 5 a 200 m.
- Connettività ottica ad alta velocità.

Applicazioni

- Caratterizzazione degli acquiferi.
- Test di pompaggio.
- Fluttuazione del livello dei porti e delle maree.
- Studi sulla salinità e sulle intrusioni saline.
- Monitoraggio delle acque di scioglimento.
- Monitoraggio del plume nelle attività di bonifica.
- Monitoraggio a lungo termine in pozzi e piezometri.
- Monitoraggio di livello in corsi d'acqua, bacini, ecc.

**Le caratteristiche variano in base al modello.*

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.



MISURE DI LIVELLO



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

Care Socie e cari soci della **Società Geologica Italiana**, è arrivato il momento di congedarsi, e come accade al termine di un qualunque viaggio si ripercorre a occhi chiusi la linea del tempo appena trascorso cercando di rivivere gli istanti memorabili passati. Non vi è dubbio alcuno che la nascita di **GeologicaMente** sia stato uno di quegli “istanti memorabili” di questo straordinario percorso fatto assieme a voi e durato la bellezza di due mandati. La gestazione del numero “zero”, vissuta assieme a Enrico Capezzuoli (*Editor in Chief*) e a tutta la sua redazione (*associate editor*), per il sottoscritto rappresenta uno dei momenti di maggiore entusiasmo ed eccitazione di questo straordinario viaggio compiuto alla guida della Società. Soddisfazione ed entusiasmo che sono andati in un crescendo straordinario con la pubblicazione dei numeri successivi, numero dopo numero, soprattutto alla luce del successo crescente che la rivista ha avuto all’interno della comunità delle **Geoscienze** e oltre. Lo stupore maggiore ci ha assalito nel vedere l’immediata risposta proprio della comunità **Geologica** nel proporre contenuti scientifici e divulgativi di grande effetto e rilievo che sono andati nel corso della vita della rivista a fare la sua fortuna, con articoli divulgativi sempre più efficaci e accattivanti che hanno attratto l’attenzione dei lettori ben oltre alla cerchia degli appartenenti alla comunità delle **Scienze della Terra**.

La vitalità della rivista e il suo successo presso il pubblico degli **insegnanti** delle **scuole** di ogni ordine e grado, alle quali viene distribuita gratuitamente in formato digitale, è la migliore risposta che la **Società Geologica Italiana** possa offrire alla nostra comunità, come atto utile a contrastare la drammatica crisi di vocazione tra i giovanissimi che la Geologia, le Geoscienze o le Scienze della Terra, come dir si voglia, sta attraversando. Crisi evidenziata dal drastico



Enrico CAPEZZUOLI

Direttore Editoriale *Geologicamente*

“Andrà tutto bene!”. Ammetto che era rassicurante e dava fiducia vedere una intera nazione (naturalmente c’erano alcuni che non la pensavano in questa maniera...) che, al ritmo di tre semplicissime parole, si faceva forza davanti a qualcosa che nessuno si sarebbe mai aspettato appena pochi giorni prima: una pandemia! Un evento arrivato dalla lontana Cina, in maniera veloce e che ha coinvolto l’intero pianeta! Era il 2020 e in quella situazione, ognuno di noi si è fatto forza anche in questa maniera davanti ad un cambiamento radicale della nostra vita quotidiana (chiusi in casa, nessun contatto con il prossimo, paura nel muoversi...), e queste semplici tre parole trasmettevano un messaggio semplice e positivo. Ed era molto bello vederlo trasmettere soprattutto da quei bambini che, da casa, venivano coinvolti nel capire il momento difficile che stavano vivendo, in modo da dare sostegno e fiducia in un mondo che, al momento, era pericoloso! E il mondo, con il sostegno di tutti, è tornato quello che volevamo.

calo di immatricolazioni ai corsi di laurea in Scienze Geologiche e Scienze Geofisiche. Durante il mandato di Presidenza ho fermamente creduto nell’importanza di (ri)portare le **Geoscienze** nelle scuole con l’obiettivo di coinvolgere e appassionare quelle che saranno le matricole di domani. Al contempo, con i colleghi della **Società Geologica Italiana** e delle **Società Associate** abbiamo reputato fondamentale divulgare e sensibilizzare la società civile alla nostra disciplina mostrando i risvolti, più che mai concreti, che le **Scienze Geologiche** trattano. **GeologicaMente** è la risposta che traduce la volontà di far conoscere in maniera totalmente capillare le **Scienze della Terra**, in ogni suo aspetto, come del resto ci mostra questo nuovo numero che si addentra e sviscera tanti ambiti differenti dell’universo della **Geologia**.

Il lettore potrà scoprire l’importanza degli studi di **Geo-archeologia** finalizzati alla realizzazione di un parco **Archeo-minerario** con implicazioni importanti in ambito geo-turistico. I terremoti hanno ormai un enorme impatto nella società civile, legato soprattutto ai danni, materiali e non, che arrecano. In questo numero vengono approfondite le cause e le tipologie di **deformazione del terreno** legate alla **sismica** e di come i **dati satellitari** offrano, con estrema accuratezza e precisione, un contributo essenziale alla loro comprensione. In questo numero si torna a parlare, ancora una volta, dell’affascinante mondo dei **diamanti** che, grazie alle loro peculiari condizioni di formazione nelle viscere del pianeta, ci narrano le dinamiche delle porzioni più profonde della Terra, altrimenti indecifrabili. Infine, scopriremo come lo studio delle **grandi estinzioni di massa** del passato possa essere di aiuto per comprendere e, auspicabilmente, intervenire, sui cambiamenti climatici oggi in atto.

Il nostro è un mondo vivo, attivo e dinamico, come mostrato dalle **news in pillole** e dalla **rubrica** dedicata alle attività portate avanti dalle **Sezioni e Divisioni** della **Società Geologica Italiana**, nonché dalle **Società Associate**.

Alla fine di questo mio mandato, sono orgoglioso che la **Società Geologica Italiana** abbia dato vita a questa importante rivista nella speranza che, nei prossimi anni, possa continuare a crescere ed essere di ispirazione per le future generazioni dei geologi di domani.

Localmente, si vedono ancora adesso le scritte fatte sui muri, oppure le bandiere improvvisate e appese alle terrazze con queste parole. Saranno sbiadite, saranno sfilacciate...ma a me (mi) piacciono!! Sono state l’immagine di una solidarietà, di una volontà comune di volere uscire da una situazione che coinvolgeva tutti. Direttamente, non hanno contribuito a trovare vaccini ed a farci uscire dalla pandemia, ma hanno aiutato a sostenerci.

Alla stessa maniera, a distanza di soli 4 anni, vedere e sentire le immagini e le voci di guerre che infiammano sempre lo stesso pianeta...a me (mi) fa male!! Quello che colpisce è la percezione comune; sono guerre (abbastanza!) lontane da noi e magari ci indigniamo e addoloriamo... ma la nostra vita continua. Eppure, proprio la storia (recente!!) ci insegna che possiamo sempre esserne coinvolti, anche in maniera rapida e anche se siamo a distanza da questi eventi.

Mi piacerebbe che ci fosse anche adesso un comune movimento di “Andrà tutto bene!”. Magari non avrà un impatto diretto sugli eventi, ma almeno insegnerebbe quanto sia importante tenere a cuore di quanto succede sul nostro (unico) pianeta. Sempre!

Mente et malleo!!

UN ESEMPIO DI GEOARCHEOLOGIA IN AMBIENTE MONTANO:

il caso di Pisogne (BS)

a cura di Fabio Fenaroli, Mattia Cominelli e Marco Sannazaro



In seguito ad una breve contestualizzazione geografica dell'area di indagine, si procede con una disamina degli aspetti geologici del territorio di Pisogne, concentrandosi sugli aspetti geologico-strutturali prima e geologico-stratigrafici poi. Segue poi l'approfondimento sulle mineralizzazioni presenti nell'area, rivolgendo particolare attenzione a quelle a siderite manganesifera all'interno della formazione del Servino. Successivamente si passa all'analisi geomorfologica del territorio montano di Pisogne, introducendo la disamina degli aspetti geoarcheologici del territorio medesimo e basata sugli intrecci degli aspetti di stampo naturalistico precedentemente menzionati con la contestualizzazione viabilistica, insediativa e archeomineraria della Val Trobiolo e della Val Palot. Alla luce di quanto appurato è stato possibile poi procedere con le ricognizioni sul terreno verificando la presenza di oltre 120 cantieri minerari, accompagnata da numerosi manufatti legati alla stessa. Infine, sono state sintetizzate le ipotesi di valorizzazione delle principali rilevanze emerse, con particolare riguardo alla miniera Quattro Ossi, oltre che all'altrettanto importante areale del "Mulino di Fraine", sede del riscontro di corposi indizi di lavorazione antica della siderite manganesifera. Si chiude con la proposta della realizzazione di percorsi archeo-geo-turistici.

**Fabio Fenaroli**

Geologo libero professionista.

Mattia Cominelli

Archeologo specializzato.

Marco Sannazaro

Direttore Scuola di Specializzazione in Beni Archeologici dell'Università Cattolica di Milano.

Keywords

- Geoarcheologia
- Attività mineraria
- Siderite manganesifera
- Provincia di Brescia

PREMESSA

Il presente articolo prende spunto dalle considerazioni emerse dallo “Studio di Fattibilità del Parco Archeominerario della Valle del torrente Trobiolo e della Val Palot in Comune di Pisogne (BS)”, realizzato nel 2021 dal Dipartimento di Storia, Archeologia e Storia dell'arte dell'Università Cattolica di Milano

(rappresentata dalla figura del Prof. Marco Sannazaro in veste di Curatore Scientifico del progetto) e dallo Studio del Geologo Fabio Fenaroli di Pisogne (con la figura del Dott. Geol. Fabio Fenaroli in veste di Responsabile Tecnico e Operativo del progetto), su incarico dell'Amministrazione Comunale di Pisogne.

Il contributo attinge altresì alle considerazioni esposte nel Seminario di presentazione del citato studio, svoltosi a Pisogne con il patrocinio dell'Ordine dei Geologi della Lombardia nella giornata del 16 ottobre dello stesso anno. Gli Atti del Seminario risultano oggi in corso di pubblicazione (Fenaroli, Cominelli, Sannazaro, corso stampa).

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area d'indagine del contributo è rappresentata dalla quasi totalità del territorio comunale di Pisogne (BS), ubicato a cavallo fra l'alto Sebino (lago d'Iseo) e la Valle Camonica meridionale, alle pendici del Monte Guglielmo. Trattasi di un territorio piuttosto vasto, in grado di spingersi dai circa 187 m s.l.m. del lago d'Iseo ai 1957 m del Dosso Pedalta (massima elevazione del massiccio del Monte Guglielmo); i solchi vallivi sede d'indagine (Val Trobiolo e Val Palot) si originano proprio da tale massiccio.

Ivi si coltivò per oltre un millennio, pur non in continuità temporale, un numero davvero consistente di miniere di ferro, estraendo dal sottosuolo importanti quantitativi di siderite manganesifera ($\text{Fe}(\text{Mn})\text{CO}_3$).



ASPETTI GEOLOGICI

La zona di indagine (**Fig. 1**) è inserita in un contesto geologico piuttosto complesso e tale complessità è il risultato dei diversi fenomeni deformativi sia di natura fragile sia di tipo duttile che hanno complicato le reciproche interazioni di natura stratigrafico-deposizionale fra le formazioni litostratigrafiche presenti.

Inquadramento geologico-strutturale

L'attuale assetto tettonico dell'area è il risultato di una serie di imponenti fenomeni compressivi che, a partire dal Cretacico fino al Miocene ed anche oltre, hanno contraddistinto l'evoluzione della catena alpina. Il risultato finale di questi fenomeni è la presenza di differenti unità tettoniche, scollate e sovrapposte le une sulle altre ed aventi una vergenza verso i quadranti meridionali; infatti a causa dell'attivazione di faglie e sovrascorrimenti le formazioni litostratigrafiche più antiche (dal Basamento Cristallino alle successioni del Trias Inferiore) sono state esumate e traslate al di sopra delle formazioni litostratigrafiche più recenti, con conseguente sviluppo di fenomeni plicativi a media e grande scala (anticlinali di rampa) caratterizzati dalla contemporanea formazione di diverse famiglie di fratture, quale diretta conseguenza dell'accomodamento della formazione rocciosa alle deformazioni in atto.

Presso l'area in esame si ha la venuta a giorno della porzione più meridionale di tutto il Sudalpino lombardo del Basamento Cristallino. Quest'ultimo è strutturato ad anticlinale di rampa con asse di piegamento variabile, ma in generale avente un'immersione strutturale verso occidentale. Ed è sul fianco

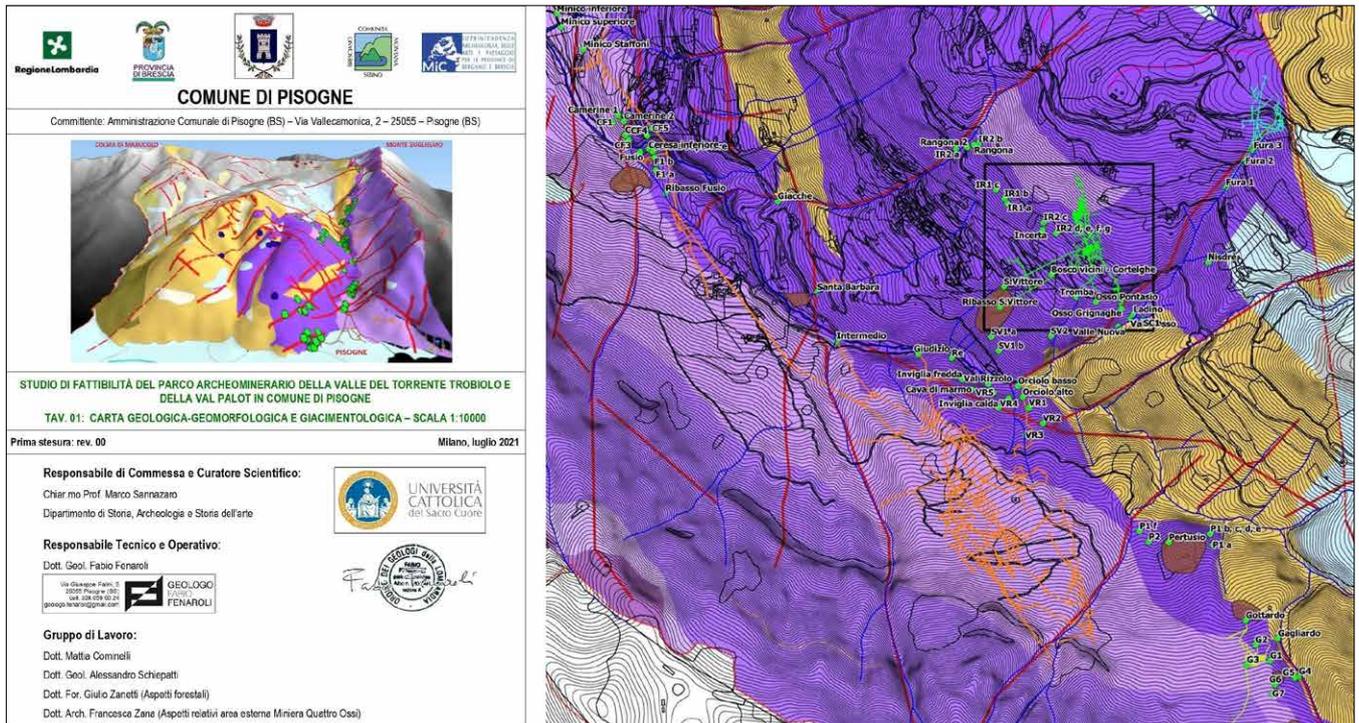


Fig. 1 - Stralcio della Carta Geologica-Geomorfologica e Giacimentologica dello Studio di Fattibilità.

meridionale di questa anticlinale, conosciuta anche come anticlinale camuna, che affiora la successione permo-triassica che risulta ben rappresentata nella porzione del territorio comunale di Pisogne investigata.

Fin d'ora va rimarcato che sono numerose le faglie e le strutture tettoniche minori che interessano la successione stratigrafica appartenente a questa unità strutturale: le più evidenti sono le faglie trascorrenti e transpressive destre, con direzione all'incirca NW-SE che segmentano e disarticolano il contatto fra Basamento Cristallino, Verrucano Lombardo, Servino, Carniola di Bovegno e Calcare di Angolo, generando una serie di pieghe "en-echelon" evidenti soprattutto nella formazione del Servino e della Carniola di Bovegno. La presenza di questi fenomeni deformativi ha determinato nell'area di nostro interesse la presenza di una fitta ragnatela di fratture e fessurazioni.

Inquadramento geologico-stratigrafico

Nello specifico dalla più antica alla più recente formazione, abbiamo la presenza della seguente successione stratigrafica:

Basamento Cristallino (Unità Tettonometamorfica del Maniva - Pre-Westfaliano).

Trattasi prevalentemente di micascisti più o meno filladici, a mica chiara e clorite, che definiscono la scistosità regionale. Ai micascisti sono intercalati livelli di gneiss albitici a clorite, mica chiara, biotite, granato, epidoto e rari anfiboli, di probabile origine sedimentaria; i limiti con i micascisti non sono sempre facilmente riconoscibili, sia per la scarsa

Legenda Carta Geologica - Geomorfologica e Giacimentologica

- Confine Comunale
- Reticolo idrografico
- Focus Miniera Quattro Ossi
- Miniere**
 - Imbocchi Val Trobiolo
 - Imbocchi Val Palot
 - Imbocchi Valli di S. Pietro / S. Martino
 - Discariche
- Gallerie**
 - Miniera di Pisogne
 - Miniera di Terzana Alta
 - Miniera Quattro Ossi
 - Miniera Fura
 - Serradino
 - Rangona
 - Duadello
 - Gale
- Lineamenti Strutturali e Forme Geomorfologiche**
 - Cresta di cordone morenico
 - Orlo di scarpata di frana non relitta evidente
 - Orlo di scarpata di frana non relitta poco evidente
 - Orlo di scarpata di frana relitta evidente
 - Terrazzo naturale e/o scarpata erosionale evidente
 - Traccia di paleoalveo evidente
 - Faglie e Fratture
 - Lineamento tettonico
- Formazioni Geologiche**
 - Sintema del Po
 - Gruppo di Prato Grande
 - Gruppo del Culmine
 - Supersintema della Colma del Piano
 - Sintema di Cantù
 - Formazione di Buchenstein
 - Calcare di Prezzo
 - Calcare di Camorelli
 - Calcare di Angolo (Calcarei in strati sottili e/o nodulari)
 - Calcare di Angolo (Calcarei scuri in strati medi/massicci)
 - Carniola di Bovegno
 - Carniola di Bovegno (Locali lenti di evaporiti)
 - Servino
 - Verrucano Lombardo
 - Porfidi quarziferi inferiori (Rioliti basali)
 - Micascisti a clorite e mica chiara
 - Micascisti a clorite e mica chiara (Paragneiss)
 - Micascisti a clorite e mica chiara (Micascisti a cloroitide)

esposizione sia perché talora appaiono sfumati. Per quanto riguarda l'areale afferente al bacino idrografico del torrente Trobiolo, il Basamento Cristallino è stato individuato alle quote più elevate del bacino stesso. Le diverse unità litologiche del Basamento affiorano con maggior continuità e presenza lungo entrambe i versanti della Val Palot.

Verrucano Lombardo (Permiano superiore)

Nell'area investigata il Verrucano Lombardo affiora con continuità nella media/alta valle del Trobiolo propriamente detto, nonché in tutta la parte alta del bacino idrografico del torrente Palot. In questi areali il Verrucano Lombardo è prevalentemente costituito da arenarie quarzoso-feldspatiche, talora micacee, a cemento quarzoso-sericitico, discretamente compatte, stratificate in grossi banchi e da conglomerati a grana medio-grossa, che prevalgono nella porzione inferiore, costituiti da elementi per lo più arrotondati di quarzo bianco-roseo e di vulcaniti acide; sono assenti, o quasi, i ciottoli di rocce metamorfiche. La matrice arenaceo-siltosa è in genere abbondante. La stratificazione si presenta in grossi banchi, a volte lentiformi, con superfici poco decise e sovente discontinue.

Servino (Induano p.p. - Olenekiano).

Nell'area d'indagine corrispondente alla Valle del torrente Trobiolo, il Servino affiora con una certa continuità e più o meno estesamente nell'ambito del bacino, in quanto è stato riscontrato in diverse località a partire dai dintorni delle aree prospicienti alla conoide fino alla porzione sommitale dell'area di bacino idrografico del corso d'acqua. Per quanto riguarda il bacino del torrente Palot gli affioramenti di Servino rinvenuti sono localizzati ancora una volta nella parte alta del bacino idrografico.

All'interno del Servino si sono riconosciuti i seguenti membri informali:

1. "calcere di Praso": quarzareniti, arenarie, talora bioclastiche e oolitiche, e siltiti in strati centimetrici, intercalati a peliti bioturbate;
2. "membro di Siusi": dolomie marnoso-siltose e peliti talora bioturbate; le dolomie sono organizzate in strati da centimetrici a decimetrici;
3. "oolite a Gasteropodi": calcareniti bioclastiche ed oolitiche, calciruditi e arenarie, con gradazioni, stratificazioni incrociate (*hummocky-cross stratification*) e *ripples* da onda (tempestiti), in strati spessi da pochi centimetri fino a mezzo metro, intercalati a peliti bioturbate;
4. "membro di Campil": peliti rosse, con intercalazioni centimetriche di quarzareniti micacee;
5. "strati a Myophoria": calcareniti bioclastiche ed oolitiche in strati da centimetrici a decimetrici, intercalati a peliti;
6. "membro pelitico superiore".

Localmente il Servino ospita mineralizzazioni "strata-bound" a siderite manganesifera e barite che risultano concentrate in corrispondenza delle unità 1, 3 e 5 e di cui si parlerà in seguito.

Carniola di Bovegno (Olenekiano? - Anisico inferiore p.p.).

La formazione è stata individuata, pur con una certa

discontinuità nell'ambito della parte bassa del bacino idrografico del torrente Trobiolo oltre che in alcuni punti nella porzione mediana del medesimo bacino. Come già detto, sia per il Verrucano Lombardo che per il Servino nell'ambito del bacino idrografico della Val Palot, la Carniola di Bovegno affiora in quasi continuità nella parte alta del bacino idrografico. La formazione è composta da dolomie marnose vacuolari di colore giallognolo o ocreo, a stratificazione indistinta o in grossi banchi, talora brecciate, con intercalazioni di calcari dolomitici e siltiti varicolori. Gli orizzonti di breccie inglobano clasti metrici di calcari fini in strati centimetrici, talora piegati. Le cavità degli orizzonti di dolomie vacuolari presentano talora riempimenti di gesso e anidrite; nella formazione si intercalano lenti, anche di notevole spessore, di evaporiti (gesso, anidrite).

Calcere di Angolo (Anisico inferiore - medio).

Il Calcere di Angolo costituisce la gran parte della dorsale che dal Monte Guglielmo e dal Dosso Pedalta passando per Punta Caravina scende in direzione di Govine. La formazione è definita inferiormente da calcari grigio-scuri e neri, per lo più microcristallini, fittamente venati di calcite, a stratificazione indistinta o in grossi banchi, alternati con calcari ad entrochi (ricchi di resti di crinoidi), grigio-scuri, in strati di 30-60 cm. La parte superiore dell'unità è costituita da una ritmica alternanza di calcari neri, localmente nodulari, in straterelli di 2-10 cm, con argilliti carboniose bruno-nerastre, spesso micacee. Nella formazione sono saltuariamente presenti anche orizzonti di calcareniti e biocalcareniti.

Mineralizzazioni

Mineralizzazioni all'interno della copertura permo-triassica

Nelle valli lombarde all'interno della copertura permo-triassica sono presenti numerosi giacimenti stratiformi e filoniani, a paragenesi semplice ed uniforme, comprendente siderite manganesifera e barite, subordinato quarzo, rari solfuri misti e solfosali.

Tali mineralizzazioni sono comprese, nell'area esaminata, nel Servino (Scitico) e alimentarono per molti secoli una fiorente industria del ferro.

La maggior parte dei giacimenti a siderite manganesifera, nonché i più importanti, sono rappresentati da mineralizzazioni *strata-bound*, situate essenzialmente nelle porzioni basale ed intermedia del Servino, ossia nelle unità più distintamente carbonatiche della formazione. Il carattere delle mineralizzazioni stratiformi è discontinuo, con passaggi repentini e sfumati, a cuneo o a effumazione fra banco carbonatico sterile e banco mineralizzato.

La paragenesi è rappresentata da siderite manganesifera, subordinato quarzo e talora barite (4/5%), rara pirite e tracce di calcopirite e solfosali. Pur nella loro discontinuità, questi giacimenti ferro-manganesiferi si inseriscono, a scala regionale, in due fasce ben definite a sviluppo sub-latitudinale, estendendosi rispettivamente dal lago di Como all'alta Val Camonica (Fascia a Fe, Mn, Ba settentrionale) e dalla bassa Val Camonica fino a San Colombano in Val Trompia (Fascia

a Fe, Mn, Ba meridionale). Quest'ultima fascia interessa direttamente le nostre mineralizzazioni comprendendovi appunto i giacimenti della Valle del Trobiolo. Interessante appare inoltre la netta correlazione tra la distribuzione zonale dei giacimenti a siderite manganesifera – barite nel Servino, e la diffusione di numerosi filoni di siderite manganesifera e subordinati solfuri, che nelle stesse aree attraversano le sottostanti formazioni permiane e lo stesso Basamento Cristallino.

Si ricorda infine come nel Servino e nel Verrucano Lombardo si riscontrino anche filoni di barite, i quali furono oggetto di ricerca e talora di sfruttamento solo a partire dall'inizio del XX secolo; in alcuni luoghi, filoni baritici tagliano trasversalmente le mineralizzazioni "strata-bound" sideritiche, senza che si osservino variazioni mineralogiche particolari all'intersezione dei due sistemi.

Mineralizzazioni nel Basamento Cristallino

Le mineralizzazioni in questione si trovano in un'area di circa 2 km² tra la media ed alta Val Palot. Sono rappresentate da filoni mineralizzati a Siderite, Rame e Bismuto, incassati nei micascisti a cristallizzazione albitica (Val Duadello), negli gneiss cloritici (filoni tra il colle di S. Zeno e la Colma di Vivazzo) e nei paragneiss muscovitici (Val Palot).

Il riempimento filoniano è costituito in gran parte da quarzo massiccio, al quale si associano in quantità variabili siderite manganesifera e calcopirite.

Alla paragenesi fondamentale si aggiungono poi nei filoni della Val Duadello e della Val Palot minerali di bismuto accompagnati da tracce di altri minerali quali arsenopirite, galena, oro nativo, marcasite, pirrotina.

Nei filoni fra il Colle di S. Zeno e la Colma di Vivazzo, invece, la siderite sembra prevalere chiaramente sul quarzo, mentre mancano tra i solfuri i minerali di bismuto.

ANALISI GEOMORFOLOGICA

L'analisi geomorfologica, oltre allo studio dei processi all'origine delle forme del rilievo, ha anche il compito di individuare lembi di paesaggio antico e le relative tracce del lavoro dell'uomo. Detto compito nel caso montano di Pisogne può essere svolto soprattutto mediante l'individuazione di elementi legati alla frequentazione antropica del territorio, tenendo dunque conto di determinati aspetti.

Aspetti legati al Contesto viabilistico

Il discorso parte dal prendere in considerazione l'importanza del crinale tra le località di Gale, della Colma di Vivazzo e del Colle di S. Zeno come principale punto di valico nell'ambito del collegamento tra la pianura bresciana e la Valle Camonica; detta strategicità, testimoniata anche dal passaggio nell'area di una strada militare romana attestata da diverse fonti storiche (destinata probabilmente a collegare le più importanti città dell'epoca nel circondario, ossia *Brixia* e *Civitas Camunnorum*), è dovuta alla prominenza del vicino massiccio del Monte Guglielmo. Questa imponente montagna risulta ben visibile da tutti i punti cardinali (**Fig. 2**), specialmente dal suo versante meridionale, volto alla pianura bresciana e ai suoi circondari.

La percorrenza di un crinale rappresenta infatti molto spesso il primo passo di antropizzazione di un territorio, in quanto permette la possibilità di percorrerlo in maniera relazionata all'orografia e all'idrografia; seguendo il crinale non si è dunque ostacolati da corsi d'acqua e si ha altresì una maggiore padronanza visuale.

Alla luce del ragionamento appena proposto, nell'ambito del collegamento fra la pianura bresciana e la Valle Camonica offerto dal crinale precedentemente indicato, anche il versante idrografico sinistro della Val Palot rappresenterebbe

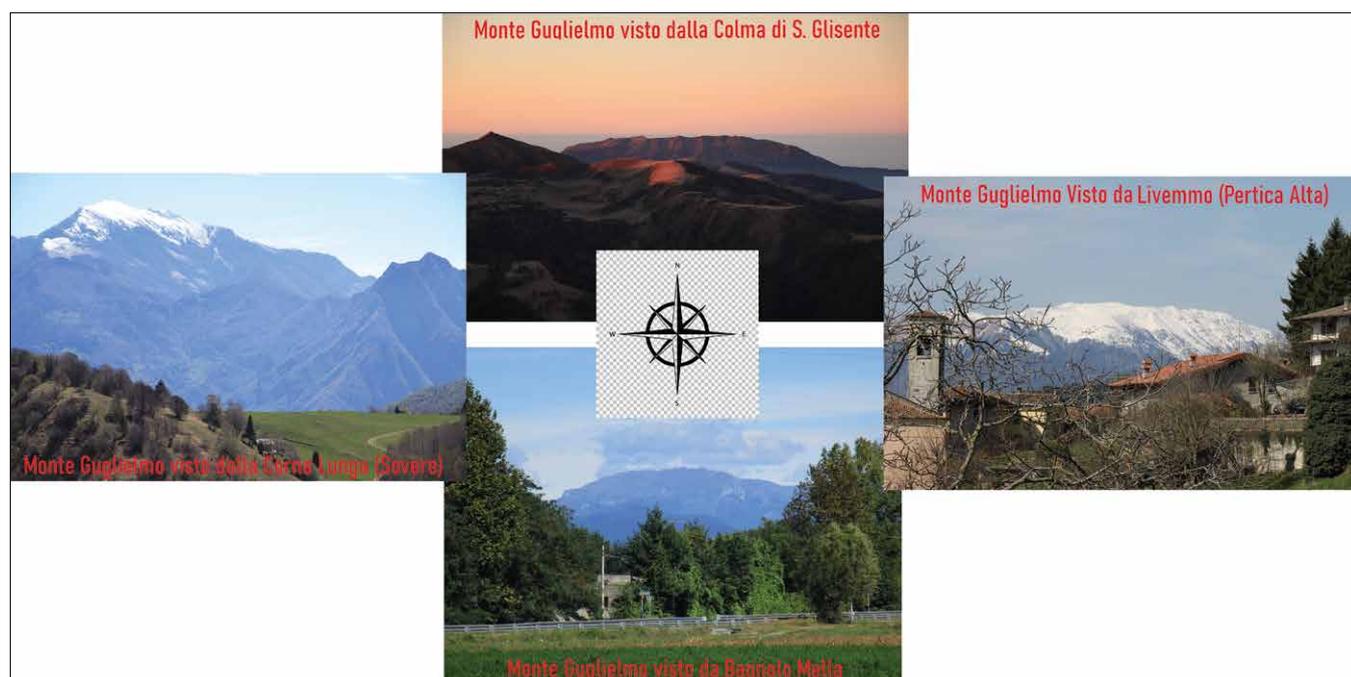


Fig. 2 - Il massiccio del Monte Guglielmo, ben visibile da tutti i punti cardinali.



Fig. 3 - L'abitato di Fraine.



Fig. 4 - L'abitato di Grignaghe.

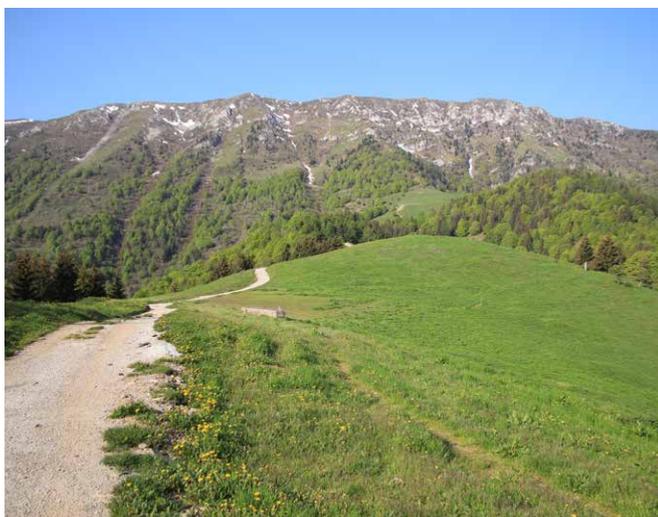


Fig. 5 - Località Colma di Vivazzo, tra Gale e il Colle S. Zeno.



Fig. 6 - Detrito mineralizzato rinvenibile sul terreno.

un'ottima "via di crinale", in quanto permette la possibilità di mettere in comunicazione l'area di valico con la sottostante Valle Camonica in maniera relazionata sia all'orografia, presentando una discesa regolare senza particolari strappi, sia all'idrografia, evitando l'ostacolo offerto sul versante opposto da profondi intagli di valli secondarie quali ad esempio la Val Negra.

Aspetti legati al Contesto insediativo

La prima occupazione stabile di un territorio legata alle frequentazioni descritte in precedenza può avvenire su insediamenti di promontorio all'estremità dei crinali secondari connessi a crinale primario. La scelta del posizionamento è spesso dettata soprattutto dalle funzioni difensive, ma anche le dinamiche ambientali possono influenzare la decisione, tenendo in considerazione fattori come, ad esempio, l'approvvigionamento idrico e la presenza di risorse naturali specifiche.

Nell'ambito dell'areale in questione i migliori esempi di questo tipo di insediamenti sono sicuramente gli abitati di Fraine (Fig. 3) per l'ambito della Val Palot e Grignaghe (Fig. 4) per l'ambito della Val Trobiolo.

Aspetti legati al Contesto archeominerario

La frequentazione del territorio ha probabilmente permesso già in antico l'individuazione della principale risorsa naturale nell'area: le mineralizzazioni a siderite manganesifera. La presa di contatto è probabilmente stata influenzata dalla tettonica (processi endogeni) e dalle dinamiche atmosferiche (processi esogeni) nei pressi di zone interessate dalla frequentazione viabilistica (Colle di S. Zeno e Loc. Gale) (Fig. 5), dove emerge a giorno una cospicua quantità di detrito mineralizzato (Fig. 6), probabilmente la "spia" che ha permesso agli antichi coltivatori di riscontrare nell'area la presenza di mineralizzazioni sfruttabili.



RICOGNIZIONI TERRITORIALI

Al fine di catalogare e contestualizzare le numerose attestazioni di attività mineraria presenti sul territorio comunale, sono state svolte corpose indagini ricognitive. Queste hanno consentito di individuare la presenza di più di 120 cantieri minerari (Fig. 7).

Le indagini hanno permesso di constatare inoltre come il territorio sia altresì caratterizzato dall'importante presenza di manufatti legati all'attività mineraria. Si tratta di strutture, in particolare, di impianti legati al trattamento del minerale estratto (prevalentemente forni d'arrostimento, ma anche impianti di riduzione e lavorazione del metallo) e di strutture adibite al ricovero di mezzi (polveriere e depositi per attrezzi) e uomini (alloggi per minatori in luoghi isolati lontano dai centri abitati). Nell'ambito delle indagini ricognitive sono emerse sul territorio di Pisogne circa una trentina di strutture (fra le quali ben 15 forni d'arrostimento, chiamati *regane*).

Per meglio contestualizzare le evidenze minerarie nella complessa attività di frequentazione antropica antica del territorio è stato altresì necessario tenere in considerazione la cospicua presenza delle testimonianze storiche (segni e cippi confinari) e preistoriche/protostoriche (incisioni rupestri e coppelle) che caratterizzano il territorio preso in esame.

Alla luce dell'analisi geoarcheologica dei riscontri si è tentato poi di interpretare l'evoluzione della storia della coltivazione del ferro nel comprensorio pisognese, denotando dal punto di vista geo-storico un sostanziale andamento discendente degli imbocchi delle principali coltivazioni, che dalle quote più elevate si abbassano progressivamente nel corso dei secoli sino a lambire il fondovalle nel XX secolo.

Fig. 7 - Stralcio della Carta geoarcheologica e delle rilevanze territoriali dello Studio di Fattibilità.

CONSIDERAZIONI EMERSE DALLO STUDIO DI FATTIBILITÀ



La Miniera Quattro Ossi

Al fine di rendere usufruibile al pubblico un ambiente minerario unico nel suo genere si è poi deciso di focalizzare l'attenzione d'indagine sulla *Miniera Quattro Ossi*, ossia la realtà mineraria pre-industriale meglio conservatasi sul territorio preso in esame, sia per quanto riguarda l'ambiente esterno che per quanto concerne l'ambiente ipogeo (Fig. 8). L'area mineralizzata si trova sulla destra idrografica del Trobiolo, all'incirca fra i 650 e i 750 m di quota s.l.m.

Fig. 8 - Miniera Quattro Ossi, panoramica del grande salone del pilastro.

Il Mulino di Fraine

Vista la cospicua quantità di attestazioni relative all'antico sfruttamento delle miniere del comprensorio, è venuto spontaneo chiedersi dove effettivamente venisse lavorato in epoche antiche il minerale ferroso. Precoci indizi relativi alla lavorazione del ferro a Pisogne possono essere riscontrati attraverso un'indagine di tipo storiografico.

A tal proposito si cita il *designamentum* dei diritti del Vescovo di Brescia Berardo Maggi compilato nel 1299, che a Pisogne attesta come gli abitanti de Fraginis (Fraine) pagassero al Vescovo somme di denaro “*ex facto aqueducti unius furni*” e “*pro aqueductu furni novi de Fraginis de supra*”.

Alla luce della più antica attestazione, supportata poi da una corposa serie di riscontri territoriali raccolti durante le ricognizioni geoarcheologiche (Fig. 9), emerge come la stragrande maggioranza degli opifici in epoca medievale risultasse ubicata lungo l'asta del torrente Palot. Detto fattore è molto probabilmente dovuto all'importante portata di quest'ultimo, che consentiva un ottimo sfruttamento dell'abbondante energia idraulica che si poteva produrre attraverso l'incanalamento dell'acqua, come attesterebbe anche il documento attraverso la menzione di *acqueducti*.



Fig. 9 - Alcuni esempi di materiale scoriaceo rinvenibile nei dintorni del Mulino di Fraine.

Proposte di Itinerari archeo-geo-turistici

Nello Studio di Fattibilità, al fine di mettere a sistema nell'ambito di una valorizzazione di tipo turistico-culturale il cospicuo patrimonio storico-testimoniale oltre che

naturalistico presente sul territorio comunale, si è studiata la realizzazione di appositi percorsi archeo-geo-turistici incentrati sia sulle numerosissime realtà minerarie che sulle bellezze paesaggistiche e architettoniche che caratterizzano le aree indagate (Fig. 10).

È stata altresì valutata una serie di interventi da apportare alla sentieristica relativa agli itinerari individuati, basati in parte sull'attuale rete sentieristica CAI, in parte su vecchie strade minerarie, per rendere i percorsi usufruibili in sicurezza per chiunque fosse interessato a scoprire gli ambienti descritti in queste pagine.

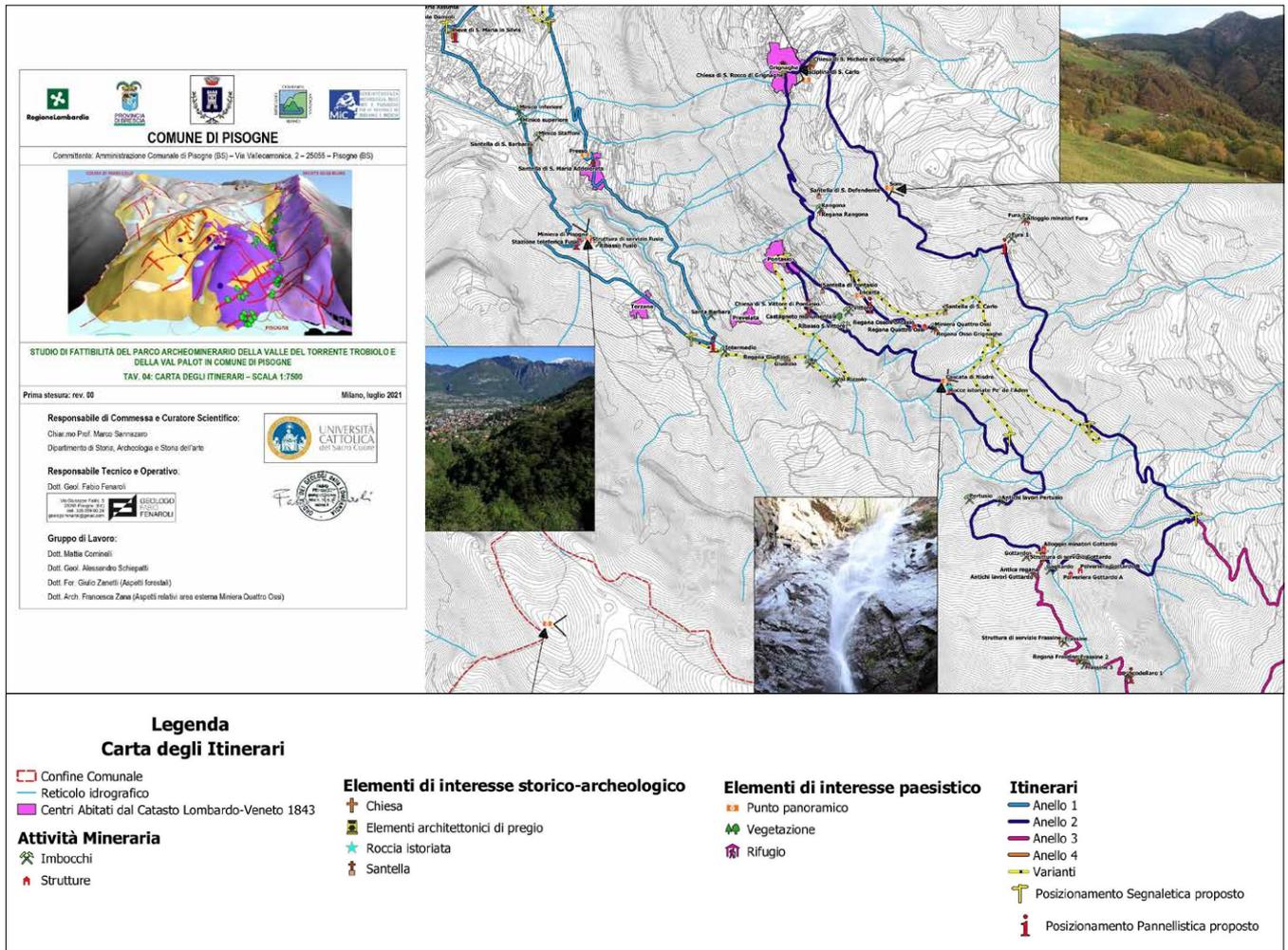


Fig. 10 - Stralcio della Carta degli Itinerari dello Studio di Fattibilità.

BIBLIOGRAFIA

Archetti G. (2001). *Ferro e miniere nelle valli bresciane*. Numero monografico di "Civiltà Bresciana", X, 4, M. Squassina, Brescia.

Cassinis G., Frizzo P., Moroni M. & Rodighiero F. (1997). *Le mineralizzazioni delle Alpi Bresciane: aspetti geologico-minerari e metallogeni*. In *Le vene delle montagne*, Atti della Giornata di Studio (Brescia, 24 novembre 1995), Fondazione bresciana per la ricerca scientifica, Brescia, 97-119.

Cuomo di Caprio N., Simoni C. (1991). *Dal basso fuoco all'altoforno*. Atti del 1° Simposio "la siderurgia nell'antichità" (Valle Camonica 1988), Grafo, Brescia.

De Donatis S., Riganti A. & Rodighiero F. (1991). *Mineralizzazioni a siderite-barite nella Val Camonica meridionale (Brescia, Lombardia)*. "Natura bresciana" Ann. Museo Civico di Scienze Naturali di Brescia, 26, 87-100.

Fenaroli F. & Cominelli M. (in stampa). *Ricognizioni geoarcheologiche e valutazione delle peculiarità archeominerarie riscontrate nella Valle del torrente Trobiolo e in Val Palot in Comune di Pisogne (BS): un esempio di geoarcheologia in ambiente montano*. In Fenaroli, Cominelli, Sannazaro.

Fenaroli F., Cominelli M. & Sannazaro M. Ed. (in stampa). *Parco Archeominerario della Valle del Torrente Trobiolo e della Val Palot in Comune di Pisogne. Studio di fattibilità* (Atti del Seminario di presentazione, Pisogne, 16 ottobre 2021).

Franzoni O. & Sgabussi G.C. (1999). *Le miniere della Valle Camonica. Fonti e territorio*. Tipografia Camuna, Breno.

Franzoni O. & Sgabussi G.C. (2000). *La sorgente dei metalli. Le miniere della Valle Camonica tra Ottocento e Novecento*. Tipografia Camuna, Breno.

Frizzo P. & Omenetto P. (1974). *Le manifestazioni metallifere nel basamento cristallino della Val Camonica (Lombardia)*. In "Memorie del Museo Tridentino di Scienze Naturali", 20(2), 1-75.

Frizzo P. (1984). *Le mineralizzazioni a barite e a siderite nel Permiano Superiore e nello Scisto della Val Camonica (Lombardia)*. In "L'Industria Mineraria", aprile 1984, 21-43.

Gilleron F. (1959). *Sulla geologia dei giacimenti di siderite delle Valli Lombarde*. In "L'Industria Mineraria", novembre 1959, 725-733.

Gasotti G. (2016). *La fondazione delle città*. Carocci, Roma.

Merengoni N. & Perotti C. (in stampa). *Inquadramento geologico e strutturale delle Prealpi Bresciane*. In Fenaroli, Cominelli, Sannazaro.

Micheletti T. (1954). *I giacimenti di siderite nelle valli lombarde*. In "L'Industria Mineraria", settembre 1954., 533-543.

Omenetto P., Perna G. & Frizzo P. (1971). *Relazione sul rilevamento geominerario della Val Camonica meridionale (zona di Pisogne) compiuto nel periodo aprile 1969 - dicembre 1970*.

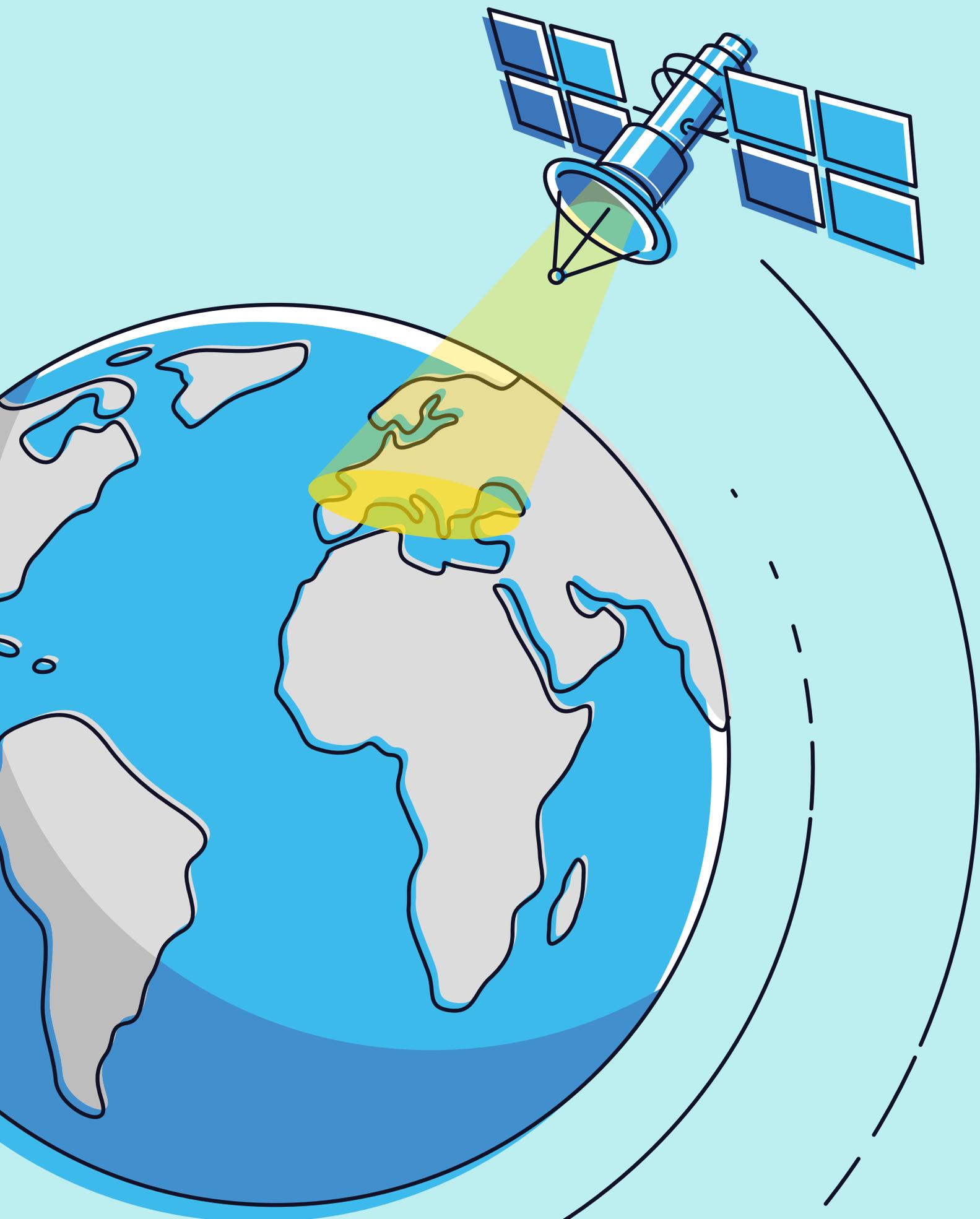
Sannazaro M. (in stampa). *Un progetto di parco archeominerario a Pisogne nel contesto delle conoscenze storico-archeologiche sulle attività siderurgiche nel Bresciano*. In Fenaroli, Cominelli, Sannazaro.

Servizio Geologico d'Italia (1960). *Carta Geologica d'Italia scala 1:100000 - foglio 34 "Breno"*.

Servizio Geologico d'Italia dell'ISPRA (2011). *Carta Geologica d'Italia scala 1:50000 - Regione Lombardia - foglio CARG 099 "Iseo" e relative Note Illustrative*.

Servizio Geologico d'Italia dell'ISPRA (2012). *Carta Geologica d'Italia scala 1:50000 - Regione Lombardia - foglio CARG 078 "Breno" e relative Note Illustrative*.

Zatti A. (in stampa). *Parco Archeominerario della Valle del Trobiolo e Val Palot in Comune di Pisogne: un volano per la sostenibilità del territorio?* In Fenaroli, Cominelli, Sannazaro.



L'OCCHIO DEL SATELLITE:

un aiuto per svelare le deformazioni dei terremoti

a cura di **Massimiliano Porreca, Filippo Carboni,
Emanuela Valerio, Mariarosaria Manzo, Claudio De Luca,
Martina Occhipinti e Maurizio Ercoli**

I forti terremoti possono creare danni e distruzioni in aree molto vaste, sconvolgendo il paesaggio attraverso una serie di effetti che interessano la superficie terrestre. Gli effetti diretti (cosismici) sono collegati alla deformazione della crosta terrestre in corrispondenza della faglia lungo la quale si è verificato l'evento sismico.

Pertanto, la ricostruzione della deformazione cosismica permette di ottenere importanti informazioni sulla sorgente sismica (sorgente del terremoto) e sulla faglia responsabile dell'evento; al tempo stesso, è utile per gestire le attività di emergenza durante una crisi sismica.

Negli ultimi anni, i dati satellitari processati mediante tecniche di interferometria SAR (*Synthetic Aperture Radar*) sono quelli che meglio riescono a riprodurre un'immagine dello spostamento cosismico del terreno in un'area molto vasta ed in breve tempo. Tale tecnica è stata utilizzata anche per studiare lo spostamento del terreno a seguito del terremoto in centro Italia nel 2016.



Massimiliano Porreca

Dipartimento di Fisica e Geologia, Università di Perugia.

Keywords

- ▶ Terremoti
- ▶ Faglia
- ▶ Deformazione cosismica
- ▶ SAR

Filippo Carboni

Institut für Geo- und
Umweltnaturwissenschaften, Geologie,
Albert-Ludwigs-Universität, Friburgo.

Claudio De Luca

Istituto per il Rilevamento
Elettromagnetico dell'Ambiente,
IREA-CNR, Napoli.

Emanuela Valerio

Natural HAZards Control and
Assessment (NHAZCA) srl, Roma.

Martina Occhipinti

Dipartimento di Fisica e Geologia,
Università di Perugia.

Mariarosaria Manzo

Istituto per il Rilevamento
Elettromagnetico dell'Ambiente,
IREA-CNR, Napoli.

Maurizio Ercoli

Dipartimento di Fisica e Geologia,
Università di Perugia.

INTRODUZIONE

I terremoti possono produrre un ampio spettro di deformazioni del terreno, causati dagli eventi sismici (terremoti) principali, chiamati effetti cosismici, o anche nei periodi intersismici, ossia tra un evento sismico e l'altro. Gli eventi sismici maggiori (con magnitudo > 5) possono innescare deformazioni sul terreno, quali rotture visibili in superficie legate all'attivazione delle faglie attive e/o altre deformazioni indotte dallo scuotimento sismico (es., frane e doline).

Al fine di mappare questi movimenti della superficie terrestre, in modo sempre più dettagliato, il lavoro di terreno viene spesso integrato con tecniche di telerilevamento o *remote sensing*. Negli ultimi decenni, le tecniche di telerilevamento ambientale da satellite o da piattaforme aeree sono divenute sempre più consolidate ed utilizzate nell'ambito dell'Osservazione della Terra. Questo è dovuto alla loro capacità di effettuare osservazioni da remoto, con elevata copertura sia spaziale (anche decine di migliaia di km²) che

temporale (frequenze di rivisitazione dei sensori da poche ore fino a decine di giorni) e con costi di monitoraggio limitati, attraverso l'interazione degli oggetti sulla superficie con onde elettromagnetiche. Nel panorama dei vari sensori per il telerilevamento, il Radar ad Apertura Sintetica (SAR) ha un ruolo decisivo per le analisi non invasive per l'Osservazione della Terra. Il SAR è un sensore di telerilevamento attivo che emette microonde, funzionando quindi indipendentemente dalla presenza di sorgenti luminose esterne (es., il Sole) e in qualunque condizione climatica. Il SAR permette quindi di generare immagini complesse ad alta risoluzione (nell'ordine dei metri) su vaste porzioni della superficie terrestre. Pertanto, il SAR risulta particolarmente efficace per avere un quadro più ampio e dettagliato della deformazione cosismica, che comprende sia le rotture superficiali lungo la faglia (in genere più facili da osservare sul terreno) che le deformazioni a grande scala, lontane dalla faglia principale.

TECNICHE DI InSAR PER LA DEFORMAZIONE DEL SUOLO

L'Interferometria Differenziale SAR (DInSAR) (Gabriel et al., 1989; Burgmann et al., 2000; Massonnet et al., 1998) è una tecnica di telerilevamento che permette di misurare le deformazioni della superficie terrestre a partire da due immagini SAR che mostrano la stessa porzione di superficie terrestre ma in tempi diversi e lungo due orbite satellitari sufficientemente vicine. Se tra la prima e la seconda immagine si riscontrano dei fenomeni di deformazione, le due immagini risultano diverse. La differenza tra le due immagini si basa sulla differenza del segnale elettromagnetico che ritorna al satellite in seguito alla sua emissione e riflessione sulla superficie terrestre. La differenza di questo segnale viene chiamato interferogramma (Fig. 1). In particolare, tale tecnica consente di rilevare fenomeni di deformazione che producono una variazione di distanza

tra la superficie terrestre (o di specifici oggetti sulla superficie) ed il satellite. Questa variazione può generare segnali positivi (qualora ci sia un avvicinamento relativo tra la superficie ed il satellite) oppure negativi (in caso di allontanamento della superficie dal satellite). Inoltre, questa variazione è da intendere lungo la linea di vista del satellite, chiamata *Line Of Sight* (LOS). La precisione di questo sistema può arrivare fino a pochi cm o addirittura mm, ed è funzione delle caratteristiche del segnale elettromagnetico emesso dal sensore montato sui satelliti (Fig. 1).

La capacità della tecnica DInSAR "convenzionale", ossia basata sull'utilizzo di singoli interferogrammi, di analizzare gli effetti superficiali prodotti da singoli eventi deformativi (es., terremoti, attività vulcanica, movimenti di ghiacciai) è stata

ampiamente dimostrata, a partire dai primi esperimenti effettuati alla fine degli anni '80 (Massonnet et al., 1993; Massonnet et al., 1995; Peltzer et al., 1995). Successivamente, l'interesse della comunità scientifica e degli enti di sorveglianza si è concentrato verso lo sviluppo di approcci DInSAR multi-temporali o multi-interferogramma, che permettono di superare i limiti del DInSAR convenzionale. Gli approcci DInSAR multi-temporali si basano sull'opportuna combinazione di un gran numero di interferogrammi differenziali, generati a partire da una lunga sequenza d'immagini SAR acquisite in un certo intervallo di tempo su una certa porzione di superficie terrestre, per studiare l'evoluzione temporale degli spostamenti superficiali tramite la generazione di serie storiche di deformazione (Ferretti et al., 2000; Lanari et al., 2004; Solaro et al., 2021).

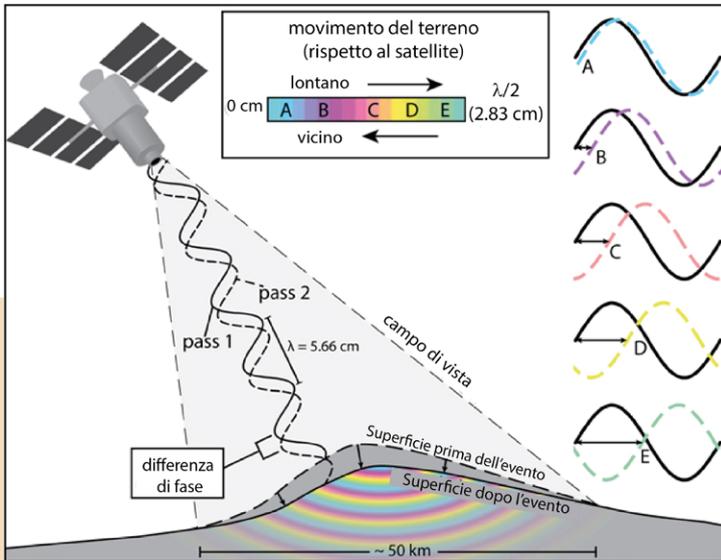


Fig. 1 - Rappresentazione schematica della tecnica di interferometria SAR (modificato da <http://volcano.si.edu>). Il satellite, effettuando due passaggi sulla stessa area di indagine può rilevare una differenza del segnale elettromagnetico tra il primo e il secondo passaggio (differenza di fase). Tale differenza corrisponde ad uno spostamento della superficie terrestre prodotto nell'intervallo di tempo tra i due passaggi. Questa deformazione viene visualizzata mediante una serie di strisce colorate, le cosiddette frange di interferenza o interferogramma (vedi bande colorate nella parte bassa della figura). Ogni ciclo di colore, che rappresenta le frange (A-E in figura), corrisponde a circa 2.8 cm per un sensore di banda-C (lunghezza d'onda = 5.66 cm). Moltiplicando il numero di frange per metà lunghezza d'onda del segnale emesso (2.8 cm), si ottiene l'entità della deformazione osservata e indotta dall'evento che ha prodotto una deformazione della superficie terrestre.

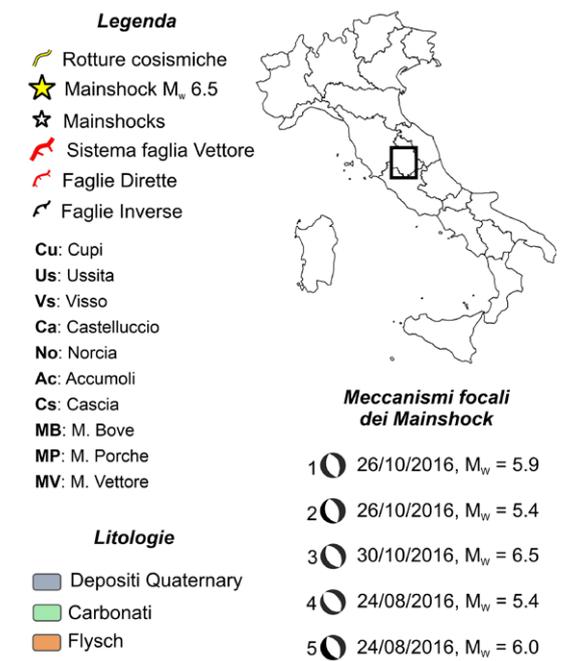
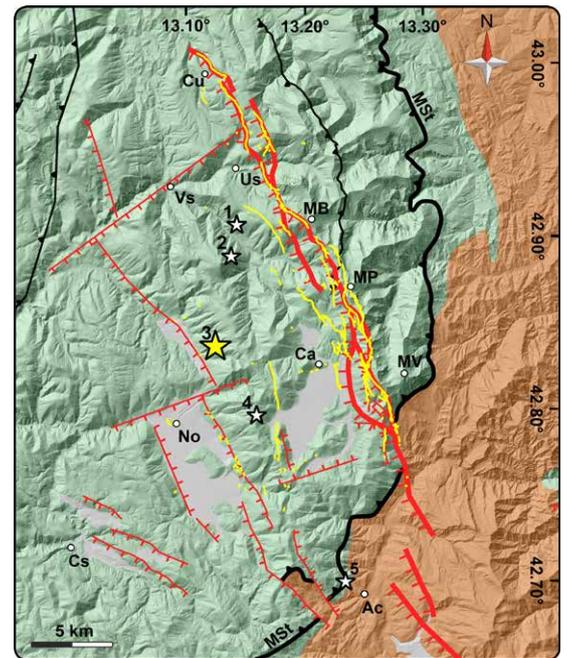


Fig. 2 - Schema geologico dell'area dei Monti Sibillini interessata dagli eventi sismici del 2016. Le rotture cosismiche degli eventi di Ottobre 2016 sono riportati in giallo. L'evento sismico più energetico del 30 Ottobre 2016 ($M = 6.5$) è indicato dalla stella gialla.

IL TERREMOTO DEL 2016 IN CENTRO ITALIA

Nel 2016 una lunga sequenza di eventi sismici ha interessato una regione geologicamente complessa dell'Appennino nell'Italia centrale (Fig. 2), la cui evoluzione geologica è stata caratterizzata da una prima fase tettonica compressiva a partire dal Miocene superiore, seguita da una fase di tettonica estensionale nel Quaternario e tuttora attiva. La fase compressiva è stata controllata dal sovrascorrimento dei Monti Sibillini (MSt, Fig. 2), che segna il limite tettonico tra la sequenza carbonatica Meso-Cenozoica ed il sottostante Flysch Mio-Pliocenico della Formazione della Laga, composta da rocce silicoclastiche (Fig. 2) (Porreca et al., 2018).

Le antiche strutture compressive, orientate circa N-S, sono state successivamente tagliate e dislocate dalle recenti faglie normali (estensionali) orientate NNW-SSE. La principale struttura estensionale, che si è attivata da Agosto a Ottobre 2016, causando impressionanti rotture superficiali (del terreno), deriva da un complesso sistema di faglie estensionali che va dalla zona di Amatrice nel Lazio fino a quella di Camerino nelle Marche, passando per il M. Vettore in Umbria (Barchi et al., 2021). Si tratta di un sistema di faglie estensionali ben note in letteratura e che prende il nome di faglia del M. Vettore-M. Bove, dal nome delle montagne

più alte che riportano chiare evidenze di attività di faglia. Le superfici di faglia di questo sistema hanno un'immersione prevalente verso SW e controllano l'evoluzione geologica di alcuni bacini di età Quaternaria, come quelli di Amatrice e Castelluccio di Norcia. La sequenza sismica che ha riattivato l'intero sistema di faglie è iniziata con gli eventi del 24 Agosto 2016 (magnitudo, $M=6.0$), seguiti, due mesi dopo, dagli eventi del 26 Ottobre ($M=5.4$ e $M=5.9$) e del 30 Ottobre ($M=6.5$). La maggior parte delle rotture superficiali della



Fig. 3 - Esempi di effetti cosismici sul terreno. a) Piano di faglia riattivato durante l'evento del 30 Ottobre 2016 (M=6.5), loc. Colli Alti e Bassi, Castelluccio di Norcia; b) rottura superficiale di pochi cm nell'area di Forca di Presta, a sud del M. Vettore.

sequenza sismica sono avvenute durante le scosse principali del 24 Agosto e 26, 30 Ottobre (**Fig. 3**).

Tali deformazioni cosismiche sono state studiate da diversi gruppi di geologi sul terreno nei mesi successivi agli eventi più forti, i quali hanno prodotto una serie di mappe e di rilievi lungo le zone di faglia (Civico et al., 2018; Villani et al., 2018; Menichetti et al., 2019). I risultati delle indagini di terreno hanno confermato un'ampia distribuzione delle rotture cosismiche a dimostrazione della complessità geologica dell'area interessata dall'evento sismico (area epicentrale), dove affiora una successione di rocce sia carbonatiche che silicoclastiche.

L'area colpita è stata anche indagata da diversi ricercatori utilizzando la tecnica DInSAR, con l'obiettivo di studiare i volumi rocciosi interessati dalla deformazione, il meccanismo di fagliazione e la geometria delle faglie nel sottosuolo (Lavecchia et al., 2016; Valerio et al., 2018; Bignami et al., 2019). Tuttavia, questi dati non sono stati utilizzati per indagare in dettaglio le singole rotture associate agli eventi sismici principali.

DATI SATELLITARI SAR

Nel lavoro di Carboni et al. (2022) sono stati utilizzati i dati SAR del satellite giapponese ALOS-2, acquisiti nel periodo compreso tra il 24 Agosto 2016 (successivamente all'evento principale del 24 Agosto di M=6.0) e il 9 Novembre 2016, per analizzare l'area colpita degli eventi sismici di Ottobre 2016. In particolare, sono stati sfruttati dati acquisiti sia lungo le orbite ascendenti (mentre il satellite orbita da Sud a Nord), sia lungo le orbite discendenti (mentre il satellite orbita da Nord a Sud), in modo da produrre interferogrammi differenziali cosismici e le relative mappe di spostamento del suolo lungo la linea di vista del radar (LOS).

Le mappe di spostamento del suolo (rispetto al satellite), generate con le immagini SAR acquisite dall'orbita ascendente e quelle generate con le immagini SAR acquisite dall'orbita discendente, sono state opportunamente combinate, seguendo l'approccio descritto in Manzo et al. (2006), per generare le mappe di deformazione reale lungo la direzione verticale

(sollevamento-abbassamento) e orizzontale (Est-Ovest), con una risoluzione spaziale di ~30 m-pixel (**Fig. 4**). Queste mappe sono state analizzate per ricostruire in dettaglio sia la distribuzione delle rotture superficiali (presenti soprattutto lungo le zone di faglia) che la deformazione su larga scala dell'area epicentrale. Inoltre, attraverso l'utilizzo di uno specifico software (MOVE, Petex) è stata realizzata una visualizzazione 3D della deformazione, consentendo di individuare facilmente le zone effettivamente interessate dalla deformazione cosismica.

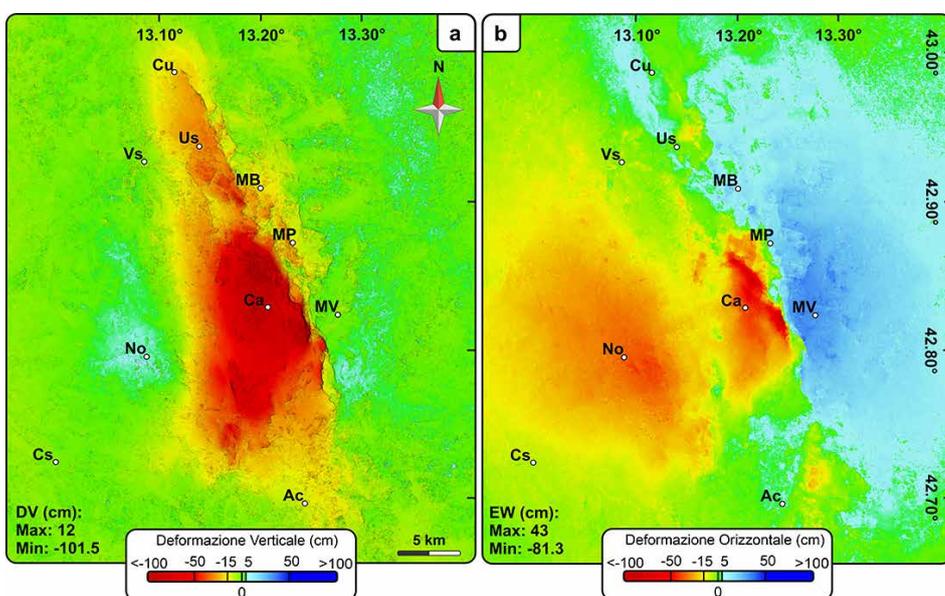


Fig. 4 - Mappe di deformazione ottenute dai dati SAR. a) mappa di deformazione lungo la componente verticale; b) mappa di deformazione lungo la componente est-ovest.

Essendo i terremoti nell'Italia centrale controllati prevalentemente da faglie normali, quindi con spostamenti prettamente lungo la componente verticale, sono stati analizzati principalmente le mappe di deformazione verticale (Fig. 4a). Da queste mappe di deformazione è stato quindi possibile tracciare le rotture superficiali ed analizzare le deformazioni su larga scala. A causa della complessità della zona deformata, per tracciare le rotture superficiali è stato applicato un approccio integrato mediante l'analisi del gradiente di spostamento (ovvero lo spostamento di un punto rispetto ad un altro, in riferimento alla loro distanza) sulla mappa di deformazione visualizzata in 3D e su una serie di sezioni verticali, parallele tra loro (Fig. 5); a parità di distanza tra un punto ed un altro, maggiore lo spostamento tra i due, maggiore è il gradiente, quindi maggiore è la deformazione (Fig. 5b).

Sulle sezioni sono stati considerati solo spostamenti verticali superiori a 3 cm, ossia superiore all'errore stimato per il sensore montato sui satelliti ALOS-2. Sulla mappa di deformazione visualizzata in 3D, sono state invece identificate quelle aree che presentano un elevato gradiente dello spostamento verticale, e che rappresentano le zone (o meglio i lineamenti) con maggior rigetto verticale, ossia le possibili faglie che si sono attivate durante il terremoto.

L'integrazione di entrambi gli approcci ha permesso di tracciare le rotture superficiali prodotte durante gli eventi di Ottobre 2016 (Fig. 6). La continuità laterale di ogni rottura è stata confermata incrociando le informazioni sulle sezioni (entità di spostamento) e i valori di gradiente calcolati sulla mappa di deformazione verticale. La localizzazione e l'estensione delle rotture cosismiche dai dati DInSAR sono state infine confrontate con i dati pubblicati in letteratura (Fig. 6); per alcune di queste fratture, è stato necessario una validazione direttamente sul terreno in quanto non riportate su precedenti pubblicazioni scientifiche.

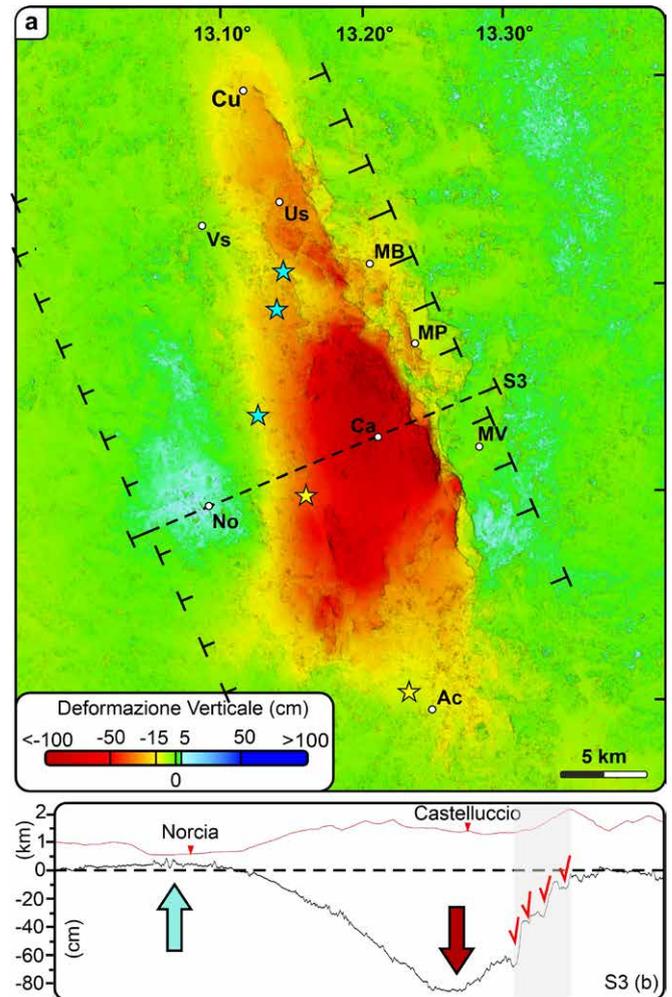


Fig. 5 - a) Mappa di deformazione con tracce delle sezioni utilizzate per identificare le rotture superficiali. **b)** Esempio di profilo di deformazione verticale, tracciato tra Norcia e Castelluccio di Norcia. I forti gradienti lungo il profilo indicano la presenza di rotture superficiali (freccette sottili rosse). Le freccia celeste e quella rossa indicano rispettivamente sollevamento ed abbassamento (subsidenza).

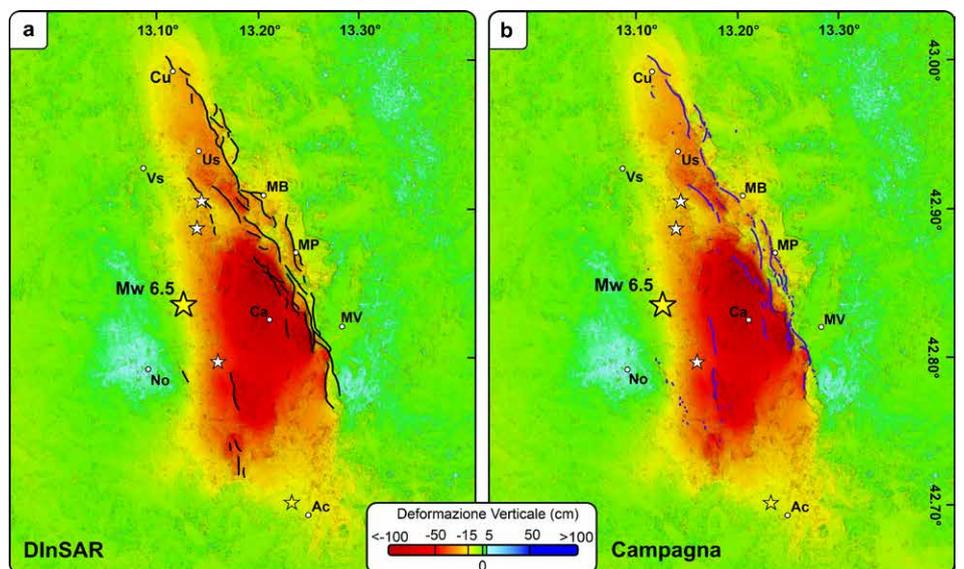


Fig. 6 - Mappe con rotture superficiali ottenuti da dati SAR (a) e di terreno (b).

MAPPA E PROFILI DI DEFORMAZIONE

La **Fig. 7** riporta la mappa di deformazione vista in 3D, ricavata dai dati DInSAR, per la componente verticale dello spostamento del terreno, nell'area epicentrale del terremoto di Ottobre 2016. Le aree in rosso indicano uno spostamento verso il basso (negativo), rappresentativo di abbassamento (subsidenza), mentre le aree in azzurro verso l'alto (positivo), rappresentativo di sollevamento; le aree in verde invece sono stabili e non risentono di spostamenti significativi. Le linee nere rappresentano le rotture superficiali mappate usando il dato DInSAR.

Come si può vedere dalla mappa, si nota una subsidenza piuttosto importante nell'area a SW del sistema di faglie M. Vettore – M. Bove, caratterizzato da una peculiare forma triangolare che tende a restringersi verso Nord (area di Cupi e Ussita). Il valore massimo di subsidenza ricavato dalla mappa di deformazione è stato misurato a nord dell'abitato di Castelluccio di Norcia (rosso scuro in

Fig. 7) ed è pari a -101 cm. Un debole, ma evidente sollevamento (+11 cm) si registra invece nell'area di Norcia (in azzurro in **Fig. 7**). Il massimo gradiente di spostamento nella mappa, contrassegnato dal netto contatto tra il verde e rosso ad Est di Castelluccio (**Fig. 7**), ricalca la complessa traccia della faglia attivata, la quale presenta un orientamento circa NNW-SSE. Come si vede dalla **Fig. 6**, il sistema di faglie che si è attivato il 26 ed il 30 Ottobre, presenta un andamento particolarmente complesso: si notano infatti diversi segmenti di lunghezza variabile, con una scarsa continuità laterale. L'area che presenta la maggiore complessità è sicuramente l'area del M. Vettore, dove si riconoscono almeno 5 o 6 segmenti di faglia attivati. Inoltre, si riconoscono pochi segmenti attivati lontano dalla zona di faglia, subito a sud-est rispetto all'abitato di Norcia.

Le mappe di deformazione (**Figg. 6 e 7**) ci permettono quindi di avere un'idea generale sulla deformazione

cosismica a grande scala dell'area epicentrale. Per riconoscere le deformazioni a scala locale ed effettuare un'analisi quantitativa di ogni segmento di faglia, ci vengono in aiuto i profili di deformazione tracciati perpendicolarmente alle strutture tettoniche principali. Su questi profili è possibile notare anche spostamenti di pochi centimetri che possono essere indizi di piccole rotture superficiali. La risoluzione del metodo DInSAR di ALOS-2, infatti, ci permette di "vedere" deformazioni dell'ordine dei cm, con un'accuratezza di 3 cm, al di sotto del quale i piccoli spostamenti non possono essere considerati significativi.

I profili di deformazione riportati in **Fig. 8** mostrano un aumento verso sud della subsidenza, che va da un massimo di circa 30 cm a nord (sezione S1), fino ad un massimo di 60-100 cm nella parte centrale dell'area di subsidenza (sezioni S2-S3), che corrisponde anche alla zona di massimo spostamento orizzontale (vedi **Fig. 4b**). Dai profili S1-S3 è

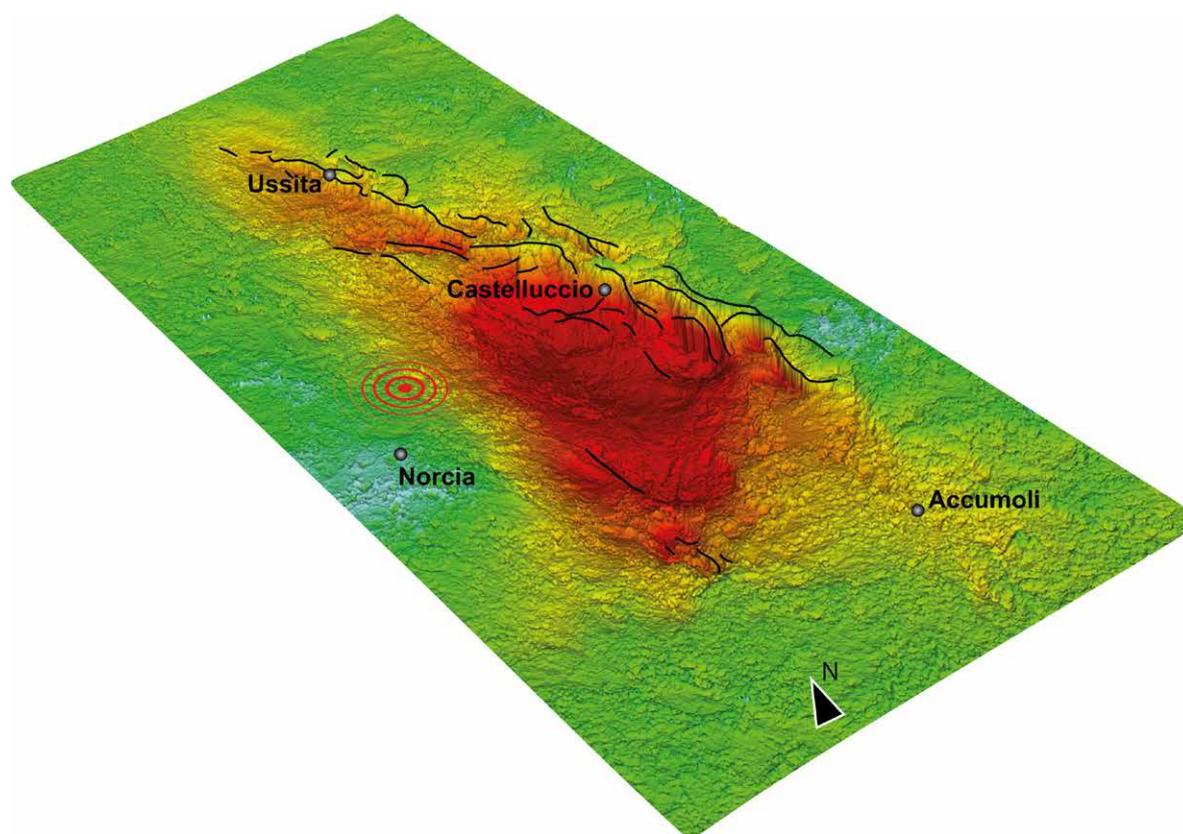


Fig. 7 - Mappa della deformazione cosismica verticale riferita al terremoto di Ottobre 2016 nell'area di Norcia-M. Vettore. La scala dei colori è la stessa rappresentata nelle figure precedenti: rosso indica abbassamento, azzurro sollevamento e verde nessuno spostamento del terreno. Il simbolo in rosso indica l'epicentro del terremoto del 30 Ottobre 2016 (M=6.5).

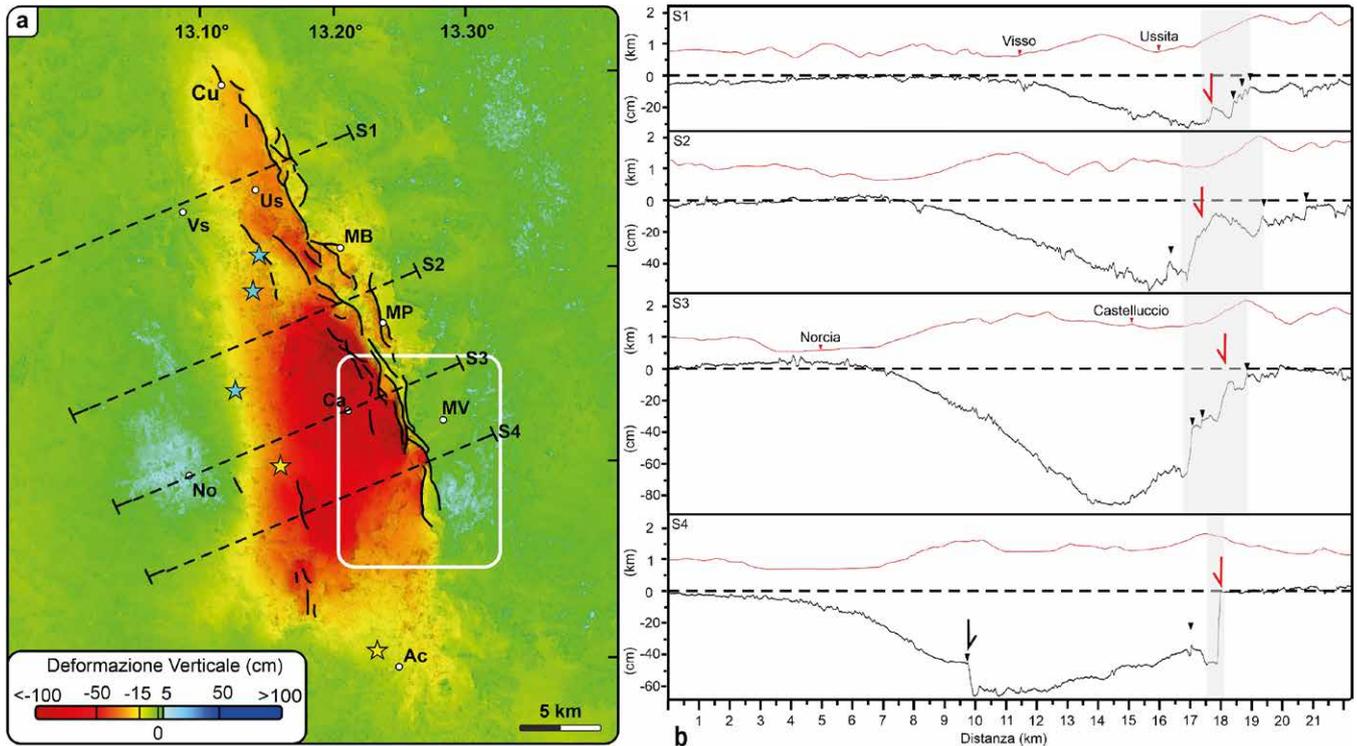


Fig. 8 - Profili di deformazione verticale tracciati perpendicolarmente al sistema di faglia attivato durante gli eventi sismici di ottobre 2016. **a)** Mappa di deformazione con le tracce dei profili riportati in **b**. Le stelle indicano i *mainshock* con $M > 5$, la stella gialla indica l'evento di $M = 6.5$. **b)** Quattro profili rappresentativi da nord (S1) a sud (S4). La linea rossa riporta la topografia (in km), la linea nera riporta la deformazione cosismica (in cm) dai dati DInSAR con un'esagerazione verticale per enfatizzare le aree soggette a rottura cosismica. Le frecce indicano le faglie principali immergenti verso SW (in rosso) e quella antitetica immergente verso NE (in nero).

evidente il piegamento della superficie a SW (sinistra) della faglia del Vettore, caratterizzata da una curvatura lunga qualche chilometro e convessa verso l'alto (**Fig. 8**); la zona in corrispondenza della faglia principale, invece, è caratterizzata da importanti spostamenti verticali e ben localizzati (fascia grigia in **Fig. 8b**). Nel settore meridionale, la deformazione a grande scala è meno evidente e localmente interrotta a sud dalla presenza di una faglia immergente verso Nord-Est (freccia nera in **Fig. 8**). Questa faglia corrisponde ad una faglia antitetica (ossia immergente in direzione opposta rispetto alla faglia principale) del sistema M. Vettore - M. Bove che borda ad ovest il bacino quaternario di Castelluccio.

Grazie a queste mappe di deformazione ad alta risoluzione è stato possibile fare chiarezza anche sulla presenza o meno di alcune rotture cosismiche e della loro relazione con alcuni elementi tettonici di primo ordine come il sovrascorrimento dei M.ti Sibillini (**Fig. 9**).

Nel dettaglio della mappa geologica dell'area a sud del M. Vettore (**Fig. 9**, riquadro in **Fig. 8a**), si mostra come, sebbene siano disponibili dati

dettagliati di terreno, l'attivazione di alcuni segmenti di faglia e la loro lunghezza risultavano ancora dibattute in letteratura (Villani et al., 2018; Civico et al., 2018).

Un primo risultato ottenuto dalle mappe DInSAR è quello di confermare la continuità laterale di alcuni segmenti, caratterizzati da lunghezze superiori rispetto a quelle osservate sul terreno. Sul terreno, infatti, sono state riconosciute diverse rotture superficiali sparse, la cui continuità laterale è stata confermata dalle misure DInSAR, capaci di individuare anche piccole deformazioni non osservabili direttamente sul terreno (**Fig. 6**).

Inoltre, è stato possibile fare chiarezza sulle relazioni con il sovrascorrimento dei M.ti Sibillini. In letteratura, infatti, è molto dibattuta la relazione tra la faglia normale del M. Vettore e tale sovrascorrimento, soprattutto se quest'ultimo risulta tagliato e spostato o meno dalla faglia del M. Vettore.

I risultati della tecnica DInSAR mostrano che il segmento di faglia a sud del M. Vettore taglia chiaramente il sovrascorrimento dei M.ti Sibillini; inoltre, si può notare come

lo spostamento verticale (rigetto) diminuisca bruscamente verso Sud, proprio al passaggio dalle rocce carbonatiche (rigetto di oltre 50 cm) ai depositi silicoclastici (rigetto minore di 15 cm) (segmento arancione in **Fig. 9**). Questo dimostra anche un diverso comportamento della deformazione sismica quando coinvolge litologie con diverse caratteristiche (rocce più o meno rigide).

Questa valutazione quantitativa dello spostamento verticale è stata effettuata su diversi segmenti dell'area del M. Vettore dove coesistono segmenti con elevato rigetto (superiore a 1 m) ed altri con rigetto minore (al di sotto dei 20 cm). Dal confronto con i dati di campagna, si evince che questo approccio con le misure DInSAR è particolarmente utile per identificare le rotture caratterizzate da piccoli spostamenti verticali (al di sotto dei 60 cm) con continuità laterale poco chiara sul terreno. Su elevati spostamenti della superficie, localizzati in uno spazio molto ristretto, le misure DInSAR non riescono a riprodurre la stessa entità di deformazione perché il dato risulta fortemente rumoroso.

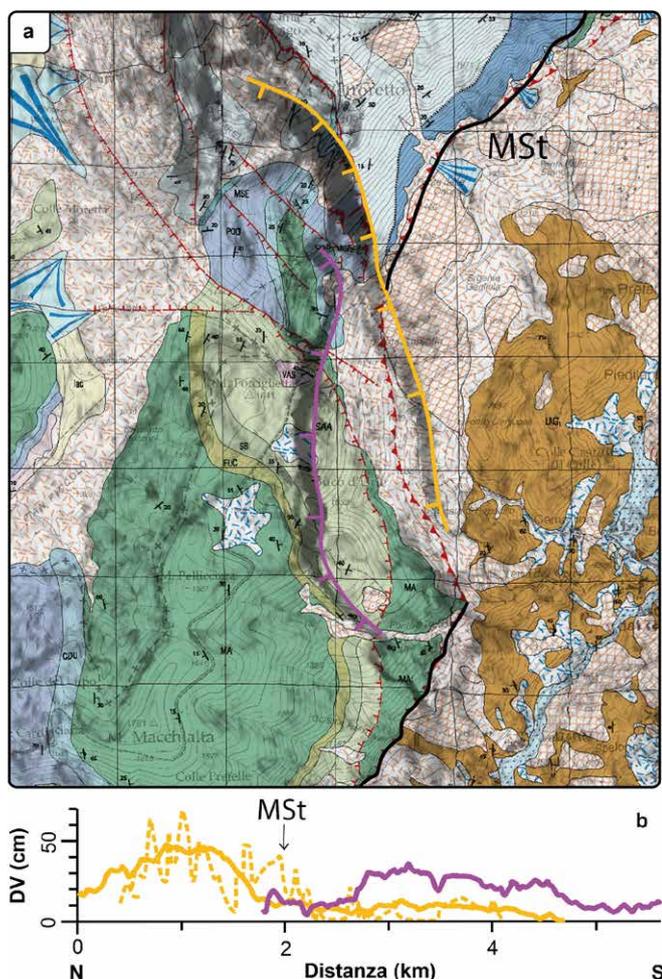


Fig. 9 - (a) Particolare dell'area a sud del M. Vettore, dove la faglia attivata intercetta il sovrascorrimento dei Monti Sibillini, MSt (modificata da Pierantoni et al., 2013); (b) profili di deformazione verticali dei due segmenti (F4 e F5) di faglia presenti in (a) in cui le linee continue rappresentano i valori ottenuti dai dati DInSAR mentre la linea tratteggiata è ottenuta da un'analisi sul terreno. Da notare la forte variazione dello spostamento lungo faglia al passaggio dai calcari, più rigidi, del M. Vettore (in blu), ai depositi silicoclastici della Laga (in marroncino).

CONCLUSIONI

I risultati del lavoro di Carboni et al. (2022) dimostrano l'affidabilità e le grandi potenzialità delle misure DInSAR nel tracciare rapidamente deformazioni cosismiche, con una accuratezza centimetrica, anche se localizzate in aree remote caratterizzate da topografie complesse. Tali mappe di spostamento possono quindi essere considerate un valore aggiunto all'analisi delle deformazioni indotte da un terremoto ed un supporto alle attività sul campo durante le fasi emergenziali.

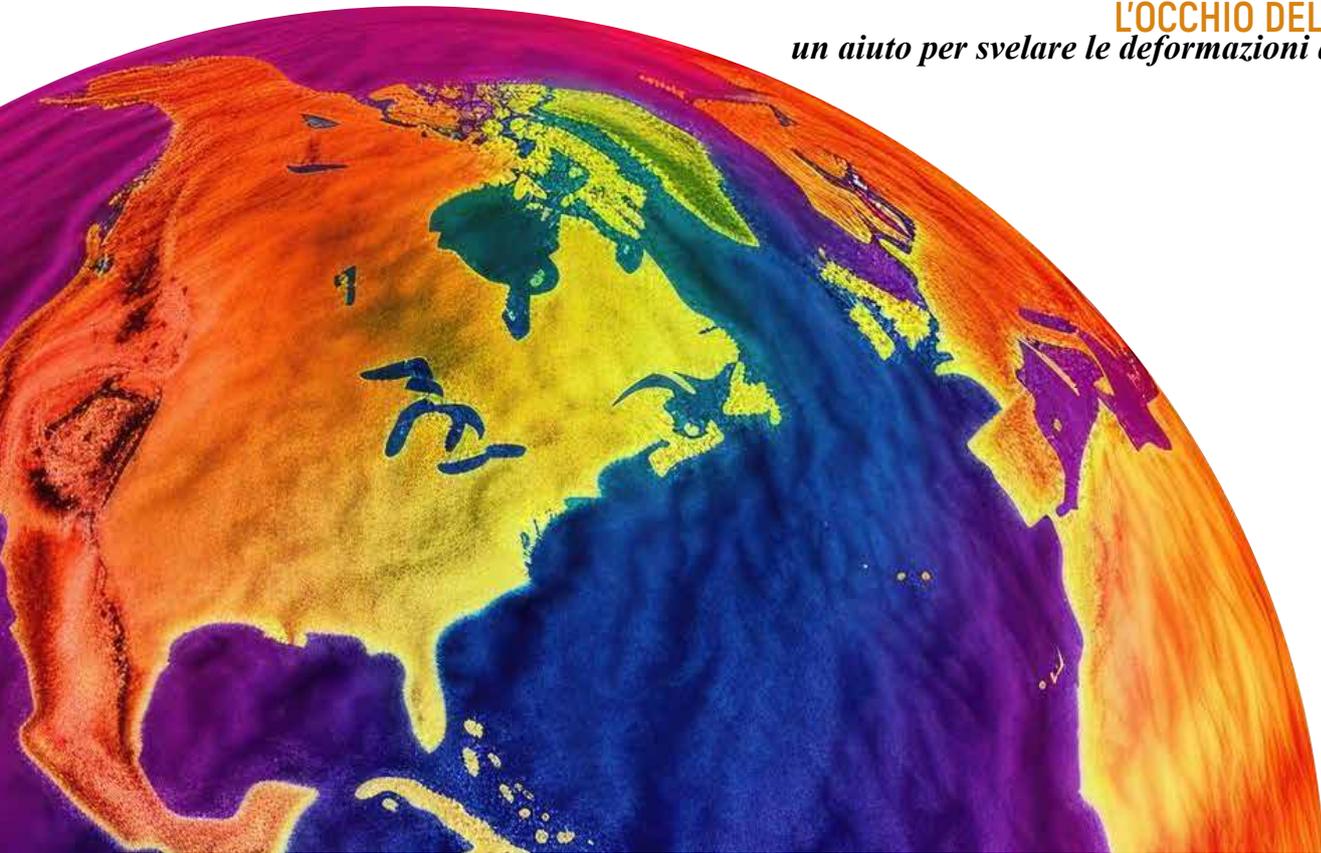
La ricostruzione dell'andamento della deformazione associato ad un terremoto permette di ottenere informazioni chiave sui terremoti; al tempo stesso risulta utile per identificare le aree maggiormente interessate dalla deformazione (e quindi più a rischio) durante una sequenza sismica. In quest'ultimo caso, ovviamente, per avere un quadro della situazione aggiornato è necessario produrre delle mappe di deformazione in tempi piuttosto rapidi.

La tempistica necessaria per produrre questo tipo di mappe è strettamente connessa al passaggio dei satelliti, che per alcuni di questi (ad es. COSMO-SkyMed, Sentinel) è dell'ordine

di alcuni giorni. Pertanto, nell'arco di un breve intervallo di tempo, circa due settimane, sarà possibile produrre mappe di deformazioni dettagliate attraverso le quali indirizzare le attività di rilevamento sul terreno e ridurre così i costi e i tempi della ricerca delle rotture superficiali sia nelle zone di faglia che in tutta l'area epicentrale.

I risultati di questo lavoro sono stati pubblicati su *Scientific Reports* da Carboni et al. (2022). I dati originali in formato ASCII (x,y,z) dei modelli di deformazione verticale e orizzontale (componente est-ovest) e i dati georeferenziati delle rotture cosismiche in .kmz sono scaricabili al seguente link: <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.17128943>.

Questo contributo è dedicato alla memoria di Mariarosaria Manzo e al suo sorriso.



BIBLIOGRAFIA

Barchi M.R., Carboni F., Michele M., Ercoli M., Giorgetti C., Porreca M., Azzaro S. & Chiaraluce L. (2021). *The influence of subsurface geology on the distribution of earthquakes during the 2016–2017 Central Italy seismic sequence*. *Tectonophysics*, 807, 228797.
<https://doi.org/10.1016/j.tecto.2021.228797>

Bignami C., Valerio E., Carminati E., Doglioni C., Tizzani P. & Lanari R. (2019). *Volume unbalance on the 2016 Amatrice-Norcia (Central Italy) seismic sequence and insights on normal fault earthquake mechanism*. *Scientific Reports*, 9(1), 4250.
<https://doi.org/10.1038/s41598-019-40958-z>

Burgmann R., Rosen P.A. & Fielding E.J. (2000). *Synthetic aperture radar interferometry to measure Earth's surface topography and its deformation*. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 28, 169–209.
<https://doi.org/10.1146/annurev.earth.28.1.169>

Carboni F., Porreca M., Valerio E., Manzo M., De Luca C., Azzaro S., Ercoli M. & Barchi M.R. (2022). *Surface ruptures and off-fault deformation of the October 2016 central Italy earthquakes from DInSAR data*. *Scientific Reports*, 12(1), 3172.
<https://doi.org/10.1038/s41598-022-07068-9>

Civico R., Pucci S., Villani F., Pizzimenti L., De Martini P.M., Nappi R. & Open EMERGE Working Group. (2018). *Surface ruptures following the 30 October 2016 Mw 6.5 Norcia earthquake, central Italy*. *Journal of Maps*, 14(2), 151–160.
<https://doi.org/10.1080/17445647.2018.1441756>

Ferretti A., Prati C. & Rocca F. (2000). *Non-linear Subsidence Rate Estimation Using Permanent Scatterers in Differential SAR Interferometry*. *IEEE Transactions on Geoscience & Remote Sensing*, 38, 2202–2212.
<https://doi.org/10.1109/36.898661>

Gabriel A.K., Goldstein R.M. & Zebker H.A. (1989). *Mapping small elevation changes over large areas: differential interferometry*. *Journal of Geophysical Research*, 94 (B7), 1989, 9183–9191.
<https://doi.org/10.1029/JB094iB07p09183>

Lanari R., Mora O., Manunta M., Mallorqui J.J., Berardino P. & Sansosti E. (2004). *A small baseline approach for investigating deformations on full resolution differential SAR interferograms*. *IEEE Transactions on Geoscience & Remote Sensing*, 42, 1377–1386.
<https://doi.org/10.1109/TGRS.2004.828196>

Lavecchia G., Castaldo R., De Nardis R., De Novellis V., Ferrarini F., Pepe S., Brozzetti F., Solaro G., Cirillo D., Bonano M., Boncio P., Casu F., De Luca C., Lanari R., Manunta M., Manzo M., Pepe A., Zinno I. & Tizzani P. (2016). *Ground deformation and source geometry of the 24 August 2016 Amatrice earthquake (Central Italy) investigated through analytical and numerical modeling of DInSAR measurements and structural-geological data*. *Geophysical Research Letters*, 43(24), 12–389.
<https://doi.org/10.1002/2016GL071723>

Manzo M., Ricciardi G.P., Casu F., Ventura G., Zeni G., Borgström S., Bernardino P., Del Gaudio C. & Lanari R. (2006). *Surface deformation analysis in the Ischia Island (Italy) based on spaceborne radar interferometry*. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 151(4), 399–416.
<https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2005.09.010>

Massonnet D., Rossi M., Carmona C., Adragna F., Peltzer G., Feigl K. & Rabaut T. (1993). *The displacement field of the Landers earthquake mapped by radar interferometry*. *Nature*, 364(6433), 138–142.
<https://doi.org/10.1038/364138a0>

Massonnet D., Briole P. & Arnaud A. (1995). *Deflation of Mount Etna monitored by spaceborne radar interferometry*. *Nature*, 375, 567–70.
<https://doi.org/10.1038/375567a0>

Massonnet D. & Feigl K.L. (1998). *Radar interferometry and its application to changes in the earth's surface*. *Rev. Geophys.*, 36, 441–500.
<https://doi.org/10.1029/95GL00711>

Menichetti M., Roccheggiani M., Tamburini A. & Tirincanti E. (2019). *Terremoti del 2016 nei Monti Sibillini: un approccio multidisciplinare al rilevamento della fratturazione superficiale cosismica*. *Geologi Marche Periodico Ordine dei Geologi delle Marche*, n.1.

Peltzer G. & Rosen P.A. (1995). *Surface displacement of the 17 May 1993 Eureka Valley earthquake observed by SAR interferometry*. *Science*, 268, 1333–6.
<https://doi.org/10.1126/science.268.5215.1333>

Pierantoni P.P., Deiana G. & Galdenzi S. (2013). *Stratigraphic and structural features of the Sibillini Mountains (Umbria-Marche Apennines, Italy)*. *Ital. J. Geosci.*, 132(3), 497–520.
<https://doi.org/10.3301/IJG.2013.08>

Porreca M., Minelli G., Ercoli M., Brobia A., Mancinelli P., Cruciani F., Giorgetti C., Carboni F., Cavinato G., Cannata A., Mirabella F., Pauselli C. & Barchi M.R. (2018). *Seismic reflection profiles and subsurface geology of the area interested by the 2016–2017 earthquake sequence (Central Italy)*. *Tectonics*, 37(4), 1116–1137.
<https://doi.org/10.1002/2017TC004915>

Solaro G. (2021). *Analisi e monitoraggio delle deformazioni del suolo con tecniche satellitari*. *Geologicamente*, n.4.
<https://doi.org/10.3301/GM.2020.04> - ISSN 2705-0149.

Valerio E., Tizzani P., Carminati E., Doglioni C., Pepe S., Petricca P., De Luca C., Bignami C., Solaro G., Castaldo R., Novellis V. & Lanari R. (2018). *Ground deformation and source geometry of the 30 October 2016 Mw 6.5 Norcia earthquake (central Italy) investigated through seismological data, DInSAR measurements, and numerical modelling*. *Remote Sensing*, 10(12), 1901.
<https://doi.org/10.3390/rs10121901>

Villani F., Civico R., Pucci S., Pizzimenti L., Nappi R., De Martini P.M. & the Open EMERGE working group (2018). *A database of the coseismic effects following the 30 October 2016 Norcia earthquake in Central Italy*. *Scientific data*, 5(1), 1–11.
<https://doi.org/10.1038/sdata.2018.49>

DIAMANTI: *messaggeri dalla Terra profonda*

a cura di Fabrizio Nestola, Davide Novella e Martha G. Pamato

I diamanti naturali sono tra gli “oggetti” più affascinanti nelle Scienze Geologiche in quanto capaci di fornire informazioni dirette sulle più grandi profondità del nostro Pianeta; ci permettono di aprire vere e proprie “finestre” sul mantello terrestre fino ad almeno 800 km di profondità. Talvolta i diamanti presentano inclusioni mineralogiche che vengono “sfruttate” dai geologi per risalire non solo alla loro età ma anche alla composizione e alla mineralogia del mantello superiore, della zona di transizione e del mantello inferiore terrestri. Grazie ai diamanti è possibile ricostruire gran parte della geodinamica terrestre da 3.5 miliardi fino a circa 100 milioni di anni fa confermando che, attraverso l'impronta isotopica, il carbonio che li costituisce (elemento prezioso per la vita sulla Terra) è caratterizzato da un ciclo sorprendente che inizia dalla superficie e procede fino ad almeno 800 km di profondità per poi tornare nelle nostre mani sotto forma di una gemma preziosa.





Keywords

- Diamanti
- Inclusioni
- Mantello
- Carbonio

INTRODUZIONE

Per quanto le scienze geologiche abbiano svelato moltissimo di quello che conosciamo attualmente del nostro Pianeta, tuttavia, le osservazioni dirette delle zone più profonde della Terra restano e resteranno una chimera.

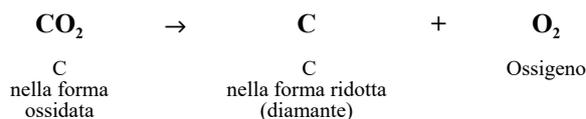
La Terra è un pianeta di cui conosciamo ancora molto poco per quanto riguarda il suo interno ed in particolare le conoscenze relativamente al mantello superiore (fino a 410 km), zona di transizione (410 - 660 km), mantello inferiore (660 - 2900 km) e nucleo (da 2900 km) sono basate esclusivamente

su osservazioni scientifiche indirette. Ma come possiamo indagare le regioni più profonde e inaccessibili della Terra? Negli ultimi decenni, la ricerca scientifica ha sviluppato esperimenti di alta pressione e temperatura in grado di simulare le condizioni che si dovrebbero incontrare a grandi profondità; allo stesso tempo, grazie alla geofisica e all'analisi della propagazione delle onde sismiche attraverso l'interno del nostro pianeta è stato possibile costruire in modo indiretto la sua struttura interna. Tali metodi indiretti si sono rivelati fondamentali per la comprensione della

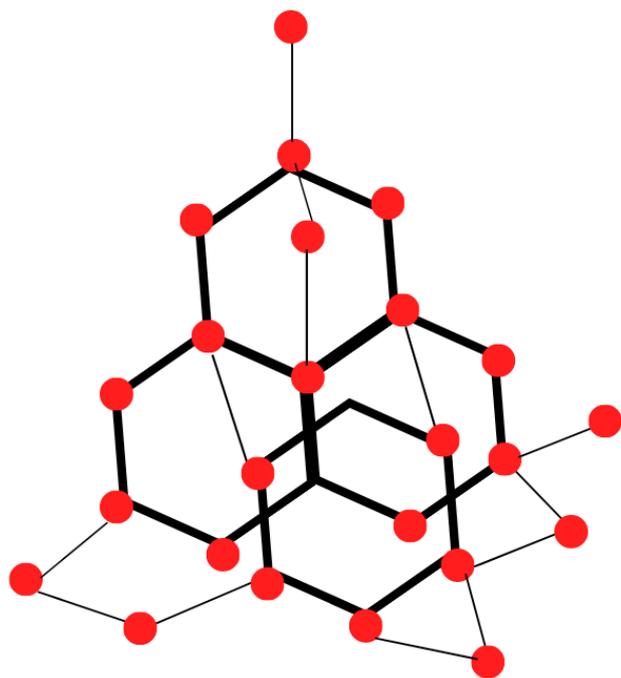
Terra profonda e del nostro pianeta nel suo complesso. Tuttavia, per comprendere appieno la formazione e la dinamica della Terra, sono necessarie analisi di campioni naturali provenienti dalle grandi profondità capaci di fornire informazioni dirette sulle proprietà fisiche e chimiche dei minerali e delle rocce che costituiscono le regioni più profonde e inaccessibili. Questo articolo descrive i campioni più profondi, e probabilmente più importanti, che si formano nelle profondità della Terra e che possono essere raccolti in superficie: i diamanti.

COME SI FORMANO I DIAMANTI NATURALI

Nella comunità delle Scienze della Terra, è comunemente accettato che i diamanti si formino da una fase fluida/fusa che contiene una certa quantità di carbonio e che interagisce con le rocce del mantello terrestre. Tale meccanismo di genesi è fortemente favorito energeticamente rispetto alla trasformazione da grafite a diamante. Inoltre, le osservazioni delle zone di crescita nei diamanti naturali supportano anche la loro formazione attraverso la cristallizzazione da un fluido/fuso. Quando questi fluidi/fusi si infiltrano nelle rocce del mantello, i diamanti precipitano a causa della riduzione del carbonio da una forma ossidata, come esemplificato dalla seguente semplice reazione:



Questa reazione indica che la formazione dei diamanti è strettamente legata allo stato di ossidazione dell'ambiente di formazione. Pertanto, nel mantello profondo e in presenza di carbonio, i diamanti si formano in condizioni prevalentemente riducenti (Frost & McCammon, 2008). I diamanti si possono rinvenire principalmente in rocce peridotitiche e in rocce eclogitiche.



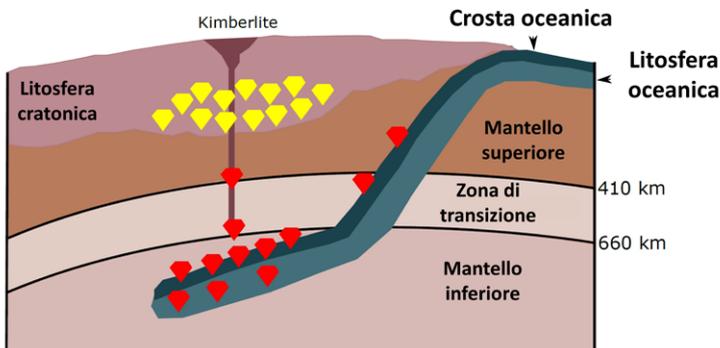


Fig. 1 - Sezione dell'interno della Terra che evidenzia la crosta, il mantello superiore, la zona di transizione e il mantello inferiore. In giallo i diamanti litosferici, in rosso i super-profondi.

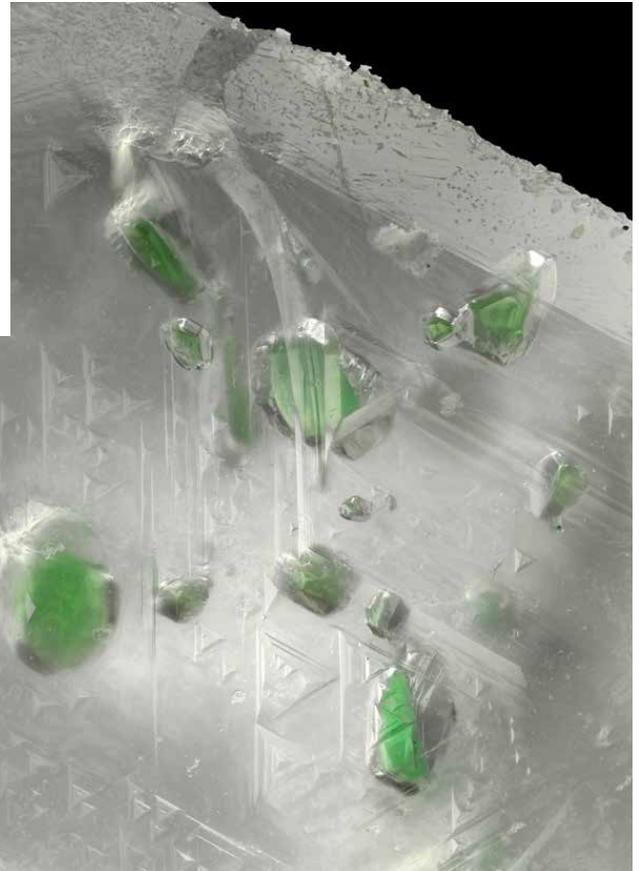


Fig. 2 - Diamante litosferico contenente inclusioni di diopside ($\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$) studiato da Pasqualetto et al. (2022). L'immagine ha larghezza di circa 1 mm (foto: Matteo Chinellato).

DIAMANTI LITOSFERICI

I diamanti litosferici rappresentano circa il 99% di tutti i diamanti studiati finora in tutti i continenti (Stachel & Harris, 2008). Si formano tra circa 120/130 e 200/220 km di profondità e sono considerati i diamanti più superficiali, poiché i cosiddetti diamanti "sublitosferici" (chiamati anche "super-profondi") hanno origini molto più profonde (**Fig. 1**). Le temperature medie di formazione dei diamanti litosferici, sia di origine peridotitica che eclogitica, sono stimate tra 1150 e 1170 °C (Stachel e Harris, 2008). Tuttavia, le condizioni T per la formazione del diamante a pressioni litosferiche possono essere comprese tra circa 900 a 1400 °C, anche se temperature superiori a 1300 °C sono molto rare per questo tipo di diamanti (Stachel & Harris, 2008).

I diamanti litosferici (monocristalli) presentano tipicamente forme geometriche (più o meno distorte) che possono andare dall'ottaedro al dodecaedro al cubo e questa caratteristica è un segno distintivo che può essere utilizzato per distinguerli dai diamanti sub-litosferici che non presentano morfologie o forme specifiche e geometriche. Tuttavia, più raramente si rinvencono diamanti cosiddetti "fibrosi" costituiti da milioni di inclusioni fluide (che rendono il diamante economicamente non sfruttabile) e diamanti policristallini denominati in diversi modi come ad esempio "carbonado" e "framesiti".

Un altro aspetto cruciale che può essere utilizzato per distinguere i diamanti litosferici da quelli sub-litosferici è il

tipo di inclusioni minerali che intrappolano al loro interno. Le inclusioni minerali tipiche e più comuni nei diamanti litosferici sono riportate di seguito insieme alla loro formula chimica (indicativa) e all'abbondanza percentuale approssimativa determinata da Stachel & Harris (2008) e, per i solfuri, Pamato et al. (2021):

- ▶ **granato** $[(\text{Mg,Fe,Ca})_3(\text{Al,Cr})_2\text{Si}_3\text{O}_{12}]$; 32%
- ▶ **olivina** $[(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4]$; 16%
- ▶ **magnesiocromite** $[(\text{Mg,Fe})(\text{Cr,Fe,Al})_2\text{O}_4]$; 16%
- ▶ solfuri [con una netta dominanza da pirrotina Fe_{1-x}S tra 80 e 90%, pentlandite $(\text{Fe,Ni})_9\text{S}_8$ tra 5 e 15% e calcopirite CuFeS_2 tra 0 e 11%]
- ▶ **clinopirosseno** $[(\text{Ca,Na,Mg,Fe,Al})_2\text{Si}_2\text{O}_6]$; 13%
- ▶ **ortopirosseno** $[(\text{Mg,Fe,Ca})_2\text{Si}_2\text{O}_6]$; 7%
- ▶ **coesite** (SiO_2); 1%
- ▶ **rutilo** (TiO_2); 1%

Diamante con inclusioni, ad esempio, di clinopirosseno è riportato in **Fig. 2**. Nei diamanti litosferici si possono trovare altre inclusioni minerali, ma la loro abbondanza è molto inferiore.

COME DETERMINARE LA TEMPERATURA E LA PRESSIONE DI FORMAZIONE DEI DIAMANTI LITOSFERICI

Tutti i processi geologici devono essere interpretati in termini di pressione (P) e temperatura (T); quali sono le T e le P tipiche della formazione del diamante? Va detto chiaramente che, al momento, non esistono metodi in grado di determinare T e P della formazione di un diamante privo di inclusioni. È evidente che l'unico modo affidabile per ottenere P e T di formazione del diamante è quello di applicare alle inclusioni nei diamanti i metodi geotermobarometrici che vengono abitualmente utilizzati sulle rocce di mantello. In modo molto semplificato, questi metodi mettono in relazione le composizioni chimiche dei minerali con pressione e temperatura di

formazione; si rimanda a Nimis (2022) per una descrizione approfondita di tutti i geotermobarometri comunemente utilizzati in letteratura e applicati ai diamanti. Alcuni di essi possono essere qui di seguito elencati:

- ▶ geotermometri a due fasi: clinopirosseno/ortopirosseno; scambio Fe-Mg tra granato e olivina o tra clinopirosseno e ortopirosseno;
- ▶ geotermometri monomineralici: Ca nell'ortopirosseno; Ni nel granato; Mn nel granato; Al nell'olivina; Zn nella magnesiocromite;
- ▶ geobarometri a due fasi: ortopirosseno/granato; clinopirosseno/granato;

- ▶ geobarometri monomineralici: Cr nel clinopirosseno; Cr nel granato.

Oltre ai classici metodi appena descritti, è importante ricordare che recentemente si stanno applicando nuovi approcci che vanno a costituire la cosiddetta "geobarometria elastica" che può essere applicata in linea di principio a tutte le fasi mineralogiche rinvenute nei diamanti. Per l'applicazione del metodo e per una conoscenza più approfondita della teoria alla base di questo approccio si rimanda il lettore ad Angel et al. (2022).

I DIAMANTI SUPER PROFONDI



Fig. 3 - Tipici diamanti super-profondi con evidenti inclusioni di varia natura (foto: Evan M. Smith).

I diamanti sub-litosferici, noti anche come "diamanti super-profondi", sono quelli formati a profondità maggiori rispetto ai diamanti litosferici (Pearson et al., 2014). Si tratta di diamanti molto particolari che si ritiene siano cristallizzati a profondità comprese tra ~300 e 1000 km, e quindi sono di gran lunga gli esemplari più profondi sulla Terra che possono arrivare a campionare addirittura il mantello inferiore. Sulla base di Stachel & Harris (2008), sembra plausibile che i diamanti super-profondi non siano più abbondanti dell'1% dell'intera popolazione di diamanti studiata finora.

Al di là delle differenze di profondità e rarità, ulteriori osservazioni che caratterizzano i diamanti super-profondi, rispetto a quelli litosferici, sono certamente la totale assenza di forme geometriche ben definite e le inclusioni minerali molto particolari. Le inclusioni minerali nei diamanti super-profondi (tipici diamanti super-profondi con inclusioni evidenti sono mostrati in Fig. 3) sono molto diverse rispetto a quelle presenti nei diamanti litosferici.

L'inclusione più abbondante è il ferropiriclasio, un ossido a simmetria cubica con formula chimica $(Mg,Fe)O$, chiamato magnesiowustite quando il Fe prevale sul Mg. In particolare, il termine "ferropiriclasio" ampiamente utilizzato in letteratura in realtà non è un nome mineralogico valido per l'Associazione Mineralogica Internazionale, che riporta invece il nome corretto "piriclasio" per composizioni comprese tra MgO e $(\sim Mg_{0,51}Fe_{0,49})O$ e "wustite" per composizioni comprese tra FeO e $(\sim Fe_{0,51}Mg_{0,49})O$. Il ferropiriclasio non è mai presente nei diamanti litosferici e quindi può essere considerato un chiaro indicatore di "origine super-profonda". Molto spesso questo minerale viene identificato solo attraverso la microscopia ottica, poiché mostra un'iridescenza molto tipica (Fig. 4). Sebbene il ferropiriclasio sia un chiaro indicatore di origine super-profonda, tale fase può essere stabile in un intervallo molto ampio di condizioni P e T e quindi, se trovato come singola inclusione in un diamante, non può fornire una

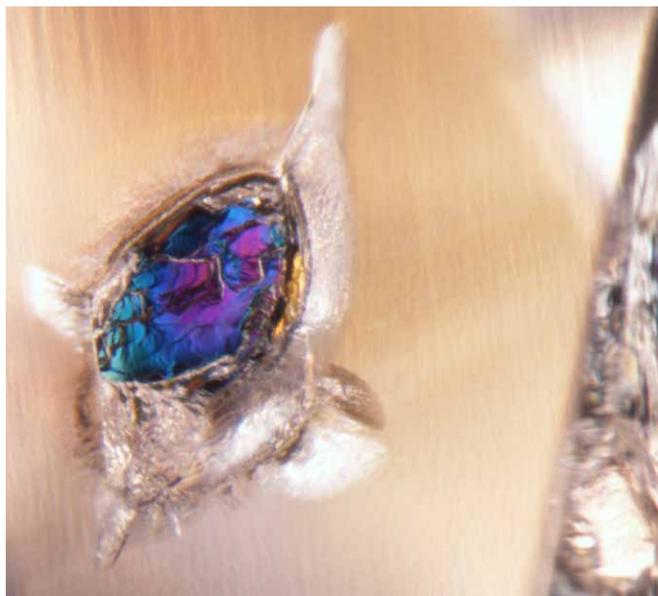


Fig. 4 - Inclusione di ferropericlasio con la sua tipica colorazione iridescente in un diamante super-profondo. L'immagine ha larghezza di circa 1.0 mm (foto: Evan M. Smith).

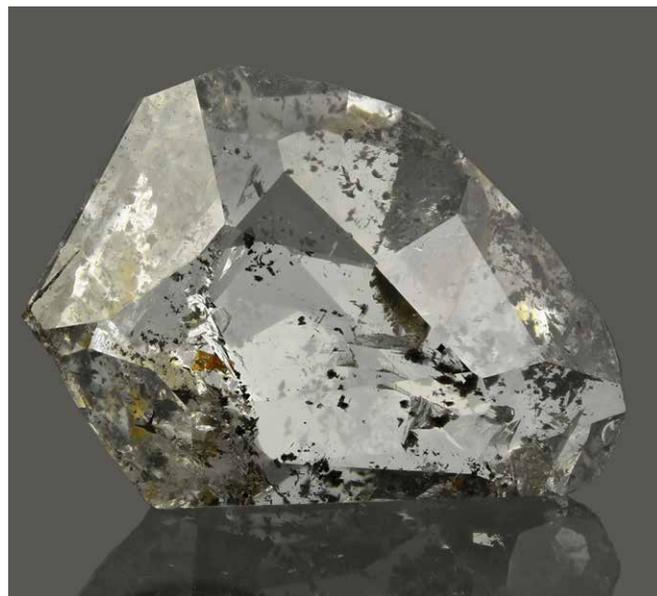


Fig. 5 - Diamante super-profondo studiato in Lorenzon et al. (2022) contenente il secondo ritrovamento di ringwoodite (Mg_2SiO_4). L'immagine ha larghezza di circa 1.2 cm (foto: Matteo Chinellato).

profondità esatta della formazione del diamante (a meno che non si applichi la geobarometria elastica menzionata sopra).

La seconda inclusione più abbondante nei diamanti super-profondi è la breyite, $CaSiO_3$ (Brenker et al., 2021). La breyite è un minerale triclinico e un polimorfo della più comune wollastonite. Al momento, la breyite naturale è stata trovata solo in diamanti super-profondi e quindi può essere considerata un *marker* importante dell'origine super-profonda del diamante. Negli esperimenti ad alta pressione e ad alta temperatura, la breyite è il polimorfo stabile di $CaSiO_3$ tra 3 e 10 GPa e 1000-1500 °C. Tuttavia, la breyite si trova spesso in contatto con larnite (Ca_2SiO_4) e/o $CaSi_2O_5$ (con struttura tipo titanite) o con entrambe. La simultanea presenza delle tre fasi in contatto indica una pressione di formazione di circa 10 GPa (corrispondente a ~300 km di profondità).

La breyite potrebbe anche essere considerata come la retrotrasformazione del polimorfo $CaSiO_3$ a più alta pressione con struttura perovskite stabile tra la zona di transizione e il mantello inferiore (Brenker et al., 2021). Ad oggi, solo due articoli hanno riportato un $CaSiO_3$ naturale con struttura perovskite (struttura tetragonale: Nestola et al., 2018, davemaolite con struttura cubica: Tschauner et al., 2021).

Un altro minerale indicatore molto importante dei diamanti super-profondi è la jeffbenite (Nestola et al., 2016). La jeffbenite ha la composizione di un granato che varia tra il piroppo $Mg_3Al_2Si_3O_{12}$ e l'almandino $Fe_3Al_2Si_3O_{12}$ ma la sua simmetria non è cubica, come il granato, bensì tetragonale.

Un lavoro molto recente, tuttavia, indica che nonostante la jeffbenite si rinvenga solo in diamanti super-profondi, la sua stabilità è limitata a soli 2-3 GPa e 700-800°C (Nestola et al., 2023b); questo potrebbe essere spiegato solo ammettendo che tale fase è un prodotto di retro-trasformazione durante la risalita del diamante in superficie.

Un caso particolare è la presenza di inclusioni di enstatite [$(Mg,Fe)SiO_3$] nei diamanti super-profondi. In realtà,

l'enstatite è un pirosseno stabile nel mantello superiore e solitamente a profondità non superiori a circa 200-220 km. Tuttavia, quando l'enstatite si trova in associazione con il ferropericlasio in diamanti super-profondi, tale associazione è considerata la tipica paragenesi del mantello inferiore, con l'enstatite interpretata come fase di retro-trasformazione dalla bridgmanite (polimorfo dell'enstatite ma con struttura perovskite), il minerale più abbondante del nostro Pianeta. Infatti, gli esperimenti di laboratorio condotti a pressioni superiori a 22-23 GPa con composizioni rappresentative del mantello inferiore forniscono sempre come prodotti di sintesi bridgmanite + ferropericlasio (Frost, 2008).

Un'altra inclusione estremamente importante nel diamante super-profondo è il granato majoritico. Il granato majoritico è caratterizzato da un eccesso di Si rispetto al granato "standard". L'eccesso di Si, insieme ad altri elementi come il Na, aumenta in funzione della pressione. I granati majoritici sono stabili in un'ampia regione di pressione e temperatura e si trovano nell'intera zona di transizione (tra 410 e 660 km di profondità) e nelle regioni più superficiali del mantello inferiore. I granati majoritici sono inclusioni cruciali in quanto la loro composizione può essere utilizzata al fine di ottenere la profondità di formazione dei diamanti super-profondi (Thomson et al., 2021).

Anche se estremamente rara, un'inclusione molto importante che merita di essere menzionata è la ringwoodite. Questo minerale è il polimorfo ad alta pressione dell'olivina ed è stabile tra circa 525 e 660 km di profondità all'interno della zona di transizione (Ringwood, 1991). La scoperta dell'1,4% di H_2O nella sua struttura cristallina (Pearson et al., 2014) indicherebbe che la zona di transizione potrebbe contenere fino a tre volte l'acqua dell'Oceano Pacifico. In **Fig. 5** viene riportato un diamante super-profondo contenente un'inclusione di ringwoodite (Lorenzon et al., 2022).

COME DETERMINARE LA TEMPERATURA E LA PRESSIONE DI FORMAZIONE DEI DIAMANTI SUPER-PROFONDI

I metodi geobarometrici più utilizzati per i diamanti super-profondi sono i seguenti:

- ▶ stabilità dei minerali. La conoscenza dei campi di stabilità di alcune inclusioni minerali presenti nei diamanti super-profondi può vincolare il campo di stabilità P-T del diamante. Ad esempio, la presenza di ringwoodite (vedi sopra) in un diamante vincola chiaramente la profondità di formazione tra 525 e 660 km. Diversamente, la breyite, ad esempio, qualora non sia il prodotto di trasformazione di bassa pressione della CaSiO_3 perovskite, non può essere stabile a profondità superiori a circa 300 km. Invece, l'associazione breyite + larnite, o breyite + CaSi_2O_5 -titanite o breyite

+ larnite + CaSi_2O_5 -titanite o larnite + CaSi_2O_5 -titanite vincolerebbe la profondità di formazione dell'ospite diamante a 300 km in modo piuttosto preciso. Inoltre, l'associazione ferropericlasio + enstatite (con quest'ultima caratterizzata da un basso contenuto di NiO) indica profondità comparabili al mantello inferiore; una jeffbenite ricca di Ti (ad esempio, $\text{TiO}_2 \sim 4-7 \text{ wt}\%$) indica un campo di stabilità compreso tra circa 10-13 GPa a 1500 °C (300 - 450 km di profondità), mentre jeffbenite senza TiO_2 e ricche in Mg si formano a pressioni molto inferiori.

- ▶ Inclusioni di granato majoritico. L'eccesso di Si nei granati majoritici (> 3 per unità di formula) aumenta

con l'aumentare della pressione (in realtà tale tendenza appare evidente anche per Ti e Na) e tale trend è stato recentemente calibrato in modo molto affidabile da Thomson et al. (2021).

- ▶ Geobarometria plasto-elastica. Anzolini et al. (2019) hanno cercato di sviluppare un nuovo approccio alle singole inclusioni di ferropericlasio nei diamanti super-profondi indicato come geobarometria elasto-plastica per differenziarsi dalla geobarometria puramente elastica (nei diamanti super-profondi è infatti necessario applicare modelli che possano in qualche modo tenere conto delle deformazioni plastiche che in questi diamanti è spesso presente).

ETÀ DEI DIAMANTI

L'età assoluta dei diamanti può essere determinata datando le inclusioni al suo interno mediante la datazione radiometrica, che utilizza i cosiddetti elementi "a lunga vita" a decadimento radioattivo come l'uranio (U), il samario (Sm), il renio (Re) e il rubidio (Rb). I principali sistemi di decadimento isotopico che sono stati applicati alla datazione dei diamanti sono: rubidio-stronzio (Rb-Sr), samario-neodimio (Sm-Nd) nel granato e nel clinopirosseno, argon-argon (Ar-Ar) nei clinopirosseni, piombo-piombo (Pb-Pb) e renio-osmio (Re-Os) nei solfuri. Un'importante review sulla datazione dei diamanti è riportata da Smit et al. (2022) ai quali si rimanda per una lettura molto più approfondita.

Grazie agli attuali progressi analitici, è ora possibile misurare Sm, Nd, Rb e Sr in singole inclusioni di granato e clinopirosseno (Gress et al., 2021). È importante sottolineare che la maggior parte degli studi di datazione esistenti è stata condotta sulle inclusioni minerali nei diamanti litosferici. Infatti, la datazione dei diamanti super-profondi è ancora agli inizi perché le inclusioni con Sm-Nd, U-Pb o Re-Os sufficienti sono molto rare e spesso di dimensioni troppo limitate. Ad oggi, sono state ottenute solo quattro età (una Re-Os, una Sm-Nd e due U-Pb) su diamanti super-profondi (Smit et al., 2022) e queste indicherebbero che i diamanti più profondi sono più giovani dei diamanti litosferici.

Più in dettaglio, gli studi isotopici sulle inclusioni hanno rivelato che i diamanti si sono formati in un ampio intervallo di tempo, coprendo la maggior parte della storia della Terra, con i diamanti più antichi conosciuti che sono i diamanti Ekati e Diavik di 3.5 – 3.3 Ga (Slave craton, Canada). Per

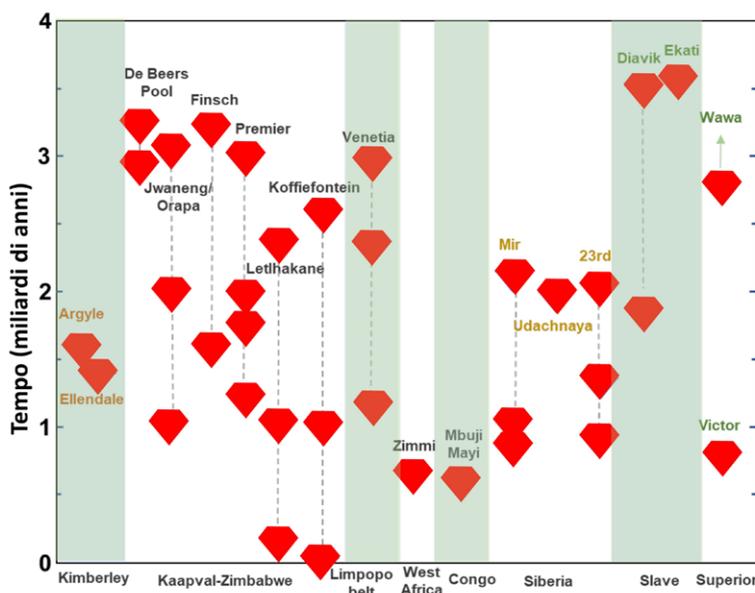


Fig. 6 - Età dei diamanti provenienti da località di tutto il mondo, in particolare Australia, Africa, Russia e Canada (per maggiori dettagli si rimanda a Smit et al., 2022 e Howell et al., 2020).

una compilazione della distribuzione mondiale delle età dei diamanti, riportata in Fig. 6, si vedano i recenti lavori di Howell et al. (2020) e Smit et al. (2022).

Combinando i dati geochemici con l'età, la diversa profondità, la paragenesi e la località di origine dei diamanti è possibile stabilire non solo l'evoluzione del ciclo del carbonio della Terra ma la storia geodinamica e di evoluzione della Terra stessa almeno durante gli ultimi 3.5 miliardi di anni. Lo studio dei diamanti naturali risulta così un potentissimo mezzo per comprendere il nostro Pianeta e come questo sia evoluto nel tempo.

BIBLIOGRAFIA

Angel R.J., Alvaro M. & Nestola F. (2022). *Crystallographic methods for non-destructive characterization of mineral inclusions in diamonds*. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 88 (1), 257-306.
<https://doi.org/10.2138/rmg.2022.88.05>

Anzolini C., Nestola F., Mazzucchelli M.L., Alvaro M., Nimis P., Gianese A., Morganti S., Marone F., Campione M., Hutchison M.T. & Harris J.W. (2019). *Depth of diamond formation obtained from single periclase inclusions*. *Geology*, 47(3), 219-222.
<https://doi.org/10.1130/G45605.1>

Brenker F.E., Nestola F., Brenker L., Peruzzo L. & Harris J.W. (2021). *Origin, properties, and structure of breyite: The second most abundant mineral inclusion in super-deep diamonds*. *American Mineralogist*, 106(1), 38-43.
<https://doi.org/10.2138/am-2020-7513>

Frost D.J. (2008). *The Upper Mantle and Transition Zone*. *Elements* 4(3), 171-176.
<https://doi.org/10.2113/GSELEMENTS.4.3.171>

Frost D.J. & McCammon C.A. (2008). *The Redox State of earth's mantle*. *Annual Review of Earth Planetary Sciences*, 36, 389-420.
<https://doi.org/10.1146/annurev.earth.36.031207.124322>

Gress M.U., Timmerman S., Chinn I.L., Koornneef J.M., Thomassot E., van der Valk E.A.S., van Zuilen K., Bouden N. & Davies G.R. (2021). *Two billion years of episodic and simultaneous websteritic and eclogitic diamond formation beneath the Orapa kimberlite cluster, Botswana*. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 176(7), 54.
<https://doi.org/10.1007/s00410-021-01802-8>

Howell D., Stachel T., Stern R.A., Pearson D.G., Nestola F., Hardman M.F., Harris J.W., Jaques A.L., Shirey S.B., Cartigny P., Smit K.V., Aulbach S., Brenker F.E., Jacob D.E., Thomassot E., Walter M.J. & Navon O. (2020). *Deep carbon through time: Earth's diamond record and its implications for carbon cycling and fluid speciation in the mantle*. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 275, 99-122.
<https://doi.org/10.1016/j.gca.2020.02.011>

Lorenzon S., Novella D., Nimis P., Jacobsen S.D., Thomassot E., Pamato M.G., Prosperi L., Lorenzetti S., Alvaro M., Brenker F.E., Salvadego F. & Nestola F. (2022). *Ringwoodite and zirconia inclusions indicate downward travel of super-deep diamond*. *Geology*, 50(9), 996-1000.
<https://doi.org/10.1130/G50111.1>

Nestola F., Prencipe M. & Belmonte D. (2023). *Mg₃Al₂Si₃O₁₂ jeffbenite inclusion in super-deep diamonds is thermodynamically stable at very shallow Earth's depths*. *Scientific Reports* 13(1), 83.
<https://doi.org/10.1038/s41598-022-27290-9>

Nestola F., Burnham A.D., Peruzzo L., Tauro L., Alvaro M., Walter M.J., Gunter M., Anzolini C. & Kohn S.C. (2016). *Tetragonal Almandine-Pyrope Phase, TAPP: finally a name for it, the new mineral jeffbenite*. *Mineralogical Magazine*, 80(7), 1219-1232.
<https://doi.org/10.1180/minmag.2016.080.059>

Nestola F., Korolev N., Kopylova M., Rotiroti N., Pearson D.G., Pamato M.G., Alvaro M., Peruzzo L., Gurney J.J., Moore A.E. & Davidson J. (2018). *CaSiO₃ perovskite in diamond indicates the recycling of oceanic crust into the lower mantle*. *Nature*, 555, 237-241.
<https://doi.org/10.1038/nature25972>

Nimis P. (2022). *Pressure and temperature data for diamonds*. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 88(1), 533-566.
<https://doi.org/10.2138/rmg.2022.88.10>

Nimis P., Alvaro M., Nestola F., Angel R.J., Marquardt K., Rustioni G., Harris J.W. & Marone F. (2016). *First evidence of hydrous silicic fluid films around solid inclusions in gem-quality diamonds*. *Lithos*, 260, 384-389.
<https://doi.org/10.1016/j.lithos.2016.05.019>

Pamato M.G., Novella D., Jacob D.E., Oliveira B., Pearson D.G., Greene S., Afonso J.C., Favero M., Stachel T., Alvaro M. & Nestola F. (2021). *Protonogenic sulfide inclusions in diamonds date the diamond formation event using Re-Os isotopes*. *Geology*, 49(8), 941-945.
<https://doi.org/10.1130/G48651.1>

Pasqualetto L., Nestola F., Jacob D.E., Pamato M.G., Oliveira B., Perritt S., Chinn I., Nimis P., Milani S. & Harris J.W. (2022). *Clinopyroxene inclusions in diamonds may not always tell us the diamond age*. *Geology*, 50(9), 1038-1042.
<https://doi.org/10.1130/G50273.1>

Pearson D.G., Brenker F.E., Nestola F., McNeill J., Nasdala L., Hutchison M.T., Matveev S., Mather K., Silversmit G., Schmitz S., Vekemans B. & Vincze L. (2014). *Hydrous mantle transition zone indicated by ringwoodite included within diamond*. *Nature*, 507, 221-224.
<https://doi.org/10.1038/nature13080>

Ringwood A.E. (1991). *Phase transformations and their bearing on the constitution and dynamics of the mantle*. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 55 (8), 2083-2110.
[https://doi.org/10.1016/0016-7037\(91\)90090-R](https://doi.org/10.1016/0016-7037(91)90090-R)

Smit K.V., Timmerman S., Aulbach S., Shirey S.B., Pearson D.G., Richardson S.H. & Phillips D. (2022). *Geochronology of Diamond*. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 88(1), 567-636.
<https://doi.org/10.2138/rmg.2022.88.11>

Stachel T. & Harris J.W. (2008). *The origin of cratonic diamonds - Constraints from mineral inclusions*. *Ore Geology Reviews*, 34 (1-2), 5-32.
<https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2007.05.002>

Thomson A.R., Kohn S.C., Prabhu A. & Walter M.J. (2021). *Evaluating the formation pressure of diamond-hosted majoritic garnets: a machine learning majorite barometer*. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 126(3), e2020JB020604.
<https://doi.org/10.1029/2020JB020604>

Tschauner O., Huang S., Yang S., Humayun M., Liu W., Gilbert Corder S.N., Bechtel H.A., Tischler J. & Rossman G.R. (2021). *Discovery of davemaoite, CaSiO₃-perovskite, as a mineral from the lower mantle*. *Science*, 374(6569), 891-894.
<https://doi.org/10.1126/science.abi8568>

SPUNTI PER LA DIDATTICA

Susanna Occhipinti

La lettura dell'articolo da parte del docente, senza necessariamente soffermarsi su termini tecnici che meriterebbero approfondimenti per i non-specialisti e possono nel complesso risultare scarsamente utilizzabili nell'insegnamento, può comunque fornire interessanti *Spunti per la didattica* se considerata "trasversalmente" approfondendo cioè aspetti riguardanti la mineralogia, la geochimica, la geologia strutturale e collegandosi, come sempre, ad altri temi, sociali e storici. Merita una breve precisazione, anche in considerazione di semplificazioni in atto in molti libri di testo, un accenno alla struttura interna della Terra, utile anche per la comprensione di alcuni riferimenti nel testo.

La conoscenza dell'interno della terra, a cui, come riporta l'articolo, hanno contribuito anche i diamanti, ha richiesto studi diretti, quali osservazioni delle rocce della crosta continentale; di rocce provenienti dalla crosta oceanica, che orogenesi hanno portato in superficie come e ofioliti o rocce del mantello, lave basaltiche di origine molto profonda, o anche inclusi strappati dalle parti inferiori di condotti vulcanici, detti xenoliti, di composizione peridotitica.

Principalmente sono stati utilizzati metodi indiretti, come lo studio delle onde sismiche a permettere di dividere la Terra in base a:

Criteria chimico-mineralogici:

La composizione dei diversi strati che costituiscono la Terra ha permesso di distinguere:

la crosta continentale, dove sono presenti tutti i tipi di rocce, sedimentarie, magmatiche plutoniche o vulcaniche, metamorfiche e oceanica, con presenza, quasi uniforme ovunque, di basalti e gabbri. **Il mantello superiore ed inferiore**, distinzione basata sulla temperatura, costituiti principalmente da rocce silicatiche ricche di ferro e magnesio; il minerale più abbondante è l'olivina, che progressivamente si trasforma in spinello e in perovskite, distinzione che caratterizza i diversi livelli.

il nucleo esterno, costituito da ferro e da altri elementi più leggeri, zolfo, ossigeno, silicio e idrogeno.

e interno, una sfera solida costituita da ferro e da quantità minori di nichel.

www.youtube.com/watch?v=wmGyFL3TOiE

Proprietà fisiche:

I materiali che compongono la Terra possono essere suddivisi in strati per le loro proprietà reologiche, cioè a loro modo di rispondere e deformarsi alle sollecitazioni meccaniche.

Criteria chimico- mineralogici	Stato fisico dei materiali
Crosta	Litosfera
Mantello superiore	Astenosfera
Zona di transizione	Mesosfera
Mantello inferiore	
Nucleo esterno	Nucleo esterno
Nucleo interno	Nucleo interno

In base alle proprietà di scorrimento, i materiali ad un estremo si deformano in modo elastico in fase solida, all'altro fluiscono come liquidi e gas. I materiali che hanno un comportamento fragile, se raggiungono il limite elastico, si fratturano facilmente. Se invece sono duttili allora possono deformarsi senza fratturarsi. Sulla base delle informazioni ricavate dalla velocità delle onde sismiche, delle temperature e delle proprietà dei materiali, è stato possibile distinguere **litosfera, astenosfera e mesosfera e nucleo**.

Storie di diamanti

La parola diamante deriva dal greco "adamas", indomabile. Già nel I secolo d.C., nella *Naturalis Historia* di Plinio il Vecchio, il diamante viene considerato la pietra più preziosa e più dura, ma già nel 3.000 a.c. diamanti erano stati trovati in India nei depositi alluvionali del fiume Krishna. In Occidente compare dopo le spedizioni di Alessandro Magno; i Romani lo utilizzavano come strumento per le incisioni. A questa pietra venivano attribuiti poteri magici: neutralizzare i veleni, rinsavire i pazzi e scacciare gli incubi, dominare le bestie feroci, tenere distante il demonio e rigenerare le energie del suo proprietario. L'arte del taglio dei diamanti è nata in Italia, nel XIV secolo, da mastri fiorentini, veneziani e genovesi: è a questo periodo che, infatti, risalgono le prime pietre documentate e anche la tecnica di taglio con la polvere di diamante. Fino al XVIII secolo i diamanti provenivano dal Borneo e dall'India, dove, Jean Baptiste Tavernier, esploratore e viaggiatore al servizio del Re Sole, scoprì la miniera di Golconda, nella costa ovest dell'India e dove fu trovato il Koh-I-Noor, il celebre diamante del Gran Moghul. Le grandi Repubbliche Marinare di Venezia e Genova furono le storiche grandi importatrici delle miniere di Golconda. Nel 1725 furono trovati diamanti in Brasile e nel 1867 in Sudafrica, quando una bambina di una famiglia di contadini scoprì il primo diamante, l'Eureka. In seguito, si scoprì l'esistenza dei camini diamantiferi di Kimberley. Attualmente forniscono gemme di grande qualità Botswana, Russia, Angola, Canada, Congo, Brasile. Le quattro C del diamante:

CUT: La forma più comune è quella a brillante, con 57 faccette.

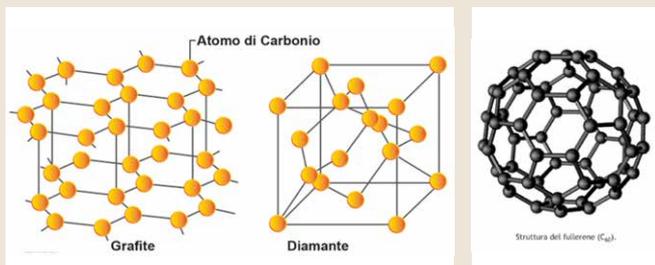
CLARITY: È raro che esistano diamanti grezzi senza difetti. I difetti più comuni sono le inclusioni.

COLOUR: La classificazione va dalla D (per le pietre con colore eccezionale) alla Z. Le gemme più perfette sono quelle definite "senza colore"; macchie di carbonio possono infatti rendere i diamanti neri, l'azoto gialli, il boro, blu.

CARAT: Un carato equivale a 0,2 grammi. Era il peso del seme di carrubo, in arabo qirat, che veniva usato per pesare i diamanti nell'antica India.

La struttura cristallina e l'allotropia-Diamante, Carbonio e Fullerene

Nel diamante il carbonio è disposto secondo la forma geometrica dell'ottaedro e tutti gli elettroni sono impiegati nel formare dei legami, mentre nella grafite gli atomi di carbonio sono disposti in strati di anelli esagonali e NON tutti gli elettroni formano lo stesso tipo di legame: una coppia di elettroni forma un debole legame in direzione perpendicolare agli strati reticolari, giustificando la facilità con cui la grafite si sfalda.



Una terza forma allotropica del carbonio è rappresentata dai Fullerene, una classe di composti con struttura poliedrico-sferoidale con un numero di atomi di Carbonio compresi tra 32 e 90 costituiscono. Nel 1985, i chimici Kroto, Smalley e Curl sintetizzarono un aggregato di 60 atomi di carbonio caratterizzato da una elevata stabilità. I Fullerene assumono la forma di un icosaedro troncato, le cui facce sono esagoni e pentagoni: sono chiamati così per la somiglianza della loro struttura molecolare con le cupole geodetiche dell'architetto statunitense R.B Fuller. Il fullerene viene usato in ambito medico, perché alcuni derivati del fullerene sono biologicamente attivi e sono stati usati per combattere il cancro; come lubrificante, per la loro forma sferoidale, e nell'elettronica, perché aggiungendo al C60 3 atomi di un metallo alcalino, a temperatura abbastanza alta, questo diventa un superconduttore.

Recentemente sono stati trovati anche nello spazio dal Telescopio spaziale *Spitzer*, della NASA

Bloody diamonds

In Sierra Leone, una delle nazioni più povere al mondo, classificata tra le ultime secondo l'*Human Development Index* (HDI) delle Nazioni Unite si trovano diamanti di alto valore per le particolari luce e colore. In una terra afflitta da condizioni di povertà estrema, la scoperta dei diamanti avrebbe dovuto portare una grande fortuna, ma dal 1991 al 2001 una guerra civile che visto le forze governative combattere contro il Fronte Unito Rivoluzionario, che nell'aprile del 1998 attaccarono il distretto di Kono, il più grande produttore di diamanti del paese: con lo scopo di ottenere il controllo delle zone ricche di giacimenti. Durante la guerra circa 75.000 civili persero la vita e, nonostante il conflitto sia terminato nel 2002, il commercio di diamanti illegali continua. Nello stesso periodo altri paesi dell'Africa Sub-Sahariana ricchi di giacimenti quali l'Angola, la Repubblica Democratica del Congo, la Costa d'Avorio e la Liberia furono coinvolti in guerre civili legate alla vendita illegale dei diamanti: morirono più di quattro milioni di persone.

Il sistema di commercio dei diamanti si fonda su una strategia di *marketing* che permette di mantenere sempre un alto prezzo di mercato. Negli anni '90 il 21% della produzione totale di diamanti veniva venduto per scopi illegali e il 19% per la compravendita delle armi: le compagnie che detengono all'incirca il 70% del mercato estrattivo mondiale, De Beers, Alrosa e Rio Tinto Group, furono coinvolte nello scandalo dei blood diamonds, utilizzati per finanziare le numerose guerre civili nei paesi dell'Africa Sub-Sahariana. Nel 2000 fu promosso il Kimberley Process Certification Scheme, un accordo per la certificazione dei diamanti, rendendo trasparente la provenienza geografica e la tracciabilità della filiera.

Meriterebbero approfondimenti anche

il ruolo del *dirty gold*

https://link.springer.com/chapter/10.1007/8165_2018_4

E come la Russia continua ad esportare i diamanti

www.startmag.it/economia/ecco-come-la-russia-di-putin-continua-beatamente-a-esportare-diamanti/

Il diamante nell'anello di fidanzamento divenne una tradizione nel 1477, quando l'Arciduca Massimiliano D'Austria donò un anello con diamanti a Maria di Borgogna, ma la famosa frase "Un diamante è per sempre" è stata creata da un *copywriter* nel 1947 per una campagna pubblicitaria della De Beers, per rendere i diamanti un simbolo di impegno e di amore eterno. Nella letteratura, seria o meno impegnata, nel cinema e nella musica, i diamanti sono spesso presenti, da *Titanic* a *Blood diamonds*, a "Lucy in the sky with diamonds", dei Beatles (1967): a questa canzone si deve il nome dell'*Australopithecus afarensis*, scoperto in Etiopia nel 1974 da Johanson e M.Leakey.



MASSENZA
DRILLING RIGS

100 YEARS
SINCE 1921
MADE IN ITALY

Impianti di perforazione
dal 1961



Mi4 per:

Pozzi d'acqua
Geotecnica
Geotermia



Personalizzazioni:

Martello idraulico
Pompe acqua e fango
Prolunga antenna
Radiocomando
Sistema di lavaggio incluso
Argano wire line







RISCALDAMENTO GLOBALE ED ESTINZIONI: *lezioni dal Giurassico Inferiore*

a cura di **Silvia Danise, Sam M. Slater, Vivi Vajda e Richard J. Twitchett**

La Terra durante il suo passato geologico ha subito eventi, brevi ma intensi, di riscaldamento globale. Nonostante la scala temporale di tali eventi sia molto diversa dal riscaldamento attualmente in atto, il loro studio ci può fornire importanti informazioni su come gli ecosistemi abbiano risposto e si siano adattati a rapidi aumenti delle temperature. Dopo un'introduzione sui maggiori eventi ipertermali del passato e le variazioni climatico-ambientali ad essi associati, ci soffermeremo sull'evento ipertermale del Toarciano inferiore (~ 183 milioni di anni fa). Ricostruiremo i cambiamenti degli ecosistemi marini (plancton e bentos) e terrestri (vegetazione) prima, durante e dopo la fase di riscaldamento globale nel *Cleveland Basin* (Regno Unito). Infine, descriveremo la scoperta di peculiari impronte, lasciate dal nannoplancton calcareo, che mette in luce quanto questi produttori primari siano stati più resistenti di quanto prima ipotizzato ad eventi estremi di riscaldamento.



Silvia Danise

Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Firenze, Firenze.
NBFC, National Biodiversity Future Center, Palermo.

Sam M. Slater

Department of Palaeobiology, Swedish Museum of Natural History, Stoccolma, Svezia.

Richard J. Twitchett

Department of Earth Sciences, The Natural History Museum, Londra, Regno Unito.

Vivi Vajda

Department of Palaeobiology, Swedish Museum of Natural History, Stoccolma, Svezia.

Keywords

- ▶ Ipertermali
- ▶ Giurassico
- ▶ Toarciano
- ▶ Fossili
- ▶ Cocoliti
- ▶ Tafonomia

EVENTI IPERtermALI NEL PASSATO GEOLOGICO

Durante il suo passato geologico la Terra ha subito profonde variazioni di temperatura, passando attraverso lunghi intervalli di tempo, detti *greenhouse*, in cui il clima era più caldo dell'attuale e non erano presenti poli ghiacciati e intervalli di tempo più freddi, detti *icehouse*, caratterizzati dalla presenza di uno o due poli permanentemente ghiacciati. La Terra si trova attualmente in un intervallo di *icehouse* iniziato circa 50 milioni di anni fa (Fig. 1). All'interno di questi cicli climatici di lunga durata sono stati osservati eventi più rapidi, rapidi da un punto di vista geologico, di riscaldamento globale. Tali eventi sono chiamati eventi ipertermali, e si sono verificati prevalentemente durante intervalli *greenhouse* (Fig. 1). I principali eventi ipertermali sono elencati nella Tab. 1. È opportuno sottolineare come ognuno di questi eventi sia unico, come si può notare facilmente osservandone la diversa durata (da poche centinaia di anni per il PETM - (*Paleocene-Eocene Thermal Maximum*) -, a qualche milione per l'evento di fine Permiano) e le diverse stime che si hanno sull'entità del surriscaldamento. Bisogna anche aggiungere che molte sono ancora le ricerche da fare per comprendere meglio questi eventi nelle loro complessità, e molte le domande ancora aperte. Nonostante questo, le conoscenze a disposizione ci permettono di metterne in luce alcune caratteristiche comuni. Il riscaldamento climatico viene comunemente legato ad un aumento della concentrazione di gas serra nell'atmosfera provocato da cause naturali, quali un intensificarsi dell'attività magmatica, sia intrusiva che

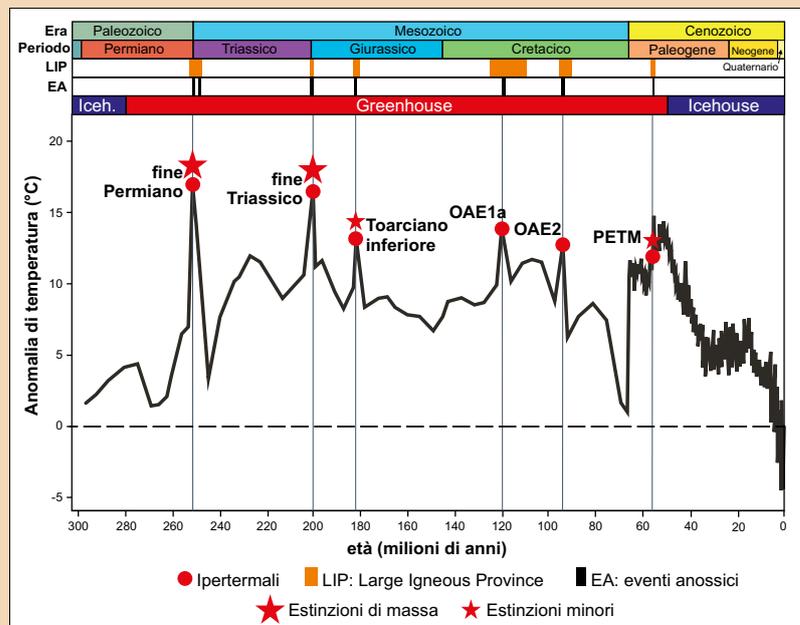


Fig. 1 - Principali eventi ipertermali dal Permiano all'attuale. La curva rappresenta la differenza di temperatura rispetto ai valori pre-industriali (1850-1900). PETM: *Paleocene-Eocene Thermal Maximum*. OAE: *Oceanic Anoxic Event*. Modificato da Kiessling et al., (2023).

effusiva. Questo è testimoniato dalla presenza nel *record* geologico di grossi corpi magmatici, detti *Large Igneous Province* o LIP, in concomitanza con gli eventi ipertermali (Fig. 1). In molti casi, il riscaldamento provocò effetti a catena che amplificarono la concentrazione di gas serra in atmosfera, come ad esempio lo scioglimento di *permafrost* presente alle alte latitudini o la dissociazione di idrati di metano intrappolati nei sedimenti marini (Foster et al., 2018). Il rapido aumento delle temperature portò ad una perturbazione degli equilibri bio-geochimici sia sulla terraferma che negli oceani (Jenkyns et al., 2010). L'espansione delle fasce climatiche tropicali verso latitudini maggiori produsse un generale aumento delle precipitazioni e degli eventi estremi, quali cicloni ed uragani, che indussero una maggiore alterazione chimico-fisica dei

Ipertermale	Età	Durata	Aumento di temperatura	Intensità di estinzione
Fine Permiano	251.9 Ma	> 5Ma	8-12°C	estinzione di massa
Fine Triassico	201.6 Ma	1.2 Ma	~ 5°C	estinzione di massa
Toarciano inferiore	~183 Ma	300 ma	5-10°C	estinzione minore
OAE1a	~119-120 Ma	~1.1 Ma	4°C	
OAE2	~93-95 Ma	~1.3 Ma	4°C	
PETM	~56 Ma	~170-220 ma	4-5 °C	estinzione minore

Ma: milioni di anni ma: migliaia di anni

Tab. 1 - Caratteristiche dei principali eventi ipertermali. Modificata da Foster et al. (2018). PETM: *Paleocene-Eocene Thermal Maximum*. OAE: *Oceanic Anoxic Event*.

suoli, maggiore erosione e ruscellamento superficiale con un più alto apporto di nutrienti a laghi, fiumi, e mari. Nei bacini marini, in particolare nelle aree vicine alle masse continentali, questo causò un aumento drastico della produttività primaria che, insieme ad una maggiore stratificazione delle acque, ebbe conseguenze negative sul budget di ossigeno degli oceani e quindi sugli ecosistemi marini. In particolare, un eccesso di materia organica portò ad un deficit di ossigeno disciolto, consumato durante i processi di ossidazione della materia organica stessa, e quindi allo sviluppo di vaste aree anossiche, soprattutto sul fondo. Alcuni di questi eventi sono infatti anche noti come Eventi Oceanici Anossici (OAE, *Oceanic Anoxic Events*, Jenkyns et al., 2010), come l'OAE1a e l'OAE2 (Tab. 1), e sono caratterizzati dalla presenza, nel record stratigrafico, di ingenti spessori di argilliti scure laminare. Si ritiene inoltre che un aumento della concentrazione di CO₂ nell'atmosfera portò in molti casi ad una diminuzione del pH degli oceani, con conseguenze negative sugli organismi calcificatori, dal plancton al benthos (He et al., 2023).

Le conseguenze dei processi finora descritti sugli organismi marini e terrestri variano da evento ad evento. I due ipertermali più antichi, l'evento di fine Permiano e di fine Triassico, furono anche i più devastanti, con la perdita rispettivamente del 95% e dell'80% delle specie presenti sulla Terra. Si tratta di due delle cinque grandi estinzioni di massa avvenute nella storia della Terra. Gli altri eventi hanno avuto invece percentuali di estinzione minori, e hanno generalmente avuto un impatto maggiore sugli ecosistemi marini a causa della prolungata anossia negli oceani (Fig. 1, Tab. 1)

Nonostante gli eventi ipertermali siano accaduti su scale temporali decisamente maggiori rispetto al riscaldamento climatico attualmente in atto sul pianeta, siano avvenuti da decine a centinaia di milioni di anni fa, con configurazioni paleogeografiche diverse dall'attuale e con faune e flore diverse dal punto di vista evolutivo, possono essere studiati da geologi e paleontologi per conoscere meglio la risposta del Sistema Terra a fenomeni di riscaldamento estremi (Foster et al., 2018). La rilevanza di tale approccio è dimostrata dalla presenza di paleontologi che lavorano attivamente per l'*Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, Climate Change, 2022), non senza difficoltà (KieSSLing et al., 2023). Ad esempio, può essere di interesse studiare la risposta degli ecosistemi marini e terrestri agli ipertermali del passato, comprendere quali siano state le cause primarie che hanno causato l'estinzione di molte specie, perché alcune specie siano invece sopravvissute, e in quanto tempo e come il Sistema Terra sia stato in grado di ristabilire un nuovo equilibrio dopo la fine della fase di riscaldamento globale.

In questo articolo sono riportate le nostre ricerche che si sono focalizzate sull'evento del Toarciano inferiore.

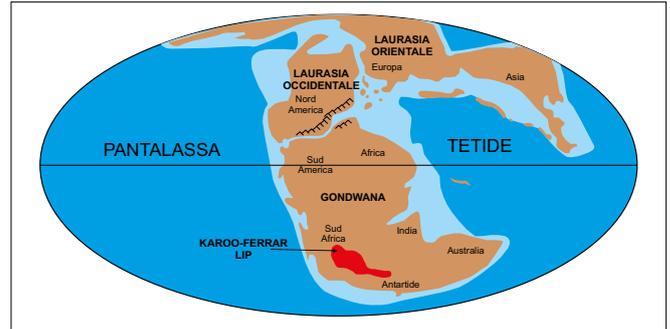


Fig. 2 - Paleogeografia del Giurassico Inferiore con localizzazione della Karoo-Ferrar Large Igneous Province (LIP).

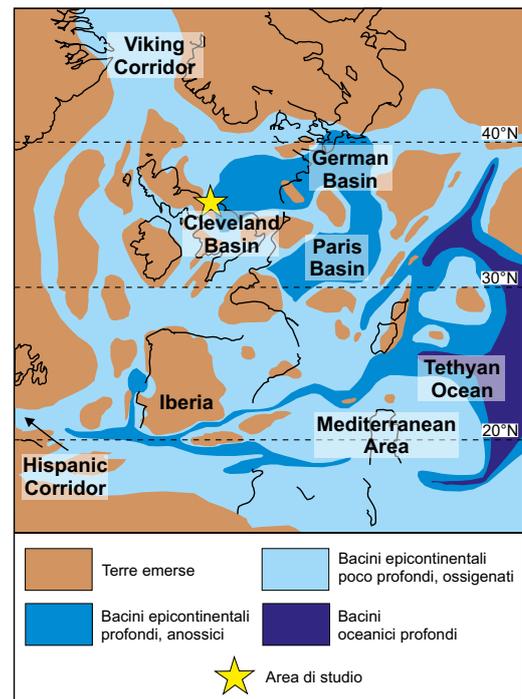


Fig. 3 - Paleogeografia del margine nord-occidentale della Tetide durante il Giurassico Inferiore, con localizzazione del Cleveland Basin. Modificato da Danise et al. (2022).

L'IPERTERMALE DEL TOARCIANO INFERIORE

Durante il Toarciano inferiore (Giurassico Inferiore, ~ 183 milioni di anni fa) la paleogeografia era molto diversa dall'attuale. Il supercontinente Pangea aveva appena iniziato a disgregarsi con l'apertura di quello che poi diventerà l'Oceano Atlantico Centrale, lasciando il supercontinente Gondwana a sud, e il supercontinente Eurasia a nord, già separato da un braccio di mare che andrà a formare l'Oceano Atlantico Centrale. Sono presenti due oceani, la Pantalassa, che borda il margine occidentale del Gondwana e della Laurasia Occidentale, e la Tetide, situata sul margine orientale del Gondwana e sul margine meridionale della Laurasia Orientale (Fig. 2 e 3). Si ipotizza che l'aumento delle temperature, stimato tra 5° e 10°C in base alla latitudine, e avvenuto in poche centinaia di migliaia di anni (Tab. 1), sia stato innescato dal rilascio di gas serra in atmosfera da parte

della *Karoo-Ferrar LIP*, i cui depositi si trovano attualmente in Sud Africa e Australia (Fig. 2). Questo avrebbe causato una rapida dissociazione di metano idrato e di *permafrost*, tanto da fare aumentare la concentrazione di CO₂ in atmosfera da ~500 ppmv a ~1000 ppmv, e di conseguenza le temperature. L'entità globale di tale perturbazione, con l'immissione in atmosfera di fonti di carbonio ricche in ¹²C, è dimostrata da un'escursione negativa della curva degli isotopi stabili del carbonio (δ¹³C), riscontrata sia in sedimenti marini che terrestri, della durata di circa 300.000 anni.

Come per gli altri eventi, il rapido riscaldamento provocò un'accelerazione del ciclo idrogeologico, aumentando i tassi di alterazione chimico-fisica dei suoli, di erosione e ruscellamento superficiale, con un forte arrivo di materia organica negli oceani, che incrementò la produttività primaria, andando a generare, in alcuni bacini marini, condizioni anossiche. L'area che costituisce l'attuale Europa si trovava nel margine nord-occidentale della Tetide ed era costituita da una serie di bacini marini poco profondi, detti bacini epicontinentali, separati tra loro da aree emerse. In molti di questi bacini epicontinentali, come il *Cleveland Basin*, il *Paris Basin* e il *German Basin*, si trovano ingenti spessori di argilliti scure, a testimonianza di condizioni anossiche prolungate (Fig. 3). In altri bacini, posti più a sud, probabilmente meno profondi o con una circolazione meno ristretta, le *black shale* sono assenti o hanno spessori molto più ridotti indicando il prevalere di condizioni ossigenate (Penisola Iberica, Italia, Algeria, Marocco, Fig. 3, Danise et al., 2019). Evidenze di prolungata anossia si trovano anche in molte località della Pantalassa, dal Giappone, al Canada, al Sud America, e a causa dell'ampia diffusione di queste condizioni ambientali alcuni autori considerano l'evento del Toarciano uno degli OAE (Reolid et al., 2020).

Queste perturbazioni ambientali portarono a cambiamenti nelle faune e flore sia terrestri che marine, con una incidenza maggiore sugli organismi marini. Nonostante non si consideri un evento di estinzione di massa, si stima che abbia portato ad estinzione il 33-53% delle specie, il 26% dei generi e il 5% delle famiglie. Le cause dell'estinzione sono ancora fonte di dibattito. Come per altri eventi, è molto difficile individuare la causa primaria che ha portato alla perdita di molte specie con diversi adattamenti e stili di vita. Nelle aree caratterizzate da prolungata anossia, questa è considerata la causa primaria di estinzione, soprattutto per gli organismi bentonici, prevalentemente inadatti a sopravvivere a bassi tenori di ossigeno presenti sul fondale marino. L'evidenza che l'estinzione sia però avvenuta anche in bacini in cui le acque rimasero per lo più ossigenate, ha fatto ipotizzare che proprio l'aumento di temperatura possa essere stato la causa primaria di estinzione, troppo rapida ed intensa da non permettere agli organismi marini bentonici di migrare o adattarsi. Inoltre, l'aumento della pCO₂ in atmosfera, e la conseguente acidificazione delle acque, è considerata la causa di una crisi di biodiversità dei produttori primari con scheletro calcitico, quali alghe calcaree e coralli biocostruttori.

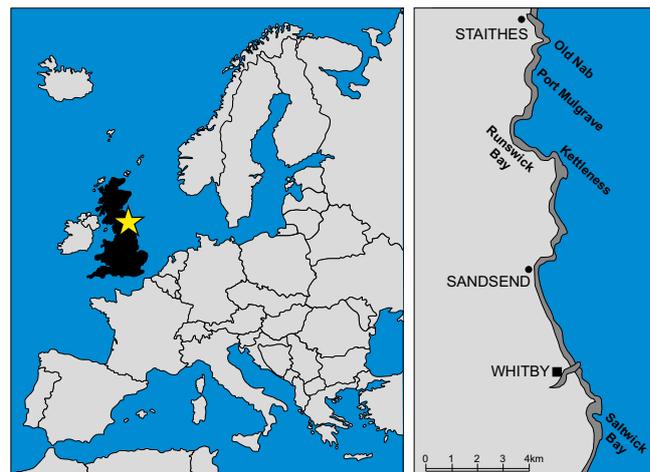


Fig. 4 - Posizione geografica degli affioramenti del Pliensbachiano superiore-Toarciano inferiore in Yorkshire, Regno Unito.

LA SUCCESSIONE DEL CLEVELAND BASIN IN YORKSHIRE

Cambiamenti degli ecosistemi marini e terrestri

Una delle aree più studiate dal punto di vista stratigrafico, paleontologico e geochemico, per l'evento del Toarciano inferiore è situata nel Regno Unito, in Yorkshire, in quello che era un tempo il *Cleveland Basin* (Fig. 3 e 4). La successione sedimentaria, di uno spessore di circa 80 metri e con giacitura degli strati suborizzontale, è esposta lungo la costa che unisce i paesi di Staithes e Whitby, ed è raggiungibile durante le fasi di bassa marea (Fig. 5). Seguendo la stratigrafia dal basso verso l'alto nella successione, si passa da rocce carbonatico-siliciclastiche, ben bioturbate, caratteristiche di una ambiente di pattaforma interna ad alta energia della *Cleveland Ironstone Formation* (Pliensbachiano superiore), a rocce prevalentemente siliciclastiche, a grana fine (siltiti e argilliti), che indicano un ambiente a minore energia e maggiore profondità, della *Whitby Mudstone Formation* (Toarciano inferiore). All'interno di tale formazione, l'intervallo di rapido riscaldamento corrisponde al passaggio dal *Grey Shale member* al *Mulgrave Shale member* (30-40 m sul log stratigrafico), in cui si passa da sedimenti ben bioturbati ad argilliti scure, laminate, ricche in materia organica (Fig. 5), e in cui analisi geochemiche hanno riscontrato la presenza di una pronunciata escursione negativa degli isotopi stabili del carbonio. I resti fossili di macro-invertebrati marini sono abbondanti e ben conservati lungo tutta la successione, sia per quanto riguarda gli organismi nectonici, quali ammoniti e belemniti, che quelli bentonici, soprattutto bivalvi, ma anche gasteropodi, crinoidi e brachiopodi (Fig. 6). Per quanto riguarda i microfossili, anche i resti di spore, granuli pollinici e plancton marino sono abbondanti.



Fig. 5 - Colonna stratigrafica della successione del *Cleveland Basin* con panoramica fotografica vista dal paese di Staithes.

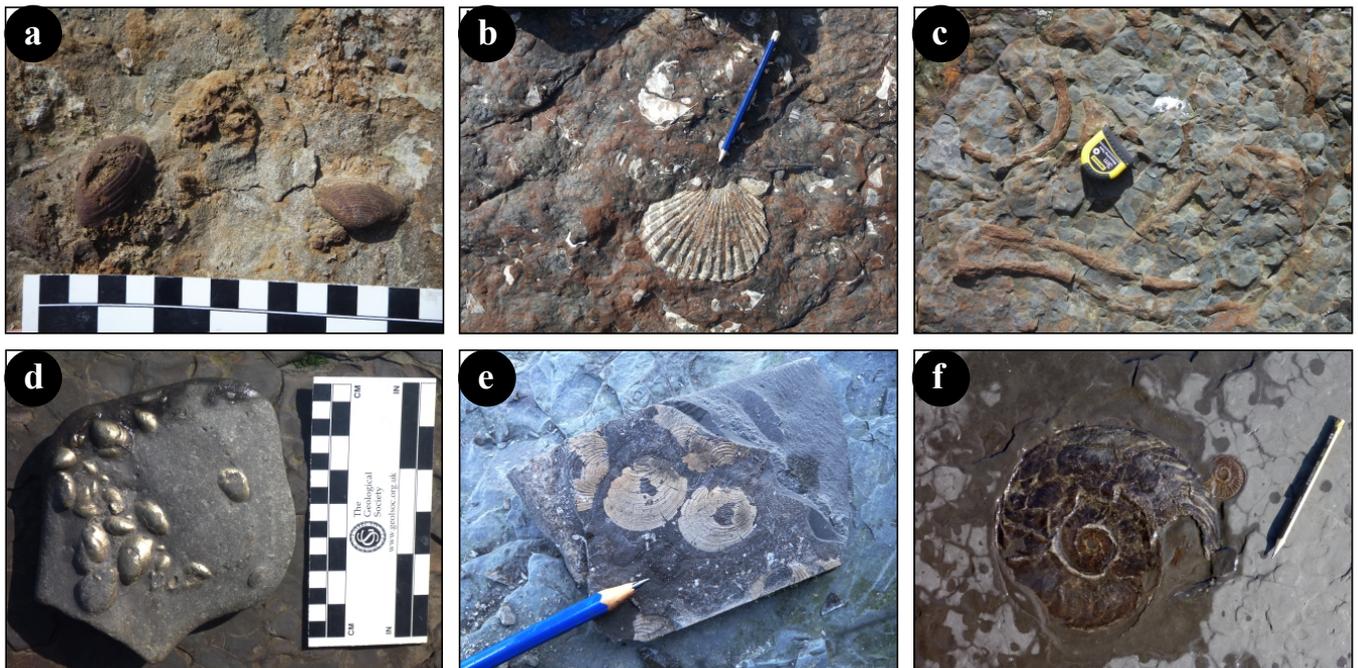


Fig. 6 - Macro-invertebrati marini, Yorkshire. a) *Gresslya intermedia*; b) *Pseudopecten aequivalvis*; c) tracce fossili; d) *Pseudomytiloides dubius*; e) *Bositra radiata*; f) *Eleganticeras elegantulum*.

Per prima cosa abbiamo ricostruito, separatamente, come gli ecosistemi marini e quelli terrestri avessero risposto ai cambiamenti climatico-ambientali provocati dall'ipertermale (Danise et al., 2013, 2015; Slater et al., 2019). Successivamente, abbiamo effettuato uno studio comparato, integrando l'analisi di fossili provenienti dagli stessi orizzonti stratigrafici lungo la successione, per comprendere se gli organismi terrestri, marini planctonici e marini bentonici, avessero risposto in maniera sincrona all'evento oppure no (Danise et al., 2022). Infine, un'attenta osservazione al microscopio elettronico delle spore e dei granuli pollinici, ci ha permesso di scoprire

i resti di organismi unicellulari fotosintetici che si pensava fossero temporaneamente scomparsi dal bacino a causa dell'acidificazione delle acque, i nanofossili calcarei (Slater et al., 2022).

In Fig. 7 abbiamo riassunto in cinque fasi temporali i cambiamenti del tempo delle faune e delle flore nel *Cleveland Basin* (Danise et al., 2022). I primi a rispondere al cambiamento climatico, iniziato con una fase preliminare di riscaldamento al limite Pliensbachiano-Toarciano dovuta ad una precoce attività della *Karoo-Ferrar LIP*, sono gli ecosistemi terrestri, che cambiano da associazioni vegetali

indicative di un clima temperato-umido (fase 1) ad associazioni caratteristiche di un clima più caldo e arido (fase 2). Con il picco di riscaldamento (fase 3), foreste dominate da conifere e pteridosferme (produttrici di polline bisaccato) sono sostituite da una vegetazione a bassa diversità dominata da cicadi, conifere *Cheirolepidiaceae* e conifere affini alle attuali Tsughe, indicative di un clima molto caldo caratterizzato da periodi di siccità estremi e forte stagionalità. Le piante sono le prime a ritornare a livelli di diversità pre-ipertermale, ad indicare il ritorno ad un clima caldo-temperato, ma la loro composizione tassonomica subisce un grosso cambiamento, con *Cupressaceae* e *Cheirolepidaceae* che occupano la nicchia ecologica precedentemente occupata da conifere e pteridosferme (fasi 4-5). Il plancton e il bentos hanno una risposta posticipata rispetto alle piante terrestri. Il plancton, caratterizzato dalla presenza di dinocisti, acritarchi e nannoplancton calcareo prima dell'evento ipertermale, indica condizioni mesotrofiche della colonna d'acqua che perdurano durante le fasi 1 e 2. Durante la fase 3 si osserva un profondo cambiamento nella sua composizione, dinocisti e acritarchi diminuiscono drasticamente in abbondanza e vengono sostituiti da alghe verdi prasinofite, rappresentate da resti sferomorfi, e nannoplancton calcareo. Entrambi indicano un picco di produttività primaria e l'instaurarsi di condizioni eutrofiche, promosso dall'arrivo di nutrienti dalla terraferma e una forte stratificazione delle acque. Questa fase coincide con l'instaurarsi di condizioni anossiche/disossiche al fondo, che ebbe un profondo impatto sulla vita presente sul fondale marino. Associazioni di macro-invertebrati bentonici caratterizzate da un'alta diversità tassonomica e di stili di vita, con organismi sia epifaunali che infaunali e semi-infaunali (fasi 1-2), vengono sostituite da associazioni a bassa diversità (fasi 3-4), in cui dominano poche specie di bivalvi epifaunali sospensivori capaci di colonizzare le acque nelle brevi fasi in cui il tenore di ossigeno al fondo aumentava (*shell bed* monospecifici di bivalvi dei generi *Pseudomytiloides*, *Bositra* e *Meleagrinnella*). Condizioni eutrofiche nella colonna d'acqua ed anossiche/disossiche al fondo persistettero nel *Cleveland Basin* per qualche centinaio di migliaia di anni dopo il picco di riscaldamento (fase 4). Nell'ecosistema marino, il plancton fu il primo a ristabilire

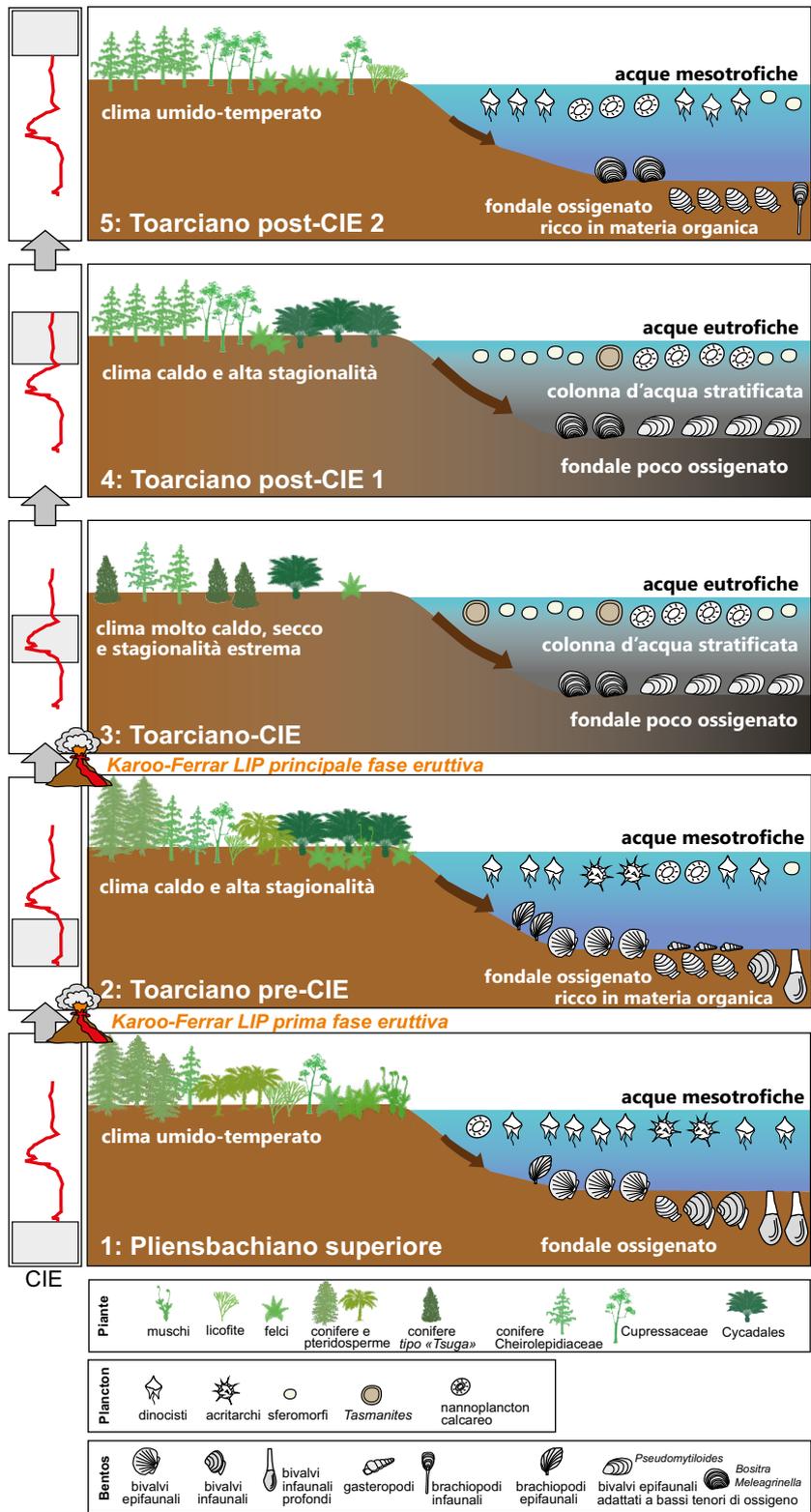


Fig. 7 - Cambiamenti nel tempo degli ecosistemi terrestri (vegetazione) e marini (plancton e bentos) nel *Cleveland Basin*. CIE: Carbon Isotope Excursion. Modificato da Danise et al. (2022).

associazioni mesotrofiche, simili a quelle pre-ipertermale, mentre il bentos ebbe un recupero molto più lento, con associazioni ancora depauperate in diversità e dominate da depositivori, che indicano ancora un forte arricchimento in materia organica al fondo durante la fase 5.

I FOSSILI "FANTASMA"

Durante l'osservazione al microscopio elettronico di polline, spore e plancton con parete non mineralizzata per identificarne le specie, abbiamo notato la presenza sulla loro superficie di strane impronte. Ad un'attenta osservazione ci siamo accorti che si trattava di tracce lasciate da piastre di nannoplancton calcareo, o coccoliti. Talvolta era anche possibile individuare intere coccosfere collassate (Fig. 8). Le impronte erano lì, conservate sulla superficie di granuli pollinici, spore e plancton, ma il loro guscio di carbonato di calcio non c'era più, si era disciolto. Le impronte sono conservate talmente bene, e in tre dimensioni, che è stato possibile anche identificarle a livello di specie, e quantificare le variazioni di diversità e abbondanza del nannoplancton calcareo in tutta la successione stratigrafica (Slater et al., 2022). La scoperta è importante perché nel *Cleveland Basin*, ma anche in altri bacini sedimentari del Toarciano inferiore, il nannoplancton calcareo, uno dei principali produttori primari degli oceani, era stato ritenuto assente o poco abbondante durante la fase ipertermale, se cercato con le tecniche di preparazione standard per lo studio di microfossili carbonatici. Questa assenza andava a supporto dell'ipotesi di una crisi dei biocalcificatori primari a causa di una forte acidificazione degli oceani che avrebbe inibito la precipitazione dei gusci carbonatici. Incuriositi dalla nostra scoperta, e per cercare di capire se si trattasse solo di un caso peculiare del *Cleveland Basin*, abbiamo analizzato con la stessa tecnica

rocce del Toarciano inferiore provenienti da altre località (Giappone, Nuova Zelanda, Germania) e rocce di altri eventi ipertermali (OAE1a, OAE2), caratterizzate dalla presenza di argilliti scure bituminose indicatrici di anossia, e per i quali si era ipotizzata una crisi dei biocalcificatori primari. In tutti i casi abbiamo trovato le stesse tracce fossili di nannoplancton calcareo. Inoltre, abbiamo osservato come l'abbondanza delle tracce fosse direttamente proporzionale alla presenza di materia organica nei sedimenti.

La nostra ricerca mostra quindi come, in tutti gli eventi e le località analizzate, il nannoplancton calcareo non abbia subito una crisi biologica, ma abbia continuato a proliferare. Secondo la nostra ricostruzione, una volta che i coccoliti, dopo la morte, sono arrivati sul fondale marino, sono stati seppelliti e hanno lasciato la loro impronta nei sedimenti circostanti, plastici perché ricchi di materia organica. Durante la diagenesi, fluidi interstiziali con alta acidità avrebbero disciolto le piastre dei coccoliti, lasciandone solo l'impronta. Ecco perché non si trovano cercandoli con i metodi standard di preparazione dei campioni micropaleontologici, ma si osservano solo come impronte.

Questa scoperta suggerisce che, almeno per quanto riguarda il nannoplancton calcareo, l'ipotesi di una crisi legata all'acidificazione degli oceani necessita una revisione, e che questi produttori primari siano più resistenti alle perturbazioni climatico-ambientali legate agli ipertermali di quanto precedentemente ipotizzato. Ci insegna inoltre quanto sia spesso difficile interpretare correttamente il registro fossile, perché molti processi, tra cui la diagenesi, possono modificare la traccia lasciata dai processi biologici ed ecologici avvenuti. Soprattutto, ci ricorda come a volte scoperte fortuite possano permettere l'avanzamento delle nostre conoscenze scientifiche.

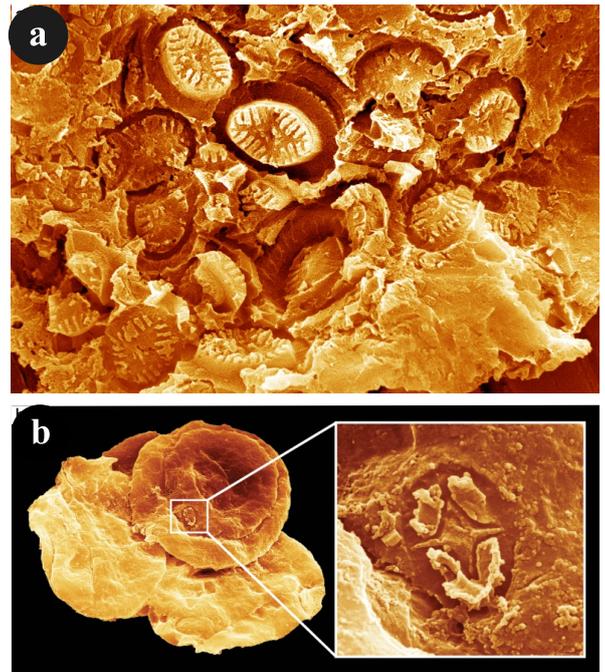


Fig. 8 - Materia organica amorfa (a) e sferomorfi (b) con impronte di nannoplancton calcareo in superficie. Modificato da Slater et al., 2022. Resti conservati presso il *Natural History Museum*, London. a: campione NHMUK PM FM 2377 (1), b: NHMUK PM FM 2355 (2).

BIBLIOGRAFIA

Danise S., Twitchett R.J., Little C.T. & Clemence M.E. (2013). *The impact of global warming and anoxia on marine benthic community dynamics: an example from the Toarcian (Early Jurassic)*. *PLoS One*, 8(2), e56255.

Danise S., Twitchett R.J. & Little C.T. (2015). *Environmental controls on Jurassic marine ecosystems during global warming*. *Geology*, 43(3), 263-266.

Danise S., Clémence M.E., Price G.D., Murphy D.P., Gómez J.J. & Twitchett R.J. (2019). *Stratigraphic and environmental control on marine benthic community change through the early Toarcian extinction event (Iberian Range, Spain)*. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 524, 183-200.

Danise S., Slater S.M., Vajda V. & Twitchett R. J. (2022). *Land-sea ecological connectivity during a Jurassic warming event*. *Earth and Planetary Science Letters*, 578, 117290.

Foster G.L., Hull P., Lunt D.J. & Zachos J.C. (2018). *Placing our current 'hyperthermal' in the context of rapid climate change in our geological past*. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 376(2130), 20170086.

He T., Kemp D.B., Li J. & Ruhl M. (2023). *Paleoenvironmental changes across the Mesozoic-Paleogene hyperthermal events*. *Global and Planetary Change*, 104058.

IPCC, Climate Change (2022). *Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC)*. H.-O. Pörtner et al., Eds. (Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2022).

Jenkyns H.C. (2010). *Geochemistry of oceanic anoxic events*. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 11(3) Q03004.

Kiessling W., Smith J.A. & Raja N.B. (2023). *Improving the relevance of paleontology to climate change policy*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 120(7), e2201926119.

Reolid M., Mattioli E., Duarte L.V. & Marok A. (2020). *The Toarcian oceanic anoxic event and the Jenkyns event (IGCP-655 final report)*. *Episodes Journal of International Geoscience*, 43(2), 833-844.

Slater S.M., Twitchett R.J., Danise S. & Vajda V. (2019). *Substantial vegetation response to Early Jurassic global warming with impacts on oceanic anoxia*. *Nature Geoscience*, 12(6), 462-467.

Slater S.M., Bown P., Twitchett R.J., Danise S. & Vajda V. (2022). *Global record of "ghost" nannofossils reveals plankton resilience to high CO₂ and warming*. *Science*, 376(6595), 853-856.

Optech microscopes

Geo Science Applications



Dal 1974 al Vostro fianco nella microscopia per farvi scoprire ogni più piccolo dettaglio. Sempre disponibili per preventivi personalizzati ed assistenza tecnica.



Stereomicroscopio Galileiano



Microscopio Polarizzatore



PARTI DI RICAMBIO



TEMPI DI INTERVENTO



**REPERIBILITÀ TELEFONICA
TECNICI QUALIFICATI**



STRUMENTAZIONE ACCREDITATA

SQT
SERVIZI TECNICI

After-sales Service

Sistema Qualità Certificato **ISO 9001:2015**



www.exactaoptech.com

Associazione Nazionale INSEGNANTI SCIENZE NATURALI



Le Olimpiadi Internazionali di Scienze della Terra - IESO 2023- XVI^a edizione

• a cura di Susanna Occhipinti

🌐 www.anisn.it/nuovosito



La squadra italiana e i mentor a skyway.

Si è svolta, dal 20 al 26 agosto, la XVI^a edizione delle Olimpiadi Internazionali di Scienze della Terra (IESO - International Earth Sciences Olympiad 2023). Questa edizione, ancora online per problemi organizzativi, è stata gestita da un Comitato tecnico che ha visto coinvolte diverse nazioni: India, Israele, Cina, Australia, Italia e Portogallo. www.igeosciad.org/activities/ieso-2/ieso2023

Esperti di queste nazioni hanno infatti elaborato le diverse prove che costituiscono la particolarità di questa olimpiade: il *Data Mining Test*, test complesso che ha richiesto agli studenti l'utilizzo del programma *Deep-time Digital Earth* (DDE) e l'elaborazione dei dati derivati dall'*Ocean Drilling Program* (ODP) (1983 - 2003) e dall'*Integrated Ocean Drilling Program* (IODP) (2003 - 2013) con lo scopo di analizzare l'evento del PETM (Massimo Termico del Paleocene-Eocene) verificatosi 60 milioni di anni fa e di confrontare i fenomeni che si sono verificati in quell'epoca geologica, dal punto di vista geologico, paleontologico ma anche chimico, fisico, con quanto si sta verificando oggi sulla Terra a causa del riscaldamento globale, ricordando che conoscere il passato e comprenderne

i fenomeni significa avere strumenti per capire il futuro e quando possibile, per prevenire e intervenire prima che sia troppo tardi.

Un'altra prova è stata il *National Team Field Investigation*, che richiede da parte degli studenti di investigare su temi geologici, eventi o problematiche ambientali: la squadra italiana ha analizzato la

recente alluvione dell'Emilia-Romagna, approfondendo le particolari dinamiche meteorologiche e le caratteristiche dei suoli, ricchi di argilla, che hanno trattenuto a lungo le acque superficiali, meteoriche e alluvionali.

L'*Earth System project* è un *test* che viene affrontato da squadre miste internazionali, con lo scopo di rispondere a quesiti su diversi temi scientifici, quali il riscaldamento degli oceani o la possibilità, analizzando pro e contro, di colonizzare Marte.

Art in Earth science, richiedeva agli studenti di elaborare disegni, filmati, sul tema delle Geoscienze ed infine in *Earth Science Pledge* gli studenti dovevano descrivere, in testi o brevi filmati il loro "impegno per le geoscienze" rispondendo ad una di queste domande:

1. Perché gli studenti di tutto il mondo dovrebbero studiare le Geoscienze...
 2. In che modo lo studio delle Geoscienze ha influenzato le mie conoscenze e abilità....
 3. Perché penso che studiare le Geoscienze possa aiutare la società ad affrontare problemi e questioni globali.
- Sono prove che cercano quindi di valutare sia le competenze che le conoscenze degli studenti partecipanti.

I ragazzi della squadra, che avevano partecipato ad uno stage di formazione ad Aosta dal 7 all'11 luglio, in cui hanno seguito lezioni da parte di docenti dell'università degli studi di Milano, Camerino, Torino e del Centro Funzionale di Aosta, oltre a effettuare attività laboratoriali, si sono ritrovati ad Aosta anche per svolgere le prove delle Olimpiadi.

La squadra, coordinata dalla prof.ssa Susanna Occhipinti è stata affiancata dai due *mentor*, Alessandro Chiappori e Claudia Guidolin, alumni dell'ANISN. I risultati della squadra italiana, anche quest'anno costituita eccezionalmente da 8 studenti, nelle diverse prove sono stati più che positivi:

nel *Data Mining Test*, sono state assegnate:

- ▶ 1 medaglia d'argento, a Tommaso Ferri di Verona,
- ▶ 7 medaglie di Bronzo, a Niccolò Brambilla di Cassano d'Adda, Giulio De Gregorio di Marsico Nuovo (PZ), Sebastiano Rui di Carlino (UD), Giulia Bernardini di Assisi (PG), Alessandro Tuillier di Genova, Niccolò Bracali di Quarrata (PT) e Matteo Cogoi di Trieste;

nell'*Earth Science project*, sono state assegnate:

- ▶ 2 medaglie d'oro, a Niccolò Brambilla e a Sebastiano Rui,
 - ▶ 2 medaglie di bronzo, a Giulio De Gregorio e a Niccolò Bracali,
- per un totale di 12 medaglie.

Sono inoltre state assegnate menzioni speciali:

nell'*Earth Science Pledge*:

- ▶ *Excellent* a Sebastiano Rui,
- ▶ *Good* a Tommaso Ferri,

nell'*Art and Earth Science*:

- ▶ *Very good* a Niccolò Brambilla,
- ▶ *Good* a Tommaso Ferri.

Società PALEONTOLOGICA Italiana

• a cura di Giorgio Carnevale

🌐 www.paleoitalia.it

“Fossili Regionali”, un progetto per la divulgazione del patrimonio paleontologico italiano

Alla fine di aprile 2023 si sono chiuse le votazioni online dei candidati per l’iniziativa “Fossili Regionali” della Società Paleontologica Italiana e del PaiP – *Palaeontologist in Progress*, gruppo SPI dedicato ai paleontologi non strutturati. L’iniziativa, lanciata a giugno 2022 in occasione della XXII Edizione delle Giornate di Paleontologia – *Paleodays* 2022 ad Asti (Piemonte), è volta alla diffusione della conoscenza del patrimonio paleontologico italiano attraverso l’elezione, per ciascuna regione italiana, di un “fossile regionale”, selezionato tra un massimo di cinque candidati.

Da giugno 2022 ad aprile 2023 chiunque ha potuto esprimere una preferenza per un candidato per ogni regione attraverso un *form* di votazione *online* disponibile sul sito della Società Paleontologica Italiana (🌐 www.paleoitalia.it/patrimonio-paleontologico/fossili-regionali) e sulla corrispondente pagina Facebook. I voti registrati sono stati complessivamente 7739, indice della grande quantità di pubblico raggiunta attraverso la sponsorizzazione dell’iniziativa. I votanti sono stati guidati nella loro scelta da schede informative, una per candidato, liberamente consultabili sul sito della Società.

I 95 candidati sono stati selezionati da comitati regionali di esperti delle università

e musei sparsi sul territorio nazionale, che hanno anche collaborato alla preparazione delle schede informative. La raccolta di queste ultime offre un panorama dell’ampio e variegato patrimonio paleontologico italiano, che comprende eccezionali esemplari di microfossili, piante, icnofossili, macro-invertebrati e vertebrati che coprono un intervallo stratigrafico che va dal Carbonifero al Pleistocene. Le schede non solo illustrano le caratteristiche degli esemplari grazie a fotografie di alta qualità, ma riportano brevi testi con informazioni riguardanti la sistematica e l’importanza dei fossili in base ai processi geologici e biologici che hanno registrato: casi di insularismo, conservazione eccezionale, migrazioni, variazioni climatiche, etc.

I vincitori del concorso (elencati a seguire) sono stati annunciati durante la XXIII Edizione delle Giornate di Paleontologia, tenutasi presso il Centro Congressi del complesso Ecotekne di Lecce dal 7 al 9 giugno 2023. A ogni comitato regionale è stata consegnata una targhetta da apporre a fianco di ciascuno dei 20 vincitori nel luogo di ostensione.

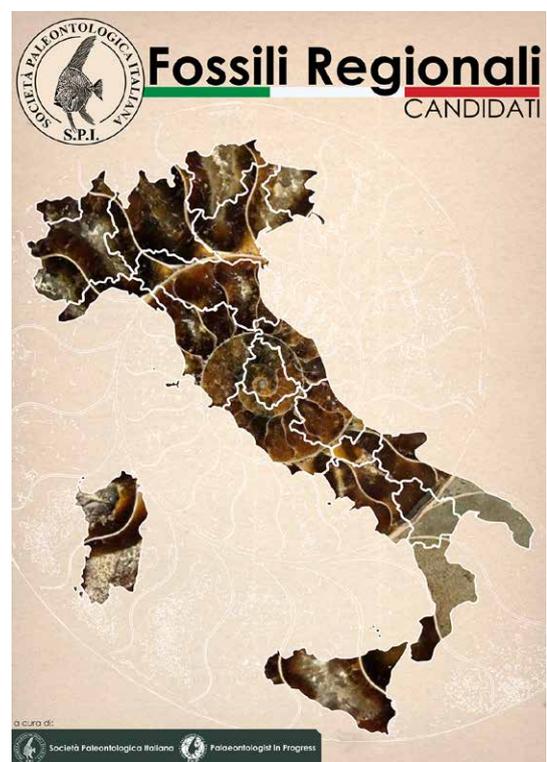


Fig. 1 - Copertina, a cura di Fabio Franceschi, della raccolta delle schede dei fossili candidati al titolo di “Fossile Regionale” per ogni regione.

Visto l’evidente successo dell’iniziativa per la diffusione della conoscenza al pubblico, così come agli addetti ai lavori, del patrimonio paleontologico italiano, il progetto continuerà attraverso una call di paleoarte volta alla strutturazione di una mostra dedicata ai fossili italiani durante la prossima edizione delle Giornate di Paleontologia. Inoltre, attraverso i *social* (Facebook, Instagram) della Società Paleontologica e del PaiP continuerà un lavoro di divulgazione focalizzato sui 20 fossili vincitori. Le schede informative su tutti i candidati rimangono liberamente consultabili sul sito *web* della Società Paleontologica Italiana.

Candidato I
Eudimorphodon ranzii

Numero di catalogo:
MCSNB2888

Scheletro parziale di pterosauro, olotipo della specie



Classificazione:
Pterosauria,
Eudimorphodontidae.

Località di provenienza:
Cava Ratta, Cene
(BG).

Età: Triassico Superiore
(Norico medio).



Fig. 1. Olotipo di *Eudimorphodon ranzii*.

IMPORTANZA DEL FOSSILE

Il rinvenimento di resti fossili di pterosauri nel mondo risulta un evento piuttosto raro. La scoperta a Cene alla fine degli anni '40 del secolo scorso nel Gabbro di Zorzo (Brescia) di *Eudimorphodon ranzii* quale rettile volante più antico fino ad allora conosciuto ha rappresentato un tassello fondamentale nella storia della paleontologia lombarda, diffondendo nel mondo il valore dei giacimenti fossili italiani, in particolare di quelli norici.

Al momento della sua scoperta *E. ranzii* ha consentito di retrodatare di 20 milioni di anni l'inizio della capacità di volo attivo nei vertebrati. Ancora oggi, dopo oltre cinquant'anni dalla scoperta, resta punto di riferimento nello studio di altri esemplari di rettili volanti, rimanendo uno tra i più antichi pterosauri finora conosciuti e studiati.

Eccezionale risulta lo stato di conservazione fossile dell'olotipo, di cui si custodisce anche l'impronta naturale in roccia. Lo scheletro, parziale ma in connessione anatomica e ben articolato, appartiene a un individuo adulto. Il cranio risulta completo e il collo è disteso sulla porzione anteriore del corpo con buona aerodinamicità. Alcune ossa presentano una struttura cava e allungata, segno di adattamento al volo. Arti anteriori ben sviluppati e falangi allungate con struttura per membrana alare attestano volo attivo. La dentatura possente da predatore e un capillare con iccalle fanno propendere per una dieta piscivora (piscivoro).

Eudimorphodon ranzii fa parte delle 21 specie nuove di rettili, pesci e crostacei scoperte nel giacimento di Cene. La correlazione con migliaia di reperti rinvenuti nel sito permette di delineare il contesto ecologico e il contributo stratigrafico, mette in evidenza gli aspetti geologici, paleogeografici e paleoambientali.

L'importanza scientifica e il valore divulgativo dell'*E. ranzii* e della varietà della fauna fossile di Cene hanno portato alla creazione del primo "parco paleontologico" in Italia.

LOMBARDIA

Fig. 2 - Un esempio di scheda informativa di un candidato a "Fossile Regionale" per la regione Lombardia: *Eudimorphodon ranzii* dal Triassico Superiore della Provincia di Bergamo.

Candidato V
Italolestes stroppai

Numero di catalogo:
MS 43

Luogo di ostensione: Museo Paleontologico "L. Sobirni", Farenzuela di Focara (PU).
<https://www.parcosanbarolo.it/luoghi/it-museo-paleontologico-sobirni/>



Fig. 2. *Italolestes stroppai*, olotipo particolare ingrandito delle elitre. Note che le elitre sono quattro: le prime due, superiori, sono parzialmente sovrapposte. È ben visibile la colorazione.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Bogni L. & Genelli G. (2002). Nuovi libellule fossili nel Miocene superiore di Monte Castellaro, Pesaro (Marche, Italia centrale). *Insecta Odontata Libellulidae*. *Quaderno di Studi e Note di Storia Naturale della Romagna*, 18: 57-59.
- Bedosì N. (1976). Il Miocene di Monte Castellaro (Pesaro). *Natura*. Società Italiana di Scienze Naturali, 66: 79-84.
- Bedosì N. (1999). *Pachyoptera*, in *Archaeopteryx* (AGASSIZ) (Teleostei, Cyprinodontidae) from the Upper Miocene of Monte Castellaro, Italy. *Miscelanea paleontologica. Studi e ricerche sui giacimenti norici di Bolca*, 8: 143-158.
- Bedosì N. (2008). I fossili del Monte Castellaro nel Parco del San Barolo. *Quaderni di divulgazione scientifica*, 21: 157.
- Bedosì N. (2016). La crisi di salinità del Messiniano: il contributo degli Itoliti del giacimento di Monte Castellaro (Pesaro). PhD dissertation.
- Landini W. & Sobirni L. (1989). Ichthyofauna of the evapocrite, Messinian in the Romagna and Marche regions. *Bollettino Società Paleontologica Italiana*, 28: 281-293.
- Passeri G. (1972). Della storia dei fossili dell'Agro pesarese e di altri luoghi vicini. *Disegni Sci.*, 367 pp. De Longhi, Bologna.
- Sobirni L. (1981). Biogeography and climatology of Pliocene and Messinian fossil fish of eastern-central Italy. *Bollettino Museo Civico Storia Naturale*, 14: 185.

MARCHE

Fig. 3 - Un esempio di scheda informativa di un candidato al titolo di "Fossile Regionale" per la regione Marche: *Italolestes stroppai* dal Miocene Superiore della Provincia di Pesaro e Urbino.

LISTA DEI VINCITORI *per ogni regione*

Abruzzo

Mammuthus meridionalis, scheletro di mammut del Pleistocene Inferiore di Madonna della Strada, Scoppito (AQ).

Basilicata

Palaeoloxodon antiquus, scheletro di elefante dal Pleistocene Inferiore-Medio di Calorie, Rotonda (PZ).

Calabria

Metaxytherium serresii, cranio di sirenio dal Miocene Superiore di Cessaniti (VV).

Campania

Scipionyx samniticus, scheletro di dinosauro teropode dal Cretacico Inferiore di Pietraroja (BN).

Emilia-Romagna

Mosasaurus cf. hoffmanni, frammento di muso di mosasaurio dal Cretacico Superiore di Rio Marangoni, San Valentino (RE).

Friuli - Venezia Giulia

Tethyshadros insularis "Antonio", scheletro di dinosauro dal Cretacico Superiore del Villaggio del Pescatore, Duino Aurisina (TS).

Lazio

Palaeoloxodon antiquus, scheletro di proboscideato dal Pleistocene Medio di Grotte Santo Stefano, Fonte Campanile (VT).

Liguria

Ursus spelaeus, scheletro di orso dal Pleistocene Superiore di Toirano (SV).

Lombardia

Eudimorphodon ranzii, scheletro di pterosauro da Cava Ratta, Triassico Superiore (Norico medio), Cene (BG).

Marche

Italolestes stroppai, libellula dal Miocene Superiore del Monte Castellaro (PU).

Molise

Homo sp., incisivo umano dal Pleistocene Medio di Isernia la Pineta (IS).

Piemonte

Juglans nux-taurinensis, noce fossile dal Miocene Superiore del Bric del Dente, La Morra (CN).

Puglia

Apulosauripus federicianus, orme di dinosauri dal Cretacico Superiore di Altamura (BA).

Sardegna

Macaca majori, cranio di scimmia dal Pleistocene Inferiore-Medio di Is Oleris, Fluminimaggiore (SU).

Sicilia

Homo sapiens "Thea", scheletro di donna dal Pleistocene Superiore di Grotta San Teodoro, località Acquadolci (ME).

Toscana

Oreopithecus bambolii, scheletro di primate dal Miocene Superiore di Baccinello, Scansano (GR).

Trentino - Alto Adige

Associazione a orme fossili di dinosauro dal Giurassico Inferiore di Lavini di Marco, Rovereto (TN).

Umbria

Glyptostrobus europaeus, tronco di pianta fossile dal Pleistocene Inferiore di Dunarobba, Avigliano Umbro (TR).

Valle d'Aosta

Pinus cf. uncinata, impronta di pigna dall'Olocene di Vetan (AO).

Veneto

Ceratichthys pinnatififormis, scheletro di pesce dalla Pesciara di Bolca (VR), Eocene Inferiore.

a cura di Beatrice Azzarà, Alessandro P. Carniti, Fabio Franceschi, Saverio Bartolini Lucenti, Beniamino Mecozzi, Leonardo Sorbelli, Andrea Villa

Associazione Italiana DI VULCANOLOGIA

• a cura del Consiglio Direttivo AIV

🌐 www.aivulc.it/it

International School of Volcanology

17-24 Giugno 2023 **Luogo** Isole Eolie



L'Associazione Italiana di Vulcanologia e l'Université Clermont-Auvergne, in collaborazione con il Laboratorio di Geofisica Sperimentale dell'Università di Firenze e l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, hanno organizzato dal 17 al 24 Giugno 2023 una scuola internazionale alle Isole Eolie sul tema *"Working on active volcanoes: learning the tools of modern Volcanology - Field observations, data acquisition, reporting, and response"*, rivolta a dottorandi, *post-doc* e giovani ricercatori. La Scuola è stata organizzata da Marco Pistolesi (Università di Pisa), Andy Harris, Guillaume Boudoire e Lydie Gailler (UCA), Alessandro Aiuppa (Università di Palermo), Dario Delle Donne (INGV-OV) e Giorgio Lacanna (Univeristà di

Firenze), e ha visto la partecipazione anche di altri docenti e ricercatori provenienti complessivamente da 4 nazioni e 10 istituti. Le attività sono state caratterizzate dalla combinazione di lezioni teoriche e osservazioni sul terreno con varie finalità. Due giorni sono stati interamente dedicati al monitoraggio geofisico sull'isola di Stromboli, con l'installazione di stazioni sismometriche e acustiche, camera termica, acquisizione di dati e conseguente processamento. Altri due giorni sono stati dedicati a misure di gas e allo studio delle dinamiche del sistema idrotermale di Vulcano; gli studenti hanno avuto la possibilità di utilizzare la stazione Multi-gas e di svolgere misure termiche e magnetiche. La parte finale della scuola è stata dedicata alla valutazione multi-rischio derivante da attività vulcanica e tsunami, con esercitazioni finalizzate

alla mitigazione del rischio stesso. Grazie alla partecipazione di personale del Dipartimento della Protezione Civile, queste attività sono state inserite anche nel contesto delle attività di reporting e comunicazione.

A fronte di 130 richieste, sono stati selezionati 25 giovani provenienti da Francia (5), Italia (6), Giappone (3), Germania (1), Portogallo (2), USA (1), El Salvador (1), Colombia (1), Cile (1), Cina (1), Filippine (1), UK (1), Vanuatu (1). Il grande successo riscosso da questa attività ha portato l'Assemblea dei Soci AIV, tenutasi il 20 Settembre 2023 in occasione del congresso SIMP-SGI-SoGeI-AIV di Potenza, a confermare lo svolgimento di questa scuola anche per il 2024.

SCUOLA DI VULCANOLOGIA “Bruno Capaccioni”

6-11 Settembre 2023 Luogo Lipari



L'Associazione Italiana di Vulcanologia (AIV), con la collaborazione di IAVCEI e INGV e il patrocinio del Parco Archeologico Isole Eolie “Luigi Bernabò Brea”, ha organizzato la Scuola di Vulcanologia “Bruno Capaccioni” a Lipari dal 6 all'11 Settembre 2023. La Scuola è organizzata annualmente da ormai 15 anni ed è destinata a studenti universitari di corsi di laurea triennali e magistrali in discipline geologiche allo 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, in un clima informale di condivisione e apertura alla discussione.

La Scuola è stata organizzata da Federico Lucchi e Claudio Tranne (Università di Bologna), Eugenio Nicotra (Università della Calabria) e Gianfilippo De Astis (INGV - Roma 1), ed ha visto la partecipazione anche di altri docenti e ricercatori, tra i quali il Presidente AIV Prof. Marco Viccaro (Università di Catania), il Dott. Stefano Branca (Direttore dell'INGV-OE di Catania), la Dott.ssa Simona Scollo (INGV-OE di Catania) e il Prof. Roberto Scandone. Le attività sono state caratterizzate dalla combinazione di lezioni teoriche, tenute presso l'aula didattica del Museo Archeologico Regionale Eoliano di Lipari “Luigi Bernabò Brea”, ed esercitazioni pratiche sulle isole di Lipari, Vulcano e Stromboli mirate all'analisi di depositi piroclastici e lave riferibili ad eruzioni effusive ed esplosive di medio-bassa intensità di magmi basici e acidi. Particolare attenzione è stata data al riconoscimento delle principali morfologie vulcaniche, alle caratteristiche distintive di depositi riconducibili a differenti meccanismi di trasporto e deposizione (da processi di caduta a correnti piroclastiche e *lahar*), alle tipologie dei corpi lavici e ai processi magmatici/eruttivi che

possono essere ricostruiti tramite lo studio di tali depositi, fornendo le basi del metodo di descrizione e interpretazione dei depositi vulcanici.

Durante i primi giorni di attività, sono state svolte escursioni nel settore meridionale di Lipari, dove affiorano le successioni piroclastiche pomicee e i duomi endogeni riferibili a diversi cicli eruttivi di età da 42 a 20 ka, rappresentativi delle prime manifestazioni di magmatismo riolitico sull'isola, e nel suo settore NE, con specifico riferimento al cono di pomici di Monte Pilato

e alla colata ossidianacea di Rocche Rosse, di età medioevale, ben noti a scala mondiale come esempi di attività esplosiva ed effusiva di magmi riolitici. Un'intera giornata è stata dedicata all'area settentrionale dell'isola di Vulcano, con escursioni sulla piattaforma lavica di Vulcanello e alla base del cono di La Fossa di Vulcano, dove si è discusso delle dinamiche di costruzione/distruzione del cono durante le eruzioni medioevali e del 1888-90 e della relazione tra l'attività vulcanica e la Caldera della Fossa. Quest'anno è stato possibile salire sulla cima del cono di La Fossa di Vulcano per osservare le facies più prossimali relative al ciclo eruttivo del 1888-90. L'ultima giornata è stata interamente svolta sull'isola di Stromboli, con punti di discussione presso la successione piroclastica di Semaforo Nuovo di età Olocenica, la colata di San Bartolo di età Romana, e dal punto di osservazione a quota di 290 m nel settore di Semaforo Labronzo, dove si sono osservate le caratteristiche dell'attività eruttiva Stromboliana dei crateri posti a quota di circa 750 m nella parte più elevata del collasso di Sciarra del Fuoco.

A fronte di 75 richieste, sono stati selezionati 26 studenti universitari iscritti principalmente a corsi di laurea magistrale e subordinatamente triennale provenienti da diverse università italiane (4 da Napoli, 2 da Milano Statale, 2 da Milano Bicocca, 2 da Catania, 4 da Roma Tre, 3 da Firenze, 2 da Pisa, 2 da Roma “La Sapienza”, 1 dalla Calabria, 1 da Cagliari e 3 studenti stranieri (2 da Bristol - UK e 1 da Dokuz Eylul - Turchia). Ciò ha dimostrato ancora una volta quanto sia forte la spinta propulsiva verso le attività di terreno e l'interesse verso i temi della Vulcanologia, anche confermato dall'entusiastica partecipazione degli studenti alle attività e dal loro vivace interesse verso gli argomenti trattati.

La partecipazione dell'AIV ALLE ATTIVITÀ CONGRESSUALI 2023

Dal 18 al 21 Settembre 2023, l'AIV è stata impegnata in prima linea nel congresso congiunto SIMP-SGI-SoGel-AIV svoltosi a Potenza. Nell'ambito delle *lectures* ad invito, l'AIV ha proposto la *plenary lecture* della Prof.ssa Rosanna De Rosa (Università della Calabria) dal titolo “*Volcanic fingerprinting on modern and ancient sedimentary environments*” che ha aperto i lavori congressuali il 18 Settembre. Grande successo hanno riscosso le sessioni tematiche di ambito vulcanologico e il *field-trip* pre-conferenza al Monte Vulture. Il giorno 20 Settembre alle ore 15.30 si

è anche tenuta l'assemblea dei Soci AIV durante la quale si è definito lo *status* delle attività sociali del 2023 e definite le linee programmatiche per il 2024.

AIV ha anche collaborato con l'associazione *BeGEOscientists* per l'organizzazione del congresso “*BeGEO 2023 - Sustainability and risk: BeGEO scientists on the road to the future*”, tenutosi a Napoli dal 3 al 6 Ottobre 2023. Il congresso, dedicato esclusivamente ai giovani Geoscientisti italiani, si è svolto in un clima informale e stimolante con una

sessione di Vulcanologia di ampio respiro intitolata “*From magma chamber to Earth's surface: eruptive dynamics, emplacement mechanisms, and volcanic hazard*” con *conveners* i nostri giovani Soci Laura Calabrò (INGV-PI), Gabriele Carnevale (Università di Palermo), Alessia Falasconi (Università di Firenze), Francesco Zuccarello (INGV-OE). Inoltre, a valle del congresso (6-7 Ottobre), la Prof.ssa Paola Petrosino dell'Università di Napoli ha guidato il *field-trip* all'isola di Procida e al Vesuvio.



Associazione Italiana DI GEOGRAFIA FISICA E GEOMORFOLOGIA

• a cura di Mauro Soldati, Marta Della Seta e Maurizio Del Monte

• www.aigeo.it

L'Associazione Italiana di Geografia fisica e Geomorfologia (AIGeo) nasce nel 2000, per iniziativa del "Gruppo Nazionale di Geografia fisica e Geomorfologia" (GNGFG) del CNR. La costituzione dell'Associazione fu preceduta, nei decenni precedenti, da un grande lavoro di confronto, coordinamento, sperimentazione sul terreno e diffusione a livello nazionale delle metodologie di ricerca da parte del GNGFG nei campi del Rilevamento e cartografia geomorfologici, della Geomorfologia dinamica e quantitativa, della Climatologia e Idrologia, della Glaciologia e della Geopedologia. Ciò aprì la strada al riconoscimento internazionale della comunità geografico-fisica e geomorfologica italiana, testimoniato da numerosi e continui rapporti con vari organismi e associazioni internazionali (CERG, IAG, IGCP, INQUA, IPA, IGU ecc.) e sancito, nel 1989, dalla partecipazione al primo Comitato Esecutivo della International Association of Geomorphologists (IAG) e poi, nel 1997, dall'organizzazione della Quarta Conferenza Internazionale di Geomorfologia in Italia (Bologna). Quindi, sulla scia della crescita del proprio prestigio in ambito nazionale e internazionale, nel 2000 il GNGFG decise di trasformarsi nell'Associazione Italiana di Geografia fisica e Geomorfologia, strutturata al fine di dare un maggior peso e una migliore visibilità al settore e alle ricerche portate avanti da diversi decenni (www.glaciologia.it/wp-content/uploads/FullText/fulltext_40_1/09_GFDQ_40_1_PANIZZA_103_120.pdf).

Oggi l'AIGeo vede tra le proprie fila molti docenti e ricercatori universitari strutturati afferenti al settore scientifico-disciplinare GEO/04, che costituiscono circa un terzo del totale dei soci. Significativa è anche la presenza di docenti e ricercatori di discipline affini e di numerosi colleghi che operano negli istituti di ricerca e negli enti territoriali. L'Associazione, senza fini di lucro, si propone di promuovere, favorire e coordinare ricerche anche attraverso la costituzione di Gruppi di Lavoro (aggregazioni

spontanee a tempo determinato di soci interessati a temi di ricerca specifici), nonché iniziative per la formazione dei geografi fisici e dei geomorfologi e per la divulgazione della cultura del territorio e dell'ambiente. Dalla sua istituzione, l'AIGeo organizza annualmente due Assemblee: una, primaverile, per adempiere agli obblighi statutari dell'approvazione dei bilanci consuntivi e preventivi; l'altra, autunnale, mantenendo la tradizione di affiancarla ad escursioni sul terreno, organizzate dalle diverse sedi, che hanno consentito di continuare a far conoscere ai soci i diversi e variegati aspetti geomorfologici del territorio nazionale ed extranazionale. L'AIGeo ha anche organizzato sette Convegni Nazionali con relative escursioni, registrando sempre una folta partecipazione da parte dei soci nonché di studiosi e docenti stranieri.

Grande attenzione è stata da sempre rivolta alla formazione e alla crescita culturale dei giovani ricercatori, sia attraverso l'istituzione della categoria del 'socio junior' che del gruppo dei Giovani Geomorfologi Italiani (*Italian Young Geomorphologists - IYG*), che alla data odierna costituiscono il 20% circa del totale dei soci. L'IYG è membro della *IAG Network of Young Geomorphologists' Groups* e organizza, tra l'altro, le "giornate dei Giovani Geomorfologi", svolte con cadenza biennale a partire dal 2005 (Fig. 1). L'Associazione mette a disposizione premi, grant e significative risorse economiche a favore dei Giovani Geomorfologi, per la divulgazione della cultura del territorio e dell'ambiente e per la formazione permanente degli insegnanti. Il generale consenso riscosso in ambito internazionale dalla ricerca scientifica italiana ha creato i presupposti affinché ben tre studiosi italiani siano stati membri del Comitato Esecutivo della IAG, di cui due eletti alla presidenza (Mario Panizza, per il quadriennio 2001-2005, e Mauro Soldati, per il quinquennio 2017-2022) e due con il ruolo di *Training Officer* (Mauro Soldati, per il periodo 2001-2017, e Marta Della Seta, per il periodo 2017-2022). Inoltre, Mario



Fig. 1 - VIII Italian Young Geomorphologists' Days: Milano e Val Veny (2019).



Fig. 2 - VII Convegno AIGeo (Palermo, 2022): "Premio Simona Fratianni 2022" assegnato *ex-aequo* ad Andrea Brenna e Costanza Morino (primi due a sinistra); "Premio Giovan Battista Castiglioni 2022" assegnato a Michele Delchiaro e menzione speciale assegnata a Ciro Cerrone (terzo e quarto da sinistra).

Panizza nel 2013 e Paola Fredi nel 2017 sono stati insigniti della *IAG Honorary Fellowship*, Mauro Soldati è stato insignito della *IAG Brunnsden Medal* nel 2013 e Irene Bollati è stata insignita della *IAG Early Career Medal* nel 2022.

Tra le attività di maggior rilievo dell'AIGeo, segnaliamo:

- a) l'istituzione di due nuovi premi scientifici, riservati ai giovani soci (**Fig. 2**) per la miglior tesi di dottorato (Premio dedicato a Giovan Battista Castiglioni) e per il miglior articolo scientifico (Premio dedicato a Simona Fratianni);
- b) l'avvio della collana editoriale sulla Geomorfologia urbana (**Fig. 3**), edita dalla Sapienza Università Editrice, i cui primi due volumi sono stati già pubblicati (La Geomorfologia di Roma, www.editricesapienza.it/book/7792; La Geomorfologia di Palermo, www.editricesapienza.it/book/7994), due sono in fase di definizione (Napoli e Perugia) e altri due in fase di lavorazione (Genova e Trieste);
- c) l'organizzazione della *Winter School* in Rilevamento Geomorfologico, promossa dall'Università di Camerino in collaborazione con l'ISPRA e l'Ordine dei Geologi, che l'AIGeo ha supportato sia in termini economici sia, soprattutto, con il coinvolgimento di numerosi soci nelle attività di docenza in aula e sul campo (Scuola Invernale di Rilevamento Geomorfologico <https://sirg.unicam.it/home>).

Dopo questi primi 22 anni di vita, il bilancio dell'Associazione è certamente positivo. I numerosi successi raggiunti si devono all'impegno entusiasta e disinteressato che la stragrande maggioranza dei soci ha profuso, a qualsiasi livello di coinvolgimento, nella ideazione e nella realizzazione delle tantissime iniziative che sono state portate avanti. È con questo immutato entusiasmo e con uno spirito di collaborazione aperto e leale che ci presentiamo ai Soci della Società Geologica Italiana.

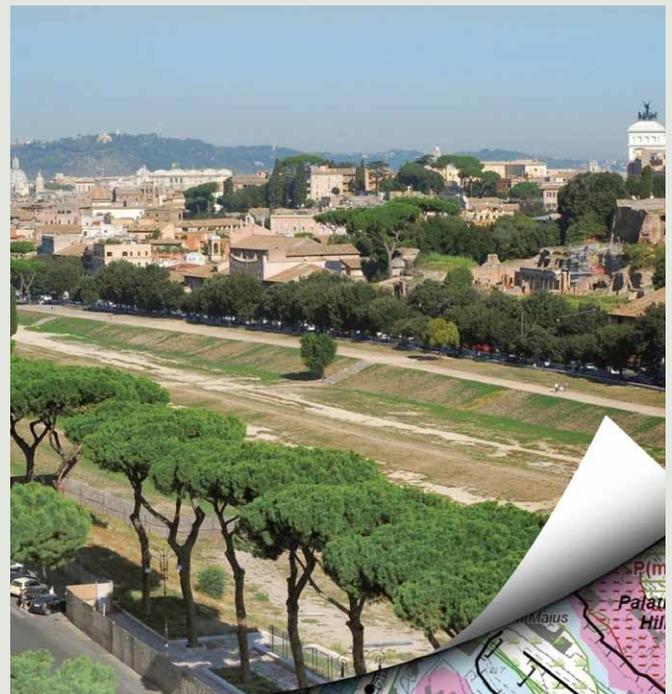


Fig. 3 - Immagine di copertina del volume "La Geomorfologia di Roma".

Associazione Italiana PER LO STUDIO DEL QUATERNARIO

a cura di Eleonora Regattieri

www.aiqua.it

XXI Congresso INQUA ROMA 2023



Fig. 1 - Stand di AIQUA presso una delle sale poster del XXI INQUA. Lo stand ha visto il passaggio di migliaia di congressisti ed è stata un'occasione di confronto tra quaternaristi, anche alla presenza costante dei volontari AIQUA. In foto, da sinistra a destra, Emanuela Falcucci (INGV), Andrea Sposato (CNR-IGAG), Stefano Gori (INGV), Deborah Maceroni (ISPRA).

Dal 13 al 20 Luglio 2023, nel campus universitario di Roma La Sapienza si è svolto il XXI Congresso INQUA (*International Union for Quaternary Research*) dal tema "Time for change", co-organizzato dal CNR e AIQUA. Il Congresso si è svolto in presenza, senza modalità da remoto o registrata, per tutte le sessioni. Le cerimonie di apertura e chiusura e le cinque conferenze plenarie sono state trasmesse in streaming sul canale YouTube AIQUA e

sono a disposizione di tutti gratuitamente a questo [link](https://www.youtube.com/@aiqua-associazioneitaliana3629/streams):

[www.youtube.com/@aiqua-
associazioneitaliana3629/streams](https://www.youtube.com/@aiqua-associazioneitaliana3629/streams).

Gli oltre 2700 iscritti al congresso, provenienti da 89 nazioni, hanno partecipato a 143 sessioni, organizzate in circa 14 sessioni parallele ogni giorno. A corollario, i 13 *workshop* e *short courses* organizzati prima del convegno o domenica 16 Luglio hanno registrato il tutto esaurito. Sono state svolte 15 escursioni pre- mid- e

post- congresso. Quasi la metà dei delegati si è iscritta in qualità di ECR (più di 1300 tra cui 813 studenti Ph.D e Msc) fatto estremamente positivo che è stato rimarcato dall'*International Council di INQUA*. AIQUA ha finanziato 10 borse di studio, che hanno coperto la partecipazione al Congresso per giovani ricercatori e post-doc italiani che lavorano sul Quaternario. La cerimonia d'apertura è stata omaggiata dalla presenza del Presidente della Repubblica Sergio Mattarella e dal Ministro dell'Università e della Ricerca, Anna Maria Bernini, mentre la cerimonia di chiusura ha visto il passaggio di testimone con l'India, organizzatore del XXII Congresso nel 2027, alla presenza dell'Ambasciatrice indiana in Italia, Neena Malhotra.

L'evento ha avuto un'importante risonanza mediatica non solo a livello *social*, ma anche sui principali canali nazionali. Durante la settimana di congresso, il Quaternario italiano ha suscitato interesse da parte di molti non addetti ai lavori, oltre che della cittadinanza. Durante il Congresso, AIQUA ha allestito uno stand per pubblicizzare le attività e la rivista AMQ (**Fig. 1**).

Al Congresso è stata inoltre presentata la *Quaternary Map of Italy* alla scala



Fig. 2 - Giovanni Monegato (CNR-IGG, presidente AIQUA), Luca Guerrieri (ISPRA), Pierluigi Pieruccini (UNITO) e Francesco Latino Chiocci (La Sapienza, Roma) davanti al prototipo della carta METIQ presentato al XXI INQUA.

1:500.000, come stato di avanzamento del Progetto METIQ, in una sessione *ad hoc* ed in uno spazio espositivo dedicato (**Fig. 2**). Questo progetto ha avuto una eco mediatica durante il Congresso in quanto l'Italia è il primo paese al mondo a dotarsi di uno strumento di sintesi a questa scala. Durante il Congresso sono state rinnovate le cariche di INQUA e, per la prima volta nella storia dell'organizzazione, è stata eletta Presidente di INQUA un'italiana, Laura Sadori, socia AIQUA (**Fig. 3**). L'Italia ha inoltre due presidenti di commissione nelle persone di Andrea Zerboni (Terrestrial Processes, TERPRO) e Alessio Rovere (Coastal and Marine Processes, CMP) oltre alla vicepresidenza di (*Stratigraphy and Chronology*, SACCOM) di Adele Bertini. Inoltre, Mauro Coltorti ha ricevuto il premio *INQUA Honorary Fellow*. I lavori dell'*International Council* si sono svolti in tre sessioni, sabato 15, lunedì 17 e mercoledì 19 luglio. Sono state discusse le novità organizzative dell'associazione e la volontà nel prossimo quadriennio di migliorare le attività delle commissioni incentivando i progetti e la comunicazione tra le varie iniziative dell'associazione.



Fig. 3 - Il presidente INQUA uscente, Thijs van Kolschoten e la presidentessa INQUA entrante, Laura Sadori.

Società GEOCHIMICA Italiana

a cura di Orlando Vaselli

www.societageochemica.it



Assemblea Generale So.Ge.I..

Gent.me Lettrici e Gent.mi Lettori, il 20 Settembre 2023, durante il Congresso Congiunto SGI-SIMP-So.Ge.I.-AIV di Potenza si è tenuta l'Assemblea Generale della Società Geochimica Italiana. Questa occasione, così come il congresso, è stato il momento per finalmente potersi ritrovare in presenza. L'ultima Assemblea Generale di persona si tenne infatti a Perugia nel lontano Dicembre 2019 durante la quale furono eletti il presidente e i membri dell'attuale composizione del consiglio di presidenza. Sono passati oramai 4 anni e anche questo consiglio di presidenza è in scadenza (31 Dicembre 2023). Dall'11 al 13 Ottobre p.v. si terranno, infatti, le elezioni, tramite la piattaforma ELIGO, per il nuovo organico che si insedierà ad inizio 2024.

L'Assemblea Generale è stata quindi anche l'opportunità per fare il punto del quadriennio in corso che ha visto un incremento significativo degli iscritti, grazie all'impegno del Comitato di Presidenza e dei "vecchi soci" che si sono adoperati per proporre nuove iniziative e per riproporre, dopo la pausa forzata dell'emergenza sanitaria, quanto era stato in precedenza previsto. Nel quadriennio 2020-2023, le attività della Società hanno visto la pubblicazione di una newsletter trimestrale sino a Dicembre 2022 che poi è diventata quadrimestrale, tutta in lingua inglese, da Gennaio 2023. Sono 14 i fascicoli pubblicati sino ad ora e disponibili on line al sito della Società

(www.societageochemica.it). Sono stati altresì attivati 4 social: 1) Facebook; 2) Twitter; 3) Instagram e 4) LinkedIn, con un numero di *follower* via via crescente.

Sono state organizzate giornate di studio su aree umide e geochimica dei fluidi dei Campi Flegrei, e date sponsorizzazioni e/o patrocini ad eventi come scuole e congressi. È stato anche predisposto uno stand della Società che è presentato alla Scuola di Trieste su "*Understanding oxygen fugacity in Geosciences*", al Congresso SGI-SIMP di Torino (tenutesi entrambi a Settembre 2022) e al Congresso Congiunto SGI-SIMP-So.Ge.I.-AIV di Potenza. Mi preme ricordare il successo del Congresso di Potenza sia in termini numerici (oltre 800 iscritti) che di presenza di sessioni geochimiche organizzate, nella maggior parte dei casi, da giovani soci, ricercatori e dottorandi.

Il 2022 è stato l'anno nel quale è stato organizzato, a Genova, il Primo Congresso (biennale) della So.Ge.I. Durante l'Assemblea di Potenza, il prossimo Congresso (1-4 Luglio 2024) ha visto la candidatura di Perugia mentre nel 2026 il terzo Congresso avrà



International Summer School - Vulcano 2023.

luogo a Ravenna. Voglio ringraziare i colleghi perugini e bolognesi per dare seguito all'evento genovese, con la speranza che si ripeta e si superi il numero di partecipanti avuto in terra ligure. Finalmente, a Luglio 2023, dopo un silenzio di alcuni anni, è stata organizzata, ad Abbadia San Salvatore (Siena), la 4° Scuola CAMGEO (Campionamento ed Analisi di Matrici Geologiche) dedicata, quasi interamente, agli isotopi convenzionali e non applicati all'ambiente. Il 2023 ha visto anche il patrocinio alla *Carpathian Fluid Geochemistry Summer School* (Romania), al *Water in Geosciences* (Pisa), *BeGeo* (per entrambe le edizioni tenutesi sino ad ora) e la sponsorizzazione al Primo *Workshop Nazionale sulle Inclusioni Fluide* (Palermo). Infine, alla fine di quest'anno, verrà sponsorizzata la Conferenza *GeothermicX* che si terrà a Pisa dal 29 Novembre al 1 Dicembre 2023. Anche il 2024 si preannuncia pieno di iniziative oltre al congresso perugino. Continuerà la saga della *International Summer School* di Vulcano che raggiungerà la quarta edizione e che si terrà in terra vulcaniana dal 17 al 21 Giugno. Quella di quest'anno ha visto la partecipazione di oltre 80 studenti nazionali ed internazionali e, un numero ancora superiore è atteso per l'anno prossimo. Si terrà anche il 3° *Isotopic Ratio MS Day*, in località e date da definire, la Conferenza *Granulite & Granulite* (3-6 Settembre) e due giornate



CAMGEO - 2023.

di studio sui valori di fondo e sulla geochimica del mercurio. Per queste ultime giornate di studio, le date e le località sono ancora da concordare. Nonostante il significativo incremento di eventi organizzati e/o sponsorizzati dalla So.Ge.I., ritengo che ci siano ancora margini di miglioramento e sono sicuro che l'impegno dei soci, che desidero ringraziare sentitamente, permetterà ulteriori passi in avanti per la diffusione della disciplina.

Associazione PALEONTOLOGICA PALEOARTISTICA Italiana

👤 a cura di Anna Giamborino

🌐 www.paleoappi.it

NON C'È DUE SENZA...

Premio Italiano di Paleoarte - Terza edizione

Per il terzo anno consecutivo, sabato 30 settembre si è svolta la giornata dedicata al Premio Italiano di Paleoarte, *contest* dedicato all'illustrazione e alla scultura a tema preistorico. Organizzato dal Museo Paleontologico di Montevarchi e dall'Accademia Valdarnese del Poggio e ideato da Sante Mazzei, *graphic designer* e illustratore specializzato in illustrazione scientifica, il premio ha lo scopo di offrire una vetrina nazionale e non solo ai professionisti del settore e alle loro tecniche artistiche e, soprattutto, di diffondere la conoscenza della Paleoarte come rappresentazione della Vita preistorica. L'iniziativa è stata patrocinata anche dalla Società Geologica Italiana e da APPI - Associazione Paleontologica Paleoartistica Italiana, che è partner dell'evento fin dalla prima edizione.

La manifestazione di quest'anno ha visto 68 partecipanti con 91 opere presentate al pubblico (ogni partecipante aveva la possibilità di presentare fino a due lavori) e la presenza di 11 nazioni oltre l'Italia: Brasile, Messico, Cile, Argentina, Canada, Indonesia,

Spagna, Germania, San Marino, Ungheria e infine Croazia per la categoria giovani. Una partecipazione sicuramente in crescita che rappresenta il grande interesse suscitato da queste discipline e dal fascino del Tempo Profondo.

Quest'anno il Premio Italiano di Paleoarte ha voluto coinvolgere anche le scuole. Tra le varie attività, infatti, il momento della cerimonia di premiazione è stato preceduto da una mattinata dedicata alle classi del Liceo Artistico "Benedetto Varchi", durante la quale i ragazzi hanno avuto modo di confrontarsi con le tematiche paleontologiche e di partecipare ad un *workshop* condotto dal paleoillustratore scientifico Davide Bonadonna, durante il quale hanno avuto modo di sperimentare le tecniche base per la realizzazione di un'opera scientifica.

Come sempre, il Premio Italiano di Paleoarte è caratterizzato anche da una mostra espositiva in cui sono state presentate al pubblico tutte le opere, originali e inedite, partecipanti alla terza edizione del Premio e valutate da una giuria composta da Franco Tempesta - illustratore specializzato nel campo dell'editoria per ragazzi, Evelyn Kustatscher - paleobotanica, del Naturmuseum Sudtiroil - Museo di Scienze Naturali Alto Adige, e infine Antonella Aquiloni - Responsabile del Laboratorio di Restauro del Museo Paleontologico di Montevarchi.

Sono stati premiati i tre artisti che hanno ricevuto il maggior numero di voti dalla giuria, un partecipante per la categoria "Artisti in Erba" e inoltre, data la grande qualità delle opere presentate, sono state attribuite quattro menzioni speciali ad altrettanti artisti partecipanti.

I vincitori della terza edizione del Premio Italiano di Paleoarte sono:



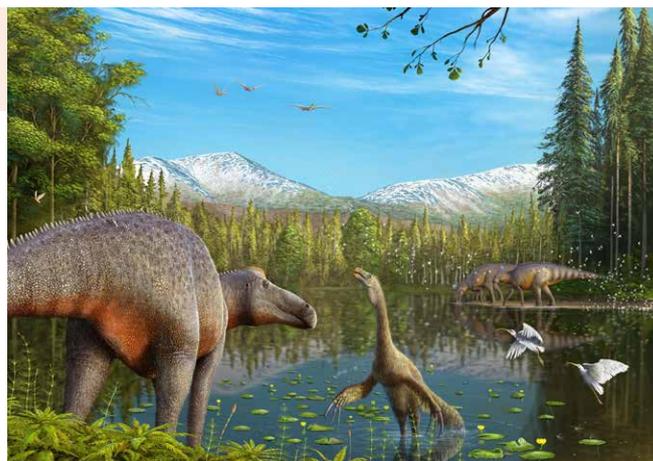
I Vincitori. Da sinistra a destra Brugnola, Messina e Molinero. Foto di A.Giamborino.

Primo classificato

Mattia Yuri Messina (Italia) con l'opera *Incontro fra continenti*.
Disegno digitale:

“L'illustrazione rappresenta la flora, la fauna e il paleoambiente presenti in Alaska (Cretacico superiore), presso il Denali National Park (Formazione Cantwell).

In primo piano sulla sinistra è presente un giovane esemplare di Edmontosaurus che avvicinandosi allo specchio d'acqua spaventa involontariamente un sub-adulto del gruppo Therizinosauridae; quest'ultimo sentendosi minacciato allarga le braccia mostrando i suoi lunghissimi ungueali e solleva la testa gonfiando la sacca golare, atteggiamento intimidatorio volto a spaventare possibili aggressori. In basso a sinistra due uccelli appartenenti al gruppo Charadriiformes decidono di volare in una zona più tranquilla dove cercare invertebrati da predare tra il fango e la sabbia della riva. Alcuni charadriiformi più piccoli sono presenti anche sul dorso del giovane Edmontosaurus in primo piano. Sullo sfondo due esemplari adulti di Edmontosaurus si avvicinano alla riva per dissetarsi, mentre un grande stormo di uccelli prende il volo. In lontananza tre grandi pterosauri del gruppo Azhdarchidae cercano un buon luogo dove atterrare.”



Mattia Yuri Messina - Incontro fra continenti.

Secondo classificato

Vito Fabrizio Brugnola (Italia) con l'opera *Successful Blitz*.
Scultura digitale:

“La scultura rappresenta una scena di predazione/agguato in cui un Ceratosaurus nasicornis cattura un Dryosaurus altus, mentre un altro driosauo si dà alla fuga. L'atto spaventa un Harpactognatus che pertanto si libra in volo. Il sito di riferimento è la nota formazione Morrison, ricca di ritrovamenti riconducibili al Giurassico. Il biota era per lo più arido, seppur periodicamente interessato da copiose piogge. La scena vuole quindi rappresentare un momento di passaggio, in cui l'aridità è rappresentata dai tronchi spogli e dal terreno brullo, mentre il suolo è tagliato trasversalmente da un rivolo d'acqua.”



Vito Fabrizio Brugnola - Successful Blitz.

Terzo classificato

Massimo Molinero (Italia) con l'opera *Patagonian Cat*.
Disegno digitale:

“L'opera ritrae uno Smilodon populator al sole durante il Pleistocene sulle Ande della Patagonia.”

Premio “Artisti in Erba”

Giovanni Girardi (Italia) con l'opera *Crepuscol*.
Scultura tradizionale:

“Crepuscolo” è un'opera raffigurante uno sfuggente esemplare di poche settimane appartenente al genere Velociraptor intento nel raggiungere i fratelli e sorelle, usciti dal nido dato l'arrivo del tramonto.”

Le quattro menzioni speciali sono state invece assegnate a Henry Sharpe (Canada) con l'opera *Antonio and the Fire*, Marcus Burkhardt (Germania) con *Linxiatragus dengi*, Tibor Pecsics (Ungheria) con *Creature from the Block*, e infine, Luca Boncompagni con l'opera Tentativo di predazione di *Diplocaulus*. Un sentito grazie va a tutti coloro hanno partecipato alla manifestazione e reso possibile il buon esito dell'evento, che



Esposizione opere. Foto di A. Giamborino.

sottolinea quanto sia importante e necessario anche fare rete tra le istituzioni e le realtà private per la riuscita di queste manifestazioni e per rendere sempre più capillare una buona divulgazione scientifica.

www.museopaleontologicomontevarchi.it/progetti/premio-italiano-paleoarte

Storia delle GEOSCIENZE

👤 Coordinatore: Alessio Argentieri

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

ROME *before Rome*

Dal 14 al 21 luglio 2023 si è tenuto, presso la Sapienza Università di Roma, il XXI INQUA Congress.

Tra i temi sviluppati, di particolare interesse sono quelli del rapporto tra paesaggio e processi geomorfologici e fra ambiente ed evoluzione umana.

La Sezione di Storia delle Geoscienze ha contribuito al Convegno organizzando un *Field Trip* urbano nel centro di Roma tentando di ricostruire com'era "Roma prima di Roma". La fondazione e la crescita della città sono state significativamente influenzate dalla geologia e dalla geomorfologia del territorio circostante. Diversi fattori, tra cui la presenza del Fiume Tevere, di un fitto sistema di drenaggio secondario e di abbondanti cave di materie prime per la costruzione, hanno avuto un impatto significativo sull'insediamento urbano. Il *field trip* ha permesso di seguire lo sviluppo geologico e geomorfologico dell'area urbana che è stata fortemente influenzata dalla presenza dei due complessi vulcanici dei Colli Albani e dei Monti Sabatini, oltre che dal fiume Tevere e dall'attività umana.

In 16 stop, il *field trip* ha attraversato l'area del Campo Marzio, l'antica *Palus Caprae*, evidenziando l'originario piano di calpestio e i profondi cambiamenti morfologici indotti dall'attività umana, quali le opere di regimazione idraulica di fine '800 - primi '900 e il rilievo artificiale di Monte Giordano, originato sui ruderi dell'antico Anfiteatro Tauro. Dopo aver attraversato Piazza Navona e il Pantheon, si è arrivati ad osservare le numerose tracce delle piene del Tevere riportate sulla facciata della Chiesa di Santa Maria sopra Minerva, per poi proseguire nell'area del Colle Capitolino

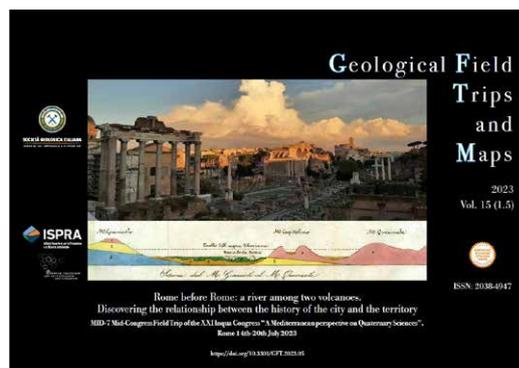


Il gruppo dei partecipanti al *field trip* in posa all'ultimo stop in Piazza del Colosseo.

ai piedi della Rupe Tarpea, dove si sono osservati i depositi piroclastici del complesso dei Colli Albani. Si è percorsa poi la Via dei Fori Imperiali dove è stato possibile vedere, tra l'altro, il rapporto tra gli antichi monumenti e la sismicità dell'area romana. Il percorso è proseguito nell'area dell'antica Collina Velia, dove nel 1932 è stato rinvenuto un cranio di *Palaeoloxodon antiquus* per finire di fronte all'Anfiteatro Flavio, patrimonio UNESCO. All'escursione, guidata da Marco Pantaloni, Maurizio Guerra, Fabiana Console e Paolo Primerano dell'ISPRA, hanno partecipato oltre 30 persone, provenienti da 15 diversi paesi del mondo. La guida all'escursione è stata pubblicata su *Geological Field Trips and Maps*, volume 15(1.5)2023 (www.geologicalfieldtripsandmaps.com/296/issue-73/rome-before-rome-a-river-among-two-volcanoes-discovering-the-relationship-between-the-history-of-the-city-and-the-territory.html).



I ricercatori ISPRA, guide del *field trip*, sulla Terrazza Caffarelli al Campidoglio: Marco Pantaloni, Fabiana Console, Maurizio Guerra, Paolo Primerano.



La copertina di *Geological Field Trips and Maps* con la guida all'escursione.

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 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 principali attività promosse, sostenute o condotte direttamente dalla sezione nei mesi scorsi, e sugli eventi previsti nei mesi futuri. In bibliografia si segnalano alcune recenti pubblicazioni sulla geoetica.

- ▶ Partecipazione all'*Australian Earth Sciences Convention* con la sessione dal titolo: “*Geoethics to responsibly manage local and global challenges of our times*”, con due interventi: “*The future of geosciences, the perspective of geoethics*” e “*Ten years of geoethics*” (Fig. 1 e 2).
📍 Perth 📅 27 giugno 2023
- ▶ Partecipazione ai lavori dei *Task Group* della Commissione di Geoetica dell'*International Union of Geological Sciences*, sulle Linee Guida Etiche e su Diversità, Equità e Inclusione 📅 luglio - ottobre 2023
- ▶ Partecipazione alla Terza Conferenza sulla *Global Ethics* dell'*International Council for Philosophy and Human Sciences*, con una relazione a invito dal titolo “*Etiology of the Ecological Crisis: Building New Perspectives for Human Progress Through Geoethics*”. Evento coorganizzato dal *CIPSH Academy on Chinese Cultures*, con il patrocinio dell'*Union Académique Internationale* e della *Royal Swedish Academy of Letters, History and Antiquities*.
📍 Stoccolma 📅 12-15 settembre 2023
- ▶ Partecipazione al Congresso congiunto SIMP, SGI, SOGEL, AIV con la sessione “*Exploring geosciences communication*”.
📍 Potenza 📅 19 - 21 settembre 2023
- ▶ Partecipazione con una *keynote* al *1st International Congress on Geodiversity, Geoheritage, Geotourism, Geoeducation, Geoparks & Sustainable Development Goals*, dal titolo: “*Geoheritage, geodiversity and geotourism through the lens of geoethics*”.
📍 Safi, Marocco 📅 24-28 ottobre 2023
- ▶ Partecipazione con un *plenary speech* al *XVI Chilean Geological Congress “New challenges for an evolving territory”*, dal titolo: “*Geoethics, geosciences and global anthropogenic impacts*”.
📍 Santiago del Cile 📅 26 novembre 2023
- ▶ **Chan M.A. & Mogk D.W. (2023).** *Establishing an Ethic of Sampling for Future Generations of Geoscientists*. *GSA Today*, 33(8), 16-18. doi.org/10.1130/GSATG559GW.1
- ▶ **Cameron E. (2023).** *Manfred Max Neef's Human Scale Development and Geoethics*. *Journal of Geoethics and Social Geosciences*, 1(1), 1-25. doi.org/10.13127/jgsg-28.
- ▶ **Gerbaudo A. & Tonon M.D. (2023).** *Words as stones for a geoethical glossary*. *Journal of Geoethics and Social Geosciences*, 1(1), 1-23. doi.org/10.13127/jgsg-26.
- ▶ **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. doi.org/10.1007/978-3-031-24170-3_3
- ▶ **Peppoloni S., Woo G., Martí J. & Di Capua G. (2023).** *Geoethics: The Missing Piece in the Separation of Responsibility Between Volcanologists and Decision-Makers*. In Malheiro A., Fernandes F., Chaminé H.I. (Eds.), *Advances in Natural Hazards and Volcanic Risks: Shaping a Sustainable Future*. *Advances in Science, Technology & Innovation*. Springer, Cham, 19-23. doi.org/10.1007/978-3-031-25042-2_4

a cura di Giuseppe Di Capua



Fig. 1 e 2 - *Australian Earth Sciences Convention* (Perth, 27 giugno 2023).

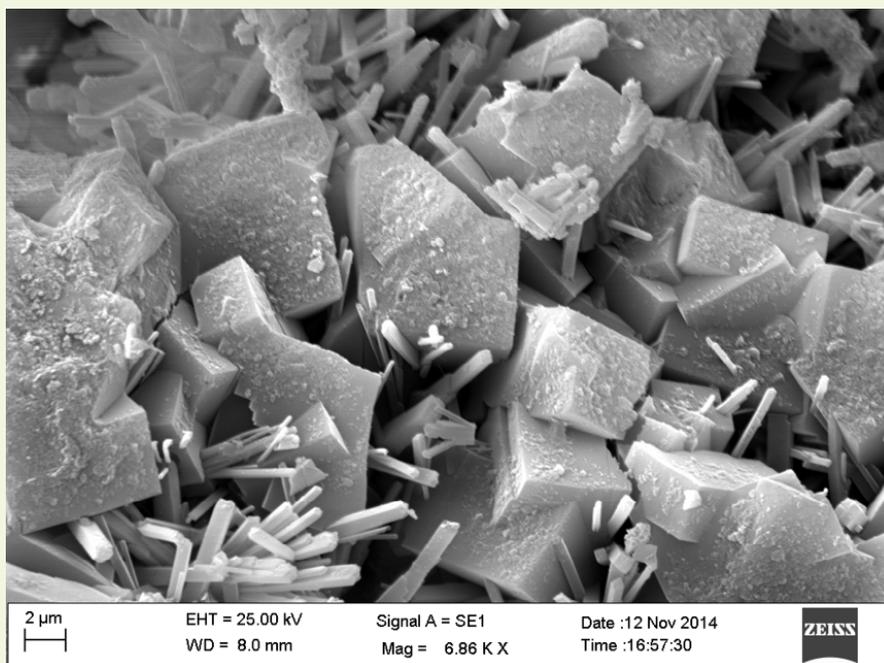
GEOLOGIA *Ambientale*

👤 Coordinatore: **Mariano Mercurio**

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

TRANSIZIONE ENERGETICA E SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE: *possono le zeoliti naturali italiane rappresentare una georisorsa ancora da sfruttare?*

È oramai noto che le zeoliti naturali (Fig. 1) rappresentano una risorsa strategica per applicazioni di elevato valore tecnologico, mirate alla risoluzione di problematiche ambientali riguardanti, ad esempio: la bonifica di suoli e acque reflue, l'agricoltura, lo sviluppo di energia alternativa e le formulazioni farmaceutiche (Mercurio et al., 2019). Nel *Mineral Yearbook* della USGS è riportato che l'Italia viene classificata, insieme ad altri Paesi europei (e.g., Grecia, Ungheria, Serbia, Slovacchia, Slovenia, Spagna e Ucraina), come un territorio ricco di zeoliti naturali ma con insufficienti dati per una stima realistica sulla loro produzione e consumo. Riferimenti più chiari sulla presenza di geomateriali zeolitizzati e all'utilità della zeolite naturale nella rimozione selettiva di inquinanti, nell'agricoltura e nella zootecnia, si rinvengono invece in alcuni Piani Regionali delle Attività Estrattive quali, ad esempio, il P.R.A.E. della Regione Campania. Come dimostrato ampiamente dalla letteratura scientifica, i tufi zeolitizzati affioranti in questa Regione potrebbero però trovare una nuova destinazione d'uso in applicazioni tecnologiche innovative finanche utili alla rimozione selettiva di inquinanti tradizionali e di preoccupazione emergente (*Emerging Contaminants*, ECs). In tal modo si può andare incontro ai dettami dell'*European Green Deal*, e della Rivoluzione Verde e Transizione Ecologica prevista dal Piano Nazionale



Il Dr. Ciotoli mentre spiega la parte teorica dell'interpolazione spaziale.

italiano per la Ripresa e la Resilienza in materia di economia circolare, agricoltura sostenibile, tutela del territorio e della risorsa idrica. Gli addetti al settore hanno fortemente ostacolato negli ultimi anni una ripresa in tal senso, poiché consci che le cave a fossa spesso sono state teatro di riutilizzo improprio e non sostenibile, come ad esempio la realizzazione di discariche per rifiuti urbani, in fasi emergenziali o

ad opera di criminali. Si potrebbe però riflettere su una diversa riqualificazione ambientale, per esempio utilizzandole come bacini idrici di emergenza da usare in caso di incendi o forte siccità.

*a cura di Mariano Mercurio,
Francesco Izzo e Alessio Langella*

Bibliografia:

Mercurio M., Sarkar B. & Langella A., (2019). *Modified clay and zeolite nanocomposite materials: environmental and pharmaceutical applications*. Elsevier. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/C2017-0-01250-8>

GEOSCIENZE e Tecnologie Informatiche

Coordinatore: **Matia Menichini**

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

Dall'11 al 13 settembre 2023 si è svolto a Pietrasanta (Lu), presso il Chiostro di Sant'Agostino, il XVII Convegno Nazionale della Sezione GIT - *Geosciences & Information Technologies* della Società Geologica Italiana patrocinato da Regione Toscana, Provincia di Lucca, Comune di Pietrasanta e Parco Regionale delle Alpi Apuane, oltre che dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale. Patrocini e supporti scientifici sono stati concessi anche da 11 tra Università, Enti di Ricerca e Aassociazioni. L'evento è pubblicizzato sul sito della Sezione GIT al link <https://gitonline.org/pietrasanta-2023>.



Fig. 1 - Veduta del Chiostro di Sant'Agostino (Pietrasanta, Lu), location del Convegno GIT 2023. A destra un momento della consegna del Premio "Simone Frigerio".

Il Convegno ha visto la partecipazione di circa 130 persone ed è stato l'occasione di confronto e discussione, in chiave multidisciplinare, sul ruolo dell'ICT (*Information & Communication Technology*) nelle Geoscienze, con un *focus* speciale sulla Geomatica.

Come da tradizione della Sezione GIT è stata incentivata la partecipazione dei giovani ricercatori al premio "Simone Frigerio" del valore di 1.000 €, finanziato quest'anno da un pool di Aziende (GeoSoul-Italia, dott. S. Angelini, Hortus, ing. M. Reguzzoni e Symple, dott.ssa F. Lotti) a cui sono stati affiancati due ulteriori premi messi a disposizione da TerreLogiche (dott. Valerio Noti), assegnati ai giovani ricercatori che hanno ricevuto una menzione speciale dalla commissione giudicatrice composta dalla dott.ssa E. Ioriatti (Università di Bologna), dal dott. D. Sartirana (Università degli Studi di Milano Bicocca) e dal prof. R. Gianacchini (Università di Pisa).

Domenica 10 settembre 2023 il Convegno ha avuto inizio con la camminata per le vie di Pietrasanta, terminata con la cena pre-congressuale "Attendendo GIT 2023".

Lunedì 11 settembre 2023 ha presenziato all'apertura dei lavori il Prof. S. Conticelli, Presidente della Società Geologica Italiana e il Sindaco di Pietrasanta, dott. A.S. Giovannetti. Le due giornate congressuali sono state aperte da due *Keynote Lectures*:

la prima "*The Others: storie di strani mondi – o gli strani siamo noi?*" è stata presentata dal prof. A. Provenzale del CNR-IGG mentre la seconda "*10 thoughts on calibrating a transport model. One can't. One must.*" dal dott. D. Feinstein dell'*U.S. Geological Survey* (Wisconsin, USA). Sono seguite 7 sessioni parallele, presiedute da 24 *conveners*: in totale sono stati presentati 54 interventi orali e 26 *poster*.

La giornata di lunedì ha visto l'organizzazione della Tavola Rotonda: "Il mondo della ricerca incontra l'impresa: il dialogo in azione", moderata dal giornalista dott. M. Pomella, finalizzata a evidenziare i vantaggi di una mutua collaborazione tra il mondo della ricerca e il mondo dell'impresa a cui è seguita la Riunione Annuale dei Soci GIT che ha visto l'elezione della nuova coordinatrice della Sezione GIT: la dott.ssa Matia Menichini del CNR-IGG di Pisa.

La giornata di lunedì è terminata con il consueto appuntamento *Wine Poster*, un momento conviviale-scientifico: "Parlare di scienza sorseggiando vino" a cui è seguita la cena sociale dei partecipanti.

Martedì sono proseguite le presentazioni e, a fine giornata, è stato assegnato il Premio "Simone Frigerio" al dott. F. Accomando (Università di Napoli Federico II) per la presentazione: "*The use of a drone-borne magnetic system as a new remote sensing strategy for geophysical investigations*"

"per originalità, innovazione, adattabilità e qualità tecnico-scientifica della ricerca, valenza dei risultati e brillantezza nell'esposizione". La prima menzione speciale è andata al dott. M. La Salandra (Università di Bari) per la presentazione: "*Application of UAV system and SfM techniques to address the hydro-geomorphological hazard in a fluvial system*" "per qualità e applicabilità della ricerca proposta"; la seconda menzione speciale alla dott.ssa L. Elia (Università di Bologna) per la presentazione: "*Assessing multi-hazard susceptibility to cryospheric hazards: an example in the Far North Alaska*" "per la metodologia proposta e la sua applicabilità in contesti simili".

Mercoledì, 07 settembre, il *field trip* ha visto la presenza di 27 partecipanti: si è svolto all'interno del Parco Regionale delle Alpi Apuane con la visita al sito archeominerario de "Le Molinette", in località Mulina di Stazzema organizzata dal dott. S. Vezzoni del CNR-IGG di Pisa, a cui è seguita la visita all'Antro del Corchia, uno dei più grandi ambienti ipogei d'Europa, guidata dal prof. L. Piccini dell'Università di Firenze.

a cura di S. Sterlacchini, M. Menichini e A. Casasso

GEOLOGIA

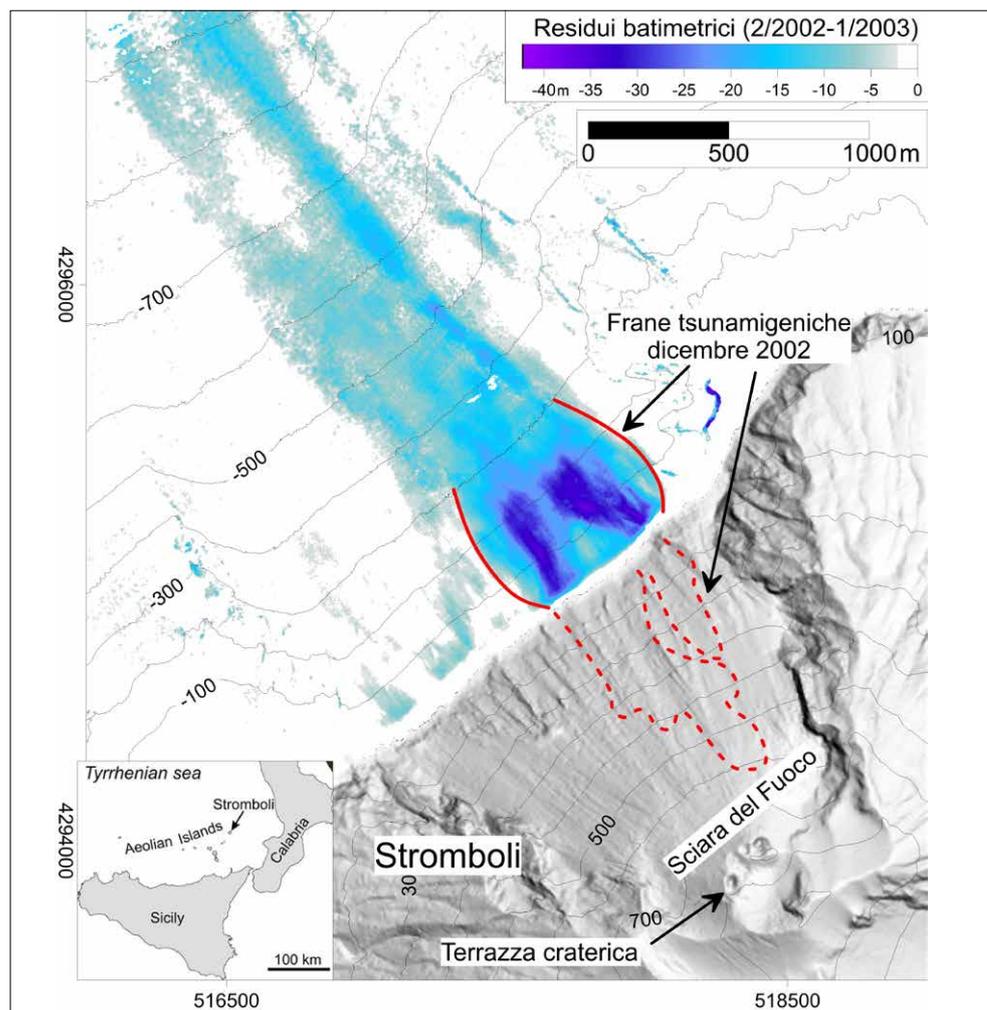
Marina

● Coordinatore: Attilio Sulli

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

20 ANNI DI MONITORAGGIO MORFOLOGICO della porzione sommersa della Sciara del Fuoco (Stromboli)

L'isola di Stromboli è la sommità di un attivo stratovulcano, che si eleva per oltre 3000 m dai fondali del Tirreno Meridionale. L'isola attira centinaia di migliaia di turisti ogni anno, principalmente per la sua attività vulcanica persistente e per la Sciara del Fuoco, una ripida ed ampia depressione associata all'ultimo di una serie di collassi laterali che hanno interessato il fianco NO di Stromboli negli ultimi 13 mila anni. Tale depressione si estende dalla sommità fino a 700 m di profondità, rappresentando la via preferenziale per il trasporto verso mare dell'ingente quantità di materiale vulcanico prodotto. Tali condizioni guidano ad una rapida evoluzione morfologica sia del versante subaereo e sottomarino della Sciara, come ad esempio testimoniato dall'evento di frana sottomarina (circa 10 milioni di m³ in volume) del dicembre 2002, a cui è seguito 7 minuti dopo il franamento del versante subaereo. Entrambe le frane hanno generato onde di maremoto che hanno colpito in pochi minuti le coste dell'isola, con ingenti danni alle infrastrutture qui presenti. Il riconoscimento della frana sottomarina è stato possibile grazie alla comparazione di rilievi batimetrici ad alta risoluzione effettuati prima e dopo l'evento. Considerata l'elevata pericolosità geologica associata a tali eventi, a partire dal 2003 il CNR-IGAG in collaborazione con la Sapienza Università di Roma sta effettuando per conto del Dipartimento di Protezione Civile dei rilievi batimetrici ripetuti a cadenza annuale o sub-annuale all'interno di un più complesso sistema di monitoraggio della Sciara del Fuoco. I rilievi marini



Residui batimetrici ottenuti come differenza tra i rilievi batimetrici effettuati nel febbraio 2002 e gennaio 2003, che hanno permesso di caratterizzare la geometria della frana tsunamigenica sottomarina.

hanno permesso di monitorare la formazione e smantellamento di delta lavici così come lo sviluppo di frane sottomarine con volumi variabili da decine a centinaia di migliaia di m³ in relazione al differente meccanismo di innesco, quali forti mareggiate, entrata in mare di flussi lavici e piroclastici.

a cura di Daniele Casalbore

GEOLOGIA *Himalayana*

👤 Coordinatrice: Chiara Montomoli

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

MIGLIORE PUBBLICAZIONE

sullo studio del sistema Himalaya-Karakoram-Tibet

È con molto piacere che quest'anno la sezione ha bandito il premio per la miglior pubblicazione di giovani ricercatori sullo studio del sistema Himalaya-Karakoram-Tibet. Vorrei ringraziare tutti coloro che contribuendo volontariamente hanno consentito di bandire il premio, i giovani che con entusiasmo portano avanti le ricerche e, non per ultimi, i membri della Commissione di valutazione (M. G. Fellin, L. Gemignani, A. Resentini).

a cura di Chiara Montomoli

🌐 www.socgeol.it/N5535/premio-migliore-pubblicazione-in-geologia-himalayana-2022.html



Fig. 2 - La Dott. Laura Nania attualmente post-Doc researcher presso il Geological Survey of Canada.

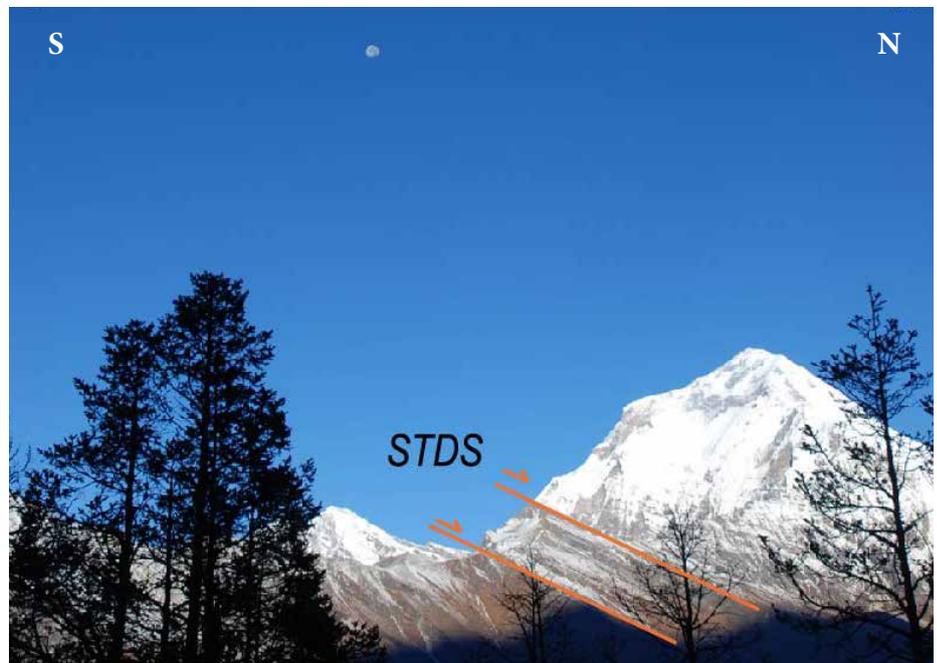


Fig. 1 - Panorama del STDS affiorante nella zona del Mt. Dhaulagiri (8167m.).

Laura Nania

L'Himalaya suscita desiderio di esplorazione e soggezione per i suoi paesaggi spettacolari. Derivante dalla collisione tra le placche indiana ed eurasiatica, è espressione di come i processi geologici modellano il territorio ed è un laboratorio geologico unico per capire come le zone di intensa deformazione evolvono nel tempo controllando la crescita e lo smantellamento della catena. Il *South Tibetan detachment System (STDS)* (**Fig.1**) è una delle più note faglie normali a basso angolo che corre lungo la catena per oltre 2000 km.

È per studiare il STDS che, con una borsa di dottorato internazionale Pegaso in Scienze della Terra, ho esplorato la catena Himalayana (**Fig.2**) e da questo progetto è scaturito l'articolo "Multi-stage evolution of the South Tibetan Detachment System

in Central Himalaya: Insights from carbonate-bearing rocks", pubblicato sul *Journal of Structural Geology*, vincitore del premio.

Il lavoro si è concentrato sul Nepal W dove dallo studio delle microstrutture di alcuni minerali (calcite, dolomite e quarzo) è emerso che la presenza di abbondante calcite nelle miloniti del STDS ha fatto sì che la deformazione si concentrasse lungo la stessa struttura per diversi milioni di anni. Al contrario in altre sezioni dell'Himalaya l'abbondanza di quarzo ha facilitato la localizzazione della deformazione lungo strutture diverse, sviluppando anche una faglia superiore (es. Monte Everest). Questo approccio è utile e testabile in altre zone di taglio e in contesti geologici differenti.

GEOsed

● Coordinatore: **Marcello Tropeano**

🌐 www.socgeol.it/369/geosed.html

Quest'estate si sono svolti due congressi internazionali organizzati da soci GeoSed, a Riva del Garda (ICFS) e a Napoli (Bathurst). Il XV congresso GeoSed si è svolto invece a Torino, organizzato dai nostri Soci della sede ospitante (vedi Foto). Tra le presentazioni orali e i poster, ricordiamo quella di Luca Pellegrino e il poster di Luca Zurli, rispettivamente vincitori del premio "Miglior presentazione e poster" del congresso. A Torino è stata inoltre presentata la *Newsletter* (consultabile sul sito SGI) della nostra comunità, curata dalla socia Irene Cornacchia. Durante il congresso congiunto SIMP-SGI, SOGEI, AIV (Potenza, 19-21 settembre), è stato conferito il premio della nostra Sezione per la miglior pubblicazione di geologia del sedimentario, a Chiara Amadori (*The role of mantle upwelling on the thermal history of the Tertiary-Piedmont Basin at the Alps-Appennines tectonic boundary*). Il prossimo 30 Novembre 2023, presso l'Aula Lucchesi del Dipartimento di Scienze della Terra (Università di Roma "Sapienza"), si svolgerà la VIII Edizione degli Incontri di Geologia, con 5 interventi su temi inerenti alla geologia del sedimentario. Nel periodo compreso tra ottobre 2023 e giugno 2024 organizzeremo invece 4 Seminari *online* a due voci tenuti da esperti geologi e non che si confronteranno tra loro illustrando le loro metodologie di ricerca e applicazioni multidisciplinari su tematiche relative a: Geobiologia, Geologia e Chimica, Geo-Archeologia, Eventi climatici estremi e Sismologia. I seminari sono stati inseriti nell'ambito della didattica programmata per il corso di dottorato di cui è coordinatrice la socia Agata di Stefano (dottorato in Scienze della Terra e dell'Ambiente dell'Università di Catania), nel format *online* per l'accREDITAMENTO dei dottorati da parte dell'ANVUR_ *Geosed for PhD Schools 2023*.

A presto!

a cura del comitato di coordinamento della Sezione GeoSed



Congresso GeoSed - 2023.



Escursione Pre-Congresso GeoSed

GEOLOGIA Planetaria

Coordinatrice: Barbara Cavalazzi

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

MATISSE: Navigazione Intuitiva e Analisi Precisa nel Mondo della Geologia Planetaria

MATISSE (Multi purpose Advanced Tool for Instruments for the Solar System

Exploration - <https://tools.ssdsc.asi.it/Matisse/> - Zinzi et al., 2016; Zinzi et al., 2022)

è lo strumento web dello Space Science Data Center di ASI ideato per permettere di accedere in maniera rapida e potente ai dati di esplorazione planetaria.

Grazie all'utilizzo di standard internazionalmente riconosciuti per la corretta disseminazione e la

preservazione a lungo termine del dato, insieme all'utilizzo di tecnologie per visualizzare i dati anche direttamente in 3D, gli utenti possono ricercare e analizzare dettagliatamente i dati di VIR Vesta, Cerere, CRISM Marte, MARSIS Marte, MDIS-NAC Mercurio e VIRTIS Venere nei browser comuni.

L'interfaccia di MATISSE, mostrata in Fig. 1 è stata progettata per offrire un'esperienza all'utente fluida e intuitiva.

Dalla schermata iniziale di MATISSE, l'utente può facilmente scegliere il corpo celeste desiderato e visualizzare le missioni correlate. Una delle innovazioni più recenti e di rilievo di MATISSE è la funzionalità che permette di selezionare e analizzare specifiche litologie, con risultati che corrispondono esattamente alla scelta, ottimizzando la precisione della ricerca. (Fig. 2) (Camplone et al., 2021).

Oltre ad essere un potente strumento di ricerca, MATISSE è anche una risorsa educativa. Insegnanti e studenti lo usano per studiare in dettaglio i corpi celesti del nostro sistema solare (Zinzi et al., 2021).

In conclusione, MATISSE mira a essere un pilastro nell'Esplorazione Spaziale e Geologia Planetaria. Grazie alla sua evoluzione e tecnologie avanzate, è essenziale per chi si dedica allo studio del nostro Sistema Solare.

a cura di Veronica Camplone e Angelo Zinzi

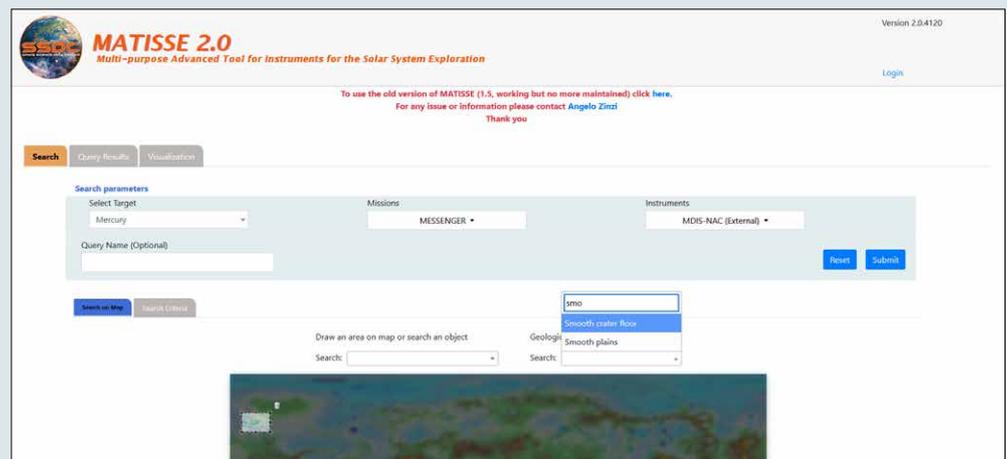


Fig. 1 - Schermata iniziale del tool MATISSE, nella quale l'utente può selezionare tutti i parametri utili.

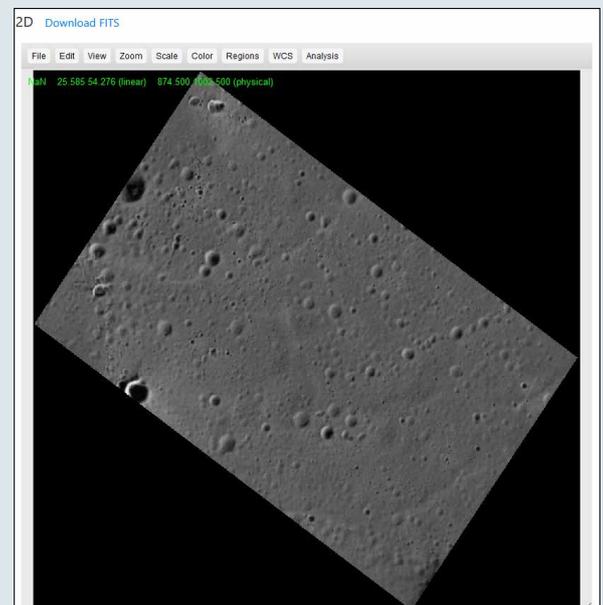


Fig. 2 - Osservazione dell'unità Smooth crater Floor cartografata nell'area di interesse scelta dall'utente.

Bibliografia:

Camplone V., Zinzi A., Massironi M. & Rossi A.P. (2021). *Geological Maps in MATISSE tool*. 15th Europlanet Science Congress 2021, held virtually, 13-24 September 2021. Online at www.epsc2021.eu, id. EPSC2021-489. [10.5194/epsc2021-489](https://doi.org/10.5194/epsc2021-489)

Zinzi A., Capria M.T., Palomba E., Giommi P. & Antonelli, L.A. (2016). *MATISSE: A novel tool to access, visualize and analyse data from planetary exploration missions*. Icarus, 15, 16-28. [10.1016/j.ascom.2016.02.006](https://doi.org/10.1016/j.ascom.2016.02.006)

Zinzi A., Pittori C., Tagliamonte R. & Nichelli E. (2021). *ASI Space Science Data Center participation to high-school outreach program*. Phys. Educ., 56(015011). [10.1088/1361-6552/abc605](https://doi.org/10.1088/1361-6552/abc605)

Zinzi A., Della Corte V., Ivanovski S.L., Lucchetti A., Epifani E.M., Miglioretti F., Pajola M., Rossi A., Barnouin O., Espiritu R.C., Dotto E., Amoroso M., Bertini I., Brucato J.R., Capannolo A., Cremonese G., Cotugno B., Dall'Orta M., Deshapriya J.D.P., Di Tana V., Gai L., Hasselmann P.H.A., Ieva S.,

Impresario G., Lavagna M., Meneghin A., Modenini D., Perna D., Pirrotta S., Poggiali G., Palumbo P., Simioni E., Simonetti S., Tortora P., Zannoni M. & Zanotti G. (2022). *The SSDC Role in the LICIAcube Mission: Data Management and the MATISSE Tool*. Planet. Sci. J., 3(126). [10.3847/PSJ/ac6509](https://doi.org/10.3847/PSJ/ac6509)

GEOLOGIA *Strutturale*

📍 Coordinatrice: **Laura Crispini**

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

L'Isola d'Elba orientale (Fig. 1) è stata meta dell'escursione annuale del Gruppo Italiano di Geologia Strutturale (GIGS) che si è svolta dal 26 al 29 Settembre con base Rio Marina. Il *field trip* è stato organizzato da Martina Zucchi, Andrea Brogi e Domenico Liotta, Ricercatori del Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali dell'Università di Bari Aldo Moro, con il coordinamento della Sezione GIGS e il contributo del Parco Nazionale dell'Arcipelago Toscano.

Sono state visitate 17 località (Fig. 1) distribuite nella parte orientale dell'isola, laddove sono esposte le unità litostratigrafiche, le strutture tettoniche e le mineralizzazioni che rendono l'Elba un laboratorio naturale unico per lo studio non solo dell'evoluzione geologica del Tirreno settentrionale e dell'Appennino, ma anche dei processi geologici e delle loro relazioni con le risorse naturali del nostro territorio.

Il primo giorno dell'escursione è stato dedicato all'analisi di rocce appartenenti alle unità geometricamente più profonde, tra quelle affioranti nell'isola, ed ai loro rapporti tettonici. Nel secondo giorno sono state visitate unità più superficiali nell'impilamento tettonico, porzioni relitte di litosfera oceanica e rocce con una relitti metamorfici di alta pressione. Il terzo giorno è stato dedicato alla storia tettonica più recente, osservando i rapporti tra faglie, corpi magmatici e mineralizzazioni.

L'evento ha visto la partecipazione di oltre 30 Ricercatori (Fig. 2), con una buona rappresentanza di giovani Soci e "quote rosa", provenienti da diverse Università e Centri di Ricerca italiani. La condivisione di conoscenze, esperienze e idee, ha stimolato la discussione sia sulle tematiche riguardanti direttamente la geologia

strutturale e i metodi di indagine, sia sulle rilevanti implicazioni che queste hanno per la comprensione della dinamica terrestre e distribuzione delle georisorse nel territorio. I *field trip* scientifici si dimostrano sempre un mezzo efficace per lo scambio culturale, sociale e l'impulso per nuove collaborazioni scientifiche.

a cura di L. Crispini, A. Brogi, M. Zucchi, D. Liotta e S. Iaccarino



Fig. 1 - Stop visitati durante l'escursione GIGS 2023 ed alcune foto sui principali affioramenti.

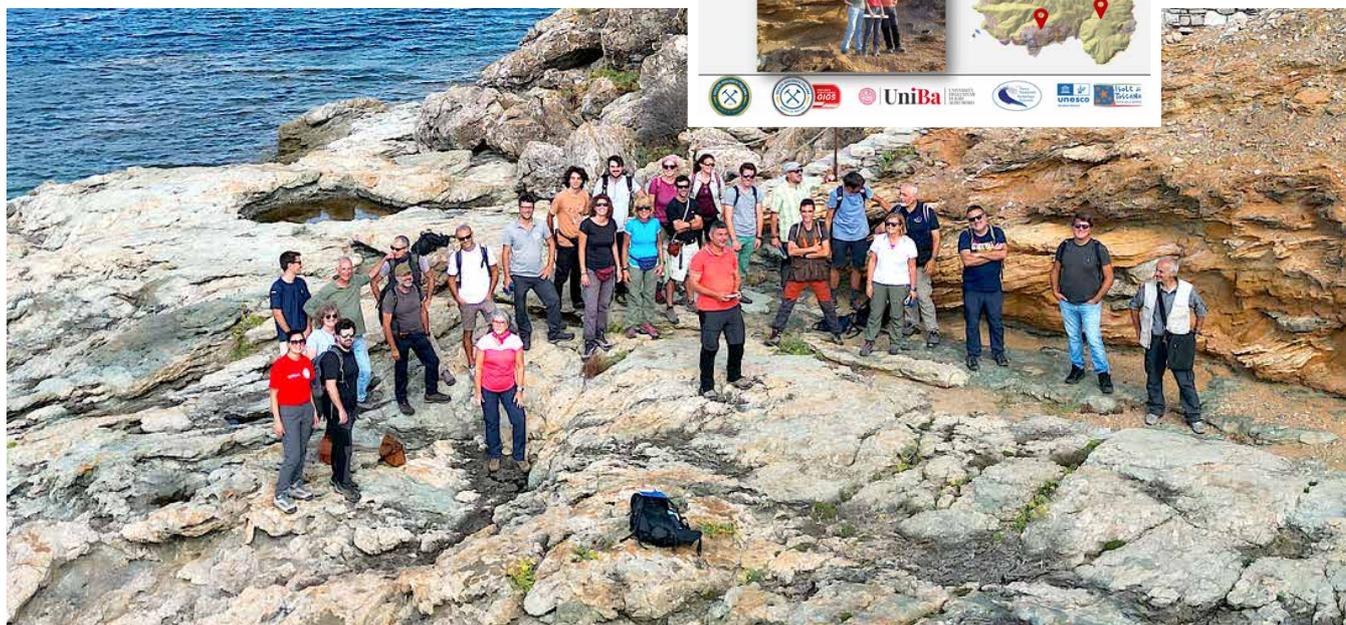


Fig. 2 - I partecipanti all'escursione GIGS 2023 sul promontorio di Zuccale dove affiora la Faglia omonima.

ACQUE SOTTERRANEE, le ultime dal mondo

Il 2022 si è chiuso con il Summit sulle Acque Sotterranee delle Nazioni Unite di Parigi (www.unwater.org/news/un-water-summit-groundwater-2022) dal titolo “Groundwater: The invisible resource for sustainable development”. L’evento ha concluso le iniziative dell’anno dedicato alle acque sotterranee, ribadendo il loro contributo fondamentale per il fabbisogno potabile e per la produzione di cibo, per i servizi igienico-sanitari, per l’adattamento ai cambiamenti climatici e la riduzione del rischio di catastrofi, per il sostentamento degli ecosistemi e della biodiversità, e per la stabilità del suolo. Le acque sotterranee svolgono dunque un ruolo indispensabile nel raggiungimento degli obiettivi di sviluppo sostenibile (SDG) dell’Agenda 2030 delle Nazioni Unite, avendo 53 dei 169 obiettivi un collegamento con le acque sotterranee. È stato tuttavia evidenziato che la gestione sostenibile di questa importante risorsa è ancora sottovalutata. Nel 2023 si è tenuta a New York la “UN 2023 Water Conference” (www.unwater.org/news/un-2023-water-conference) che ha visto la partecipazione di migliaia di stakeholder dalla società civile, dal settore pubblico e privato e dal mondo scientifico. La Conferenza delle Nazioni Unite ha avuto come tema il monitoraggio delle attività previste nel Decennio Internazionale 2018-2020 per l’Azione “Acqua per lo Sviluppo Sostenibile”. Colmare il divario nella gestione delle risorse idriche, investire in acqua e sistemi igienico-sanitari, concentrarsi sulla resilienza ed affrontare il cambiamento climatico rappresentano i punti chiave scaturiti dalla Conferenza. È stato anche notato che la gestione partecipata e condivisa delle acque sotterranee è in particolare ritardo, oltre ad evidenziare l’importanza che esse rivestono nell’affrontare la crescente richiesta idrica e nel sostenere la biodiversità. Traslando questi principi e obiettivi al nostro Paese, importanti sfide ci attendono in futuro. Se si considera il modo attuale di classificare i “corpi idrici sotterranei” (Direttiva 2000/60/CE e Decreto Legislativo 152/2006), dei 1052 riconosciuti in Italia, il 58% è in uno stato chimico “buono”, il 25% è in uno stato chimico “scarso” ed il 17% non è classificato; dal punto di vista quantitativo, il 61% dei “corpi idrici sotterranei” risulta essere in “buono” stato quantitativo, circa il 14% è “scarso” e circa il 25% non è ancora classificato (www.isprambiente.gov.it/it/archivio/notizie-e-novita-normative/notizie-ispra/2022/03/giornata-mondiale-dellacqua-2022). Dai Piani di Tutela e Uso della Acque delle Regioni, è ancora più evidente quanto lavoro sia necessario per arrivare ad una gestione sostenibile delle risorse idriche

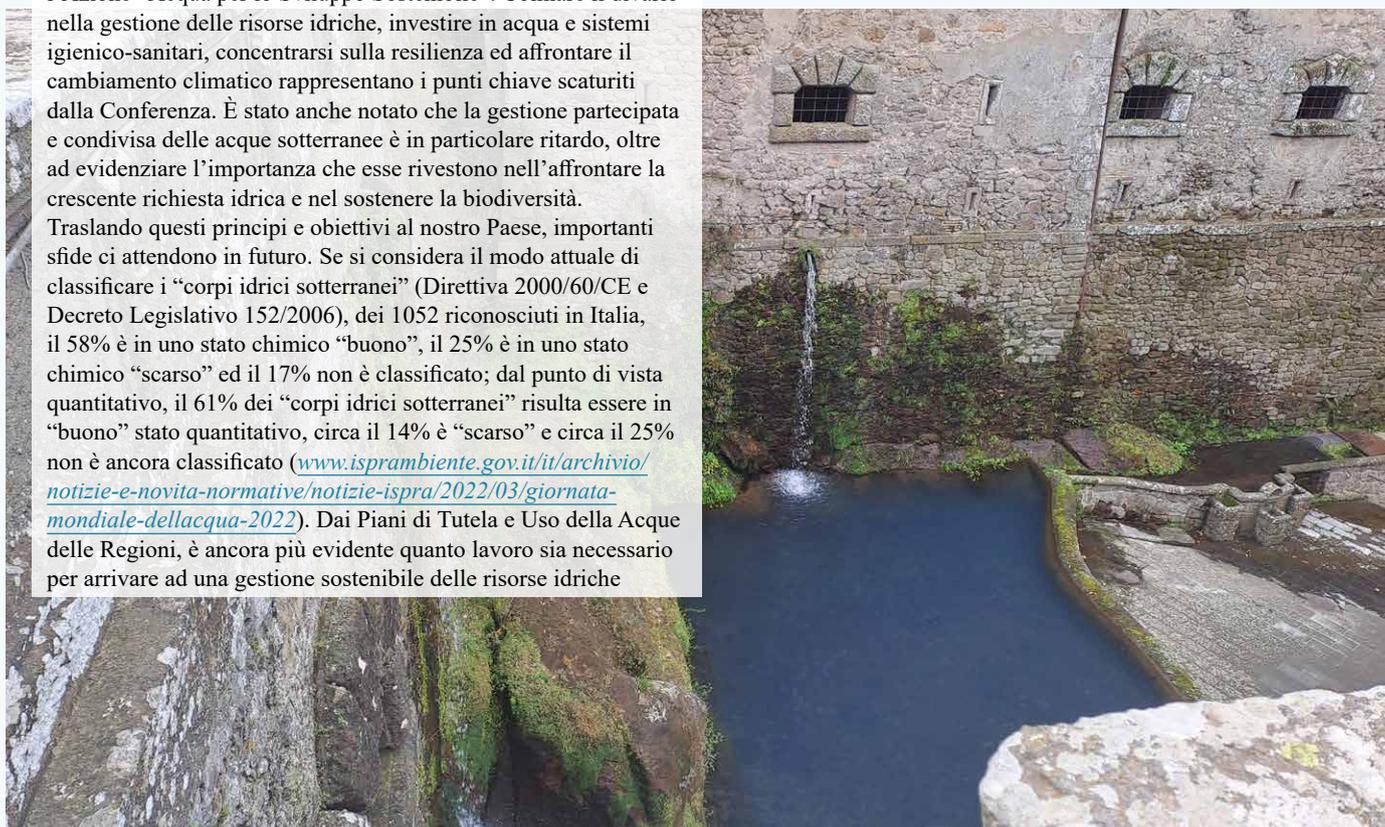
sotterranee. Per esempio, poco considerati sono gli “acquiferi minori” (quali gli acquiferi cristallini e le torbiditi cenozoiche), la rete di monitoraggio quantitativa e qualitativa è disomogenea e in alcuni casi ancora incompleta, le stime delle risorse idriche sotterranee ed ancor più dei prelievi richiedono approfondimenti e validazioni, gli stessi metodi per valutare gli effetti delle pressioni antropiche appaiono di prima approssimazione se si fa riferimento al progresso scientifico sul concetto di *sustainable yield* (per esempio, Gleeson et al., 2012; Pierce et al., 2012; Elshall et al., 2020).

Riferimenti citati:

Elshall A.S., Arik A.D., El-Kadi A.I., Pierce S., Ye M., Burnett K.M., Wada C.A., Bremer L.L. & Chun G. (2020). *Groundwater sustainability: a review of the interactions between science and policy*. Environ. Res. Lett., 15, 093004.

Gleeson T., Alley W.M., Allen D.M., Sophocleous M.A., Zhou Y., Taniguchi M. & VanderSteen J. (2012). *Towards sustainable groundwater use: Setting long-term goals, backcasting, and managing adaptively*. Groundwater, 50 (1), 19-26.

Pierce S.A., Sharp J.M., Joseph H., Guillaume A., Mace R.E. & Eaton D.J. (2012). *Aquifer-yield continuum as a guide and typology for science-based groundwater management*. Hydrogeology Journal, 21, 331-340.



Sorgente Papacqua (Soriano nel Cimino), sentinella della ricarica di un acquifero sospeso del domo vulcanico del Monte Cimino (Viterbo).

IL CONGRESSO CONGIUNTO SIMP, SGI, SOGEI, AIV

*The Geoscience paradigm:
Resources, Risks and future
perspectives di Potenza
(19-21 settembre, 2023):
qualche considerazione*



www.geoscienze.org/potenza2023

La conclusione del Congresso congiunto SIMP, SGI, SOGEI, AIV intitolato “*The Geoscience paradigm: Resources, Risks and future perspectives*”, svolto presso la sede di Potenza dell’Università della Basilicata, permette di trarre alcune considerazioni sull’esito dell’iniziativa, basate sul numero dei partecipanti e dei contributi scientifici presentati e, più in generale, sui punti di forza e le eventuali criticità riscontrate durante l’organizzazione e lo svolgimento del congresso e delle relative escursioni. Voglio precisare che, purtroppo, per motivi di salute non ho potuto vivere pienamente l’evento congressuale e le mie informazioni riguardo ad alcuni aspetti potrebbero essere incomplete. Pertanto, mi scuso

se nel testo riscontrerete eventuali omissioni o inesattezze. La prima caratteristica del congresso di Potenza è quella di essere stato organizzato congiuntamente da ben quattro società scientifiche e, in tal senso, ha promosso una visione unitaria delle Geoscienze, ed è risultato attrattivo per una ampia porzione della nostra comunità scientifica. Infatti, il numero dei partecipanti, circa 800, è stato di poco inferiore a quello di precedenti Congressi svolti in città di dimensioni molto maggiori e meglio collegate rispetto a Potenza e, di per sé, può essere considerato un successo. Al numero dei partecipanti ha corrisposto un elevato numero di contributi scientifici (386 *poster* e 400 comunicazioni orali) all’interno di 44 sessioni scientifiche. Sono state inoltre organizzate





ben 4 sessioni plenarie, tenute durante la giornata pre-congressuale (18 settembre) e le tre successive giornate del Congresso (19-21 settembre). Inoltre, sono state svolte due escursioni pre-congresso e una escursione post-congresso dedicate a tematiche geologico-strutturali, petrografiche, geochimiche e vulcanologiche ben documentabili nell'Appennino meridionale e in Calabria. I dati appena esposti mostrano come l'esito del Congresso, da un punto di vista numerico e scientifico, può essere ritenuto largamente positivo, soprattutto se si considera che è stato svolto in una città di piccole dimensioni, situata in una posizione decentrata rispetto alle principali vie di collegamento nazionali, nella quale ha sede una piccola Università che ospita un gruppo GEO relativamente piccolo, comprendente 18 tra professori e ricercatori. Nonostante l'elevato numero dei partecipanti, durante tutte le giornate del congresso, l'organizzazione ha retto egregiamente e alcuni piccoli inconvenienti sono stati risolti con sollecitudine. Nella giornata pre-congressuale del 18 settembre sono state organizzate iniziative importanti quali il *PhD day*, la prima sessione plenaria e un evento divulgativo rivolto, oltre che ai congressisti, anche alla cittadinanza di Potenza. Nelle successive tre giornate dedicate alle sessioni scientifiche l'affluenza dei congressisti è aumentata in modo significativo. Nonostante questo, le aule del Campus Macchia Romana di Potenza assieme alle relative attrezzature informatiche si sono dimostrate adeguate ad ospitare le sessioni orali e la grande tensostruttura costruita nel parcheggio si è dimostrata efficace per ospitare i *poster* e il *catering*. La città, situata in un contesto morfologico articolato, la localizzazione delle strutture alberghiere e la posizione decentrata del Campus di Macchia Romana, collegato con il centro cittadino da una ripida salita e distante rispetto alla principale stazione ferroviaria, hanno senz'altro rappresentato potenziali criticità. Per cercare di risolverle, è stato organizzato un servizio navetta che ha facilitato gli spostamenti all'interno della città. Nonostante le difficoltà, i congressisti hanno riempito il Campus, che è apparso fortemente trasformato, acquisendo una vivacità mai vista prima.

Questo risultato è stato raggiunto grazie ad una attenta pianificazione iniziale, realizzata all'interno del comitato organizzatore composto da docenti dell'Università della Basilicata, ricercatori del CNR-IMAA e i rappresentanti della SIMP e della SGI. La proficua collaborazione dei componenti del comitato organizzatore con i referenti tecnici e amministrativi dell'Università della Basilicata è stata fondamentale per la risoluzione degli innumerevoli problemi posti dall'organizzazione del congresso, per la predisposizione della tensostruttura e degli spazi per gli *sponsors*. Un importante supporto è stato inoltre fornito dal nutrito gruppo di *helpers*, composto studenti e dottorandi (29 dell'Università della Basilicata e 27 provenienti da altre università), coordinati dall'associazione GeoBAS dell'Università della Basilicata. Gli *helpers* sono stati fondamentali per l'accoglienza dei congressisti, il funzionamento delle sessioni e per la rapida soluzione di piccoli problemi. Concludendo, il bilancio dell'iniziativa, da un punto di vista numerico, scientifico e organizzativo è stato senz'altro positivo. Il nostro piccolo gruppo GEO ha lavorato al progetto e, nonostante l'impreparazione iniziale, ha fatto tesoro dei consigli dei componenti di SGI e SIMP all'interno del comitato organizzatore, si è impegnato nella ricerca di sponsor locali ed ha svolto il ruolo di collegamento tra le strutture tecniche dell'Università della Basilicata, le amministrazioni locali e le società scientifiche. L'auspicio è che il congresso congiunto abbia effettivamente rappresentato un momento di unità e di rafforzamento delle Scienze della Terra, tale da evidenziare la vivacità della nostra comunità scientifica, nel tentativo di contrastare il periodo di crisi che stiamo vivendo a livello locale e nazionale. A tale proposito, sarebbe opportuno nei futuri congressi congiunti prestare ancora più attenzione alla divulgazione, organizzando eventi aperti alla cittadinanza in modo da mettere in luce l'importanza delle Scienze della Terra in moltissime delle attività economiche e delle problematiche che l'umanità dovrà affrontare nel prossimo futuro.

PREMI SGI 2023

Si è svolta a Potenza, nell'ambito del Congresso congiunto SIMP-SGI-SoGEI-AIV, la cerimonia di conferimento dei premi annuali della Società Geologica Italiana.

La cerimonia di premiazione è il momento finale di un complesso percorso che vede nella fase di valutazione, che quest'anno ha coinvolto 33 persone tra rappresentanti della Fondazione Sella, docenti dell'ANISN e ricercatori e professori di università ed enti di ricerca, il suo passo più importante. Il lavoro delle commissioni è reso sempre più impegnativo dall'elevato numero di candidature ricevute e dal valore complessivo dei lavori sottomessi alla valutazione.

L'alto numero delle candidature ricevute a premi volti prevalentemente a incoraggiare e promuovere l'attività di giovani ricercatori, è senza dubbio un segnale importante per la nostra comunità; quest'anno è stata significativa anche la nutrita partecipazione di classi delle scuole primarie al Premio "Quintino Sella" per la didattica delle Scienze della Terra.

Gli alunni delle classi II, III e V C (A.S. 2022-2023) del Convitto Nazionale "Vittorio Emanuele II" di Napoli, guidati dai loro insegnanti, sono i vincitori del Premio "Quintino Sella" per la didattica delle Scienze della Terra con il Progetto "Cambiamenti climatici e le conseguenze sull'uomo. Il caso

dell'Antartide" la cui qualità è stata giudicata eccellente dalla commissione, che ha evidenziato come il percorso didattico abbia "permesso agli studenti partecipanti di acquisire conoscenze di base del pianeta Terra e delle sue dinamiche evolutive e, contestualmente, di prendere parte a un complesso percorso interdisciplinare che ha coinvolto argomenti inerenti la Storia, la Geografia, le Scienze e Tecnologia e l'Educazione Civica".

Nel corso della cerimonia sono stati premiati anche i vincitori dei premi rivolti agli autori di articoli e cartografie pubblicate sulle riviste della Società Geologica Italiana nel corso del 2022.

Il Premio Franchi per il miglior lavoro scientifico è stato conferito a Schito A., Muirhead D., Bowden S. & Parnell J. per l'articolo "Hydrothermal generation of hydrocarbons in basement rocks, Southern Tuscany cave" pubblicato su *Italian Journal of Geosciences* 141(2); il Premio Cartografia geo-tematica per il miglior prodotto di cartografia geo-tematica è stato conferito a Petti F.M., Antonelli M., Sacco E., Conti J., Petruzzelli M., Spalluto L., Cardia S., Festa V., La Perna R., Marino M., Marsico A., Sabato L., Tropeano M., Barracane G., Montrone G., Piscitelli A., Franciscangeli R. per il lavoro "Geothematic map of the Altamura dinosaur tracksite (early Campanian, Apulia, southern Italy)" pubblicato su *Geological Field Trips and Maps*, 14, fasc. 1.1. Sono stati inoltre assegnati i premi sostenuti dal contributo delle Sezioni.

Il Premio per la miglior pubblicazione di giovani ricercatori, come nella sua prima edizione, ha visto riconosciuto il valore delle giovani ricercatrici italiane. Sono tutte donne le vincitrici delle quattro categorie promosse quest'anno: la dott.ssa Chiara Amadori (Geologia del Sedimentario), con la pubblicazione "The role of mantle upwelling on the thermal history of the Tertiary-Piedmont Basin at the Alps-Appennines tectonic boundary", Amadori C. et al., *Basin Research* (2023); la dott.ssa Laura Nania (Geologia Himalayana), con la pubblicazione "Multi-

stage evolution of the South Tibetan Detachment System in Central Himalaya: Insights from carbonate-bearing rocks", Nania L. et al., *Journal of Structural Geology* (2022); la dott.ssa Barbara De Toffoli (Geologia Planetaria), con la pubblicazione "Delta Deposits on Mars: A Global Perspective", De Toffoli B. et al., *Geophysical Research Letters* (2021); la dott.ssa Chiara Montemagni (Geologia Strutturale e Tettonica), con la pubblicazione "Constraining kinematic and temporal evolution of a normal-sense shear zone: Insights into the Simplon Shear Zone (Western Alps)", Montemagni C. & Zanchetta S., *Journal of Structural Geology* (2022).

Il dott. Davide Dana ha ricevuto il Premio miglior guida all'escursione (categoria Geologia Strutturale e Tettonica) per la guida inedita: "The Briançonnais margin units in the south Western Alps (Italy-France)".

Il dott. Filippo Accomando è risultato vincitore del Premio Simone Frigerio (Geoscienze e Tecnologie Informatiche) per la miglior presentazione di giovane ricercatore, con la presentazione dal titolo "The use of a drone-borne magnetic system as a new remote sensing strategy for geophysical investigations".



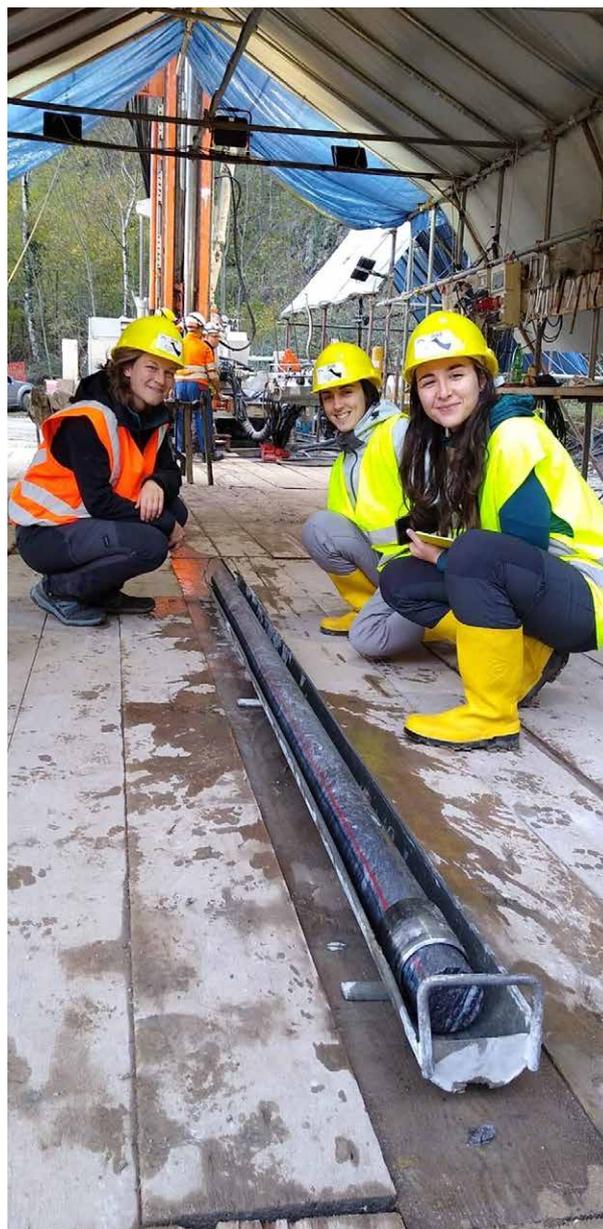
FASE 1 DEL PROGETTO DIVE NELLA ZONA IVREA-VERBANO: *primo touchdown*

Nell'autunno 2022 il progetto DIVE (*Drilling the Ivrea-Verbano zone*), finanziato dall'*International Continental Drilling Program (ICDP)*, *Swiss National Science Foundation*, *Austrian Science Foundation* e *German Science Foundation*, ha preso piede nella Val d'Ossola della Zona Ivrea-Verbano (ZIV) con la Fase 1 di perforazione scientifica. La prima perforazione a Ornavasso (sito DT-1b) ha raggiunto la profondità di 578 m con un recupero totale di carote di rocce della sequenza metapelitica dell'antica crosta paleozoica della ZIV.

Questo settore delle Alpi italiane permette di esplorare sezioni quasi continue della crosta profonda e della potenziale transizione crosta-mantello tramite perforazioni scientifiche relativamente poco profonde. Per quanto contraddittorio possa sembrare, nella ZIV possiamo infatti raggiungere le radici della crosta continentale dopo 1 chilometro di perforazione. Questo perché la collisione tra le placche tettoniche che ha generato le Alpi europee ha portato i livelli profondi della crosta terrestre alle profondità che possono essere raggiunte tramite l'attuale tecnologia di perforazione. Con questo progetto stiamo intraprendendo il viaggio per raggiungere il potenziale confine crosta-mantello sotto i continenti per la prima volta nella storia! Siamo come subacquei che raggiungono il fondo dell'oceano dopo poche decine di metri di immersione.

Il progetto internazionale DIVE ha ricevuto il generoso supporto degli enti locali, regionali e nazionali quali il Comune di Ornavasso, il Parco Nazionale della Val Grande, la Regione Piemonte, l'Istituto di Geofisica e Vulcanologia e il Consiglio Nazionale delle Ricerche. Il recupero delle carote di roccia è stato condotto dalla società C.S.I. s.r.l. con sede a Milano. Gli studenti e giovani ricercatori sono i veri protagonisti che hanno preliminarmente caratterizzato le carote di roccia e contribuito a questa missione scientifica finalizzata a scoprire l'architettura dei continenti, la biosfera nelle viscere della Terra e su altri pianeti terrestri e le risorse minerarie necessarie per la transizione energetica. Il progetto DIVE è di importanza globale per le Geoscienze e per l'impatto sulla nostra società che ancora non conosce appieno ciò che giace sotto i nostri piedi. Ad maiora per il secondo *touchdown* della Fase 1 del progetto che inizierà questo autunno a Megolo (sito DT-1a), frazione di Pieve Vergonte nella Val d'Ossola dove puntiamo a recuperare 1000 metri di carote di roccia della sezione più profonda della crosta e di una sua possibile transizione verso il mantello superiore. Seguitemi sui siti ufficiali dell'ICDP e del progetto DIVE:

www.icdp-online.org/projects/by-continent/europe/dive-italy
www.dive2ivrea.org



Gli studenti protagonisti del progetto DIVE sul sito di perforazione scientifica a Ornavasso in Val d'Ossola. Crediti Luca Ziberna (Università di Trieste).



Esempio di carota di roccia recuperata durante le operazioni di perforazione scientifica. Crediti Donato Giovannelli (Università di Napoli Federico II).

IL MANIFESTO DI BARCELLONA per l'insegnamento delle Geoscienze

Un gruppo di lavoro riunitosi a Barcellona il 13 e il 14 maggio 2023, in rappresentanza delle associazioni e delle istituzioni partner dell'*Education Committee dell'European Geosciences Union* (EGU), hanno concordato di scrivere e pubblicare il seguente documento, auspicando che numerose associazioni e enti formativi di tutto il Mondo lo approvino e lo sottoscrivano. Lo scopo è di far fronte all'allarmante diminuzione dell'acquisizione di conoscenze di Geoscienze in tutti i livelli di istruzione nella maggior parte dei paesi e di trovare soluzioni condivise, consapevoli dell'importanza delle Geoscienze per affrontare problemi ambientali quali il riscaldamento globale, il dissesto idrogeologico, il consumo del suolo, per citarne solo alcuni.

Le associazioni e gli enti interessati ad aderire, sono invitati a segnalare la propria adesione a Francesca Cifelli (francesca.cifelli@uniroma3.it), Francesca Funicello (francesca.funicello@uniroma3.it), delegate per l'Italia presso l'*Education Committee* dell'EGU e a Susanna Occhipinti (susocchip@gmail.com) coordinatrice del progetto per l'Italia.

Le Geoscienze forniscono informazioni di base per molte discipline scientifiche. I fondamenti delle Geoscienze sono alla base dell'insegnamento in aspetti chiave dei curricula scolastici, ma raramente vengono insegnate come disciplina autonoma. Oltre ai corsi universitari dove viene formata la maggior parte dei futuri professionisti, l'importanza del ruolo delle Geoscienze nella costruzione della cittadinanza non è attualmente riconosciuta sufficientemente dai decisori politici e dalle autorità educative.

Le Geoscienze:

- ▶ rendono possibile descrivere, analizzare e interpretare le evidenze scientifiche per una visione dei sistemi passati, presenti e futuri, del pianeta Terra, ed estenderle ad altri pianeti;
- ▶ offrono una prospettiva unica delle profonde interazioni e interdipendenze tra i diversi sottosistemi terrestri: rocce, acqua, aria e vita;
- ▶ forniscono un'interpretazione oggettiva dei materiali e dei processi e della loro evoluzione attraverso il tempo geologico;
- ▶ forniscono un approccio metodologico e pratico che migliora le competenze scientifiche critiche come saper osservare, saper descrivere, possedere pensiero critico, saper formulare domande e ipotesi e saper argomentare;
- ▶ svolgono un ruolo primario in molti aspetti di rilevanza sociale, economica o ambientale per tutti i cittadini:
 - Risorse geologiche (ad esempio minerali, rocce, acqua, suoli, idrocarburi) e il loro impatto delle attività umane sul loro sfruttamento efficiente e sostenibile.
 - Cambiamenti climatici e riscaldamento globale
 - Rischi naturali (ad es. terremoti, eruzioni vulcaniche, tsunami, inondazioni, frane).
 - La necessità di conoscere, valorizzare e preservare il nostro patrimonio geologico come testimonianza dei processi passati che hanno plasmato il pianeta e l'evoluzione della vita.
 - I 17 Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDG) promossi dalle Nazioni Unite, particolarmente rilevanti come agricoltura sostenibile, acqua, energia, oceani, ecologia, cambiamento climatico, conservazione del patrimonio e riduzione dei disastri.



È pertanto essenziale:

- ▶ Garantire che in ogni paese sia previsto un livello appropriato di educazione alle Geoscienze dalla prima infanzia alle secondarie di 2^a (circa 6-18 anni).
- ▶ Definire, sulla base di proposte internazionali, alcuni principi e idee chiave per l'apprendimento delle Geoscienze che possano servire come riferimento per l'inclusione e la sequenza dei contenuti nella progettazione di un curriculum.
- ▶ Riconoscere le opportunità offerte dagli aspetti pratici e dall'unicità del lavoro sul terreno e in laboratorio che caratterizzano le Geoscienze.
- ▶ Incoraggiare, attraverso i contenuti delle Geoscienze nell'istruzione secondaria, la costruzione di una serie di carriere nelle Geoscienze che saranno necessarie per soddisfare le esigenze presenti e future della società.
- ▶ Stabilire strategie per garantire la competenza scientifica e didattica degli insegnanti che si occupano dell'insegnamento delle Geoscienze nell'istruzione pre-universitaria.
- ▶ Prevedere che gli studenti che accedono ai corsi universitari di Geoscienze abbiano una formazione sufficiente per consentire loro di svolgere i loro studi e che i corsi universitari che portano alle carriere geo scientifiche offrano un livello adeguato di formazione.

Di conseguenza, invitiamo istituzioni, associazioni, organizzazioni e individui che condividono questi valori ad unirsi a questo Manifesto. Li invitiamo anche a diffonderlo tra i loro cittadini, e a condividerlo soprattutto con i responsabili politici e le autorità educative nei loro Paesi.

Barcellona, 14 maggio 2023

Hanno sottoscritto il Manifesto ad oggi

AEPECT

Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra - Spain

ANISN

Associazione Nazionale Insegnanti di Scienze Naturali - Italy

APBG

Association des Professeurs de Biologie et de Géologie - France

APG

Associação Portuguesa de Geólogos - Portugal

APPBG

Associação Portuguesa de Professores de Biologia e Geologia - Portugal

DGGC

Deutsche Gesellschaft für Geomorphologie e.V. - Germany

ESTA

Earth Science Teachers Association - UK

GSG

Geological Society of Greece - Greece

HGD

Hochschulverband für Geographiedidaktik - Germany

LUNAH

Lunah Education Center - Albania

NIEP

National Institute for Earth Physics - Romania

SVTSUP

Sciences de la Vie et de la Terre Sup - France

YEÇG

Türkiye Yerbilimleri Eğitimi Çalışma Grubu - Turkey

SGI - La Società Geologica Italiana nell'ultima assemblea

Il manifesto è scaricabile dal sito:

www.egu.eu/static/7411c08/education/manifesto_2023_08_21.pdf

RECENSIONE

L'ORO DEL DIAVOLO *Storia dello Zolfo e della sua estrazione in Sicilia*

Autrice **Giulia Innamorati**

“L’Oro del Diavolo - Storia dello Zolfo e della sua estrazione in Sicilia” è una monografia curata da Rosalda Punturo, Rosolino Cirrincione e Rosanna Maniscalco, e nasce dalla cooperazione tra Club Alpino Italiano e Società Geologica Italiana. Questa monografia, infatti, è il prodotto del lavoro portato avanti dal Comitato Scientifico Regionale del CAI Sicilia in collaborazione con l’Università degli Studi di Catania. La monografia, gratuitamente scaricabile al link https://esc.cai.it/wp-content/uploads/2022/12/Zolfo_Sicilia-1.pdf, è

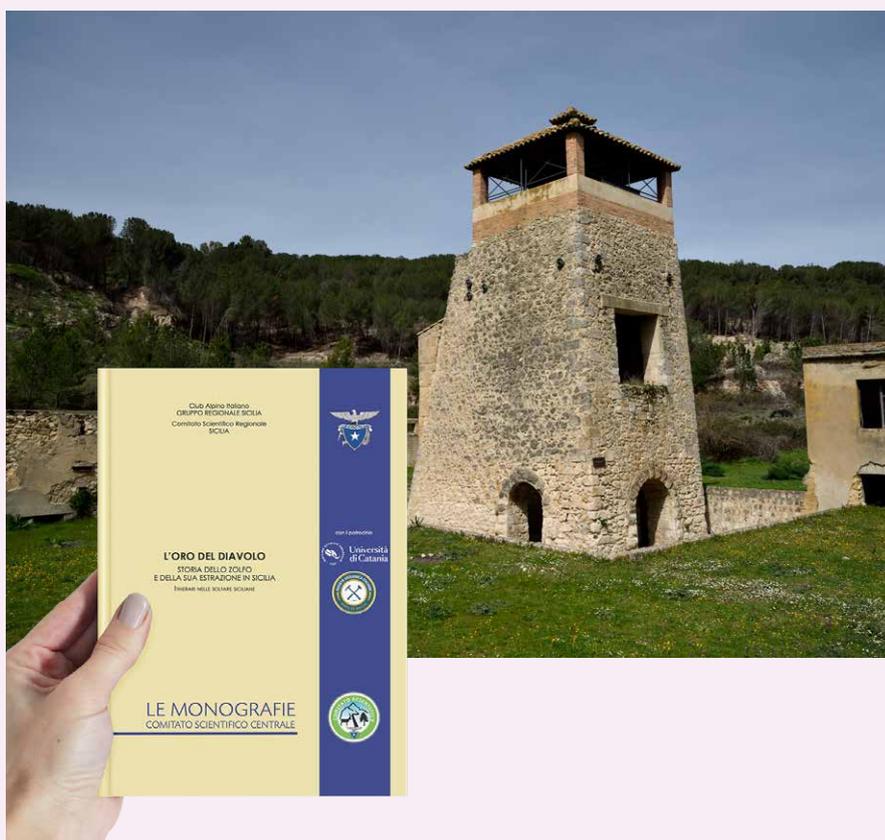
articolata in quattro capitoli corredati di splendide immagini e fotografie. Ma cosa volevano raccontarci gli Autori in questo libro? E perché approfondire la storia estrattiva dello Zolfo? Come spiegato nel primo capitolo, lo Zolfo e i suoi minerali, in Sicilia, già prima della colonizzazione da parte dei Greci, sono sempre stati sfruttati ed estratti. Inizialmente a scopo medicamentario e rituale e in seguito, con lo sviluppo delle nuove tecnologie belliche in epoca Bizantina, il loro impiego è stato dirottato in ambito militare. Il ‘700 ha visto fiorire, di pari passo con il progresso industriale, l’attività estrattiva che crebbe a dismisura fino al XIX secolo, quando la Sicilia divenne la sovrana mondiale per estrazione dello Zolfo per oltre un secolo. Basti pensare che l’80% dello Zolfo prodotto nel mondo proveniva proprio dalla Sicilia.

Fu proprio in questa fase che lo Zolfo venne soprannominato “l’Oro del Diavolo” per sottolinearne l’importanza strategica in ambito economico e politico. In questo capitolo, però, gli autori non si limitano a raccontare la storia estrattiva dello Zolfo, ma ci illustrano come questa pratica si sia radicalmente insinuata nella vita della Sicilia con ricadute importantissime da ogni punto di vista: economico,

tecnologico, ma anche sociale e ambientale. Basti pensare che lo sfruttamento delle miniere era diventato così pervasivo nel XIX secolo che i Borbone furono costretti a emanare decreti a tutela della vegetazione. E vediamo quindi come il paesaggio di un paese possa essere plasmato e radicalmente modificato. Di pari passo, il primo vero ammodernamento della rete viaria e dei trasporti in generale dell’Isola avvenne proprio per velocizzare l’esportazione dello Zolfo. Ma, purtroppo, la storia estrattiva dell’Oro del Diavolo si collega anche a fatti tragici e spesso dimenticati. Ricordiamo per esempio i quotidiani incidenti che avvenivano in miniera (“*riportate solo su qualche lapide sbiadita o toponomastica di qualche piccolo centro della Sicilia centrale*”) o la drammatica realtà dei “carusi”, bambini di fatto venduti ai proprietari delle miniere, che vennero per decenni sfruttati in condizioni disumane per estrarre lo Zolfo. I curatori, nella loro prefazione, riflettono sul fatto che queste storie, ancora oggi, sono purtroppo realtà non estinte.

Dopo un *excursus* che illustra le caratteristiche chimico-mineralogiche dello Zolfo, si passa al terzo capitolo che risponde alla domanda “perché lo Zolfo in Sicilia”, la risposta, naturalmente, risiede nelle peculiarità geologiche della Sicilia. Gli Autori ci spiegano come la successione legata alla Crisi di Salinità Messiniana (Serie Gessoso-Solfifera), estesa in particolar modo nel Bacino di Caltanissetta, sia la sorgente di questo elemento e di tutti i suoi minerali derivati.

Il quarto capitolo, infine, racchiude quattro itinerari che accompagnano il lettore alla scoperta delle solfatare siciliane del Bacino di Caltanissetta. Questi itinerari permettono, non solo di approfondire le caratteristiche geologiche della Gessoso Solfifera, ma di immergersi completamente nel mondo perduto delle solfatare siciliane. Questi percorsi ci permettono di apprezzare quanto il patrimonio geo-naturalistico sia intrecciato indissolubilmente con quello storico e culturale di una data area, perché come non ci stancheremo mai di ricordare, l’unione tra geologia, risorse e natura è di fatto indissolubile.



NUNTIUM

de Lapidibus

Autore Massimo Coli

Dip. Scienze della Terra. Università di Firenze.

Heritage stones, Building stones and Stone buildings news

Vacanze geologico monumentali a Malta



Fig. 1 - Forte Sant'Angelo (Vittoriosa), parte delle grandiose fortificazioni a mare di Malta (foto: Massimo Coli).



Fig. 2 - Malta, Gozo ed i Templi megalitici (immagine da *Google Earth*, 2023).

Recentemente ho avuto occasione di andare a Malta per questioni di recupero e conservazione di edifici storici, e, ovviamente, ne ho approfittato per visitare l'Isola, meta preferita di tanti studenti per imparare l'inglese e socializzare

La mia attenzione era rivolta alle grandi fortificazioni di Malta (**Fig. 1**) dentro cui i Cavalieri di Malta (Sovrano Militare Ordine Ospedaliero di San Giovanni di Gerusalemme, di Rodi e di Malta), dopo essere stati scacciati prima da Gerusalemme e poi da Rodi, si ritirarono nel 1565 e resistettero per sei mesi al duro assedio portato avanti da 50.000 Ottomani di Solimano il Magnifico. Ma poi la mia attenzione principale si è rivolta ai giganteschi Templi megalitici datati dal 3.600 al 2.500 a.C., di cui ignoravo l'esistenza.

Questi Templi sono tra i primi edifici in pietra autoportanti al mondo e sono notevoli per la loro diversità di forme e decorazioni; ogni Tempio è diverso

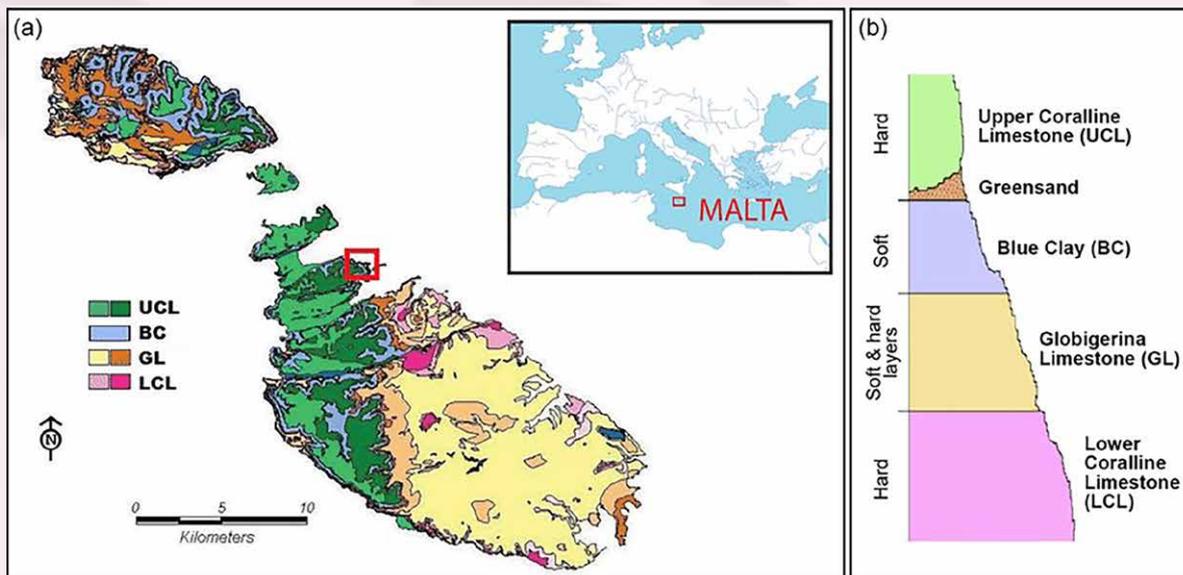


Fig. 3 - Schema geologico di Malta e Gozo (da <https://doi.org/10.1093/gji/ggy025>).



Fig. 4 - Tempio di Ggigantia: lastre di Calcare corallino poste in verticale in facciata, intervallate da lastre poste trasversalmente per rinforzare la muratura. Nella parte superiore le lastre sono invece poste per orizzontale; da notare le coppelle, entro le quali, si inserivano le sfere di pietra utilizzate per il trasporto in orizzontale delle lastre (foto: Massimo Coli).



Fig. 5 - Schema del trasporto dei blocchi megaliti su sfere di pietra (Tempio di Ggigantia).

in pianta, articolazione e tecnica di costruzione (Fig. 2).

La facciata e le pareti interne sono costituite da lastre di pietra verticali, ortostati, sormontate da blocchi orizzontali (Fig. 3), i corsi di muratura orizzontali superstiti indicano che i monumenti avevano tetti a sbalzo, probabilmente coperti da travi orizzontali o a tholos; questo metodo di costruzione era una soluzione straordinariamente sofisticata per quei tempi.

Le pareti esterne sono generalmente costruite in blocchi più grandi posizionati alternativamente paralleli alla parete esterna o ad essa trasversali, legando saldamente tutta la muratura. Lo spazio tra il muro esterno e le pareti delle camere interne è pieno di pietre e terra, che legano assieme l'intera struttura.

I costruttori del tempio usarono pietre disponibili localmente di cui è chiaro che avevano una conoscenza approfondita, in particolare usarono il Calcare corallino (UCL) duro per le pareti esterne e il

Calcare globigerina (GL) (Fig. 4) più morbido per gli interni più riparati e gli elementi decorati. Le pareti interne erano intonacate e dipinte, frammenti di intonaco con ocre rosse sono conservati presso il Museo Archeologico di Gozo.

Il materiale lapideo usato era di provenienza locale, con blocchi fino a 20 t. I blocchi venivano smassati dalla superficie topografica, a controllo litostrutturale con giaciture sub-orizzontali, sfruttando lo spessore della stratificazione, che è di circa 60 cm per il Calcare corallino e di circa 20 cm per il Calcare globigerina, ed i *joint* che naturalmente segmentano gli strati in lastre metriche per il Calcare corallino e sub-metriche per il Calcare globigerina.

Per il trasporto dei blocchi più grandi era stato messo a punto un ingegnoso sistema a sfere di pietra, sulle quali i blocchi, sul cui piano erano stati ricavati degli incastri semisferici, venivano fatti scivolare come su di un piano a sfere (Fig. 5).

Ancora una volta siamo di fronte ad un eclatante esempio di conoscenza del

territorio, dei suoi materiali lapidei, delle loro proprietà e di come cavarli, trasportarli e metterli in opera al meglio: tutto questo si può riassumere in una "conoscenza geologica".

Di conseguenza, bisogna accettare che 5.000 anni fa esisteva anche a Malta, isolata nel mezzo del Mediterraneo, una conoscenza tecnica e dei saperi che nulla avevano da invidiare alle altre grandi civiltà dell'epoca, in primis Egizia e Minoica. Inoltre avevano una grande capacità tecnico-costruttiva realizzando opere che si sono mantenute Integre ed Autentiche per 5.000 anni; forse noi oggi sapremmo uguagliarli solo con uso di progetti agli elementi finiti, calcoli complessi, piani di sicurezza, valanghe di autorizzazioni, gare al massimo ribasso, piani di manutenzione ... *meditate gente meditate!*

Grazie, ed alla prossima.

NEWS *in pillole*

16th Emile Argand Conference on Alpine Geological Studies Alpine Workshop, Siena 2024

16th EMILE ARGAND CONFERENCE ON ALPINE GEOLOGICAL STUDIES - Alpine Workshop



Organizzazione



Paolo Conti
Univ. Siena



Giancarlo Molli
Univ. Pisa



Eline Le Breton
FU Berlin



Mark Handy
FU Berlin

www.alpshop2024.eu

Siena, 16-17-18 Settembre 2024

Nei giorni 16-17-18 Settembre 2024 si terrà a Siena la 16a edizione della “EMILE ARGAND CONFERENCE ON ALPINE GEOLOGICAL STUDIES”, anche nota come “Alpine Workshop”. La conferenza che segue quella tenutasi nel 2022 a Lubiana, si svolgerà presso il Complesso Didattico Universitario Laterino, dell’Università di Siena.

La conferenza è organizzata da Paolo Conti (Università di Siena), Giancarlo Molli (Università di Pisa), Eline Le Breton (Freie Universität Berlin), Mark Handy (Freie Universität Berlin) in collaborazione con la *European Geosciences Union*.

Come nelle edizioni precedenti, la conferenza è il luogo di incontro di ricercatori e studiosi per la presentazione di idee e ricerche riguardanti la catena alpina e gli orogeni adiacenti (Dinaridi, Ellenidi, Appennino, catene del Nord-Africa e Cordigliera Betica). I temi trattati saranno quelli della geologia strutturale, tettonica,

stratigrafia, sedimentologia, metamorfismo, petrologia, struttura crostale e litosferica, sismotettonica ed evoluzione geodinamica.

La conferenza si terrà nei giorni 16-18 Settembre, nei giorni 13-15 Settembre avranno luogo le escursioni pre-congresso, nei giorni 19-21 Settembre avranno luogo le escursioni post-congresso.

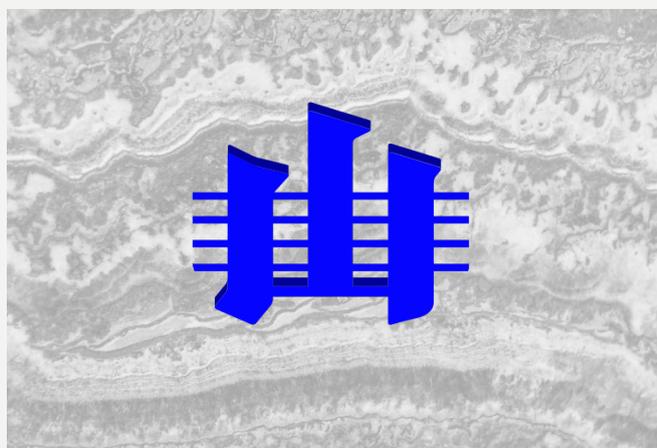
Ulteriori informazioni sono riportate nel sito *web* del Congresso:

🌐 www.alpshop2024.eu

Nel mese di Gennaio 2024 nel sito *web* del Congresso saranno aperte le iscrizioni alla Conferenza, e alle Escursioni. Per quella data saranno indicate le quote di partecipazione e le modalità di sottomissione di riassunti per le presentazioni orali e poster.

Se non vuoi perdere nessuna delle comunicazioni relativa al Congresso puoi iscriverti alla mailing list direttamente dal sito *web* del Congresso.

Un arrivederci a tutti a Siena!!!



La Prof.ssa Elisabetta Erba presidente della ICS

Vi comunichiamo, con grande soddisfazione, che la Prof. Elisabetta Erba è stata eletta “Chair” della “*International Commission of Stratigraphy*” per il 2024-2028. L’elezione della Prof.ssa Erba a questa importantissima carica internazionale riempie di orgoglio la comunità delle geoscienze nel suo insieme, nella consapevolezza che porterà a compimento l’incarico con competenza, sapienza e saggezza. La SGI, si è offerta per il periodo di Presidenza della ICS di fornire supporto amministrativo e gestionale alla Prof.ssa Erba per la gestione dell’oneroso incarico. L’inizio ufficiale del mandato coinciderà con l’IGC 2024 a Busan (Corea). Alla Prof.ssa Erba le congratulazioni di tutta la comunità con i migliori auguri di buon lavoro nello svolgimento di questo importante mandato.



Il ruolo delle geoscienze nella transizione energetica

Realizzare la transizione energetica richiede convinzione e investimenti in progetti di ricerca scientifica pura ed applicata ed un contestuale sviluppo tecnologico oltre ad una costruttiva ed efficace collaborazione tra rappresentanti governativi, esponenti del mondo scientifico, tecnico e di quello industriale ed imprenditoriale.

Lungo questo complesso percorso le geoscienze ricoprono un ruolo chiave. La SGI è in prima fila in questa sfida del futuro. Scarica il documento dal *link*:

🌐 www.socgeol.it/files/download/scienze%20della%20terra%20oggi%20in%20italia/GEOSCIENZE-TRANSIZIONE-ENERGETICA.pdf

NEWS *in pillole*



È tempo di iscrizione/ rinnovo a SGI

Nuovi volumi disponibili!!!

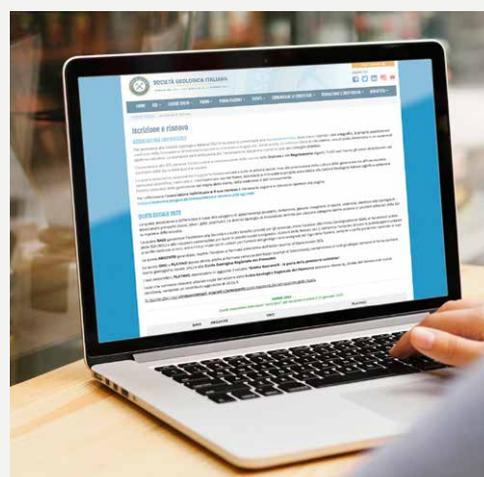
Avete dato un'occhiata alle nuove pubblicazioni di SGI???

Sul sito www.italianjournalofgeosciences.it è disponibile il Volume 142(3) dell'*Italian Journal of Geosciences*, dove è presente la prima parte della *Special Issue "Field Mapping and Stratigraphy: significant insights from the geologic record"* (Guest Editor: Angelo Cipriani, Simone Fabbi & Chiara Zuffetti).

Il *Geological Field Trips and Maps* (www.geologicalfieldtripsandmaps.com) si è arricchito di ben 4 volumi riguardanti escursioni presentate all'ultimo Congresso mondiale INQUA di Roma. Si va dal Sud-est delle Alpi, alla Toscana e alla geologia di Roma! Scaricali subito (sono tutti *OPEN ACCESS*).

In uscita anche i **Rendiconti online della Società Geologica Italiana** (www.rendicontisocietageologicaitaliana.it) con il volume 61, dove sono presenti le sezioni speciali dedicate al *PhD Day* del congresso SGI-SIMP 2022 e al XVI Convegno Nazionale delle Sezioni GIT e SI - Fondi 2022.

Non li perdetevi!



Vuoi iscriverti a SGI? Devi rinnovare la quota associativa? Ti ricordiamo che il termine per versare la quota associativa "early bird" (ridotta) per il 2024 scade il 31 gennaio 2024.

La quota associativa rappresenta il supporto fondamentale per la vita della nostra Società ma soprattutto per poter continuare ad effettuare tutte le attività sociali, tese alla promozione della cultura delle geoscienze sia all'interno della comunità scientifica, nazionale e internazionale, sia nel Paese. Iscriverti o rinnovare la propria associazione alla Società Geologica Italiana significa sostenere l'intera comunità delle geoscienze nel segno della storia, della tradizione e del rinnovamento.

Per effettuare il rinnovo è necessario seguire le istruzioni riportate alla pagina:

<https://myhome.socgeol.it/344/iscrizione-e-rinnovo-alla-sgi.html>

INCONTRA gli Autori

1. FABIO FENAROLI

Fabio Fenaroli, geologo con esperienza pluridecennale maturata sia come libero professionista sia come funzionario geologo presso la Provincia di Brescia (Settore Assetto territoriale, Parchi e VIA e Settore Protezione Civile, 2005 – 2013). Attualmente è impegnato nell'ambito di studi e ricerche relative alla prevenzione del rischio sismico e del rischio idrogeologico sia nell'ambito della pianificazione territoriale che di Protezione Civile. Si è occupato e si occupa di studi e ricerche in ambito geoarcheologico con area di interesse principale relativa alle Prealpi Bresciane (e aree contermini) e compresa fra lago d'Iseo e lago di Garda.



2. MASSIMILIANO PORRECA

Massimiliano Porreca, è Professore Associato presso il Dipartimento di Fisica e Geologia dell'Università di Perugia, dove insegna per la Laurea Magistrale in *Geology for Energy Resources*. Laureato in Scienze Geologiche, ha conseguito il Dottorato di Ricerca in Geofisica, per poi svolgere un periodo da ricercatore presso l'Università delle Azzorre e l'INGV de L'Aquila.

La sua attività di ricerca si è svolta su diverse tematiche delle Scienze della Terra, spaziando dalla Geologia Strutturale alla Vulcanologia, dal Paleomagnetismo alla Cartografia geologica, passando allo studio dei Terremoti a quello dei Pianeti.

La sua ricerca attuale è focalizzata sullo studio delle faglie sismogenetiche attraverso l'interpretazione di profili sismici e dati di sottosuolo, e sugli effetti in superficie a seguito di un terremoto. Inoltre, lavora in ambito planetologico per l'interpretazione di dati spettrali da osservazioni da remoto.

Le sue ricerche sono pubblicate in oltre 70 lavori. È stato editore di diversi volumi speciali e coordina un programma di ricerca in Studi Planetologici (accordo ASI-UniPg).



3. FABRIZIO NESTOLA

Fabrizio Nestola è Professore Ordinario presso il Dipartimento di Geoscienze dell'Università di Padova di cui è stato Direttore dal 2018 al 2022. Si è laureato in Scienze Geologiche nel 1999 presso l'Università di Torino dove ha ottenuto il Dottorato di Ricerca nel 2003. Ha svolto attività di ricerca *post* dottorale tra il 2003 e il 2006 in Germania e negli Stati Uniti e nel 2013 ha ottenuto un finanziamento ERC Starting Grant fino al 2018. Nel 2019 ha vinto l'*Humboldt Research Award* e dal 2022 è Presidente del Centro di Ateneo per i Musei dell'Università di Padova dove insegna "Mineralogia" e "*Environmental Mineralogy*". La sua principale linea di ricerca è focalizzata sul diamante e le sue inclusioni mineralogiche. È autore/coautore di oltre 300 pubblicazioni internazionali "*peer-review*".



4. SILVIA DANISE

Silvia Danise da due anni è professore associato in Paleontologia e Paleoecologia presso l'Università di Firenze. Dopo un dottorato, conseguito a Firenze nel 2011, sulle *whale fall communities*, trascorre quattro anni nel Regno Unito e due anni negli Stati Uniti come ricercatrice *post-doc*, dove si dedica allo studio degli ecosistemi marini giurassici. Torna in Italia nel 2018 grazie al "Programma Rita Levi Montalcini".

5. MARCO CHERIN

Marco Cherin è Professore Associato presso il Dipartimento di Fisica e Geologia dell'Università degli Studi di Perugia, dove insegna Paleontologia generale e Paleontologia dei vertebrati. È attualmente Coordinatore del Dottorato in *Earth System and Global Changes*. Coordina dal 2011 la Scuola di Paleoantropologia dell'Università di Perugia e le attività del gruppo THOR (Tanzania *Human Origins Research*; thorproject.it), incentrato su studi paleontologici, geologici e paleoantropologici in celebri siti della Tanzania settentrionale (Gola di Olduvai e Laetoli). Le sue ricerche spaziano dalla sistematica all'evoluzione, dalla paleobiogeografia alla paleoecologia di vertebrati continentali e marini del Neogene-Quaternario, prevalentemente in Europa meridionale e Africa orientale.





MUSEO PALEONTOLOGICO "LUIGI BOLDRINI" di Pietrafitta

Mammuth, rinoceronti e cervi pronti a riconquistare il pubblico

Maggiori informazioni

📍 Via Papa Giovanni XXIII - Pietrafitta (Perugia)

🌐 www.musei.umbria.beniculturali.it/musei/museo-paleontologico-luigi-boldrini-pietrafitta

f [MuseoPaleontologicoBoldrini](https://www.facebook.com/MuseoPaleontologicoBoldrini)

📷 [museopaleontologicoboldrini](https://www.instagram.com/museopaleontologicoboldrini)

Foto di sfondo - Scheletro di *Mammuthus meridionalis* esposto nel Museo

Luigi Boldrini nasce a Pietrafitta nel 1916 e lavora nella vicina miniera di lignite dall'età di 14 anni fino al 1975. La lignite – combustibile “povero”, che però è stato protagonista della storia industriale italiana per quasi tutto il secolo scorso – a Pietrafitta ha alimentato per decenni la Centrale Elettrica “Città di Roma”, a poca distanza dalla miniera. Ed è in quella lignite che, nel 1966, durante un giro d'ispezione, Boldrini trova il primo osso fossile. Sarà l'inizio di una lunga avventura, durante la quale Boldrini raccoglierà centinaia di fossili di vertebrati, spesso con la collaborazione di ENEL, ma anche con la consapevolezza di dover salvare quegli oggetti dall'incessante avanzare delle imponenti macchine da scavo. L'intervento delle istituzioni – Soprintendenza e Università – sarà tardivo (fine degli anni '80, a pochi anni dalla chiusura dell'attività mineraria), ma determinante per il recupero degli scheletri completi più spettacolari (Fig. 1).

La straordinaria collezione di Pietrafitta, per decenni conservata in una struttura dell'ENEL nell'area della Centrale, trova finalmente nel 2011 la sua collocazione attuale: il Museo Paleontologico “Luigi Boldrini” di Pietrafitta (Fig. 2), giustamente dedicato al pioniere delle scoperte nel sito. Inizialmente affidato ad una società partecipata da soggetti pubblici, il Museo vive per molti anni una storia vista – ahimè – fin troppe volte nei luoghi della cultura italiana, soprattutto in sedi periferiche: problemi amministrativi/legali/economici degli enti gestori; problemi strutturali legati alla pessima progettazione, spesso affidata a tecnici non specializzati in ambito museale; problemi di attrattività, legati alla quasi totale mancanza di programmazione delle attività didattiche e all'assenza di un Comitato Scientifico. Il Museo passa di mano in mano, viene chiuso e riaperto varie volte, riuscendo sempre a “risorgere” in termini di accessi dei visitatori solo grazie alla sorprendente “forza attrattiva” della

sua collezione di fossili. Per fortuna, la ricerca scientifica non si ferma, soprattutto per merito della costante collaborazione tra Università degli Studi di Perugia e Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio dell'Umbria. Nuovi studi vengono portati avanti e molto materiale viene preparato e restaurato, fornendo linfa vitale al Museo.

Finalmente, nel 2023, si completa il lungo iter amministrativo di passaggio definitivo del Museo al Ministero della Cultura, in particolare alla Direzione Regionale Musei Umbria. Una nuova fase si sta aprendo: il Museo è aperto con continuità e sarà oggetto, già dai prossimi mesi, di importanti attività di efficientamento energetico, consolidamento e restauro dei campioni, riorganizzazione del percorso espositivo, programmazione delle attività didattiche e di *community engagement*, attivazione del laboratorio di restauro e tanto altro, tutto con la collaborazione scientifica dell'Università degli Studi di Perugia.

L'obiettivo, naturalmente, è quello di rendere il Museo di Pietrafitta una struttura "viva", capace di attrarre visitatori e curiosi di ogni età, in un'area limitrofa al distretto turistico del Lago Trasimeno, uno dei più frequentati in ambito regionale. Ovviamente, l'auspicio è che anche le ricerche scientifiche vadano avanti, attraendo ricercatori da tutto il mondo e, auspicabilmente, finanziamenti.

Ma cosa trova un visitatore a Pietrafitta? La collezione di fossili conta migliaia di resti di piante, invertebrati e soprattutto vertebrati datati a circa 1,5 milioni di anni fa, capaci di restituire un'immagine paleoambientale dettagliata del territorio nella parte finale del Villafranchiano (il periodo che, nello schema biocronologico basato sui grandi mammiferi europei, va da 3,3 a 1,2 milioni di anni circa). La lignite, custode geologica di questo patrimonio, si è formata in un contesto palustre ai margini di un ampio lago, circondato da foreste di latifoglie decidue in un regime climatico temperato e umido. La paleodiversità di Pietrafitta è stupefacente: 36 specie di piante identificate sulla base di frutti e semi e 11 sulla base di pollini, 5 specie di molluschi dulciacquicoli, 6 ordini di insetti, ben 40 specie di mammiferi continentali. Tra questi, spiccano alcuni "guinness dei primati": *Mammuthus meridionalis*, un grande mammoth, rappresentato da un campione tra i più ricchi in Europa, comprendente almeno una decina d'individui in connessione anatomica; *Macaca sylvanus*, la bertuccia, con resti scheletrici riferibili ad almeno 10 individui; *Praemegaceros obscurus*, un cervo gigante (Fig. 3), con il cranio meglio conservato tra quelli finora scoperti al mondo; *Eobison degiulii*, un bisonte primitivo, con il campione più ricco d'Europa; alcune specie di uccelli, anfibi e rettili che trovano a Pietrafitta la loro unica segnalazione italiana (o addirittura europea) nel Pleistocene. Insomma, un vero tesoro paleontologico, tutto da scoprire!



Fig. 1 - Recupero di un cranio di mammoth dalla miniera di lignite nei primissimi anni 90 (foto S. Gentili).



Fig. 2 - Vista esterna del Museo Paleontologico "Luigi Boldrini" di Pietrafitta.



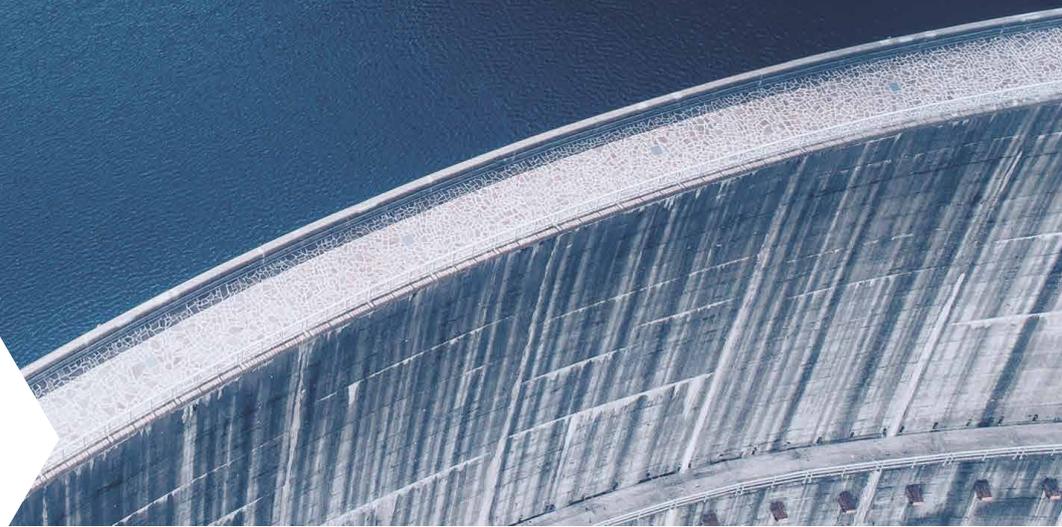
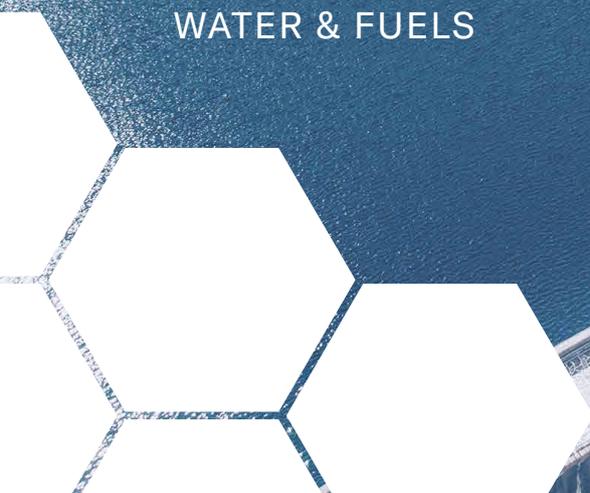
Fig. 3 - Ricostruzione di *Praemegaceros obscurus* esposta nel Museo (opera di Angelo Barili).



 KELLER

HYDROSTATIC PRESSURE MEASUREMENTS

WATER & FUELS



KELLER SERIES 26X

- For liquid level and fill level measurements
- Highly accurate measured values
- Excellent long-term stability
- Extended lightning protection available
- Analogue & digital interfaces can be combined
- Scalable analogue output (turn-down)
- Many years of maintenance-free operation

keller-pressure.com