

# GEOLOGICAMENTE

MAGAZINE DI ATTUALITÀ E CULTURA DELLE GEOSCIENZE

Periodico della Società Geologica Italiana

n. 9 | novembre 2022

## IL PROGRAMMA GEOSWIM

rilievi a nuoto delle coste rocciose del Mediterraneo

## L'INCREDIBILE STORIA DEL METEORITE 'MOTOPI PAN':

da pericolo spaziale a tesoro nazionale

## IL MARE NOSTRUM NEL MIOCENE:

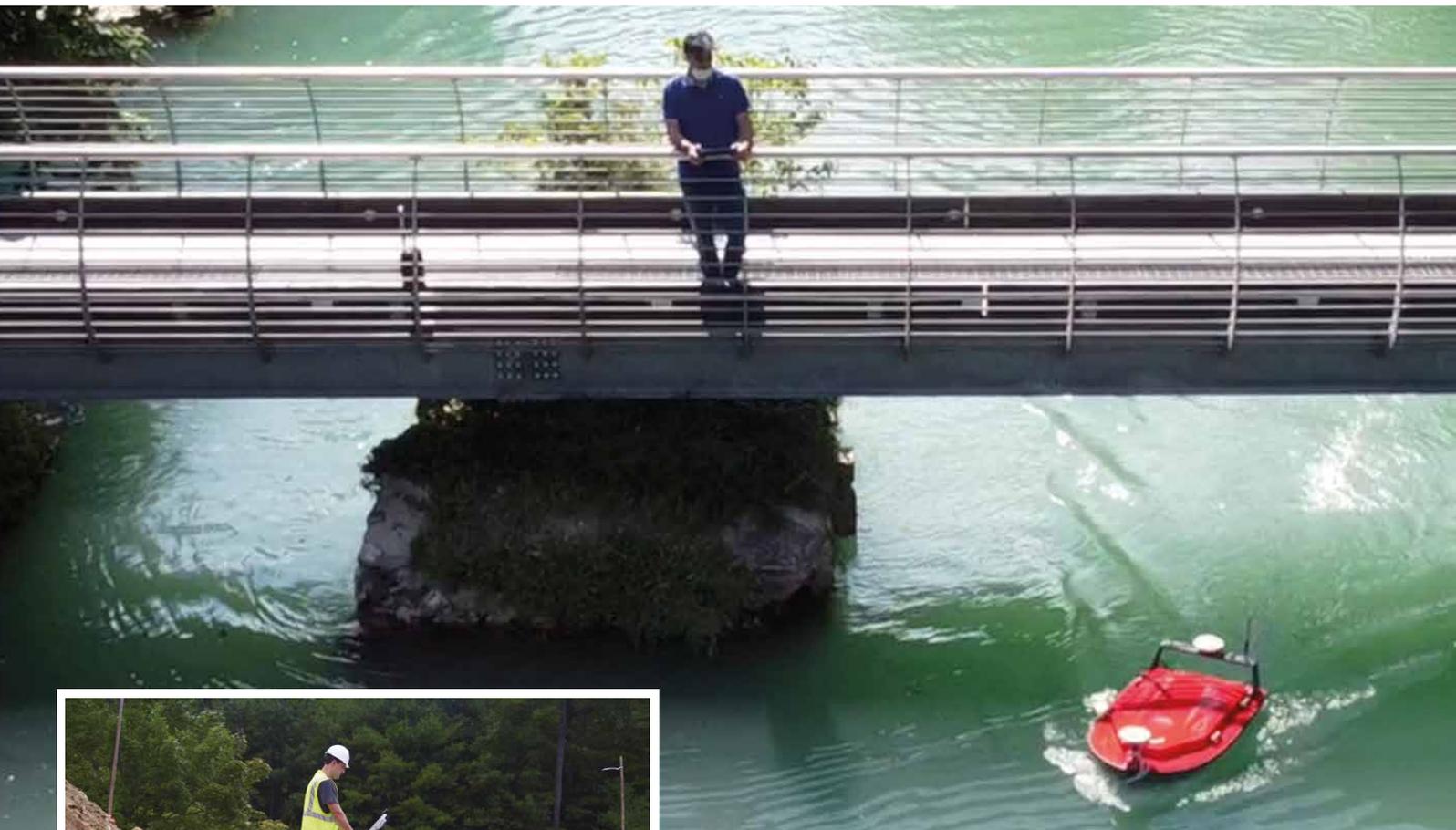
le successioni carbonatiche raccontano

## DINOSAURI DI IERI E DI OGGI:

l'embriologia come chiave per comprendere il record fossile

<https://doi.org/10.3301/GM.2022.03> | ISSN 2705-0149

# Sottocontrollo



*Droni marini, georadar e tecnologie per rilievi di coste, infrastrutture e aree circostanti.*

## **Strumenti – anche a noleggio – per:**

### **studio del sottosuolo**

- > rilievi pre-scavo, ricerca inesplosi OBI (UXO)
- > mappatura 3D di sottoservizi, cavità e scavernamenti

### **gallerie, ponti viadotti**

- > analisi deformazioni o cedimenti
- > ricerca di vuoti, ammaloramenti, distacchi

### **studio di strutture subacquee e fondali**

- > ispezione delle parti sommerse di ponti e dighe
- > rilievi in porti, bacini idroelettrici, cave...

### **strade, autostrade, aeroporti**

- > valutazione spessore delle pavimentazioni
- > analisi di grandi strutture e infrastrutture

Codevintec rappresenta anche:



**CODEVINTEC**

Tecnologie per le Scienze della Terra e del Mare

tel. +39 02 4830.2175 | [info@codevintec.it](mailto:info@codevintec.it) | [www.codevintec.it](http://www.codevintec.it)





**P. 8** **IL MARE NOSTRUM  
NEL MIOCENE:**  
*le successioni carbonatiche  
raccontano*

**P. 18** **L'INCREDIBILE STORIA  
DEL METEORITE  
'MOTOPI PAN':**  
*da pericolo spaziale  
a tesoro nazionale*

**P. 28** **IL PROGRAMMA  
GEOSWIM**  
*Rilievi a nuoto  
delle coste rocciose  
del Mediterraneo*

**P. 38** **DINOSAURI DI IERI  
E DI OGGI:**  
*l'embriologia come  
chiave per comprendere  
il record fossile*

**P. 46** *Società*  
**PALEONTOLOGICA  
Italiana**

**P. 48** *Società*  
**GEOCHIMICA  
Italiana**

**P. 50** *Associazione Nazionale*  
**INSEGNANTI  
SCIENZE NATURALI**

**P. 52** *Associazione*  
**PALEONTOLOGICA  
PALEOARTISTICA  
Italiana**

**P. 54** *Associazione Italiana*  
**DI VULCANOLOGIA**

**P. 57** *Sezione*  
**GEOLOGIA  
Marina**

**P. 58** *Sezione*  
**Storia delle  
GEOSCIENZE**

**P. 60** *Sezione*  
**GEOLOGIA  
Planetaria**

**P. 62** *Sezione*  
**GEOLOGIA  
Himalayana**

**P. 63** *Sezione*  
**IdroGEOLOGIA**

**P. 64** *Sezione*  
**GEOSCIENZE  
e Tecnologie Informatiche**

**P. 66** *Sezione*  
**GEOLOGIA  
Ambientale**

**P. 67** *Sezione*  
**GEOsed**

**P. 68** *Sezione*  
**GEOETICA  
e Cultura Geologica**

**P. 69** *Sezione*  
**GEOLOGIA  
Strutturale**

**P. 70** *Sezione*  
**Giovani  
GEOLOGI**



**P. 72** CONGRESSO  
CONGIUNTO  
SGI-SIMP 2022

**P. 74** PREDAZZO (TN),  
SCUOLA ESTIVA  
RILEVAMENTO CARG  
*Seconda edizione:  
tiriamo le somme con  
qualche riflessione*

**P. 76** LA SCALA  
CRONOSTRATIGRAFICA  
INTERNAZIONALE

**P. 78** I VINCITORI  
DEI PREMI  
SGI 2022



**P. 7** EDITORIALE

**P. 79** NUNTIUM *de Lapidibus*

**P. 81** INCONTRA GLI AUTORI

**P. 82** UN MUSEO DI GEOLOGIA  
E PALEONTOLOGIA PER L'ITALIA

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 digitale

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: Solco tidale presso l'Isola di Marettimo - TP [foto di Stefano Furlani].

Immagini interne: freepik.com

Chiuso in Redazione: 10 novembre 2022.

Scopri tutta la  
nostra gamma di  
**Penetrometri**

per **Applicazioni  
Geotecniche**



**M** **MASSENZA**  
**DRILLING RIGS**

**100 YEARS**  
SINCE 1921  
MADE IN ITALY

Made in Italy  
dal 1921

[www.massenzarigs.it](http://www.massenzarigs.it)

La prima scelta dei perforatori per:

Pozzi d'acqua

Geotecnica

Geotermia

Ricerche minerarie

Sismica

Fondazioni

Micropali e Ancoraggi



# EDITORIALE



**Enrico**  
**CAPEZZUOLI**

Direttore Editoriale Geologicamente

Attività geologiche a pieno regime! Questo è quanto risulta dalle ultime notizie dal mondo della geologia italiana. E soprattutto fatta da giovani! A me piace!

Anche l'ultimo congresso SGI-SIMP è stato un'ottima occasione di ritrovo e discussione finalmente "in presenza" dopo la pandemia. Nonostante le ombre che l'attualità ci mette quotidianamente sul piatto davanti a noi, sono dei buoni segnali!

Però, a parte questa energia positiva, voglio portare un po' di malinconia e dedicare, anche se sono già passati alcuni mesi, questo editoriale ad una figura che ci ha lasciato. Una figura che, quando ero ragazzo e mi mettevo davanti al televisore (quello a colori, che era arrivato da poco in casa mia!), ho sempre seguito nei suoi programmi, appassionandomi. E in questa maniera, facendo un viaggio per il mondo e nella scienza. Erano tempi differenti, lontani dalla immediatezza che adesso *internet* ci permette di fare. Vedere le immagini della vita degli animali del Serengeti in Africa (quante volte ho sentito questo nome!) oppure parlare di stelle e universo "alla ricerca della vita"... erano tutti luoghi lontanissimi, ma me li trovavo direttamente dietro l'angolo! E facili da capire!

E come dimenticare le sue produzioni di divulgazione più recenti (recenti... tutto è relativo) sui dinosauri o sul corpo umano. Ricordo divertentissime discese "in corda" lungo la trachea! E tutte realizzate con uso di elaborazioni grafiche che erano all'avanguardia e rendevano più comprensibile e visivamente chiaro i concetti più complessi.

Era chiaro che tutto derivava da un lungo e articolato lavoro

di un ottimo *team* (come non ricordare gli esperimenti di Paco Lanciano ed i cartoni animati di Bruno Bozzetto). Ma il risultato era quello di una persona "normale" (di certo non aveva il fisico di *Iron Man*!) che, con passione e curiosità, partiva dalla vita di tutti i giorni ed era capace di portarci nelle questioni più complicate, spiegandole in maniera semplice e comprensibile. Ed era capace di trasmetterla questa passione!

L'autorevolezza con cui affrontava le diverse tematiche lo faceva sempre diventare un esperto dell'argomento, capace di essere portato come esempio o citazione al di fuori del contesto televisivo, anche se non aveva la laurea in quella specifica materia!

Ho molta ammirazione per come ne fosse capace, e sicuramente non aveva fatto un corso specifico per riuscirci. Ma è indubbio che se devo pensare ad una figura di divulgatore scientifico, capace di trasmettere concetti profondi ed importanti con coinvolgente semplicità, penserò sempre lui.

Pur non avendo avuto l'onore di conoscerlo di persona, forse trasparirà un po' di affetto (vero!) nei suoi confronti, ma ammetto che la notizia della sua dipartita mi ha davvero colpito.

Essere come lui è molto difficile....ma provarci, prendendolo come un ottimo esempio da seguire, è d'obbligo. Almeno per provare a fare "la nostra parte", come ha detto nel suo toccante commiato.

Grazie, Piero Angela (1928-2022)!

**GEOLOGICAMENTE**  
MAGAZINE DI ATTUALITÀ E CULTURA DELLE GEOSCIENZE  
Periodico della Società Geologica Italiana

Per il tuo spazio su questa rivista

contatta



[www.agicom.it](http://www.agicom.it)



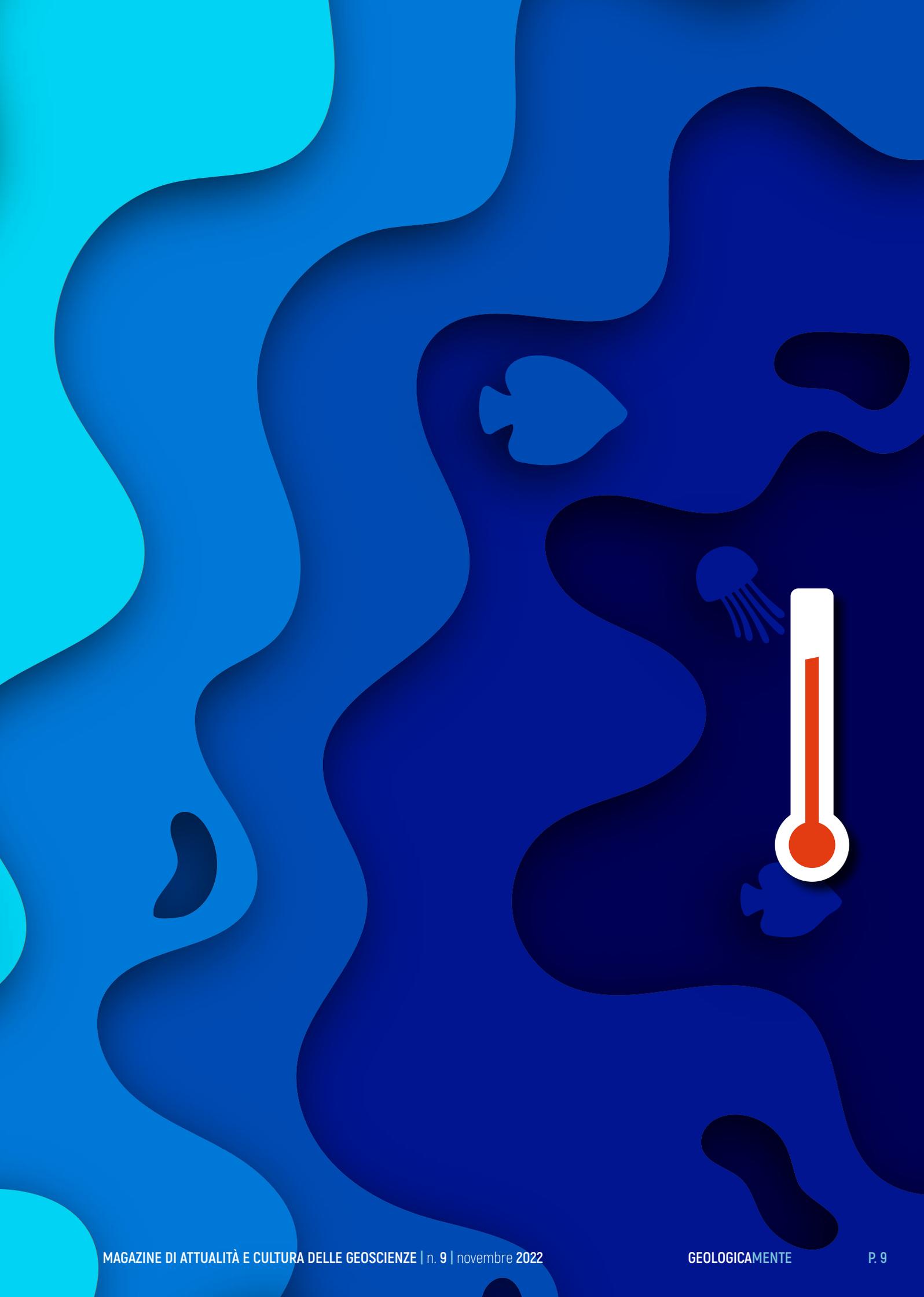
# IL MARE NOSTRUM NEL MIOCENE:

*le successioni carbonatiche raccontano*

a cura di Irene Cornacchia, Marco Brandano e Samuele Agostini

Il bacino del Mediterraneo è unico per conformazione, eterogeneità geologica, clima e biodiversità. Questa sua particolarità lo rende più sensibile del resto del mondo al surriscaldamento globale, con conseguenze potenzialmente allarmanti. Sebbene la sua conformazione attuale sia inconfondibile, sappiamo che il Mediterraneo non è sempre stato così. Quando è nato il *Mare Nostrum*? Qual è stata la sua evoluzione paleoceanografica? In che modo quest'ultima ha influenzato gli ecosistemi marini? Lo studio integrato, stratigrafico, sedimentologico e geochimico-isotopico delle successioni carbonatiche mioceniche dell'area Mediterranea, permette di ricostruire alcuni momenti chiave dell'evoluzione di questo bacino. Inoltre, la comprensione dei processi che hanno determinato cambi o crisi della produzione carbonatica nel passato geologico può informare il futuro, aiutandoci a comprendere i meccanismi che potrebbero governare un Mediterraneo sempre più caldo.







## Keywords

Rocce carbonatiche

Mediterraneo

Miocene

Paleocceanografia

## INTRODUZIONE

L'area Mediterranea è caratterizzata da una elevata biodiversità, un'estrema variabilità geografica e unicità climatica, e da una complessa evoluzione geodinamica, la quale a sua volta ha determinato l'enorme eterogeneità litologica che siamo abituati a vedere nel Mediterraneo, così come la sua evoluzione oceanografica.

Oggi il Mediterraneo è un bacino semichiuso, connesso con il solo Oceano Atlantico tramite lo stretto di Gibilterra (**Fig. 1a**). La circolazione del Mediterraneo oggi è termoalina, e questo comporta un flusso in uscita verso l'Oceano Atlantico delle acque intermedie del Mediterraneo, che sono povere di ossigeno e ricche di nutrienti, e un flusso opposto delle acque superficiali atlantiche, povere di nutrienti e ben ossigenate, in ingresso nel Mediterraneo (**Fig. 1b**). Questa circolazione fa sì che il Mediterraneo sia caratterizzato da acque oligotrofiche, cioè relativamente povere di nutrienti, nonostante sia un bacino semichiuso e caratterizzato da importanti apporti fluviali e continentali.

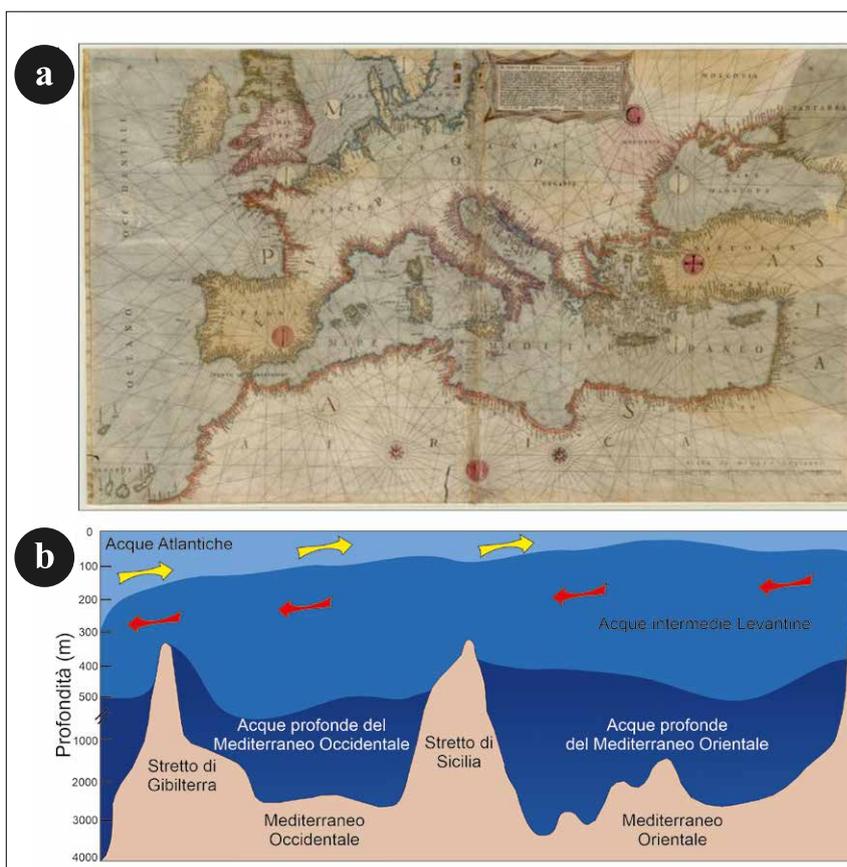
Al suo interno, inoltre, il Mediterraneo presenta delle complessità. In particolare, la scarpata sottomarina di Malta, nello Stretto di Sicilia, divide il Mediterraneo Orientale, dominato dall'apporto fluviale del Nilo e caratterizzato da una forte evaporazione, dal Mediterraneo Occidentale, caratterizzato da temperature più basse (**Fig. 1**). La massa d'acqua profonda, che si stratifica per densità nel Bacino Levantino, non riesce a superare la soglia di Malta (**Fig. 1b**).

Lo studio della geologia, però, ci ha abituati a pensare in termini di lunghissimi intervalli di tempo, di terre e mari in continuo divenire, di mondi destinati a cambiare. Ed è in quest'ottica che, ampliando lo sguardo sul passato geologico, scopriamo che il Mediterraneo, il *Mare Nostrum*, oggi inconfondibile fin dal primo sguardo ad una qualsiasi carta geografica che lo ritragga, non è sempre stato così.

Se c'è un momento in cui posizionare l'inizio dell'evoluzione del Mediterraneo

così come noi lo conosciamo, quello è senza dubbio il Miocene (~23-6 Ma). È questa, infatti, l'epoca in cui il Mediterraneo passa dall'essere un bacino aperto, connesso sia all'Oceano Indiano che a quello Atlantico attraverso due corridoi ampi e profondi, ad essere un bacino semichiuso in connessione con il solo Oceano Atlantico.

Le ricostruzioni paleogeografiche e lo studio dell'evoluzione geodinamica del Mediterraneo ci aiutano a seguirne la sua evoluzione. Tuttavia, uno studio multidisciplinare basato sull'analisi integrata stratigrafica, sedimentologica e geochimico-isotopica delle successioni carbonatiche, è uno degli approcci più utili alla ricostruzione dell'evoluzione oceanografica di una data area, perché permette la comprensione dei fattori che hanno influenzato il chimismo delle acque di un dato bacino e le conseguenze delle variazioni oceanografiche sulla permanenza, la salute o la crisi degli ecosistemi marini.



**Fig. 1 - a)** Mappa del 1569 dell'area Mediterranea (Duchetti, 1569); **b)** Distribuzione semplificata delle masse d'acqua del Mediterraneo (modificata da Zavateralli e Mellor, 1995).

## Perché proprio le rocce carbonatiche?

“Carbonate sediments were born, not made”, insegna Noel James, uno dei più importanti sedimentologi del carbonatico del nostro tempo. Le rocce carbonatiche marine, infatti, sono costituite da organismi sensibili a numerosi parametri chimico-fisici delle acque, come la temperatura, la concentrazione di nutrienti, la penetrazione della luce, la stratificazione della colonna d’acqua e la circolazione delle correnti. Per questo motivo, le successioni carbonatiche mioceniche dell’area Mediterranea testimoniano l’evoluzione oceanografica di quest’ultimo e il chimismo dei bacini in cui gli organismi vivevano. Le rocce carbonatiche marine rappresentano quindi degli archivi delle condizioni chimiche e isotopiche delle acque nel momento in cui un determinato organismo si stava formando. Caratteristiche chimiche che rimangono impresse nei gusci carbonatici e che ci permettono di ricostruire variazioni climatiche, di concentrazione di nutrienti, andamenti delle correnti, scambi tra masse d’acqua o isolamento di un bacino.

## Come ricostruiamo la paleoceanografia?

Tra i diversi *proxy* volti a ricostruire la paleoceanografia alla scala dei tempi geologici, il rapporto degli isotopi di Neodimio  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  è uno dei più utili.

Il Neodimio è un elemento del gruppo delle Terre Rare, caratterizzato da un tempo di residenza nelle acque marine di ~200-1500 anni (Bertram & Elderfield, 1993), un tempo molto breve nella scala dei tempi geologici. Questo fa sì che ogni oceano sia caratterizzato da un proprio rapporto isotopico di  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ , una firma che lo differenzia dagli altri, determinato principalmente dal tipo di litologie affioranti nel proprio bacino di drenaggio e secondariamente dalla circolazione delle masse d’acqua al suo interno (Goldstein & Jacobsen, 1987), e che varia significativamente in tempi geologici. Così, l’Oceano Atlantico settentrionale è oggi caratterizzato da una  $\epsilon_{\text{Nd}}$  (notazione con la quale si riporta il rapporto isotopico del Nd riferito ad uno *standard* di riferimento) di -12, soprattutto perché influenzato dall’erosione dello scudo Canadese, costituito prevalentemente da rocce cristalline molto antiche, mentre l’Oceano Pacifico è caratterizzato da una  $\epsilon_{\text{Nd}}$  media di -6, che è principalmente frutto del vulcanismo attivo nell’attuale anello di fuoco (Fig. 2, Lacan et al., 2012). Per queste ragioni, l’analisi dei rapporti isotopici del Neodimio alla scala dei tempi geologici permette di ricostruire l’apertura e la chiusura di passaggi oceanici, gli scambi tra bacini adiacenti, così come

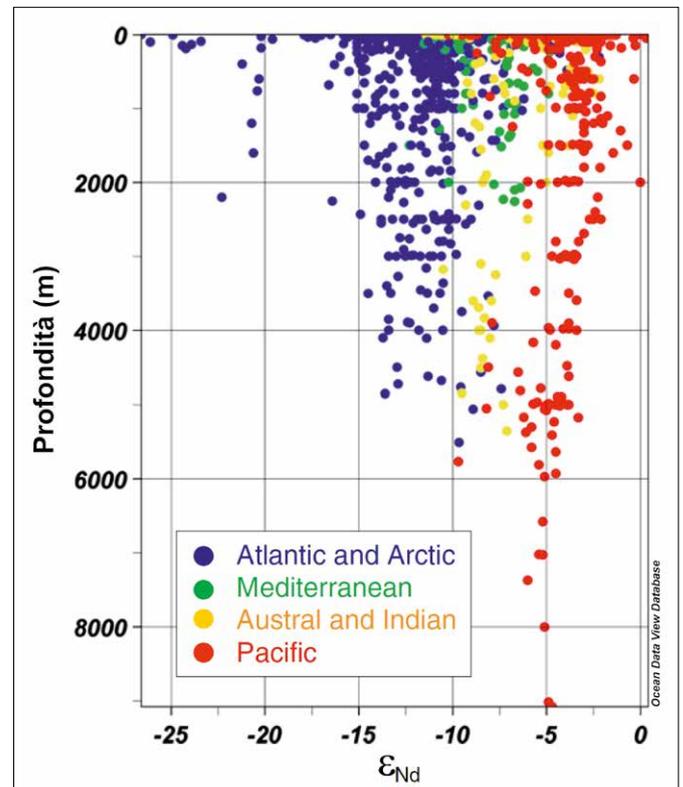


Fig. 2 - Segnale isotopico del Nd negli oceani attuali e nel Mar Mediterraneo. Modificata da Lacan et al. (2012).

le variazioni dei fattori regionali o locali che controllano il chimismo delle acque di un determinato bacino (Kocsis et al., 2008; Cornacchia et al., 2018, Bialik et al., 2019).

Un altro *proxy* molto utile per ricostruire i fattori che caratterizzano il chimismo delle acque, così come alcuni aspetti legati alla loro circolazione, è il rapporto degli isotopi di Stronzio  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ , che varia in funzione del vulcanismo e dell’erosione dei diversi tipi di rocce (McArthur et al., 2012). Il vulcanismo tende ad abbassare questo rapporto immettendo nelle acque ingenti quantità dell’isotopo leggero di Sr, mentre l’apporto continentale, a livello globale, tende ad alzarlo per il contributo dell’erosione di rocce cristalline antiche. A differenza del Neodimio, lo Stronzio ha un tempo di residenza nelle acque marine dell’ordine dei milioni di anni, molto maggiore del tempo di mescolamento degli oceani. Ne consegue che, se si considerano scale temporali più lunghe delle decine di migliaia di anni, il rapporto isotopico di Stronzio di mari e oceani, purché in comunicazione tra di loro, sia omogeneo. Tuttavia, in bacini chiusi, semichiusi o caratterizzati da una circolazione ristretta, il rapporto isotopico di Sr nelle acque può deviare rispetto al coevo valore globale. In questo caso, l’apporto fluviale può far variare la firma isotopica di Stronzio di un bacino a seconda delle litologie prevalenti e delle età delle successioni affioranti nel suo bacino di drenaggio.

## L'EVOLUZIONE OCEANOGRAFICA DEL MEDITERRANEO DURANTE IL MIOCENE

### IL MIOCENE INFERIORE *Un mare molto aperto*

Le ricostruzioni paleogeografiche del Miocene Inferiore mostrano, tra i 23 e i 18 Ma, un Mediterraneo connesso con l'Oceano Indiano tramite un corridoio ampio e profondo più di 1000 m, la connessione Indo-Pacifica (Fig. 3). In questo quadro, il rapporto degli isotopi di Stronzio delle successioni carbonatiche dell'area Mediterranea è per lo più all'equilibrio con quello dell'Oceano globale (Fig. 4). Il record del Neodimio, invece, mostra un carattere fortemente orientale delle acque del Mediterraneo Centrale (Fig. 4), a testimoniare una circolazione prevalentemente est-ovest delle masse d'acqua nel bacino del Mediterraneo (Fig. 3). Questi dati sono coerenti con diversi modelli paleoceanografici che mostrano come una grossa massa d'acqua potesse passare attraverso la connessione Indo-Pacifica, formando di fatto la circolazione profonda e intermedia del Mediterraneo e controllando il chimismo delle acque di quest'ultimo. In questa fase, dunque, il Mediterraneo era un grosso bacino aperto, caratterizzato da correnti ed escursioni di marea nettamente più forti di quelle attuali, sensibile ai cambiamenti globali.

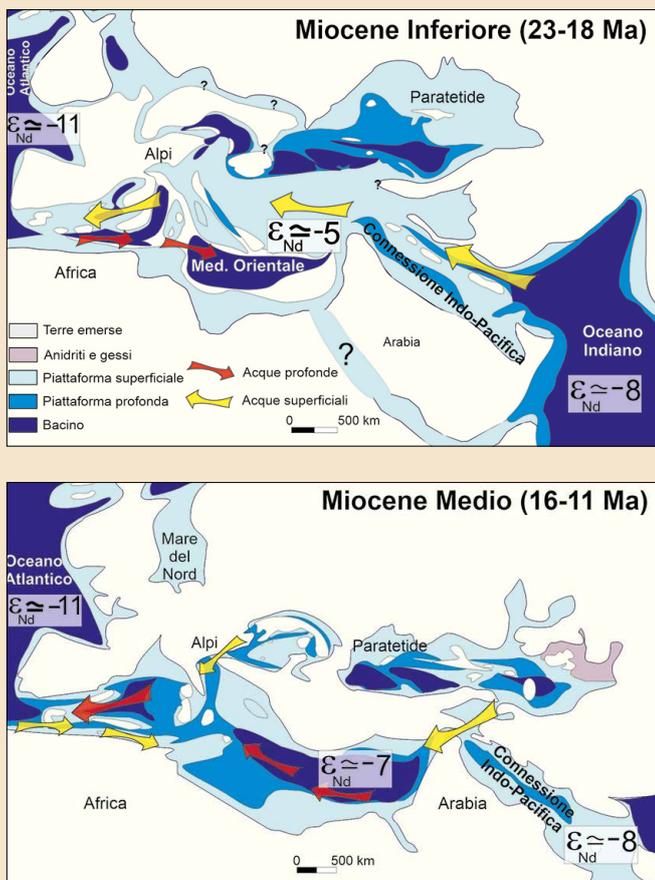


Fig. 3 - Mappe paleogeografiche del Mediterraneo durante il Miocene; segnale isotopico di Nd delle masse d'acqua; andamento semplificato della circolazione (da Cornacchia et al., 2021 e Popov et al., 2004).

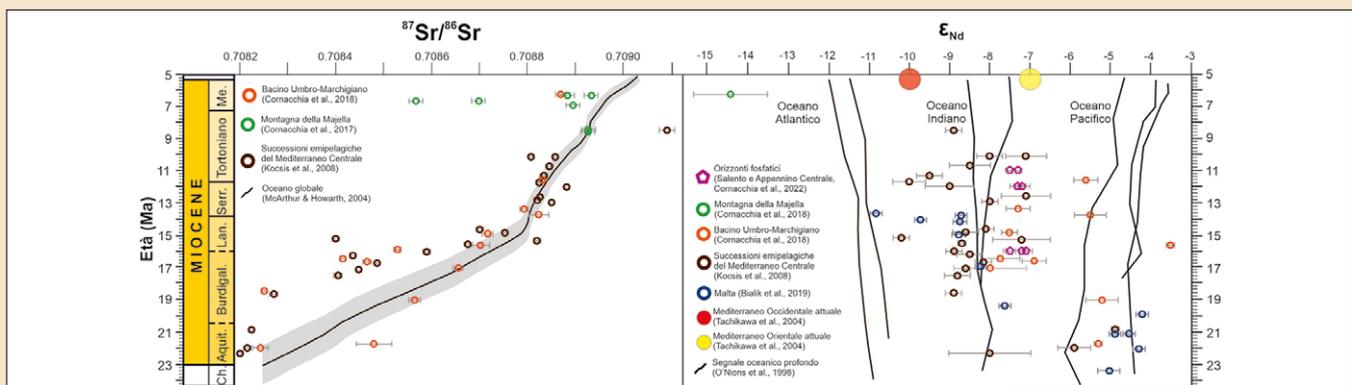


Fig. 4 - Compilazione di dati isotopici di Sr e Nd, di successioni Mioceniche dell'area Mediterranea, comparati ai segnali oceanici e del Mediterraneo attuale (modificata da Cornacchia et al., 2018; 2022).

## IL MIOCENE MEDIO La nascita del Bacino Mediterraneo

La storia della connessione tra il Mediterraneo e l'Oceano Indiano si fa molto più complessa dai 18 Ma in poi. Diverse ricostruzioni paleogeografiche, infatti, attestano che la connessione Indo-Pacifica si sia chiusa circa 18 Ma, per riaprirsi in maniera intermittente almeno due volte prima della sua chiusura definitiva circa 14 Ma (Popov et al., 2004). Indipendentemente dalla sua effettiva chiusura, a partire da 18 Ma la connessione con l'Oceano Indiano diventa progressivamente più superficiale, il volume d'acqua che entra da est è sempre più ridotto, e la circolazione del Mediterraneo rallenta (Fig. 3). È, questo, un momento cruciale dell'evoluzione del *Mare Nostrum*. In un contesto relativamente più chiuso rispetto all'intervallo precedente, infatti, è indubbio che i fattori regionali o locali, legati all'evoluzione geodinamica dell'area Mediterranea e all'apporto continentale locale, influiscano maggiormente sulle acque del Mediterraneo. I dati isotopici di Stronzio del Mediterraneo Centrale, infatti, mostrano una deviazione rispetto all'oceano globale verso valori più leggeri, attestando la forte influenza del vulcanismo del blocco Sardo-Corso sul chimismo delle acque del Mediterraneo Centro-Occidentale (Fig. 4).

Ad essere particolarmente interessanti, però, sono i dati isotopici di Neodimio, che di fatto attestano la nascita della massa d'acqua del Mediterraneo Orientale. Cornacchia et al. (2022), analizzando i rapporti isotopici su dei denti di squalo rinvenuti su degli orizzonti sedimentari fosfatici in Salento e in Appennino Centrale, mostrano come questi abbiano una firma isotopica analoga a quella del Mediterraneo Orientale attuale e distante dalla firma Atlantica (Fig. 4). Questi orizzonti coincidono con delle superfici che si formano per il fenomeno dell'*upwelling* costiero, ovvero la risalita di masse d'acqua profonde e ricche di nutrienti in prossimità delle coste. Di conseguenza, i rapporti isotopici di Neodimio di fossili rinvenuti su queste superfici sono indicativi delle acque profonde e della loro circolazione. L'evoluzione di una firma isotopica propria del Mediterraneo Orientale durante il Miocene Medio è dovuta a diversi fattori. La chiusura con la connessione Indo-Pacifica, ovviamente, ha comportato una minore ingressione di acque orientali nel *Mare Nostrum*. Tuttavia, questo fatto non è seguito da una virata verso condizioni più atlantiche delle nostre acque. Diversi modelli oceanografici spiegano infatti come, al chiudersi della connessione Indo-Pacifica, si siano indeboliti anche gli scambi con l'oceano Atlantico, molto superficiali e massimamente influenzati da cambiamenti climatici, anche di brevissimo periodo, che controllavano la temperatura dell'atmosfera e la circolazione dei venti nella zona dell'attuale stretto di Gibilterra (Karami et al., 2009; de la Vara & Meijer, 2016). Inoltre, Karami et al. (2009) mostrano come, al chiudersi

della connessione orientale, l'evaporazione nel Mediterraneo Orientale debba aver superato quantitativamente l'apporto fluviale, risultando in un forte rallentamento della circolazione delle correnti e in un aumento dei tempi di residenza delle acque profonde nel Mediterraneo. Altri fattori necessari all'instaurarsi di una massa d'acqua profonda prettamente Mediterranea è la stratificazione delle acque e la presenza, già dall'inizio del Miocene (23 Ma), della Scarpata di Malta, che inibiva il passaggio delle acque profonde dal Mediterraneo Orientale a quello Occidentale.

In questa fase, quindi, le acque superficiali, al di sopra dei 500 m, erano parzialmente influenzate dall'Oceano Atlantico, come si vede una progressiva diminuzione dei rapporti isotopici del Neodimio in alcune successioni del Mediterraneo Centrale durante il Miocene Medio (Fig. 4). Al contrario, però, il segnale profondo del Mediterraneo Centrale, ed in particolare del proto-Adriatico, mostra una firma isotopica del tutto propria, determinata maggiormente dall'apporto continentale locale più che dagli scambi con l'oceano adiacente. È la nascita di una vera e propria massa d'acqua autoctona: il *Mare Nostrum*, appunto. Quando, durante fasi di importanti cambiamenti climatici globali, si innescava l'*upwelling*, questa massa d'acqua profonda risaliva nella colonna d'acqua, andando a lambire il fianco orientale della piattaforma continentale del proto-Adriatico, formando gli orizzonti fosfatici, in genere ricchi di fossili, che raccontano di acque profonde evolutesi, per la prima volta, interamente nel Mediterraneo (Fig. 5).

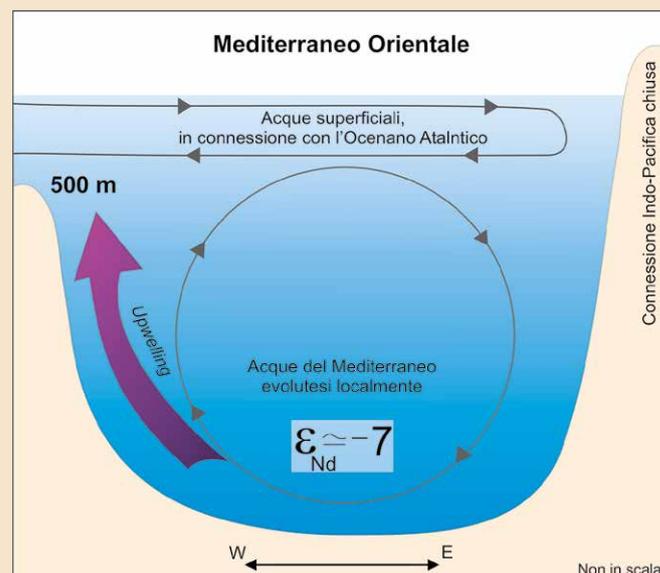


Fig. 5 - Modello semplificato della circolazione nel Mediterraneo Orientale dopo la chiusura della connessione Indo-Pacifica e dell'*upwelling* (da Cornacchia et al., 2022, dopo de La Vara & Meijers, 2016).

## IL MIOCENE SUPERIORE

### L'inizio dell'isolamento

Durante il Miocene Superiore la storia del Mediterraneo si fa più complessa e diversificata in ogni sua parte. Il Mediterraneo Orientale e Occidentale sono separati da una sempre più alta scarpata di Malta, l'evoluzione geodinamica dell'arco Egeo e dell'Appennino sono progressivamente più pervasive e determinanti nel controllare la conformazione dei fondali del Mediterraneo e, di conseguenza, la circolazione delle correnti. Inoltre, il sollevamento di una catena montuosa comporta un aumento dell'erosione continentale e degli apporti di sedimenti terrigeni in un dato bacino. In questo contesto, la firma isotopica di Stronzio di alcuni bacini della Turchia meridionale inizia a deviare rispetto a quella dell'Oceano globale intorno ai 9 Ma, a dimostrare un parziale isolamento di queste porzioni di Mediterraneo Orientale (Schildgen et al., 2014). Il modello paleoceanografico di Topper et al. (2011) riferito a questo intervallo temporale mostra, infatti, come solo il 50% delle acque Atlantiche arrivi nelle porzioni marginali

del Mediterraneo, mentre l'altra metà sia rappresentata dagli apporti fluviali locali. La salinità rimane prettamente marina solo grazie ad una forte evaporazione.

L'isolamento che vedono i sub-bacini del Mediterraneo Orientale intorno ai 9 Ma non tarderà ad arrivare anche nel proto-Adriatico, dove il segnale isotopico dello Stronzio devia moltissimo rispetto alla curva globale a partire dai 6,5 Ma, ben prima della crisi di salinità del Messiniano (Fig. 4). Questa peculiare firma isotopica di Stronzio testimonia l'erosione di piattaforme carbonatiche mesozoiche, che costituiscono l'ossatura principale e quantitativamente dominante dell'appennino Centrale e Settentrionale. In questo bacino lungo, stretto e non troppo profondo, simile a quello che conosciamo noi oggi, si devono essere instaurate delle condizioni di parziale isolamento e circolazione ristretta delle correnti (Fig. 3).

## LE SUCCESSIONI CARBONATICHE DI PIATTAFORMA RACCONTANO

Di tutta questa complessa evoluzione oceanografica, cosa ci raccontano le successioni carbonatiche? Possiamo vedere le conseguenze dei cambiamenti del chimismo delle acque e della circolazione delle correnti nel tipo di organismi che costituiscono una formazione carbonatica o una successione? Certamente, e in nessun posto come nel Mediterraneo, mentre esso stava nascendo, possiamo leggere la risposta dei sistemi carbonatici a questi cambi. Infatti, il Miocene Inferiore, tempo in cui forti correnti lambivano l'area Mediterranea, vede il proliferare, nelle aree costiere, di una ingente produzione carbonatica da parte di organismi con gusci di calcite o di aragonite, che danno luogo ad ampi depositi bioclastici che si depositavano in ambienti noti come piattaforme carbonatiche. In questi ambienti la produzione era fortemente condizionata dalla presenza della luce individuando tre grandi aree di produzione (fabbriche carbonatiche): quella eufotica (fotosintesi basata sulla clorofilla), oligofotica (fotosintesi basata sulle ficobiline) e afotica (assenza di fotosintesi, Fig. 6). Alcune di queste fabbriche erano più efficienti in funzione delle condizioni trofiche e climatiche del bacino (Pomar et al., 2020). Nel Miocene Inferiore la fabbrica oligofotica era particolarmente efficiente e dominata da macroforaminiferi bentonici, organismi unicellulari molti dei quali ospitano un'alga simbiote (Fig. 7). Ampie dune sottomarine si sviluppano sotto l'effetto delle correnti che, innescate dalle tempeste, correvano dalle piattaforme ai bacini e favorivano la dispersione dei sedimenti bioclastici. Nel Miocene Medio persiste una grande efficienza della fabbrica carbonatica oligofotica; tuttavia i macroforaminiferi bentonici sono sostituiti dalle alghe rosse e soprattutto dai

# IL MARE NOSTRUM NEL MIOCENE: le successioni carbonatiche raccontano

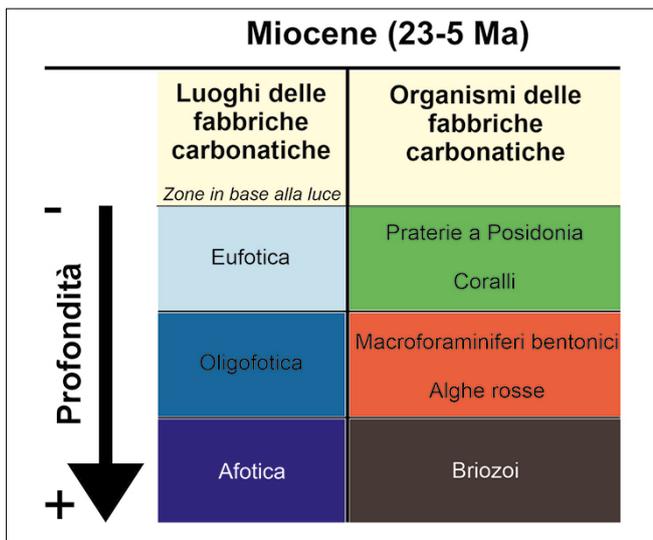


Fig. 6 - Distribuzione degli organismi produttori di carbonato nel Miocene in base alle diverse fabbriche carbonatiche. Modificata da Pomar (2020).

briozoi, costituenti importanti della fabbrica afotica (Fig. 6). Questi ultimi, in particolare, proliferano nel Mediterraneo Centrale molto di più che in altri bacini coevi (Fig. 7). Durante un momento caldo e caratterizzato da effetto serra come è stato il Miocene Medio, i briozoi proliferano per l'abbondanza di nutrienti e materia organica nell'acqua marina, senza soffrire il conseguente aumento della torbidità delle acque superficiali. Torbidità che invece mette in crisi gli organismi bentonici, legati al substrato, ma che fanno fotosintesi o che presentano simbionti algali. L'esplosione, nell'area Mediterranea, di questa particolare fabbrica carbonatica è una conseguenza non solo del clima globale, ma anche dell'indebolimento della circolazione delle correnti del bacino conseguente alla chiusura della connessione Indo-Pacifico e quindi alla maggiore sensibilità di questa area ai fattori locali (Brandano et al., 2017). In questa fase, infatti, il vulcanismo determina un ulteriore aumento dei nutrienti

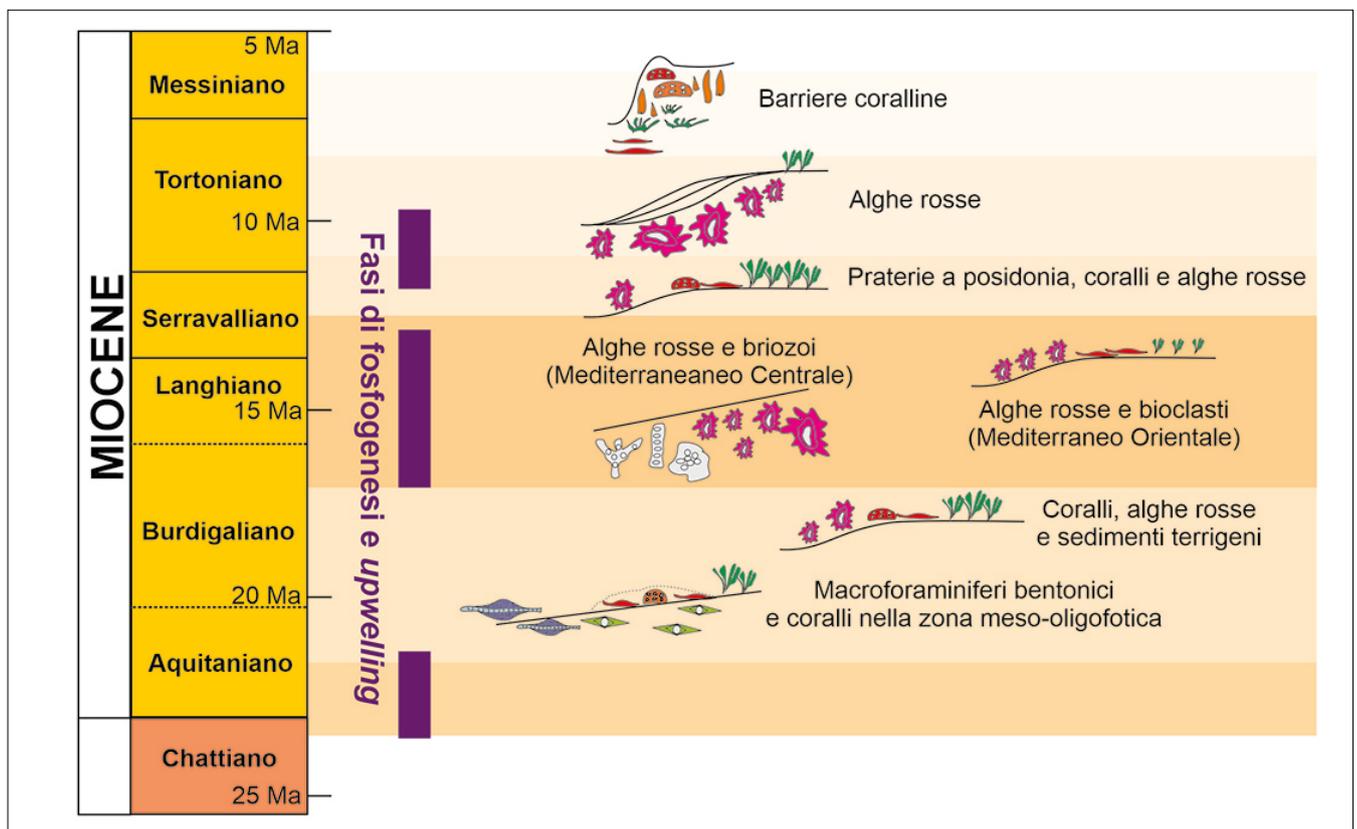


Fig. 7 - Principali organismi produttori di carbonato dell'area Mediterranea durante il Miocene e relativa geometria delle piattaforme o rampe che formavano. Modificata da Cornacchia et al. (2021).

delle acque del Mediterraneo Centro-Occidentale, controllando anche il destino delle piattaforme carbonatiche.

Infine, nel Miocene Superiore, ripristinate le condizioni oligotrofiche successive al momento di effetto serra del Miocene Medio, e terminata la fase di intenso vulcanismo del Mediterraneo Occidentale, la fabbrica eufotica diventa estremamente produttiva. I coralli, strettamente legati alla luce per la loro simbiosi con le alghe, iniziano a formare *reef* (vere e proprie barriere coralline) dal Mediterraneo Orientale alla Spagna (Fig. 7 e 8). Solamente nel proto-Adriatico, dove pur si trovano alcuni coralli intorno ai 9 Ma, questi non riescono a formare scogliere, ma rimangono in quantità minoritaria rispetto

ad altri organismi quali le alghe rosse (Fig. 8). La causa di questa differenza locale? Ancora una volta è da ritrovarsi nel chimismo e nella circolazione delle acque, in questo caso ristretta nel proto-Adriatico, parzialmente isolato e quindi meno oligotrofico, ossigenato e limpido dei bacini adiacenti.

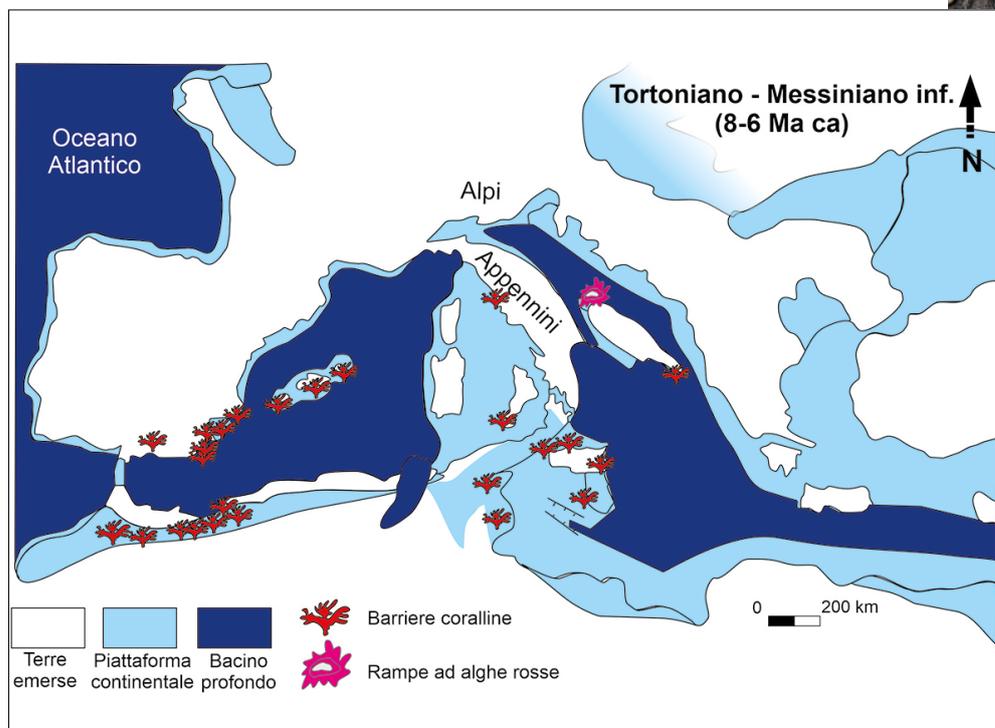


Fig. 8 - Paleogeografia del Mediterraneo durante il Miocene Superiore e distribuzione delle barriere coralline o rampe ad alghe rosse. Modificata da Cornacchia et al. (2021) dopo Carminati et al. (2010).

## CONCLUSIONI

Cosa raccontano quindi le successioni carbonatiche? Raccontano storie di mondi che furono e della complessità che caratterizza ogni studio volto alla ricostruzione del passato e delle cause che lo hanno determinato.

Le successioni carbonatiche mioceniche dell'area Mediterranea raccontano di un bacino che è diventato tale intorno ai 18 Ma, in cui è iniziata ad evolversi e a circolare una massa d'acqua influenzata ovviamente dal clima globale, parzialmente dagli oceani adiacenti, ma in gran parte da fattori regionali o locali -come le rocce affioranti nel bacino di drenaggio o il vulcanismo- che hanno reso unica l'evoluzione del Mediterraneo.

Le rocce carbonatiche raccontano poi di come le variazioni oceanografiche possano di fatto determinare la fortuna o la

crisi di alcuni organismi anziché di altri, influenzando gli ecosistemi marini tutti.

In ultimo, le rocce carbonatiche raccontano del passato e informano sul futuro. Se l'evoluzione unidirezionale della vita non permette di applicare alla lettera ricette passate ad ecosistemi futuri, la comprensione dei meccanismi che controllano la nascita, l'espansione o al contrario la contrazione e la scomparsa di alcuni ecosistemi, e dei processi che caratterizzano il Mediterraneo, è di fondamentale importanza per la previsione delle conseguenze del surriscaldamento in atto e per la mitigazione di esse sul *Mare Nostrum*.

# IL MARE NOSTRUM NEL MIOCENE: le successioni carbonatiche raccontano

## BIBLIOGRAFIA

**Bertram C.J. & Elderfield H. (1993).** *The geochemical balance of the rare earth elements and neodymium isotopes in the oceans.* *Geochimica et Cosmochimica Acta* 57, 1957-1986.

**Bialik O.M., Frank M., Betzler C., Zammit R. & Waldmann N.D. (2019).** *Two-step closure of the Miocene Indian Ocean Gateway to the Mediterranean.* *Scientific Reports*, 9, 1-10.

**Brandano M., Cornacchia I., Raffi I., Tomassetti L. & Agostini S. (2017).** *The Monterey Event within the Central Mediterranean area: The shallow-water record.* *Sedimentology*, 64, 286-310.

**Carminati E., Lustrino M., Cuffaro M. & Doglioni C. (2010).** *Tectonics, magmatism and geodynamics of Italy: what we know and what we imagine.* *Journal of Virtual Explorer*, 36, 10-3809

**Cornacchia I., Andersson P., Agostini S., Brandano M. & Di Bella L. (2017).** *Strontium stratigraphy of the upper Miocene Lithothamnion Limestone in the Majella Mountain, central Italy, and its palaeoenvironmental implications.* *Lethaia*, 50, 561-575.

**Cornacchia I., Agostini S. & Brandano M. (2018).** *Miocene oceanographic evolution based on the Sr and Nd isotope record of the Central Mediterranean.* *Paleoceanography and Paleoclimatology* 33, 31-47.

**Cornacchia I., Brandano M. & Agostini S. (2021).** *Miocene paleoceanographic evolution of the Mediterranean phosphatic hardgrounds reveal Miocene carbonate production changes: A review.* *Earth-Science Reviews*, 221, 103785.

**Cornacchia I., Brandano M., Agostini S. & Munnecke A. (2022).** *Neodymium isotopes of central Mediterranean phosphatic hardgrounds reveal Miocene paleoceanography.* *Geology*, <https://doi.org/10.1130/G50118.1>

**de La Vara A. & Meijer P. (2016).** *Response of Mediterranean circulation to Miocene shoaling and closure of the Indian Gateway: a model study.* *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 442, 96-109.

**Duchetti, P. (1569).** *Mediterranean Sea Region, 1569. Contributor Names: Forlani, Paolo Cartographer.* Source Collection: American Geographical Society Library Digital Map Collection. [www.loc.gov/item/2021668434/](http://www.loc.gov/item/2021668434/)

**Karami M.P., Meijer P.T., Dijkstra H.A. & Wortel M.J.R. (2009).** *An oceanic box model of the Miocene Mediterranean Sea with emphasis on the effects of closure of the eastern gateway.* *Paleoceanography*, 24.

**Kocsis L., Vennemann T.W., Fontignie D., Baumgartner C., Montanari A. & Jelen B. (2008).** *Oceanographic and climatic evolution of the Miocene Mediterranean deduced from Nd, Sr, C, and O isotope compositions of marine fossils and sediments.* *Paleoceanography*, 23.

**Lacan F., Tachikawa K. & Jeandel C. (2012).** *Neodymium isotopic composition of the oceans: A compilation of seawater data.* *Chemical Geology*, 300, 177-184.

**McArthur J.M., Howarth R.J. & Shields G.A. (2012).** *Strontium isotope stratigraphy.* In: Gradstein, F.M., et al. (Eds.), *The Geologic Time Scale 2012.* Elsevier, Amsterdam, pp. 207-232.

**Pomar L. (2020).** *Carbonate systems.* In *Regional Geology and Tectonics.* Elsevier, Amsterdam, pp 235-311.

**Popov S.V., Rögl F. & Rozanov A.Y. (2004).** *Lithological-paleogeographic maps of Paratethys.* In: Popov, S.V., et al. (Eds.), *Late Eocene to Pliocene*, 250. Courier Forschungsinstitut Senckenberg, p. 46.

**Schildgen T.F., Cosentino D., Frijia G., Castorina F., Dudas F.Ö., Iadanza A., Sampalmieri G., Cipollari P., Caruso A., Bowring S.A. & Strecker M.R. (2014).** *Sea level and climate forcing of the Sr isotope composition of late Miocene Mediterranean marine basins.* *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 15, 2964-2983.

**Tachikawa K., Roy-Barman M., Michard A., Thouren D., Yeghicheyan D. & Jeandel C. (2004).** *Neodymium isotopes in the Mediterranean Sea: Comparison between seawater and sediment signals.* *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 68, 3095-3106.

**Topper R. P. M., Flecker R., Meijer P. T. & Wortel, M. J. R. (2011).** *A box model of the Late Miocene Mediterranean Sea: Implications from combined 87Sr/86Sr and salinity data.* *Paleoceanography*, 26, PA3223.

**Zavattarielli M. & Mellor G. L. (1995).** *A numerical study of the Mediterranean Sea circulation.* *Journal of Physical Oceanography*, 25, 1384-1414.



**I**l 2 Giugno 2018 l'asteroide 2018LA esplose sopra il Botswana dopo essere stato avvistato in orbita diverse ore prima. Era solo la seconda volta nella storia che un asteroide veniva tracciato in orbita prima dell'impatto al suolo. Lo studio delle tracce video esistenti del bolide ha permesso di triangolare la posizione esatta dell'esplosione, avvenuta a 27 km di quota sopra la *Central Kalahari Game Reserve* (CKGR), uno dei posti più selvaggi e inospitali di tutto il Botswana. Un gruppo di scienziati locali e collaboratori da tutto il mondo ha condotto con successo le ricerche dei meteoriti nel CKGR e le analisi dettagliate di questo meteorite che è risultato essere del tipo HED, una breccia derivante da howardite, eucrite e diogenite. 2018LA proveniva da Vesta, più precisamente da un impatto che, circa 22.8 milioni di anni, ha strappato del materiale da un'area di Vesta chiamata Rubria. Qui vi racconto la storia di questo asteroide e della scoperta dei meteoriti chiamati Motopi Pan.



# L'INCREDIBILE STORIA DEL METEORITE 'MOTOPI PAN': *da pericolo spaziale a tesoro nazionale*

a cura di **Fulvio Franchi**

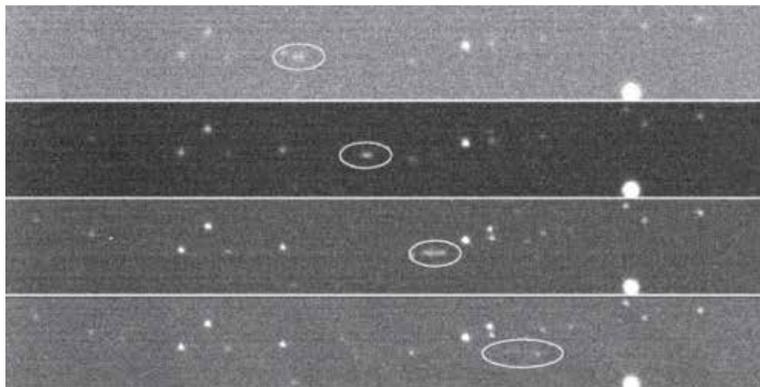


## L'ASTEROIDE 2018LA

### 2 Giugno 2018

Correva l'anno 2018, più precisamente il 2 Giugno 2018, quando alle ore 8:14, fuso orario Americano (UTC), Richard Kowalski, astronomo del *Mount Lemmon Survey* (parte del prestigioso *Catalina Sky Survey*) scoprì un asteroide di magnitudo 18th che si muoveva veloce rispetto alle stelle fisse (**Fig. 1**). Chiamò questo oggetto ZLAF9B2, ed iniziò il protocollo standard che segue la scoperta di un asteroide potenzialmente in rotta di collisione con la terra. Quando l'informazione raggiunse la scrivania del direttore del *Catalina Sky Survey*, Eric J. Christensen, l'asteroide aveva già preso il nome 2018 LA (Wolf et al. 2018). Non rimaneva che stabilire se 2018 LA fosse in traiettoria d'impatto con la terra e se fosse per l'appunto una minaccia alla nostra incolumità. Gli astronomi del *Minor Planet Center* di Cambridge, Massachusetts, si misero a macinare dati e calcolarono la prima traiettoria del possibile impatto. Ulteriori calcoli fatti al *Center for Near-Earth Object Studies (CNEOS)* del *NASA Jet Propulsion Laboratory (JPL)* prevedevano alte probabilità di impatto. A questo punto la domanda cruciale era quanto fosse pericoloso questo 2018 LA. Con i primi dati in loro possesso gli astronomi calcolarono una massa modesta per un asteroide non più grande di 1.6-5.2 m di diametro. Nessun rischio immediato per la razza umana.

Questo chiaramente significava che ora, avendo derubricato il rischio impatto catastrofico, la notizia poteva essere disseminata fra la comunità scientifica. I primi dati relativi all'orbita pre-impatto di 2018 LA furono pubblicati nella *Minor Planet Electronic Circular 281-L04* (Anonimo, 2018). Dodici posizioni dell'asteroide sono state misurate in base alle osservazioni del *Catalina Sky Survey*, due ulteriori posizioni

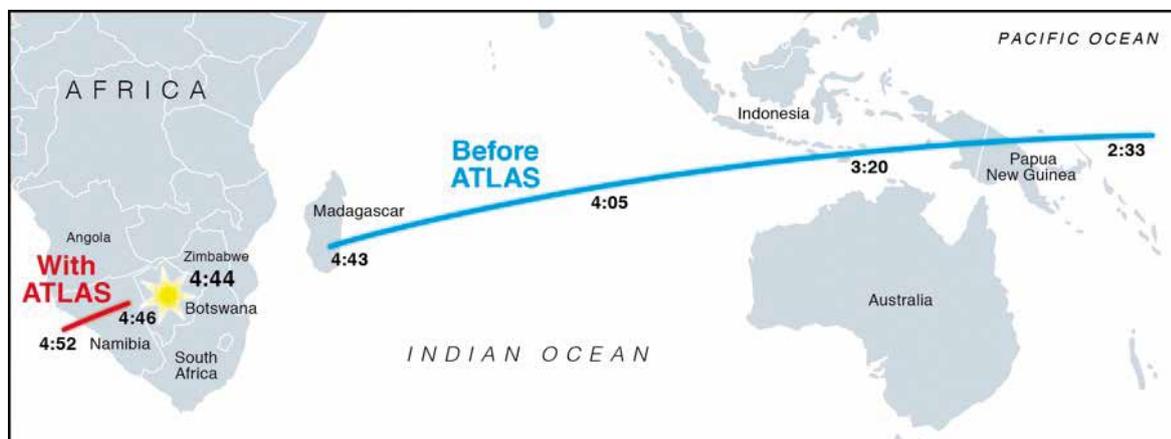


**Fig. 1** - Immagine dell'asteroide 2018 nelle immagini di *SkyMapper Southern Survey* (da Wolf et al., 2018).

sono state aggiunte dall'osservatorio telescopio *Asteroid Terrestrial-Impact Last Alert System (ATLAS)*. I calcoli dell'orbita pre-impatto furono basati su queste 14 posizioni dell'asteroide rispetto al *background* fornito dalle stelle fisse (<https://ssd.jpl.nasa.gov>). Le ricerche preliminari del nostro gruppo portarono alla scoperta di ulteriori *record* di questo asteroide nell'archivio *SkyMapper Southern Survey* (Wolf et al., 2018), estendendo l'arco temporale delle osservazioni pre-impatto a 5.54 ore (Jenniskens et al., 2021).

Ci fu un lavoro frenetico degli astronomi di mezzo mondo per capire quale sarebbe stata la traiettoria di 2018 LA una volta entrato nell'atmosfera terrestre e sembrava chiaro già dai primi calcoli che l'esplosione sarebbe avvenuta da qualche parte fra Madagascar e Namibia (**Fig. 2**). Quel 2 Giugno 2018, l'asteroide 2018 LA fu avvistato per l'ultima volta dalle Hawaii, dal telescopio *Asteroid Terrestrial-Impact Last Alert System (ATLAS)*. Poi l'esplosione!

Fino ad allora le previsioni migliori davano come punto d'impatto il Madagascar (linea blu in **Fig. 2**); ma grazie alle osservazioni di ATLAS si fu in grado di identificare come possibile zona dell'impatto il deserto fra il Botswana e la Namibia (linea rossa in **Fig. 2**).

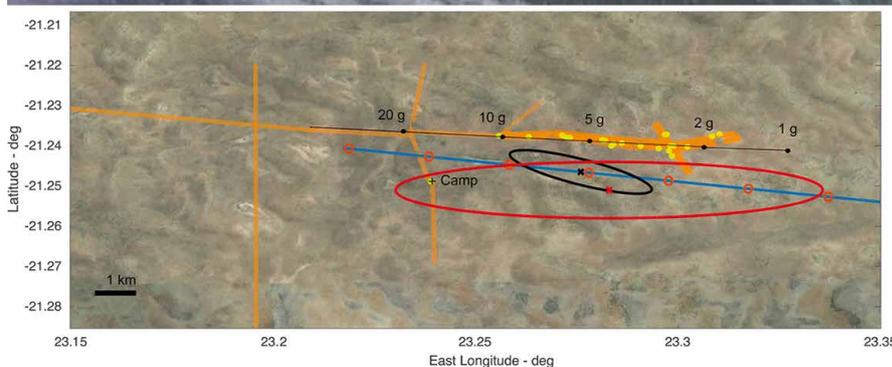


**Fig. 2** - Calcoli della traiettoria di impatto di A2018 LA, prima (linea blu) e dopo le osservazioni di ATLAS (linea rossa). La stella indica il luogo effettivo dell'esplosione di 2018LA. Credit: Aren Heinze (IfA/ATLAS), Brooks Bays (SOEST), Bill Gray (Project Pluto). Le accurate osservazioni del telescopio ATLAS permisero di associare i dati orbitali dell'asteroide con l'impatto avvenuto in Botswana.

# L'INCREDIBILE STORIA DEL METEORITE 'MOTOPI PAN': da pericolo spaziale a tesoro nazionale

## Keywords

Asteroide  
Meteorite  
Botswana  
Vesta  
Scienze Planetarie



**Fig. 3** - Immagine da una camera di sorveglianza (immagine in bianco e nero) posta in una località Sudafricana (Ottosdal). Nella foto satellitare sono evidenziati i grammi di meteorite potenzialmente caduti nelle diverse aree (g) tenendo in considerazione la forza del vento al momento dell'impatto; in blu la traiettoria del bolide proiettata al suolo (senza calcolo del vento); le ellissi indicano la posizione dell'asteroide al momento dell'esplosione (da Jenniskens et al., 2021).

Infatti, la notte del 2 giugno 2018 la notizia di un bagliore rosso nei cieli notturni del Botswana raggiunse tutti i blog specialistici e i media convenzionali. Un bolide era esploso sopra il deserto del Botswana centrale e alcuni testimoni giuravano di aver visto dei frammenti procedere verso terra. Anche i sensori del governo degli Stati Uniti avevano registrato l'esplosione di un bolide con un picco di luminosità a circa 28 km di altitudine con una velocità di ben 16.9 km al secondo (<http://cneos.jpl.nasa.gov>). In Botswana erano le 18:42 di un sabato sera qualunque... ma ora c'era un meteorite da scoprire!

Fra gli scienziati, i primi ad interessarsi alla cosa furono colleghi al *SETI Institute* della NASA (P. Jenniskens) e al *Finnish Fireball Network* (T. Kohout, E. Lyytinen, J. Moilanen). Due parti opposte del pianeta che cercavano di capire dove fosse caduto questo preziosissimo meteorite.

Molti altri colleghi in giro per il mondo si 'accorsero' del bolide esploso nei cieli africani. Peter Brown, del *Centre for Planetary Science and Exploration* alla *Western University*, per esempio, riportò come una stazione di misura posta in Sudafrica, parte di un progetto volto a monitorare gli infrasuoni generati da eventuali esplosioni atomiche (*Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization*), abbia registrato un forte picco alle ore 17:30 UT. Il suono fu subito ricollegato

all'esplosione di un asteroide di circa 2 m di diametro esploso fra le 16:45 e le 17:00 UT sopra il Botswana, che ha rilasciato un'energia pari a 0.3-0.5 kT (Jenniskens et al., 2021).

Il primo passo era capire dove fosse effettivamente caduta questa meteora. Alcuni colleghi (P. Jenniskens, T. Cooper, O. Moses, J. Albers) si apprestarono a raccogliere deposizioni dei testimoni oculari e video di videocamere di sorveglianza. Grazie a questi video che immortalavano la scia del bolide riuscirono a circoscrivere l'area dell'esplosione utilizzando triangolazioni fra videocamere a terra e la posizione delle stelle fisse nel cielo notturno (**Fig. 3**).

Il calcolo di uno *strewn field*, la zona dove i frammenti del bolide si sono distribuiti per inerzia dopo l'esplosione, è cosa complessa! Oltre alla posizione dell'esplosione, ai dati orbitali e alla calibrazione con video e testimonianze oculari, servono dati certi sulla velocità del vento a terra e in quota. Nel caso di 2018 LA ci pensarono i colleghi della NASA e del Finnish Fireball Network. I loro calcoli stabilirono che 2018 LA entrò nell'atmosfera terrestre ad una quota di circa 100 km ed a una velocità di ben 17 km al secondo. L'asteroide prese fuoco all'ingresso nell'atmosfera ed esplose creando un forte bagliore rosso a circa 27.8 km di quota. La triangolazione poneva il punto dove l'esplosione era avvenuta alle seguenti coordinate 23.287° longitudine E, 21.251° latitudine S (**Fig. 3**).



## 5 Giugno 2018

Ora che esisteva un'ipotesi sulla zona d'impatto era necessario formare un team. Come dicevamo, una delle prime persone allertate dal *Catalina Sky Survey* fu P. Jenniskens del *SETI Institute (NASA)*. Lui fu anche tra i primi a raccogliere informazioni orbitali dell'asteroide e il 5 Giugno si trovava già in Botswana per raccogliere le informazioni mancanti (video di sicurezza e dati climatici) in collaborazione con O. Moses dell'*Okavango Research Institute* di Maun, che servirono ai primi calcoli dello *strewn field*.

Dati alla mano i colleghi provarono ad avvicinarsi all'area dell'impatto scoprendo con amarezza che si trovava nel cuore della *Central Kalahari Game Reserve (CKGR)*, uno dei parchi naturali più grandi del continente e l'area più selvaggia e inospitale di tutto il paese. Il primo tentativo di avvicinamento fallì, serviva un team più grande e maggiori risorse... ma soprattutto serviva qualcuno con grossi fucili per tenere a bada gli animali selvatici.

## 7 Giugno 2018

Fu così che fui coinvolto io. Non tanto per la storia dei fucili e degli animali... più che altro per il mio coinvolgimento in materia di scienze planetarie e per la mia esperienza da geologo di campagna in Botswana.

Gli astronomi del *Finnish Fireball Network*, che come ricorderete furono i primi a calcolare lo *strewn field*, e Thomas Kohout (*University of Helsinki*) si misero in contatto con Roger Gibson della *University of the Witwatersrand* di Johannesburg (Sudafrica) chiedendo i contatti di qualcuno in loco. Così Roger si mise in contatto con me... ma io ero su un aereo diretto a Strasburgo per un *workshop* di scienze planetarie. Ironia della sorte! Misi subito Roger, e tutto il gruppo finnico, in contatto con Alexander Proyer, un collega petrografo che lavora con me al BIUST. Non c'era tempo da perdere.

## 8 Giugno 2018

Fu Alexander a tessere le fragili relazioni fra i due gruppi di accademici (NASA vs Finno-Sudafricani) e a coinvolgere direttamente il *Botswana Geoscience Institute* (un equivalente del servizio geologico qui in Botswana), il potentissimo *Department of National Museums* (una sorta di sovrintendenza Italiana!) e il *Wildlife Department*, gli unici a poter autorizzare ricerche scientifiche nel CKGR.

Mentre in Botswana si tessevano relazioni accademiche ed istituzionali io da Strasburgo sguinzagliavo spie per la rete. Come potrete immaginare la notizia dell'esplosione del bolide

**Fig. 4 -** I rischi del mestiere. A) Di 4 macchine, per un totale di 16 pneumatici, solo 6 sopravvissero alla seconda missione nel CKGR. B) La disperazione di Thomas Kohout all'ennesimo pneumatico perforato. C) I padroni del CKGR aspettano che il team faccia un passo falso (fotografia di Mohutsiwa Gabadirwe, BGI).

6 giorni prima era già su tutte le pagine di amatori astronomi e collezionisti di meteoriti, questi ultimi particolarmente accaniti e senza scrupoli. Il bello di presenziare ad un workshop di scienze planetarie è che sicuramente uno o due colleghi sono iscritti a tutti questi blog per 'esperti' cacciatori di meteoriti. Fu così che scoprimmo che i miei colleghi non erano gli unici sulle tracce del meteorite di 2018 LA. Mi tremavano le ginocchia al pensiero di questi cacciatori che, fingendosi turisti, si inoltravano nel CKGR per depredare il Botswana del suo ultimo tesoro. Meno di una settimana dopo l'esplosione di 2018 LA, alcuni cacciatori (illegali) di meteoriti già raccontavano di come, intrufolatisi nel CKGR sotto le false spoglie di turisti spensierati, si erano imbattuti in condizioni disumane, terreni accidentati e leoni, iene e altre fiere. Grazie ai leoni il meteorite era salvo. Per ora.

Perché nel frattempo in Botswana si discuteva...

## 17 Giugno 2018

Fu solo il 17 Giugno, 15 giorni dopo l'impatto, che i due gruppi, quello targato NASA guidato da P. Jenniskens e quello più eclettico diretto dal mio collega Alex Proyer, si incontrarono a Maun. Le cronache del tempo ci dicono che fu un incontro cordiale ma io amo pensare che ci furono scintille come sempre succede quando si cerca di mettere d'accordo più di un gruppo di scienziati. Comunque sia, la decisione unanime fu di unire le forze, 12 persone e 4 macchine in totale.

Il team era armato dell'ultima versione calcolata dello *strewn field*, un'area di circa 90 km<sup>2</sup> (corrispondente ad un'ellisse con assi di circa 45 e 2 km) nel posto più desolato del paese, infestato da iene e leoni e ricoperto da una densa vegetazione di arbusti e graminacee (Fig. 4). Gli spostamenti attraverso il *bush* e la savana costavano una media di un copertone ogni

# L'INCREDIBILE STORIA DEL METEORITE 'MOTOPI PAN': da pericolo spaziale a tesoro nazionale

10 km. Problemi logistici a parte, ci sarebbero voluti circa 6 mesi di lavoro continuo per setacciare la zona centimetro per centimetro.

Prima di procedere con la cronaca vale la pena fare una digressione e spiegare come si trova un meteorite in campagna, se già lo sapete passate al prossimo paragrafo. Queste sono le 5 regole del Dr. Thomas Kohout che illustrano come comportarsi in caso di incontro ravvicinato con un meteorite, e rappresentano anche l'unica preparazione ricevuta da chi si lanciava in questa avventura per la prima volta:

1. **Calm down.** Calmati! Se sei sicuro si tratti di un meteorite non toccarlo, e se te ne sei accorto troppo tardi rimettilo a posto nell'esatta posizione. Pensaci bene perché se sei in un posto come il CKGR potrebbero essere deiezioni di gazzella o palline di scarabeo stercorario (Fig. 5).
2. **Coordinate.** Come ogni geologo ben sa la prima cosa da fare è annotare le coordinate del ritrovamento e dettagli sull'assetto del meteorite.
3. **Fotografia.** Una buona documentazione fotografica in campagna è necessaria ma fate attenzione, non usate telefoni cellulari o altri oggetti contenenti magneti poiché il loro campo magnetico potrebbe alterare le proprietà del meteorite.
4. **Raccolta.** Evitare il contatto diretto con la pelle, meglio raccogliere il reperto con della carta stagnola per evitare contaminazioni.
5. **Impacchettare.** Il meteorite va avvolto nella carta stagnola e messo al sicuro da fonti magnetiche in una busta etichettata.

## 23 Giugno 2018

Sono trascorsi 21 lunghi giorni dall'esplosione e 6 dall'inizio delle ricerche quando, alle 08:15 del mattino, Seitshiro Lesedi (BIUST), mentre si accingeva a smontare le tende, trova il primo meteorite dell'asteroide 2018 LA. È un piccolo sasso luccicante di 17.92 g con un volume totale di 6,25 cm<sup>3</sup> (Fig. 6).

Questo ritrovamento ci darà le giuste motivazioni per organizzare la seconda spedizione, e poi la terza e la quarta... dalle quali ritorneremo sempre a mani vuote! I più maliziosi già pensavano che il collega della NASA se lo fosse portato in tasca da casa quel primo meteorite. Ma furono i dati scientifici a smentire le teorie complottiste dei più maliziosi. Infatti, mentre parte del gruppo si logorava in campagna cercando invano altri frammenti, il reperto numero uno (MP-01) veniva mandato nei laboratori del Gran Sasso, unici al mondo, dove gli isotopi cosmogenici vennero analizzati. Era il 21 Agosto 2018. Qui vale la pena di spiegare che questo è un passaggio cruciale per dimostrare, senza ombra di dubbio, che il meteorite ritrovato si esattamente un frammento dell'asteroide osservato dagli astronomi. Una sorta di anello mancante. Per provare questa importante correlazione si usano isotopi che hanno un tempo di dimezzamento (*half-life*) brevissimo, come per esempio <sup>46</sup>Sc, che ha un tempo di dimezzamento di 83.8 giorni. La presenza di tale isotopo nel meteorite del CKGR provava senza ombra di dubbio che quello si tratti di un meteorite recente, quindi correlabile al bolide di 2018 LA, e non ad un qualche evento precedente.



Fig. 5 - Alcuni esempi di non-meteoriti del CKGR. Fotografie di Alexander Proyer, BIUST.



Fig. 6 - 1 meteorite numero 1. Trovato da Seitshiro Lesedi (BIUST) IL 23 Giugno 2018.



**Fig. 7** - Mr Gabadirwe, archivist del BGI e curatore della collezione di meteoriti durante la spedizione di ottobre 2018 quando diversi meteoriti di Motopi Pan sono stati ritrovati.

## Ottobre 2018 - Novembre 2020

Finalmente, nel corso della sesta spedizione, a Ottobre 2018 altri 22 meteoriti furono trovati nella zona est dello *strewn field* (Fig. 7). Tutti meteoriti relativamente piccoli e comunque sempre al di sotto dei 20 g di massa. Bisogna arrivare a Novembre 2020 (2 anni e 5 mesi dopo l'esplosione dell'asteroide 2018 LA!) per arrivare al ritrovamento di un frammento di quasi 93 g, il meteorite numero 24 (Fig. 8).

Ma nel frattempo la scienza aveva fatto il suo corso e questo anonimo meteorite aveva ora un nome, una composizione chimica e... anche un indirizzo di provenienza.

## IL METEORITE MOTOPI PAN

Il primo meteorite ritrovato fu sottoposto ad un numero interminabile di analisi non distruttive: spettroscopia gamma, tomografia ai raggi-x, fluorescenza ai raggi-x, misure magnetiche, di densità, riflettanza nel campo IR e luce visibile (VIS-NIR). Questo diede una prima conoscenza generale delle caratteristiche del meteorite ma purtroppo non bastava a completarne la caratterizzazione. Infatti, la prima cosa da fare quando si scopre un meteorite è dargli un nome, e di solito si cerca un nome che sia anche un toponimo. Ma per farlo in maniera ufficiale è necessario applicare alla *Meteoritical Society*, l'ente internazionale che si occupa di catalogare e accettare tutti i meteoriti, vecchi e nuovi, che arrivano all'attenzione degli scienziati. La *Meteoritical Society* ha fissato dei criteri molto rigorosi per l'accettazione dei nuovi meteoriti che entrano a far parte del *Meteoritical Bulletin Database*. I meteoriti, vengono accettati come tali, solo ed esclusivamente se approvati dalla famigerata NomCom... la *Meteorite Nomenclature Committee*. Perché questo avvenga serve rispettare alcune regole:

1. tutti i frammenti di una stessa meteora vanno sotto lo stesso nome;
2. ogni meteorite deve avere un nome distintivo e diverso da tutti gli altri (chi tardi arriva male alloggia);
3. il nome deve riflettere il toponimo del luogo di ritrovamento!

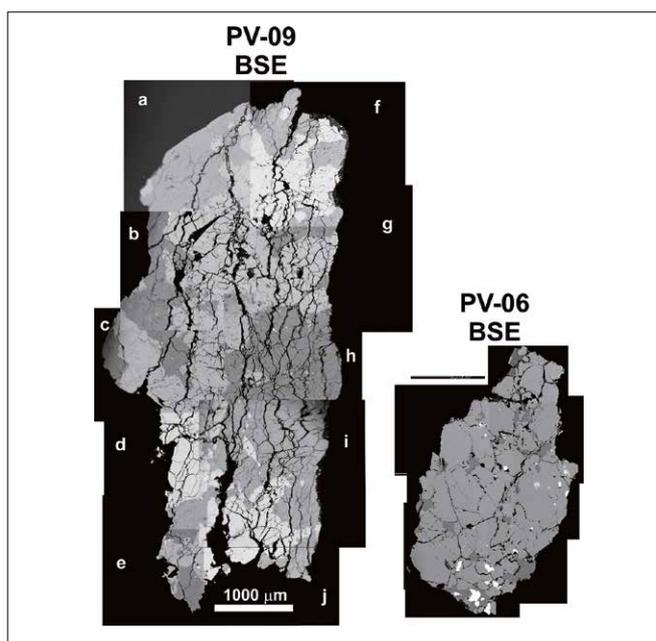
Inoltre, la NomCom chiederà che siano rese note le coordinate del ritrovamento, le circostanze del ritrovamento e anche della caduta della meteora, il numero di meteoriti ritrovati e la loro massa... ma soprattutto, quello che serve è la classificazione petrografica del meteorite.

E qui cominciarono i problemi, poiché per una classificazione corretta il meteorite va segato e montato su una sezione sottile per permettere ai petrografi di fare il loro lavoro. Ma ai colleghi del museo e del servizio geologico del Botswana l'idea di



**Fig. 8** - Alcune fasi del ritrovamento del meteorite di 93 g nel CKGR a Novembre 2020. In piena pandemia come potete notare dalle maschere.

# L'INCREDIBILE STORIA DEL METEORITE 'MOTOPI PAN': da pericolo spaziale a tesoro nazionale



**Fig. 9** - Petrografia di due sezioni di meteorite Motopi Pan viste al microscopio elettronico usando *Backscattered Electrons* (da Jenniskens et al., 2021).

spaccare il loro unico meteorite (al tempo si era giusto alla fine della prima missione e con un solo reperto) non andava a genio. Ci vollero settimane di negoziati e interviste con autorevoli scienziati per convincere i funzionari del governo che non c'era alternativa, per il meteorite del CKGR la sorte era inesorabile: essere segato a metà o rimanere nell'oblio (Scientifico).

Nel bel mezzo di questi negoziati si arrivò all'Ottobre 2018 e grazie ai nuovi 22 meteoriti finalmente riuscimmo a persuadere le autorità locali a rilasciare alcuni campioni per uno studio dettagliato. Quindi tagliammo! O meglio lo fecero Roger Gibson e i suoi colleghi all'università del Witwatersrand in Sudafrica. Le prime indagini petrografiche rivelarono che il meteorite era una sorta di breccia derivante da frammenti di howardite, eucrite basaltica e diogenite (**Fig. 9**). Una acondrite basaltica catalogata come Howardite-eucrite-diogenite (HED). Ora potevamo finalmente dare un nome al nostro ritrovamento, e seguendo le indicazioni della NomCom optammo per 'Motopi Pan', dal nome di un piccolo lago salato che si trova nelle vicinanze dello *strewn field*.

Le polveri risultanti dal taglio dei meteoriti sono poi state studiate usando ancora una volta spettroscopia a riflessione, termoluminescenza, sono inoltre stati studiati gli isotopi stabili dell'ossigeno, del cromo, e di tutti i gas nobili. Inoltre sono stati fatti studi composizionali di geochimica e chiaramente, i campioni sono stati datati mediante analisi della serie U-Pb in alcuni zirconi. Il meteorite era databile a circa 4,56 miliardi di anni (Jenniskens et al., 2021).

Per concludere la serie infinita di analisi, colleghi americani hanno ricercato la presenza di aminoacidi e composti organici... ma tutto quello che hanno trovato è stata una contaminazione da savana.

## PROVENIENZA

Tutti i risultati a partire dall'energia cinetica sviluppata dall'impatto dell'asteroide e la magnitudo del bolide, al contenuto di gas nobili e isotopi cosmogenetici, puntano ad un asteroide di circa 156 cm di diametro con una massa di 5700 kg.

L'orbita con la quale l'asteroide 2018 LA ha raggiunto la terra è compatibile con un'origine nella parte interna della fascia degli asteroidi dove si trova Vesta, uno degli oggetti più massicci in tutta la fascia, visitato e mappato di recente dalla missione Dawn. Questo tipo di acondriti basaltiche HED hanno una caratteristica banda di assorbimento nello spettro NIR che conferma la loro possibile provenienza dall'asteroide Vesta (De Sanctis et al. 2012).

Il calcolo dell'esposizione ai raggi cosmici del materiale che compone l'asteroide suggerisce che l'impatto che ha proiettato parte di Vesta verso il nostro pianeta è avvenuto circa 22.8 milioni di anni fa. Se si confronta questo dato con le datazioni dei crateri di Vesta in nostro possesso, il potenziale candidato per la formazione di 2018 LA, e di conseguenza del materiale costituente Motopi Pan, è un cratere di circa 10.3 km di diametro chiamato Rubria (Krohn et al. 2014). Rubria si trova ai margini di un cratere ben più grande, Rheasilvia nella depressione conosciuta come *Divalia Fossae Formation*.

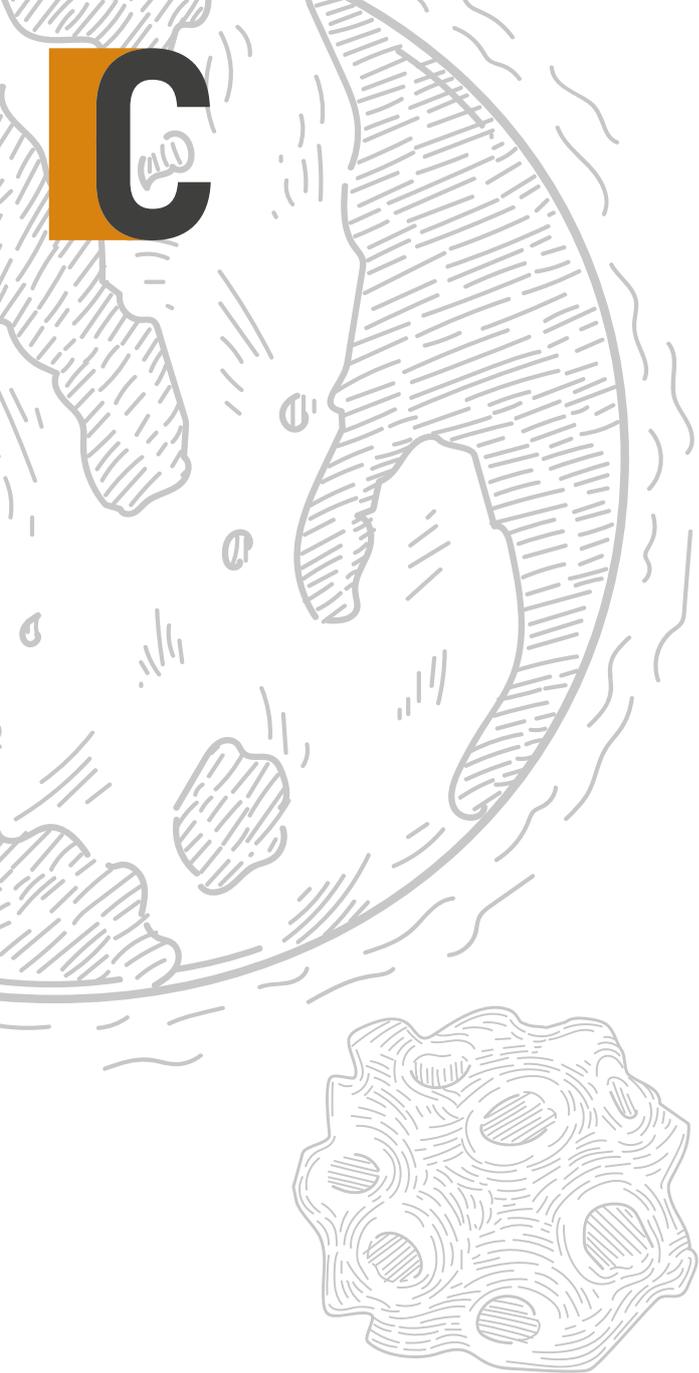
## QUANTO È IMPORTANTE IL METEORITE MOTOPI PAN?

Delle più di 60 mila meteoriti ufficialmente incluse nel *Meteoritical Bulletin Database* solo di 27 è stato possibile identificare con certezza una provenienza nel sistema solare. Il meteorite Motopi Pan è uno di questi. E non solo, è anche il secondo meteorite nella storia umana del quale si era a conoscenza dell'orbita pre-impatto. Come spiegato all'inizio di questo articolo, abbiamo a disposizione molte osservazioni astronomiche dell'asteroide 2018 LA, dal quale Motopi Pan proviene, e ciò ci ha dato importanti evidenze documentali riguardanti il punto di origine di questa massa rocciosa.

L'unico precedente fu l'asteroide 2008 TC3 caduto nel nord del Sudan il 7 Ottobre 2008 (Jenniskens et al., 2009). 2008 TC3 era circa 4 metri di diametro e fu osservato nella sua orbita pre-impatto ben 19 ore prima dell'ingresso nell'atmosfera terrestre. Questo lasso di tempo permise misurazioni della traiettoria dell'asteroide ancora più accurate che nel caso di 2018 LA. I meteoriti risultanti da 2008 TC3 furono scoperti in mezzo alle sabbie del Sahara e furono chiamati Almahata Sitta (Jenniskens et al. 2009).

Ci fu un secondo impatto previsto con il nostro pianeta il 1 Gennaio 2014, quello dell'asteroide 2014 AA, che purtroppo finì diretto nell'Oceano Atlantico.

Il terzo è il nostro Motopi Pan. Secondo nella storia ad essere finito anche in un museo.



## BIBLIOGRAFIA

**Anonymous (2018).** *Minor Planet Electronic Circular 2018- L04. June 3.* Minor Planet Center. <https://minorplanetcenter.net/mpec/K18/K18L04.html>

**De Sanctis M. C., Ammannito E., Capria M. T., Tosi F., Capaccioni F., Zambon F., Carraro F., Fonte S., Frigeri A., Jaumann R., Magni G., Marchi S., McCord T. B., McFadden L. A., McSween H. Y., Mittlefehldt D. W., Nathues A., Palomba E., Pieters C. M., Raymon C. A., Russell C. T., Toplis M. J. & Turrini D. (2012).** *Spectroscopic characterization of mineralogy and its diversity across Vesta.* Science 336, 697-700.

**Jenniskens P., Shaddad M. H., Numan D., Elsir S., Kudoda A. M., Zolensky M. E., Le L., Robinson G. A., Friedrich J. M., Rumble D., Steele A., Chesley S. R., Fitzsimmons A., Duddy S., Hsieh H. H., Ramsay G., Brown P. G., Edwards W. N., Tagliaferri E., Boslough M. B., Spalding R. E., Dantowitz R., Kozubal M., Pravec P., Borovicka J., Charvat Z., Vaubaillon J., Kuiper J., Albers J., Bishop J. L., Mancinelli R. L., Sandford S. A., Milam S. N., Nuevo M. & Worden S. P. (2009).** *The impact and recovery of asteroid 2008 TC3.* Nature, 458, 485-488.

**Jenniskens P., Gabadirwe M., Yin Q-Z., Proyer A., Moses O., Kohout T., Franchi F. & the Motopi Pan Meteorite Consortium (2021).** *The impact and recovery of asteroid 2018 LA.* Meteoritics & Planetary Science, 1-50. doi: 10.1111/maps.13653

**Krohn K., Jaumann R., Elbeshhausen D., Kneissl T., Schmedemann N., Wagner R., Voigt J., Otto K., Matz K. D., Preusker F., Roatsch T., Stephan K., Raymond C. A. & Russell C. T. (2014).** *Asymmetric craters on Vesta: Impact on sloping surfaces.* Planetary and Space Science, 103, 36-56.

**Wolf C., Onken C. A., Luvall L. C., Schmidt B. P., Bessell M. S., Chang S.-W., Da Costa G. S., Mackey D., Martin-Jones T., Murphy S. J., Preston T., Scalzo R. A., Shao L., Smillie J., Tisserand P., White M. C. & Yuan F. (2018).** *SkyMapper Southern Survey: First data release (DR1).* Publications of the Astronomical Society of Australia, 35, 10-39.

## SPUNTI PER LA DIDATTICA

### L'incredibile storia del meteorite 'Motopi Pan': da pericolo spaziale a tesoro nazionale

**Susanna Occhipinti**

L'articolo, un diario scientifico dell'eccezionale evento che ha permesso di seguire e tracciare la traiettoria del meteorite Motopi-Pan, così da poterne raccogliere frammenti, da permetterne lo studio e riconoscerne perfino la provenienza, fornisce moltissimi Spunti per la didattica.

*La filmografia sul tema, passata e recente, da Deep Impact ad Armageddon, fino al recente Greenland, lo stesso Jurassic Park, con il conseguente grande interesse per i dinosauri e per la loro estinzione, attribuita al "meteorite di Chicxulub, caduto sull'attuale penisola dello Yucatan, noto come il meteorite dei dinosauri, possono essere utili Spunti per la didattica; ma le numerose "approssimazioni scientifiche" contenute ed alcune fakes che vengono proposte richiedono di fare chiarezza e un uso oculato di questi strumenti, a partire dai termini scientifici, ad esempio è opportuno chiarire la differenza tra asteroidi, meteore e meteoriti.*

Un asteroide è un piccolo corpo celeste, simile per composizione ad un pianeta terrestre, di forma generalmente irregolare e di diametro, salvo eccezioni, non superiore al chilometro. Sono probabilmente residui del disco protoplanetario che, durante la formazione del Sistema Solare, non sono stati incorporati nei pianeti e si sono concentrati nella Fascia principale tra Marte e Giove. Asteroidi molto piccoli sono detti meteoroidi, quando entrano nell'atmosfera si riscaldano e formano una scia luminosa detta meteora, o stella cadente. Il riscaldamento, prodotto non dall'attrito, ma dalla fortissima compressione dell'aria di fronte al corpo che si riscalda e a sua volta lo riscalda, determina un processo detto ablazione atmosferica. Quando la meteora entra in collisione con la Terra, ciò che resta è un meteorite.

Per approfondire

- ▶ [phys.org/news/2015-06-difference-asteroids-meteorites.html](https://phys.org/news/2015-06-difference-asteroids-meteorites.html)
- ▶ [tg24.sky.it/scienze/approfondimenti/comete-meteoriti-asteroidi-differenze](https://tg24.sky.it/scienze/approfondimenti/comete-meteoriti-asteroidi-differenze)

Si suggeriscono in particolare le schede di EduINAF

- ▶ [edu.inaf.it/astrodidattica/scoperta-meteoriti](https://edu.inaf.it/astrodidattica/scoperta-meteoriti)
- ▶ [edu.inaf.it/approfondimenti/gallerie/asteroide-per-samantha](https://edu.inaf.it/approfondimenti/gallerie/asteroide-per-samantha)

Ma i meteoriti, su cui la ricerca si sta sempre più concentrando man mano vengono scoperte nuove evidenze, **sembrano essere responsabili di gran parte delle vicende che hanno interessato la Terra dalle sue origini**, anche se occorre ricordare che la tettonica delle placche determina la scomparsa sui fondi marini di qualsiasi traccia più vecchia di 200 milioni di anni e che dinamica endogena ed esogena possono modificare e nascondere anche tracce presenti sui continenti.

# L'INCREDIBILE STORIA DEL METEORITE 'MOTOPI PAN': da pericolo spaziale a tesoro nazionale

## I meteoriti e la nascita della crosta terrestre

Durante i primi miliardi di vita, più di 3,8 miliardi di anni fa, in un periodo denominato Adeano, la Terra fu bombardata da moltissimi meteoriti giganti, come quello responsabile della formazione della Luna. Questi provocarono la fusione parziale delle rocce superficiali, basaltiche e, a seguito degli impatti, la formazione di vulcani e di grosse pozze ripiene di materiale fuso.

Proprio queste irregolarità create dagli impatti avrebbero favorito la formazione di fratture alla **base dei meccanismi della tettonica**.

► [www.media.inaf.it/2022/08/12/impatti-meteoriti-continenti](http://www.media.inaf.it/2022/08/12/impatti-meteoriti-continenti)

## I meteoriti: l'acqua e l'atmosfera

In passato si riteneva che l'acqua degli oceani fosse stata portata dalle comete. Ma uno studio eseguito sull'idrogeno presente nel vapore acqueo dalla cometa Gerasimenko ha escluso questa possibilità: sarebbero stati, invece, i meteoriti a riempire i mari e gli oceani della Terra. E dalla evaporazione degli oceani, così come dai gas provenienti da vulcani, originati a loro volta dall'impatto di meteoriti, si sarebbe formata l'atmosfera terrestre.

► [www.saperescienza.it/rubriche/matematica-e-astronomia/l-acqua-sulla-terra-e-arrivata-da-meteoriti/2764-l-acqua-sulla-terra-e-arrivata-da-meteoriti](http://www.saperescienza.it/rubriche/matematica-e-astronomia/l-acqua-sulla-terra-e-arrivata-da-meteoriti/2764-l-acqua-sulla-terra-e-arrivata-da-meteoriti)

## I meteoriti e la nascita della vita

In alcune meteoriti è stata rilevata la presenza di zuccheri, ma già in passato, in alcune condriti, meteoriti ricche in Carbonio erano stati identificati amminoacidi e basi azotate, costituenti degli Acidi Nucleici, a supporto dell'ipotesi che gli asteroidi, e quindi le meteoriti, possano innescare reazioni chimiche in grado di produrre alcuni degli ingredienti fondamentali delle biomolecole. È possibile quindi che il bombardamento di meteoriti sulla Terra nelle sue fasi primordiali possa aver fornito i "mattoni" necessari per la nascita della vita sul nostro pianeta; si tratta ipotesi fonte di discussioni tra gli scienziati, tra evidenze a favore e contro l'ipotesi della panspermia. I *link* forniscono diversi punti di vista:

- [www.focus.it/scienza/scienze/vita-sulla-terra-fu-portata-dalle-meteoriti](http://www.focus.it/scienza/scienze/vita-sulla-terra-fu-portata-dalle-meteoriti)
- [scienze.fanpage.it/pioggia-di-meteoriti-ha-colpito-la-terra-ed-e-nata-la-vita-le-nostre-origini-negli-stagni](http://scienze.fanpage.it/pioggia-di-meteoriti-ha-colpito-la-terra-ed-e-nata-la-vita-le-nostre-origini-negli-stagni)
- [oggiscienza.it/2018/10/19/ipotesi-panspermia-galattica/index.html](http://oggiscienza.it/2018/10/19/ipotesi-panspermia-galattica/index.html)

## I meteoriti e il loro ruolo nelle grandi estinzioni

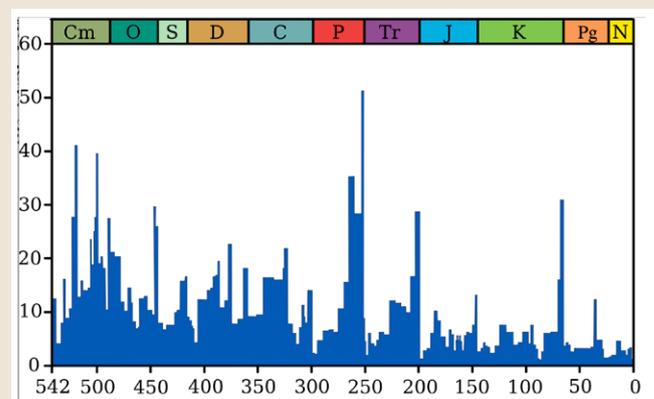
Come è noto la Terra è stata interessata da numerose estinzioni di massa, le cui cause vengono attribuite a fattori diversi, impatti di asteroidi o grandi variazioni climatiche (*supergreenhouse* o *snowballEarth*) che a loro volta però potrebbero essere state causate dall'impatto di un asteroide. Forti prove attribuiscono all'impatto di un asteroide la causa dell'evento di estinzione del Cretacico-Terziario: corrispondente del limite Cretacico-Terziario (K-T), nella gola del Bottaccione presso Gubbio fu infatti trovato da Luis Alvarez e suo figlio uno strato d'argilla

grigio-rossastra, con una concentrazione di iridio centinaia di volte maggiore del normale, attribuibile all'impatto di un asteroide, che fu identificato nell'asteroide di Chicxulub. L'impatto produsse profondi cambiamenti ambientali, le acque degli oceani divennero talmente acide da modificare l'atmosfera e distruggere gran parte della vita sulla Terra. Nonostante ipotesi diverse attribuiscono questi fenomeni ad altre cause, come le grandi emissioni vulcaniche conseguenti alla formazione dei *Traps* del Dekkan, i dati di Chicxulub sono così significativi da far ritenere che simili impatti possano essere la causa di altri eventi di estinzione di massa, come l'estinzione Permiano Triassico P-Tr, che vide la scomparsa del 90% delle specie viventi.

È quindi caccia al meteorite ed ai crateri di età corrispondente alle estinzioni di massa.

► [www.focus.it/scienza/scienze/asteroide-estinzione-dei-dinosauri](http://www.focus.it/scienza/scienze/asteroide-estinzione-dei-dinosauri)

► [www.focus.it/scienza/scienze/asteroidi-origine-vita](http://www.focus.it/scienza/scienze/asteroidi-origine-vita)



Il diagramma mostra l'intensità dell'estinzione dei generi marini nel corso dei milioni di anni. L'evento più significativo è quello compreso tra Permiano e Triassico (P-Tr). Sulle ordinate è riportata la percentuale di specie estinte, sulle ascisse i milioni di anni - *Wikipedia*.



Foto aerea del Lago Cheko.

Ma i meteoriti sono stati e restano un settore da analizzare ed approfondire, via via che gli scienziati vengono in possesso di nuovi dati.

Si segnala il "caso" del meteorite Tounguska, che sembra sia stato risolto solo recentemente.

- [https://it.frwiki.wiki/wiki/Événement\\_de\\_la\\_Toungouska](https://it.frwiki.wiki/wiki/Événement_de_la_Toungouska)
- [www.focus.it/scienza/spazio/una-nuova-spiegazione-per-tunguska](http://www.focus.it/scienza/spazio/una-nuova-spiegazione-per-tunguska)

Ma non si può dimenticare nemmeno il libro *La caccia alla meteora di Jules Verne*; gli astronomi gli hanno infatti dedicato ben tre asteroidi, *1640 Nemo*, scoperto nel 1951, *5231 Verne*, scoperto nel 1988, e *9769 Nautilus*, scoperto nel 1993.



# IL PROGRAMMA GEOSWIM

*Rilievi a nuoto  
delle coste rocciose  
del Mediterraneo*

a cura di Stefano Furlani e Fabrizio Antonioli



Rilievi nella Grotta della Pipa a Marettimo (Isole Egadi, Sicilia occidentale).

**L**e coste rocciose sono poco studiate dal punto di vista geomorfologico, sia perché molto resistenti all'erosione, e quindi soggette a modificazioni poco percepibili in confronto alle coste basse, sia a causa delle intrinseche difficoltà di accesso. Nel 2012 ebbe inizio un programma, denominato Geoswim, che aveva come obiettivo il rilievo a nuoto di 200 km di coste rocciose nell'Adriatico orientale. I rilievi vennero condotti con mezzi modesti: maschera, pinne e il supporto di un barchino da pesca opportunamente riadattato per ospitare sensori e fotocamere. Vennero acquisite immagini, video, batimetrie e dati fisico-chimici in continuo, assieme ad osservazioni geomorfologiche sopra e sotto il livello del mare. Grazie ai risultati ottenuti, si decise di continuare in altri settori costieri del Mediterraneo. Oggi, dopo dieci anni di campagne, sono stati rilevati quasi 550 km di coste rocciose. I dati rilevati nell'ambito di Geoswim costituiscono la piattaforma di partenza per future comparazioni geomorfologiche ed ecologiche, fondamentali in un periodo come questo caratterizzato dai cambiamenti climatici.



## GEOSWIM: UN APPROCCIO "TECNO-TRADIZIONALE"

Le coste rocciose coprono oltre il 50% dei litorali del Mediterraneo (**Fig. 1**), per una lunghezza stimata di oltre 25.000 km. La loro elevata resistenza all'erosione le inquadra come estremi baluardi della terraferma sul mare, con forme che creano paesaggi spettacolari, costellati da archi, faraglioni e grotte marine incessantemente modellate dal mare. In questi ambienti transizionali, tra il mare e la terra, le rocce si trovano in una condizione molto particolare, rispetto a quelle che affiorano in ambienti emersi o sommersi, in quanto sono soggette a una mescolanza di processi tipici dei due ambienti: onde e correnti, ma anche frane e degradazione atmosferica. Le coste rocciose, anche dette coste alte, possono essere composte da qualsiasi tipo di roccia e permettono lo sviluppo di forme complesse legate alla tettonica e all'erosione, essendo modellate dall'erosione delle onde e dagli organismi che vivono sulle scogliere. Il loro profilo topografico dipende dal tipo di roccia che affiora sulla falesia, dal clima e dall'energia delle onde. Un substrato roccioso resistente, combinato con ambienti riparati dal vento e dalle onde, darà luogo ad un profilo ripido, con scogliere molto pendenti a picco sul mare. Viceversa, rocce facilmente erodibili in ambienti ad alta energia daranno luogo ad un profilo più graduale, con una piattaforma alla base, e una falesia più o meno ripida verso terra. Il paesaggio delle coste rocciose si compone anche da tratti più o meno lunghi di spiagge incastonate tra promontori alti e resistenti, in cui si depositano sedimenti provenienti dai promontori stessi e dai corsi d'acqua che scaricano nelle relative baie. Queste spiagge sono conosciute anche con il termine anglosassone di *pocket beaches*. Del paesaggio costiero fanno parte anche gli archi e i faraglioni che costituiscono l'eredità, ovvero ciò che rimane, delle antiche posizioni in cui si trovava la costa nel passato, prima che il mare rimuovesse le porzioni meno resistenti. L'incessante lavoro dei processi costieri ha

### Keywords

Geomorfologia costiera

Coste rocciose

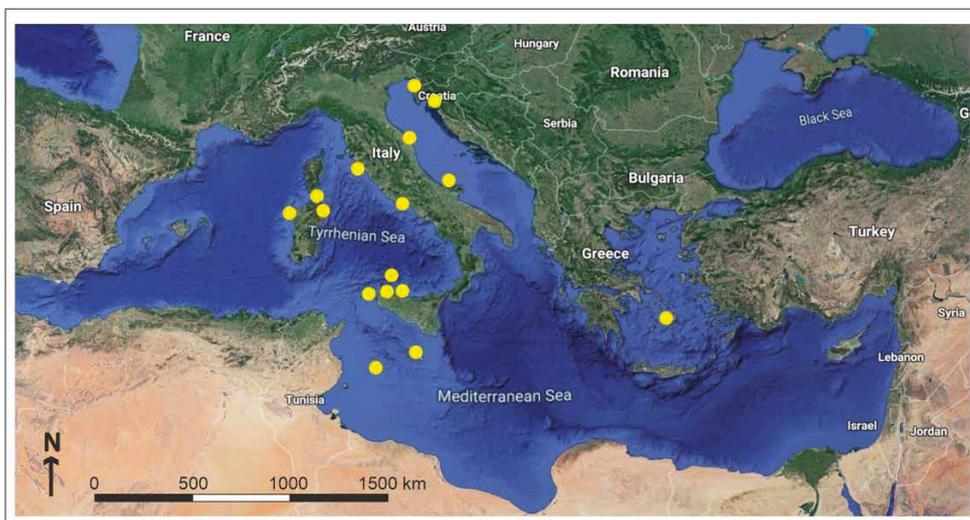
Metodi di rilevamento

Mediterraneo

infatti "mangiato" nel tempo tutto ciò che non era abbastanza resistente, lasciando solamente quei pochi bastioni rocciosi meno erodibili, archi e faraglioni, che il tempo prima o poi cancellerà. Anche le grotte marine, che sulla costa possono essere emerse, sommerse o svilupparsi sul livello del mare, sono parte integrante di questo spettacolare paesaggio.

A dispetto della loro bellezza, le coste rocciose sono molto meno studiate delle coste basse, sia a causa delle difficoltà di accesso, legate alle loro caratteristiche topografiche, sia perché molto resistenti all'erosione, con modificazioni morfologiche più lente rispetto alle coste basse. I tratti più pendenti delle falesie costiere, inoltre, sono molto spesso raggiungibili solo via mare, rendendo più difficili le operazioni di rilevamento. Osservazioni di rilevamento su vasta scala fino a pochi anni fa non sono mai state condotte. Geologi e geomorfologi hanno condotto interessanti lavori su piccoli tratti di costa, magari quelli più accessibili, oppure hanno studiato forme particolari, come alcune grotte, ecc. Studi geomorfologici o ecologici sono stati condotti su molte grotte costiere, o sulla stabilità di strutture come quello che fu l'Azur Window sull'isola di Gozo, uno spettacolare arco oggi crollato. Il programma Geoswim, a partire dal 2012, si pose invece come obiettivo proprio quello di osservare e misurare le coste in continuo, per chilometri, dal mare, o meglio dal pelo dell'acqua, a nuoto e con l'ausilio di ogni strumento in grado di fornire informazioni utili alle ricerche costiere (**Fig. 2**). Il tipo di rilevamento messo a punto nell'ambito di Geoswim

assomiglia più al rilevamento geologico classico sulla terraferma, quello con bussola, martello e libretto di campagna che non ai modi in cui si rileva solitamente in mare. Il rilevatore classico scarpina lungo i sentieri di montagna, e ogni tanto devia dal sentiero per osservare affioramenti significativi o strutture interessanti. In mare invece i rilievi sono puntuali, anche veloci, perché la permanenza in acqua, specie in profondità, è scandita da tempi decisamente ridotti



**Fig. 1** - Siti nel Mediterraneo in cui sono stati condotti rilevamenti con il protocollo proposto nel programma Geoswim.

# IL PROGRAMMA GEOSWIM

Rilievi a nuoto delle coste rocciose del Mediterraneo



e dalla necessità di utilizzare attrezzature dedicate, come gli erogatori per le immersioni, gli *scooter* subacquei, o i batiscafi per le immersioni profonde. Anche sotto costa, in apnea, i tempi per le osservazioni in immersione sono modesti. I rilievi a nuoto limitano l'osservazione alle zone più prossime alla superficie del mare, ma permettono, con un minimo di preparazione fisica, di coprire lunghe distanze e, come sulla terraferma, permettono di condurre un rilievo lento e di dettaglio, supportato eventualmente anche da un'imbarcazione di appoggio.

Fig. 2 - Il barchino all'interno di una grotta a Capo Rama (Sicilia settentrionale).

## IL BARCHINO, O MEGLIO L'ISR (*Instrumental-supported raft*)

Le parole d'ordine che guidano Geoswim potrebbero essere: mettere la testa sott'acqua, quindi "sporcarsi le mani", rilevare quanti più dati possibili e raccogliere quante più osservazioni si è in grado di accumulare lungo le coste studiate. Fin dalla prima campagna in solitaria, nel 2012, l'idea di fare osservazioni dettagliate e continue della costa e allo stesso tempo raccogliere quanti più dati strumentali possibili ha guidato la progettazione di Geoswim. A tutto ciò fu accostato un pesante allenamento, per essere sicuri di portare a termine il percorso previsto, e la costruzione di un "barchino" ad hoc (Fig. 3), che fungesse da supporto per la strumentazione di rilevamento. Il lavoro per mettere a punto la prima versione dell'ISR (*Instrumental-supported raft*) fu un costante fermento di idee, che venivano realizzate durante la giornata di lavoro e testate in serata, con una nuotata sotto casa nelle calde giornate primaverili a ridosso della partenza. Idee e *test* di nuovi modelli del barchino fanno ancora parte di Geoswim: l'ISR, infatti, viene costantemente aggiornato e migliorato, anno dopo anno, con modifiche che riguardano soprattutto la strumentazione, che diventa via via tecnologicamente più avanzata.

Potremmo dire che il barchino è una vera e propria nave oceanografica, solo più piccola, molto più piccola e con costi decisamente inferiori. Del resto, considerando che il



Fig. 3 - L'ISR (*Instrumental-supported raft*) durante le operazioni di rilevamento sulle isole Tremiti (Foto E. Romano)

rilevamento è condotto a nuoto, anche la strumentazione generalmente utilizzata è di tipo *low-cost*, salvo alcuni strumenti installati per esigenze particolari, come sonde multi-parametriche o camere iperspettrali. L'ISR ospita quindi tutta la strumentazione che viene utilizzata durante la giornata di rilevamento. Si tratta, per certi versi, del cuore pulsante di Geoswim, dove, in qualche maniera, finiscono tutti i dati e le osservazioni raccolte minuziosamente lungo il percorso di rilevamento. La motorizzazione ed il controllo da remoto del barchino, sebbene già testata, ha messo in luce tutte le difficoltà della navigazione a piccolissima distanza

dalla costa, dove scogli sommersi, blocchi crollati dalle pareti sovrastanti e altri accidenti topografici ostacolano enormemente i movimenti. Ma quali strumenti si trovano sopra e sotto il barchino?

Qualsiasi rilevamento deve essere geo-localizzato, ovvero posizionato univocamente, e con precisione, sulla superficie della Terra. Quindi, in primo luogo, sono montati un certo numero di dispositivi GPS. Il fatto di utilizzare più dispositivi di posizionamento è legato al fatto che, come ogni campagna che si rispetti, i problemi non mancano mai, quindi è buona norma raccogliere dati in eccesso, in modo da avere dati ridondanti. Sul barchino sono fissate inoltre un certo numero, anche questo variabile, di macchine fotografiche, normalmente di tipo *action camera*, che acquisiscono immagini della costa sopra e sotto la superficie del mare in *time-lapse*. Questo permette di coprire in continuo la zona costiera grazie al brevissimo intervallo di tempo tra le immagini consecutive, stabilito ogni mezzo secondo. Ciò significa che in un'ora di rilevamento vengono acquisite 7200 immagini per ogni fotocamera. Le fotocamere sono posizionate ai lati del barchino, in modo da "vedere" la costa perpendicolarmente rispetto alla linea di avanzamento. Nelle ultime campagne sono state aggiunte anche due telecamere a

360°, composte da due obiettivi grandangolari di 180° che, uniti, danno vita a video e foto a tutto tondo. L'operazione di unione delle due immagini, detta *stitching*, è visibile già sullo schermo della fotocamera, quindi in campagna. Anche in questo caso, dall'anno scorso, l'acquisizione dei video panoramici avviene sia sopra che sotto la superficie del mare. Al momento, dei quasi 550 km percorsi, oltre il 50% sono stati coperti da video acquisiti in continuo.

Come precedentemente detto, le dimensioni generose dell'ISR, 1,2 metri, fanno sì che possono essere aggiunti molti strumenti. Tra questi, i sensori per misurare la temperatura e la salinità dell'acqua che, nel Mediterraneo, è di circa 37‰, con variazioni da 36‰ a 39‰. Localmente, questi valori possono abbassarsi a causa della presenza di sorgenti d'acqua dolce dal fondo del mare (Fig. 4). Recentemente, una collaborazione con l'Istituto tecnico industriale Alessandro Volta di Trieste ha consentito di mettere a punto un nuovo strumento costituito da una batteria di sensori per acquisire un *set* di misure di temperatura e conducibilità ma anche la posizione GPS. Le sonde per misurare i valori di queste acque dolci in mare sono posizionate a varie profondità sotto il barchino, in modo da studiare la loro diffusione nella colonna d'acqua.

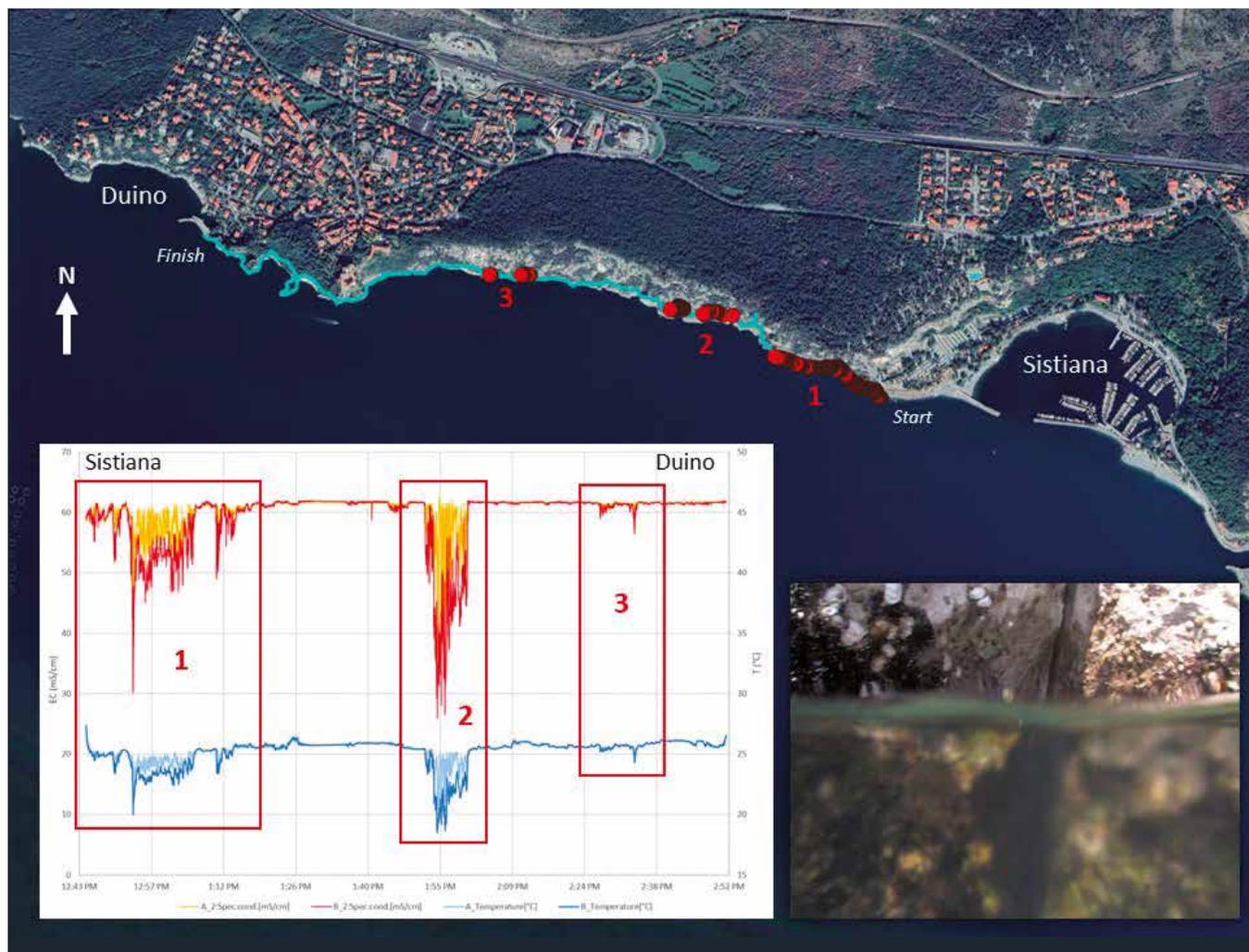


Fig. 4 - Misure di conducibilità e temperatura sulle sorgenti costiere nel settore costiero tra Sistiana e Duino, nel Golfo di Trieste.

Sul barchino può essere posizionato anche un ecoscandaglio che permette di acquisire dati di profondità lungo il percorso di rilevamento. Originariamente, nelle prime campagne, questo tipo di dato veniva raccolto solo sporadicamente e in maniera puntuale, ad esempio all'ingresso delle grotte o per quotare eventuali manufatti archeologici. Successivamente, con l'introduzione del *sonar*, si iniziarono ad acquisire anche profili batimetrici perpendicolari alla costa nei settori più interessanti. Oggi il *sonar* fa parte integrante del barchino, anche perché le batterie agli ioni di litio hanno permesso di ridurre enormemente il peso da spingere a nuoto.

### COSA E COME RILEVIAMO

Quando venne concepito Geoswim, l'idea era quella di condurre un'osservazione di dettaglio della fascia costiera con un approccio che non era assolutamente usuale: il rilevamento a nuoto. Potremmo dire che quest'ultimo sta alla geomorfologia costiera come il rilevamento classico sta alla geomorfologia terrestre. Qualsiasi geologo converrebbe che sarebbe impensabile rinunciare al rilevamento di campagna, eppure le difficoltà logistiche delle coste rocciose unite al fatto che non basta saper camminare, ma è necessario anche

saper nuotare "benino", ha scoraggiato completamente un approccio di questo tipo. Eppure, la costa è un ambiente privilegiato per un geomorfologo, perché lungo questa fascia tutto ciò che affiora è esposto ed evidente, a differenza di altri ambienti dove la copertura vegetale nasconde tutto. La prima spedizione ebbe anche un carattere sportivo, oltre che scientifico, in quanto, tutto sommato, nonostante la preparazione fisica messa a punto nei mesi precedenti, non era scontato di riuscire a concludere con successo tutto il percorso. Gli anni successivi, complice anche le campagne più brevi, il programma divenne esclusivamente di ricerca, sebbene ancora oggi sia richiesta una certa dose di preparazione fisica, ed una ovvia predisposizione per il lavoro di campagna. L'abbinamento della raccolta di dati strumentali su lunghi tratti di costa rocciosa e l'osservazione delle forme costiere, tipica del lavoro del geologo di campagna, abituato a scarpinare sui sentieri di montagna, fu quindi uno dei cardini di Geoswim. Un rilievo di questo tipo permetteva infatti di vedere la costa in una maniera diversa, con l'occhio a quota zero, o meglio un occhio sopra e l'altro sotto la superficie del mare. E, probabilmente, nessuno al mondo prima di noi ebbe modo di fare un'esperienza di rilevamento di questo tipo. Il dettaglio di queste osservazioni, per quanto speditive, consentiva di mappare nel dettaglio non solamente le caratteristiche delle coste sulle quali si nuotava, ma anche

di osservare le variazioni laterali delle forme e di produrre quindi modelli *field-based* dell'evoluzione costiera, basati sulle osservazioni dirette. Le immagini scattate secondo dopo secondo consentivano inoltre di avere a disposizione un'istantanea del momento in cui veniva condotto il rilevamento. Queste immagini, essendo georeferenziate, potevano essere facilmente comparate con immagini dello stesso punto che potranno essere acquisite in campagne future, magari tra qualche anno o qualche decennio, in modo da disporre di un corposo database di osservazioni ripetute nel tempo. In breve, immagini "storiche" dettagliatissime della costa: un dato che molti studiosi vorranno avere a disposizione un giorno per studiare le coste del passato, ovvero quelle che noi studiamo e rileviamo oggi.

L'acquisizione delle immagini sopra e sotto la superficie del mare venne iniziata perché ci ponemmo il problema di creare dei modelli tridimensionali della zona di transizione tra la parte emersa e sommersa, dove gli strumenti generalmente faticano a mettere assieme dati di tipo diverso (Fig. 5). Qui inoltre arrivano le onde,

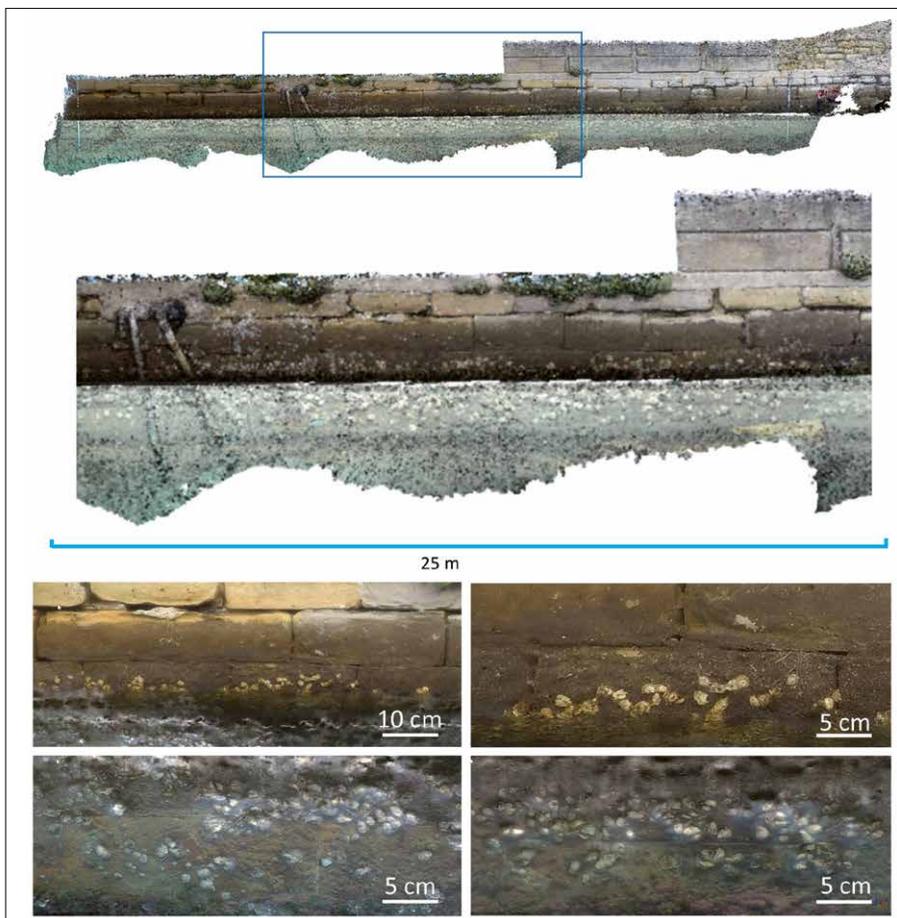


Fig. 5 - Modello tridimensionale della zona intertidale di un tratto di banchina artificiale nel Golfo di Trieste (modificata da Furlani et al., 2020).

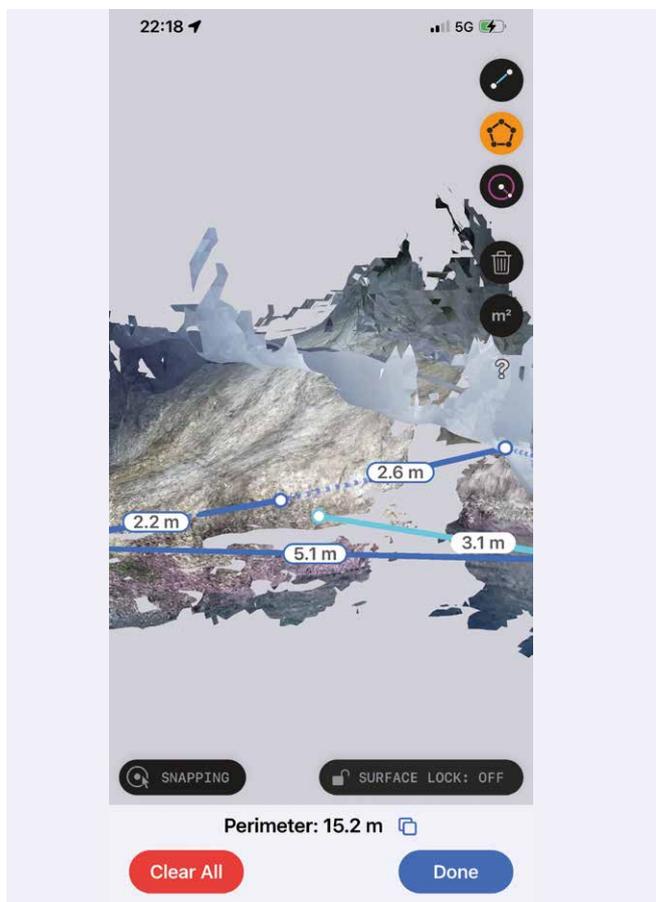


Fig. 6 - Modello di una grotta costiera a Capo Rama (Sicilia) eseguito con il Lidar incorporato in uno *smartphone* impermeabile.

che disturbano le immagini creando problemi di allineamento tra l'emerso con il sommerso. In questi ultimi anni abbiamo iniziato ad acquisire modelli tridimensionali della parte emersa della costa con sensori Lidar a basso costo presenti su alcuni *smartphone* (Fig. 6).

In Geoswim, la giornata di rilevamento è l'unità di misura fondamentale. I rilievi sono infatti organizzati per giornata di rilevamento. Il *database* che raccoglie i dati di rilevamento si compone di varie voci, tra cui ora di inizio e fine del percorso giornaliero, posizione dei punti di inizio e fine e altri dati che riguardano la navigazione. In realtà, le attività della giornata iniziano già il giorno precedente, quando vengono preparate le attrezzature, vengono caricate le batterie, viene verificata la funzionalità della strumentazione e, quando possibile, vengono anche fatti i sopralluoghi da terra. Il giorno di rilevamento inizia invece dalla colazione, generalmente abbondante, per far fronte alle molte ore di navigazione a nuoto senza bisogno di pause per mangiare. I rilievi vengono condotti da uno o più operatori che, singolarmente o in gruppo, nuotano o eventualmente si turnano in mare. Nei dieci anni di ricerche hanno collaborato numerosissimi ricercatori e studenti da varie università, enti di ricerca ed aree marine protette del Mediterraneo (Fig. 7).

Accanto ai geomorfologi, molto spesso anche biologi, ecologi, archeologi e geografi hanno partecipato ai rilievi. La campagna a Lampedusa ha visto la partecipazione addirittura di un filosofo, con il quale sono state approfondite le questioni più prettamente teoriche relative a questo tipo di rilievi. Per ciò che riguarda i dati strumentali, l'acquisizione rimane più o meno sempre la stessa. Immagini, video, dati di profondità, conducibilità e temperatura vengono rilevati in ogni campagna, a prescindere dal tipo di costa indagata. Accanto a questa base onnipresente di dati, come le immagini, i video e i dati chimico-fisici, vengono di volta in volta aggiunte alcune tipologie di osservazioni, calibrate sugli obiettivi della campagna, come ad esempio la presenza dei solchi marini lungo le coste carbonatiche, o alcuni tipo di organismi, come la *Patella ferruginea*, presente soprattutto



Fig. 7 - Foto di gruppo della campagna Geoswim del 2017 sull'isola di Paros (Grecia).

# IL PROGRAMMA GEOSWIM

## Rilievi a nuoto delle coste rocciose del Mediterraneo



Fig. 8 - Rilievi nella Grotta della Pipa a Marettimo (Isole Egadi, Sicilia occidentale).

nel Mediterraneo centro-orientale, ecc. Le immagini servono sia a documentare il rilevamento, “fissare” un determinato oggetto geomorfologico o biologico ad una data area, ma anche a “misurare” le variazioni laterali delle forme sopra e sotto la superficie del mare. L’acquisizione permette quindi di osservare nel dettaglio i cambiamenti di ogni forma rilevata, anche piccola, lungo il percorso di rilevamento e permette di studiare nel dettaglio le loro caratteristiche morfometriche, ovvero le dimensioni, e quindi avere più informazioni per studiarne l’evoluzione.

I valori di temperatura e conducibilità dell’acqua di mare vengono acquisiti praticamente in ogni campagna. Questi valori sono abbastanza costanti, con alcune variazioni geografiche e stagionali. Localmente, a causa delle venute sottomarine di acqua dolce, sia la temperatura che la conducibilità elettrica possono abbassarsi, tanto da rendere l’acqua di mare quasi dolce. Queste sorgenti sottomarine, che solitamente assumono nomi locali, sono particolarmente

abbondanti in alcune aree costiere caratterizzate da rocce carbonatiche, come ad esempio le coste della Grecia, della Turchia, e ovviamente dell’Adriatico orientale, dove peraltro è nato il programma Geoswim. Se la sorgente fa abbassare solamente la conducibilità elettrica, è necessario avere il conduttivimetro per rilevarla, mentre se si riduce anche la temperatura, può essere percepita nuotando sul corpo.

Durante il rilevamento vengono raccolti anche dati batimetrici. Normalmente sono acquisiti parallelamente alla costa e servono per avere un’idea generale della profondità alla base delle falesie costiere. Nei punti della costa di maggiore interesse, vengono effettuati dei profili perpendicolari lunghi circa 50 m che servono per caratterizzare il fondale antistante. Accanto ai dati strumentali, immagini, video, dati chimico/fisici e batimetrici raccolti in modo continuo, vengono condotte anche osservazioni sui singoli “oggetti geomorfologici”, come grotte (Fig. 8), faraglioni, archi o forme di interesse per lo studio delle variazioni del livello



Fig. 9 - Misure speditive su un solco marino sommerso a Paros (Grecia).

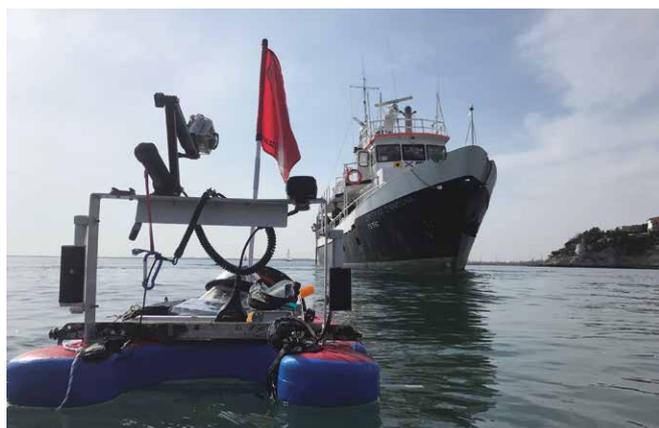


Fig. 10 - Operazioni di rilevamento nel Golfo di Trieste con l'appoggio della nave Umberto d'Ancona.

del mare, come i solchi marini attuali o fossili (Fig. 9). Le osservazioni vengono comunicate via radio alla barca di appoggio (Fig. 10), dove viene predisposto un vero e proprio "libretto di campagna". La partecipazione di esperti di altre discipline consente inoltre di eseguire osservazioni di altro carattere, ad esempio sull'ecologia costiera, la presenza o l'assenza di organismi vegetali o animali, alcuni molto importanti nella modellazione delle forme costiere, come ad esempio le patelle o gli organismi biocostruttori.

## DIECI ANNI DI ESPLORAZIONI

I numeri di Geoswim oggi sono notevoli: 97 giornate di rilevamento nel Mediterraneo centro-orientale, per un totale di 20 campagne, oltre 500 chilometri di costa rilevata e oltre 335 ore di nuoto con maschera e pinne. A queste si aggiungono molte giornate di test, che sono servite per mettere a punto la strumentazione e migliorare la qualità e la precisione della navigazione e di acquisizione dei dati.

La campagna più lunga fu sicuramente la prima, con oltre 200 chilometri di coste percorse in solitaria da Stefano Furlani. In questa campagna, ogni piccola baia, anfratto e grotta lungo le coste dell'Istria venne perlustrata e vennero mappati i punti in cui affioravano i solchi sommersi, già in parte noti in Istria. Complessivamente, nelle campagne Geoswim sono state raccolte, finora, circa 500.000 immagini in *time-lapse* della zona emersa e 185.000 della zona sommersa e quasi 15.000 *outline images*, fotografie a supporto dei rilievi e 200 ore di video. Lungo le coste studiate sono state rilevate 270 grotte sul livello del mare attuale, 12 archi costieri e 14 faraglioni, assieme alla mappatura estensiva dei campi di marmite sommerse, i cosiddetti *potholes*. Il solco marino è stato

# IL PROGRAMMA GEOSWIM

## Rilievi a nuoto delle coste rocciose del Mediterraneo

### IL FUTURO DI GEOSWIM

individuato in oltre la metà delle giornate di rilevamento. Dentro questi numeri, che per la prima volta certificano un'osservazione minuziosa delle coste rocciose, si nascondono anche rinvenimenti assolutamente inediti, come la scoperta di almeno due grotte completamente sconosciute ai catasti locali, o la mappatura dei solchi marini in zone in cui ancora non era riportato. In questo tipo di spedizioni è necessaria sempre una certa dose di fortuna, che può liberare il campo a scoperte impensate. Gli anglosassoni la chiamano *serendipity*, ovvero l'occasione di fare scoperte per puro caso trovando una cosa non cercata e prevista, magari mentre se ne sta cercando un'altra. Nel nostro caso, ad esempio, un grande sistema ipogeo costiero a tre camere è stato scoperto a Favignana, a poche centinaia di metri dal porto dell'isola. A Ustica invece, una cavità sconosciuta è stata individuata all'interno di un faraglione, lungo coste molto battute da pescatori e turisti. Su quest'isola, inoltre, venne individuato anche un solco marino attuale, lungo una costa di natura vulcanica, in cui solitamente non si forma. La presenza di piccole sacche di rocce carbonatiche ha permesso l'attivazione di processi di corrosione carsica e quindi condizioni favorevoli al loro sviluppo, sebbene lungo tratti ridottissimi.

Geoswim è un cosiddetto *ongoing program*, ovvero un programma di rilevamento che continua nel tempo, con l'obiettivo ambizioso di coprire a nuoto tutte le coste rocciose del Mediterraneo, seguendo un protocollo messo a punto in questi anni di ricerche. In futuro, verrà perseguita l'idea di esportare questo tipo di approccio anche fuori dal Mediterraneo, magari in mari che abbiano le sue stesse caratteristiche idrodinamiche, quindi bacini chiusi, con piccole escursioni di marea e scarsa energia delle onde: condizioni che permettano di acquisire dati in continuo nella stessa maniera in cui solitamente lavoriamo. La natura ambiziosa del progetto, i tanti chilometri previsti per completare il progetto ci spinge a lavorare alla creazione di gruppi di rilevamento che siano in grado di lavorare in sicurezza seguendo i protocolli messi a punto in questi anni, coinvolgendo anche studenti, dottorandi e giovani ricercatori sia nelle attività di campagna che di elaborazione dei dati. L'avanzamento tecnologico delle strumentazioni che utilizziamo durante le campagne Geoswim è all'ordine del giorno: i sensori, e soprattutto le fotocamere, aumentano in risoluzione anno dopo anno, consentendo di migliorare i dettagli delle acquisizioni.

## BIBLIOGRAFIA

Antonoli F., Lo Presti V., Anzidei M., Deiana G., De Sabata E., Ferranti L., Furlani S., Mastronuzzi G., Orrù P., Pagliarulo R., Rovere A., Sannino G., Sandò P., Scicchitano G., Spampinato C.R., Vacchi M. & Vecchio A. (2015). *Tidal notches in the Mediterranean Sea*. Quaternary Science Review, 119, 1-19.

Antonoli F., Ferranti L., Stocchi F., Deiana G., Lo Presti V., Furlani S., Marino C., Orrù P., Scicchitano G., Trainito E., Anzidei M., Bonamini M., Sansò P. & Mastronuzzi G. (2018). *Last Interglacial tidal notches in tectonically stable coasts in the Mediterranean Sea: Implications for GIA model predictions*. Earth Science Review, 185, 600-623.

Antonoli F., Anzidei M., Lo Presti V., Scicchitano G., Spampinato C., Trainito E. & Furlani S. (2017). *Enigmatic marine notch sites: three case studies in the central Mediterranean Sea*. Quaternary International, 439, 4-16.

Bascom W. (1976). *Onde e spiagge*. Dinamica della superficie marina. Zanichelli.

Bisanti L., de Sabata E., Visconti G. & Chemello R. (2021). *Towards a local mass mortality of the Mediterranean orange coral *Astroides calycularis* (Pallas, 1766) in the Pelagie Islands Marine Protected Area (Italy)*. Aquatic Conservation Marine and Freshwater Ecosystems, 32(1). <https://doi.org/10.1002/aqc.3772>

De Waele J. & Furlani S. (2021). *cap. 6.13 Seawater and biokarst effects on coastal karst*. In: Shroeder, J.F. (Ed.) Treatise on Geomorphology, Vol. 6, Elsevier, Amsterdam, 341-350.

Furlani S. (2020). *Integrated observational targets and instrumental data on rock coasts through snorkel surveys*. Marine Geology, 245, 106191, 1-15.

Furlani S., Pappalardo M., Gomez-Pujol L. & Chelli A. (2014). *The rock coast of the Mediterranean and Black Seas*. In: Kennedy, D.M., Stephenson, W.J., Naylor, L.A. (Eds), Rock Coast Geomorphology: A Global Synthesis. Geological Society, London Memoirs, 40, 89-123.

Furlani S., Ninfo A., Zavagno E., Paganini P., Zini L., Biolchi S., Antonoli F., Coren F. & Cucchi F. (2014b). *Submerged notches in Istria and the Gulf of Trieste: results from the Geoswim Project*. Quaternary International, 332, 37-47.

Furlani S., Antonoli F., Cavallaro D., Chirco P., Caldarelli F., Foresta Martin F., Gasparo Morticelli M., Monaco C., Sulli A., Quarta G., Biolchi S., Sannino G., De Vita S., Calcagnile L. & Agate M. (2017). *Coastal landforms and Late Quaternary relative sea level changes at Ustica (Sicily, southern Italy)*. Geomorphology, 299, 94-106.

Furlani S., Antonoli F., Gambin T., Gauci R., Ninfo A., Zavagno E., Micallef A. & Cucchi F. (2017). *Marine notches on the Maltese Islands (Central Mediterranean Sea)*. Quaternary International, 439, 158-168.

Furlani S. (2020). *Integrated observational targets and instrumental data on rock coasts through snorkel surveys*. Marine Geology, 245, 106191, 1-15.

Furlani S., Vaccher V., Macovaz V. & Devoto S. (2020). *A cost-effective method to create 3D models of the nearshore and intertidal zone in microtidal environments*. Remote Sensing, 12, 1880.

Furlani S., Vaccher V., Antonoli F., Agate M., Biolchi S., Boccali C., Busetti A., Caldarelli F., Canziani F., Chemello R., Causon Deguara J., Dal Bo E., Dean S., Deiana G., De Sabata E., Donno Y., Gauci R., Giaccone T., Lo Presti V., Montagna P., Navone A., Orrù P.E., Porqueddu A., Schembri J.A., Taviani M., Torricella F., Trainito E., Vacchi M. & Venturini E. (2021). *Preservation of MIS 5.5 erosional landforms and biological structures to be used as sea level change markers: a matter of luck*. Water, 13(2127). <https://doi.org/10.3390/w13152127>

Sunamura T. (1992). *Geomorphology of Rock coasts*. Chichester, Wiley.

Trenhaile A.S. (1987). *The geomorphology of rocky coasts*. Oxford, Clarendon Press.



“L’ontogenesi ricapitola l’evoluzione”. Queste le parole, usate da Haeckel, per sintetizzare la relazione tra l’embriogenesi e la storia della Vita. Nonostante numerosi studi abbiano provato come una completa ricapitolazione dell’evoluzione non sia presente nello sviluppo dei vertebrati attuali, questa ipotesi rimane ancora influente nella scienza moderna grazie alla disciplina Evo-Devo.

Lo studio della morfogenesi, basata sul tracciamento dei cambiamenti anatomici che avvengono durante lo sviluppo embrionale, abbinato al *record* fossile, viene utilizzato per sintetizzare ipotesi evolutive al fine di comprendere come avvengano i grandi cambiamenti morfologici, caratterizzanti le grandi diversificazioni evolutive dei vertebrati.

Il perfezionamento di metodi di visualizzazione associati all’incorporamento di organismi non adatti alla disciplina dell’embriogenesi e la scoperta di nuovi giacimenti fossiliferi, capaci di colmare importanti *gaps* evolutivi, stanno rivoluzionando le nostre conoscenze, in particolare quella riguardante l’origine della biodiversità con cui siamo a contatto quotidianamente e di cui facciamo parte. Ed è così, attraverso questo nuovo sguardo, che possiamo trovare caratteri tipicamente riferibili a dinosauri mesozoici negli uccelli moderni in alcuni momenti della loro embriogenesi: mentre il becco, le penne, e le ali si formano negli ultimi istanti, le prime fasi dello sviluppo embrionale svelano come un dinosauro si trasforma gradualmente in un uccello, confermando in parte ciò che vediamo nel *record* fossile.



# DINOSAURI DI IERI E DI OGGI: *l'embriologia come chiave per comprendere il record fossile*

a cura di Matteo Fabbri



## IL PASSATO COME CHIAVE PER COMPRENDERE IL PRESENTE E IL FUTURO

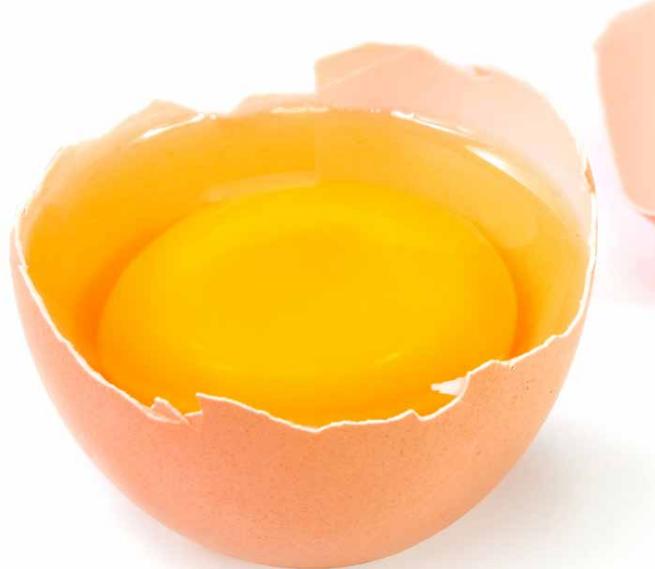
Comprendere l'origine della diversità fenotipica (il *set* di caratteri osservabili risultanti dall'interazione tra genotipo e *habitat* ecologico) dei gruppi moderni è uno dei fini fondamentali in Biologia. Il fenotipo è il risultato dell'interazione di più variabili: la storia evolutiva del *taxon* e del gruppo (la quale limita la diversità anatomica della specie stessa), sviluppo embrionale, comportamento e biomeccanica dell'organismo, e perturbazioni ambientali ed ecologiche (fattori estrinseci, come variazioni climatiche ed estinzioni di massa). Poiché i processi evolutivi richiedono milioni di anni, una delle risorse più importanti usate per comprendere come certi fenotipi siano apparsi e come questi abbiano aiutato la radiazione dei gruppi moderni risiede nel *record* fossile. La biodiversità che osserviamo oggi è il risultato di centinaia di milioni di anni di evoluzione: sebbene i vertebrati moderni siano rappresentati da più di 70000 specie viventi, il 99.9% della diversità evolutiva che ha portato alla diversità moderna è estinta. Il record fossile rimane quindi l'unica risorsa di informazioni che permette di capire quando e dove un gruppo si è evoluto, come questo si sia diversificato, come il fenotipo si sia trasformato, e come questi aspetti siano connessi ad importanti eventi ambientali di scala geologica. Per comprendere quanto sia importante il *record* fossile per l'interpretazione della biodiversità attuale e la sua origine, basti pensare agli uccelli moderni: questo gruppo è stato un rompicapo per i ricercatori, poiché il fenotipo aviano si è profondamente trasformato nel tempo e differisce drammaticamente da qualsiasi altro animale attuale. Solo tramite il *record* fossile siamo riusciti a comprendere che gli uccelli sono in realtà dinosauri moderni sopravvissuti all'estinzione di massa del K/Pg e parenti dei coccodrilli.

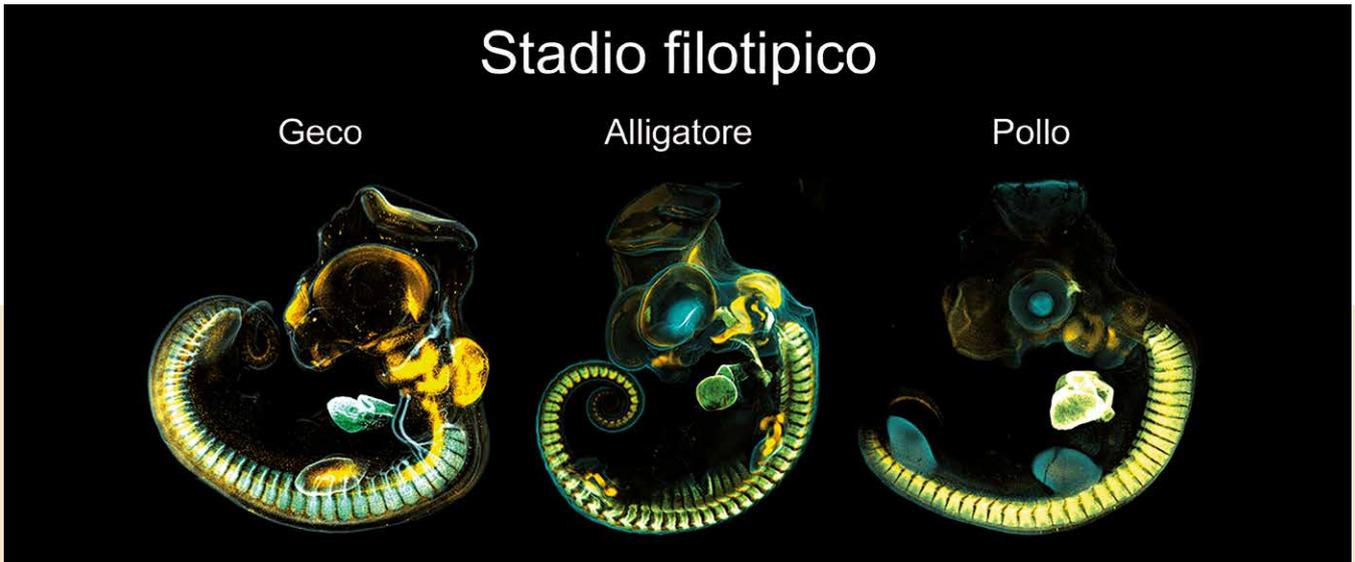
Tuttavia, il *record* fossile rimane molto limitato: purtroppo, le condizioni tafonomiche richieste per la fossilizzazione di organismi (grandi o piccoli che siano) sono incredibilmente rare. Questo significa che ogni sito geologico con fossili contiene, generalmente, un *record* che preserva tra l'8-40% dell'intero ecosistema che una volta popolava quell'ambiente. Il *record* fossile ci permette quindi di tracciare la storia della Vita, rispondendo alle domande "dove", "quando" e "cosa" accadde, ma ad una risoluzione di milioni di anni.

Questo è problematico per comprendere l'evoluzione del fenotipo: la domanda di come il fenotipo evolve richiede una spiegazione meccanicista, che permetta di risolvere la domanda "come evolve". Poiché il record fossile è troppo incompleto per capire come certi fenotipi si siano originati, dobbiamo guardare ad altre risorse di informazioni, come ad esempio, la plasticità degli embrioni appartenenti ad organismi viventi. La domanda che dobbiamo porci, quindi, è: come possiamo utilizzare questa risorsa biologica, presente in tutti gli organismi viventi a scala generazionale, a nostro favore, per comprendere processi evolutivi che sono avvenuti nel Tempo Profondo?

### Keywords

Evodevo  
Embriologia  
Evoluzione  
Viodiversità





**Fig. 1** - Rappresentazione dello stadio filotipico tra geco, alligatore, e pollo. Lo stadio filotipico prevede una morfologia simile tra embrioni appartenenti a gruppi diversi. Le caratteristiche anatomiche caratterizzanti queste specie appaiono in maniera graduale in stadi embriologici successivi. Dati non pubblicati appartenenti a Matteo Fabbri.

## LO SVILUPPO EMBRIONALE RICAPITOLA L'EVOLUZIONE?

Il primo tentativo di connessione tra evoluzione ed embriologia avvenne intorno al 1820, quando Johann Meckel, un anatomista e zoologo tedesco, e Etienne Serres, un fisico ed embriologo francese, formalizzarono la legge del parallelismo "Meckel-Serres" (Meckel & Serres, 1824; Russell, 1916), la quale prevede che un animale evolutivamente avanzato ricapitola il fenotipo adulto di animali meno evoluti durante lo sviluppo embrionale. Ciò vuol dire che, il morfotipo adulto di animali "meno evoluti" può essere approssimato come stadio larvale di animali evoluti maggiormente. Questo primo tentativo di unificazione tra evoluzione e biologia embrionale implica quindi un'evoluzione lineare della complessità fenotipica, dove un incremento graduale della complessità morfologica durante l'embriogenesi riflette allo stesso tempo l'evoluzione della complessità morfologica stessa.

Fu solo con Agassiz (1851) che la legge del parallelismo iniziò ad incorporare evidenze evolutive dal *record* fossile: Agassiz spiegò come non solo lo sviluppo embrionale ricapitola la complessità della biodiversità moderna, ma anche quella presente nel passato sottoforma di fossili. Tuttavia, il passo da gigante fatto da Agassiz, per la nostra comprensione di questi complicati processi, è stato quello di riconoscere che, in realtà, la complessità fenotipica presente nel *record* fossile e nella diversità moderna deve essere divisa in quattro gruppi diversi: vertebrati, molluschi, radiati, e articolati. Questo significa che non ci si può aspettare uno stadio embriologico simile ad invertebrati in vertebrati, e viceversa. Per la prima volta, la complessità fenotipica non viene vista come un processo graduale che va dal "semplice" al "complesso", ma come il risultato di più variabili, ad esempio, la storia evolutiva del gruppo stesso.

La legge del parallelismo sfociò in una versione più estrema nel 1868 nel lavoro proposto da Ernst Haeckel (1868), il

quale, ispirato dai lavori precedenti sul parallelismo tra evoluzione ed embriologia e dalla formalizzazione della teoria delle specie da parte di Charles Darwin (2004) e Alfred Wallace, propose che lo sviluppo embrionale ricapitola di fatto l'evoluzione della specie e del gruppo a cui appartiene ("l'ontogenesi ricapitola l'evoluzione"). Haeckel mantiene ancora una linea di ricapitolazione della complessità: la complessità della forma adulta in organismi "più semplici" è rispecchiata in stadi embrionali di specie più evolute e complesse.

Nonostante questi importanti passi in avanti nel connettere evoluzione ed embriologia, solo la legge di Von Baer (1828) mantiene una spiccata rilevanza nella disciplina dello sviluppo embrionale moderno, sfociando nel campo scientifico che oggi chiamiamo Evo-Devo (*Evolutionary and Developmental Biology*).

La legge di Von Baer prevede uno stadio embrionale successivo alla gastrulazione con un morfotipo semplice e condiviso tra gruppi evolutivi: lo stadio filotipico. Questo stadio è il momento in cui la morfogenesi dello scheletro, sistema nervoso e somitico inizia. Caratteri specifici di singole specie, come ad esempio il becco e le piume negli uccelli, appaiono in maniera graduale negli stadi embrionali successivi allo stadio filotipico. Quindi, a livello di *phylum*, la complessità anatomica di ogni gruppo appare in stadi embrionali successivi, incrementando e differenziando la semplice anatomia presente allo stadio filotipico. Questo percorso di acquisizione di specifici tratti anatomici che formano il fenotipo viene chiamato il modello a clessidra, poiché prevede una complessità minima all'inizio della morfogenesi, che eventualmente sfocia nella diversità fenotipica che contraddistingue la biodiversità moderna (Fig. 1). La rilevanza della legge di Von Baer (probabilmente



anche il motivo per la sua “attualità” concettuale) risiede nella realizzazione che, durante lo sviluppo embrionale, non avviene una ricapitolazione della storia evolutiva del gruppo. Sebbene tutti i gruppi di vertebrati abbiano uno stadio fenotipico simile (stadio filotipico) all’inizio della morfogenesi, la loro diversificazione morfologica rappresenta una linea divergente: un embrione di uccello, ad esempio, non presenta alcun stadio di sviluppo che assomiglia ad un coccodrillo adulto. Questo suggerisce che la storia evolutiva di un gruppo ha di fatto un *imprinting* nell’embriologia di una specie: in altre parole, lo studio della divergenza fenotipica di più specie all’interno di un contesto evolutivamente significativo, può illustrare come strutture evolutivamente importanti compaiono da una morfologia

“semplice” e quali meccanismi portano ad esse. Sebbene studi recenti abbiano mostrato come anche lo stadio filotipico sia differente da gruppo a gruppo (per esempio, il numero di somiti assiali in embrioni di serpenti è maggiore che in altri vertebrati), e che non tutti i tratti morfologici che appaiono durante lo sviluppo siano di fatto importanti per comprendere eventi evolutivi, nuove tecnologie e la loro applicazione hanno permesso di esplorare il ruolo dell’embriogenesi e ontogenesi nell’apparizione di nuovi fenotipi, e viceversa. Si è aperta così la possibilità di studiare l’eterocronia, ovvero la tempistica con cui avvengono cambiamenti embriologici, come questi differiscono tra specie dello stesso gruppo, e come cambiamenti nello sviluppo embrionale portino a nuove caratteristiche morfologiche nello stadio adulto di una specie.

## UNA RINASCITA PER EVO-DEVO

Viviamo in un vero e proprio Rinascimento per la disciplina Evo-Devo: nuove tecnologie e metodi permettono oggi giorno di approfondire la nostra conoscenza dell’embriogenesi e la sua relazione con l’evoluzione.

Per decenni, la disciplina dell’embriologia si è focalizzata su alcuni organismi specifici: *Drosophila* per gli insetti, *Danio* per i pesci, *Xenopus* per gli anfibi, *Gallus* per gli uccelli e *Mus* per i mammiferi. Queste specie, comunemente chiamate organismi modello, sono facili da riprodurre e gestire in laboratorio. Tutto ciò ha permesso di accedere a dati sia fenotipici che genotipici, che hanno portato grandi vantaggi per la conoscenza di meccanismi che stanno alla base della morfogenesi. Tuttavia, negli ultimi anni ci siamo resi conto che questi cinque organismi sono lontani dal rappresentare l’intera diversità fenotipica presente oggi giorno, senza contare quella estinta presente nel *record* fossile. Attualmente, la corsa allo studio di organismi diversi ha aperto una moltitudine di possibilità per comprendere come si formino specifici tratti anatomici che sono riconosciuti come fondamentali da un punto di vista evolutivo, ad esempio il *bodyplan* dei serpenti e le finestre temporali caratterizzanti i crani dei Diapsidi.

L’utilizzo di organismi non-modello è reso possibile dall’avanzamento tecnologico con cui possiamo studiare il genotipo e come possiamo raffigurare la morfogenesi. La rivoluzione del “*Next Generation Sequencing*” (Goodwin et al., 2016) permette di scansionare e costruire il genoma di specie sconosciute in poche settimane, contrariamente a mesi e/o anni richiesti fino agli inizi del 2000. La tecnica del “*Single Cell Sequencing*” (Shapiro et al., 2013) permette di verificare quali geni interferiscono nella differenziazione

di cellule e tessuti a livello microscopico, e di capire quando questi geni siano attivi o meno. *Confocal* e *Light Sheet Microscopy* (Chung et al., 2013) hanno permesso di utilizzare anticorpi primari e secondari per visualizzare in tre dimensioni la formazione di sistemi fenotipici (scheletrico, nervoso, vascolare etc..) sia in maniera statica che *in vivo*.

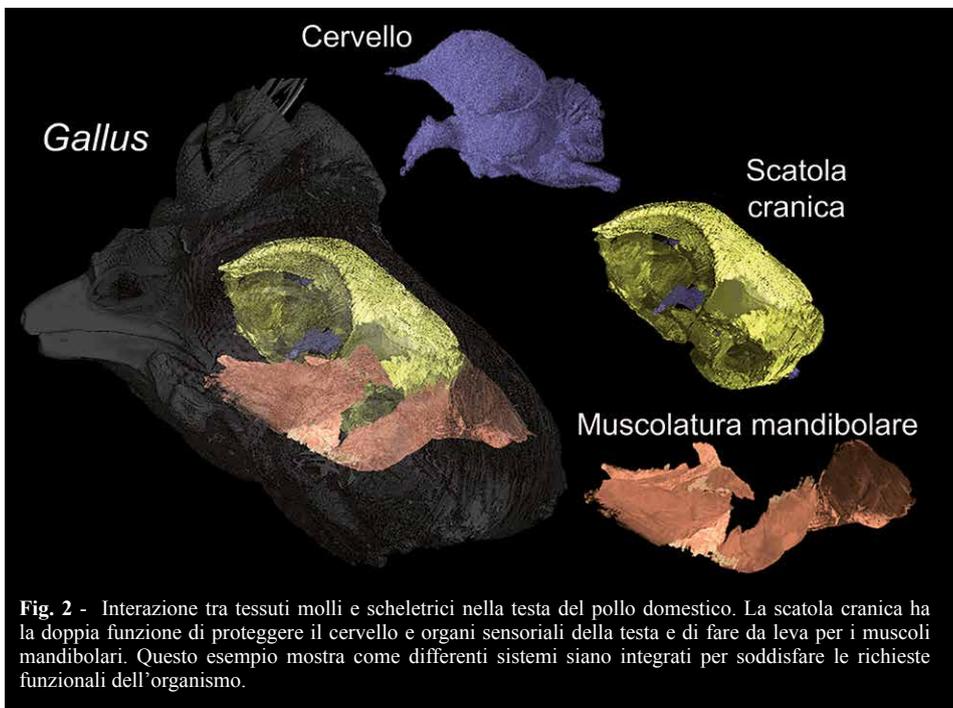
Per testare le nostre ipotesi di meccanismi che guidano lo sviluppo embriologico verso specifici tratti anatomici, l’utilizzo di esperimenti finalizzati alla manipolazione dell’attivazione di geni ci ha portato a comprendere la relazione tra genotipo e fenotipo. Il più illustre tra questi esperimenti e metodi è probabilmente la recente scoperta del CRISPR-cas9 (Jinek et al., 2010) un metodo a basso costo e facilmente applicabile a qualsiasi organismo, che sta facendo luce sul ruolo di specifici geni nel formare tratti anatomici ben specifici.

La quantificazione di fenotipi risultanti dallo sviluppo embrionale e la loro alterazione tramite esperimenti è sempre stata complessa in embriologia. Questo ostacolo è stato sorpassato solo tramite l’inclusione di metodi comparativi usati comunemente in studi evolutivisti: l’uso della geometria morfometrica ha permesso di caratterizzare la morfologia embrionale e di compararla tra embrioni della stessa specie e traiettorie morfogenetiche tra specie, acquisendo quindi un significato evolutivo, e non solo comparativo, a livello embrionale.

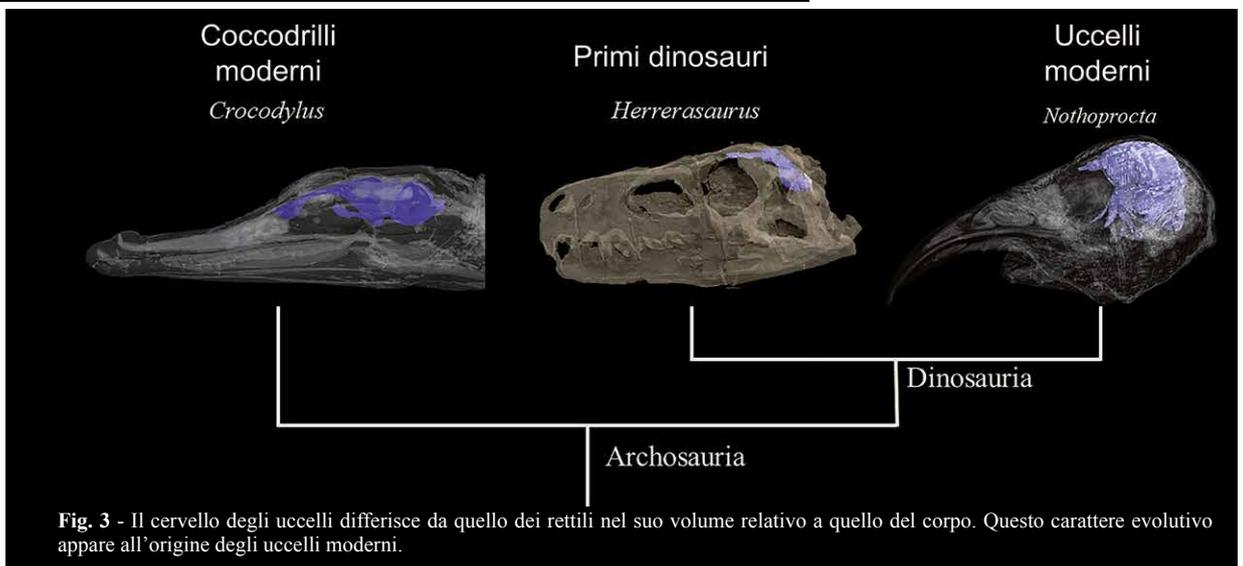
Infine, la scoperta di nuovi siti fossiliferi negli ultimi anni ha espanso la nostra conoscenza dell’evoluzione fenotipica dei gruppi moderni nel Tempo Profondo. Il motivo per cui questo ha una grande rilevanza per studi Evo-Devo risiede nel fatto che solo il *record* fossile può darci informazioni riguardanti l’importanza di specifici tratti anatomici, la loro valenza evolutiva, e come questi siano apparsi nel tempo. In altre parole, per convalidare i dati embriologici, abbiamo bisogno del *record* fossile, e viceversa.

### EVO-DEVO APPLICATO: IL CRANIO DEGLI UCCELLI È IL RISULTATO DI UN INGRANDIMENTO DEL CERVELLO NEI DINOSAURI

Il cranio degli uccelli è drammaticamente modificato, specialmente quando comparato con quello di altri rettili viventi ed estinti: oltre alla presenza del becco, altre differenze tangibili si riscontrano nell'espansione delle orbite e della scatola cranica (**Fig. 2**). In particolare, la scatola cranica è composta da un grande frontale che compone la maggior parte del tetto cranico, seguito da un piccolo parietale. Questa condizione è molto differente negli altri rettili, inclusi i dinosauri non-aviani: il parietale è l'elemento scheletrico predominante che forma il tetto cranico. Inoltre, l'espansione della scatola cranica produce una rotazione del foramen occipitale, che eventualmente determina una postura più eretta negli uccelli. Forse non sorprendentemente, gli uccelli possiedono un cervello volumetricamente espanso quando comparati con gli altri rettili (**Fig. 3**). Durante il mio dottorato, mi sono chiesto se l'espansione del cervello e della



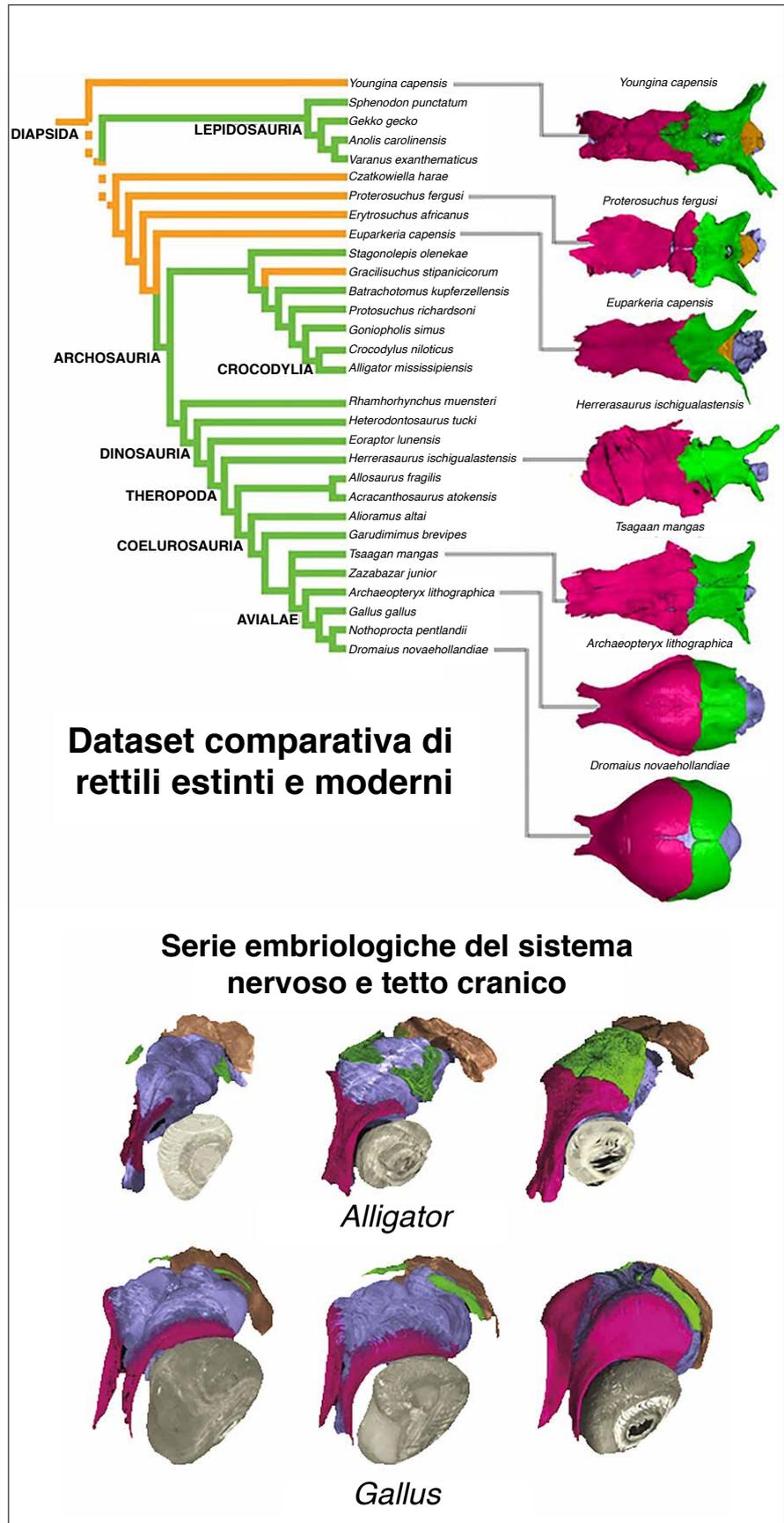
**Fig. 2** - Interazione tra tessuti molli e scheletrici nella testa del pollo domestico. La scatola cranica ha la doppia funzione di proteggere il cervello e organi sensoriali della testa e di fare da leva per i muscoli mandibolari. Questo esempio mostra come differenti sistemi siano integrati per soddisfare le richieste funzionali dell'organismo.



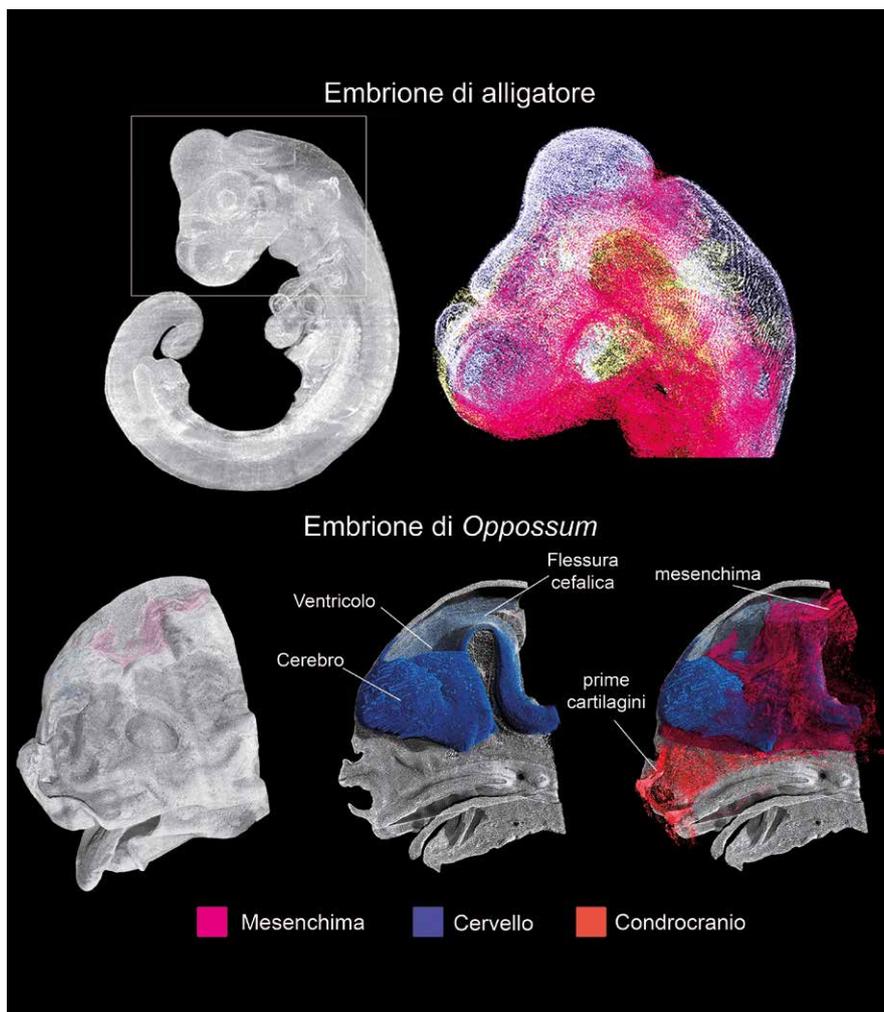
**Fig. 3** - Il cervello degli uccelli differisce da quello dei rettili nel suo volume relativo a quello del corpo. Questo carattere evolutivo appare all'origine degli uccelli moderni.

scatola cranica fossero connesse da un punto di vista evolutivo, se ci fosse una correlazione tra elementi scheletrici e regioni del cervello, e quale fosse la relazione tra cervello e scatola cranica a livello evolutivo ed embrionale.

Per rispondere a queste domande, io ed i miei colleghi abbiamo creato un dataset contenente più di trenta specie di rettili moderni ed estinti, inclusi i primi diapsidi, lepidosauri, coccodrilli, dinosauri e uccelli, per tracciare l'evoluzione del cervello e della scatola cranica nell'evoluzione dei rettili (Bhullar et al., 2016) (Fig. 4). Inoltre, abbiamo utilizzato serie embriologiche di pollo, alligatore, e lucertole per verificare la tempistica di morfogenesi del sistema nervoso e scheletrico. Tecniche di visualizzazione 3D, come il *CT scan*, Confocal, e sincrotrone, sono state applicate per ottenere scansioni dei fossili, animali moderni, ed embrioni. Una volta che il cervello (o il volume endocranico nei fossili) e la scatola cranica sono stati estratti virtualmente, abbiamo applicato metodi comparativi e quantitativi come la geometria morfometrica. Il set di *landmarks* (coordinate tridimensionali ottenute dai volumi estratti) include informazioni riguardanti la morfologia del cervello e degli elementi scheletrici che lo circondano. Abbiamo trovato una correlazione tra l'evoluzione morfologica del cervello e quella del cranio a livello evolutivo: la scatola cranica varia in morfologia assieme all'espansione del cervello. Inoltre, abbiamo testato una possibile correlazione tra la trasformazione morfologica di specifici elementi scheletrici con quello delle regioni del cervello: i nostri risultati (Fabbri et al., 2017) indicano che mentre il frontale è correlato all'espansione del cerebello, il parietale lo è con i lobi ottici. Questo significa che, non solo il sistema nervoso e scheletrico adiacente sono correlati, ma questa integrazione è strettamente specifica, dove singole regioni del cervello e la loro evoluzione sono associati a trasformazioni anatomiche degli elementi scheletrici con cui sono in contatto. Sebbene questo sia vero a livello evolutivo, solo dati ottenuti da serie ontogenetiche



**Fig. 4 -** Correlazione tra regioni del cervello ed elementi scheletrici a livello evolutivo ed embriologico. La trasformazione morfologica del tetto cranico è dettata dall'ingrandimento del cervello. Immagine modificata da Fabbri et al.<sup>12</sup>.



**Fig. 5** - Il cervello determina la morfologia del cranio. Durante lo stadio filotipico (qui rappresentato da un embrione di alligatore), il cervello si presenta sottoforma di uno stadio costituito da tre vescicole connesse da un unico ventricolo. Il mesenchima condensa solo in stadi embriologici successivi attorno al cervello per formare il cranio e condrocranio (come mostrato dall'embrione di opossum). Entrambi gli embrioni sono stati scansionati al sincrotrone di Chicago (APS Facility).

ci permettono di capire quale sistema (nervoso o scheletrico) influenzi l'altro. I dati embriologici hanno lasciato pochi dubbi a riguardo: durante l'inizio della morfogenesi, il cervello è già presente sottoforma di una struttura composta da tre vescicole (una per ogni regione del cervello stesso) (**Fig. 5**). Il cranio si forma dalla condensazione di cellule indifferenziate chiamate mesenchima sotto l'influenza fisica e segnali genetici lanciati dal cervello: il condrocranio (la parte cartilaginea che forma il cranio) appare per prima, formando il neurocranio (la porzione ventrale della scatola cranica); il tetto cranico si ossifica solo durante gli ultimi stadi di sviluppo, una volta che il cervello si è completamente formato. Questi processi sono comuni a tutti i rettili ed indicano che il cervello ha il primato nel trasformare la scatola cranica sia a livello embrionale, che evolutivo. Il nostro studio (Fabbri et al., 2017) mostra come l'evoluzione del cervello, e la sua espansione negli uccelli, ha portato alla trasformazione anatomica del cranio.

Tutto ciò dimostra, ancora una volta, l'importanza del *record* fossile e di come l'utilizzo, ma soprattutto la combinazione con dati embriologici possano essere utilizzati per rispondere a domande che sarebbero difficili (se non impossibili) da soddisfare con solo una di queste risorse di informazioni.

## BIBLIOGRAFIA

Agassiz J.L.R. (1851). *Essay on classification*. In *Essay on Classification*. Harvard University Press.

Haeckel E. (1868). *Natürliche Schöpfungsgeschichte: gemeinverständliche wissenschaftliche Vorträge über die Entwicklungslehre im allgemeinen und diejenige von Darwin, Goethe und Lamarck in besonderen, über die Anwendung derselben auf den Ursprung des Menschen und andere damit zusammenhängende Grundfragen der Naturwissenschaft; mit Tafeln, Holzschnitten, systematischen und genealogischen Tabellen*. Reimer.

Bhullar B. A. S., Hanson M., Fabbri M., Pritchard A., Bever G.S. & Hoffman E. (2016). *How to make a bird skull: major transitions in the evolution of the avian cranium, paedomorphosis, and the beak as a surrogate hand*. *Integrative and Comparative Biology*, 56(3), 389-403.

Chung K., Wallace J., Kim S.Y., Kalyanasundaram S., Andalman A.S., Davidson T.J., Mirzabekov J.J., Zalocusky K.A., Mattis J., Denisin A.K. & Pak S. (2013). *Structural and molecular interrogation of intact biological systems*. *Nature*, 497(7449), 332-337.

Darwin C. (2004). *On the origin of species, 1859*. Routledge.

Fabbri M., Mongiardino Koch N., Pritchard A.C., Hanson M., Hoffman E., Bever G.S., Balanoff A.M., Morris Z.S., Field D.J., Camacho J. & Rowe T.B. (2017). *The skull roof tracks the brain during the evolution and development of reptiles including birds*. *Nature ecology & evolution*, 1(10), 1543-1550.

Goodwin S., McPherson J. D. & McCombie W. R. (2016). *Coming of age: ten years of next-generation sequencing technologies*. *Nature Reviews Genetics*, 17(6), 333-351.

Jinek M., Chylinski K., Fonfara I., Hauer M., Doudna J. A. & Charpentier E. (2012). *A programmable dual-RNA-guided DNA endonuclease in adaptive bacterial immunity*. *Science*, 337(6096), 816-821.

Meckel J.F. & Serres E. (1824). *Anatomie Comparée du Cerveau, dans les Quatre Classes des Animaux Vertébrés, Appliquée ala Physiologie et ala Pathologie du Systeme Nerveux*.

Russell E.S. (1916). *Form and function* (1982 Reprint). Chicago: Univ. Chicago Press/Russell Form and Function 1916.

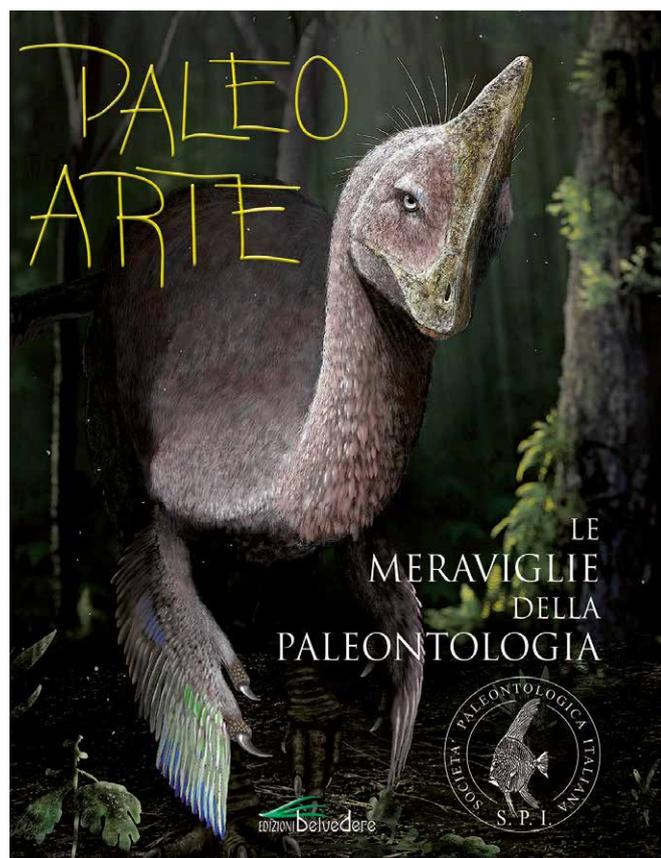
Shapiro E., Biezuner T. & Linnarsson S. (2013). *Single-cell sequencing-based technologies will revolutionize whole-organism science*. *Nature Reviews Genetics*, 14(9), 618-630.

Von Baer K.E. (1828). *Über entwicklungsgeschichte der thiere: beobachtung und reflexion (Vol. 1)*. Bei den gebrüderm Bornträger.

# Società PALEONTOLOGICA Italiana

a cura di Giorgio Carnevale

 Pagina web: [www.paleoitalia.it](http://www.paleoitalia.it)



**Fig. 1** - Copertina del volume “Paleoarte - Le Meraviglie della Paleontologia”, edito da Edizioni Belvedere e Società Paleontologica Italiana. In copertina: “Occhi di ghiaccio” (2020), illustrazione digitale di Mattia Yuri Messina.

## *Paleoarte.*

### LE MERAVIGLIE DELLA PALEONTOLOGIA

In occasione della XXII Edizione delle Giornate di Paleontologia – *Paleodays 2022*, Congresso Annuale della Società Paleontologica Italiana, tenutosi ad Asti (Piemonte) presso il Polo Universitario di Asti e la sede dell’Ente di Gestione del Parco Paleontologico Astigiano dall’8 al 10 Giugno 2022, è stata annunciata la pubblicazione del volume “Paleoarte - Le Meraviglie della Paleontologia” (**Fig. 1**). Edito da Edizioni Belvedere e Società Paleontologica Italiana, il volume rappresenta il catalogo della mostra virtuale “Le Meraviglie della Paleontologia: incontro tra arte e scienza”, inaugurata durante la scorsa edizione delle Giornate e ancora visitabile *online* (al link [www.bit.ly/MostraPaleodays2021](http://www.bit.ly/MostraPaleodays2021)). Il catalogo è stato curato da un gruppo di giovani ricercatori e paleoartisti: Giulia Barbieri (Università di Bologna), Filippo Bertozzo (*Institut royal des Sciences naturelles de Belgique*), Dawid Adam Iurino (Sapienza Università di Roma), Fabio Manucci (paleoartista e animatore 3D) e Flavia Strani (Sapienza Università di Roma e Universidad de Zaragoza). Oltre alle 30 opere esposte nella mostra virtuale, il volume raccoglie in un’ottantina di pagine anche ulteriori lavori pervenuti per la selezione nel 2021, per un totale di 59 opere di 23 paleoartisti emergenti italiani, corredate da didascalie descrittive e presentazioni degli autori.

La mostra è stata ideata, progettata e organizzata dal *Palaeontologist in Progress–PaiP*, gruppo di giovani paleontologi e non strutturati della Società Paleontologica Italiana, coordinato da Beatrice Azzarà (Università degli Studi di Perugia), Saverio Bartolini Lucenti (Università degli Studi di Firenze), Beniamino Mecozzi (Sapienza Università di Roma), Leonardo Sorbelli e Andrea Villa (*Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont*), con il contributo di Andrea Musso e Giulia Barbieri e il patrocinio dell’Associazione Autori di Immagini. L’evento, volto alla scoperta di nuovi talenti, è stato accompagnato da una partecipata e apprezzata tavola rotonda dedicata alla paleoarte, che ha messo in luce il grande interesse per il tema nella comunità paleontologica italiana. La realizzazione del volume si proponeva, dunque, come una naturale continuazione di questa iniziativa. Anche gli interventi della tavola rotonda sono liberamente fruibili *online*, sul canale YouTube della SPI.

La paleoarte è uno strumento fondamentale per la divulgazione scientifica del lavoro dei paleontologi: musei, libri e riviste

necessitano di raffigurazioni per accompagnare il pubblico in un viaggio nei mondi perduti del passato profondo. L'immaginario di quale persona non rimane colpita dalla rappresentazione scultorea o pittorica di una strana creatura preistorica? L'obiettivo comune dei paleoartisti è quello di dare vita a un passato della storia della vita ormai scomparso, che rimarrebbe, in caso contrario, sepolto all'interno della letteratura scientifica. Oltre a questo, però, la paleoarte ha ottenuto un ruolo sempre più centrale anche negli stessi studi paleontologici negli ultimi anni. Le ricostruzioni anatomiche in 2D e 3D che, grazie alla collaborazione tra paleoartisti e paleontologi seguono rigorosamente i dati scientifici, contribuiscono a diffondere più facilmente le conoscenze acquisite in questo campo così affascinante.

La diffusione e lo sviluppo delle varie aree di interesse della Paleontologia costituiscono gli obiettivi principali della missione della Società Paleontologica Italiana. La pubblicazione di questo volume è dunque un forte contributo della Società al campo della Paleoarte, sempre più importante e innovativo, grazie allo sviluppo delle tecniche digitali di pittura e di modellazione 3D.

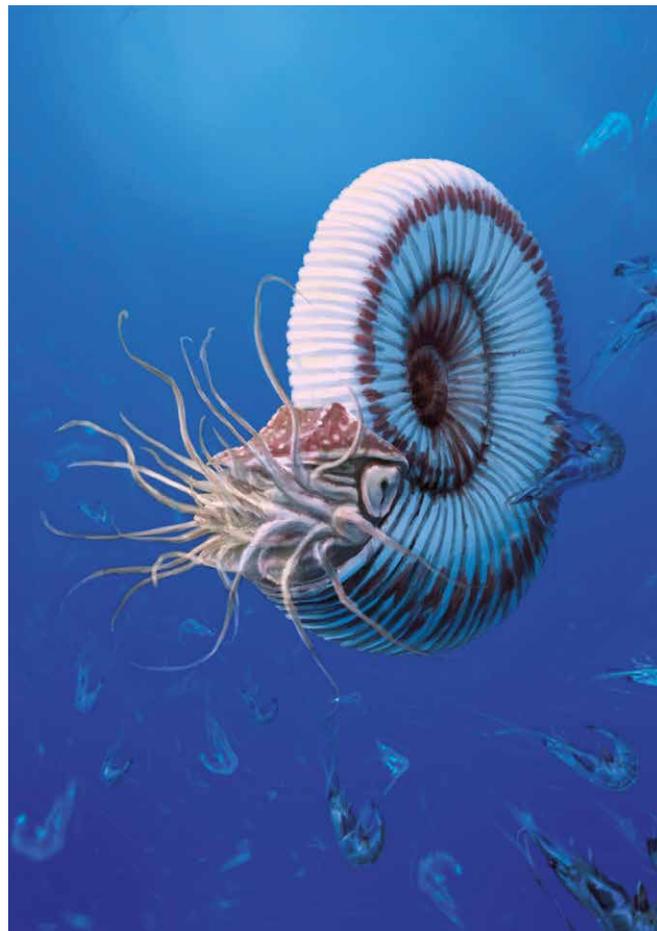
Il volume offre una interessante panoramica del fervore creativo della comunità di giovani artisti emergenti e appassionati di paleoarte in Italia, promessa di una florida continuità con il lavoro già svolto in questi anni dai nomi affermati. Essendo molti artisti studenti e ricercatori essi stessi, l'incontro tra arte e scienza, tra mondo accademico e paleoartistico, è assicurato, in un caleidoscopio di differenti stili e soggetti. Abbondano le pitture digitali (es. "Ammonite *Perisphinctes*" di Isacco Alberti; **Fig. 2**) ma a queste si accompagnano acquarelli, disegni a matita su carta, tempera su carta (es. "*Onychonycteris finneyi*" di Loana Riboli; **Fig. 3**), modellazione scultorea digitale, sculture in polistirolo e resina. Tecniche tradizionali e digitali si mescolano mettendo in mostra come la sinergia tra arte e scienza continui a vivere nel lavoro delle nuove generazioni.

Il volume è un vero e proprio viaggio visivo nel passato profondo della storia della vita sul pianeta Terra, dai mari alle terre emerse, dal Paleozoico al Cenozoico, dal mondo delle piante a quello dei vertebrati, e permette di scoprire creature recentemente descritte così come nuove interpretazioni dell'aspetto di creature già conosciute, supportate dai nuovi dati forniti dagli studi paleontologici negli ultimi anni. Il volume è certamente un'opera immancabile nella libreria di qualsiasi paleontologo e paleontofilo italiano.

È augurio della SPI e del PaiP che questo volume rappresenti un punto di svolta nel favorire la crescita di una paleoarte italiana sempre più coraggiosa nell'esplorazione di nuove tecniche e stili, così come il più possibile rigorosa. Solo questa sinergia può davvero arricchire il mondo della ricerca paleontologica ispirando gli studiosi così come il pubblico a continue esplorazioni del passato profondo.

È possibile ordinare il volume sul sito della Società Paleontologica Italiana ([www.paleoitalia.it/sostienici](http://www.paleoitalia.it/sostienici)), dietro donazione a partire da 25€.

a cura di Beatrice Azzarà, Saverio Bartolini Lucenti, Alessandro P. Carniti, Fabio Franceschi, Beniamino Mecozzi, Leonardo Sorbelli & Andrea Villa (attuali e precedenti, Referenti PaiP – Palaeontologist in Progress).



**Fig. 2** - "Ammonite *Perisphinctes*" (2021), illustrazione digitale di Isacco Alberti, una delle opere contenute nel volume "Paleoarte - Le Meraviglie della Paleontologia".



**Fig. 3** - "*Onychonycteris finneyi*" (2008), tempera su carta di Loana Riboli, una delle opere contenute nel volume "Paleoarte - Le Meraviglie della Paleontologia".

# Società GEOCHIMICA Italiana

a cura di **Orlando Vaselli**

Pagina web: [www.societageochimica.it](http://www.societageochimica.it)

**G**ent.me Lettrici e Gent.mi Lettori,  
Il Primo Congresso della Società Geochimica Italiana (*From theoretical to Applied Geochemistry*) si è tenuto a Genova dal 5 all'8 Luglio 2022 presso l'Albergo dei Poveri, dopo numerosi problemi legati alla sede precedentemente selezionata, costringendo gli organizzatori (Donato Belmonte e Marino Vetuschii Zuccolini) a trovare una (eccellente) soluzione all'ultimo minuto. La partecipazione è andata oltre le più rose previsioni in quanto quasi 120 sono stati gli iscritti (tra giornalieri, *full-time*, invitati e plenaristi) così come la puntualità delle presentazioni grazie agli *speaker* e all'azione precisa e ferma dei convenier che hanno gestito le 4 sessioni tematiche.

Questo primo congresso è stata l'occasione per celebrare l'attività scientifica e didattica del Prof. Giulio Ottonello. Numerosi colleghi stranieri ed italiani hanno reso il giusto tributo al Prof. con la presenza (e i contributi) dei Proff. Saxena, Connolly, Richet, Ganguly, Civalleri e Bonatti con *key-note* di assoluto valore scientifico. Purtroppo, alcuni amici di Ottonello hanno mancato l'appuntamento causa Covid. All'inizio della giornata a lui dedicata (Geochimica Termodinamica), gli è stata consegnata un'incisione per ricordare quanto ha dato (e darà) alla Geochimica. Piace ricordare l'ultima diapositiva dell'intervento del Prof. Bonatti con una citazione del grande Bob Garrels: *Old geochemists never die. They merely attain equilibrium.*

Questo congresso è stata anche l'occasione per premiare le migliori tesi di dottorato messe a disposizione dalla Società Geochimica Italiana (Premio Tonani e Premio Tongiorgi) e dalla famiglia Panichi da cui il premio relativo omonimo. I premi sono andati a Ilaria Fuoco, Caterina Gozzi e Francesco Magi i quali hanno affrontato tematiche molto differenti, mettendo in risalto la bravura delle nuove leve geochimiche.

Il congresso ha visto la presenza di numerosi giovani ricercatori e questo è motivo di vanto di questo evento. Successivamente, è stata la volta dei plenaristi. Giovanni Chiodini, Alessandro Aiuppa e Riccardo Petrini hanno di fatto dato il là alle altre tre tematiche oggetto del congresso e, rispettivamente, Geochimica Isotopica, Geochimica dei Fluidi e Geochimica Ambientale. Nelle giornate successive, si sono poi alternate le presentazioni degli invitati: Eleonora Regattieri, Roberta Parigi e Gianluigi Ortenz e quelle dei partecipanti con presentazioni orali e *short-talk*.

Belmonte e Vetuschii Zuccolini sono stati unici. Hanno saputo magistralmente gestire l'apparato organizzativo con l'aiuto dei membri dei comitati scientifico ed organizzativo: Sergio Calabrese, Paola Iacumin, Mauro Masiol, Michele Paternoster, Giovannella Pecoraino, Monia Procesi, Barbara Stenni, Massimo Tiepolo,



Daniela Varrica, Stefano Caliro, Francesco Capecciacci, Enrico Dinelli, Barbara Nisi, Stefania Venturi. Un grazie particolare al Presidente dell'INGV e allo staff INGV. Grazie ai vari *convenier* i quali hanno saputo gestire sapientemente il programma del congresso: Enrico Cannaò, Luigi Dallai, Barbara Nisi, Carmine Apollaro, Rosa Cidu, Elisa Sacchi, Kyriaki Daskalopoulou, Francesco Frondini, Giancarlo Tamburello. Un ringraziamento particolare a Lorenza Ghisu e Sirio Consani che sono andati ben oltre il loro compito di helper. Un ringraziamento speciale va all'Università di Genova e al suo Rettore (Prof. Federico Delfino) per averci messo a disposizione, in tempo *record*, l'Aula Magna del magnifico complesso dell'Albergo dei Poveri. L'evento è stato patrocinato da Comune di Genova, il Consiglio Nazionale delle Ricerche e il DST dell'Università di Firenze, e gli *sponsor*: DISTAV e STAT (Università di Genova), INGV, Encotech, Metrohm, Pollution Analytical Equipment, Thearen e ThermoFischer Scientific. Per chi fosse interessato, il volume degli *abstract* è visibile al sito: <http://editoria.rm.ingv.it/miscellanea/2022/miscellanea69/>

Visto l'ottimo successo di questo congresso, speriamo di poter dare una cadenza biennale che si concretizzerà in occasione del congresso congiunto SGI-SIMP-SoGeI-AIV di Potenza a Settembre 2023.

Inaugurato nel 2018, lo *Stage* su tecniche di campionamento e misure in situ di gas vulcanici è arrivato, dopo un'inevitabile interruzione connessa all'emergenza sanitaria, alla sua terza edizione! Lo *stage*, tenutosi dal 20 al 24 Giugno, continua ad attirare numerosi studenti universitari sia italiani che stranieri e come gli altri anni si è tenuto presso l'Isola di Vulcano ed organizzato da So.Ge.I., in collaborazione con il Dipartimento di Scienze della Terra (Università degli Studi di Firenze), il Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare (Università degli Studi di Palermo) e INGV Palermo. Dopo il classico *ice-breaker*



con l'introduzione alla scuola e con la presentazione delle attività, dal giorno successivo siamo entrati nel vivo dello *stage*, con lezioni *en plein air* a ciascuna delle quali ha fatto seguito un'attività pratica svolta in prima persona dagli studenti suddivisi in gruppi di lavoro. Gli studenti si sono cimentati con le misure di flusso di CO<sub>2</sub>, affiancate da determinazioni della temperatura del suolo lungo profili di profondità, misure di temperatura e pH dell'acqua di mare nella zona della Baia di Levante interessata da intenso degassamento fumarolico. A seguire, hanno effettuato campionamenti delle fumarole a mare e a terra con una visita e spiegazione delle stazioni di monitoraggio INGV. Immane, la salita al Cratere La Fossa con il campionamento fumarole crateriche e misurazioni di gas in aria tramite analizzatore MultiGas.

La terza e ultima giornata è trascorsa all'interno del centro abitato di Vulcano Porto con il campionamento di acque sotterranee per indagini geochimiche e appreso le più avanzate tecniche di monitoraggio di qualità dell'aria. Il prossimo appuntamento è per Giugno 2023!

Infine, dal 29 Agosto al 2 Settembre, si è tenuta la *2nd International Summer School on Volcanic Lakes* al Lago Albano organizzata dalla So.Ge.I. (soci presenti e/o organizzatori: Orlando Vaselli, Franco Tassi, Stefania Venturi, Jacopo Cabassi, Francesco Capecciacci, Sergio Calabrese, Giovannella Pecoraino, Dmitri Rouwet, Lorenza Li Vigni, Monia Procesi, Daniele Cinti) in collaborazione con la IAVCEI *Commission on Volcanic Lakes* (CVL) e l'associazione naturalistica Geode. Per motivi logistici, il numero dei partecipanti è stato limitato ma ha visto la presenza di giovani ricercatori italiani e stranieri.

Il *focus* della Scuola si è concentrato su approcci multidisciplinari e metodi peculiari di indagine dei laghi vulcanici dal punto di vista vulcanologico, geochimico, biologico e limnologico. Sono anche intervenuti Guido Giordano, Stefano Fazi e Stefano Amalfitano.

Le misurazioni *in situ* dei parametri chimico-fisici e la raccolta di campioni per analisi chimiche e biologiche di laboratorio sono state effettuate da una imbarcazione in grado di trasportare tutti i partecipanti (una trentina di persone in tutto tra iscritti e docenti). A bordo, le varie tecniche di campionamento e/o di misura sono state spiegate nel dettaglio e fatte provare praticamente ai vari partecipanti della scuola.

In particolare, il campionamento delle acque e dei gas disciolti è stato effettuato lungo profili verticali dalla superficie del lago al fondo a determinate profondità, in un sito corrispondente al punto più profondo del lago. L'acqua è stata pompata attraverso tubi di Rilsan® a differenti profondità (sino a 167 m) in contenitori in PE e fiale di vetro per l'analisi di anioni, cationi, specie in traccia, gas disciolti e popolazioni microbiche lungo il profilo verticale. In contemporanea, sono state effettuate misure dei parametri chimico-fisici tramite sonde multiparametriche calate in profondità, un drone natante e alcuni *drifter*. Misure di pH e di alcalinità sono state inoltre svolte a bordo dagli studenti. Sono stati inoltre effettuati prelievi di gas per la misura dei flussi di CH<sub>4</sub> dalla superficie del lago per mezzo di una camera galleggiante.

A corredo del lavoro sul campo, sono stati presentati agli studenti casi di studio o lezioni teoriche rilevanti per lo studio dei laghi vulcanici da diverse prospettive metodologiche e disciplinari. È stata inoltre effettuata la visita a due siti idrotermali periferici rispetto all'areale del Lago Albano, ovvero Cava dei Selci e la Solforata di Pomezia, dove gli studenti hanno potuto effettuare misure e campionamenti di acque e gas. La scuola si è conclusa con una cena sociale, nella quale sono stati consegnati ufficialmente gli attestati di partecipazione sia agli iscritti che agli organizzatori, e con una visita, organizzata dalle autorità competenti locali, dei principali siti archeologici che si trovano sulle sponde del Lago Albano.

Dal 5 all'8 Settembre, si è tenuto a Trieste la *International*



# Associazione Nazionale INSEGNANTI SCIENZE NATURALI

a cura di Susanna Occhipinti

 Pagina web: [www.anisn.it/nuovosito](http://www.anisn.it/nuovosito)

*School: Understanding Oxygen fugacity in Geoscience*, organizzata, tra gli altri, dal socio Luca Ziberna, che ha visto la So.Ge.I. come *sponsor* dell'evento. Desidero ringraziare personalmente Luca per il successo e per l'eccellente riuscita della scuola. Quasi 200 sono stati infatti i partecipanti, fra discenti *on-line* (circa 80) e in presenza. Questa è stata anche l'occasione di dare una visibilità alla Società con la presenza di uno stand organizzato da Barbara Nisi e Stefania Venturi. Lo stesso *stand* è stato poi riproposto al Congresso SIMP-SGI di Torino (19-21 Settembre) durante il quale numerosi soci hanno presentato gli ultimi risultati delle loro ricerche.

Il futuro prossimo vede la probabile organizzazione di una giornata di studio sui Campi Flegrei che sarà organizzata congiuntamente da personale dell'INGV (Osservatorio Vesuviano) e CNR-IGG (Pisa) presso l'Area di Ricerca del CNR di Pisa. Questa giornata permetterà di fare il punto sulla fase di *unrest* che il sistema vulcanico flegreo sta sperimentando da alcuni anni. L'incontro verterà pertanto sui vari aspetti riguardanti il monitoraggio sismico, geochimico e di deformazione del suolo. La data prevista è quella del 16 dicembre. Nel nostro sito, potrete trovare anche gli aggiornamenti relativi a questo evento. Infine, per il prossimo anno, oltre allo stage di Vulcano e al congresso congiunto di Potenza, è quasi certa l'organizzazione di una o due giornate di studio sui problemi ambientali derivanti dalle miniere abbandonate con particolare riferimento al mercurio (Giugno 2023). Infatti, abbiamo avuto, da parte del Parco Nazionale Museo delle Miniere dell'Amiata Minerario di Abbadia San Salvatore, la disponibilità ad organizzare l'evento. Sempre ad Abbadia San Salvatore, c'è l'idea di organizzare la 4<sup>a</sup> Scuola CAMGEO (Giugno-Luglio 2023) che, a causa dell'emergenza sanitaria, è rimasta in sospeso per oramai troppi anni.

## Olimpiadi Internazionali DI SCIENZE DELLA TERRA IESO 2022 XV<sup>a</sup> edizione - 2<sup>a</sup> on-line

**S**i è svolta, dal 25 al 31 agosto, la XV edizione delle Olimpiadi Internazionali di Scienze della Terra (*IESO - International Earth Sciences Olympiad 2022*). Questa edizione, ancora online a causa delle incertezze del quadro sanitario e che avrebbe dovuto svolgersi a Pechino, su invito dell'*IGEO - International Geoscience Education Organisation*, [www.igeosied.org/about-the-igeo](http://www.igeosied.org/about-the-igeo), costituita da oltre 45 nazioni, che promuove le IESO oramai dal 2007, si è svolta in Italia, ad Aosta, presso l'Istituzione scolastica Innocent Manzetti.

Già nel 2011 l'Italia aveva organizzato a Modena la 5<sup>a</sup> edizione delle IESO sul tema "*Earth Science Renaissance: Science, Environment and Art*": UNIMORE aveva predisposto le prove teoriche e pratiche, mentre si era svolta in Valle d'Aosta l'*International Team Field Investigation* in 7 località diverse della Regione.

Il logo ha voluto quindi richiamare la Valle d'Aosta, nella forma del Cervino e lo slogan ha cercato di condividere i temi di una auspicabile conclusione della pandemia, per poter finalmente



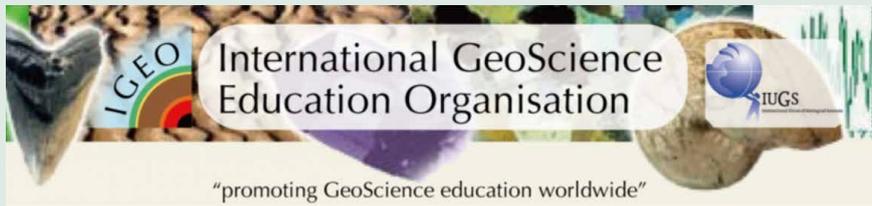
respirare, profondamente, ma anche di sollecitare una profonda consapevolezza contro il riscaldamento globale, tema protagonista di molte prove delle IESO. Le prove, quindi sono state elaborate della coordinatrice nazionale delle Olimpiadi delle Scienze della terra per ANISN - Associazione Nazionale Insegnanti Scienze Naturali, prof.ssa Susanna Occhipinti, che, con lo staff tecnico, ha gestito tutta l'organizzazione delle IESO 2022, quindi le correzioni, le dirette e le cerimonie.

Alle IESO 2022 hanno partecipato 38 Paesi di tutto il mondo, tra cui Australia, Bangladesh, Bielorussia, Canada, Cile, Cina, Repubblica Ceca, Estonia, Finlandia, Francia, Germania, India, Indonesia, Iran, Italia, Giappone, Kazakhstan, Lituania, Macao, Malaysia, Nepal, Macedonia Del Nord, Norvegia, Perù, Portogallo, Romania, Corea Del Sud, Spagna, Sri Lanka, Taiwan, Thailandia, Emirati Arabi Uniti, Regno Unito, Stati Uniti.

Anche quest'anno le prove hanno cercato di valutare sia le competenze che le



**IESO 2022**  
**15th EDITION**



conoscenze degli studenti partecipanti: la nuova tipologia di *test*, i *Data Mining* e le diverse prove proposte hanno consentito di ottenere risultati significativi. Sono stati elaborati 4 DMT, su temi diversi e su località diverse, utilizzando approcci metodologici differenti, per poter valutare le conoscenze ma anche le competenze degli studenti, siano queste *hard* che *soft skills*:

Il primo DMT, che ha avuto il supporto dell'Università degli studi di Milano e della società di Geologia Himalayana, voleva mettere in relazione le caratteristiche geologiche, strutturali, geografiche, petrografiche e mineralogiche delle Alpi e dell'Himalaya, analizzandone analogie e differenze. Agli studenti sono state fornite carte geologiche, *link* a filmati, sezioni sottili.

Il secondo, che ha avuto il supporto dell'Università di Camerino e dell'OGS di Trieste, ha approfondito il tema del *Global Warming*, nel passato, analizzando i periodi del *Supergreenhouse* e della *SnowballEarth*, l'evoluzione in tempi recenti e le prospettive, approfondendo alcuni casi concreti, come le problematiche che stanno interessando gli ambienti delle Isole Eolie e di Panarea in particolare, con le possibili evoluzioni ambientali. Agli studenti sono stati forniti numerosi *link* a documenti e a grafici.

Il terzo, che ha avuto il supporto di EDU-INAFA, dell'Osservatorio Astronomico dei Saint Barthélemy-Aosta e dell'Osservatorio Astronomico di Roma, ha proposto l'analisi di alcuni asteroidi, tra cui quello dedicato a Margherita Hack nel centenario della sua nascita. Agli studenti sono stati forniti *link* a foto, è stato richiesto di fare calcoli sulle traiettorie e di analizzare le posizioni di alcuni corpi celesti durante un ciclo annuale.

Infine, un DTM su vulcani e terremoti, realizzato con il supporto dell'INGV, che ha fornito interessanti materiali, richiedeva di effettuare il confronto tra vulcani diversi,

di margini convergenti, divergenti e di *hot-spot*. Venivano forniti *link* ad *app*, dello Smithsonian e dell'IUGS e a mappe del rischio. In questo test è emerso chiaramente che i concetti di rischio, pericolo e vulnerabilità sono poco conosciuti dagli studenti di tutto il mondo.

Interessanti anche i temi del *Earth System Project-ESP*, tutti incentrati sul tema del *Global warming*: a squadre di 8 studenti provenienti da diversi paesi era richiesto di collaborare per produrre una presentazione che sviluppasse i diversi contenuti proposti e le innumerevoli conseguenze che il riscaldamento globale sta avendo sul sistema Terra.

Un nuovo test è stato proposto con questa edizione, ispirandosi al lavoro del prof Chris King dell'Università di Leeds UK, creatore delle *Earth Learning Ideas*, recentemente scomparso ed in onore del quale è stato proposto l'*Earth Learning Students' Ideas*, che ha avuto numerose adesioni: gli studenti hanno realizzato brevi filmati di notevole effetto e sicuramente utilizzabili anche a fini didattici.

Il programma della settimana ha visto alternarsi allo svolgimento delle prove, momenti ufficiali, come le cerimonie di apertura e di chiusura, con la "consegna" virtuale delle medaglie, i *jury meetings* e un incontro tra geologhe, che hanno evidenziato la scarsa presenza di ragazze in queste olimpiadi ed hanno proposto un nuovo premio, un *Mary Anning award* alle prime tre ragazze classificate, nella speranza che le scuole e le diverse nazioni promuovano tra le studentesse l'interesse e la passione verso la scienza, ed in particolare la Scienza della Terra. Inoltre, alternati a momenti ludici, come l'*Astronomic Game*, prodotto dal dipartimento di Informatica dell'Università di Urbino, ci sono stati momenti di formazione, utili anche per affrontare i diversi *test*, quali la conferenza presso l'Osservatorio astronomico di Saint Barthélemy, in collaborazione con Edu-INAFA, con i ricercatori Andrea Bernagozzi, Davide Cenadelli dell'OAVDA e Davide Perna e Marco Castellani di EDUINAFA,

che hanno affrontato aspetti dello studio degli asteroidi e degli esopianeti e la conferenza sul *Global warming* e sulle diverse conseguenze, tenuta a Skyway, a Courmayeur, presso la stazione del Pavillon dal Dott. Roberto Azzoni, ricercatore dell'Università degli Studi di Milano.

**I risultati della squadra italiana** nelle diverse prove dell'Italia sono stati più che positivi:

nel *Data Mining Test*, un *test* in cui gli studenti dovevano ricavare informazioni da dati vari, in temi e contesti diversi, che richiedevano di mettere in gioco molte competenze, attraverso quesiti da risolvere utilizzando risorse digitali, elaborando dati e ragionando su carte e grafici, sono state assegnate:

- 3 medaglie d'argento a Matteo Oldani di Magenta, Paolo Basso, di Roma e Erica Marcotullio, di Fenis (AO);
- 5 medaglie di Bronzo a Matteo Trombetta, di Monza, Django Mirko Darren, di Reggio Emilia, Alessandro Beretta di Vimercate, Caterina Asquini di Udine e Amina Charraki di Ispica.

nell'*Earth System project*, una prova in cui squadre di studenti di nazioni diverse dovevano analizzare le complesse conseguenze del riscaldamento globale, sono state assegnate:

- 1 medaglia d'oro a Amina Charraki,
- 2 medaglie d'argento, a Erika Marcotullio e Matteo Trombetta,
- 1 medaglia di bronzo a Caterina Asquini,

**per un totale di 12 medaglie conseguite dalla squadra italiana.**

Sono stati *partner* e patrocinatori il Ministero dell'Istruzione, la Regione Autonoma Valle d'Aosta, l'*EGU-European Geological Union*, l'ANISN- Associazione Nazionale Insegnanti di Scienze Naturali, la Società Geologica Italiana, la società Italiana di Mineralogia e Petrografia, l'INGV- Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, l'INAFA- Istituto Nazionale di Astrofisica, l'Associazione Italiana di Vulcanologia, la Società Paleontologica Italiana, la Società Italiana per lo studio del Quaternario, la Società Geochimica Italiana, la Settimana del Pianeta Terra, il *WEEC-World Environmental Education Congress*, l'Ordine dei Geologi della Valle d'Aosta e altri reperibili al *link* [www.ieso2022.com/partners-and-sponsors](http://www.ieso2022.com/partners-and-sponsors).

Ogni altra informazione è disponibile sul sito [www.ieso2022.com](http://www.ieso2022.com).



ASSOCIAZIONE  
PALEONTOLOGICA  
PALEOARTISTICA  
ITALIANA

# Associazione PALEONTOLOGICA PALEOARTISTICA Italiana

a cura di Anna Giamborino

 Pagina web: [www.paleoappi.it](http://www.paleoappi.it)

## Premio Italiano di Paleoarte SECONDA EDIZIONE

Lo scorso 2 ottobre si è conclusa la quinta edizione del **PaleoFest- il Festival della Preistoria**, organizzato dal Museo Paleontologico di Montevarchi e dall'Accademia Valdarnese del Poggio. *Preistoria e Tecnologia* sono state le tematiche che hanno fatto da filo conduttore per l'edizione 2022 e che hanno caratterizzato gli eventi in programma. Il Festival, che ha visto la partecipazione di tutto il Sistema museale della Valdarno, oltre che la collaborazione dell'Università di Siena e di molte realtà museali nazionali, come lo scorso anno, si è concluso con la proclamazione dei vincitori del **Premio Italiano di Paleoarte**.

Organizzato e promosso dal Museo e dall'Accademia Valdarnese del Poggio, il Premio di Paleoarte nasce dall'idea del designer e illustratore scientifico Sante Mazzei, e ha visto anche per questa seconda edizione la partecipazione di oltre settanta artisti provenienti da tutto il mondo con un centinaio di opere sottoposte alla giuria. L'iniziativa è stata patrocinata anche dalla Società Geologica Italiana, AIQUA – Associazione Italiana per lo Studio del Quaternario e da APPI- Associazione Paleontologica Paleoartistica Italiana, che è stata anche partner dell'evento.

Alla presenza del Prof. Lorenzo Tanzini, Presidente dell'Accademia del Poggio e della Direttrice del Museo Paleontologico di Montevarchi, Elena Facchino, il Festival ha ospitato molti eventi tra cui la visita all'ex miniera di Castelnuovo dei Sabbioni (a cura del Centro di Geotecnologie dell'Università di Siena), l'incontro con Antonella Aquiloni, restauratrice del Museo Paleontologico, la conferenza con il prof. Vittorio Marchis, ingegnere e storico della scienza del Politecnico di Torino, dal titolo *“Nel mundus subterraneus: narrazioni e tecniche lontane”*.

Inoltre, va sottolineato il grande lavoro svolto dai musei ospiti, che hanno animato le giornate del festival organizzando anche giochi e attività laboratoriali ed educative destinate ai più piccoli.

Tra gli eventi principali di questa edizione, la mostra di Paleoarte, in cui sono state esposte al pubblico tutte le opere, originali e inedite, partecipanti alla seconda edizione del Premio e valutate da una giuria composta da Davide Bonadonna - Paleo illustratore e modellatore digitale, Matteo Fabbri - Paleontologo, *postdoctoral research scientist del Field Museum of Natural History* di Chicago, e infine Fausto Barbagli - Curatore del Museo di Storia Naturale presso il Sistema Museale dell'Università degli Studi di Firenze.

La soddisfazione di tutta la giuria e dell'organizzazione si esprime attraverso le parole del suo ideatore Sante Mazzei: *“La prima edizione del Premio Italiano di Paleoarte è stata un esperimento ben riuscito che si riconferma in questa seconda edizione. Troviamo le opere di molti artisti talentuosi, di cui alcuni davvero giovanissimi, e la prima cosa che colpisce l'occhio è il livello qualitativo delle opere presentate che è addirittura maggiore rispetto a quello dello scorso anno. Questo ci fa ben sperare per il futuro e ci prospetta una terza edizione migliore, forse, con un maggior numero di opere presentate e una maggiore consapevolezza da parte degli artisti in merito alle tematiche affrontate e ai soggetti rappresentati. Quello che sorprende piacevolmente è anche la partecipazione molto alta dei visitatori venuti ad ammirare le opere esposte.*

*Il numero degli artisti partecipanti, rispetto allo scorso anno, è rimasto pressoché invariato, perlopiù italiani ma anche molti partecipanti europei. Vanno segnalati anche numerosi partecipanti dal Sudamerica che, come sappiamo, ha una grande comunità di paleontologi e paleoartisti. Per questa edizione è stato molto ben gestito sicuramente l'aspetto della comunicazione sia da parte del Museo stesso che dai partner dell'iniziativa e dagli enti patrocinatori, che colgo l'occasione di ringraziare. Per le prossime edizioni ci auguriamo certamente di migliorare quanto fatto finora e di riuscire a coinvolgere un maggior numero di partecipanti e a costruire una rete più solida anche tra gli Enti e le Istituzioni.”*

Come da regolamento, sono stati premiati i tre artisti che hanno ricevuto il maggior numero di voti dalla giuria e inoltre, data la grande qualità delle opere presentate, sono state attribuite tre menzioni speciali ad altrettanti artisti partecipanti.

I vincitori della seconda edizione del Premio Italiano di Paleoarte sono i seguenti:

### Primo classificato

**Marzio Mereggia** (Italia) con l'opera **La lunga via della vetta ignota** – Tecnica trattopen su cartoncino:

*“Aver partecipato alla seconda edizione del Premio Italiano di Paleoarte è stata una grande esperienza. Non credevo sarei arrivato a podio per il secondo anno consecutivo e sono onorato di aver condiviso la passione e la sfida con moltissimi artisti. Vincere è stato emozionante e insperato e mi sento molto appagato e soddisfatto, poiché il concorso quest'anno è stato più difficile e la competizione molto più agguerrita con artisti di grande livello. Questo ha reso tutto molto più accattivante e stimolante per me. In merito all'opera, devo riconoscere di essere tornato al mio interesse per i dinosauri carnivori, in questo caso Allosaurus, ma dando una visione molto personale con un'illustrazione dinamica e con grande energia che credo sia una caratteristica che mi contraddistingue molto. La resa è sempre quella del bianco e nero, ma questa volta più complessa, con molti piani e sfumature e una modulazione graduale del nero fino al cielo, dal basso verso l'alto, e anche una ricerca particolare nel non realismo assoluto ma quindi anche nell'idealizzazione degli elementi presenti nella composizione, come ad esempio la foresta e la montagna che vengono così idealizzati. L'opera per cui ho vinto rappresenta due allosauri che giungono alla più drastica delle soluzioni sotto lo sguardo di una lei in attesa.”*

### Secondo classificato

**Fabrizio Lavezzi** (Italia) con l'opera **L'attraversamento dell'Arno di Mammuthus meridionalis** – Modellazione digitale:

*“L'illustrazione rappresenta una mattina di settembre di un milione di anni fa, in Italia, nella quale due esemplari di Mammuthus meridionalis vengono sorpresi da un'improvvisa nevicata. Molto contento di aver partecipato a questo concorso con un fossile italiano, sono molto orgoglioso del nostro patrimonio paleontologico e quest'anno ho deciso di proporre l'esemplare che meglio rappresenta il Museo di Montevarchi. Lo scorso anno, in occasione della passata edizione sono rimasto molto colpito da questo animale, Gastone, come lo hanno soprannominato, e ho voluto assolutamente proporlo dopo Scipionyx dell'anno scorso.”*

### Terzo classificato

**Gabriele Derudas** (Italia) con l'opera **If can I dream** – Tecnica digitale:

*“Nella ben più calda Antartide del Sinemuriano, un dinosauro, il cui nomignolo è ispirato all'autore della canzone che fa da titolo all'opera, riposa al sole: è un Cryolophosaurus ellioti, maschio.”*

Le tre menzioni speciali sono state invece assegnate a **Alessio Ciaffi** con l'opera **Prurito atletico**, **Mattia Yuri Messina** con l'opera **After the Drought**, e infine **Simone Zoccante** con l'opera **Infernum**.

Ai vincitori sono stati consegnati premi in denaro, l'iscrizione all'Associazione APPI per l'anno 2023 con gadget e un omaggio dall'Associazione Le strade del Vino – Terre di Arezzo.

Un sentito grazie va a tutti coloro hanno partecipato alla manifestazione e reso possibile il buon esito dell'evento. Un ringraziamento speciale va al Museo Paleontologico di Montevarchi e all'ideatore di questa iniziativa Sante Mazzei



“Prurito atletico” - Alessio Ciaffi.



“Infernum” - Simone Zoccante.

che hanno fortemente voluto la presenza dell'Associazione APPI e della Società Geologica Italiana all'interno di questa manifestazione. La buona riuscita dell'evento sottolinea quanto sia importante e necessario anche fare rete tra le istituzioni e le realtà private per il buon esito di queste manifestazioni e per rendere sempre più capillare una buona divulgazione scientifica.

*“Tutte le opere presenti al concorso sono esposte sulla pagina facebook del Museo Paleontologico di Montevarchi all'indirizzo [www.facebook.com/museopaleontologicomontevarchi/photos/albums](https://www.facebook.com/museopaleontologicomontevarchi/photos/albums) all'interno della pagina le opere sono suddivise per categoria, sono incluse anche le opere presentate nell'edizione 2021”.*



# Associazione Italiana DI VULCANOLOGIA

a cura del Consiglio Direttivo AIV

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

## Workshop on “Paleomagnetic applications to volcanology: the case study of Lipari and Vulcano (Aeolian Islands - Italy)” A Tribute to Roberto Lanza (1945-2013)

8-11 Giugno 2022 **Luogo** Isole eolie



**L'**Associazione Italiana di Vulcanologia (AIV), con il patrocinio dell'INGV e della IAVCEI, ha organizzato dall'8 all'11 Giugno 2022, un *workshop* commemorativo dedicato al Prof. Roberto Lanza.

Rimandato per due anni a causa della pandemia da Covid-19, il *workshop* si è svolto a Lipari e Vulcano ed ha visto la partecipazione di 23 giovani ricercatori e dottorandi e alcuni ricercatori senior che avevano strettamente collaborato alle ricerche del Prof. Lanza sul magnetismo e sui vulcani.

Il *workshop* è stato organizzato da Gianfilippo De Astis e Fabio Speranza (INGV – Roma 1), Federico Lucchi e Claudio Tranne (BiGeA - Università di Bologna), Sara Mana (*Salem State University*) ed Elena Zanella (Università di Torino).

La prima giornata dell'iniziativa è stata svolta nella suggestiva Chiesa di Santa Caterina all'interno del complesso archeologico del Castello di Lipari, ed è stata dedicata ad una serie di lezioni introduttive sulla tecnica del paleomagnetismo, sugli studi paleomagnetici affrontati alle Isole Eolie e sulla storia eruttiva più recente di queste isole. Al termine della giornata, gli organizzatori hanno avuto modo di ricordare la figura scientifica e umana del Prof. Lanza e soprattutto quella sua capacità di affrontare problemi scientifici complessi con un approccio rigoroso, ma lieve.

I due giorni successivi sono stati dedicati ad escursioni sulle isole di Lipari e Vulcano, focalizzandole su studi e ricerche interdisciplinari che si servono delle proprietà magnetiche delle rocce e del paleomagnetismo per risolvere i problemi aperti di vulcanologia, crono-stratigrafia e messa in posto di prodotti piroclastici. Naturalmente, è stata rivolta particolare attenzione ai progressi raggiunti in questo campo grazie al lavoro pionieristico del Prof. Lanza sui depositi piroclastici e le lave delle Eolie, visitando numerosi affioramenti e luoghi di campionamento dove non sono mancate proficue discussioni su tutti i principali temi affrontati dal *workshop*.

## Scuola di Vulcanologia "Bruno Capaccioni"

7-12 Settembre 2022 **Luogo** Lipari



L'Associazione Italiana di Vulcanologia (AIV), con la collaborazione di IAVCEI e INGV e con il patrocinio del Parco Archeologico Isole Eolie "Luigi Bernabò Brea" ha organizzato la Scuola di Vulcanologia "Bruno Capaccioni" a Lipari dal 7 al 12 Settembre 2022. La Scuola è organizzata annualmente da ormai 15 anni (ad eccezione del 2020 a causa della pandemia da Covid-19), ed è destinata a studenti universitari di corsi di laurea triennali e magistrali in discipline geologiche o affini 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), Gianfilippo De Astis (INGV – Roma 1) e Eugenio Nicotra (Università della Calabria), ed ha visto anche la partecipazione di altri docenti e ricercatori, tra i quali il Presidente AIV Prof. Marco Viccaro (Università di Catania), il Segretario IAVCEI Prof. Roberto Sulpizio (Università di Bari), il Dott. Stefano Branca, Direttore dell'INGV-OE di Catania, il Prof. Roberto Scandone e la Dott.ssa Simona Scollo dell'INGV-OE di Catania. 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" a Lipari, 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 da basici a 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*), a differenti tipologie di corpi lavici, ed ai processi magmatici/eruttivi che possono essere ricostruiti tramite lo studio di tali depositi, fornendo le basi del metodo di descrizione ed 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 ed 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 pomice di Monte Pilato ed alla colata ossidiana di Rocche Rosse, di età medioevale, ben noti a scala mondiale come esempi di attività esplosiva ed effusiva di magmi riolitici. Una intera giornata è stata all'area settentrionale dell'isola di Vulcano, con escursioni sulla piattaforma lavica di Vulcanello ed alla base del cono di La Fossa di Vulcano, da dove si è discusso delle dinamiche di costruzione/distruzione del cono durante l'eruzione del 1888-90 e le eruzioni di età medioevale, e della relazione tra l'attività vulcanica e la Caldera della Fossa. Non è stato possibile salire sulla cima del cono di La Fossa di Vulcano a causa delle perduranti condizioni di *unrest* e della conseguente ordinanza limitativa emessa dal Sindaco di Lipari. Ciò ha rappresentato anche l'occasione per discutere con i partecipanti alla Scuola delle condizioni di pericolosità e rischio vulcanico sull'isola alla luce dei più recenti dati di monitoraggio

geofisico e geochimico. 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, da 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 Sciara del Fuoco. Sono state anche discusse con i partecipanti le conseguenze degli eventi della scorsa estate, con l'ampio incendio sviluppatosi il 25 Maggio 2022 nell'intero settore NE, ed il *lahar* innescato da un evento di pioggia intenso ed improvviso del 12 Agosto, anche in relazione alle condizioni di assenza della vegetazione causate dall'incendio precedente.

Alla scuola hanno partecipato 25 studenti universitari iscritti a corsi di laurea triennali (7) e magistrali (18) di diverse università italiane (7 da Napoli, 4 da Milano Statale, 3 da Catania, 3 da Roma 3, 2 da Bologna, 2 da Firenze, 1 da Pisa, 1 da Roma "La Sapienza", 1 da Milano Bicocca, 1 dell'Università Autonoma della Bassa California in Messico), a fronte di un numero di richieste di partecipazione molto più ampio (circa 50). Ciò ha dimostrato quanto sia forte la spinta propulsiva verso le attività di terreno e l'interesse verso i temi di vulcanologia, anche confermato dall'entusiastica partecipazione degli studenti alle attività e dal loro vivace interesse verso gli argomenti trattati. Ai partecipanti è stato rilasciato un attestato di frequenza da utilizzare per l'ottenimento di un numero di crediti pertinente presso i rispettivi Corsi di Laurea.

## 5<sup>A</sup> EDIZIONE CONFERENZA *Alfred Rittmann*

29 Settembre - 2 Ottobre 2022 **Luogo** Catania



Dal 29 Settembre al 1 Ottobre 2022, il Monastero dei Benedettini in San Nicolò l'Arena di Catania ha ospitato la quinta edizione della "Conferenza Alfred Rittmann", ovvero l'appuntamento scientifico più rilevante su scala nazionale in ambito vulcanologico. L'evento è stato organizzato dall'Associazione Italiana di Vulcanologia, dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, dall'Università degli Studi di Catania e dalla *International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior*. L'evento è stato anche patrocinato dalla Società Geologica Italiana e dal Parco dell'Etna.

I circa 300 ricercatori presenti, quest'anno anche con la partecipazione di scienziati spagnoli, francesi e inglesi, hanno avuto l'occasione per confrontarsi su temi di grande attualità vulcanologica come le recenti crisi eruttive scaturite da vari vulcani sulla Terra, con particolare attenzione verso i vulcani attivi italiani. L'edizione del 2022 si è articolata in 16 sessioni orali e poster a copertura di molteplici tematiche scientifiche di ambito vulcanologico e ha favorito un approccio alla discussione altamente multidisciplinare, includendo, tra l'altro, anche gli aspetti relativi alla comunicazione e divulgazione della cultura vulcanologica nel nostro Paese, con grande attenzione verso il *management* dei rischi derivanti da attività vulcanica nelle aree attive italiane.

Il programma ha previsto anche una *plenary lecture* tenuta dal Prof. Roberto Sulpizio (Ordinario di Vulcanologia presso l'Università di Bari) dal titolo "*One year of volcanic eruptions: what we learnt and what we still miss*", riguardante i recenti risvegli di alcuni vulcani su scala globale che hanno talvolta impattato in maniera prorompente sulla società. Nell'ambito della conferenza sono stati ricordati il Prof. Giovanni Occhipinti e il Prof. Letterio Villari, due brillanti scienziati recentemente scomparsi che hanno contribuito con le loro ricerche a far avanzare vari settori inerenti alla Vulcanologia.

Nell'ambito dell'assemblea dei soci dell'Associazione Italiana di Vulcanologia sono state anche conferite due medaglie alla carriera. La Medaglia Mercalli 2022, assegnata a uno studioso che abbia apportato con continuità, nel corso della sua carriera, un



contributo di elevato valore scientifico in campo vulcanologico è stata conferita al Prof. Mauro Rosi (già Ordinario di Vulcanologia presso l'Università di Pisa), mentre la Medaglia Rittmann 2022, assegnata a un giovane studioso brillante che abbia contribuito in maniera originale ed innovativa all'avanzamento delle conoscenze vulcanologiche, è stata conferita al Dott. Danilo Di Genova (CNR-IGAG). Durante l'assemblea dei soci è stato anche siglato dal Prof. Marco Viccaro e dal Dott. Patrick Allard, presidenti rispettivamente dell'AIV e della IAVCEI, un *Memorandum of Understanding* che formalizza un rapporto di *partnership* e collaborazione tra le due associazioni finalizzato alla diffusione della cultura vulcanologica in Italia e nel mondo.

Il programma di questo straordinario appuntamento scientifico si è completato il 2 Ottobre con un'escursione *post-conferenza* nell'area sommitale dell'Etna che ha visto il Dott. Stefano Branca (Direttore dell'INGV-OE) e il Prof. Marco Viccaro (Presidente dell'AIV, Università di Catania/INGV-OE) *field leaders* delle attività sul terreno.

## GAIA BLU, *la nuova Nave da Ricerca Oceanografica del CNR*



**Fig. 1** - Foto della nave Gaia Blu del CNR. L'immagine è stata modificata dall'archivio dello *Schmidt Ocean Institute*.

**E** in fine arrivò Gaia Blu (**Fig. 1**), la nave da ricerca donata dallo *Schmidt Ocean Institute* al CNR agli inizi di quest'anno. Gaia Blu, il cui nome di nascita era *Falkor*, è una nave costruita nel 1981 per la protezione della pesca, acquistata nel 2009 dai coniugi Eric and Wendy Schmidt per svolgere attività di ricerca filantropica aperta alla comunità scientifica mondiale. La decisione dei coniugi Schmidt di donarla al CNR nasce dalla convinzione che in tal modo questa nave potrà continuare ad essere uno strumento di scoperta del mondo sommerso consegnando al pubblico le meraviglie dell'oceano. Gaia Blu (lunga 82.9 m, larga 13.02 m, pescaggio di 5,2 metri, velocità massima di 17 nodi e capacità di ospitare fino a 44 membri di personale di bordo) al momento è in fase di *refitting* nel porto di Napoli. I lavori in corso hanno la finalità di dotarla di strumentazione scientifica che permetterà di effettuare attività di ricerca nel Mediterraneo e in oceano. Sono stati installati 3 *multibeam* (EM304, EM712, EM2024; **Fig. 2**) che consentiranno di avere una copertura batimetrica dalla zona costiera fino alle profondità oceaniche, e un *sub-bottom profiler*; è prevista l'installazione del CP20 (un carotiere a gravità da 20 m), della CTD (*Conductivity, Temperature, Depth*), della Rosetta, di 2 verricelli e dell'ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*). Gaia Blu potrebbe essere operativa dalla seconda metà del 2023 a meno di problemi tecnici/burocratici. Dopo la perdita dell'*Urania* la comunità scientifica marina italiana si è trovata in grave difficoltà nel gestire le ricerche in mare. Con la dotazione di questa grande nave i ricercatori del CNR

potranno tornare ad esplorare il mondo sommerso, ancora in gran parte ignoto, contribuendo alla conoscenza dei processi che controllano l'evoluzione del territorio da diversi punti di vista: geologico, biologico e chimico, costruire collaborazioni nazionali e internazionali, e partecipare a programmi di ricerca Europei. Gaia Blu potrebbe essere un valido strumento per l'attuazione del PNRR nel settore marino e costiero.

a cura di  
Maria Filomena Loreto



**Fig. 2** - Foto del laboratorio secco della nave Gaia Blu adibito all'acquisizione della batimetria; monitor di controllo dei *multibeam*. Questa foto è stata gentilmente concessa dal Dott. Leonardo Langone (2022).

## Sezione *Storia delle* **GEOSCIENZE**

Coordinatore: **Alessio Argentieri**

 Pagina web: [www.socgeol.it/368/storia-delle-geoscienze.html](http://www.socgeol.it/368/storia-delle-geoscienze.html)

### SETTEMBRE 2022: *un mese intenso per la Storia delle Geoscienze*

La Sezione di Storia delle Geoscienze, giunta al suo decimo anno di vita, garantisce ormai con regolarità, dal 2016 in avanti, la partecipazione attiva ai congressi SGI, con sessioni dedicate o *workshop* tematici. A questi impegni si affiancano anche una rappresentanza stabile nei convegni internazionali dell'INHIGEO (*International Commission on the History of Geological Sciences*), a cui la sezione è affiliata dal 2017, e la partecipazione a conferenze ed eventi specifici locali, dedicati a ricorrenze e personaggi illustri. Il mese di Settembre 2022 è stato assai denso di impegni sulla Storia delle Geoscienze, dei quali si riporta un breve resoconto.

## 47° CONGRESSO *INHIGEO* *International Commission on the History of Geological Sciences*

17-21 Settembre 2022 **Luogo** Les Eyzies de Taillac, Dordogna, Francia



Fig. 1 - Centre International de l'Art Pariétal (France).

Da sabato 17 a giovedì 21 settembre si è tenuto a *Les Eyzies de Taillac*, nel dipartimento della Dordogna in Francia, il 47° Congresso della *International Commission on the History of Geological Sciences* (INHIGEO).

Il convegno ha previsto quattro giorni di sessioni scientifiche e due di escursione, dedicati alla visita, nella Valle del fiume Vézère, delle grotte di Lascaux IV, del

*Centre International de l'Art Pariétal* (Fig. 1), del sito dell'*Abri Pataud* (Paleolitico superiore) e della grotta "di Cro Magnon", sito Aurignaciano situato in un riparo di roccia che fa parte del patrimonio mondiale dell'UNESCO dei siti preistorici.

I temi trattati durante il convegno riguardavano la preistoria, la storia della geologia del Quaternario e della geologia

del Miocene, in considerazione della presenza nella regione degli stratotipi del Burdigaliano e dell'Aquitano.

Il comitato scientifico era presieduto da Philippe Taquet, paleontologo di fama internazionale, Presidente di COFRHIGEO, ex Presidente di INHIGEO, ex Presidente dell'Accademia di Francia e già Direttore del Muséum national d'histoire naturelle di Parigi. Il Comitato organizzatore era composto da Claudine Cohen, Françoise Dreyer, Gaston Godard e Pascal Richet. La Sezione di Storia delle Geoscienze ha partecipato al convegno con alcuni contributi scientifici a cura di propri membri.

L'escursione *post-congresso* ha condotto i partecipanti a visitare il sito paleontologico di Sainte Croix du Mont, descritto da Pierre de L'Ancre nel 1622, e le località tipo dei piani Aquitaniano e Burdigaliano nella Riserva naturale geologica di Saucats La Brède.

*a cura di Marco Pantaloni*

## CONGRESSO SGI-SIMP 2022 “Geosciences for a sustainable future”

19-21 Settembre 2022 Luogo Torino



Fig. 2 - La targa conferita a Giorgio Vittorio Dal Piaz.

Nelle tre giornate del convegno congiunto SGI-SIMP, tenutosi presso Torino Congressi tra il 19 e il 21 settembre, vari eventi hanno coinvolto i temi di pertinenza della Sezione.

Dapprima con la consegna di due importanti riconoscimenti ad altrettanti nostri membri, premiati, in un significativo incontro tra generazioni, durante l'Assemblea plenaria nel pomeriggio di martedì 20.

Daniele Musumeci, dottorando in Scienze dell'interpretazione presso il Dipartimento di Scienze Umanistiche dell'Università degli Studi di Catania, ha vinto la seconda edizione del premio «*Quintino Sella for the History of Geosciences in honor of*

*Nicoletta Morello and Bruno Accordi*», con l'articolo Musumeci, D., De Benedetti, A.A., Branca, S., and Ingaliso, L., 2022, *Rittmann's heritage: A philosophical approach for current research*, in Foulger, G.R., Hamilton, L.C., Jurdy, D.M., Stein, C.A., Howard, K.A., and Stein, S., eds., *In the Footsteps of Warren B. Hamilton: New Ideas in Earth Science: Geological Society of America Special Paper 553*.

A conclusione della cerimonia di premiazioni societarie vi è stata poi la consegna di una targa celebrativa del decimo anniversario della Sezione di Storia delle Geoscienze, che la stessa ha voluto conferire al suo primo iscritto nel 2012 e attuale decano, per il quale è superflua

ogni presentazione: Giorgio Vittorio Dal Piaz, mentore della prima ora del progetto GEOITALIANI (Fig. 2).

Infine Gian Battista Vai ha presentato all'Assemblea una brillante relazione su Giovanni Capellini, di cui ricorre quest'anno il centenario della scomparsa, a cui saranno dedicate varie iniziative nella sua città natale La Spezia.

Mercoledì 21 hanno invece avuto luogo l'Assemblea della Sezione, incentrata sulla discussione delle future iniziative, e poi la sessione scientifica S23 (affidente al tema generale “*Outreach and education*”) “*Geology is coming home. A renewed interest in Italian geoscientific tradition*”, il cui titolo è stato mutuato da una battuta di Raffaele Sardella in un precedente convegno sui temi storici, sull'onda dei successi sportivi italiani del 2021. Come immagine emblematica della sessione è stata scelta una ‘visione diacronica’ dell'estremo Ponente ligure e della Costa Azzurra francese tra l'inizio del XX secolo e quello del XXI: la fotografia storica ritrae uno scienziato inglese e uno italiano, Clarence Bicknell e Alberto Pelloux, e il panorama alle loro spalle, ripresi presso Mortola Superiore (Ventimiglia, IM) dalle pendici meridionali del Monte Bellenda (Fig. 3).

La sessione, curata dai conveners Alessio Argentieri, Marco Pantaloni, Pietro Mosca e Luca Barale, ha raccolto 20 contributi, tra presentazioni orali e poster (si veda il programma: [www.geoscienze.org/torino2022/BECong/sessione\\_programma.php?sessione2=40](http://www.geoscienze.org/torino2022/BECong/sessione_programma.php?sessione2=40)).

a cura di Alessio Argentieri

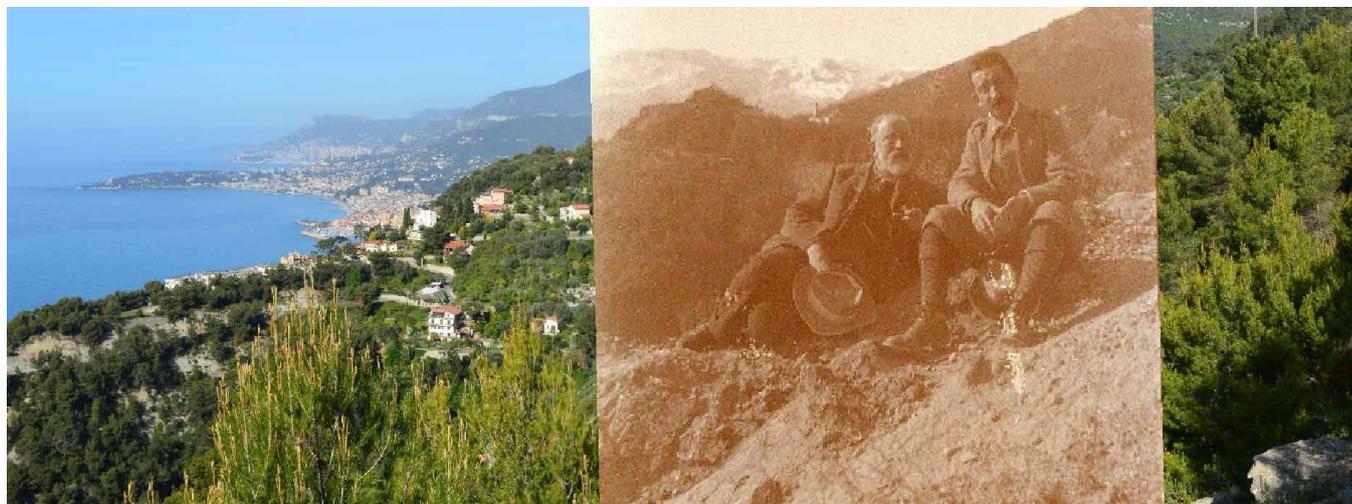


Fig. 3 - L'immagine, pregevole opera di Luca Barale, prescelta per rappresentare la Sessione scientifica “*Geology is coming home*”. La fotografia storica ritrae Clarence Bicknell e Alberto Pelloux (© Famiglia Bicknell).

## BICENTENARIO SCARABELLIANO 2020

### Convegno Scientifico Storico Celebrativo

30 Settembre 2022 **Luogo** Imola



L'opera scarabelliana al convegno di Imola.

Presso Palazzo Sersanti ad Imola (BO) si è tenuto il 30 Settembre 2022 il convegno scientifico storico celebrativo del bicentenario della nascita di Giuseppe Scarabelli Gommi Flaminj (Imola 1820 - 1905), il cui programma è consultabile sul sito <https://giuseppescarabelli.it>.

Senza trionfalismi, la lunga marcia degli eredi culturali di appassionati per riesumare la memoria di uno dei maggiori geologi e archeologi dell'Ottocento ha ormai conseguito il suo scopo. Iniziata negli anni 1980, ha fruito delle occasioni di due ricorrenze centenarie, morte prima e nascita poi. Non è stato facile, per le antiche condizioni al contorno e la noncuranza del personaggio Giuseppe Scarabelli (1820-1905), che si è premurato di tutto e di tutti fuori che di sé.

Oggi in Italia e nel mondo si sa che Scarabelli è stato un pioniere nei suoi ambiti di ricerca, come testimonia l'articolato programma degli interventi del Convegno di Imola. Egli fu in sintesi:

- Cofondatore della archeologia preistorica in Europa con la Scuola Imolese, assieme alla Scuola di Abbeville e alla Scuola di Copenhagen.
- Anticipatore (1866) della teoria degli archi tettonici di Eduard Suess (1888).
- Fondatore del I museo di Geologia e Archeologia Preistorica a Imola (1857).
- Campione di cartografia geologica "provincia per provincia", con Angelo Sismonda.
- Ispiratore (ansioso) dell'opera globale dell'"amico" Giovanni Capellini, di cui ricorre il centenario della morte (1922).

Per quest'ultima ragione, il 13 Ottobre 2022 un busto in bronzo di Scarabelli, opera dello scultore Prof. Luigi E. Mattei, è stato scoperto nella galleria dei personaggi della geologia del Museo Geologico Giovanni Capellini alla presenza del Magnifico Rettore Giovanni Molari, come dono della Città di Imola alla Città e dell'Università di Bologna.

a cura di Gian Battista Vai

## Sezione

# GEOLOGIA Planetaria

Coordinatrice: Lucia Marinangeli

Pagina web: [www.socgeol.it/372/geologia-planetaria.html](http://www.socgeol.it/372/geologia-planetaria.html)

## GLI ASTEROIDI, potenziale pericolo e risorsa mineraria

**N**ell'ambito dell'esplorazione planetaria, gli asteroidi stanno ricevendo grande attenzione negli ultimi mesi. Fanno parte dei cosiddetti 'corpi minori' del Sistema Solare e la loro massa totale è inferiore a quella della Luna nonostante ne siano stati riconosciuti più di un milione. Sono principalmente localizzati nella fascia tra Marte e Giove e rappresentano 'nuclei di aggregazione' di protoplaneti che non sono riusciti a formarsi a causa dell'elevata forza gravitazionale di Giove.

Una parte però orbita in prossimità della Terra (*Near Earth Asteroid, NEA*) e sono ritenuti a rischio di impatto se i loro parametri orbitali si avvicinano all'orbita terrestre ad una distanza di 0,05 unità astronomiche, circa 7,5 milioni di km.

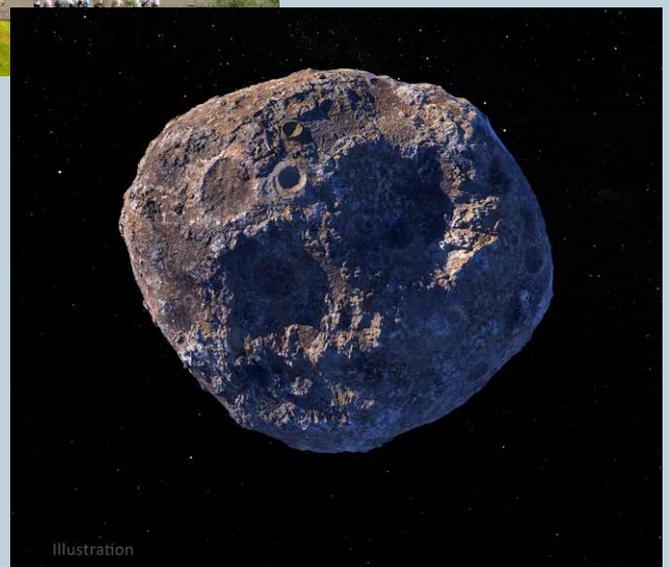
Una serie di missioni congiunte delle agenzie spaziali NASA-ESA-ASI proveranno a fine settembre ad impattare con la sonda DART, l'asteroide Dimorphos per valutare l'effetto sulla sua velocità e direzione, *test* fondamentale nel caso di pericolo per il nostro pianeta. L'impatto verrà seguito da un piccolo satellite italiano, LICIA cube, portato in orbita dalla stessa missione statunitense.

Composizionalmente circa il 90% degli asteroidi è rappresentato da tre classi: la classe C rappresenta gli asteroidi più primitivi, poco evoluti, la S e M caratterizzano corpi che hanno subito una fusione e differenziazione magmatica con la formazione di 'gusci' a diversa composizione.

La classe M, ricca di metalli di Fe e Ni, ha generato anche un interesse economico per il potenziale sfruttamento dei metalli in particolare gli elementi del gruppo del platino, poco abbondanti sulla Terra e necessari per batterie e componenti elettronici. Tutti gli occhi sono puntati sull'asteroide *16 Psyche* che verrà raggiunto nei prossimi anni dalla missione *PSYCHE* per il quale è stata ipotizzata un'attività vulcanica con il magma costituito da leghe metalliche ricche di zolfo (Johnson et al., 2020). Il ferrovulcanismo, seppur raro sulla Terra, potrebbe aver interessato l'area vulcanica di El Lago nel nord del Chile, un potenziale analogo per meglio comprendere questi particolari asteroidi.



**Fig. 1** - L'asteroide Dimorphos (160 m di diametro) confrontato con la dimensione del Colosseo. Dimorphos, uno degli asteroidi NEA orbitanti vicino alla Terra, verrà colpito dalla sonda DART per misurare l'effetto dell'impatto sulla variazione dell'orbita, un test per provare misure di controllo nel caso di potenziale impatto con la Terra. Per confronto, la dimensione dell'impatto che ha creato il cratere Barringer in Arizona di poco più di 1 km di diametro, è stata stimata di circa 50 m. Crediti immagine: *ESA-Science Office*.



**Fig. 2** - Rappresentazione artistica basata sulle immagini acquisite dai telescopi terrestri dell'asteroide *16 Psyche*, l'asteroide metallico che ha un diametro di circa 226 km. La missione *Psyche* che analizzerà con dettaglio la composizione dei composti metallici e la struttura interna dell'asteroide probabilmente caratterizzato da ferrovolcanismo. Esistono già degli studi per lo sfruttamento minerario di questi corpi metallici, è stato stimato che il valore di *16 Psyche* è di circa 10mila quadrilioni di dollari. Crediti immagine: *NASA*.

## Approfondimenti:

### Missione DART

<https://dart.jhuapl.edu/Mission/index.php>

### Missione LICIA CUBE

[www.asi.it/esplorazione/sistema-solare/liciacube](http://www.asi.it/esplorazione/sistema-solare/liciacube)

### Missione PSYCHE

[Missione PSYCHE](#)

B.C. Johnson, M.M. Sori & A.J. Evans (2020). *Ferrovolcanism on metal worlds and the origin of pallasites*. *Nature Astronomy*, 4, 41–44

Sezione

# GEOLOGIA Himalayana

Coordinatrice: Chiara Montomoli

 Pagina web: [www.socgeol.it/381/geologia-himalayana.html](http://www.socgeol.it/381/geologia-himalayana.html)

## RICORDO DI *Peter Molnar* (1943-2022)

**L**a sezione di Geologia Himalayana, in questo volume di Geologicamente, desidera dedicare il proprio spazio al ricordo di un “Gigante” della Geologia e Tettonica, non solo Himalayana, ma a scala globale: il Prof. Peter Molnar (1943-2022). È con grande tristezza e sgomento che la comunità geologica ha appreso della sua scomparsa lo scorso 23 giugno. Peter, rinomato geofisico di fama internazionale e *distinguished professor* in Geological Sciences presso l’*University of Colorado*, è stato, tra le altre cose, un pioniere della Tettonica a Placche durante i primi stadi di sviluppo di questa potente, ed emergente teoria geologica, durante gli anni ‘60-’70.

Nella sua proficua attività di ricerca Peter si è occupato di geofisica della Terra Solida, con particolare attenzione nel capire quali sono i processi che controllano la costruzione e l’evoluzione delle catene di montagne e come queste, assieme ai processi litosferici a grande scala, influenzano il clima alla scala dei tempi geologici.

Peter, nato a Pittsburgh il 25 Agosto 1943, si laureò in fisica nel 1965 presso l’*Oberlin College*. Ottenne il *PhD* in Geofisica nel 1970 presso il prestigioso *Lamont-Doherty Geological Observatory* della *Columbia University*, per continuare poi la sua attività di ricerca come *Post-doc* presso l’*University of California San Diego* e come periodo di scambio tra ricercatori con l’ex-URSS. Nel 1974 divenne professore presso il *Massachusetts Institute of Technology*, per accettare nel 2001 un incarico come Professore presso il *Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences* (CIRES) dell’*University of Colorado*. Ricevette il premio *Crafoord Prize* dalla *Royal Swedish Academy of Sciences*, premio simile al *Nobel* tranne che viene conferito ogni quattro anni.

È difficile per noi, in queste poche righe, riassumere l’imponente e fondamentale contributo che Peter ha dato allo sviluppo delle Scienze della Terra, impiegando sempre un approccio rigoroso, quantitativo e *trans-disciplinare*. Il suo contributo è stato fondamentale per la comprensione dell’evoluzione geologica del Plateau Tibetano e dei suoi effetti sul clima. È stato il primo ricercatore che ha compreso e dimostrato che il Plateau Tibetano si è formato decine di milioni di anni fa e che, con la sua elevazione, ha influenzato il clima del passato.



Fig. 1 - Peter durante la sua *key note* al congresso HKT a Losanna nel 2018.

Da sottolineare il fatto che ha fortemente influenzato diverse generazioni di studiosi nella loro ricerca, ispirati dai suoi lavori e dalle sue idee.

Peter, oltre ad essere stato uno scienziato eccellente, amava la montagna e la musica era una persona semplice, sempre curioso e disponibile verso tutti.

Ci piace ricordarlo mentre ci ha raccontato tutto questo nella sua *key note* durante l’ultimo Himalaya-Karakorum-Tibet workshop a Losanna al quale abbiamo avuto la fortuna di partecipare e confrontarci con lui (Fig.1).

a cura di Chiara Montomoli, Salvatore Iaccarino e Rodolfo Carosi

### Per informazioni:

- ▶ [www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7103372949](http://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7103372949)
- ▶ <https://cires.colorado.edu/news/peter-molnar-1943-2022>
- ▶ [www.colorado.edu/geologicalsciences/memory-distinguished-professor-peter-molnar](http://www.colorado.edu/geologicalsciences/memory-distinguished-professor-peter-molnar)
- ▶ [www.earthmagazine.org/article/down-earth-geophysicist-peter-molnar/](http://www.earthmagazine.org/article/down-earth-geophysicist-peter-molnar/)
- ▶ [www.geologybites.com/peter-molnar](http://www.geologybites.com/peter-molnar)



**Fig. 1** - Un momento della Conferenza MinWat 2020 (Caserta, 26-30 giugno 2022).

Care Lettrici e Cari Lettori, si è celebrato quest'anno il *World Water Day* dedicato alle acque sotterranee. Numerose sono state e saranno le iniziative messe in campo, anche in Italia, sotto il motto: “*Groundwater, making the invisible visible*”. A questo proposito, è stato recentemente pubblicato il Rapporto UNESCO 2022 dedicato alle acque sotterranee: *United Nations World Water Development Report 2022 - Groundwater: making the invisible visible*. Il Rapporto descrive le sfide e le opportunità nella gestione delle acque sotterranee in tutto il mondo, evidenziando il ruolo fondamentale che questa risorsa svolge per l'approvvigionamento idrico nei diversi comparti e per il sostentamento degli ecosistemi. Nello stesso tempo viene evidenziata la fragilità della risorsa e quindi la necessità di un uso sostenibile. Il Rapporto è disponibile anche in lingua italiana al seguente link:

<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380976>.

Tra le iniziative nel campo dell'idrogeologia connesse con la celebrazione dell'anno dedicato alle acque sotterranee vorrei ricordare alcuni eventi tenutisi in Italia.

Il primo aprile 2022 ad Arcavacata di Rende (CS) si è svolto il Congresso Nazionale “Le acque sotterranee: salvaguardia e gestione adattiva della risorsa” organizzato dal Consiglio Nazionale dei Geologi (CNG), Fondazione Centro Studi del CNG, Ordine dei Geologi della Calabria, UniCal-DiBEST, con il contributo scientifico del Comitato Italiano dell'*International Association of Hydrogeologists (IAH)*. L'iniziativa, che ha avuto una larga partecipazione di addetti ai lavori e di pubblico, ha affrontato i temi dello sviluppo sostenibile e la sua dipendenza dalle strategie di gestione delle risorse idriche sotterranee. È stato evidenziato come sia necessario salvaguardare e gestire in maniera corretta le acque sotterranee, promuovendo un efficace dialogo tra ricercatori, tecnici, gestori e amministratori delle risorse idriche.

Si è svolta a Caserta dal 26 al 30 giugno 2022 la “*3rd International Multidisciplinary Conference on Mineral and Thermal Waters - MinWat2020*”, evento organizzato dalla *IAH Commission on Mineral and Thermal Waters*, dal Comitato Italiano dell'IAH e dalle Università della Campania “Luigi Vanvitelli”, Napoli “Federico II”, Padova e Tuscia, con il supporto sostanziale della Ferrarelle Società Benefit. La Conferenza (**Fig. 1**) è stata una proficua occasione per scambiare idee e discutere sulle acque minerali e termali, coinvolgendo ricercatori di diversi settori, professionisti, amministratori e gestori.

Nonostante l'evento sia stato posticipato rispetto alla data prevista nel 2020 a causa della pandemia, circa 100 partecipanti provenienti da 26 paesi in Europa, Americhe e Asia hanno fornito contributi scientifici raccolti nell'*Abstract Book*: [abstract-book.pdf](http://abstract-book.pdf) ([minwatitaly2020.org](http://minwatitaly2020.org)).

20 delle note presentate durante la Conferenza sono state pubblicate sulla rivista *Environmental Geochemistry and Health* | *Volume 44, issue 7* ([springer.com](http://springer.com))

Durante l'evento è stato assegnato a Tullia Bonomi il premio del Photo Contest organizzato dal Comitato Italiano dell'IAH sul tema delle acque sotterranee (**Fig. 2**), iniziativa alla quale hanno partecipato numerosi studenti, ricercatori e professionisti.

Dal 5 al 7 settembre 2022 si è tenuto a Fondi (LT) il XVI Convegno Nazionale delle Sezioni GIT (*Geosciences and Information Technologies*) e SI (Sezione di Idrogeologia) della Società Geologica Italiana. L'iniziativa che ha avuto una larga partecipazione di giovani ricercatori è stata molto apprezzata anche per aver messo a confronto il mondo professionale e quello delle PMI con ricercatori e professionisti. Per le sessioni di idrogeologia (**Fig. 3**), sono stati discussi 40 contributi sui temi degli effetti dei



Fig. 3 - Photo Contest 2022 IAH Italia: Sorgente Mompiano a Brescia (BS), storica sorgente urbana, in uso da 2000 anni, alimentata da un altipiano carsico ad oltre 40 km di distanza, foto di Tullia Bonomi.



## Sezione GEOSCIENZE e Tecnologie Informatiche

Coordinatore: Simone Sterlacchini

Pagina web: [www.socgeol.it/374/geoscienze-e-tecnologie-informatiche-git.html](http://www.socgeol.it/374/geoscienze-e-tecnologie-informatiche-git.html)



Fig. 3 - Daniel Feinstein al XVI Convegno Nazionale delle Sezioni GIT e SI della SGI (Fondi LT, 5-7 settembre 2022).

cambiamenti climatici sulle risorse idriche sotterranee, della sicurezza, protezione, gestione e monitoraggio delle acque sotterranee, e del contributo della modellazione nella valutazione e gestione delle risorse idriche sotterranee. Il premio “Giorgio Ghiglieri” dedicato ai giovani ricercatori e sponsorizzato da Ecosearch srl e Symple srl è stato assegnato ad Agnese Redaelli, sono state inoltre menzionate per i loro contributi Maria Chiara Porru e Noemi Ticcianti.

Altre due iniziative sono in programma nel 2022. A Torino il 19 settembre, nell’ambito del Congresso delle Società Geologica Italiana e Società Italiana di Mineralogia e Petrologia “*Geosciences for a sustainable future*”, è prevista una sessione dedicata all’idrogeologia “*S37 Sustainability of groundwater resources*” che ha raccolto 27 contributi. Il 12 dicembre a Firenze si terrà la conferenza “Crisi idrica globale e soluzioni locali” promossa dal Comitato Italiano IAH e dall’associazione Acquifera Aps.

Un anno quindi ricco di iniziative nel campo delle acque sotterranee, anche se caratterizzato da una delle più severe siccità estive degli ultimi decenni che ha aperto in Italia un ampio dibattito sulla disponibilità e gestione delle risorse idriche. A questo proposito segnaliamo l’appello della comunità idrogeologica italiana rinvenibile al seguente link: [Esiste una soluzione alla siccità? Crisi idriche ricorrenti e ruolo delle acque sotterranee: IAH Italian Chapter \(\[iahitally.it\]\(http://iahitally.it\)\)](#) focalizzato sul fondamentale ruolo dell’idrogeologia, non sempre visibile a tutti i gestori e agli amministratori, nel contribuire a risolvere le condizioni emergenziali nell’approvvigionamento idrico che investono sempre più frequentemente il nostro Paese.

Dal 05 al 07 settembre 2022 si è svolto a Fondi (Lt), presso il Palazzo Caetani, il Castello Baronale Caetani e il Complesso di San Domenico, il XVI Convegno Nazionale delle Sezioni GIT - *Geosciences & Information Technologies* e SI – Sezione di Idrogeologia della Società Geologica Italiana patrocinato da: Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Regione Lazio, Provincia di Latina, Comune di Fondi e Parco Naturale Regionale Monti Ausoni e Lago di Fondi, oltre che da 16 tra Università, Enti di Ricerca e Associazioni locali. L’evento è pubblicizzato sul sito della Sezione GIT al link

<https://gitonline.org/fondi-2022/>.

Il Convegno ha avuto circa 200 partecipanti ed è stato un’occasione di confronto e discussione, in chiave multi-disciplinare, sul ruolo dell’ICT (*Information & Communication Technologies*) 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 dal 2019 dalla GeoSoul-Italia (rappresentata dal Dott. Serafino Angelini), a cui quest’anno sono stati affiancati due ulteriori premi messi a disposizione da TerreLogiche (rappresentata dal dott. Valerio Noti) assegnati ai giovani ricercatori che hanno ricevuto una menzione speciale dalla commissione giudicatrice.

Il premio è stato assegnato al dott. Luca Paoletta (Università di Cassino e del Lazio Meridionale) per la presentazione:

“Digitalizzazione del metodo osservazionale per lo scavo meccanizzato di gallerie urbane attraverso reti neurali artificiali: la linea 4 della metropolitana di Budapest” con la seguente motivazione: “per la qualità tecnico scientifica della ricerca e i risultati raggiunti”. La prima menzione speciale è andata alla dott.ssa Elena Ioriatti (Libera Università di Bolzano) per la presentazione: “*Characterization of debris-flow initiation and potential early warning through the analysis of seismic signals*” “per l’originalità e l’innovazione della ricerca proposta”; la seconda alla dott.ssa Anna Baris (Università di Cassino e del Lazio Meridionale) per la presentazione: “Caratterizzazione stratigrafica del sottosuolo con metodi statistici e algoritmi di intelligenza artificiale” “per la metodologia proposta e la sua applicabilità in contesti simili”.

Il Convegno ha avuto inizio domenica 04 settembre 2022 con la camminata per le vie di Fondi, terminata con un *Ice Break Party* presso la Torre Triangolare Longobarda di Monte San Biagio (Lt). Lunedì 05 settembre 2022 ha presenziato all’apertura dei lavori il Prof. Sandro Conticelli, Presidente della Società Geologica Italiana. Le due giornate congressuali hanno previsto due *Keynote Lectures*, due sessioni plenarie e 11 sessioni parallele, presiedute da 45 *conveners*: in totale sono stati presentati 80 interventi orali e



**Fig. 1** – La Sala del Principe di Palazzo Caetani, una delle principali emergenze architettoniche poste lungo il percorso del tratto urbano della Regina Viarum: l’antica Via Appia.

28 poster. La prima keynote “Il cambiamento climatico bussava alla nostra porta ...” è stata presentata dalla dott.ssa Paola Mercogliano del Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici mentre la seconda keynote “Modellazione della zona insatura e suo ruolo nella previsione degli effetti dei cambiamenti climatici” è stata presentata dal dott. Daniel Feinstein dell’Università del Wisconsin-Milwaukee.

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 RAI, dott. Vito Giannulo, finalizzata a evidenziare i vantaggi di una mutua collaborazione tra il mondo della ricerca e il mondo dell’impresa, in un contesto dominato dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza.

La giornata di lunedì è proseguita con il consueto Wine Poster, un momento conviviale-scientifico che dura ormai da 16 anni: “Parlare di scienza sorseggiando vino”. Contemporaneamente, è stato organizzato il workshop: “Il GIT dialoga con il territorio e i suoi abitanti: “dal martello all’app!” tramite l’allestimento di una serie di corner dimostrativi atti a creare un’opportunità di incontro tra il mondo della ricerca e la cittadinanza. La giornata di lunedì è terminata con la cena sociale.

Martedì 06 settembre, il programma ha previsto l’organizzazione del workshop “Voce alle Imprese”, uno spazio a disposizione delle 11 aziende partecipanti che hanno presentato al mondo professionale e accademico le loro attività e progetti al fine di dare inizio a un network attivo tra impresa, enti di ricerca e università.

Martedì, a conclusione dei lavori, si è tenuta la Riunione Annuale dei Soci GIT, un momento di confronto e di discussione su quanto realizzato nell’ultimo anno e su quanto sarà realizzabile nell’anno a seguire.

Mercoledì, 07 settembre, è stato organizzato il field trip “Viaggio Geo-Archeologico nelle Terre dell’Agro Pontino” che ha visto la presenza di oltre 30 partecipanti. Le informazioni relative al field trip sono disponibili all’interno del nostro sito GIT al seguente indirizzo: [https://gitonline539382733.files.wordpress.com/2022/08/field\\_trip\\_note\\_finale.pdf](https://gitonline539382733.files.wordpress.com/2022/08/field_trip_note_finale.pdf)

Dal 23 al 27 maggio 2022, il prof. Sebastiano Trevisani (Università IUAV di Venezia e membro del Gruppo di Coordinamento della Sezione GIT), ha organizzato in collaborazione con Mikhail Kanevski (Università di Losanna), Marj Tonini (Università Losanna) e Daniel Pietro Omodeo (Università Ca’ Foscari di Venezia) l’*international graduate seminar* presso la VIU (*Venice International University*): “*Learning from geoenvironmental data: tools for a changing Planet*” ([www.univiu.org/study/graduate-seminars/learning-from-geoenvironmental-data](http://www.univiu.org/study/graduate-seminars/learning-from-geoenvironmental-data)) che ha dato la possibilità a 25 studenti provenienti da diversi paesi europei ed extraeuropei, tra cui giovani ricercatori della Sezione GIT, di approfondire le proprie conoscenze in tema di Geostatistica, Machine Learning e Data Science per la risoluzione e la gestione delle problematiche ambientali.

a cura di S. Sterlacchini e S. Trevisani



Sezione

# GEOLOGIA Ambientale

Coordinatore: **Mariano Mercurio**

 Pagina web: [www.socgeol.it/401/geologia-ambientale.html](http://www.socgeol.it/401/geologia-ambientale.html)

## GEOLOGIA AMBIENTALE *a sostegno del Green Deal europeo*

In occasione del congresso congiunto SGI-SIMP 2022 tenutosi a Torino dal 19 al 21 settembre 2022, dal titolo “*Geosciences for a sustainable future*”, il gruppo di coordinamento della sezione di Geologia Ambientale ha promosso la sessione “*Environmental geology supporting the European Green Deal*”, quale momento di incontro tra specialisti, ricercatori e professionisti che condividono obiettivi comuni nello studio delle interazioni tra uomo e ambiente. La sessione ha ricevuto 14 contributi multidisciplinari e innovativi che hanno affrontato varie sfide dell’Agenda 2030. Nelle presentazioni orali sono stati discussi temi di attualità come la mitigazione del rischio frane nelle aree montane grazie ad interventi sostenibili basati sul *Life Cycle Assessment* (Vagnon et al.) e la prevenzione del rischio in ambiente lacustre con esempi di rilievo e mappatura in alcuni laghi vulcanici laziali (Argentieri et al.). In visione degli obiettivi europei per una politica *Low Carbon*, si è parlato anche di risorse geotermiche con uno studio sugli scenari di sfruttamento delle sorgenti termali dell’area Acquasanta Terme (Invernizzi et al.); mentre per quanto concerne le minacce sulla qualità dei corpi idrici, è stato proposto un nuovo approccio geochemico per valutare l’inquinamento delle acque superficiali con l’impiego di isotopi radiogenici sulla frazione totale dei solidi sospesi (Maccelli et al.). Sono stati illustrati inoltre i vantaggi ed i limiti dell’impiego del gas radon, come *proxy* per indagare lo stato di inquinamento da NAPLs nelle acque sotterranee (Mattia et al.). Riguardo la presenza del Radon in natura è stato presentato uno studio sullo sviluppo di nuovi materiali per l’edilizia abitativa che

riducano l’esposizione della popolazione a radiazioni ionizzanti geogeniche (Portaro et al.). Altri interessanti contributi hanno trovato spazio nella sezione *poster* affrontando aspetti legati allo sfruttamento sostenibile delle risorse: la produzione di energia blue lungo le coste (Invernizzi et al.), l’analisi degli impatti e delle nuove potenzialità dell’energia idroelettrica (Paschetto et al.), le tecniche di monitoraggio con tecnologia UAV dei gas clima alteranti con sensori che rilevano in 3D i punti di emissione (Mandrone et al.). Non sono mancate esperienze di studi applicativi come quelli per la caratterizzazione della qualità ambientale nella valutazione del ruolo dei fiumi sulla contaminazione antropogenica delle coste campane (Mali et al.) ma anche lo sviluppo di sistemi di isolamento degli edifici per la mitigazione della propagazione delle vibrazioni (Tavecchio) e di approcci scientifici per l’analisi dell’impatto dei cambiamenti climatici sulla nostra società (Mancini et al.).

L’insieme dei contributi presentati ha dimostrato ancora una volta l’enorme potenzialità delle geoscienze in ambito applicativo ambientale. Difatti il dibattito su cui si fondano queste iniziative è incentrato sulla possibilità di fornire nuovi impulsi, su basi geologiche, per la salvaguardia e la valorizzazione dell’ambiente naturale e dello sviluppo sostenibile.

*a cura di Laura Sanna, Massimiliano Moscatelli  
& Mariano Mercurio*

## Sezione GEOsed

Coordinatore: Marco Brandano

 Pagina web: [www.socgeol.it/369/geosed.html](http://www.socgeol.it/369/geosed.html)



Foto di gruppo al Congresso.

Lo scorso giugno la nostra comunità si è riunita in presenza presso il Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali dell'Università di Bari per il congresso GeoSed. Il *workshop* pre-congresso nell'Appennino lucano e quello *post*-congresso sul terreno nelle Murge e anche i due giorni di lavori congressuali sono stati un'ottima occasione di incontro e di discussione. Al congresso è stato dato ampio spazio ai giovani sia nella scelta dei colleghi per le presentazioni a invito (come già annunciato nel precedente numero di *Geologicamente*) sia nel premiare giovanissimi ricercatori che hanno presentato le loro ricerche. Massimo Civitelli (dottorando presso il Dipartimento di Biologia, Ecologia e Scienze della Terra dell'Università della Calabria) è stato premiato per la miglior presentazione orale dal titolo "*Diagenetic and petrophysical relation of regional sandstone detrital modes in Southern Apennine foreland basin evolution, Italy*" (M. Civitelli, L. Caracciolo, M. Borrelli, S. Criniti, D. Ravidà, E. Falsetta) e Francesca Padoan (neolaureata presso il Dipartimento di Geoscienze dell'Università di Pavia) per il miglior poster dal titolo "*River bend morphologies and sediment grain size distribution: an experimental approach*" (F. Padoan, R. Maitan, M. Ghinassi, A. D'Alpaos, A. Finotello, D. Tognin). Un'altra iniziativa ha concernito il premio per la migliore guida geologica. Il vincitore, il Dr. Alessandro Mancini (Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Roma La Sapienza) ha partecipato con un lavoro dal titolo "*Travertine depositional systems of Central Italy: Rapolano Terme and the Acque Albule Basin. An overview of geometries and lithofacies associations from spring to distal part of the depositional setting*" (A. Mancini, E. Capezzuoli) ed anche è stato recentemente premiato al Congresso della Società Geologica Italiana di Torino. Quest'anno gli "Incontri di Geologia" si terranno il primo dicembre presso il Dipartimento di Scienze della Terra della Sapienza. Abbiamo deciso di invitare i tre giovani ricercatori Francesca Padoan, Massimo Civitelli e Alessandro Mancini a presentare le loro ricerche. Ha accettato il nostro invito anche Daniela Fontana (Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche

- Università di Modena e Reggio Emilia) e Francesco Dela Pierre (Dipartimento di Scienze della Terra – Università di Torino) Il programma completo è disponibile sul nostro sito: [www.socgeol.it/369/geosed.html](http://www.socgeol.it/369/geosed.html).

Sarà possibile seguire gli Incontri di Geologia anche *online*, collegandosi al sito: <https://us06web.zoom.us/j/82925152527?pwd=V0g5b3RjdDZlWV2Y4Sm1kNkN3a1VxUT09>

I seminari di GeoSed continuano anche durante questo inverno. I precedenti, tenuti da Andrea Di Giulio (UniPV - "*Clastic sedimentology, from outcrop to basin-scale passing through the microscopy, where we come from and where we (could) go*") e Marco Benvenuti (UniFI - "*Subaerial hyperconcentrated flows. Do they exist? May they create bedforms? What implication for fluvial facies modeling?*") sono stati ampiamente seguiti da un pubblico soprattutto giovanile. Il prossimo sarà:

 Venerdì, 13 gennaio 2022  15:00

 Simonetta Cirilli (UniPG)

 *Deep Past Climate: a lesson for future scenarios?*

 <https://us06web.zoom.us/j/99578397025?pwd=SWd5ekZjWWtPWDNudEFkYVdIQnIHQT09>

Sperando in una partecipazione ancora numerosa alle nostre iniziative, ci vediamo a Roma!

a cura di Amalia Spina e Marco Brandano



*Workshop* precongresso. Lungo il Canale Candela, affioramento delle Tufti di Tusa (foto di Salvatore Gallicchio).



Sezione

# GEOETICA e Cultura Geologica

Coordinatrice: **Silvia Peppoloni**

🖱️ Pagina web: [www.socgeol.it/371/geoetica-e-cultura-geologica.html](http://www.socgeol.it/371/geoetica-e-cultura-geologica.html)

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

Di seguito sono riportate informazioni sulle iniziative e le attività che la sezione ha promosso, supportato o direttamente svolto nei mesi passati e su eventi che avranno luogo nei prossimi mesi.

## White Paper on Responsible Speleology (Linee guida sulla speleologia responsabile)

► Il 30 agosto 2022 il Comitato Esecutivo della IAPG - *International Association for Promoting Geoethics* ha approvato un documento sulla speleologia responsabile:

🖱️ [www.geoethics.org/files/ugd/5195a5\\_5678bf70b459443cb00fa1d42eca6ce7.pdf?index=true](http://www.geoethics.org/files/ugd/5195a5_5678bf70b459443cb00fa1d42eca6ce7.pdf?index=true).

Questo documento mette in evidenza obiettivi e valori della geoetica che riguardano l'insieme delle attività della speleologia (speleoetica). Tra questi: fattori scientifici ed educativi, considerazioni tecniche, caratteristiche e valori delle giorisorse sotterranee, aspetti di vulnerabilità degli ambienti carsici. Viene posto l'accento sulla necessità di avere una comprensione aggiornata e completa dei potenziali impatti antropici che possono verificarsi sulle componenti geologiche, sedimentologiche, climatologiche, idrologiche e biologiche delle grotte e dei relativi sistemi carsici. Inoltre, il documento propone linee guida comportamentali per coloro che accedono all'interno delle grotte, gli *standard* che dovrebbero essere rispettati, le misure da adottare per garantire la massima protezione di questi fragili sistemi ipogei, nella convinzione che la speleoetica possa orientare ogni individuo verso comportamenti più responsabili nei confronti delle grotte e dei fenomeni carsici. L'obiettivo finale è fornire un quadro di riferimento di valori e pratiche per una migliore gestione della conservazione e protezione degli ambienti e dei sistemi geologici carsici sotterranei accessibili agli esseri umani.

I lavori del *Task Group* della IAPG che ha redatto questo documento sono stati supervisionati da Giuseppe Di Capua della sezione di geoetica della SGI.

Infine, si ricorda che la IAPG ha anche prodotto il *White Paper on Responsible Mining* (Linee guida sull'attività mineraria responsabile): 🖱️ [www.geoethics.org/wp-responsible-mining](http://www.geoethics.org/wp-responsible-mining)

## International Geoethics Day 2022

► La IAPG - *International Association for Promoting Geoethics* ha celebrato la 6ª edizione dell'*International Geoethics Day* il 13 ottobre 2022: 🖱️ [www.geoethics.org/geoethics-day](http://www.geoethics.org/geoethics-day).

Il tema dell'evento di quest'anno è stato: "Promoting the UN Sustainable Development Goals" (Promuovere gli obiettivi dello sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite).

Hashtag: #geoethicsday2022

La IAPG-Italy/Sezione di Geoetica e Cultura Geologica della SGI ha contribuito con Francesca Lozar e Silvia Peppoloni alla giornata di studio e formazione dal titolo "Geoetica senza confini: visioni transdisciplinari per la sostenibilità", rivolta ad esperti e non-esperti (geoscientisti, professionisti, insegnanti, studenti, come pure studiosi in discipline umanistiche), organizzata dall'Università di Torino (Dipartimento di Scienze della Terra), con il patrocinio della IAPG, dell'INGV, dell'Università di Torino e del Piemonte Orientale, dello IAEG Italia e dell'ANISN.

## Etica del campionamento geologico

► La IAPG-Italy ha supportato un'indagine sulla cultura e sull'etica del campionamento geologico promossa dalla *Geological Society of America* (GSA), finalizzata a raccogliere informazioni per comprendere meglio l'approccio e il comportamento dei geologi nella pratica del campionamento geologico. Tale argomento è particolarmente importante in un'epoca di crescenti impatti sui sistemi naturali, ridotta accessibilità ai siti sul campo, degrado delle risorse geologiche insostituibili e maggiore consapevolezza internazionale dell'importanza del geopatrimonio, della geodiversità e della geoconservazione. Un campionamento rispettoso e responsabile è aspetto fondamentale dell'attività dei geologi per la conservazione di preziosi siti geologici, per il rispetto delle comunità locali e delle culture indigene presenti, e per tener conto di altre delicate questioni sociali. Vi daremo conto dei risultati dell'indagine nei prossimi numeri.

## Geoetica all'EGU General Assembly 2023

► La IAPG sponsorizza la sessione "*Geoethics: Geoscience Implications for Professional Communities and Society*", *convener* Silvia Peppoloni (coordinatore della sezione di geoetica della SGI), *co-convener* Giuseppe Di Capua (segretario della sezione di geoetica della SGI). L'EGU 2023 si svolgerà a Vienna dal 23 al 28 aprile 2023. La *call for abstracts* è aperta.

🖱️ <https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU23/session/44934>.

## Geoetica al 6th World Landslide Forum

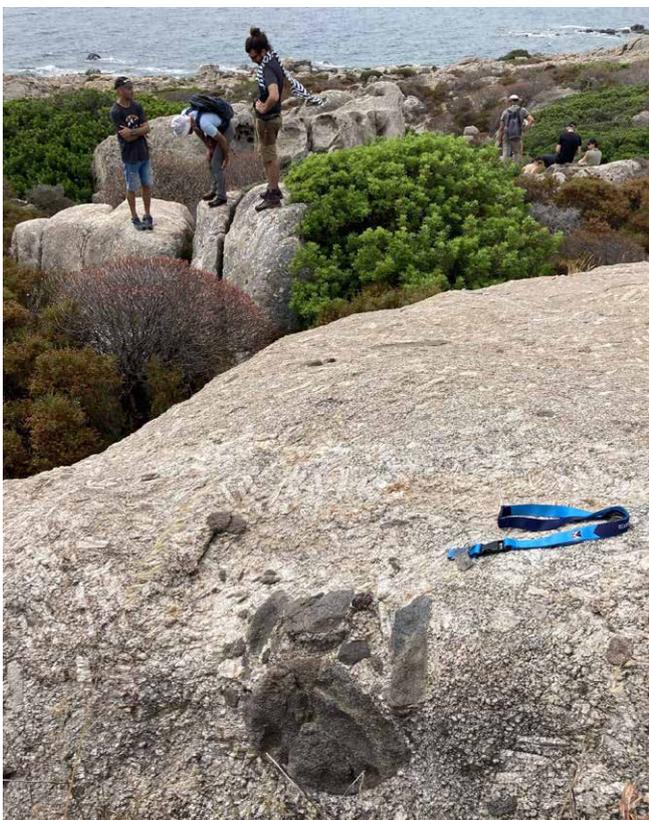
► La sezione di geoetica della SGI/IAPG-Italy contribuisce alla organizzazione della sessione 1.5 del Tema 1 del 6ª *World Landslide Forum*, che si svolgerà a Firenze dal 14 al 17 novembre 2023: 🖱️ <https://wlf6.org/forum-themes/>. Titolo della sessione: "*Ethical, Social and Cultural Aspects/Implications in Landslide Risk Management*". Silvia Peppoloni, Peter T. Bobrowsky, Giuseppe Di Capua e Claudio Margottini sono i *conveners* della sessione.

a cura di *Giuseppe Di Capua*

Sezione  
**GEOLOGIA**  
*Strutturale*

Coordinatrice: Laura Crispini

 Pagina web: [www.socgeol.it/400/geologia-strutturale-gigs.html](http://www.socgeol.it/400/geologia-strutturale-gigs.html)



**Fig. 1** - I ricercatori partecipanti alla scuola analizzano le strutture del plutone del Castellaccio e delle rocce metamorfiche incassanti.



**Fig. 2** - Strutture caratteristiche del Plutone di Castellaccio: corpi femici arricchiti in fenocristalli di K-feldspato isorientati (cristalli fino a 15 cm di lunghezza).

## ASINARA SUMMER SCHOOL 2022 *“Structural analysis of granites and their surroundings”*

Nei giorni 21-23 Giugno 2022, nell’ambito delle iniziative della Sezione di Geologia Strutturale - GIGS, si è svolta la seconda edizione della Summer School “*Structural analysis of granites and their surroundings*”, una scuola per dottorandi e giovani ricercatori dedicata all’analisi strutturale di rocce metamorfiche e granitoidi. La scuola è stata organizzata dall’Università di Sassari (sotto la direzione del Prof. Leonardo Casini) e l’Università di Pavia (Prof. Matteo Maino) con il supporto della Regione Autonoma della Sardegna e del Parco Nazionale e Area Marina Protetta dell’Asinara.

L’isola dell’Asinara rappresenta una sezione della crosta media e inferiore della catena Varisca Europea. Grazie alla deforestazione quasi completa attuata negli anni di attività del carcere di massima sicurezza, e alle condizioni climatiche piuttosto secche, l’Asinara offre una eccezionale continuità degli affioramenti e delle esposizioni molto favorevoli per lo studio delle strutture deformative.

Nei tre giorni della scuola, 8 giovani ricercatori, partecipanti alla Scuola, hanno potuto dedicarsi all’analisi strutturale del plutone del Castellaccio (parte del Batolite Sardo-Corso) e delle rocce metamorfiche incassanti (**Fig. 1**). Il plutone, di età Carbonifera, è una intrusione granodioritica peralluminosa a muscovite, con fenocristalli di K-feldspato fortemente isorientati. In alcune zone del plutone i fenocristalli sono di dimensioni pluricentriche (>15 cm) e si concentrano formando strutture particolari, di forma estremamente variabile, da stratoidi a ellissoidali (**Fig. 2**). Queste strutture nascono a causa della propagazione di una instabilità *Rayleigh-Taylor* in magmi parzialmente cristallizzati, e sono importanti per studiare le dinamiche interne delle camere magmatiche come analogo dei sistemi vulcanici attivi.

Per restare sempre aggiornati sulle attività GIGS iscriviti alla *mailing list* della sezione ([gigs@socgeol.it](mailto:gigs@socgeol.it)) e seguici sui social!

## Sezione Giovani GEOLOGI

Coordinatrice: **Giulia Innamorati**

Pagina web: [www.socgeol.it/435/giovani-geologi.html](http://www.socgeol.it/435/giovani-geologi.html)

### ECCO GIULIA: 29 anni, nata a Torino, abitante di Roma e banale millennial

In questo numero di Geologicamente Giulia Tartaglia, vincitrice del premio biennale Quintino Sella per la miglior tesi di dottorato intitolata “*Integrated Study of the Tectonic Evolution of the mid-Norwegian Passive Margin*”, si presenta e ci racconta quello che è stato il suo percorso di studi e formazione.

Ho iniziato il mio percorso nelle geoscienze all'Università di Torino nel 2012. Per la tesi magistrale ho eseguito uno studio strutturale e geocronologico di una zona di taglio del M. Manaslu, in Nepal. Dopo la laurea, ho collaborato con uno studio geologico, dove ho visto le prime applicazioni di quanto avessi appreso fin a quel momento, dal Piemonte al cantiere di Rogun, in Tajikistan. Nonostante il lavoro stimolante, desideravo continuare a formarmi proseguendo con un percorso dottorale. L'opportunità è arrivata dall'Università di Bologna nel 2018. Il mio dottorato, supervisionato dal Prof. G. Viola, è parte di un più ampio progetto, denominato *Basement fracturing and weathering on- and offshore*



Fig. 2 - Fiordi norvegesi innevati a gennaio.



Fig. 1 - Rilevamento di una complessa zona di faglia (Hitra, Norvegia).

Norway, guidato dal Servizio Geologico Norvegese e finanziato da un consorzio di compagnie petrolifere. Il mio contributo al progetto è stato lo studio multidisciplinare e multiscalare della complessa rete di faglie e fratture del basamento cristallino del margine Medio-Norvegese. Sono state mappate le discontinuità da remoto e sul terreno (Fig. 1), datate 13 zone di faglia, eseguite analisi di *paleostress*, per proporre un modello spazio-tempo della deformazione fragile del margine. Ho avuto il piacere di collaborare con un folto gruppo di ricercatori e professori tra Bologna e Trondheim e ho ammirato i fiordi norvegesi in tutte le stagioni: è sfidante cercare i *gouge* di faglia sotto la neve (Fig. 2)! Il dottorato è stato un ricco percorso di formazione che ha richiesto passione e voglia di lavorare. Si inizia ad assaporare come si fa ricerca e come la si divulga. Fondamentale è stata l'interazione con dottorandi, ricercatori e professionisti sul terreno e ai convegni. Il dottorato è anche notti in bianco e domeniche di lavoro, ma questo forse è dipeso dal mio essere Campionessa di procrastinazione. Oggi sono una geologa progettista della Struttura di Geologia Tecnica di Italferr SpA, l'azienda di ingegneria del Gruppo Ferrovie dello Stato e mi occupo di studi geologici propedeutici alla progettazione di infrastrutture. Nella mia piccola esperienza tra accademia e professione ho notato che la lettura del territorio (litologie, forme, strutture e circolazione di fluidi) è una prerogativa del geologo ed è imprescindibile per uno sviluppo sostenibile, che salvaguardi le risorse del pianeta e la salute dell'uomo. Quest'anno ricorre il decimo anniversario dalla mia iscrizione a Scienze Geologiche ed è stato un onore festeggiarlo con il Premio Quintino Sella. Non so con quanta consapevolezza ho iniziato e finito l'università. Sapevo, però, che mi appassiona comprendere i processi del Pianeta e che un giorno avrei voluto fare un lavoro che mi avrebbe tenuto tanto tempo in ufficio quanto all'aria aperta: il lavoro del geologo, ricercatore o professionista, è così.

a cura di Giulia Tartaglia, PhD

# Alla scoperta dei Minerali d'Italia

Un viaggio entusiasmante in 350  
delle più interessanti  
località mineralogiche italiane

Un libro di  
**Daniele Respino**



**Un'opera unica nel suo genere**

- 2 volumi con 1136 pagine a colori.
- Più di 350 località italiane descritte
- Oltre 2500 immagini a corredo
- Sono descritti 26 importanti Musei italiani
- 40 esperti ricercatori raccontano la loro esperienza sul campo.
- Capitoli introduttivi alle basi delle scienze della terra
- Località mineralogiche suddivise per tipologie di associazioni e paragenesi nei vari ambienti litologici

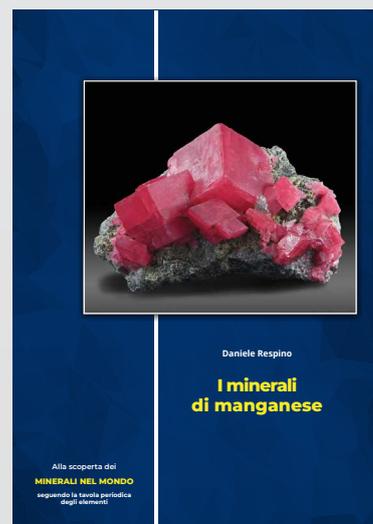
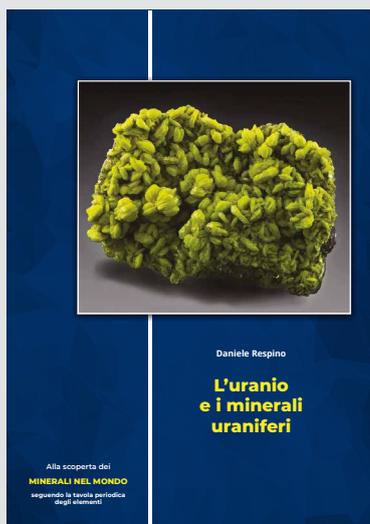
## Alla scoperta dei Minerali nel mondo segundo la tavola periodica degli elementi

**Già disponibili  
o in corso di pubblicazione:**

- L'uranio e i minerali uraniferi.
- I minerali di manganese.

**Altre pubblicazioni previste  
nella stessa "collana" (\*)**

- Il titanio e i suoi minerali
- I metalli nobili (oro, argento, platino, palladio...)
- I minerali di cobalto e nichel
- I metalli di uso comune (ferro, rame, zinco) e i loro principali minerali
- I post-metalli di transizione (stagno, piombo, bismuto...)
- ...



A cura di **Daniele Respino**, lo stesso autore di "Minerali d'Italia": una collana di libri monografici che passano in rassegna gli elementi chimici più interessanti della tavola periodica di Mendeleev (principalmente i metalli o gruppi di elementi con elevata affinità) presentandone la mineralogia relativa, classe dopo classe, con una ampia descrizione delle principali località e specie minerali e numerose fotografie di esemplari anche della stessa specie ma provenienti da località diverse. Un approccio alla mineralogia amatoriale moderno e innovativo.

(\*) - Elenco non esaustivo e non definitivo relativamente ai titoli degli argomenti trattati e alla sequenza di pubblicazione.

Per informazioni: [daniele.respino@gmail.com](mailto:daniele.respino@gmail.com)

# CONGRESSO CONGIUNTO SGI-SIMP 2022

<https://geoscienze.org/torino2022/index.php>

**S**abato 24 settembre si è conclusa l'escursione *post-* congresso in Sardegna e con questa tutte le attività legate al congresso Congiunto SGI-SIMP 2022 (91° congresso della SGI e 95° congresso della SIMP) iniziate già venerdì 16 settembre con i tre giorni centrali del congresso il 19, 20 e 21 settembre, che si è svolto presso il polo didattico di Torino esposizioni dell'Università di Torino e del padiglione 3 del Comune di Torino.

Il congresso è stato inaugurato dai due Presidenti del Congresso (Prof. Rodolfo Carosi e Prof. Daniele Castelli) e dai Presidenti delle due

Società SGI e SIMP (Prof. Sandro Conticelli e Prof. Francesco Princivalle), alla presenza del Prof. Stefano Geuna ( Rettore dell'Università di Torino), del Prof. Stefano Lo Russo (Sindaco di Torino), del Dott. Ugo De la Pierre (Presidente Ordine dei Geologi Piemonte), del Dott. Arcangelo Violo (Presidente Consiglio Naz. dei Geologi), del Prof. Fausto Ferraccioli (Delegato Presidente OGS), del Dott. Fabio Trincardi (Delegato presidente CNR), del Dott. Stefano Laporta (Presidente ISPRA) e Dott.ssa Maria Siclari (Direttore Generale ISPRA), della Dott.ssa Lucia Luzi (Delegato Presidente INGV) e della Dott.ssa Giovanna Armiento (Delegato Presidente ENEA). La cerimonia di apertura è stata preceduta da un minuto di silenzio in ricordo delle vittime dell'alluvione avvenuta nelle Marche.

È seguita una Tavola Rotonda sul tema centrale del congresso: "il ruolo delle Geoscienze per un futuro sostenibile", coordinata dalla giornalista Desirè Klein alla quale hanno preso parte il Prof. Ruggiero Quarto (Senatore della Repubblica), il Dott. Aldo Napolitano (Direttore dell'esplorazione di ENI), la Dott.ssa Paola Bortolon (Presidente ANISN), il Dott. Stefano La Porta (Presidente ISPRA), il Prof. Massimo Tiepolo (Presidente Coll.Geo) e i Proff. Sandro Conticelli (Presidente SGI) e Francesco Princivalle (Presidente SIMP). La tavola rotonda è stata l'occasione per discutere e riflettere sul ruolo delle Geoscienze per un futuro maggiormente sostenibile della società e del pianeta, sulla funzione che esse devono assumere nella formazione del cittadino, nella politica energetica, nella protezione dai rischi naturali e nella salvaguardia del patrimonio naturale e culturale che fanno dell'Italia un luogo unico e meraviglioso. Non ci può essere futuro in una società avanzata e moderna senza sviluppo e trasmissione della conoscenza, senza consapevolezza e memoria del patrimonio naturale e culturale che la contraddistinguono, senza adeguata



Entrata expo.

valutazione, prevenzione e protezione dai rischi naturali. È stato infine affrontato il tema della crisi degli immatricolati nei corsi di laurea di geologia che rischia di ritorcersi in modo negativo nella società nel futuro prossimo e sul ruolo marginale, se non quasi del tutto assente, che le geoscienze hanno nelle scuole superiori.

Sono state giornate intense di attività con 50 sessioni scientifiche che prevedevamo sessioni orali (circa 550) e *posters* (quasi 600 con circa 200 *posters* esposti ogni giorno) che hanno incluse *key-notes*, relazioni ad invito e comunicazioni orali. Abbiamo constatato, con positiva sorpresa, che tutte le aule erano piene di persone interessate e ricche di dibattiti scientifici. Le 50 sessioni hanno spaziato all'interno delle più grandi tematiche: *Geochemistry*, *Geodesy*, *Geodynamics*, *Geomorphology*, *Industrial application*,



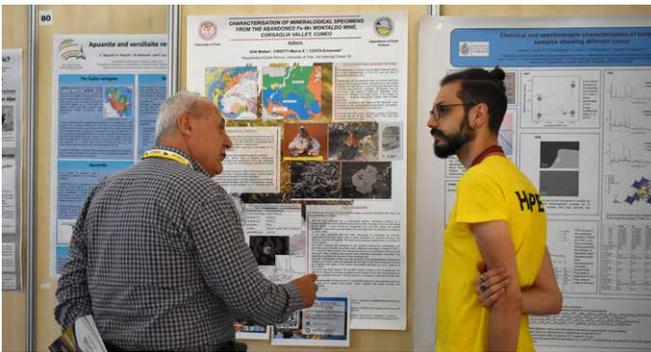
Tavola rotonda.



Tavola rotonda.



Stand Sponsor



Poster session.

*Mineralogy, Natural Hazards and risks, Outreach and education, Palaeontology, Petrology, Planetary Sciences, Seismology, Stratigraphy and Sedimentology, Sustainability, Tectonics and Structural Geology, Volcanology.*

Questo congresso si è caratterizzato per una partecipazione straordinaria, con ben oltre 1100 iscritti e quasi 800-850 presenze giornaliere. Si tratta del congresso più partecipato fino ad oggi realizzato nell'ambito delle Geoscienze in Italia, che ha superato i numeri già molto alti dei congressi di Napoli 2016 e Catania 2018 e dei molto ben popolati congressi passati della FIST-Geitalia. La voglia di tornare in presenza dopo quasi tre anni di attività *online* ha prevalso e dato vita ad un congresso molto ricco dal punto di vista scientifico e in termini di partecipazione. L'altra novità di questo congresso è stata la larga partecipazione di giovani sia

come organizzatori di sessioni sia come partecipanti alle sessioni stesse. Ricordiamo inoltre il *PhD day* di domenica 18 settembre organizzato dai dottorandi per i dottorandi. La SGI, la SIMP la IAS e il Tectask (IUGS) hanno in totale provveduto a fornire circa 50 *grants* destinati esclusivamente alla partecipazione di giovani geoscienziati. Per la prima volta dopo moltissimi anni sono tornate a vivere anche le escursioni geologiche *pre- e post-*congresso. Le assemblee dei soci SGI e SIMP sono state anche l'occasione per premiare di persona numerosi geo-scienziati (di cui moltissimi giovani) vincitori di numerosi premi della SGI e della SIMP. I momenti centrali delle tre giornate del congresso hanno dato spazio a *plenary lecturers* che hanno spaziato dal Paleoclima del mediterraneo (Prof. Giovanni Zanchetta), alle Georisorse (Prof. Richard Herrington) fino alle energie rinnovabili (Dott.ssa Francesca Salvi). Per permettere a tutti gli interessati di assistere alle comunicazioni plenarie abbiamo collegato in *streaming* le due aule più grandi del polo didattico di Torino esposizioni (quasi 500 posti).

Il congresso ha avuto un grande e inaspettato successo e questo da un lato ha portato alcune difficoltà logistiche ma dall'altro è stato un evento di successo per la comunità geologica.

La cena sociale si è svolta a buffet in un contesto d'eccezione e molto suggestivo: lo statuario del Museo Egizio di Torino, preceduta da una visita guidata al museo.

Infine, Il Congresso congiunto della Società Geologica Italiana e della Società Italiana di Mineralogia e Petrologia sostiene l'ambiente e la natura e partecipa al progetto di piantumazione, adozione, cura e crescita di alberi per compensare le emissioni di CO<sub>2</sub>.

Il ringraziamento va al Comitato Scientifico, al Comitato Organizzatore, all'Università di Torino, al Dipartimento di Scienze della Terra di UniTO, al Comune di Torino, ai Presidenti e alle segreterie delle due società SGI e SIMP, alla segreteria del congresso, a tutti i giovani *helpers* (oltre 42 studenti e dottorandi), alla società *The Others* che ha curato l'allestimento del padiglione 3 (di quasi 4000 mq che è stato fondamentale per poter accogliere i numerosi partecipanti, i *posters*, il servizio di *catering* e gli *sponsor*) e le molte persone che si sono prodigate senza risparmiare energie e fantasia per questo importante evento e a tutta la comunità geologica, attore indispensabile, che con la propria piena partecipazione ha dato vita a questo congresso congiunto, un grande successo della comunità geologica stessa.



# PREDAZZO (TN), SCUOLA ESTIVA RILEVAMENTO CARG

*Seconda edizione:  
tiriamo le somme con  
qualche riflessione*

**S**i è tenuta a Predazzo, finalmente interamente in presenza, la seconda edizione della Scuola estiva di Rilevamento CARG, organizzata da SGI – Divisione Cartografia Geologica e ISPRA - Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia. Alla scuola hanno partecipato 24 geologi (non i 25 previsti: il Covid ha colpito ancora) selezionati tra la rosa di candidati. La pattuglia dei docenti, nutrita grazie alla disponibilità di docenti universitari (Padova, Ferrara, Milano Statale, Roma Sapienza), geologi di ISPRA, CNR, MUSE, Provincia Autonoma di Bolzano e liberi professionisti coinvolti nel Progetto CARG, ha anch'essa dovuto fare i conti con il

virus, con la defezione in extremis di due esperti della zona. Le numerose domande e la partecipazione attenta degli iscritti hanno evidenziato come vi sia, soprattutto da parte della comunità geologica più giovane, un grande interesse verso la scuola estiva CARG, che propone la formazione di geologi rilevatori con un approccio professionalizzante e scientifico.

L'attenzione e le numerose domande di partecipazione suggeriscono alcune riflessioni sulla situazione del rilevamento geologico in Italia.

La formazione della figura del geologo rilevatore è stata purtroppo trascurata negli ultimi anni per una sventurata coincidenza di fattori esterni, che hanno rallentato la formazione di nuove generazioni di geologi rilevatori.

Il primo fattore importante è stata la sospensione, dal 2000 fino al 2019, dei finanziamenti al Progetto nazionale di CARTografia Geologica. Proprio grazie al Progetto CARG, era cresciuto, a partire dagli anni '90, un gruppo competente e relativamente numeroso di geologi rilevatori la cui professionalità però si è in larga parte dispersa con l'interruzione del finanziamento. Analogamente si è ridotto il personale dedicato al Progetto nelle regioni e Province autonome.

Il secondo fattore riguarda la formazione e la ricerca legate al rilevamento geologico nelle università. Il sempre maggiore peso dato agli indici bibliometrici nella valutazione individuale dei docenti universitari ha indirettamente reso poco "redditizia" la realizzazione di carte geologiche: il tempo dedicato a questa attività è enorme e i risultati spesso poco riconosciuti dalla comunità scientifica.

La combinazione di questi due fattori ha prodotto un vuoto generazionale durato quasi vent'anni: il finanziamento e rilancio del Progetto CARG hanno risvegliato nella comunità geologica nazionale la sensibilità verso l'importanza di coltivare le competenze dei geologi rilevatori per realizzare prodotti cartografici di qualità, la cui necessità per la gestione del territorio inizia ad essere compresa a livello politico.

La risposta soprattutto delle giovani generazioni alla possibilità di contribuire al progetto nazionale di cartografia geologica, con la sua complessità e trasversalità delle tematiche, conferma la necessità di una formazione specialistica del geologo rilevatore, l'unica figura professionale a possedere le competenze necessarie per la realizzazione di questi prodotti strategici per la gestione





Non ho grandi consigli da dare, mi è sembrato tutto ben organizzato, dall'attività sul campo alle lezioni dopo cena. Manterrei questo format per le future edizioni

Suggerirei più tempo per lavorare sulle carte geologiche, anche un giorno intero, per fare tutto con più tranquillità

Forse un giorno in più per avere tempo di vedere tutto il processo dal terreno al digitale?



Credo che un giorno di rilevamento in più potesse essere necessario

Le aree da rilevare sono state proporzionate al tempo dato (peccato per la pioggia), poco il tempo a disposizione per completare le carte

La strutturazione della scuola è funzionale, lascerei intatto questo tipo di organizzazione

Benissimo da parte di tutti i docenti, con molti consigli utili e preziosi sulla parte pratica di terreno, su come organizzarsi, su cosa focalizzarsi



Attività pratica ben strutturata per la presenza di esempi legati all'attività di campagna dei giorni precedenti

Probabilmente la parte dedicata alla digitalizzazione necessitava di più tempo, ma sono state date le linee guida principali, dalle quali partire per approfondimenti

Consiglierei ore di attività pratica da affiancare all'intervento sulla digitalizzazione

Ho imparato molto, anche grazie alle diverse figure professionali presenti. Ognuno si è prodigato, è stato molto formativo. Continuerei sempre su questa linea



Super chiaro ed esaustivo

L'inquadramento generale è stato fondamentale. Se fosse possibile spiegare come funziona l'assegnazione dei fogli sarebbe perfetto

È stato molto utile perché non ero a conoscenza di diversi aspetti che in questo modo sono riuscito a conoscere

Ben organizzata e soprattutto ben gestita nonostante alcune importanti assenze dell'ultima ora

Alcuni scatti raccolti durante le attività, all'aria aperta ed al Museo di Predazzo, della Scuola estiva, con alcuni dei commenti lasciati dai partecipanti nei questionari compilati al termine dell'esperienza.

corretta di un territorio vulnerabile come quello del nostro paese. La seconda edizione della scuola ha potuto beneficiare delle indicazioni emerse lo scorso anno: le attività previste simulano tutti i passaggi principali della produzione di una carta geologica CARG, dall'acquisizione dei principi metodologici, degli *standard* e di tipologia di dati da raccogliere, al rilevamento di terreno, fino all'informatizzazione.

La scuola ha beneficiato quest'anno della collaborazione del MUSE, che ha concesso l'uso dei funzionali spazi del Museo di Predazzo per le attività in aula: la visita guidata del Museo ha poi aggiunto aspetti storici e sociali alla geologia dell'area dolomitica, investigata durante i giorni di rilevamento.

Dopo due giorni di inquadramento delle tematiche della zona, i partecipanti sono stati suddivisi in piccoli gruppi a cui è stato assegnato il rilevamento di aree confinanti: i docenti, esperti di diverse discipline e con esperienza di rilevamento e conoscenza degli standard CARG, si sono alternati nei gruppi per consentire ai partecipanti di confrontare approcci diversi alla raccolta dei dati e alla rappresentazione degli elementi geologici. I gruppi hanno poi collaborato nella complessa operazione di congiungimento degli elaborati in un'unica carta geologica.

Grazie ai questionari distribuiti ai partecipanti, con la seconda edizione della scuola l'organizzazione logistica e le modalità

formative iniziano a prendere una forma definitiva. Le criticità emerse sono i tempi molto serrati e la richiesta di maggiore spazio per esercizi di digitalizzazione, che implicherebbe una durata maggiore della Scuola: queste richieste però si scontrano con la volontà di contenere i costi di iscrizione. La sostenibilità economica della scuola, essenziale per consentire la massima partecipazione di giovani, è garantita dalla copertura autonoma delle spese dei docenti e dal contributo di SGI, che ha messo a disposizione della scuola fondi del Ministero della Cultura.

I positivi riscontri delle prime due edizioni sono lo stimolo per organizzare l'edizione 2023, in una località da definire anche in funzione della disponibilità volontaria di docenti pronti a condividere le loro competenze con giovani rilevatori.

La scuola vuole contribuire alla formazione di una nuova generazione di geologi rilevatori, necessaria non solo per la sua valenza culturale ma anche per la realizzazione dei numerosi fogli CARG (più di 60) che, grazie agli ultimi finanziamenti, sono stati avviati o sono in fase di partenza.

Come avvenuto negli ultimi due anni, le indicazioni per la partecipazione alla prossima edizione della scuola verranno pubblicate sul sito di SGI.

Allora arriverci al prossimo anno, data e luogo da definire a breve!



# Autori Piero Gianolla<sup>1</sup>, Cristina Muraro<sup>2</sup>, Antonino Briguglio<sup>3</sup>, Luca Capraro<sup>4</sup>, Luca Giusberti<sup>4</sup>, Patrizia Maiorano<sup>5</sup> e Luigi Spalluto<sup>5</sup>

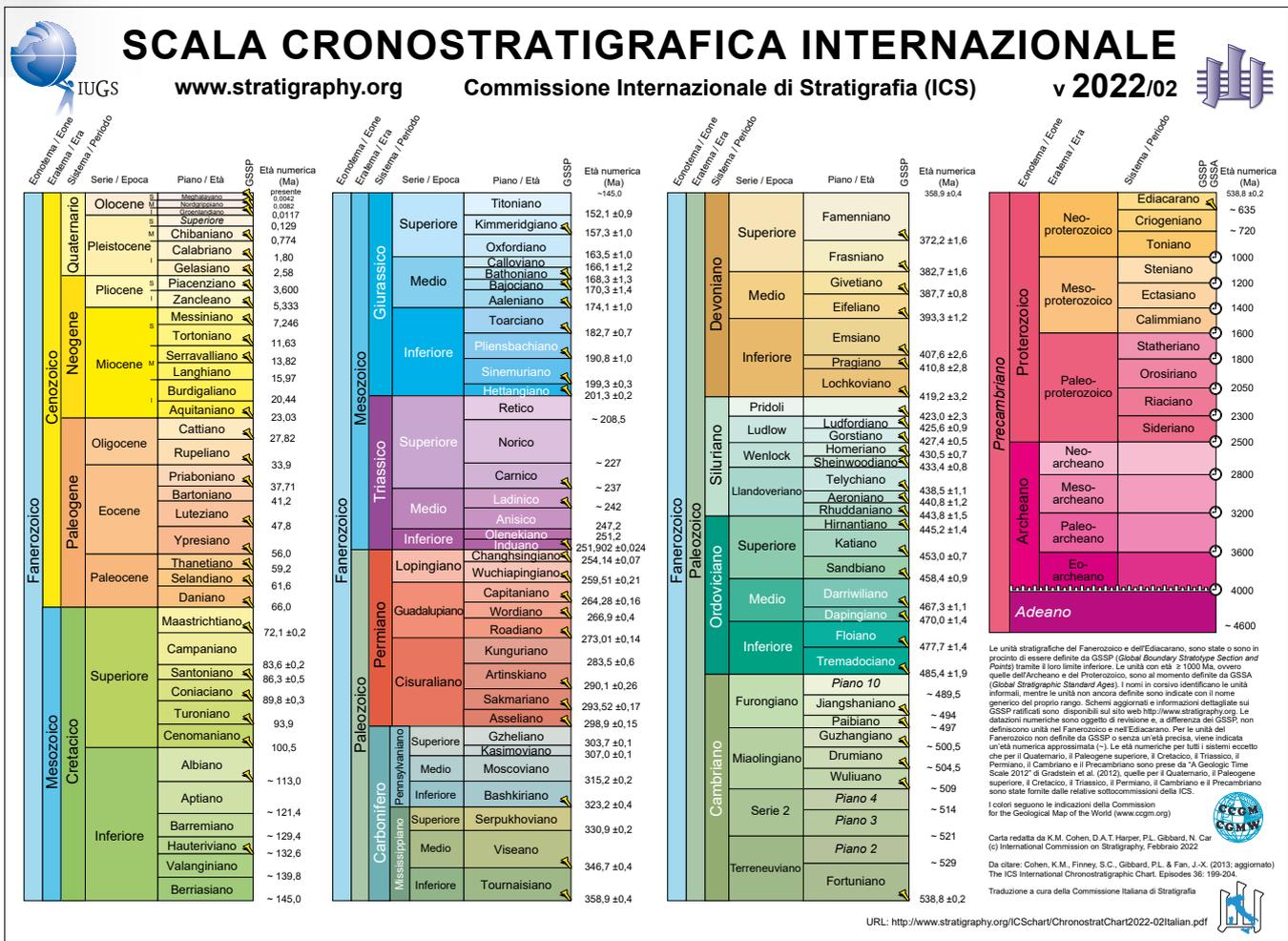
1- Dipartimento di Fisica e Scienze della Terra, Università di Ferrara.  
2- Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia-ISPRA.  
3- Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e della Vita, Università di Genova.

4 - Dipartimento di Geoscienze, Università di Padova.  
5 - Dipartimento di Scienze della Terra e Geambientali, Università di Bari.

## LA SCALA CRONOSTRATIGRAFICA INTERNAZIONALE

Autunno del 2021 si è insediata la nuova Commissione Italiana di Stratigrafia (CIS). La CIS è espressione di tre società scientifiche (AIQUA, SGI e SPI) e di ISPRA e rappresenta un luogo di confronto su tematiche stratigrafiche nazionali e internazionali. La CIS ha lo scopo di coordinare le attività italiane in campo stratigrafico con particolare riguardo alla definizione delle unità cronostratigrafiche e dei *Global Boundary Stratotype Section and Points (GSSP)* potenzialmente definibili in Italia. La

CIS vuole essere parte attiva nella soluzione di problematiche stratigrafiche in supporto anche alla cartografia geologica nazionale realizzata dal Servizio Geologico d'Italia (ISPRA). Nel 2022 la CIS ha aggiornato la scala cronostratigrafica in uso, traducendo la più recente versione della *International Chronostratigraphic Chart* prodotta dalla *International Commission on Stratigraphy*. La scala cronostratigrafica è il quadro di riferimento per decifrare, comprendere e mettere in ordine la lunga e complessa storia del pianeta Terra. Ordinare i processi fisici, chimici e biologici che hanno agito sul nostro pianeta richiede un sistema di riferimento temporale dettagliato e accurato. La scala dei tempi è quindi



Scala Cronostratigrafica Internazionale, in italiano, consultabile online sul sito della ICS (<https://stratigraphy.org/chart>).



Piano	Località	Ratifica	Riferimento bibliografico	
1	Calabriano	Vrica (KR)	Ratificato nel 1985 come base del Pleistocene Ratificato nel 2011 come base del Calabriano	Episodes 1985; 8:116-120; Episodes 2012; 35: 388-397
2	Gelasiano	Monte San Nicola (CL)	Ratificato nel 1996 come base del Gelasiano; Ratificato nel 2009 come base del Pleistocene e Quaternario	Episodes 1998; 21: 82-87; Episodes 2010; 33: 152-158, Quaternary Sci. 2019; 500: 32-51
3	Piacenziano	Punta Piccola (AG)	Ratificato nel 1997	Episodes 1998; 21: 88-93
4	Zancleano	Eraclea Minoa (AG)	Ratificato nel 2000	Episodes 2000; 23: 179-187
5	Tortoniano	Spiaggia Monte dei Corvi (AN)	Ratificato nel 2003	Episodes 2005; 28: 6-17
6	Langhiano	Spiaggia della Vedova (AN)	Proposto	
7	Aquitaniiano	Lemme-Carrioso (AL)	Ratificato nel 1996	Episodes 1997; 20: 23-28
8	Cattiano	Monte Cagnero (PU)	Ratificato nel 2016	Episodes 2020; 41 (1): 17-32.
9	Rupeliano	Massignano (AN)	Ratificato nel 1992	Episodes 2001; 16: 379-382
10	Priaboniano	Alano di Piave (BL)	Ratificato nel 2020	Episodes 2021; 44(2): 151-173
11	Bartoniano	Sezione della Contessa (PG)	Candidato	
12	Aptiano	Gorgo a Cerbara (PU)	Candidato	
13	Titoniano	Fornazzo (TP)	Candidato	
14	Retico	Pignola-Abriola (PZ)	Proposto	
15	Norico	Pizzo Mondello (AG)	Candidato	
16	Carnico	Prati di Stuares (BL)	Ratificato nel 2008	Episodes 2012; 35: 414-430
17	Ladinico	Bagolino (BS)	Ratificato nel 2005	Episodes 2005; 28: 233-244

Elenco dei GSSP ratificati, candidati e proposti individuati sul territorio italiano.

uno degli strumenti per eccellenza del geologo: è sempre in aggiornamento e si modifica anno dopo anno in funzione del miglioramento delle nostre conoscenze sulla storia geologica della Terra e dei metodi di calibrazione che permettono una sempre più grande risoluzione del *Deep Time*. La precedente scala era stata presentata nel 1992 dall'allora CIS all'interno di quel progetto di rinnovamento delle procedure geologiche associate alle attività di rilevamento della nuova Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 (Quaderni, serie III, n. 1). A trent'anni dalla pubblicazione di quella scala viene qui presentata la versione aggiornata e tradotta della Scala Cronostratigrafica Internazionale. La traduzione proposta segue in gran parte le indicazioni della Guida Italiana alla Classificazione e alla Terminologia Stratigrafica (Quaderni, serie III, n. 9) non trascurando anche l'uso consolidato

dei nomi. Per alcuni termini la discussione è stata accesa, come nella scelta tra *Chattiano* e *Cattiano* e in particolare, tra Cretaceo e Cretacico che sono utilizzati e utilizzabili in modo equivalente e alternativo dalla comunità scientifica. Nel primo caso la scelta è ricaduta per *Cattiano* (pron. *kat'tjano*) in riferimento al popolo germanico dei Catti (Chatten in tedesco, ma pronunciato *'katə*); mentre nel secondo caso, più complesso e di difficile assegnazione, ha prevalso l'assonanza rispetto agli altri Sistemi/Periodi del Mesozoico e il consolidato utilizzo nella cartografia ufficiale. Per la scelta finale, la CIS si è avvalsa della consulenza dei membri delle Commissioni e Sottocommissioni internazionali della ICS, composte da diversi ricercatori italiani. La decisione finale rappresenta quindi una proposta operativa per l'utilizzo futuro dei termini nei testi ufficiali in lingua italiana.

# I VINCITORI DEI PREMI SGI 2022



**P**remiati a Torino i vincitori di nove premi della Società Geologica Italiana. Alta qualità e rigore della ricerca, multidisciplinarietà e interdisciplinarietà,

acquisizione di dati sul terreno, approcci metodologici innovativi e d'avanguardia, collaborazione con gruppi di ricerca nazionali e internazionali sono le parole ricorrenti nelle motivazioni formulate dalle commissioni giudicatrici che hanno lavorato per la valutazione delle candidature.

Sono stati proclamati vincitori: Giulia Tartaglia per il Premio Quintino Sella Migliore tesi di Dottorato con la tesi *"Integrated Study of the Tectonic Evolution of the mid-Norwegian Passive Margin"*, Daniele Musumeci per il Premio Quintino Sella *for the History of Geosciences in honor of Nicoletta Morello and Bruno Accordi* con l'articolo *"Rittmann's heritage: A philosophical approach for current research"* di Musumeci et al., GSA Sp. Paper 553 (2022), Davide Dana per il Premio Emilio Cortese - *best geological map* nella categoria *undergraduate* con la carta dal titolo *"Carta geologico-strutturale del Massiccio de Chambeyron - Denti di Maniglia (Francia, Italia)"*, Andrea Columbu per il Premio Dal Piazz grazie ai suoi studi rivolti all'identificazione e all'utilizzo di *proxy* geochimici a carattere mineralogico, petrografico e sedimentologico ricavabili da depositi carbonatici, e finalizzati a ricostruzioni paleoclimatiche del Quaternario recente, Andrea Zerboni per il Premio Marco Beltrando riconosciuto per la sua eccellente e intensa attività di ricerca nell'ambito della geomorfologia, geoarcheologia e paleoclimatologia, Vincenzo Sapia per il Premio Ricerca applicata allo studio delle pericolosità geologiche grazie al contributo dato dalle sue ricerche alla comprensione e alla prevenzione delle pericolosità geologiche. Eleonora Sessa, Fabio Bona & Lucia Angiolini hanno ricevuto il Premio Franchi per il miglior lavoro pubblicato nel 2021 sulle riviste della Società Geologica Italiana con l'articolo *"Frost action and human occupation during the Late Pleistocene in the Southern*

*Alps: micromorphological evidences from the Caverna Generosa cave"* pubblicato su *Italian Journal of Geosciences*, 140(2).

Infine sono stati assegnati i premi Società Geologica Italiana sostenuti dal contributo delle Sezioni: Alessandro Mancini & Enrico Capezzuoli vincitori del Premio Miglior guida all'escursione – Geologia del sedimentario (GEOSED) con la guida *"Travertine depositional systems of Central Italy: Rapolano Terme and the Acque Albule Basin. An overview of geometries and lithofacies associations from spring to distal part of the depositional setting"*, Luca Paoletta vincitore del Premio Simone Frigerio (GIT) con la presentazione *"Digitalizzazione del metodo osservazionale per lo scavo meccanizzato di gallerie urbane attraverso reti neurali artificiali: la linea 4 della metropolitana di Budapest"*.

## Premio Quintino Sella per la Didattica delle Scienze della Terra PARTECIPA ALL'EDIZIONE 2023

La Società Geologica Italiana ha istituito il premio annuale "Quintino Sella per la Didattica delle Scienze della Terra" rivolto alle classi della Scuola Primaria, di istituzioni scolastiche sia statali che paritarie presenti sul territorio italiano, con l'obiettivo di promuovere la conoscenza del nostro pianeta attraverso la proposta di percorsi didattici e formativi dedicati nella convinzione che la conoscenza del Pianeta che ci ospita e la curiosità verso i meccanismi che lo governano siano i primi fondamentali passi per la formazione di cittadini consapevoli e sensibili ai temi ambientali e dello Sviluppo Sostenibile, come i cambiamenti climatici, il corretto utilizzo delle risorse, la riduzione degli sprechi, l'attenzione all'impatto delle nostre attività sull'ecosistema. Il Premio vuole creare l'opportunità di stimolare la curiosità dei più giovani verso fenomeni geologici apparentemente complessi per aiutarli a cercare la spiegazione di quello che vedono succedere intorno a loro e a metterlo in relazione con la loro vita quotidiana. Gli elaborati didattici dovranno riguardare quindi gli aspetti delle Scienze della Terra, quali ad esempio suolo, aria, acqua, rocce, vulcani, terremoti, connessi alle applicazioni pratiche, alla vita quotidiana, ai rischi, ai problemi ambientali, con auspicabile riferimento alla realtà territoriale della scuola e agli Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile definiti dalle Nazioni Unite nell'Agenda 2030: programma di azione per le persone, il pianeta e la prosperità, sottoscritto nel settembre 2015 dai governi dei 193 Paesi membri dell'ONU.

Il Premio in memoria del Socio Fondatore Quintino Sella, grazie al contributo della Banca Sella, consiste in un buono del valore di € 1.000 per l'acquisto di strumentazione e materiale didattico-tecnico-scientifico da concordare in base alle necessità della scuola vincitrice.



**IL REGOLAMENTO  
DEL PREMIO**

La scadenza per la sottomissione delle candidature da parte delle scuole è il 30 maggio 2023.

# NUNTIUM

## de Lapidibus

**Autore** Massimo Coli

Dip. Scienze della Terra. Università di Firenze.

### Heritage stones, Building stones and Stone buildings news

#### Carpenteria litica



Fig. 1 - Vista satellitare della regione dell'Hawrān tra Siria e Giordania.

Questa estate sono stato in Alto Adige/Sud Tirolo dove ho avuto modo di apprezzare ancora una volta l'esperienza nell'uso del legno per la costruzione di malghe, case, fienili, ed altro. Lì, il legno rappresenta il più abbondante e di facile reperimento materiale da costruzione, e relega la pietra al ruolo di fondazioni e basamento per gli elevati in legno, con un uso esperto della carpenteria per il montaggio e l'assemblaggio di strutture portanti, pareti, solai, coperture.

L'uso al meglio delle risorse locali per costruire, in un contesto di risparmio, compatibilità e sostenibilità, è un classico in ogni parte del mondo e nei tempi passati, prima dell'avvento dell'onnipresente calcestruzzo, ormai dominate ovunque. Per paragone, mi è venuta a mente la situazione che, con il collega architetto Luigi Marino, abbiamo studiato nell'altopiano dell'Hawrān tra Siria e Giordania (Fig.1), e che vi voglio presentare.

L'Hawrān è un altopiano basaltico ad altitudini comprese tra i 400 e gli 800 m, che forma il massiccio del Jebel Druz, compreso approssimativamente da Damasco ad Amman. La presenza dell'altopiano è dovuta alle effusioni basaltiche legate alla risalita dei magmi lungo il sistema di faglie di trasferimento che collega la trasformata attiva del Mar Morto con il fronte alpino anatolico e spinge l'Arabia verso nord. Le effusioni di basalto iniziarono nel Miocene e si conclusero nel Pliocene (circa 3-2 Ma); le colate basaltiche sono di tipo fessurale, con espansione laterale su ampie superfici e pochi metri di spessore, anche sovrapposte. In base alla struttura delle colate laviche si possono distinguere tre tipologie di basalto che corrispondono,



Fig. 2 - In alto: muro in blocchi residuali di basalto solo regolarizzati all'esterno; in basso: muro in regolari conci di basalto regolarizzati a facciavista.

sulla base di test speditivi effettuati in situ, a differenti proprietà fisico-meccaniche (Tab.1):

- a) basalti massicci nel corpo delle colate;
- b) basalti a tetto delle colate con vacuoli degassati ed anche con fessurazione colonnare;
- c) scorie spugnose rossastre alla sommità delle colate.

L'intera area è in gran parte desertica e con vegetazione arbustiva bassa e mancanza di alberi di alto fusto in grado di fornire legname per l'edilizia; pertanto, il basalto è l'unico materiale da costruzione disponibile e adatto alle opere militari del Limes Arabicus per la sua resistenza e sicurezza. Questo ha comportato lo sviluppo di una architettura "all stone" di origine nabatea-romana, ma sviluppata soprattutto in epoca bizantina, che rappresenta un inusuale esempio di utilizzo delle risorse lapidee locali nelle costruzioni. La quasi totale mancanza di legname ha suggerito un sapiente sfruttamento del basalto, materiale di cui tutta la regione è ricca. Questo è stato utilizzato per le strutture murarie con soluzioni di grande interesse (scale a forte aggetto, aperture con sistemi di scarico efficaci ed eleganti, archi-

Tipologia	Peso di volume	Resistenza a compressione monoassiale
a - massivo	$\gamma \approx 3 \text{ t/m}^3$	UCS $\approx 180 \text{ MPa}$
b - degassato	$\gamma \approx 2,9 \text{ t/m}^3$	UCS $\approx 160 \text{ MPa}$
c - scorie	$\gamma \approx 1,2 \text{ t/m}^3$	UCS $\approx 20 \text{ MPa}$

Tab. 1 - Proprietà fisico-meccaniche delle varie tipologie di basalto.

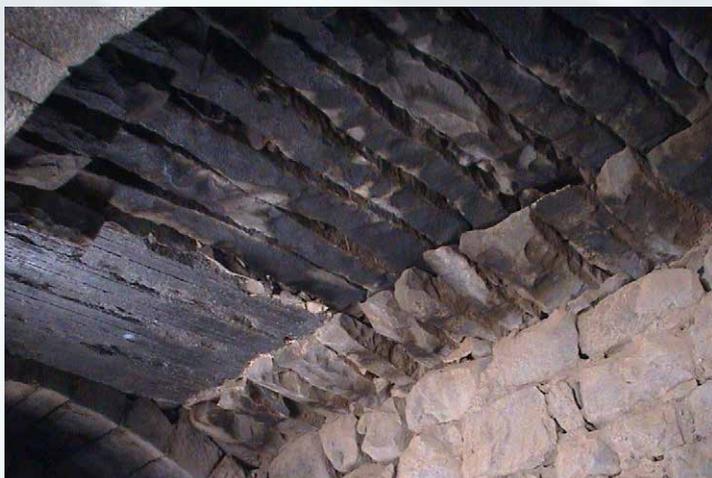


Fig. 3 - Esempio di solaio e tetto in carpenteria litica a mensole e travi di basalto.

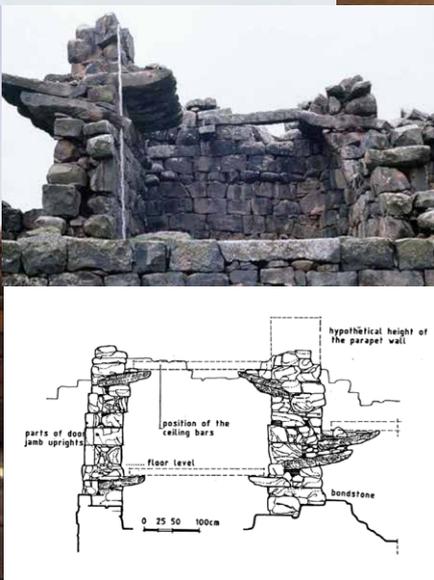


Fig. 4 - Mensole di rinforzo della muratura e di sostegno dei solai in travi di basalto.

parete...) ma anche per realizzare singolari carpenterie (orditura principale, secondaria e impalcati) tutte di pietra appoggiate a mensole incastrate nelle murature a secco (Fig. 2-5). I solai di piano e di copertura sono realizzati con barre di basalto lunghe fino a oltre 2 m che, sfruttando gli aggetti delle mensole (singole o doppie sovrapposte) rastremate verso la estremità anteriore, riescono a coprire vani di oltre 3 m. Talvolta le mensole sono costituite da elementi semplicemente sbazzati e sagomate a guscio diritto o a gola rovescia opportunamente sovrapposti e sfalsati nel senso della lunghezza. La mensola inferiore solitamente svolge anche la funzione di diacrono, collegando le due facce del muro. Le travi lapidee sono solitamente appoggiate alle mensole senza essere incastrate nella compagine muraria, spesso gli appoggi si riducono a una decina di cm creando sollecitazioni concentrate che, però, non sembra abbiano causato inconvenienti. Il basalto risulta essere usato in diverse situazioni estrattive-lavorative:

1. blocchi residuali sub-sferici ben arrotondati, del tipo sia a che b, presenti sulla superficie topografica naturale, appena regolarizzati sul lato esterno di costruzione; derivanti da una coltivazione di "cava atipica", o provenienti dai primi livelli di roccia basaltica in posto fortemente alterata in forme sferoidali lungo le fratture naturali per progressiva argillificazione.
2. Blocchi tronco-piramidali, del tipo sia a che b, messi in opera con la superficie esterna regolarizzata e in molti casi resa a "faccia vista"; questi blocchi derivano da coltivazione razionale in profondità (pochi metri) delle colate basaltiche ancora sane, sfruttando comunque anche le superfici di frattura esistenti.
3. Lastre e travi, preferenzialmente del tipo a, usate sia come mensole e scalini aggettanti, che come elementi a trave per l'intelaiatura dei solai, oppure come soglie, stipiti

Fig. 5 - Esempio di archi rompi-tratta con mensole reggi-travi per aumentare la luce della tratta.

e architravi, archi ed anche come porte; questi elementi sono rifiniti a faccia vista solo sui lati a vista degli elementi architettonici (scalini, stipiti, architravi, soglie, archi, ...), da notare che le porte in basalto massivo ancora funzionano e chiudono bene!

4. Spezzoni di scorie spugnose usati come aggregati nel calcestruzzo delle volte per alleggerirlo.

Nel complesso si rileva un uso razionale e cosciente dei materiali lapidei presenti, raccolti, scavati ed usati al meglio delle loro prestazioni, con ottimizzazione degli sforzi nel reperimento ed uso dei materiali, e con tendenza alla standardizzazione delle forme dei blocchi e della loro modalità di uso in opera.

Grazie per l'attenzione ed alla prossima.

*Credits: tutte le foto sono di Massimo Coli, disegno di Luigi Marino.*

# INCONTRA gli Autori

## 1. IRENE CORNACCHIA

Irene Cornacchia ha compiuto i suoi studi presso l'Università Sapienza di Roma, dove nel 2018 ha conseguito il dottorato di ricerca in Scienze della Terra con una tesi intitolata: "The impact of isotopic events on the Central Mediterranean carbonate successions between late Eocene and Miocene". Dopo un anno di postdoc presso il GeoZentrum NordBayern della Friedrich-Alexander University di Erlangen (Germania), da novembre 2019 Irene è una ricercatrice dell'Istituto di Geoscienze e Georisorse (IGG-CNR). Il principale interesse di ricerca di Irene è lo studio dell'evoluzione dei sistemi carbonatici di piattaforma dell'area Mediterranea durante il Cenozoico, studio che porta avanti con un approccio multidisciplinare che combina l'analisi di facies e microfacies alla geochimica isotopica.



## 2. FULVIO FRANCHI

Fulvio Franchi ha ottenuto un dottorato in Scienze della Terra all'Università di Bologna con una tesi riguardante il potenziale astrobiologico di alcune formazioni carbonatiche nel Sahara marocchino. Dopo un breve periodo come assegnista al CNR-ISMAR di Bologna Fulvio si è trasferito in Botswana alla Botswana International University of Science and Technology dove ora ricopre la posizione di Professore Associato in sedimentologia. In Botswana Fulvio ha fondato il gruppo di ricerca in Science Planetarie e coordina le attività nell'analogo planetario del Makgadikgadi Pan, parte del Transnational Access di Europlanet 2024 Research Infrastructure. Fulvio è il coordinatore del progetto Pan Africa Planetary and Space Science Network finanziato dal programma Intra-Africa dell'Unione Europea.



## 3. STEFANO FURLANI

Stefano Furlani si è laureato in Scienze Geologiche ed ha ottenuto il dottorato di ricerca all'Università di Trieste, dove è attualmente Professore Associato di Geografia Fisica e Geomorfologia. Le sue principali attività di ricerca riguardano lo studio della genesi e dell'evoluzione morfologica delle coste rocciose nel Mediterraneo mediante approcci tradizionali e con l'utilizzo di strumentazione progettata ad hoc. Si occupa inoltre dello studio dei processi e dei tassi di erosione costiera. Ha coordinato progetti di ricerca sulle variazioni del livello del mare e sulla cartografia geomorfologica. Attualmente coordina il programma Geoswim, che ha come obiettivo il rilevamento a nuoto delle coste rocciose del Mediterraneo. È membro del Comitato Editoriale di riviste scientifiche ed è stato nel Consiglio di Presidenza di Associazioni di settore.



## 4. MATTEO FABBRI

Matteo Fabbri è un Postdoctoral Fellow al Negaunee Integrative Research Center, Field Museum of Natural History, Chicago, IL, USA. La sua educazione è iniziata al Dipartimento di Scienze della Terra a Firenze dove ha ottenuto una laurea triennale con specializzazione sull'origine del gruppo di rettili marini chiamato Plesiosauria. Dopo aver ottenuto un master in paleobiologia alla University of Bristol, Matteo Fabbri ha conseguito il dottorato al Department of Earth & Planetary Science, Yale University, negli USA. La sua ricerca si occupa della transizione da dinosauri non aviani ad uccelli ed utilizza sia il record fossile che serie embriologiche di rettili ed uccelli moderni per risolvere le trasformazioni morfologiche che hanno caratterizzato questo evento evolutivo.



## 5. STEFANO DOMINICI

Stefano Dominici ha conseguito il Dottorato in Scienze della Terra all'Università di Parma, dove è stato allievo di Giuseppe Pelosio ed Emiliano Mutti. Si occupa di tassonomia di invertebrati fossili e paleobiologia stratigrafica del Cenozoico europeo. Ha curato volumi speciali e pubblicato su riviste internazionali. Per le sue ricerche storiche si è occupato di interpretazione di paesaggio, rocce e fossili d'Italia attraverso i secoli, passando dalle cosmogonie medievali alla moderna geologia, con particolare attenzione al ruolo che hanno avuto Toscana, sua terra d'origine, e Veneto. Dal 2006 è curatore al Museo di Storia Naturale dell'Università di Firenze, dove studia e valorizza le collezioni geologiche e paleontologiche, evidenza concreta della storia del pianeta e patrimonio culturale utile a comprendere l'evoluzione del pensiero naturalistico.





**Autore Stefano Dominici**

Curatore Museo di Geologia e Paleontologia, Università di Firenze.



Fig. 1 - L'iscrizione di Giovanni Targioni Tozzetti (1712-1783) rivela che questo esemplare di roccia era appartenuto a Niccolò Gualtieri (1688-1744).

# UN MUSEO DI GEOLOGIA E PALEONTOLOGIA PER L'ITALIA

Correva il settembre 1861 e a Firenze si teneva la prima esposizione nazionale, l'Italia appena fatta. Una quindicina di colleghi provenienti dalle principali regioni, dopo giorni di discussione, votarono una risoluzione comune per la cartografia geologica del Regno. Quintino Sella cristallografo e deputato biellese, espressione del partito degli ingegneri minerari formati all'*École des mines*, ebbe la meglio su paleontologo lunigianese Igino Cocchi, del partito dei geologi formati in Toscana alla scuola di Giuseppe Meneghini. La direzione del rilevamento della carta geologica d'Italia sarebbe stata degli ingegneri, mentre ai geologi fu concesso di realizzare a Firenze una collezione paleontologica centrale. Oggi come allora, la conoscenza esatta dei fossili era strumento essenziale per la Carta Geologica d'Italia. La cartografia andò incontro a numerose peripezie e tardò a prendere il via, mentre la collezione centrale crebbe in maniera costante con esemplari inviati dalla penisola e dalle isole dai siciliani Giuseppe e Luigi Seguenza, i piemontesi Angelo Sismonda e Giovanni Michelotti, l'emiliano Giuseppe Scarabelli, per fare qualche esempio del 1862-1863. Negli anni di Firenze capitale Cocchi estendeva l'operazione acquistando fossili italiani ed europei.

La tradizione fiorentina di associare lo studio di rocce e fossili al collezionismo risale alla fine del Cinquecento, quando Francesco I e Ferdinando I de' Medici affiancarono minerali e petrefatti, ordinati dal botanico Andrea Cesalpino, alle ricche collezioni d'arte della Galleria granducale. Quelle collezioni attirarono l'attenzione di filosofi naturali come Niccolò Stenone, dando vita nel 1666-1669 ad un dibattito europeo sulla storia della terra, propiziando a Firenze nuove acquisizioni e la nascita di un museo. Nel Secolo dei Lumi Firenze ospitava le collezioni di Pier Antonio Micheli,

Niccolò Gualtieri e Giovanni Targioni Tozzetti (Fig. 1), naturalisti di fama europea. Un secolo dopo Stenone, il Real Museo di Storia Naturale si arricchiva a partire dal 1775 di altre preziose collezioni, come quella di Deodat de Dolomieu, mentre nella prima metà dell'ottocento gli scheletri di grandi vertebrati terrestri appartenenti a specie estinte furono oggetto dell'attenzione dei primi geologi moderni Georges Cuvier, Charles Lyell e Charles Darwin ("non meno di quaranta scheletri d'ippopotamo erano presenti a Firenze nel 1828", scriveva Lyell nei *Principles of Geology*). Nel 1808 il museo fu sede della cattedra di Zoologia e Mineralogia e nel 1838 rocce e fossili furono separati dalle altre collezioni naturalistiche, a testimoniare la nascita di una comunità nazionale di geologi interessati a ricostruire l'ordine delle formazioni rocciose. Alla terza riunione degli scienziati italiani, nel 1841, la sezione di Geologia, Mineralogia e Geografia presieduta da Angelo Sismonda stabilì che si sarebbero radunate a Firenze collezioni di confronto, utili a redigere una carta geologica sul modello di Francia e Inghilterra. Negli anni '40 giunsero così rocce e fossili da tutta Italia (Fig. 2), a preannunciare i più consistenti arrivi dei primi anni post-unitari.

Nuovi scavi e nuove acquisizioni del 1880-1889, da Valdarno e Val Di Magra, accrebbero le collezioni con resti di vertebrati terrestri che avrebbero gettato luce sull'evoluzione degli ecosistemi continentali del Pliocene e Pleistocene. Le collezioni furono trasferite nel 1890 da Palazzo Torrigiani ("La Specola") a Piazza San Marco (via La Pira), sotto la guida di Carlo De Stefani, successore di Antonio Stoppani alla cattedra di Geologia e Geografia Fisica e alla direzione dell'annesso museo, nonché maestro di una generazione di geologi che avrebbero viaggiato attraverso l'Italia e il



Fig. 2 - Catalogo (a) ed alcuni esemplari di rocce (b) inviati dai Fratelli Villa al museo in seguito alle indicazioni del III congresso degli scienziati, tenutosi a Firenze nel 1841.



Fig. 3 - Monografia paleontologica uscita nel 1934 ad opera di Michele Gortani (1883-1966) e Giovanni Merla (1906-1984) basata su alcuni dei fossili-raccolti nel 1913-1914 da Giotto Dainelli (1878-1968) e Olinto Marinelli (1874-1926) durante la spedizione De Filippi in Karakorum.



Fig. 4 - Completamento nel 1968 del montaggio di "Pietro", imponente esemplare di *Mammuthus meridionalis* (Nesti, 1825) scavato nel 1953 e oggi esposto al culmine della galleria dei vertebrati terrestri.

mondo. Imponenti ampliamenti furono così realizzati da Giotto Dainelli con l'Eocene di Friuli, Dalmazia e Bosnia e con rocce e fossili raccolti nelle spedizioni in Karakorum (Fig. 3) e in Africa orientale, Giuseppe Stefanini con quelle di Veneto, Friuli e Africa, Alessandro Martelli per il Montenegro, Carlo Ippolito Migliorini per Appennino e Grecia, Ardito Desio per l'Appennino. Sotto la direzione di Dainelli si completò il secondo piano dell'edificio che oggi ospita le collezioni geologiche e paleontologiche, inaugurato nel 1925. Con un'operazione costata un grande investimento economico e intellettuale, De Stefani e Dainelli portarono a compimento sistemazione e trascrizione di note manoscritte relative a ciascun reperto, disponendo le collezioni in ordine cronostatigrafico e geografico.

L'ultimo grande contributo all'edificazione dell'attuale museo si deve all'opera di Augusto Azzaroli, Professore di Paleontologia dal 1955 al 1992. Sotto la sua direzione sono stati infatti realizzati lo spazio espositivo e i depositi delle ricchissime e celebrate collezioni di vertebrati. La spettacolare esposizione inaugurata nel 1979 (Fig. 4), concepita con ordine cronostatigrafico e sistematico, è oggi molto amata dal pubblico di tutte le età. Tra i reperti di maggiore interesse troviamo il materiale tipo e lo scheletro articolato dell'umanoide miocenico *Oreopithecus bambolii* scavati in Toscana meridionale, rispettivamente nel 1862 e nel 1958. Nel 2016 si è inaugurato un moderno spazio espositivo permanente, incentrato attorno lo scheletro di una balenottera scavata a Orciano Pisano e dedicato agli ecosistemi marini del Pliocene toscano e al tema della sostenibilità. Il Museo di Geologia e Paleontologia, visitato ogni anno da oltre 20.000 persone, è dunque oggi un patrimonio storico e scientifico che ben rappresenta l'Italia a scala internazionale.

## BIBLIOGRAFIA

Atti (1841). *Atti della terza riunione degli scienziati italiani tenuta in Firenze nel settembre del 1841*. Firenze, Galileiana.

Cioppi E. & Dominici S. (2011). *Origin and development of the geological and paleontological collections*. In Monechi, S., and Rook, L. (eds.), *The Museum of Natural History of the University of Florence, Volume 3, The Geological and Paleontological Collections*. Firenze, Firenze University Press, 18-55.

Corsi P. (2003). *La Carta Geologica d'Italia: agli inizi di un lungo contenzioso*. In: Vai G.B., Cavazza W. (eds.), *Four Centuries of the Word Geology*. Ulisse Aldrovandi 1603. Bologna, Minerva, pp. 271-300.

Corsi P. (2007). *Much ado about nothing: The Italian Geological Survey, 1861–2006*. *Earth Sciences History*, 26, 97-125.

Dainelli, G. (1929). *Carlo De Stefani e la sua opera*. Firenze, Ricci, 69 p.

Dominici S. (2009). *Steno, Targioni and the two forerunners*. *Journal of Mediterranean Earth Sciences*, 1, 101-110.

Dominici S. (2021). *A man with a master plan: Steno's observations on earth's history*. *Substantia* 5, Supplement, 59-75.

Dominici S., Bellucci L., Cioppi E., Fantoni L. & Moggi Cecchi V. (2018). *Geology in the inventories of the Museum of Natural History of Florence*. *Museologia Scientifica Memorie*, 22, 46-55.

Dominici S. & Cioppi E. (2018). *All is not lost: History from fossils and catalogues at the Museum of Natural History, University of Florence*. In Rosenberg, G.D., and Clary, R.M. (eds.), *Museums at the Forefront of the History and Philosophy of Geology: History Made, History in the Making*. Geological Society of America Special Paper 535, 59-80.

Dominici S. & Rosenberg G.D. (2021). *Nicolaus Steno and earth science in early modern Italy*. *Substantia* 5, Supplement, 5-17.

Manganelli G. & Benocci A. (2010). *Niccolò Gualtieri (1688–1744): biographical sketch of a pioneer of conchology*. *Archives of Natural History*, 38, 174-177.



### CTD Logger multiparametrico (conducibilità, temperatura, pressione)

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



## Competenza nella idrologia

### Unità di trasmissione dati a distanza GSM

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

### Logger di pressione e temperatura

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

