

GEOLOGICAMENTE

MAGAZINE DI ATTUALITÀ E CULTURA DELLE GEOSCIENZE

Periodico della Società Geologica Italiana
n. 8 | luglio 2022



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

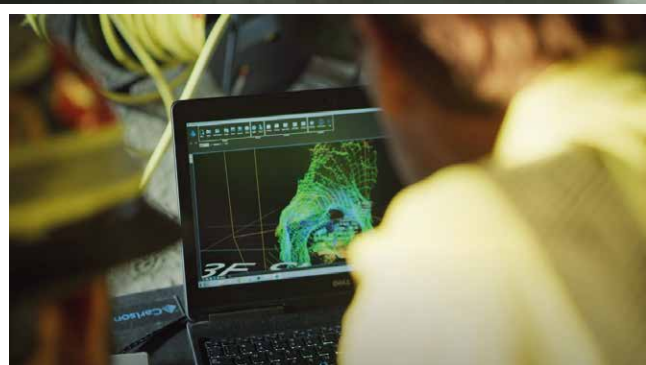
GROTTA DI FUMANE, IL GEOSITO DEI NEANDERTHAL E SAPIENS

LO STUDIO
DEI SISTEMI
GEOTERMICI FOSSILI

TERREMOTI ED EFFETTI
SISMOINDOTTI:
dai miti, alla storia, alla scienza

PALEONTOLOGIA
VIRTUALE:
innovazioni digitali al servizio
di ricercatori e curatori museali

Sottocontrollo



monitoraggio ambientale

- > frane, argini, cedimenti o smottamenti
- > rilievo di fondali, fiumi e bacini
- > scansione di cavità minerarie o luoghi di estrazione

Laser Scanner da foro rileva sinkhole e doline, e mappa in sicurezza cavità sotterranee pericolose.

Tecnologie per:

mappatura 3D del sottosuolo

- > rilievi rapidi dei sottoservizi
- > tecnologia 3D Step Frequency per rilievi di dettaglio a velocità elevate

archeologia

- > indagini archeologiche e pre-scavo
- > rilievo di strutture sotterranee e sommerse



Codevintec rappresenta anche:



CODEVINTEC

Tecnologie per le Scienze della Terra e del Mare

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



L'evoluzione nell'analisi isotopica

DELTA Q IRMS e software Qtegra ISDS

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

Intelligent Scientific Data Solution (ISDS).

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

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

For Research Use Only. Not for use in diagnostic procedures. © 2022 Thermo Fisher Scientific Inc. All rights reserved. All trademarks are the property of Thermo Fisher Scientific and its subsidiaries unless otherwise specified. **AD000577-IT 0222S**



P. 8 **LO STUDIO
DEI SISTEMI
GEOTERMICI FOSSILI:**
*un approccio metodologico
per la comprensione
dei sistemi attivi*

P. 18 **GROTTA DI FUMANE,**
*il Geosito dei Neanderthal
e Sapiens*

P. 28 **TERREMOTI
ED EFFETTI
SISMOINDOTTI:**
*dai miti, alla storia,
alla scienza*

P. 38 **PALEONTOLOGIA
VIRTUALE:**
*innovazioni digitali
al servizio di ricercatori
e curatori museali*

P. 48 **Associazione Italiana
DI VULCANOLOGIA**

P. 50 **Associazione
PALEONTOLOGICA
PALEOARTISTICA
Italiana**

P. 53 **Associazione Italiana
PER LO STUDIO
DEL QUATERNARIO**

P. 54 **Associazione Nazionale
INSEGNANTI
SCIENZE NATURALI**

P. 56 **Società
GEOCHIMICA
Italiana**

P. 58 **Sezione
GEOLOGIA
Himalayana**

P. 60 **Sezione
GEOLOGIA
Strutturale**

P. 61 **Sezione
GEOETICA
e Cultura Geologica**

P. 62 **Sezione
GEOsed**

P. 64 **Sezione
GEOLOGIA
Ambientale**

P. 66 **Sezione
GEOSCIENZE
e Tecnologie Informatiche**

P. 67 **Sezione
GEOLOGIA
Planetaria**

P. 69 **Sezione
Storia delle
GEOSCIENZE**

Rivista quadrimestrale SGI - Società Geologica Italiana | Numero 8 | luglio 2022 | SOCIETÀ GEOLOGICA ITALIANA
Piazzale Aldo Moro 5, 00185 Roma | www.socgeol.it | Tel: +39 06 83939366
Autorizzazione del Tribunale di Roma n. 34/2020 del Registro stampa del 24 marzo 2020

DIRETTORE EDITORIALE Enrico Capezzuoli

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

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

DIRETTORE RESPONSABILE Alessandro Zuccari



P. 71 CAFFÈ DI
GEOLOGICAMENTE

P. 72 CONGRESSO
GEOSCIENCES FOR A
SUSTAINABLE FUTURE
*della Società Geologica
Italiana e Società Italiana
di Mineralogia e Petrologia*

P. 74 GEOKAYAK:
*pagaiaando alla scoperta
del patrimonio geologico*

P. 76 PALEODAYS 2022
*XXII Edizione delle
Giornate di Paleontologia*

P. 78 LA SCIENZA
E LA TERRA
*Sorprese, tesori, pericoli
e mondi scomparsi svelati
dalla geologia*

P. 81 ISCRIZIONI
e Rinnovo



P. 7 EDITORIALE

P. 83 NUNTIIUM *de Lapidibus*

P. 85 INCONTRA GLI AUTORI

P. 86 IL MUSEO GEOLOGICO E DELLE FRANE
di Civita di Bagnoregio (VT)

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: Grotta di Fumane nei Monti Lessini: la successione stratigrafica con i livelli di occupazione neandertaliana (foto M. Peresani).
Immagini interne: freepik.com

Chiuso in Redazione: 11 luglio 2022.

Sistema **PENETRON**®

La “soluzione” per le strutture
interrate e idrauliche
... affidabile e garantita !



PROGETTAZIONE

- Mix design dedicato con additivo a cristallizzazione **PENETRON®ADMIX**.
- Studio della Vasca Strutturale e definizione dei particolari costruttivi.



ASSISTENZA TECNICA IN CANTIERE

- Addestramento delle maestranze.
- Supervisione nelle fasi realizzative.



GARANZIA

- Controllo Tecnico di Ente Certificato.
- Decennale postuma-Rimpiazzo e posa in opera sul Sistema.



PENETRON®
TOTAL CONCRETE PROTECTION

Il Calcestruzzo **impermeabile e reattivo nel tempo**, con capacità “**self healing**”
(autocicatrizzazione delle fessurazioni)



**... dal 2000 in Italia
e da 40 anni in più di 110 paesi nel mondo**

www.penetron.it

EDITORIALE



Enrico
CAPEZZUOLI

Direttore Editoriale Geologicamente

PACE

Mente et malleo

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

Per il tuo spazio su questa rivista
contatta



www.agicom.it





LO STUDIO DEI SISTEMI GEOTERMICI FOSSILI:

*un approccio metodologico
per la comprensione
dei sistemi attivi*

a cura di Martina Zucchi



La risorsa geotermica è una delle fonti rinnovabili utili per la produzione di energia. L'utilizzo di tale risorsa avviene dopo una fase esplorativa dove l'integrazione di varie metodologie di indagine fornisce parametri utili all'elaborazione di un modello concettuale del sistema geotermico. Tuttavia, anche dopo la più accurata fase di esplorazione permangono inevitabilmente incertezze che, a seconda dei casi, possono ridurre notevolmente le probabilità di riuscita della captazione della risorsa geotermica. Un contributo al superamento di tali incertezze può essere fornito dallo studio dei sistemi geotermici fossili, esumati (noti come "analoghi"), che permette di ricavare alcuni di quei parametri che solitamente, in sistemi geotermici attivi, vengono definiti a posteriori. In Italia, un esempio di sistema attivo e del suo analogo fossile, esumato è rappresentato rispettivamente dal campo geotermico di Larderello e dalla zona orientale dell'Isola d'Elba.

LA RISORSA GEOTERMICA

Se parliamo di “*green economy*” non possiamo non fare riferimento alla geotermia. Con questo termine viene definita quella disciplina che studia il calore presente all’interno della Terra e che può essere utilizzato dall’uomo per produrre energia termica ed elettrica. La risorsa geotermica è una fonte rinnovabile e sostenibile che, diversamente da altre fonti rinnovabili, come il fotovoltaico o l’eolico, utilizza una sorgente di calore continua, indipendente dalla stagionalità e dalle condizioni climatiche dell’area in cui si trova, garantendo così una produzione di energia costante nel tempo. Nei livelli più superficiali della crosta terrestre, il calore nel sottosuolo aumenta con la profondità secondo un gradiente (geotermico) di circa $30^{\circ}\text{C}/\text{km}$. Tale calore è garantito principalmente dal naturale processo di decadimento di isotopi radioattivi (tra cui Th^{232} , U^{238} , U^{235} , K^{40}) che sono presenti nella crosta e nel mantello e dai processi che avvengono nel nucleo, dove, al calore radiogenico, si somma quello rilasciato dalla lenta cristallizzazione dell’involucro esterno liquido. Questo calore, il cui trasporto nella litosfera avviene principalmente per conduzione, giunge fino alla superficie della Terra per poi dissiparsi nell’atmosfera (flusso di calore), sebbene risulti impercettibile all’uomo. Esistono tuttavia delle aree laddove il gradiente geotermico supera di gran lunga il valore medio dei $30^{\circ}\text{C}/\text{km}$, raggiungendo localmente i $100\text{--}120^{\circ}\text{C}/\text{km}$. Queste aree costituiscono anomalie geotermiche, le quali possono originarsi in diversi contesti geologici sia su crosta oceanica che continentale, come ad esempio archi vulcanici, *hot spots*, zone di *rifting/drift*ing. Lo sviluppo di un sistema geotermico (**Fig. 1**) prevede la coesistenza di diversi fattori, tra i quali: **i)** la presenza di una sorgente di calore solitamente rappresentata da corpi magmatici che si intrudono a profondità non superiori i 10 km; **ii)** un serbatoio geotermico rappresentato da rocce permeabili (carbonatiche, clastiche, vulcaniche o cristalline) capaci di immagazzinare i fluidi e di consentirne la loro circolazione attraverso la porosità efficace e la permeabilità secondaria; **iii)** una copertura formata da rocce con permeabilità molto bassa; **iv)** una zona di ricarica, anche distante dal sistema stesso, in cui le acque meteoriche e/o marine riescano ad infiltrarsi ed a

raggiungere il serbatoio attraverso sistemi di faglie e fratture. Nella penisola italiana le principali anomalie geotermiche sono distribuite lungo tutto il versante tirrenico dell’Appennino ed in particolare nella Toscana sud-occidentale, nel Lazio settentrionale e nella parte meridionale del Mar Tirreno. In Toscana si registra un flusso di calore medio di circa $120\text{ mW}/\text{m}^2$ con picchi che si collocano in corrispondenza dei due campi geotermici attualmente in produzione, laddove si raggiungono c. $600\text{ mW}/\text{m}^2$ (area geotermica del Monte Amiata) e $1000\text{ mW}/\text{m}^2$ (area geotermica di Larderello) (Della Vedova et al., 2001; Batini et al., 2003; **Fig. 2**). La circolazione di fluidi geotermici nella crosta superiore e la loro interazione con le rocce circostanti produce (e ha prodotto) la deposizione di minerali idrotermali, principalmente solfuri ed ossidi metallici che, laddove consistenti, danno luogo a veri e propri giacimenti minerari.

Keywords

Geotermia
Sistemi geotermici fossili
Fluidi idrotermali
Isola d’Elba

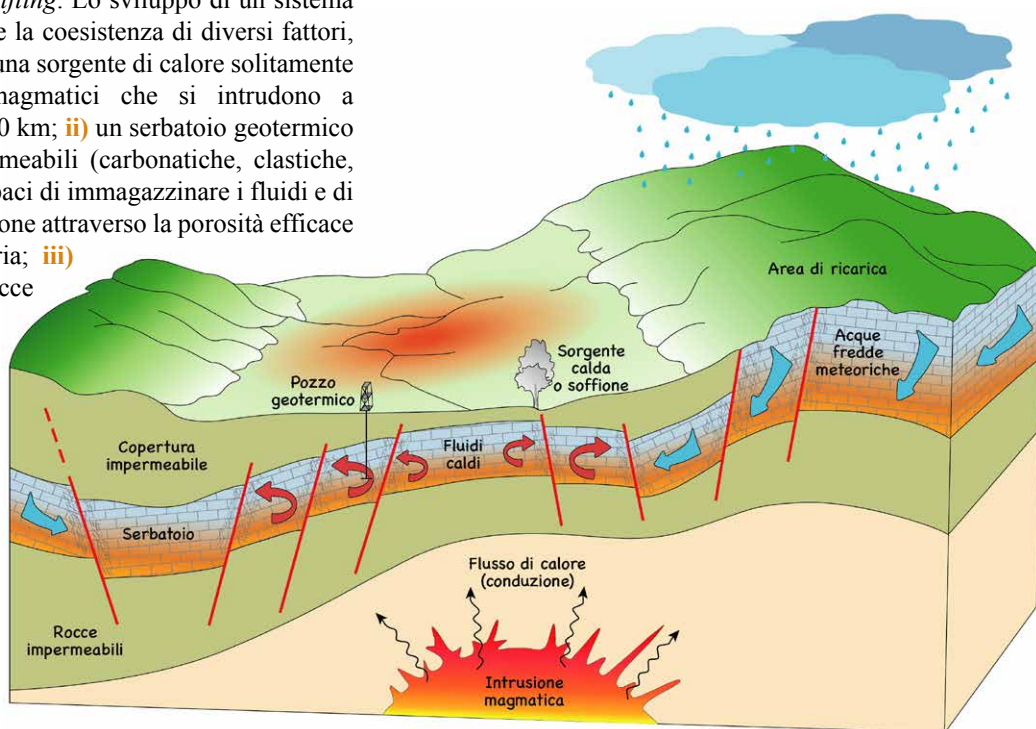


Fig. 1 - Modello concettuale semplificato di un sistema geotermico (non in scala, mod. da Bertani, 2005).

LO STUDIO DEI SISTEMI GEOTERMICI FOSSILI

un approccio metodologico per la comprensione dei sistemi attivi

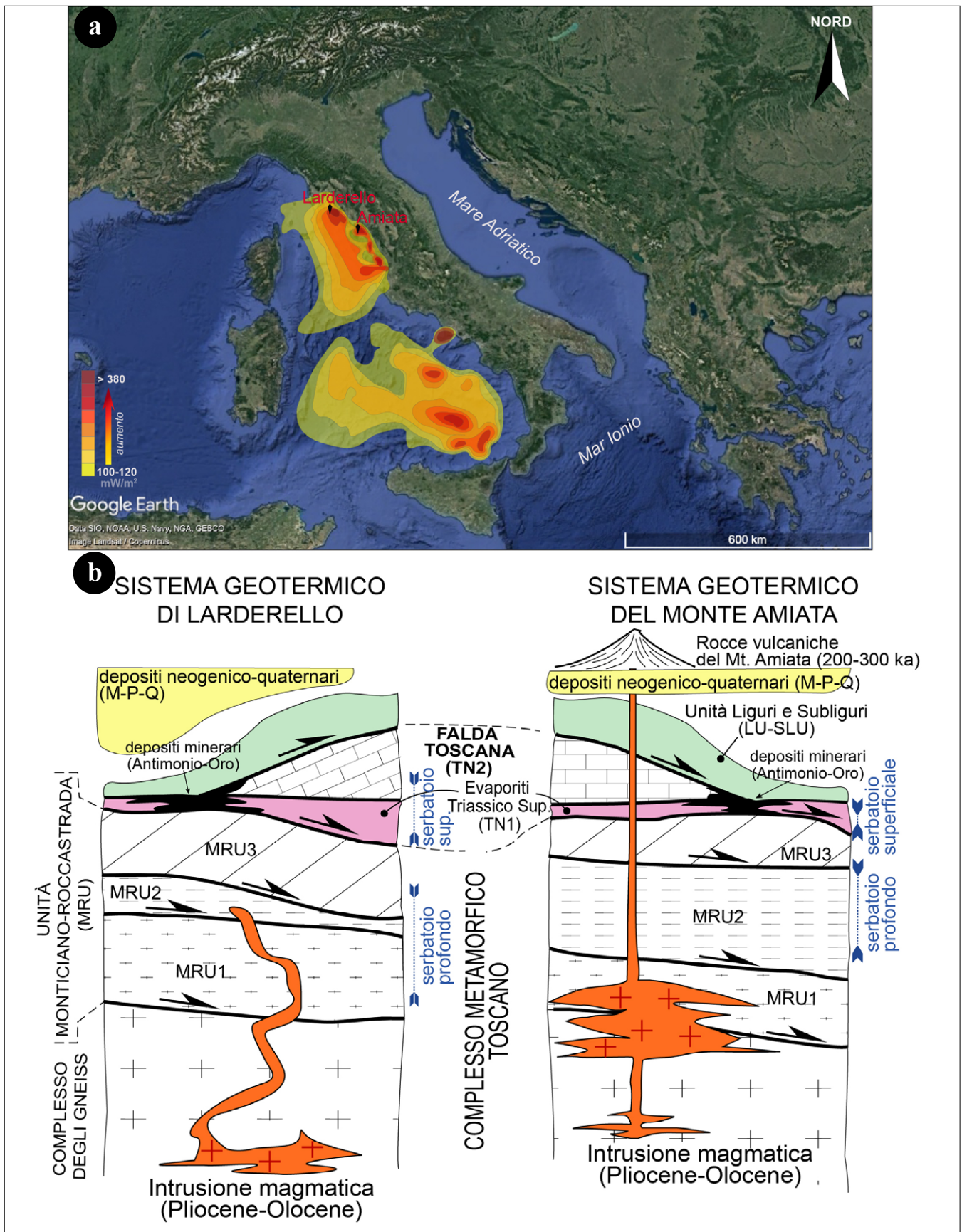


Fig. 2 - a) Mappa della penisola italiana con riportate le principali anomalie geotermiche presenti nel Mar Tirreno (mod. da Della Vedova et al., 2001) e i due campi geotermici di Larderello e del Monte Amiata presenti in Toscana; **b)** schema dell'assetto tettono-stratigrafico (non in scala) delle aree di Larderello e del Monte Amiata (mod. da Batini et al., 2003).

CENNI STORICI

Il rapporto dell'uomo con il calore della Terra ha origini lontane. Le prime testimonianze ci arrivano dalla Preistoria dove le manifestazioni termali, considerate come espressione superficiali di forze soprannaturali che vivevano nel sottosuolo, erano utilizzate per scopi terapeutici mentre i minerali dei giacimenti idrotermali venivano impiegati sia come pigmenti naturali per le pitture (il cinabro, l'ocra, la malachite, l'azzurrite) sia per la costruzione di armi e strumenti utili per la vita quotidiana. Successivamente, gli Etruschi (dal IX secolo a.C.), i Greci (dal VIII secolo a.C.) ed i Romani (dal I secolo a.C.) fecero del termalismo una pratica terapeutica largamente impiegata in campo medico, utile per la cura di infezioni respiratorie, reumatismi ed infezioni oculari. Per quanto riguarda lo sfruttamento dei giacimenti minerari, gli Etruschi, che si insediarono in Toscana meridionale e nel Lazio settentrionale, una delle zone al mondo con la più alta concentrazione di manifestazioni geotermiche, furono i pionieri nell'estrazione e lavorazione di minerali quali ferro, argento, rame, piombo, zinco e oro utilizzati per monili ed oggetti di vario genere.

Durante il Medioevo l'estrazione dei giacimenti minerari subì un declino che perdurò fino alla seconda metà del 1400, epoca in cui, nella zona boracifera di Larderello e nel settore orientale dell'Isola d'Elba si cominciò a coltivare i depositi idrotermali sotto il dominio della famiglia dei Medici. Tuttavia, la coltivazione di questi giacimenti, condotta con attrezzature inadeguate, divenne insostenibile e si ebbe un nuovo declino che si protrasse per diversi decenni. Siamo alla fine del 1700 quando lo sfruttamento delle manifestazioni geotermiche e soprattutto dell'acido borico nei laghi di Larderello ebbe un forte sviluppo grazie all'ingegnere francese François Jacques de Larderel che costruì il primo impianto per l'estrazione dell'acido borico direttamente dal vapore geotermico, dando il via alla "geotermia industriale" rilanciando l'industria chimica e farmaceutica. Ma la potenzialità energetica della risorsa geotermica venne scoperta grazie al Principe Piero Ginori Conti, erede di De Larderel, che il 4 luglio 1904, per la prima volta nella storia, dimostrò che era possibile generare energia elettrica utilizzando la forza del vapore endogeno. Pochi anni dopo nacque a Larderello la prima centrale geotermoelettrica.

SISTEMI GEOTERMICI ATTIVI E FOSSILI

La comprensione di un sistema geotermico attivo richiede una fase esplorativa basata su uno studio interdisciplinare finalizzato alla ricostruzione di un modello geometrico concettuale, laddove la fonte di calore, il serbatoio e le discontinuità strutturali (faglie e fratture nel sottosuolo) siano quanto più possibile ben vincolate (Liotta et al., 2021). Questo studio, condotto attraverso analisi dirette ed indirette, riveste un ruolo fondamentale per ridurre il rischio minerario e quantificare l'eventuale capacità produttiva della risorsa geotermica nel tempo, a fronte degli ingenti investimenti necessari per la perforazione e la costruzione dell'impianto capace di trasformarla in energia elettrica.

Tra i metodi di indagine diretti che il geologo può utilizzare, vi è il rilevamento geologico-strutturale che fornisce dati fondamentali per la ricostruzione dell'assetto geometrico dei corpi geologici, delle faglie e delle fratture. Importanti sono le analisi chimiche delle emergenze naturali (rappresentate da emissioni gassose e/o liquide) che solitamente caratterizzano le aree geotermiche, perché permettono di risalire alle caratteristiche chimico-fisiche del fluido geotermico, fornendo informazioni utili sulla loro origine, sul loro percorso in profondità, nonché sul serbatoio dove sono immagazzinati. Tra i metodi di indagine di tipo indiretto vi sono le prospezioni geofisiche attraverso le quali è possibile ottenere informazioni sui parametri fisici delle rocce serbatoio, sulla geometria delle strutture e dei principali corpi geologici in profondità. Tutto questo contribuisce a ridurre il rischio di fallimento nella localizzazione dell'obiettivo geotermico ed a sviluppare sistemi di sicurezza per la fase di perforazione, utili soprattutto quando la risorsa geotermica si presenta in particolari condizioni di sovrappressione. I fluidi che si trovano in condizioni di pressione e temperatura superiori al punto critico dell'acqua pura ($T > 374\text{ °C}$ e $P > 22\text{ MPa}$; Scott et al., 2015) vengono definiti "fluidi supercritici" e rappresentano attualmente uno dei principali obiettivi nell'esplorazione geotermica. L'importanza dei sistemi supercritici risiede nelle caratteristiche di questi fluidi che presentano una maggiore densità, hanno un'entalpia più elevata per unità di volume e pertanto sono capaci di produrre una maggiore quantità di energia a parità di volume rispetto ai fluidi geotermici in condizioni P-T al di sotto del punto critico. Proprio queste caratteristiche rendono la fase esplorativa particolarmente delicata.

Nonostante l'integrazione dei diversi approcci metodologici, permangono numerose incertezze a valle della fase di esplorazione e questo, a seconda dei casi, può ridurre notevolmente le probabilità di centrare l'obiettivo minerario. Lo studio dei sistemi analoghi, oggi esumati, fornisce un importante contributo. La loro esumazione, dovuta alla continua attività tettonica ed allo sviluppo di faglie principalmente dirette, offre l'opportunità di analizzare,

LO STUDIO DEI SISTEMI GEOTERMICI FOSSILI

un approccio metodologico per la comprensione dei sistemi attivi

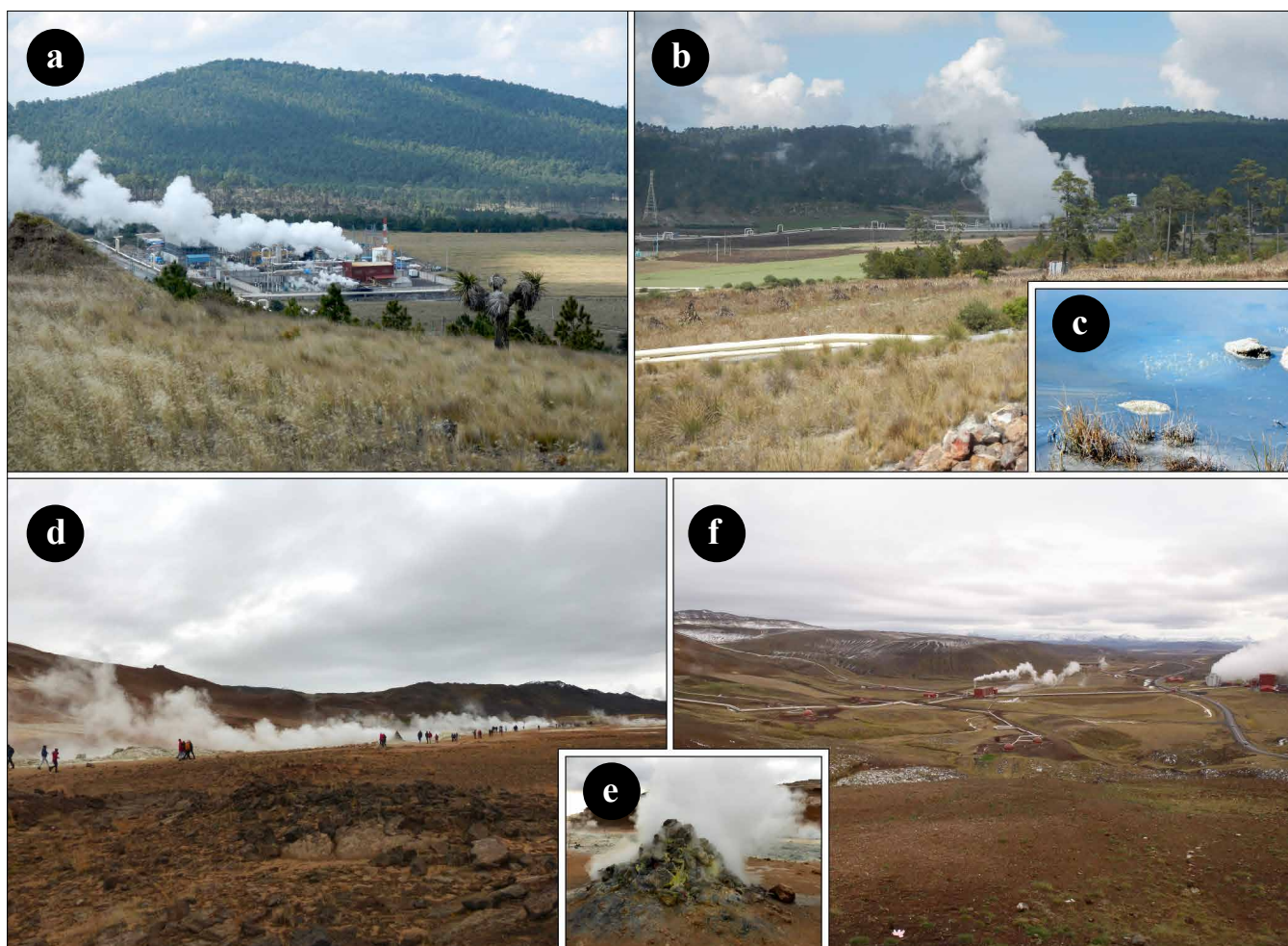


Fig. 3 - Esempi dei campi geotermici attivi di Los Humeros (Messico) e di Krafla (Islanda). **a-b)** Panoramiche delle centrali geotermiche presenti a Los Humeros; **c)** emissioni di CO₂ in un laghetto prossimo al campo geotermico; **d)** emissioni di vapore e gas lungo una zona di faglia nei pressi del campo geotermico di Krafla e particolare **(e)** di una fumarola dove si possono osservare in giallo i minerali di zolfo di neoformazione; **f)** panoramica sulla centrale geotermica di Krafla.

in superficie, l'intero sistema geotermico fossile, dalla fonte di calore (corpo magmatico intrusivo), fino alle rocce serbatoio e quelle impermeabili attraverso le faglie e fratture mineralizzate che costituivano i condotti dei fluidi geotermici. Questo permette di ricostruire quei processi che oggi si sviluppano a profondità considerevoli e non raggiungibili con metodi di indagine diretta, nei sistemi attivi. Affinché l'analisi di questi sistemi possa effettivamente contribuire ad aumentare la conoscenza dei sistemi attivi è necessario che essi siano effettivamente i loro analoghi, ovvero si siano sviluppati in contesti geologici simili. In questo modo si possono ottenere informazioni su: **i)** quali strutture abbiano guidato la circolazione dei fluidi geotermici in profondità; **ii)** come i fluidi abbiano interagito con le rocce serbatoio, formando corpi metasomatici come per esempio gli *skarn* (rocce formate principalmente da silicati di calcio che si possono formare durante metamorfismo contatto) e/o giacimenti minerali; **iii)** quali siano (o possano essere) i parametri idraulici del serbatoio (permeabilità secondaria, porosità efficace, conducibilità e trasmissività idraulica) dell'analogo sistema geotermico attivo; **iv)** quale sia stata

l'origine del fluido geotermico (magmatica, metamorfica e/o meteorica) e come le sue caratteristiche fisico/chimiche siano evolute nel tempo. Inoltre, l'integrazione dei dati ottenuti permette di ricostruire l'evoluzione, nel tempo, dell'intero sistema, fornendo anche utili spunti per la predizione della durata del sistema geotermico.

Esistono diversi esempi di campi geotermici attivi e dei rispettivi analoghi fossili, sviluppati sia su crosta continentale che oceanica. In Messico, nello Stato di Veracruz, si trova il campo geotermico attivo di Los Humeros (**Fig. 3a-c**) ed il suo analogo fossile nell'area di Las Minas che si colloca pochi km ad est (c. 25 km); in Islanda il campo geotermico attivo di Krafla (a nord-est; **Fig. 3d-f**) ed il suo analogo fossile Geitafell (a sud-est). In Italia è noto l'esempio su crosta continentale del campo geotermico attivo di Larderello e del suo analogo fossile esumato rappresentato dalla parte orientale dell'Isola d'Elba.

LO STUDIO DELLE INCLUSIONI FLUIDE: UN METODO PER L'ANALISI DEI PALEO-FLUIDI

Lo studio delle caratteristiche chimico-fisiche del paleo-fluido geotermico viene effettuato mediante l'analisi delle inclusioni fluide. Quest'ultime rappresentano porzioni di fluido intrappolato nei minerali durante o successivamente la loro formazione. Le inclusioni fluide possono essere classificate in base alla loro paragenesi e si definiscono come *primarie* o *pseudo-secondarie* se si originano rispettivamente durante la crescita

del minerale ospite oppure se sono state intrappolate lungo delle micro-fratture del minerale successive alla sua formazione. Il loro studio avviene attraverso la microtermometria: il minerale contenente le inclusioni fluide, appositamente preparato, viene collocato su di un piatto riscaldante/raffreddante montato su un microscopio ottico. Durante l'applicazione di questa metodologia, basata sull'aumento e diminuzione della temperatura (+600/-

180 °C), si osservano i passaggi di fase che avvengono nelle inclusioni durante i cicli di riscaldamento e raffreddamento controllati. La microtermometria può essere supportata anche da altre metodologie come la spettroscopia Raman, le analisi SEM-ESD e la spettroscopia di massa LA-ICP, i cui risultati sono utili per meglio definire la composizione del paleo-fluido.

IL CAMPO GEOTERMICO DI LARDERELLO E L'ANALOGO DELL'ELBA ORIENTALE NEL CONTESTO EVOLUTIVO DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE

Entrambe le aree si inquadrano nel contesto evolutivo dell'Appennino Settentrionale. Questo settore di Catena si è originata a seguito dello sviluppo di un margine attivo che ha generato il progressivo avvicinamento e la conseguente collisione del margine continentale Europeo (rappresentato dal massiccio Sardo-Corso) ed Africano (rappresentato da Adria), iniziato a partire dal Cretaceo e concluso nell'Oligocene superiore/Miocene inferiore quando è avvenuta la collisione tra i due margini. Questo processo ha determinato l'accavallamento di unità tettoniche derivanti da diversi domini paleogeografici di pertinenza oceanica e continentale della Neotetide Alpina, secondo un trasporto tettonico verso est e che ha permesso lo sviluppo di metamorfismo di alta pressione (con P che all'Elba sono state stimate > di 1.6 GPa; Bianco et al., 2019), a cui si è sovrapposto un metamorfismo retrogrado in facies a scisti verdi.

A partire dal Miocene inferiore-medio l'intero orogene neoformato è stato interessato da tettonica distensiva che ha prodotto l'assottigliamento della crosta precedentemente ispessita, fino a raggiungere, oggi, spessori compresi tra 17 e 24 km (Moeller et al., 2013). La tettonica distensiva, che in Toscana meridionale è perdurata almeno fino al Pleistocene, ha determinato anche la segmentazione laterale delle unità precedentemente accavallatesi (*boudinage*) e lo sviluppo di depressioni strutturali (bacini neogenico-quaternari). Il *boudinage* ha interessato le unità più

competenti, come per esempio quelle carbonatiche del Dominio Toscano (Falda Toscana) dando luogo a settori crostali laddove le Unità Liguri poggiano, mediante contatti sottrattivi a basso angolo, direttamente sulle evaporiti del Trias o sulle successioni filladico-quarzitiche paleozoiche. Questo particolare assetto geometrico è noto in letteratura come "Serie Ridotta" (Decandia et al., 1993). Le faglie dirette a basso angolo legate allo sviluppo del *boudinage* hanno agito contemporaneamente a zone di taglio subverticali, orientate principalmente in direzione SO-NE, che hanno separato settori crostali a diversa elongazione, interpretate come strutture di trasferimento (Liotta, 1991). Questo processo ha portato alla formazione di depressioni strutturali riempite da sedimenti di origine continentale e marina durante tutto il Miocene (Brogi,

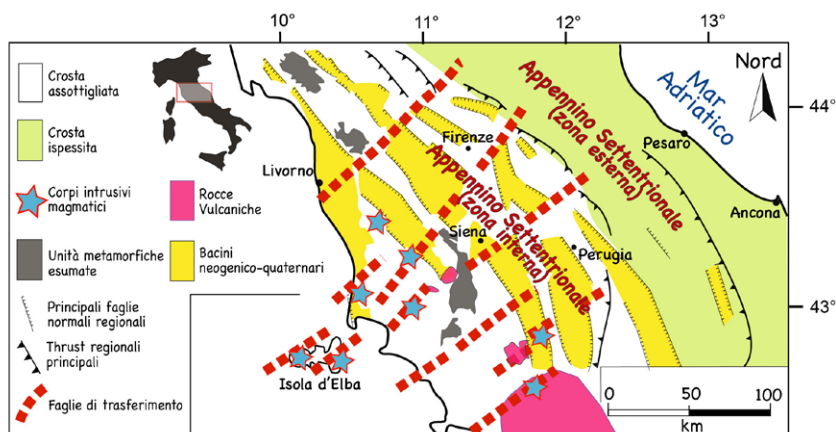


Fig. 4 - Mappa strutturale dell'Appennino settentrionale e della zona settentrionale del Mar Tirreno dove sono visibili le strutture di trasferimento.

LO STUDIO DEI SISTEMI GEOTERMICI FOSSILI

un approccio metodologico per la comprensione dei sistemi attivi

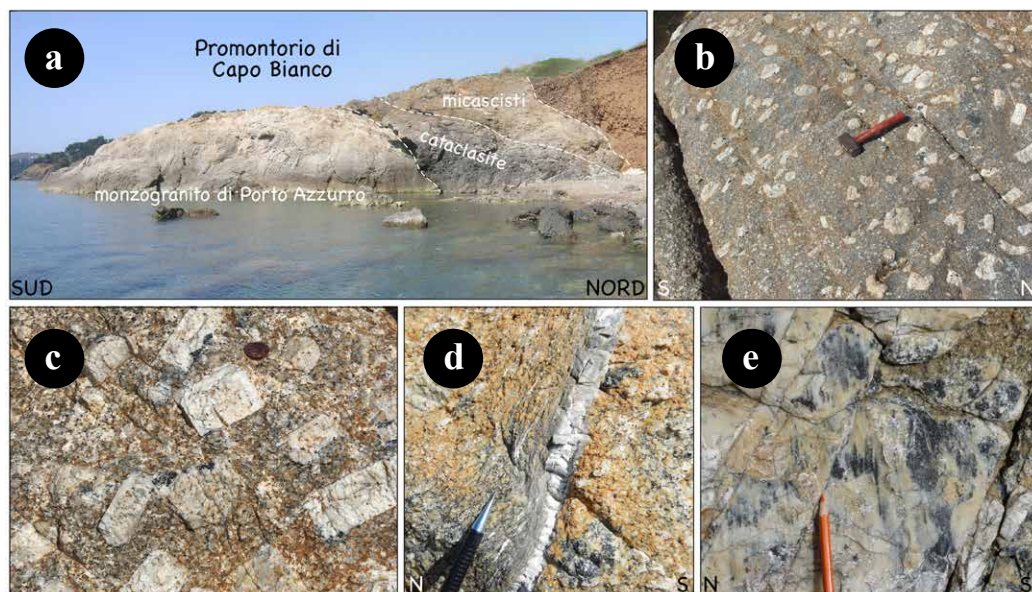


Fig. 5 - a) Panoramica del plutone di Porto Azzurro affiorante nell'area di Capo Bianco, nel settore sud-orientale dell'Isola d'Elba laddove si può vedere il contatto con i micascisti che rappresentano le rocce nelle quali si è intruso; b-e) cristalli di k-feldspato che definiscono, localmente, la foliazione magmatica del monzogranito; d) particolare di una vena di quarzo e della foliazione milonitica che interessa la porzione del monzogranito; e) lineazione mineralogica definita da cristalli di tormalina disposti lungo la foliazione del dicco felsico.

IL SISTEMA GEOTERMICO ESUMATO DELL'ELBA ORIENTALE

2004), la cui continuità longitudinale è stata interrotta dalle faglie di trasferimento. A partire dallo Zancleano (Martini et al., 2021), alle faglie a basso angolo ed ai relativi bacini sedimentari si sono sovrimate faglie dirette ad alto angolo, orientate principalmente in direzione N-S e NNO-SSE che hanno permesso lo sviluppo di *graben* e semi-*graben* riempiti da sedimenti principalmente di ambiente marino (Martini & Saggi, 1993).

Durante il processo legato alla tettonica distensiva, l'intera area tirrenica è stata interessata da un diffuso magmatismo di età compresa tra il Miocene medio ed il Quaternario, principalmente rappresentato da corpi vulcanici, subvulcanici ed intrusivi (Provincia Magmatica Toscana) che si sono messi in posto a profondità comprese tra gli 8 ed i 6 km, sfruttando volumi crostali permeabili in corrispondenza principalmente delle faglie di trasferimento (Dini et al., 2008; Fig. 4). L'intrusione dei corpi plutonici ed il loro progressivo raffreddamento ha prodotto aureole termo-metamorfiche accompagnate dallo sviluppo di giacimenti minerari a solfuri misti sfruttati sin dal periodo etrusco.

Per quanto si conosce oggi, il sistema geotermico di Larderello è alimentato da un corpo magmatico in fase di raffreddamento che si colloca alla profondità di circa 3-5 km (Rochira et al., 2018). Il fluido geotermico utilizzato da ENEL Green Power per la produzione di energia elettrica viene captato da due principali serbatoi. Il più superficiale, a profondità fino a circa 1 km, è rappresentato da un livello cataclastico corrispondente alle evaporiti triassiche e da parte della loro copertura carbonatica; il più profondo, compreso tra 2 e 4,5 km, è ospitato in rocce metamorfiche e/o magmatiche intensamente fratturate.

Il sistema geotermico dell'Elba orientale è legato al plutone di Porto Azzurro (6.4-5.9 Ma; Maineri et al., 2003; Gagnevin et al., 2011; Spiess et al., 2021; Fig. 5) che si è messo in posto ad una profondità stimata di circa 6 km (Caggianelli et al., 2018) lungo una zona di trasferimento localizzata nella parte orientale dell'Isola d'Elba e che, nella sua estensione chilometrica comprende anche il sistema geotermico di Larderello (Liotta & Brogi, 2020; Fig. 4). Le fasi di raffreddamento del plutone sono state caratterizzate da un'intensa circolazione di fluidi idrotermali, guidata dalle discontinuità tettoniche all'interno di tutta l'aureola termo-metamorfica. La circolazione di questi fluidi ha originato varie mineralizzazioni (Fig. 6), tra le quali i giacimenti a solfuri ed ossidi di ferro (pirite, magnetite/ematite) che hanno reso, per secoli, l'Isola d'Elba una delle aree più importanti del Mediterraneo per l'estrazione mineraria, definitivamente conclusa negli anni '80.

Il livello strutturale entro il quale si è intruso il plutone di Porto Azzurro è rappresentato principalmente dalle rocce di età paleozoico-triassica (micascisti del Mt. Calamita e relative coperture dell'Unità di Porto Azzurro: Garfagnoli et al., 2005; Fig. 5), interessate da metamorfismo di bassa pressione e che ha originato cornubianiti principalmente ad andalusite, cordierite e raro corindone (Spiess et al., 2021 e ref.). L'intera aureola termo-metamorfica è stata intrusa da numerosi filoni aplitici tormaliniferi (Fig. 7) legati allo sviluppo del complesso magmatico del plutone di Porto Azzurro.

La circolazione dei fluidi idrotermali all'interno di queste rocce, caratterizzate da una permeabilità primaria molto

bassa, è stata guidata dalle discontinuità tettoniche (Zucchi et al., 2017). La contemporaneità tra l'attività tettonica e la circolazione dei fluidi idrotermali è evidenziata dalle mineralizzazioni date principalmente da associazioni di tormalina e quarzo che caratterizzano le zone di faglia. In quest'ultime è possibile riconoscere indicatori cinematici costituiti da fibre di quarzo e tormalina e strie meccaniche le quali suggeriscono che l'attività tettonica è perdurata anche dopo la circolazione dei fluidi idrotermali (Viti et al., 2016). Le analisi delle inclusioni fluide contenute nel quarzo e nella tormalina hanno evidenziato che la composizione dei fluidi era molto salina (fino a 49 wt.% NaCl equiv.) suggerendo pertanto un'origine magmatica, con temperature fino a 650 °C (Zucchi et al., 2017). Nei livelli strutturali più superficiali, la circolazione dei fluidi geotermici si è concentrata nelle rocce triassiche silicoclastiche (Gruppo del Verrucano), dove si sono sviluppati i noti depositi di pirite, ematite, magnetite, goethite/limonite (Fig. 5), principalmente esposti nel distretto minerario di Rio Marina.

Se nei livelli strutturali profondi il sistema poteva essere considerato chiuso, alimentato da fluidi di origine magmatica e/o metamorfica, soprattutto durante le prime fasi evolutive, nei livelli strutturali più superficiali troviamo le evidenze dell'interazione tra fluidi magmatici e fluidi di origine meteorica (con temperature e salinità inferiori), a testimonianza di un sistema geotermico che via via veniva esumato. Le strutture svolgevano il ruolo di condotti principali (Fig. 8) sia per i fluidi profondi sia per i fluidi meteorici che penetravano in profondità, riscaldandosi e mescolandosi con i fluidi presenti, quindi arricchendosi di elementi chimici durante la loro circolazione nelle rocce.

I parametri idraulici ottenuti (permeabilità secondaria, porosità efficace, conducibilità idraulica) sono confrontabili con quelli stimati per la zona di Larderello (ad esempio la permeabilità secondaria compresa tra 10^{-14} e 10^{-16} m² nei livelli profondi del paleo-sistema geotermico, è confrontabile con i valori ottenuti nella zona di Larderello; Cappetti et al., 1995; Romagnoli et al., 2010; Zucchi et al., 2017).

I dati ottenuti e l'integrazione delle varie metodologie confermano l'utilità dello studio dei sistemi geotermici fossili ed esumati per acquisire conoscenze necessarie per ridurre il rischio minerario durante la fase di esplorazione dei sistemi geotermici attivi.

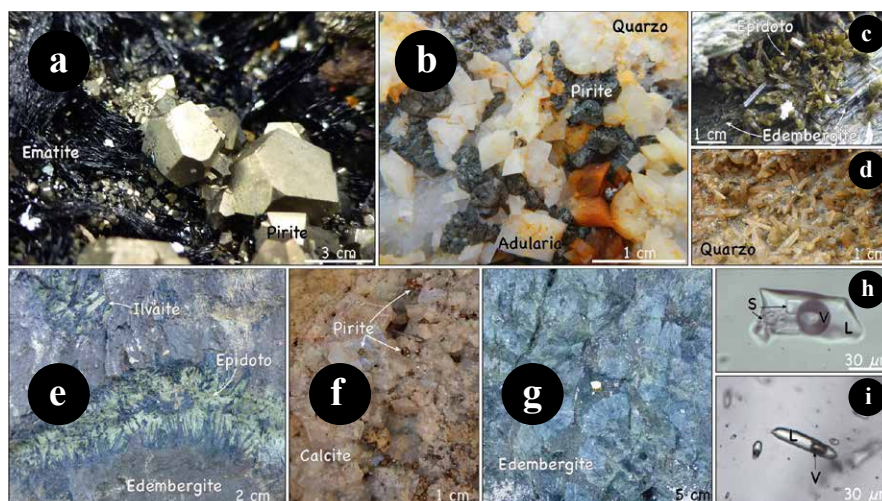


Fig. 6 - a-g) Esempi di mineralizzazioni presenti nella parte orientale dell'Isola d'Elba ed in particolare nel distretto minerario di Rio Marina; **h-i)** esempi di inclusioni fluide presenti nei quarzi analizzati (L=liquido, V=vapore, S=solidi).

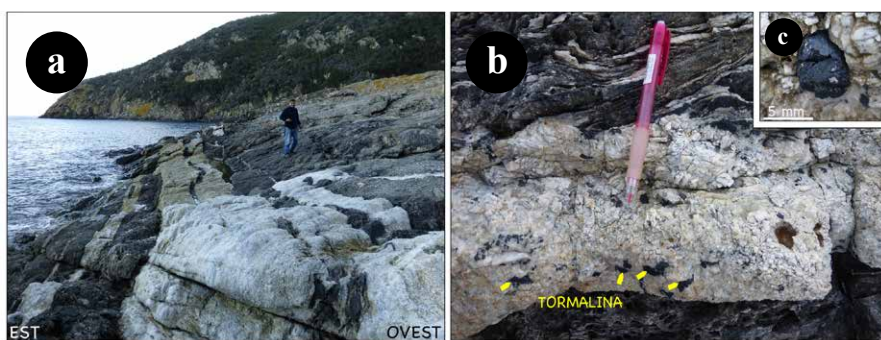


Fig. 7 - a-b) Filoni aptitici tormaliniferi che intrudono i micascisti del Mt. Calamita e particolare **(c)** di un cristallo di tormalina.

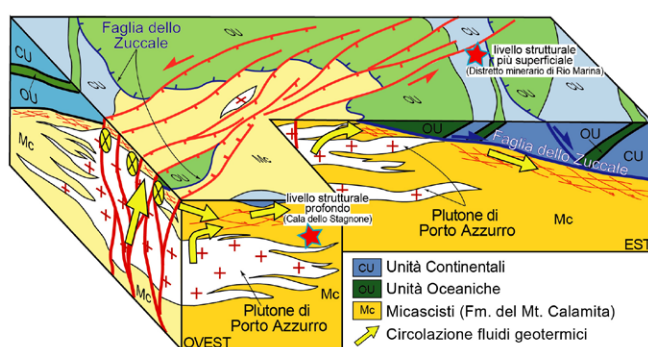


Fig. 8 - Schema concettuale del sistema geotermico fossile esumato dell'Isola d'Elba orientale con i sistemi di faglie ad alto e basso angolo che hanno veicolato la circolazione dei paleo-fluidi geotermici.

LO STUDIO DEI SISTEMI GEOTERMICI FOSSILI

un approccio metodologico per la comprensione dei sistemi attivi



BIBLIOGRAFIA

- Batini F., Brogi A., Lazzarotto A. & Liotta D. (2003). *Geological features of Larderello-Travale and Mt. Amiata geothermal areas (Southern Tuscany, Italy)*. Episodes, 26, 239-244. <https://doi.org/10.18814/epiugs/2003/v26i3/015>
- Bertani R. (2005). *L'energia geotermica*. Analysis 3, 1-12.
- Bianco C., Godard G., Halton A., Brogi A., Liotta D. & Caggianelli A. (2019). *The lawsonite-glaucophane blueschists of Elba Island (Italy)*. Lithos, 348-349, 105198. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2019.105198>
- Brogi A. (2004). *Miocene extension in the inner northern Apennines: the Tuscan Nappe megaboudins in the Mt. Amiata geothermal area and their influence on Neogene sedimentation*. Bollettino della Società Geologica Italiana, 123, 513-529.
- Caggianelli A., Zucchi M., Bianco C., Brogi A. & Liotta D. (2018). *Estimating P-T metamorphic conditions on the roof of a hidden granitic pluton: an example from the Mt. Calamita promontory (Elba Island, Italy)*. Italian Journal of Geosciences, 137, 238-253. <https://doi.org/10.3301/IJG.2018.11>
- Cappetti G., Parisi L., Ridolfi A. & Stefani G. (1995). *Fifteen years of reinjection in the Larderello-Valle Secolo area: Analysis of the production data*. Proceedings World Geothermal Congress WGC95, Florence, Italy, May 18-31, 3, 1797-2000.
- Decandia F.A., Lazzarotto A. & Liotta D. (1993). *La "Serie ridotta" nel quadro dell'evoluzione geologica della Toscana meridionale*. Memorie della Società Geologica Italiana, 49, 181-190.
- Della Vedova B., Bellani S., Pellis G. & Squarci P. (2001). *Deep temperatures and surface heat flow distribution*. In: Vai G.B., Martini, I.P. (Eds.), *Anatomy of an Orogen: The Apennines and Adjacent Mediterranean Basins*. Kluwer Academic Publishers, Amsterdam, pp. 65-76.
- Duranti S., Palmeri R., Pertusati P.C. & Ricci C.A. (1992). *Geological evolution and metamorphic petrology of the basal sequence of eastern Elba (complex II)*. Acta Vulcanologica, 2, 213-229.
- Dini A., Westerman D.S., Innocenti F. & Rocchi S. (2008). *Magma emplacement in a transfer zone: the Miocene mafic Orano dyke swarm of Elba Island, Tuscany, Italy*. Geological Society, London, Spec. Publ., 302, 131-148. <https://doi.org/10.1144/SP302.10>
- Gagnevin D., Daly J.S., Horstwood M.S.A. & Whitehouse M.J. (2011). *In-situ zircon U-Pb, oxygen and hafnium isotopic evidence for magma mixing and mantle metasomatism in the Tuscan Magmatic Province, Italy*. Earth and Planetary Science Letters, 305 (1-2), 45-56. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2011.02.039>
- Garfagnoli F., Menna F., Pandeli E. & Principi G. (2005). *The Porto Azzurro Unit (Mt. Calamita promontory, south-eastern Elba Island, Tuscany): stratigraphic, tectonic and metamorphic evolution*. Bollettino della Società Geologica Italiana, 3, 119-138.
- Liotta D. (1991). *The Arbia-Val Marecchia line, Northern Apennines*. Eclogae Geologicae Helveticae, 84, 413-430.
- Liotta D., Brogi A., Meccheri M., Dini A., Bianco C. & Ruggieri G. (2015). *Coexistence of low-angle normal and high-angle strike-slip faults during Late Miocene mineralization in eastern Elba Island (Italy)*. Tectonophysics, 660, 17-34. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2015.06.025>
- Liotta D. & Brogi A. (2020). *Pliocene-quaternary fault kinematics in the Larderello geo-thermal area (Italy): insights for the interpretation of the present stress field*. Geothermics, 83, 101714. <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2019.101714>
- Liotta D., Brogi A., Ruggieri G. & Zucchi M. (2021). *Fossil vs. active geothermal systems: a field laboratory method to disclose the relationships between geothermal fluid flow and geological structures at depth*. Energies, 14(4), 933. <https://doi.org/10.3390/en14040933>
- Maineri C., Benvenuti M., Costagliola P., Dini, A., Lattanzi P., Ruggieri G. & Villa I. (2003). *Sericitic alteration at the La Crocetta deposit (Elba Island, Italy): interplay between magmatism, tectonics and hydrothermal activity*. Mineralium Deposita, 38, 67-86. <https://doi.org/10.1007/s00126-002-0279-2>
- Martini I.P. & Sagri M. (1993). *Tectono-sedimentary characteristics of Late Miocene-Quaternary extensional basins of the Northern Apennines, Italy*. Earth-Science Reviews, 34, 197-233. [https://doi.org/10.1016/0012-8252\(93\)90034-5](https://doi.org/10.1016/0012-8252(93)90034-5)
- Martini I., Ambrosetti E., Brogi A., Aldinucci M., Zwaan F. & Sandrelli F. (2021). *Polyphase extensional basins: interplay between tectonics and sedimentation in the Neogene Siena-Radicefani Basin (Northern Apennines, Italy)*. International Journal of Earth Sciences, 110, 1729-1751. <https://doi.org/10.1007/s00531-021-02038-4>
- Moeller S., Grevemeyer I., Ranero C.R., Berndt C., Klaeschen D., Sallares V., Zitellini N. & De Franco R. (2013). *Early-stage rifting of the northern Tyrrhenian Sea Basin: results from a combined wide-angle and multichannel seismic study*. Geochim. Geophys. Geosyst., 14, 3032-3052. <https://doi.org/10.1002/ggge.20180>
- Rochira F., Caggianelli A., & de Lorenzo S., (2018). *Regional thermo-rheological field related to granite emplacement in the upper crust: implications for the Larderello area (Tuscany, Italy)*. Geodinamica Acta, 30, 225-240. <https://doi.org/10.1080/09853111.2018.1488912>
- Romagnoli P., Arias A., Barelli A., Cei M. & Casini M. (2010). *An updated numerical model of the Larderello-Travale geothermal system, Italy*. Geothermics, 39(4), 292-313.
- Scott S., Driesner T. & Weis P. (2015). *Geologic controls on supercritical geothermal resources above magmatic intrusions*. Nature Communications, 6, 7837. DOI: 10.1038/ncomms8837
- Sillitoe R.H. & Brogi A. (2021). *Geothermal systems in the Northern Apennines, Italy: modern analogues of carlin-style gold deposits*. Economic Geology, 116(7), 1491-1501. <https://doi.org/10.5382/econgeo.4883>
- Spieß R., Langone A., Caggianelli A., Stuart F.M., Zucchi M., Bianco C., Brogi A. & Liotta D. (2021). *Unveiling ductile deformation during fast exhumation of a granitic pluton in a transfer zone*. Journal of Structural Geology, 147, 104326. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2021.104326>
- Viti C., Brogi A., Liotta D., Mugnaioli E., Spieß R., Dini A., Zucchi M. & Vannuccini G. (2016). *Seismic slip recorded in tourmaline fault mirrors from Elba Island (Italy)*. Journal of Structural Geology, 86, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2016.02.013>
- Zucchi M., Brogi A., Liotta D., Rimondi V., Ruggieri G., Montegrossi G., Caggianelli A. & Dini A. (2017). *Permeability and hydraulic conductivity of faulted micaschist in the eastern Elba Island exhumed geothermal system (Tyrrhenian sea, Italy): insights from Cala Stagnone*. Geothermics, 70, 125-145. <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2017.05.007>

La Grotta di Fumane è uno dei maggiori siti archeologici preistorici noti in Europa. Le ricche testimonianze conservate nei depositi di riempimento di questa cavità, oggetto di ricerche scientifiche coordinate dall'Università di Ferrara, rappresentano un documento eccezionale delle frequentazioni dell'Uomo di Neanderthal e dei primi Uomini sapiens. Questo giacimento è fondamentale per studiare il modo di vita, l'economia e la tecnologia dei rappresentanti di un'umanità del passato che frequentarono la Valpolicella per oltre 50.000 anni, ma anche per comprendere i meccanismi che hanno portato, attorno a 40.000 anni fa, all'affermazione della nostra specie in Europa. Dal 2005, la Grotta è accessibile ai visitatori del Parco della Lessinia attraverso un suggestivo percorso che permette di esaminare le stratigrafie e riconoscere le tracce degli abitati paleolitici. Gli scavi sistematici alla Grotta di Fumane hanno messo in luce una successione stratigrafica spessa complessivamente 10 m, che poggia sulla roccia alterata alla base della cavità.

GROTTA DI FUMANE, *il Geosito dei Neanderthal e Sapiens*

a cura di Marco Peresani, Nicola Nannini e Lisa Carrera



Autori Marco Peresani

Professore Associato di Antropologia, Università degli Studi di Ferrara, Dipartimento di Studi Umanistici, Sezione di Scienze Preistoriche e Antropologiche, Ferrara; Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria, Laboratorio di Palinologia e Paleoeologia, Milano.

Nicola Nannini¹ e Lisa Carrera²

¹ - Collaboratore di ricerca presso il Dipartimento di Studi Umanistici, Sezione di Scienze Preistoriche e Antropologiche, Università degli Studi di Ferrara; MUSE - Museo delle Scienze di Trento, Sezione di Preistoria.

² - Dottore di Ricerca presso Università di Bologna, Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche ed Ambientali, Bologna.

Il Quaternario è conosciuto per l'elevata variabilità climatica e le profonde ripercussioni esercitate sul paesaggio e il mondo vivente. Tra i fenomeni più importanti vi sono le glaciazioni, causate dalla variazione astronomica dell'apporto di calore sulla superficie terrestre. Le informazioni fondamentali per lo studio del clima negli ultimi 800.000 anni provengono dai sedimenti marini e dai ghiacci continentali, attraverso i quali è possibile costruire precise scale temporali ed estrarre dati sulla temperatura, l'umidità, la composizione dell'aria e altri. Le altre fonti di informazione in ambiente continentale, fatta esclusione per gli speleotemi e altri archivi ad elevata risoluzione, sono varie e ampiamente disponibili: seppure offrano dati meno precisi, consentono di proporre degli inquadramenti ecologico – climatici più aderenti alla scala regionale. È il caso dei ripari sottoroccia e delle cavità atriali delle grotte carsiche, i cui riempimenti registrano attraverso i sedimenti e il loro contenuto paleontologico e geochimico, traccia dei mutamenti climatici e ambientali su intervalli temporali di diversa durata. In particolare, alcune di queste possono anche fornire documenti eccezionali delle frequentazioni dell'Uomo di Neanderthal e dei primi Uomini sapiens. In questo articolo accenneremo anche a questi temi descrivendo un sito geo-archeologico italiano, la Grotta di Fumane nei Monti Lessini, ritenuto fondamentale per studiare la vita, l'economia e il pensiero dei rappresentanti di un'umanità del passato, i Neanderthal, che frequentarono l'Italia settentrionale per

oltre 150.000 anni, ma anche per comprendere i meccanismi che portarono poco prima di 40.000 anni fa, all'affermazione della nostra specie, unica, nell'Eurasia.

Segnalata già alla fine del XIX secolo, la Grotta di Fumane fu oggetto nel 1964 di una prima indagine stratigrafica alla quale seguì, dopo un lungo periodo di abbandono, una nuova fase di ricerche archeologiche, geoarcheologiche, paleontologiche e paleoantropologiche coordinate dall'Università di Ferrara.

Sormontata da una parete di calcari dolomitizzati (Fig. 1), la grotta si apre a 350 m di quota nel Parco Naturale Regionale della Lessinia ed è connessa a un complesso insieme di cavità carsiche fossili ostruite da depositi clastici e da un corpo di frana che, una volta rimosso, permise di esporre i livelli abitativi di *Homo neanderthalensis* e di *Homo sapiens*.

A distanza di poco più di trent'anni dalla prima campagna di scavo (1988), Fumane è oggi riconosciuta dalla comunità scientifica internazionale come uno dei giacimenti più importanti d'Europa, poiché conserva evidenze riconducibili a un insieme di eventi climatici avvenuti tra circa 200.000 anni fa e la fine dell'ultimo ciclo glaciale, tra Pleistocene medio e superiore. Oltre che rappresentare un'importante fonte di informazioni per la ricostruzione delle variazioni climatiche ed ecologiche di questa zona durante il Pleistocene Superiore, un'articolata successione di strati, le loro caratteristiche litologiche e il contenuto paleontologico restituisce anche le evidenze della sostituzione dei Neanderthal da parte dei *sapiens*.



Fig. 1 - Grotta di Fumane e la sua imboccatura attrezzata per la visita (foto M. Dalla Pegorara).

Keywords

Grotta,
Pleistocene
Neanderthal
Sapiens

I DEPOSITI, LA LORO STRATIFICAZIONE E LA LORO ORIGINE

Grotta di Fumane è parte di un reticolo carsico inattivo almeno fin dal Pleistocene medio recente, evoluto a spese della formazione dell'Oolite di San Vigilio, un complesso carbonatico caratterizzato da alternanza di membri calcarenitici e calcilutitici. Pozzi e gallerie, una volta apertesi sul versante dell'incisione torrentizia del "Vajo di Manune", iniziarono a degradare colmandosi con un deposito stratificato, attualmente accessibile ai visitatori lungo le due principali sezioni esposte. Diversi tipi di sedimenti lo costituiscono: sabbie dolomitiche residuali, polveri eoliche, frammenti spigolosi e massi rocciosi più grandi caduti dalla volta e dalle pareti della grotta. La successione stratigrafica si compone delle seguenti unità.

Sabbie Basali (Unità S). Si tratta di sabbie dolomitiche con pietrisco a stratificazione planare con intercalati livelli ricchi di carbone e sostanza organica, manufatti in selce scheggiata e resti faunistici. L'unità poggia sulla roccia alterata del complesso carsico.

Brecce (Unità BR). Componente principale di questa unità è il pietrisco a spigoli vivi che deriva dall'azione crioergica sulla volta e le pareti della cavità (**Fig. 2**). La frazione fine è costituita da limi eolici, dominanti a tratti sulla frazione pietrosa. Le tracce dell'antropizzazione variano da molto intense alla base (strato BR11) a più disperse (BR7). Un consistente suolo d'abitato con focolari lo si ritrova in BR6, che riposa su una superficie erosiva. BR6 è coperto da pietrisco sciolto (BR5 - BR1).

Unità fortemente antropizzate (Unità A). Questo insieme di livelli e strati piano-paralleli è costituito da pietrisco sciolto, sabbie, limi e molto materiale archeologico (**Figg. 2 e 3**). La diversa incidenza di queste frazioni e la variazione del contenuto di sostanza organica e materiale carbonizzato differenziano l'unità negli strati da A13 a A1. Ognuno di questi, a sua volta, presenta diversità di facies in rapporto alla granulometria del sedimento che marca il passaggio tra i microambienti nella cavità atriale. A13 e A12 sono pietrisco frammisto a sabbie, A11 e A10 costituiscono un'eccezionale successione di livelli antropizzati alternati a livelli di pietrisco archeologicamente sterile, A9 fino ad A3 vedono il pietrisco crioclastico prevalere sulla matrice eolica la quale, di converso, diventa dominante nella zona esterna alla cavità. In questi strati sono documentate con abbondanti reperti e strutture antropiche le frequentazioni degli ultimi Neanderthal (A9-A4) e dei primi *sapiens* (A3). Al di sopra dello strato A3

Fig. 2 - Le principali sezioni dei depositi di riempimento di Grotta di Fumane espongono una fitta stratigrafia. Nella parte superiore si nota la grande sezione longitudinale oggi non più esistente che mostra le macrounità A e D. In primo piano, la sezione del sondaggio con le unità BR e A (foto M. Peresani).

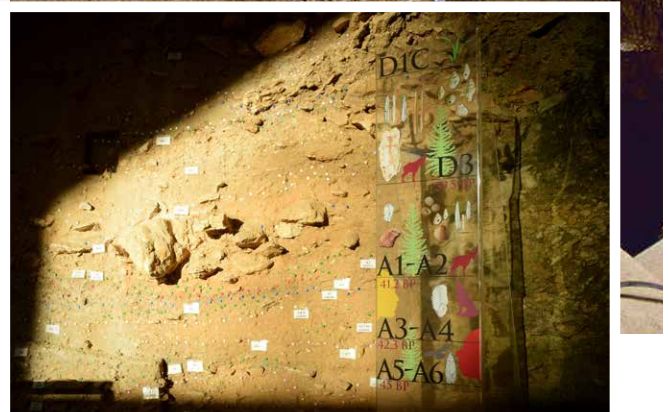
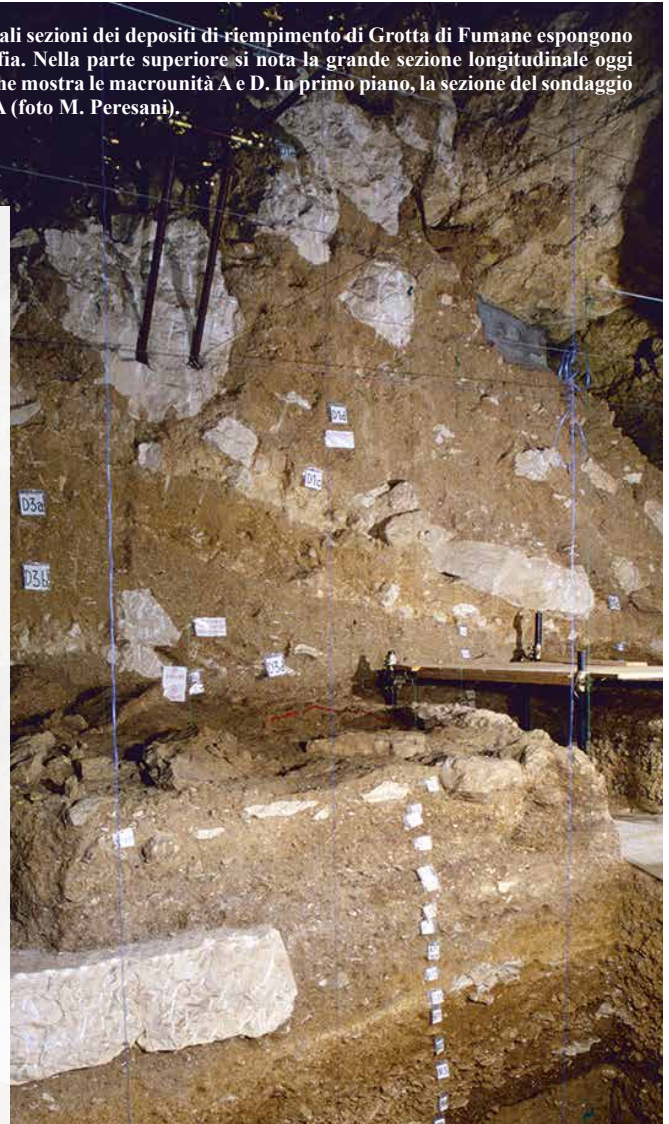


Fig. 3 - La sezione stratigrafica visibile all'entrata della galleria conserva gli strati che registrano la presenza degli ultimi Neanderthal e l'arrivo dei primi *sapiens* in Lessinia (foto A. Léon).

si trova il livello A2, corrispondente a un denso accumulo di materiale archeologico riferibile a un uso intenso e ripetuto della cavità nel Paleolitico superiore, con organizzazione degli spazi abitativi.

Detriti (Unità D). Una serie di eventi sedimentari, responsabili della formazione di strati di diverso spessore immergenti verso l'interno della cavità e composti da grossi massi, porta alla chiusura della grotta. Sopra un accumulo di pietrisco e massi di frana (D3d), si trova D3a, suolo incipiente sviluppato su sabbie-limose con allineamenti di placchette, al quale segue un accumulo di frana (D1c) con massi frammisti a sabbie, alcuni dei quali scivolati verso l'interno per geliflusso. I sedimenti pietrosi soprastanti (D1d) contengono placchette ma anche un livello carbonioso (D1d base), testimonianza

dell'ultima frequentazione umana della cavità. La chiusura definitiva dell'accesso è anticipata dall'uso della cavità come ricovero di iene o leoni delle caverne.

La successione di Fumane si correla su base geocronologica e biostratigrafica ai principali mutamenti climatici del Pleistocene medio e superiore. Date ottenute basate con i metodi dell'^U/Th, della termoluminescenza e del radiocarbonio collocano le unità S e parte delle unità BR nel Pleistocene medio recente, mentre la sommità dell'unità BR e le unità A e D al Pleistocene superiore e precisamente agli Stadi Marini Isotopici (MIS) 4, 3 e 2, coprendo parte dell'Ultimo Massimo Glaciale. La successione stratigrafica di Fumane ha le potenzialità per ottenere una maggiore risoluzione con il proseguire del programma di datazioni.

PALEONTOLOGIA: LE FAUNE A MAMMIFERI

Riferibili a una mammalofauna ricca e varia, i resti ossei rinvenuti lungo la sequenza di Fumane sono interpretabili in maggioranza come prede adulte introdotte dall'uomo nel sito. Ciò è indicato dalla presenza di una gamma di tracce tafonomiche sulle ossa, derivate da azioni mirate all'estrazione delle risorse dagli animali quali pelliccia, carne, tendini e midollo osseo. Stigmi e colpi di fratturazione, strie prodotte da coltelli in selce (Fig. 4) e macchie nerastre derivanti da ripetute combustioni sono solo alcuni segnali di un intenso sfruttamento delle risorse animali nella grotta. Tra i grandi erbivori, gli ungulati più rappresentati sono il cervo (*Cervus elaphus*), lo stambecco (*Capra ibex*) (Fig. 5) e il capriolo (*Capreolus capreolus*), mentre meno frequenti sono il camoscio (*Rupicapra rupicapra*), l'alce (*Alces alces*), il cinghiale (*Sus scrofa*) e i grandi bovini come il bisonte (*Bison priscus*) e l'uro (*Bos primigenius*). Tra gli esponenti della megafauna estinta è stato ritrovato anche il megacero (*Megaloceros giganteus*), un grosso cervide con grandi palchi, e il rinoceronte lanoso (*Coelodonta antiquitatis*), insieme al cavallo (*Equus caballus*).

In momenti alterni rispetto agli accampamenti dei gruppi umani, la grotta è stata frequentata anche da animali carnivori, come testimoniato dall'alto numero di ossa di erbivori con morsi e rosicature tipiche. Tuttavia, è stato provato da diversi segni di taglio sulle ossa, che anche alcune specie carnivore fossero state cacciate e sfruttate sia dagli ultimi Neanderthal

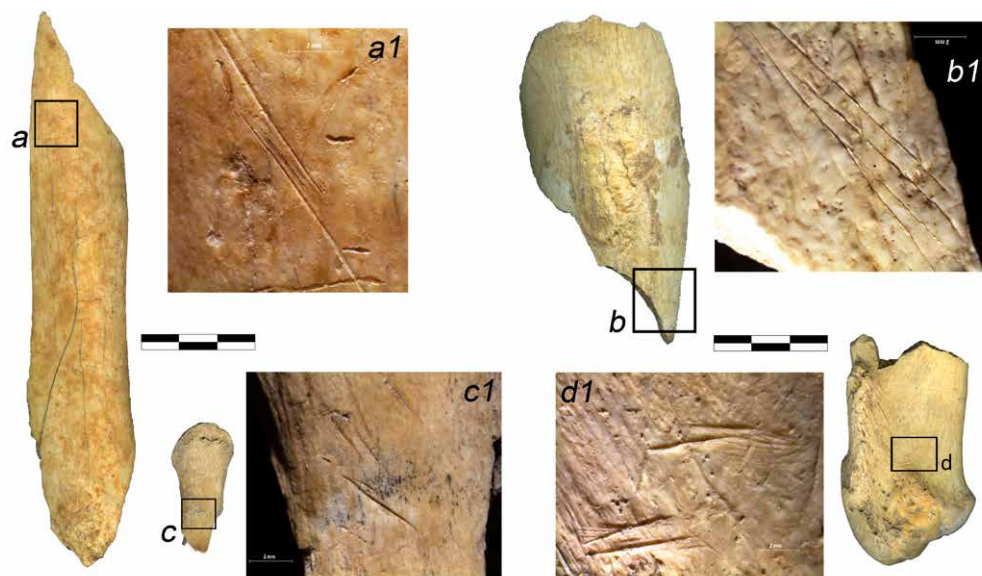


Fig. 4 - Ossa di ungulati con tracce di macellazione ritrovate nei livelli a frequentazione neanderthaliana: tibia (a-a1) e porzione prossimale di costola di alce (c-c1) con tagli di scarnificazione; omero (b-b1) e calcagno (d-d1) di megacero con tagli di distacco di masse muscolari e spellamento (foto N. Nannini).

che dai primi *sapiens*. L'estrazione delle calde pellicce è documentata sia sull'orso bruno (*Ursus arctos*), che sulla forma speloida estinta (*Ursus spelaeus*), insieme ad animali più "piccoli" quali il lupo (*Canis lupus*), la volpe (*Vulpes vulpes*) e la lince (*Lynx lynx*).

In generale, un ampio spettro di specie carnivore presuppone l'esistenza di una ricca biomassa di prede disponibili, e Grotta di Fumane veniva a collocarsi in un punto non molto distante da ambienti completamente diversi, come testimoniato dal ritrovamento della volpe polare (*Alopex lagopus*), del ghiottone (*Gulo gulo*) e dell'ermellino (*Mustela erminea*), tipici marcatori di ambiente freddo più o meno forestato. Ambienti con maggiore copertura vegetale potevano invece ospitare carnivori come la puzzola (*Mustela putorius*), la donnola (*Mustela nivalis*) e il gatto selvatico (*Felis silvestris*).



Fig. 5 - Cranio di stambecco maschio adulto affiorante alla base della macro-unità D, parzialmente coperto da un masso di crollo (foto M. Peresani).

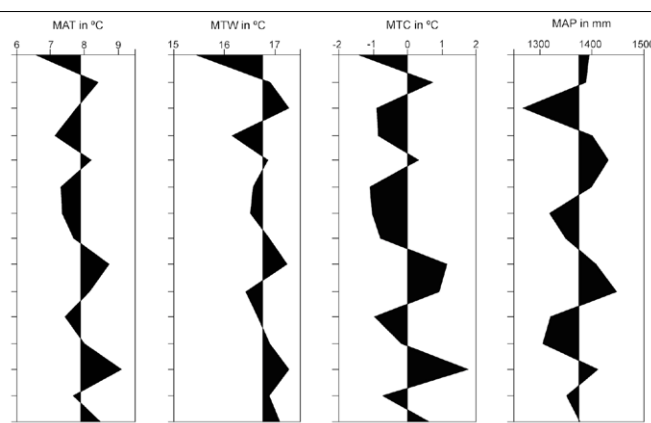


Fig. 6 - La sequenza climatica espressa dalle associazioni a roditori rinvenute nelle unità da A11 a D1 e rivela una serie di conseguenze sulla densità forestale e l'estensione degli spazi aperti (da López-García et al., 2015 mod.).

Da ricordare inoltre, in quanto animali particolarmente conosciuti, sono anche il leone (*Panthera leo*), il leopardo (*Panthera pardus*) e la iena (*Crocuta crocuta*) nelle loro versioni “glaciali”, che dovevano senza dubbio generare qualche pensiero anche alle più organizzate comunità umane. Sono inoltre rappresentate la lepre alpina (*Lepus timidus*) e la marmotta (*Marmota marmota*), inquilina di tane all'interno della grotta; specie decisamente più sporadiche sono invece il castoreo (*Castor fiber*) e l'istrice (*Hystrix cristata*), presente con un unico resto nello strato A12.

La variazione tassonomica lungo la stratigrafia permette di definire oscillazioni climatiche e cambi di assetti vegetazionali attraverso 50.000 anni di occupazione del sito. Un momento climatico fresco, con debole copertura forestale alternato ad ampie praterie alpine e ambienti dirupati, si riflette nella parte basale dell'Unità A dove prevalgono i cervidi insieme a stambecco, camoscio e marmotta. Un progressivo e netto aumento dei cervidi, a scapito delle specie di ambienti aperti, si ha nelle unità A11, A10 e A9, e ciò riflette una variazione climatica in senso temperato umido, con l'espandersi degli ambienti boschivo-forestali. La prevalenza di tali ambienti sembra continuare fino al livello A3, pur registrandosi una tendenza verso condizioni più fresche. Successivamente, un netto cambiamento verso condizioni fredde e più aride si manifesta a partire dal livello aurignaziano A2, con lo sviluppo di ambienti di prateria alpina e steppici e la contrazione di zone umide e boschive. Le specie più strettamente legate alla copertura boschiva temperata diminuiscono, mentre si nota l'incremento di quelle di ambiente forestale più freddo quali il lupo, il ghiozzone, la martora, la lince e il leopardo. Più frequenti iniziano ad essere le specie di ambiente aperto a carattere alpino come lo stambecco, il camoscio, la marmotta e la lepre alpina, insieme alla comparsa di piccoli mustelidi, tra i quali l'ermellino e la donnola.

In linea generale, la grande disponibilità ambientale di selvaggina permetteva ai gruppi umani di non dover stabilire delle vere e proprie strategie di caccia, con prede specializzate o particolari classi d'età. Quello che l'enorme insieme osseo di Fumane riflette, è che sia gli ultimi neanderthal che i

primi *sapiens* avevano la possibilità di cacciare in ambienti estremamente eterogenei tra loro in prossimità del sito, ricchi di un'ampia varietà di specie.

PALEONTOLOGIA: LE FAUNE A RODITORI

In virtù della loro sensibilità, anche alle lievi oscillazioni climatiche, la microteriofauna recuperata dagli scavi risulta uno dei migliori bioindicatori a disposizione per interpretare l'evoluzione del paesaggio nei pressi di un sito archeologico. Un recente studio ha ipotizzato come l'accumulo di oltre 8600 resti di piccoli mammiferi lungo la successione stratigrafica da A11 a D1 sia dovuto sia all'azione predatoria di strigiformi notturni, come gufi e allocchi, sia di predatori diurni come falchi e volpi. Questi animali, una volta digerita la loro piccola preda, ne hanno lasciato i resti nella grotta attraverso borre o feci. Allo stato attuale delle ricerche, 29 sono i taxa identificati: sei specie di insettivori rappresentati prevalentemente da *Talpa europaea* e *Sorex gr. araneus-samniticus*, cinque specie di pipistrelli, 18 specie di roditori tra cui *Microtus arvalis*, *M. agrestis*, *M. (Terricola) multiplex-subterraneus*, *Arvicola amphibius*, *Clethrionomys glareolus*, *Chionomys nivalis*, *Apodemus sylvaticus*, *Apodemus flavicollis*, riconducibili a diversi ambienti. Questa associazione permette di definire nel dettaglio espansioni e contrazioni di foreste a parco, sviluppo di boschi più radi intervallati da ambienti aperti, picchi di inaridimento e oscillazioni nel tasso di umidità ambientale. La sequenza abbraccia una serie di oscillazioni climatiche responsabili di variazioni dei parametri (temperatura e precipitazioni), con conseguenze sulla densità forestale e l'estensione degli spazi aperti (Fig. 6), correlata alla sequenza climatica globale. I dati concordano con quanto osservato dallo studio della macrofauna, aumentando il potere risolutivo di un quadro ambientale altrimenti non definibile dai soli grandi mammiferi, più tolleranti alle oscillazioni climatiche.

PALEONTOLOGIA: LE FAUNE A UCCELLI

Il complesso faunistico comprende anche centinaia di resti di uccelli riferibili a numerose specie, alcune delle quali sono state segnalate solo raramente nei giacimenti fossili italiani: albanella minore (*Circus pygargus*), poiana calzata (*Buteo lagopus*), smeriglio (*Falco columbarius*), piro piro boschereccio (*Tringa glareola*), piro piro piccolo (*Actitis hypoleucos*), civetta capogrosso (*Aegolius funereus*), picchio dorsobianco (*Dendrocopus leucotos*), allodola golagialla (*Eremophila alpestris*), fringuello alpino (*Montifringilla nivalis*), fanello (*Linaria cannabina*) e crociere delle pinete (*Loxia pytyopsittacus*). Gli uccelli più frequenti sono quelli che vivono attualmente in ambiente montano, come il fagiano di monte (*Tetrao tetrix*), e in ambiente silvano, come il re di quaglie (*Crex crex*), che vive nei prati alpini e il gracchio alpino (*Pyrrhocorax graculus*) (**Fig. 7**), che occupa gli affioramenti rocciosi. Sono abbondanti anche i resti ossei appartenenti ai rapaci diurni e notturni, soprattutto gheppio (*Falco tinnunculus*), gufo comune (*Asio otus*). Ad essi sono associate alcune specie di ambiente acquatico quali germano reale (*Anas platyrhynchos*), alzavola (*Anas crecca*), marzaiola (*Spatula querquedula*) e gallinella d'acqua (*Gallinula chloropus*). Tra gli uccelli indicatori di ambienti aperti alpini

va segnalata anche la pernice bianca (*Lagopus muta*). Specie boreali quali pernice bianca nordica (*Lagopus lagopus*), civetta delle nevi (*Bubo scandiacus*) e crociere delle pinete (*Loxia pytyopsittacus*) indicano condizioni climatiche più rigide delle attuali legate a oscillazioni climatiche fredde.

Le superfici ossee dei resti degli uccelli riferibili al Paleolitico medio mostrano la presenza di strie di macellazione su specie attualmente edibili, come il fagiano di monte, il re di quaglie e il gracchio, ma anche su porzioni anatomiche prive di interesse alimentare appartenenti ad Aquila reale (*Aquila chrysaetos*), gipeto (*Gypaetus barbatus*) avvoltoio monaco (*Aegypius monachus*) e ad altri rapaci dai quali i Neanderthal estraevano le penne remiganti per un uso ornamentale e simbolico.



Fig. 7 - Resti di ala di gracchio alpino in connessione anatomica (strato A9) che presentano tracce di rosicatura umana riconosciute al microscopio (foto M. Romandini).

NEANDERTHAL & SAPIENS GEOLOGI



Fig. 8 - Selezione di lame ricavate scheggiando diversi tipi di selci della Lessinia con il metodo Levallois (foto J. Gennai).

Un aspetto che lega Neanderthal e *sapiens* alla geologia del territorio è lo sfruttamento di rocce silicatiche (**Fig. 8**) per la produzione di strumenti e armi mediante la scheggiatura e il ritocco dei bordi delle schegge. L'approvvigionamento riguardava ciottoli, noduli e blocchi di selce prelevati da detrito sciolto, depositi torrentizi e suoli. Tutte le industrie litiche, sia del Paleolitico medio che del Paleolitico superiore, rivelano una scelta della materia prima, che teneva conto delle caratteristiche tessiturali, delle dimensioni di artoni e blocchi, e di altre in grado di influire sull'attitudine del materiale a ottenere prodotti desiderati secondo le tecnologie di scheggiatura maggiormente in uso: metodo Levallois e metodo Discoide nel Paleolitico medio; metodo Laminare nel Paleolitico superiore. Gli utensili erano punte, anche di piccole dimensioni, raschiatoi laterali e convergenti, raschiatoi trasversali.

Di unicità incomparabile per il Paleolitico medio d'Europa sono alcuni ciottoli fluviali in serpentinite piatti, arrotondati e levigati (**Fig. 9a**), che spiccano non solamente per il colore verde brillante, ma anche per delle microscopiche tracce che ne rimandano l'uso a un residuo organico determinato come adipocere. L'insieme ne suggerisce, eccezionalmente, un utilizzo nella manifattura di strumenti in osso. L'evidenza rivela come i Neanderthaliani, nel selezionare tali ciottoli, siano stati influenzati da fattori estetici, oltre che funzionali. Infatti, l'area di raccolta, che cade nella piana fluviale dell'Adige sita a pochi chilometri dalla grotta (**Fig. 9b**), presenta un'ampia varietà litologica di colori e sfumature

GROTTA DI FUMANE, il Geosito dei Neanderthal e Sapiens

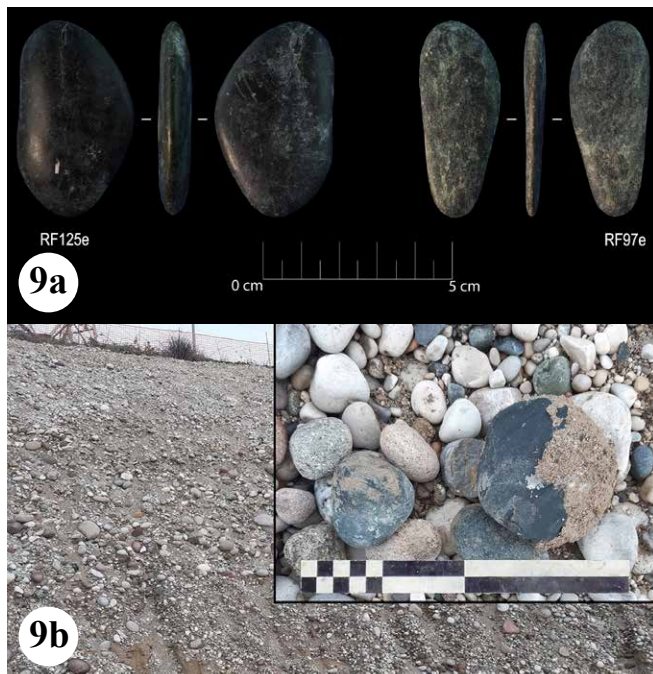


Fig. 9 - Ciottoli in serpentinite ritrovati negli ultimi livelli di frequentazione neanderthaliana. Sotto, ghiaie fluviali della piana pleistocenica dell'Adige affioranti in una cava, con ciottoli in serpentinite.

differenti, dal grigio, al rosa, al nero, dove i ciottoli in serpentinite sono stati selezionati rispetto ad altri in gneiss e cornubianite.

Nei depositi del Paleolitico superiore, oltre a selci e ciottoli torrentizi locali, qualche manufatto veniva ricavato nella radiolarite degli Scisti ad Aptici proveniente dalle Prealpi Lombarde. Il materiale grezzo veniva lavorato per ottenere prodotti laminari e lamellari, utensili (grattatoi, bulini, lame ritoccate), e piccole punte per le armi da getto. Sono presenti anche utensili in osso e palco di cervide e circa un migliaio di conchiglie marine ornamentali (**Fig. 10**) appartenenti a 66 *taxa*, contemporanee dell'occupazione. Il loro approvvigionamento indica apposite spedizioni o scambi, con una selezione che ha privilegiato le forme più piccole dall'ornamentazione appariscente. La metà di esse è forata.

L'uso della materia minerale riguardava anche i pigmenti. Se i Neanderthal ne facevano uso occasionalmente, i Sapiens apportarono nella grotta ocre gialla e rossa in quantità tale da arrossare ampie chiazze di sedimento con pigmento polverizzato e blocchetti ematitici ad elevata adesività. Si tratta di materiale adatto a essere applicati alla pietra, come attestato anche dal ritrovamento di eccezionali pietre dipinte. La più nota mostra un antropomorfo, visto frontalmente con due corna (forse una maschera) sul volto, le braccia tese verso l'esterno e le gambe allargate. La mano destra regge qualcosa che pende verso il basso, forse un oggetto rituale (**Fig. 11**). Un'altra rappresenta un animale a quattro zampe visto di fianco; di lettura più incerta le altre.



Fig. 10 - Una selezione di conchiglie marine perforate provenienti dai livelli relativi alla presenza di *Homo sapiens*. In ordine, dall'estremità sinistra: *Homalopoma sanguineum*, *Clanculus corallinus*, *Euspira* sp., *Tritia mutabilis*, *Phorcus articulatus*, *Cerastoderma glaucum*, *Aporrhais pespelecani*, *Episcomitra cornicula*, *Clanculus jussieu*, *Turritella communis*.



Fig. 11 - Tra le opere d'arte in ocre rossa rinvenute a Fumane e riferibili all'attività artistica dei primi sapiens, la più famosa è questa pietra che raffigura un personaggio di rango indossante un copricapo.

CONCLUSIONI

Grazie alla conservazione di un archivio così ricco ed eccezionalmente conservato, Grotta di Fumane può essere considerata, nei limiti di questa tipologia di siti geologici, paleontologici, archeologici e antropologici, un archivio di riferimento per il Pleistocene e il Paleolitico del Nord Italia. Molti dei dati acquisiti in questi ultimi trent'anni sono risultati di notevole interesse per la paleoecologia del Pleistocene medio e superiore e per la ricostruzione delle dinamiche bio-culturali degli Uomini di Neanderthal e dei primi *sapiens* nel Paleolitico medio e superiore, in una fase chiave della nostra evoluzione che ha conosciuto rilevanti eventi climatici, estesi processi migratori e profondi cambiamenti culturali il cui studio necessita di sequenze sedimentarie e archeologiche articolate e abbondanti nel contenuto di reperti. Numerose grotte contengono queste informazioni, ma solo eccezionalmente le presentano a un grado di risoluzione così elevato come quello di Fumane.

COLLABORAZIONI

Le ricerche su Grotta di Fumane sono realizzate in concessione da parte del Ministero delle Culture e sono sostenute dal Comune di Fumane, dal Parco Naturale Regionale della Lessinia, dal Bacino Imbrifero Montano dell'Adige, e in collaborazione con il MUSE. Collaborano attivamente alle ricerche interdisciplinari un nutrito gruppo di centri di ricerca e istituzioni nazionali e internazionali, ricercatori, dottorandi e numerosi studenti universitari. Interventi del Comune di Fumane e della Fondazione Cariverona hanno portato alla protezione del sito e delle sezioni e alla predisposizione di strutture atte all'accesso turistico.

BIBLIOGRAFIA

- Abu-Zeid N., Russo P., Bignardi S. & Peresani M. (2019). *Deep in a Paleolithic archive: Integrated geophysical investigations and laserscanner reconstruction at Fumane Cave, Italy*. Journal of Archaeological Science: Reports, 27, 101276. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.101976>
- Aleo A., Duches R., Falcucci A., Rots V., Peresani M. (2021). *Scraping hide in the early Upper Paleolithic: insights into the life and function of the Protoaurignacian endscrapers at Fumane cave*. Archaeological and Anthropological Sciences, 13, 137. [10.1007/s12520-021-01367-4](https://doi.org/10.1007/s12520-021-01367-4)
- Benazzi S., Slon V., Talamo S., Negrino F., Peresani M., Bailey S.E., Sawyer S., Panetta D., Vicino G., Starnini E., Mannino M.A., Salvadori P.A., Meyer M., Pääbo S. & Hublin J.J. (2015). *The makers of the Protoaurignacian and implications for Neanderthal extinction*. Science, 348 (6236), 793-796. [10.1126/science.1257521](https://doi.org/10.1126/science.1257521)
- Broglio A. & Dalmeri G. (2005). *Pitture paleolitiche nelle Prealpi Venete: Grotta di Fumane e Riparo Dalmeri*. Atti del Simposio, Memorie Museo Civico di Storia Naturale di Verona, 2. serie, Sezione Scienze dell'Uomo 9, Preistoria Alpina, nr. speciale.
- Cassoli P.F. & Tagliacozzo A. (1991). *Considerazioni paleontologiche, paleoecologiche e archeozoologiche sui macromammiferi e gli uccelli dei livelli del Pleistocene superiore del Riparo di Fumane (VR) (Scavi 1988-91)*. Bollettino Museo Civico Storia Naturale Verona, 18, 349-445.
- Delpiano D., Heasley K. & Peresani M. (2018). *Assessing Neanderthal land use and lithic raw material management in Discoid technology*. Journal of Anthropological Science, 96, 1-22. [10.4436/JASS.96006](https://doi.org/10.4436/JASS.96006)
- Delpiano D., Zupancich A. & Peresani M. (2019). *Innovative Neanderthals: Results from an integrated analytical approach applied to backed stone tools*. Journal of Archaeological Science, 110, 105011. doi.org/10.1016/j.jas.2019.105011
- Falcucci A., Conard N.J. & Peresani M. (2020). *Breaking through the Aquitanian frame: a re-evaluation on the significance of regional variants during the Early Upper Paleolithic as seen from a key record in southern Europe*. Journal of Anthropological Sciences, 98, 99-140. doi.org/10.4436/jass98021
- Fellows Yates J.A., Velsko I.M., Aron F., Posth C., Hofman C.A., et al. (2021). *The evolution and changing ecology of the African hominid oral microbiome*. Proceedings National Academy of Sciences of the United States of America, 118 (20), e2021655118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2021655118>
- Higham T.F.G., Brock F., Peresani M., Broglio A., Wood R. & Douka K. (2009). *Problems with radiocarbon dating the Middle and Upper Palaeolithic transition in Italy*. Quaternary Science Reviews, 28, 1257-1267. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2008.12.018>
- Higham T., Douka K., Wood R., Bronk Ramsey C., Brock F., et al. (2014). *The timing and spatio-temporal patterning of Neanderthal disappearance*. Nature, 512, 306-309. <https://doi.org/10.1038/nature13621>
- López-García J.M., Dalla Valle C., Cremaschi M. & Peresani M. (2015). *Reconstruction of the Neanderthal and Modern Human landscape and climate from the Fumane cave sequence (Verona, Italy) using small-mammal assemblages*. Quaternary Science Reviews, 128, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2015.09.013>
- Peresani M. (2012). *Fifty thousand years of flint knapping and tool shaping across the Mousterian and Uluzzian sequence of Fumane cave*. Quaternary International, 247, 125-150. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.02.006>
- Peresani M., Bertola S., Caricola L., Nunziante Cesaro S., Duches R., Ferretti P., Margaritora D., Marrocchino E., Eftekhari N., Vaccaro C., Zupancich A. & Cristiani E. (2021). *Late Neanderthal's taste for the green and flat pebbles*. Journal of Anthropological Archaeology, 64, 101368. <https://doi.org/10.1016/j.jaa.2021.101368>
- Peresani M., Fiore I., Gala M., Romandini M. & Tagliacozzo A. (2011). *Late Neanderthals and the intentional removal of feathers as evidenced from bird bone taphonomy at Fumane cave 44ky BP, Italy*. Proceedings National Academy of Sciences of the United States of America, 108, 3888-3893. <https://doi.org/10.1073/pnas.1016212108>
- Peresani M., Cremaschi M., Ferraro F., Falguères Ch., Bahain J.-J., Gruppioni G., Sibilia E., Quarta G., Calcagnile L. & Dolo J.-M. (2008). *Age of the final Middle Palaeolithic and Uluzzian levels at Fumane Cave, Northern Italy, using 14C, ESR, 234U/230Th and thermoluminescence methods*. Journal of Archaeological Science, 35, 2986-2996. [10.1016/j.jas.2008.06.013](https://doi.org/10.1016/j.jas.2008.06.013)
- Peresani M., Cristiani E. & Romandini M. (2016). *The Uluzzian technology of Grotta di Fumane and its implication for reconstructing cultural dynamics in the Middle – Upper Palaeolithic transition of Western Eurasia*. Journal of Human Evolution, 91, 36-56. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2015.10.012>
- Peresani M., Vanhaeren M., Quagiotto E., Queffelec A. & d'Errico F. (2013). *An ochered fossil marine shell from the Mousterian of Fumane Cave, Italy*. PLoSOne, 8(7), e68572. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0068572>
- Romandini M., Terlato G., Nannini N., Tagliacozzo A., Benazzi S. & Peresani M. (2018). *Bears and Humans, a Neanderthal tale. Reconstructing uncommon behaviors from zooarchaeological evidence in Southern Europe*. Journal of Archaeological Science, 90, 71-91. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2017.12.004>

SPUNTI PER LA DIDATTICA Fumane

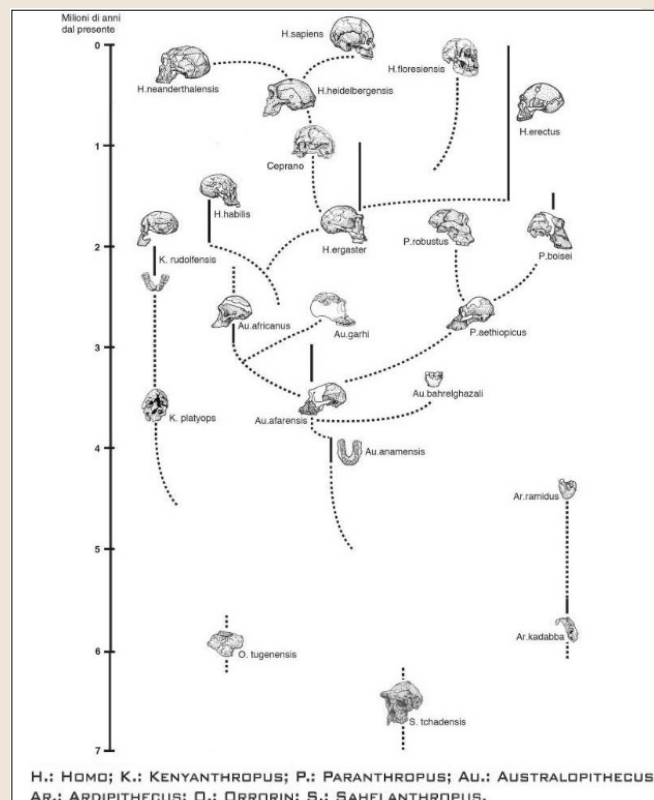
Peresani -Nannini-Carrera

La lettura dell'articolo, ricco di spunti geologici, paleontologici, biologici e paleoclimatici, può fornire, anche senza soffermarsi su termini tecnici che meriterebbero approfondimenti per i non-specialisti, interessanti *Spunti per la didattica* sul processo di **ominazione** e cioè il complesso dei processi evolutivi che hanno condotto alla specie umana ed in particolare sul passaggio, o sulla convivenza, tra l'uomo di Neanderthal e Homo sapiens.

La Grotta di Fumane, <http://grottadifumane.eu>, è uno dei siti italiani più interessanti e ricchi di testimonianze e fa parte di una Rete europea www.ice-age-europe.eu che comprende 13 siti e centri di ricerca europei dell' "Era glaciale". Nella rete *Ice-Age-Europe* è presente insieme a molti altri strumenti didattici e tour virtuali, un approfondimento sulla Grotta di Fumane www.youtube.com/watch?v=u0aow9NzV1o&t=3s.

Anche se il termine Era glaciale ci fa pensare più a film di animazione che a un concetto scientifico, con questo termine si intende normalmente il periodo delle glaciazioni che si svilupparono durante il Quaternario, quindi da circa 2,5 milioni di anni a 12000 anni BP (*Before Present*) e che viene definita come uno dei più affascinanti periodi dell'antica storia dell'uomo e le cui tracce sono tra le testimonianze chiave del patrimonio culturale e dello sviluppo dell'umanità.

L'ampiezza del tema invita a molti approfondimenti, ad esempio sulle teorie dell'evoluzione, la paleoclimatologia o la geomorfologia glaciale



<https://i1.wp.com/gabriellagiudici.it/wp-content/uploads/2014/03/evoluzione-uomo.png>

GROTTA DI FUMANE, il Geosito dei Neanderthal e Sapiens

Neanderthal e homo sapiens, albero o cespuglio?

La presenza in un unico sito di numerosi reperti paleontologici, attribuibili a periodi diversi ed a specie e generi diversi di ominidi è tutt'altro che rara. Tracce biologiche, denti e ossa, manufatti di qualità via via più evoluta e con funzioni differenti, sepolture, pitture murali, sovrapposte o coesistenti, tengono vivo il dibattito in un settore che viene alimentato da scoperte sempre nuove.

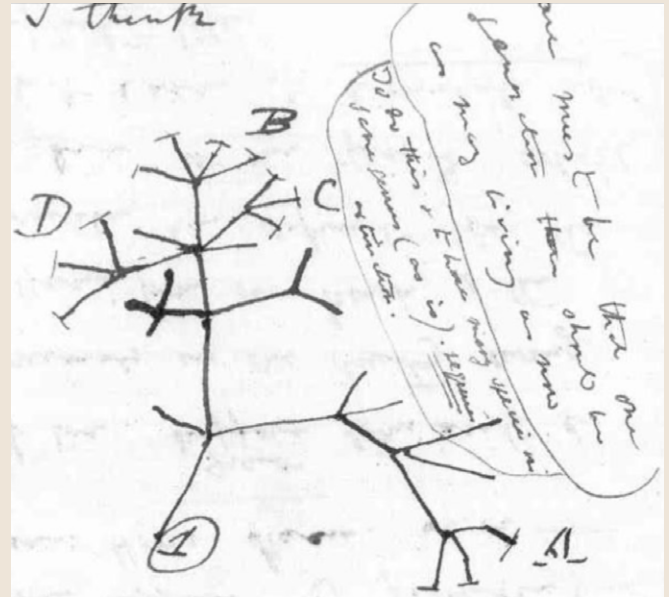
La grotta di Fumane, ma anche grotte nel Salento e in Sardegna, in Spagna (Sima de los Huesos), e in Romania (Pestera cu Oase) raccontano di convivenze e di ibridazioni, di porzioni di DNA comuni... e delle differenze tra Neanderthal e Sapiens, Cro-Magnon e Denisova sembrano ridursi, come ipotizzava già Darwin nei suoi appunti per "L'origine delle specie".

Tra le diverse cause, forse fu sufficiente per evolversi una variata alimentazione per la scomparsa dei grandi mammiferi, dovuta a variazioni climatiche.

► Per approfondire

www.youtube.com/watch?v=qM3mF0XU4kI

<https://pikaia.eu/le-origini-un-intricato-cespuglio-dove-luomo-forse-e-un-eccezione/>



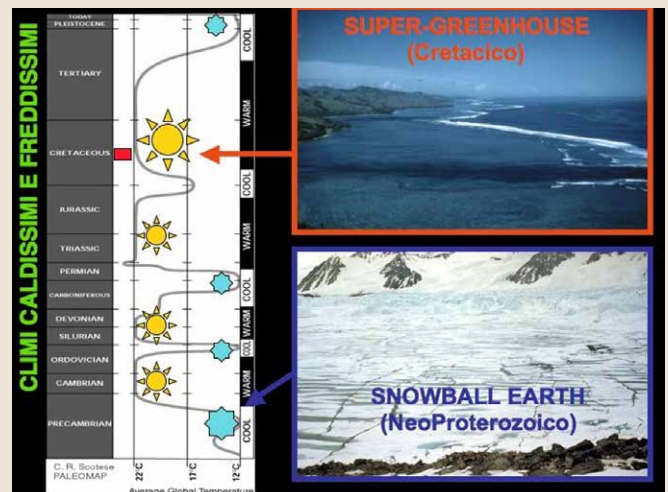
https://isabelladami.files.wordpress.com/2015/11/598px-darwins_first_tree.jpg

Le variazioni climatiche hanno interessato la terra e la sua storia geologica in modi e con intensità imprevedibili. Ad esempio questo link:

www.youtube.com/watch?v=QLUiMzG-6ls

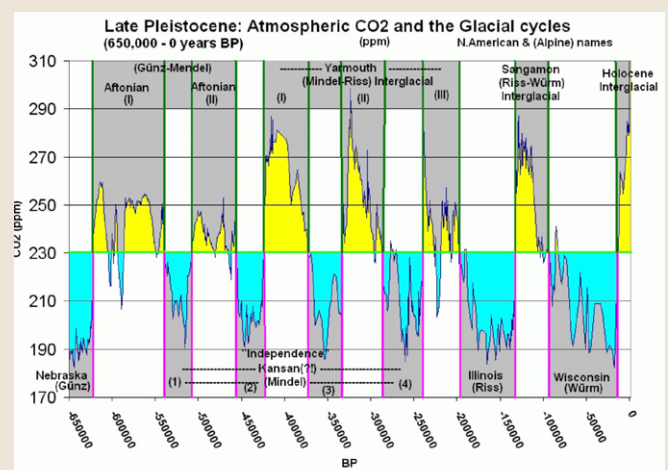
ci porterà in un momento della storia della Terra, quasi un miliardo di anni fa, in cui si è verificato un evento estremo, che probabilmente si è ripetuto più volte negli oltre 4 miliardi di anni della storia della Terra, alternandosi a periodi molto più caldi di quello attuale. 770 milioni di anni fa la Terra venne intrappolata in una immensa palla di neve; la temperatura media oscillava tra i 20 e i 50 gradi sotto zero e nessuna forma di vita sembrava in grado di sopravvivere. Ma i vulcani continuavano a eruttare i loro gas, tra i quali anidride carbonica e metano, principali responsabili dell'effetto serra. La loro presenza nell'atmosfera ha via via permesso alla temperatura superficiale di aumentare e di tornare a valori più "normali".

Lo studio di questi eventi può essere utile per comprendere come le variazioni climatiche sono parte della naturale evoluzione del nostro pianeta, ma che i tempi e velocità che li hanno caratterizzati sono significativamente diversi da riscaldamento globale in atto.



L'azione dei ghiacciai, che durante i periodi glaciali hanno ricoperto parte della superficie terrestre ed in particolare l'Europa e le nostre montagne negli ultimi 2 milioni di anni, intervallati da periodi interglaciali è responsabile della morfologia di molti degli ambienti che ci circondano. Individuare queste forme richiede la conoscenza delle azioni e dei fenomeni: esarazione, depositi morenici, strie glaciali, rocce montonate, ... ma anche la capacità di osservare, di individuare relazioni causa effetto, di riconoscere successioni, sequenze o sovrapposizioni.

Per finire un filmato RAI che descrive lo stato dei ghiacciai e le forme derivate dal loro ritiro www.raicultura.it/speciali/sulletraccedeighiacciai.




The background is a classical landscape painting showing a valley with a river, trees, and distant hills. A large, semi-transparent orange semi-circle is overlaid on the image, framing the title text.

TERREMOTI ED EFFETTI SISMOINDOTTI:

dai miti, alla storia, alla scienza

a cura di Salvatore Martino



La percezione che l’Uomo ha dei terremoti è, da sempre, quella di eventi catastrofici, che destabilizzano le comunità e le costringono a rivedere il loro modo di convivere con l’ambiente. Un tempo mitizzati, poi demonizzati, oggi i terremoti sono visti come eventi naturali in un Pianeta geologicamente vivo. I danni da essi causati, nella più comune percezione, sono associati a perdite di vite e del costruito. Tuttavia, anche il paesaggio può subire profonde modifiche durante forti terremoti a causa di effetti noti come “sismoindotti”, che rendono severo il rischio sismico in un’ottica di *multihazard*. La Geologia studia da decenni tali effetti ed è, ad oggi, proiettata verso la ricostruzione di scenari quantitativi della loro distribuzione, che si avvalgono di dati storici, raccolti in cataloghi tematici, e che, grazie alle moderne tecniche di geolocalizzazione, ne vedono aumentato il livello di precisione ed affidabilità.



Keywords

Terremoti
Effetti sismoindotti
Cataloghi
Analisi di scenario



Fig. 1 - L'Angelo del "sesto sigillo" dell'Apocalisse di Giovanni (www.6aprile.it/media/immagini/2014/10/01/terremoti-la-memoria-nella-storia-dellarte.html).

Da sempre i terremoti sono considerati eventi catastrofici e devastanti che la tradizione popolare ha spesso associato a punizioni o ammonizioni superne, fino ad apocalittiche. Nell'Apocalisse di Giovanni (6,12), appunto, a proposito del "sesto sigillo" (Fig. 1) si recita "[...] Poi vidi l'Agnello aprire il sesto sigillo. Ci fu allora un forte terremoto. Il sole diventò scuro, come panno da lutto, e la luna diventò color sangue. Le stelle del cielo caddero sulla terra, come i fichi acerbi cadono dall'albero quando è colpito da vento impetuoso [...]". Nella tradizione classica l'atterrimento, ovvero la *καταστροφή*, corrisponde alla perdita di qualsiasi riferimento fisico, alla completa disaggregazione del tessuto sociale, allo smarrimento dei popoli, l'anticamera, insomma, della *τραγωδία των λαών* (tragedia dei popoli). La stessa distruzione della città di Troia, alla fine della epica guerra che si ritiene storicamente avvenuta intorno al 1250 a.C., è allegoricamente legata ad un terremoto, simboleggiato dal cavallo donato dagli Achei sotto la protezione di Poseidone, Dio del mare ma anche dei terremoti, che, per non svelare l'inganno nascosto nell'infido dono, fece divorare il veggente Laocoonte da un mostro marino. Persino la morte di Gesù di Nazareth sul Golgota nel 33 d.C., dopo la sua crocifissione è accompagnata, secondo i testi evangelici, dallo scuotimento sordo di un terremoto (Vangelo di Matteo, 27-45).

In epoca ben più recente, il devastante terremoto di Lisbona del 1755, con epicentro circa 200 km a largo della costa portoghese, causò un maremoto ed un incendio che rasero al suolo l'allora fiorente capitale del Portogallo. L'anatema che fu lanciato

dalla Santa Inquisizione, additando il diffondersi delle eresie e della lascivia in una società oramai proiettata verso un'era moderna e giustificando con questo l'accadimento del catastrofico evento, trovò, in risposta, l'eco di François-Marie Voltaire (Fig. 2), tra i primi teorici del razionalismo europeo ovvero della corrente di pensiero che da lì a vent'anni avrebbe portato alla Rivoluzione Francese e traghettato l'Europa verso l'era moderna (Martino & Varone, 2020). Nel suo *Poème sur le désastre de Lisbonne*, scritto in opposizione filosofica alla teodicea di Gottfried Wilhelm von Leibniz, Voltaire

declamò (traduzione italiana di Francesco Tanini) "[...] *Direte, vedendo questi mucchi di vittime: fu questo il prezzo che Dio fece pagar per i lor peccati? Quali peccati? Qual colpa han commesso questi infanti schiacciati e insanguinati sul materno seno? La Lisbona che fu conobbe maggior vizi di Parigi e di Londra, immerse nei piaceri? Lisbona è distrutta e a Parigi si balla. Tranquilli spettatori, spiriti intrepidi, dei fratelli morenti assistendo al naufragio voi cercate in pace le cause dei disastri; ma se avvertite i colpi avversi del destino, divenite più umani e come noi piangete. [...]*". Insomma, un terremoto avvenuto in Europa alla fine di un secolo già ricco di tensioni sociali sarebbe stato alla base di un grande rivolgimento socio-culturale, che avrebbe trasformato Lisbona, la città sede dell'oscurantismo medioevale di stampo ecclesiastico, nella culla del razionalismo moderno scuotendo, per così dire, dalle fondamenta il tessuto socio-culturale dell'epoca e contrapponendo ad una monolitica teologia che esaltava il divino e l'immortale la visione frammentaria e antropocentrica di una umanità forte nella sua limitata mortalità: "[...] *Una volta un Califfo, alla fin di sua vita, al Dio che adorava rivolse una preghiera: "Ti porto, unico Dio, che limiti non hai, quel che non hai nel tuo potere immenso: i difetti, i rimpianti, il male e l'ignoranza." Ma aggiungere poteva: la speranza. [...]*"

La percezione dello scuotimento sismico che nasce all'interno del nostro Pianeta e ne colpisce la superficie ha, dunque, attraversato millenni di storia dell'intero bacino Mediterraneo, lasciando testimonianze di accadimenti e di eventi legati a terremoti antichi che, letti in chiave scientifica,

TERREMOTI ED EFFETTI SISMOINDOTTI

dai miti, alla storia, alla scienza

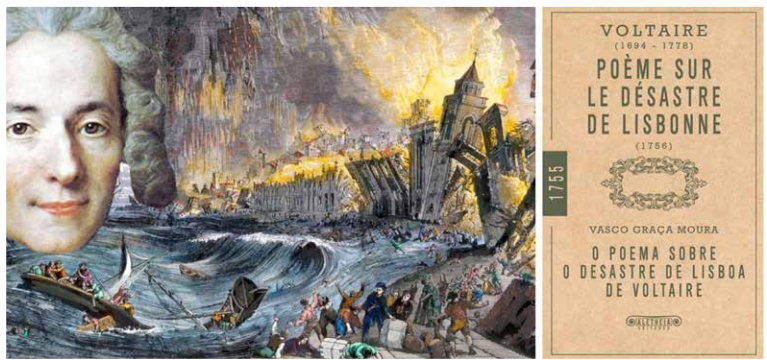


Fig. 2 - Il terremoto di Lisbona del 1755 e il “Poemetto su Lisbona” di François-Marie Voltaire (www.economiaefinanzaverde.it/2020/04/09/voltaire-e-il-disastro-di-lisbona/).

possono documentare effetti sismoindotti, che, a loro volta, divengono la traccia tangibile delle deformazioni della superficie terrestre in corrispondenza ed a seguito di un sisma.

Se nel più comune immaginario il terremoto è perlopiù causa di crolli e danni a strutture abitative o a monumenti, meno diffusa è la consapevolezza che effetti sismoindotti possano essere registrati anche dal territorio, con spesso evidenti modifiche del paesaggio. Nella cultura nazionale, tra le prime testimonianze documentali di un evento sismoindotto, ed in particolare di una frana, vi sono i versi di Dante che nel XII (1,9) canto dell’Inferno recitano “[...] *Qual è quella ruina che nel fianco, di qua da Trento l’Adice percosse, o per tremuoto o per sostegno manco, ché da cima del monte onde si mosse, al piano è sì la roccia discoscorsa, ch’alcuna via darebbe a chi su fosse. [...]*”. Il Poeta fa riferimento ad una frana avvenuta con molta probabilità presso i Lavini di Marco (localizzata ai Varini) a seguito del terremoto che colpì la Val d’Adige nel 1117 e durante il quale si verificarono ben più cospicui distacchi nei versanti rocciosi tra Volano e Calliano, facendo da eco ad eventi storici altrettanto disastrosi che il Poeta cita nei versi subito a seguire, riferiti al perduto fasto di Creta ed al Minotauro nascosto nei labirinti del mitico Palazzo di Cnosso, a sua volta devastato da terremoti e maremoti “[...] *cotal di quel burrato era la scesa; e ‘n su la punta de la rotta lacca l’infamia di Creti era distesa [...]*”.

Tuttavia, per arrivare ad avere una più prosaica immagine di uno scenario di effetti sismoindotti nel nostro territorio si deve attendere il Terremoto delle Calabrie del 1783 e l’allora re di Napoli Ferdinando IV di Borbone che incaricò una Commissione Speciale, con a capo Francesco Pignatelli in qualità di Vicario Generale delle Calabrie, per i rilievi, i soccorsi e la ricostruzione (Fig. 3).



Fig. 3 - Effetti sismoindotti dal Terremoto delle Calabrie del 1783 (Immagini dell’Atlante iconografico allegato alla “Istoria” di M. Sarconi, 1784).

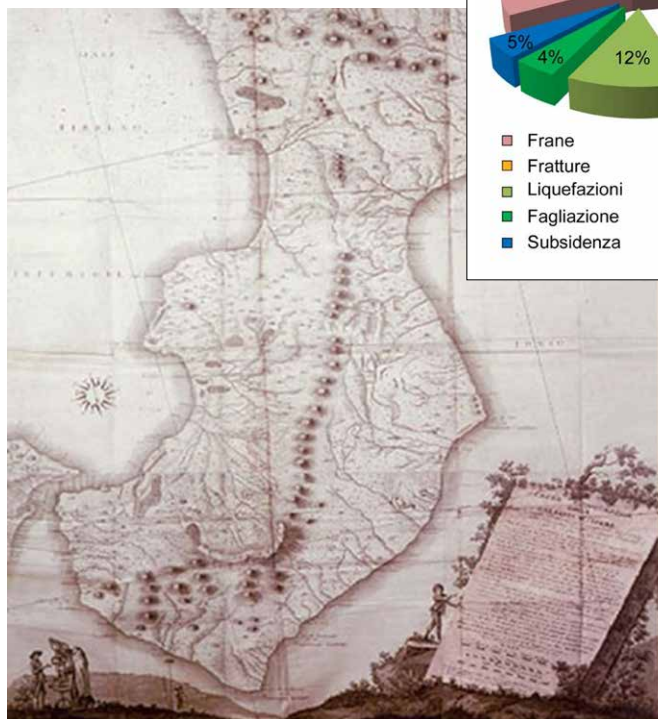


Fig. 4 - “Carta corografica della Calabria Ulteriore” realizzata da Padre Eliseo della Concezione, 1784 (da Fortunato et al., 2012).

Sulla base del sistematico lavoro di documentazione e censimento degli effetti di frana, liquefazione, deviazione di corsi d'acqua e formazione di nuovi laghi che furono generati da quella che, a tutt'oggi, rimane la più lunga e severa sequenza sismica documentata in Italia, grazie alla Commissione Speciale incaricata dal re di Napoli, il Sarconi nel 1794 redasse la sua “*Istoria de' fenomeni del tremoto avvenuto nelle Calabrie, e nel Valdemone nell'anno 1783*” e, a seguire, Padre Eliseo della Concezione disegnò la “*Carta Corografica della Calabria Ulteriore*” (Fig. 4) nella quale illustrò, con simboli specifici, gli effetti indotti al suolo da un terremoto. Tale carta rappresenta, a tutti gli effetti, il più antico e organico documento tecnico di censimento e geolocalizzazione di effetti sismoindotti in Italia nonché nell'intero bacino Mediterraneo.

Dobbiamo giungere allo scorso secolo per disporre di un prodotto ben più aggiornato e dettagliato, a scala nazionale, pubblicato nel 1987 da Rodolfo Zecchi ed aggiornato al 1986, che inventariava, tra gli altri, gli effetti sismoindotti dai terremoti della prima metà del '900 tra i quali Reggio e Messina del 1908, il Friuli del 1976 e l'Irpinia del 1980. Nella seconda metà degli anni '90 dello scorso secolo è nato un nuovo e più strutturato progetto di catalogazione di effetti sismoindotti in Italia causati da forti terremoti da un'idea di Roberto Romeo, che ha portato alla prima versione del catalogo CEDIT (Catalogo degli Effetti di Deformazione al Suolo indotti da Forti Terremoti) a cura di Delfino e Romeo nel 1997, senza ancora poter recepire gli effetti sismoindotti dal Terremoto dell'Umbria Marche, avvenuto giusto in quell'anno.

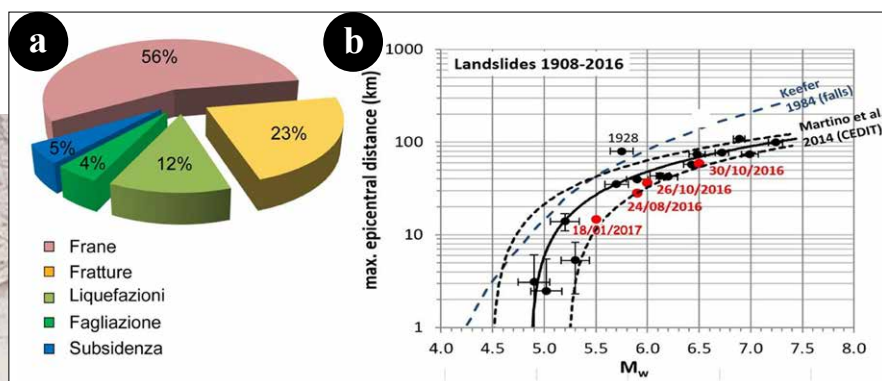


Fig. 5 - Curva magnitudo vs. distanza epicentrale ottenuta dal catalogo CEDIT per il territorio italiano (Martino et al., 2014) sulla quale sono stati proiettati i punti rappresentativi degli effetti indotti dalla sequenza sismica del 2016-2017 in Appennino Centrale (da Martino, 2017).

Il progetto CEDIT è poi approdato presso il Centro di Ricerca per i Rischi Geologici CERI dell'Università di Roma “Sapienza” dove è stato portato avanti nei successivi vent'anni, con un dettagliato ed approfondito lavoro di aggiornamento delle fonti documentali ma anche con una codifica più sistematica e strutturata degli effetti censiti nel catalogo e della loro geolocalizzazione. Questo progetto ha portato, nel 2012, alla prima versione *on-line* del CEDIT, a cura di Fortunato et al. ospitata sul sito *web* del CERI e consultabile mediante piattaforma WEBGIS. Il *database* completo alla base di questa versione del CEDIT è stato oggetto di una pubblicazione a cura di Martino et al. (2014) alla quale ha fatto seguito l'aggiornamento del catalogo ai più recenti eventi sismici del 2016-2017 in Appennino Centrale (Caprari et al., 2018) nonché a quelli di Ischia e del Molise del 2018. Si è giunti, infine, all'attuale versione *on-line* consultabile in *open access* da circa sei mesi (<https://gdb.ceri.uniroma1.it/index.php/view/map/?repository=cedit&project=Cedit>), grazie ad una nuova piattaforma navigabile anche tramite *mobile* e *tablet* che consente visualizzazione, interrogazione ma anche scarico di dati su selezioni areali o mediante *query*.

Il CEDIT costituisce, ad oggi, il più aggiornato *database* nazionale degli effetti sismoindotti al suolo in Italia, catalogati per categoria di effetto e inventariati per qualità di geolocalizzazione. Il suo aggiornamento tiene conto, a sua volta, dei più recenti aggiornamenti degli altri cataloghi nazionali tematici (tra i quali il CFTI, il CPTI ed il DISS, gestiti dall'INGV). Il CEDIT censisce effetti documentati dal 1117 d.C. al 2018, per un totale di 3989 *record*, associati a 173 terremoti, la maggior parte dei quali (56%) rappresentati da frane (Martino et al., 2020) (Fig. 5a).

In base alle informazioni contenute nel CEDIT è stato possibile derivare una curva di valenza nazionale per l'aspettativa di effetti sismoindotti di frana in relazione alla magnitudo ed alla distanza dall'epicentro del terremoto che li ha generati (Martino et al., 2014). Tale curva si scosta in modo significativo da quella proposta a livello globale da Keefer nel 1984, poi aggiornata da Rodriguez et al. nel 1999. Grazie a questa curva, è possibile avanzare, su base semiempirica,

TERREMOTI ED EFFETTI SISMOINDOTTI

dai miti, alla storia, alla scienza

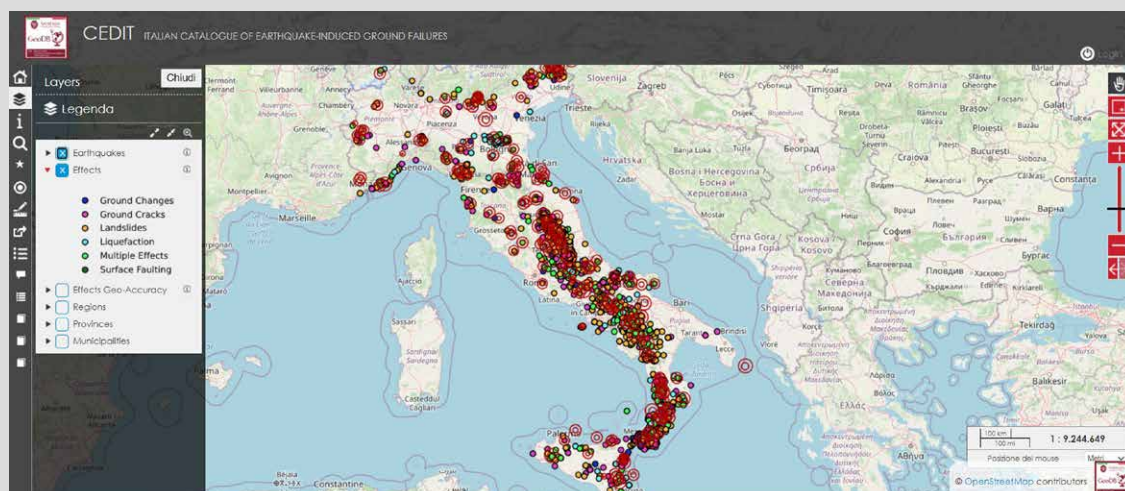


Fig. 6 - Screenshot della home page del CEDIT nell'attuale versione consultabile in open access sul sito del CERI-Sapienza (<https://gdb.ceri.uniroma1.it/index.php/view/map/?repository=cedit&project=Cedit>).

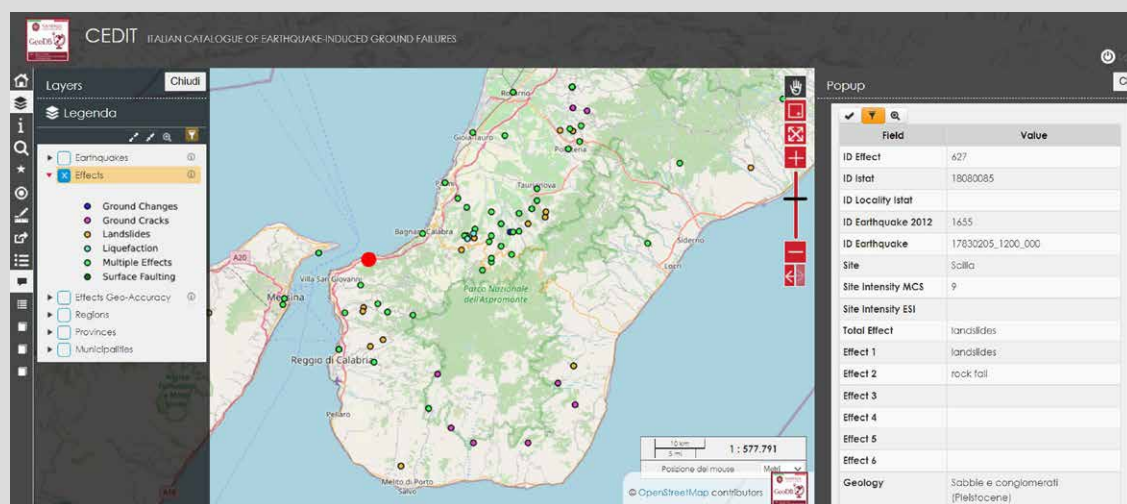


Fig. 7 - Screenshot della selezione ottenuta dalla consultazione on-line del CEDIT degli effetti sismoindotti riferibili al Terremoto delle Calabrie del 1783; il pop-up si riferisce alla frana di Scilla (Bozzano et al., 2011).

stime più che attendibili sull'estensione degli areali che possono essere interessati da scenari di sismoinduzione per frana, nota una certa sorgente sismogenica e la sua magnitudo e prestabilito un livello di pericolosità sismica. Ne è stata prova l'ottima coerenza con tale curva degli effetti indotti dalla sequenza sismica del 2016-2017 in Appennino Centrale (Fig. 5b), le cui massime distanze di accadimento, in relazione alla magnitudo degli eventi sismici, si sono rivelate del tutto prevedibili (Martino, 2017).

La nuova versione del catalogo (Fig. 6) riporta anche, ed in forma esplicita, l'incertezza sulla geolocalizzazione, servendosi di una circonferenza centrata sul punto indicativo dell'effetto sismoindotto e costruita mediante un raggio di dimensione inversamente proporzionale alla precisione della localizzazione, deducibile dalle fonti documentali consultate. Queste fonti sono identificabili attraverso le informazioni contenute nei pop-up che si aprono interrogando gli specifici effetti censiti. Questi ultimi, a loro volta, possono essere selezionati mediante filtri che agiscono sia a livello areale

(es. per municipalità o regione) che a livello temporale (es. per terremoto).

La consultazione del catalogo CEDIT consente dunque: i) la visualizzazione e la consultazione di scenari di effetti connessi a specifici terremoti (*back-analysis*), ii) l'analisi statistica in termini di probabilità di accadimento per tipologie di effetti ovvero l'utilizzo delle informazioni contenute nel geodatabase per analisi statistiche ponderali, quali il *Weight of Evidence* (WofE) o l'*Artificial Neural Network*, nell'ottica di restituire scenari futuri (*forward analysis*) anche in chiave di *multi-hazard* ove vengano considerate azioni preparatorie e innescanti tra loro indipendenti, iii) la costruzione di scenari di effetti sismoindotti in prospettiva sismica, ovvero a pericolosità sismica definita e limitati ad una specifica porzione territoriale.

Quale esempio del primo prodotto si può considerare la visualizzazione degli effetti indotti dal Terremoto delle Calabrie del 1783 (Fig. 7), tra i quali la ben documentata

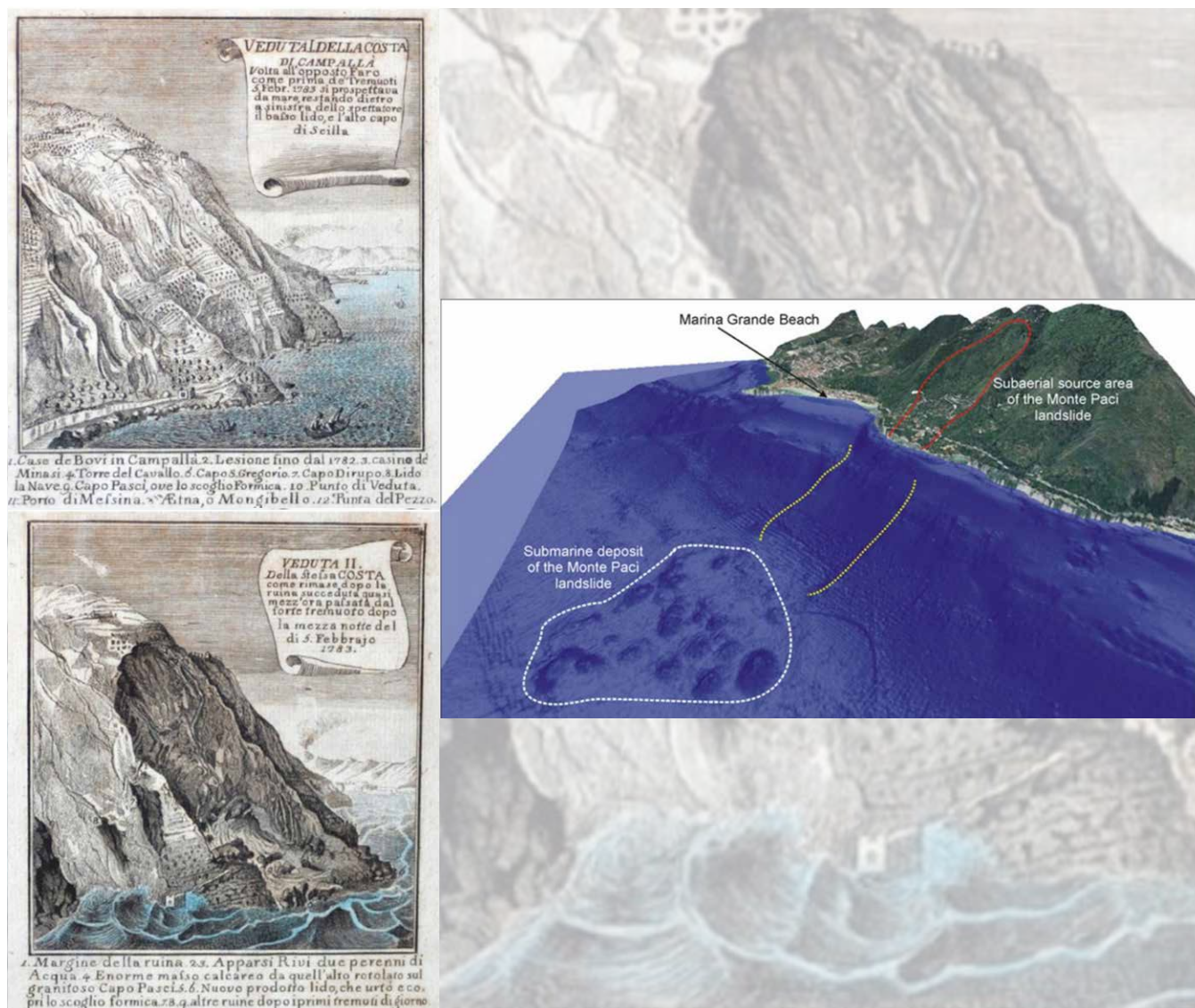


Fig. 8 - A sinistra, pitture di Antonio Minasi rappresentanti la frana di Scilla innescata il 6 Febbraio 1783 dal Terremoto delle Calabrie (Sarconi, 1784). A destra, delimitazione del volume della frana di Scilla a valle della campagna oceanografica condotta tra il 2006 ed il 2008 (da Mazzanti e Bozzano, 2011).

frana costiera di Scilla che, staccandosi dal Monte Paci dopo la seconda scossa della sequenza sismica (6 Febbraio 1783) causò un'onda di tsunami di 16 m che uccise oltre 1000 persone, rifugiatesi nell'adiacente spiaggia detta della Marina Grande dopo le scosse del giorno precedente. L'evento di frana, documentato dalle pitture di Antonio Minasi del 1784, realizzate con vista dalla terrazza della Rocca Ruffo di Calabria e custodite presso l'Archivio di Stato di Napoli, (**Fig. 8**), è stato di recente oggetto di specifici studi che, grazie ad un finanziamento del Ministero della Ricerca Scientifica e ad una campagna oceanografica dedicata, hanno portato al rinvenimento dell'accumulo di frana sul fondale marino frontistante l'attuale punta Paci, all'imbocco dello Stretto di Messina (Bozzano et al., 2011; Mazzanti e Bozzano, 2011).

Quale esempio del secondo prodotto, un recente studio di Martino et al. (2019) dimostra come il potenziale di informazioni contenute nel *geodatabase* del CEDIT possa portare ad un'analisi probabilistica sul peso di specifici fattori

ambientali e/o antropici, come nel caso della valutazione del ruolo svolto dai tagli stradali nella sismoinduzione di frane per crollo durante la sequenza sismica del 2016-2017 in Appennino Centrale. In questo caso, l'analisi WofE ha confermato l'incidenza del fattore antropico, quale fattore predisponente, sia nella distribuzione che nella numerosità dei crolli in roccia dai tagli a monte delle strade di viabilità secondaria che, da soli, hanno rappresentato oltre l'80% dei fenomeni di frana innescati dalle scosse principali dell'ultima sequenza sismica dell'Appennino Centrale. La geolocalizzazione di elevata precisione (mediante uso di GPS) ed il rilievo diretto sul terreno (imprescindibile stante la taglia spesso ridotta a pochi decimetri cubici dei blocchi crollati) hanno portato a rilevare ed inventariare oltre 800 effetti da Settembre 2016 a Gennaio 2017, consentendo, in questo caso, anche un'analisi ponderale del condizionamento da parte della topografia esistente sul fattore predisponente antropico. Ciò ha portato ad osservare che i settori morfologici più interessati dalle frane per crollo sismoindotte sono stati effettivamente quelli interessati da

TERREMOTI ED EFFETTI SISMOINDOTTI

dai miti, alla storia, alla scienza

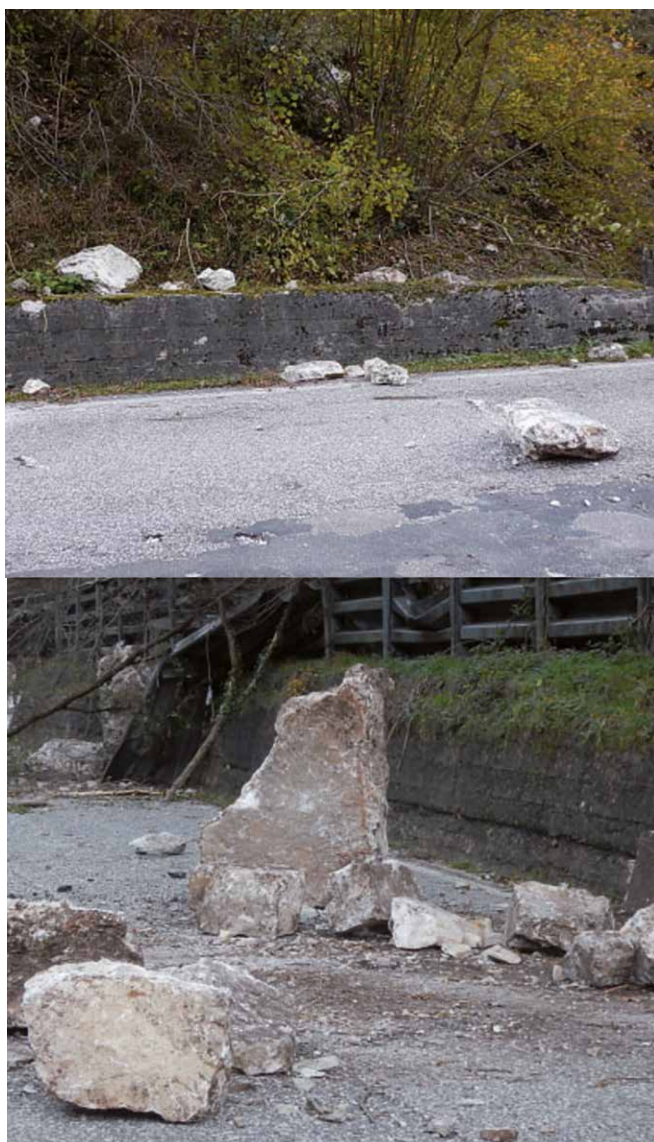


Fig. 9 - Foto relative a crolli in roccia avvenuti durante la sequenza sismica del 2016-2017 in Appennino Centrale e censiti nel CEDIT.

tagli antropici, ma, preferenzialmente, quelli localizzati in corrispondenza dei settori di fondovalle più stretti, associati a morfologie vallive con configurazione “a V”, peraltro molto diffusi nel settore centro-appenninico.

Infine, quale esempio del terzo prodotto, l’analisi di franosità sismoindotta, attesa con una prospettiva di eventi sismici a 475 anni di tempo di ritorno, è stata svolta (Martino et al., 2020) nell’ambito degli studi di Microzonazione Sismica di livello 3 richiesti da OPCM 64/2017 per la municipalità di Accumoli (Rieti) ai fini della ricostruzione post-sisma del 2016, ed è stata funzionale alla definizione di “zone di attenzione per frana” (ZA_{FR}) e successivamente per la loro ulteriore classificazione in “zone di suscettibilità per frana” (ZS_{FR}), secondo quanto previsto dalle Linee Guida allegate ad Indirizzi e Criteri per la Microzonazione sismica (ICMS, 2008). In questo caso, lo scenario di franosità sismoindotta durante la sequenza sismica del 2016-2017 è stato utilizzato (Martino et al., 2019) quale *database* di validazione delle analisi di suscettibilità e

di stabilità sviluppate con approccio probabilistico attraverso il metodo PARSIFAL (*Probabilistic Approach to provide Scenarios of earthquake-Induced slope FAiLures*). Le aree risultate propense a dissesto gravitativo, o già effettivamente in frana, sono state analizzate mediante un approccio pseudostatico per derivare la probabilità di eccedenza al superamento di una soglia di innesco, espressa in termini di spostamento. Sulla base della numerosità di condizioni al contorno (nello specifico la saturazione delle coltri o dei giunti di ammasso) in grado di giustificare una riattivazione ovvero una prima attivazione delle frane sono state selezionate le ZS_{FR} , quale sottoinsieme delle ZA_{FR} , ponendole alla base della definizione di “zone di rispetto per frana” (ZR_{FR}) che, a valle di più specifici studi, saranno considerate per la progettazione di interventi di consolidamento e di ricostruzione post-sisma, tutt’ora gestiti dalla Struttura Commissariale operativa nei territori terremotati dall’ultima sequenza sismica dell’Appennino Centrale.

La possibilità di aver rappresentati sul territorio scenari di distribuzione di effetti sismoindotti consente anche analisi più avanzate per cogliere interazioni tra fattori preparatori al dissesto che, rispetto alla predisposizione geomorfologica e geostrutturale insita nell’assetto locale, possono giustificare l’intensificazione di processi non altrimenti attendibili (Martino et al., 2022a). È questo il caso dello scenario manifestatosi a seguito della recente sequenza sismica di Montecilfone, in Molise, nell’Agosto 2018 seguita ad un *mainshock* di magnitudo 5.1 che ha dato luogo, in un areale di non oltre 1000 km², ad un inatteso scenario di franosità (più di 80 effetti censiti) la cui interpretazione è insita nella contemporanea presenza di un intenso evento pluviometrico che, con circa 140 mm di pioggia cumulati 3 giorni, ha preparato il territorio alla sismoinduzione, anche a seguito di un sisma di relativamente bassa magnitudo (Martino et al., 2022b).

La prospettiva di ricostruire scenari, atti a valutare l’impatto sul territorio e sul tessuto sociale che su di esso si stratifica, rappresenta, ad oggi, una missione della comunità scientifica che va nella direzione della resilienza socio-economica e, dunque, punta all’ambizioso obiettivo di tracciare un percorso di migliore convivenza tra processi naturali ed Uomo in una più sostenibile interazione con l’ambiente e con le dinamiche del nostro Pianeta. La storia e i suoi fatti, come le tradizioni e le culture antiche, che ne sono state vettore fino ai nostri giorni, possono costituire, in tal senso, un fondamentale

bacino per l'apprendimento affinché, per restare in un'allegoria classica, l'"oltre dei venti" una volta aperta da un improvvido Ulisse non riservi sorprese, tali da far perdere alle comunità antropiche la giusta rotta verso una società più inclusiva nei confronti dei processi naturali e, dunque, più consapevole e resiliente. In tal senso, il monito ad evitare una drammatica risposta a "resilienza zero" delle comunità locali si ritrova, ancora una volta, nelle pieghe della storia recente, in riferimento alle scelte di abbandono dei territori fatti da numerose comunità del Belice a seguito del sisma del 1968: una "tragedia dei popoli" immortalata nella pregevole opera d'arte del "Cretto" di Alberto Burri a Gibellina che scolpisce nel cemento l'aterrimento di un'intera comunità locale e ne evoca l'inacidimento con l'allegoria resa architettonicamente delle crepe che compaiono in un'argilla secca (Fig. 10). Per quanto possa essere difficile individuare un nuovo paradigma per comunità più resilienti nei confronti dei rischi naturali, è certo che questo passi attraverso il "trinomio" storia-cultura-scienza in base al quale l'insegnamento del passato non può essere messo a frutto dalle generazioni a venire, per il loro futuro, se non attraverso la cultura e la scienza.



Fig. 10 - In alto, il "Cretto" di Alberto Burri a Gibellina da una vista aerea (<https://fondoambiente.it/luoghi/il-cretto-di-burri?ldc>) e, a destra, la sua ispirazione allegorica alle crepe che compaiono in un'argilla secca.

BIBLIOGRAFIA

Bozzano F., Martino S., Montagna A. & Prestininzi A. (2012). *Back analysis of a rock landslide to infer rheological parameters.* Engineering Geology, 131-132, 45-56, [doi:10.1016/j.enggeo.2012.02.003](https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2012.02.003)

Caprari P., Della Seta M., Martino S., Fantini A., Fiorucci M. & Priore T. (2018). *Upgrade of the CEDIT database of earthquake-induced ground effects in Italy.* Italian Journal Of Engineering Geology And Environment, 18, 23-39, [doi:10.4408/IJEGE.2018-02.0-02](https://doi.org/10.4408/IJEGE.2018-02.0-02)

Delfino L. & Romeo R.W. (1997). *C.E.D.I.T., Catalogo nazionale degli Effetti Deformativi del suolo Indotti da forti Terremoti.* RAPPORTO TECNICO SSN/RT/97/04.

Fortunato C., Martino S., Prestininzi A. & Romeo R.W. (2012). *New release of the Italian catalogue of earthquake-induced ground failures (CEDIT).* Italian Journal Of Engineering Geology And Environment, 63-74, [doi:10.4408/IJEGE.2012-02.0-05](https://doi.org/10.4408/IJEGE.2012-02.0-05)

Keefer D.K. (1984). *Landslides caused by earthquakes.* Geol. Soc. Am. Bull., 95, 406-421.

Martino S. (2017). *Earthquake-induced landslides in Italy: From the distribution of effects to the hazard mapping.* Italian Journal Of Engineering Geology And Environment, 1, 53-67, [doi:10.4408/IJEGE.2017-01.S-04](https://doi.org/10.4408/IJEGE.2017-01.S-04)

Martino S., Antonielli B., Bozzano F., Caprari P., Disenza M. E., Esposito C., Fiorucci M., Iannucci R., Marmoni G.M. & Schilirò L. (2020). *Landslides triggered after the 16 August 2018 Mw 5.1 Molise earthquake (Italy) by a combination of intense rainfalls and seismic shaking.* Landslides, 17, 1177-1190, [doi:10.1007/s10346-020-01359-w](https://doi.org/10.1007/s10346-020-01359-w)

Martino S., Battaglia S., D'Alessandro F., Della Seta M., Esposito C., Martini G., Pallone F. & Troiani F. (2020). *Earthquake-induced landslide scenarios for seismic microzonation. Application to the Accumoli area (Rieti, Italy).* Bulletin Of Earthquake Engineering, 18, 5655-5673, [doi:10.1007/s10518-019-00589-1](https://doi.org/10.1007/s10518-019-00589-1)

Martino S., Bozzano F., Caporossi P., D'Angiò D., Della Seta M., Esposito C., Fantini A., Fiorucci M., Giannini L. M., Iannucci R., Marmoni G.M., Mazzanti P., Missori C., Moretto S., Piacentini D., Rivellino S., Romeo R.W., Sarandrea P., Schilirò L., Troiani F. & Varone C. (2019). *Impact of landslides on transportation routes during the 2016-2017 Central Italy seismic sequence.* Landslides, 16, 1221-1241, [doi:10.1007/s10346-019-01162-2](https://doi.org/10.1007/s10346-019-01162-2)

Martino S., Fiorucci M., Marmoni G. M., Casaburi L., Antonielli B. & Mazzanti P. (2022a). *Increase in landslide activity after a low-magnitude earthquake as inferred from DInSAR interferometry.* Scientific Reports, 12, 1-19, [doi:10.1038/s41598-022-06508-w](https://doi.org/10.1038/s41598-022-06508-w)

Martino S., Marmoni G.M., Fiorucci M., Ceci A.F., Disenza M.E., Rouhi J. & Tedoradze D. (2022b). *Role of antecedent rainfall in the earthquake-triggered shallow landslides involving unsaturated slope covers.* Applied Sciences, 12, [doi:10.3390/app12062917](https://doi.org/10.3390/app12062917)

Martino S., Prestininzi A. & Romeo R. W. (2014). *Earthquake-induced ground failures in Italy from a reviewed database.* Natural Hazards And Earth System Sciences, 14, 799-814, [doi:10.5194/nhess-14-799-2014](https://doi.org/10.5194/nhess-14-799-2014)

Martino S. & Varone C. (2020). *From seismic hazards to resilient cities. The contribution of engineering geology.* Italian Journal Of Engineering Geology And Environment, 2, 31-42, [doi:10.4408/IJEGE.2020-02.0-03](https://doi.org/10.4408/IJEGE.2020-02.0-03)

Mazzanti P. & Bozzano F. (2011). *Revisiting the February 6th 1783 Scilla (Calabria, Italy) landslide and tsunami by numerical simulation.* Mar Geophys Res., [doi:10.1007/s11001-011-9117-1](https://doi.org/10.1007/s11001-011-9117-1)

Rodriguez C.E., Bommer J.J. & Chandler R.J. (1999). *Earthquake induced landslides: 1980-1997.* Soil Dynam. Earthq. Eng., 18, 325-346.

Sarconi M. (1784). *Istoria de' fenomeni del tremuoto avvenuto nelle Calabrie, e nel Valdemone nell'anno 1783.* Reale Accademia delle Scienze, e delle Belle Lettere di Napoli, Napoli.

Zecchi R. (1987). *Carta della distribuzione degli effetti geomorfologici indotti dai terremoti che hanno interessato l'Italia dall'anno 0 al 1986.* Mem. Soc. Geol. It., 37, 823-826.

ADALTA

Soluzioni software per le Geoscienze



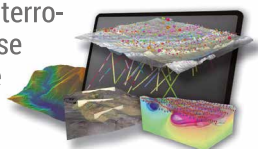
Adalta propone in Italia da più di 20 anni l'utilizzo di alcuni tra i più importanti software al mondo per l'innovazione tecnologica, la ricerca e lo sviluppo.

Centinaia di aziende private, istituzioni pubbliche, università italiane si avvalgono dei servizi di grandissima qualità offerti da Adalta: supporto nell'individuare il prodotto più adatto alle specifiche esigenze, consulenza e formazione per sfruttare al meglio le potenzialità del software.

Adalta ha selezionato nel proprio catalogo i seguenti software per rispondere alle necessità di geingegneri e geoscientiati.

Seequent - Oasis montaj

Il software leader per la modellazione di dati geofisici. Permette una comprensione avanzata della superficie sotterranea della terra e dell'ambiente marino. All'interno di un unico dinamico ambiente 2D e 3D è possibile processare, mappare, interrogare e interpretare i dati, incluse indagini geofisiche, geochimiche e geologiche.



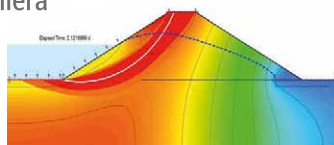
Seequent - Leapfrog

Permette di trasformare dati complessi in modelli chiari e di semplice interpretazione; la suite è articolata in 4 moduli che possono essere integrati per elaborare modelli 3D di dati geologici del sottosuolo, stimare le risorse, verificare e tracciare il modello.



Seequent - GeoStudio

Un modello, uno strumento, molte analisi! GeoStudio risponde in maniera completa a tutte le necessità di modellazione geotecnica e geoambientale.



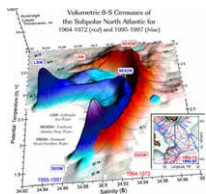
Seequent - Central

Consente di visualizzare, modificare, integrare e gestire i propri dati geoscientifici all'interno di un ambiente centralizzato monitorabile. È la soluzione ideale per condividere informazione in un team di tecnici o con i finanziatori del progetto.



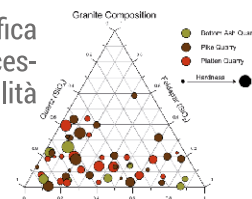
Golden Software - Surfer

Le potenti funzioni di mappatura, modellazione e analisi di Surfer aiutano a trovare le risposte alle domande più difficili e prendere decisioni consapevoli.



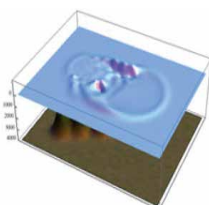
Golden Software - Grapher

Ottimo software tecnico di grafica scientifica per chiunque abbia necessità di creare grafici di grande qualità velocemente e facilmente.



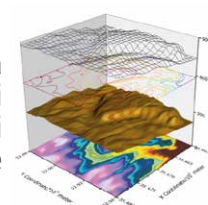
Wolfram Technology

Simula le applicazioni di geoscienza con modelli completamente interattivi che incorporano un'elaborazione delle immagini all'avanguardia, dati geodesici integrati e la potenza di calcolo che solo Wolfram può fornire.



OriginLab - Origin Pro

Dai dati ai risultati. È un software user-friendly e facile da apprendere che fornisce potenti funzionalità di analisi dei dati e di grafica scientifica di qualità, adatte alle esigenze di scienziati e ingegneri.





PALEONTOLOGIA VIRTUALE:

*innovazioni digitali al servizio di
ricercatori e curatori museali*

a cura di Saverio Bartolini-Lucenti, Omar Cirilli, Luca Pandolfi e Lorenzo Rook

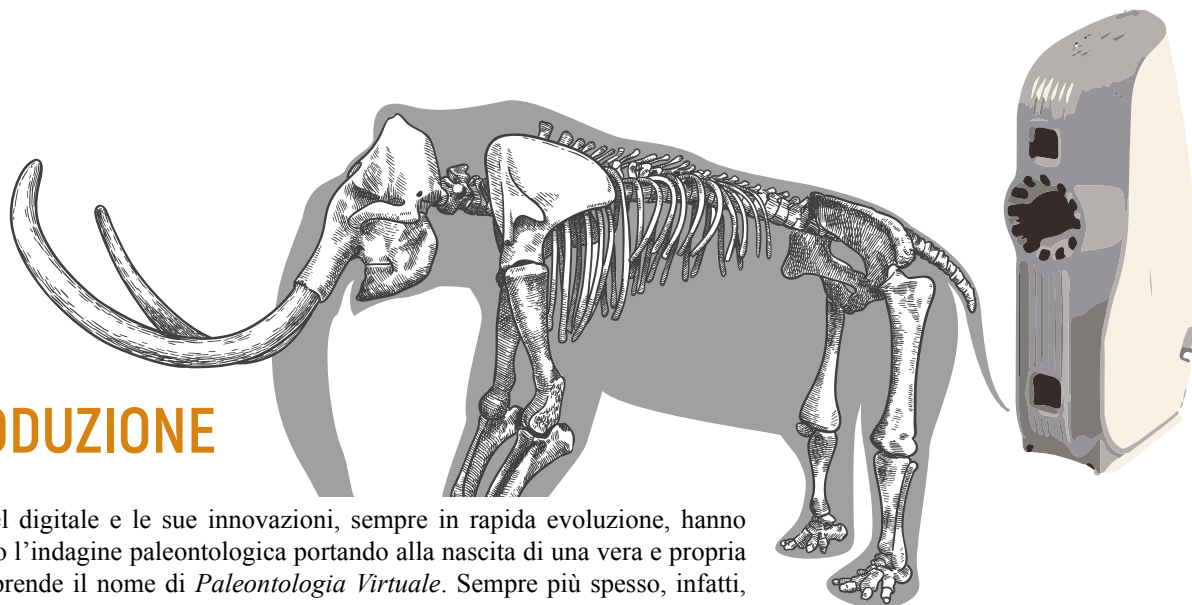


La Paleontologia Virtuale rappresenta la branca della disciplina che usa metodologie digitali per lo studio di organismi fossili. Il loro utilizzo ha benefici sia per la ricerca che per contesti museali che si occupano della gestione del patrimonio geopaleontologico. Il *Paleo[Fab]Lab* del Dipartimento di Scienze della Terra di Firenze rappresenta una delle prime esperienze italiane incentrate sul *workflow* di acquisizione di dati 3D in ambito paleontologico. Le applicazioni della strumentazione di scansione di superficie hanno riguardato la digitalizzazione di parti rilevanti delle collezioni del Museo di Geologia e Paleontologia di Firenze, lo sviluppo e applicazioni di metodologia di restauro virtuale di fossili deformati durante la fossilizzazione e la realizzazione di esperienze di realtà aumentata utilizzando modelli digitali di fossili.


Omar Cirilli^{1,2}, Luca Pandolfi¹ e Lorenzo Rook¹
¹ - Università degli Studi di Firenze, Dipartimento di Scienze della Terra.

² - Howard University, College of Medicine, Department of Anatomy, Laboratory of Evolutionary Biology.

INTRODUZIONE



Il mondo del digitale e le sue innovazioni, sempre in rapida evoluzione, hanno rivoluzionato l'indagine paleontologica portando alla nascita di una vera e propria branca che prende il nome di *Paleontologia Virtuale*. Sempre più spesso, infatti, studiosi e ricercatori fanno uso di strumentazione e programmi di elaborazione tridimensionale nella loro ricerca. L'importanza della Paleontologia Virtuale è cresciuta al punto da essere inserita come un capitolo del nuovo Manuale di Paleontologia (AAVV, 2020). In una disciplina in cui le caratteristiche morfologiche costituiscono molto spesso il dato fondamentale nello studio di organismi estinti, la possibilità di accedere ad una maggiore quantità di informazioni, con un grado sempre più alto di precisione e accuratezza, e poter maneggiare i reperti, elaborarli e osservarli a piacimento, costituisce un elemento essenziale per i paleontologi del nuovo millennio. Grazie a queste metodologie virtuali, infatti, si può sezionare virtualmente un campione, isolandone delle porzioni, accedendo alle sue strutture interne, oppure si possono evidenziare delle parti applicandovi colori diversi, facilitando l'interpretazione e la comprensione sia a fini scientifici (diretti ad un pubblico esperto in materia) che didattici (per la diffusione a persone non esperte). Ancora più interessante risulta il loro uso come base per le tecniche di morfometria geometrica 3D, volte ad indagare aspetti sia qualitativi che quantitativi della variazione morfologica o della morfologia funzionale, come anche per l'analisi agli elementi finiti, che simulano e mappano risposte a sollecitazioni meccaniche, criticità a sforzi e *stress* alle deformazioni.

Essendo tecniche non invasive, ogni aspetto dell'acquisizione, della elaborazione dei dati digitali, delle successive analisi si svolge in assoluta sicurezza per il campione. Proprio questa caratteristica costituisce un aspetto che le rende un ausilio rilevante per i musei nella loro missione di tutela, conservazione e valorizzazione del patrimonio geopaleontologico. Le due principali tecniche di acquisizione dei dati nella paleontologia virtuale sono tecniche di tipo tomografico, che consentono l'acquisizione di dati sulle morfologie sia esterne (ad es. superfici) che interne (parti del reperto che generalmente non sono accessibili, come camere encefaliche o seni nasali nel cranio), o tecniche di acquisizioni di dati di superficie (*laser scanner*, fotogrammetria e *scanner* in luce strutturata). Indipendentemente dalla modalità di registrazione, i dati tridimensionali stanno diventando una risorsa sempre più comune per la ricerca scientifica, guadagnando sempre più importanza anche nelle attività di terza missione, per la diffusione di risultati della ricerca (il cosiddetto *public engagement*) o dei dati stessi (con pratiche di *open science*). Ausilio rilevante in questo senso anche l'utilizzo di stampanti 3D (specialmente se a stereolitografia, per la loro precisione) che permettano di rendere fisici gli oggetti digitali per essere mostrati al pubblico.

Keywords

Paleontologia virtuale
 Scansioni 3D
 Stampa 3D
 Retrodeformazione
 Realtà aumentata

UN LABORATORIO DI PALEONTOLOGIA VIRTUALE

Le possibilità derivanti dall'utilizzo di tecniche di Paleontologia Virtuale stanno spingendo diverse istituzioni museali e di ricerca italiane a dotarsi di strumentazioni che permettano di digitalizzare i fossili da loro conservati o studiati. In questo ambito il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze è stato tra i primi a sviluppare un laboratorio di Paleontologia Virtuale (denominato *Paleo[Fab]Lab*) incentrato sul *workflow* di digitalizzazione, elaborazione e riproduzione di fossili e dei loro modelli 3D grazie all'acquisizione, supportata dal finanziamento nell'ambito dei "Dipartimenti d'eccellenza", di *scanner* tridimensionali ad alta risoluzione e di una stampante 3D a stereolitografia. Le specifiche proprie di ognuno dei tre *scanner* in dotazione li rendono adatti alla digitalizzazione

di fossili di ogni dimensione, dai più minuti fino a quelli di dimensione "mastodontica". Fossili di dimensioni ridotte, come ad esempio denti o piccole ossa dello scheletro postcraniale possono essere perfettamente digitalizzati con *Artec Micro* (dimensione massima dell'oggetto: 9 cm); all'estremo opposto, ossa di grandi dimensioni come quelli di grandi dinosauri o mammiferi proboscidei possono essere digitalizzate semplicemente con *Artec Eva* (dimensione minima dell'oggetto: 10-20 cm). Per oggetti con dimensioni massime di 30-40 cm o porzioni di fossili che vogliamo acquisire con maggiore dettaglio, come morfologie dentali o sculturazioni ossee, *Artec Space Spider* rimane lo strumento più adatto. Tutti e tre gli *scanner*, indipendentemente dalla loro tipologia (fisso come *Artec Micro*, **Fig. 1**, o portatile

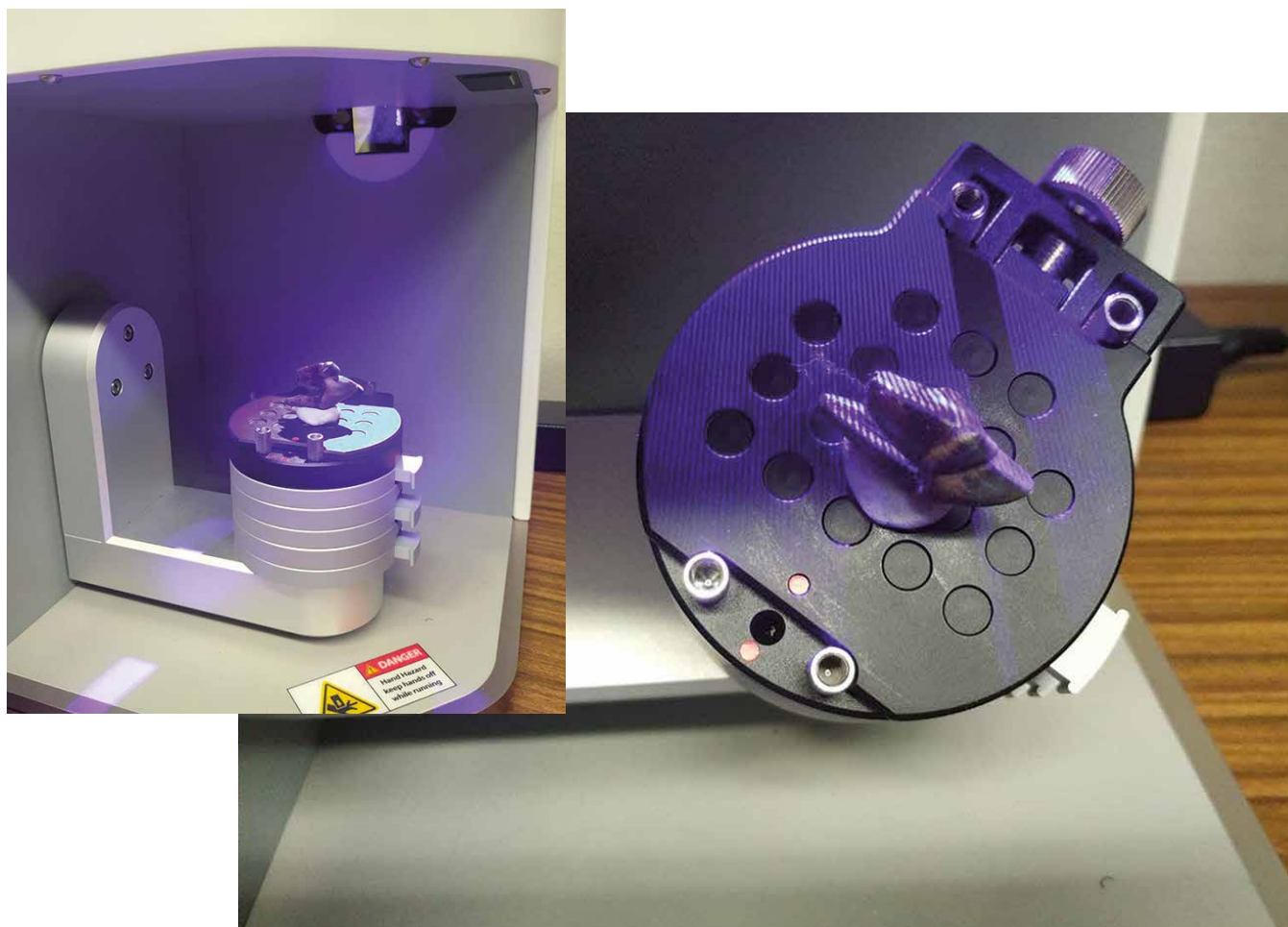


Fig. 1 - Processo di digitalizzazione di un dente di ienide miocenico realizzata con lo *scanner desktop* ad alta risoluzione *Artec Micro* (www.artec3d.com). Il campione è posizionato su una testa rotante, che può essere aggiustata in altezza a seconda della dimensione del reperto da scansionare, la quale è inserita su un braccio basculante. L'acquisizione è automatizzata secondo percorsi di scansione (preimpostati o personalizzati) selezionati dall'operatore.



Fig. 2 - Processo di digitalizzazione gli scanner portatili Artec Eva (in alto la scansione del tipo di *Mammuthus meridionalis* presso il Museo di Geologia e Paleontologia di Firenze) e Artec Space Spider (in basso la scansione di una mandibola di *Stephanorhinus etruscus* presso il Georgian National Museum, Tbilisi) (www.artec3d.com).

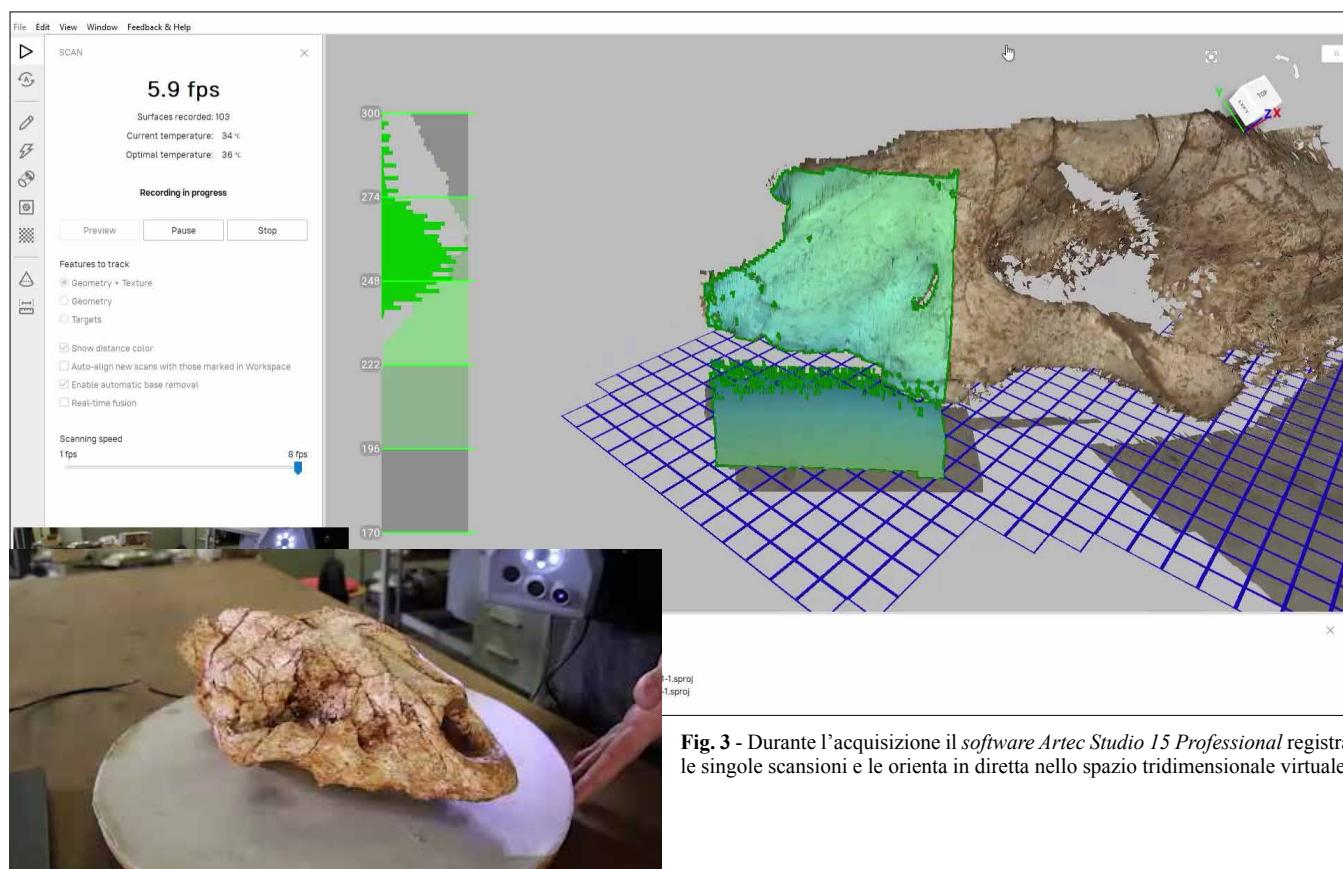


Fig. 3 - Durante l'acquisizione il software Artec Studio 15 Professional registra le singole scansioni e le orienta in diretta nello spazio tridimensionale virtuale.

come Artec Eva e Space Spider, **Fig. 2**), utilizzano serie di acquisizioni realizzate da fotocamere, disposte in posizioni leggermente diverse sullo strumento, che catturano immagini dell'oggetto in scansione grazie a pulsazioni luminose date da una sorgente luminosa propria dello scanner stesso (**Figg. 1 e 2**). Nonostante le differenze tra i vari scanner, tutti sono in grado di catturare sia le geometrie che la colorazione (o

texture) dei fossili e il workflow di acquisizione con questi strumenti si svolge allo stesso modo grazie al software nativo Artec Studio 15 Professional (**Fig. 3**): le singole scansioni sono dapprima registrate e poi elaborate in vari passaggi, fino alla realizzazione del modello 3D (o mesh) e alla mappatura della texture su di esso (**Fig. 4**). Le risoluzioni tridimensionali proprie degli scanner (29 µm in Artec Micro; 0,1 mm in Artec

PALEONTOLOGIA VIRTUALE: innovazioni digitali al servizio di ricercatori e curatori museali

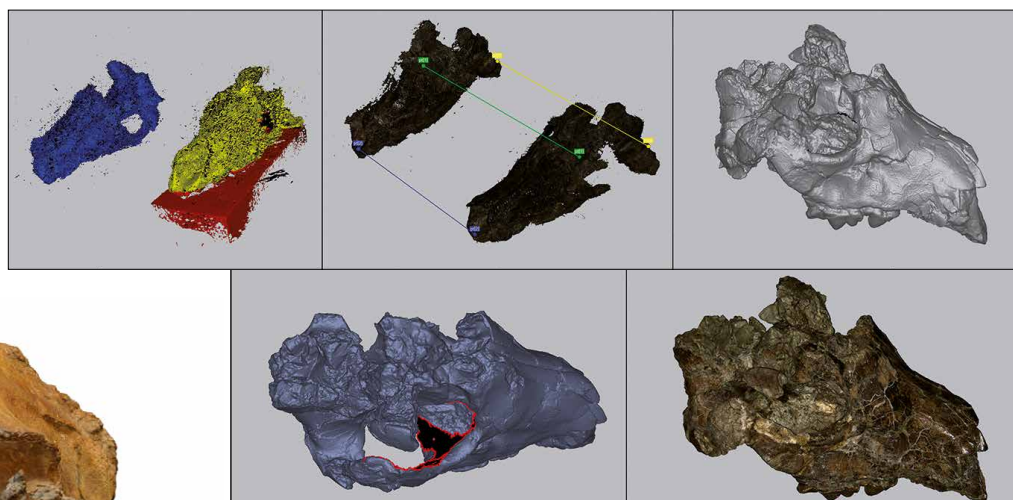


Fig. 4 - Diverse fasi di elaborazione delle scansioni ottenute con gli scanner in *Artec Studio 15 Professional*, in sequenza da in alto a sinistra verso destra: rimozione della base; allineamento di due scansioni; creazione della *mesh* tridimensionale; riempimento buchi; applicazione della *texture* sulla *mesh*.

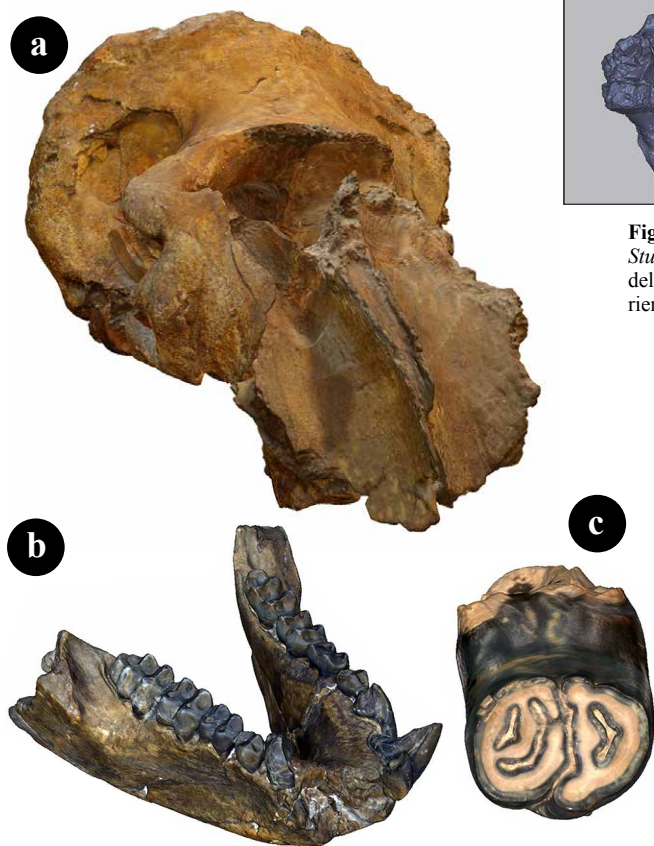


Fig. 5 - Esempi di modelli 3D ottenuti con le scansioni ad alta risoluzione utilizzando **a)** *Artec Eva*, **b)** *Artec Space Spider* e **c)** *Artec Micro*. Nella figura, i campioni sono a scala diversa: **a)** tipo del *Mammuthus meridionalis* (IGF 1054), massima profondità del cranio di 109 cm; **b)** tipo di *Macaca sylvanus florentina* (IGF 10034), lunghezza massima della mandibola di 7,5 cm; **c)** tipo di *Hystrix etrusca*, oggi *Hystrix refossa* (IGF 938), lunghezza massima occlusale del dente 1,2 cm.

Space Spider e 0,2 mm in *Artec Eva*), garantiscono risultati ottimi (**Fig. 5**). Si noti il confronto tra una fotografia in norma occlusale della dentatura dell'equide estinto *Equus stenonis* e la *mesh* ottenuta dalla sua scansione con *Artec Space Spider* (**Fig. 6**) o il dettaglio della struttura dello smalto di un canide miocenico (*Eucyon monticiniensis* dal sito di Cava Monticino, RA) catturata da *Artec Micro* (**Fig. 7**). Nonostante tecniche

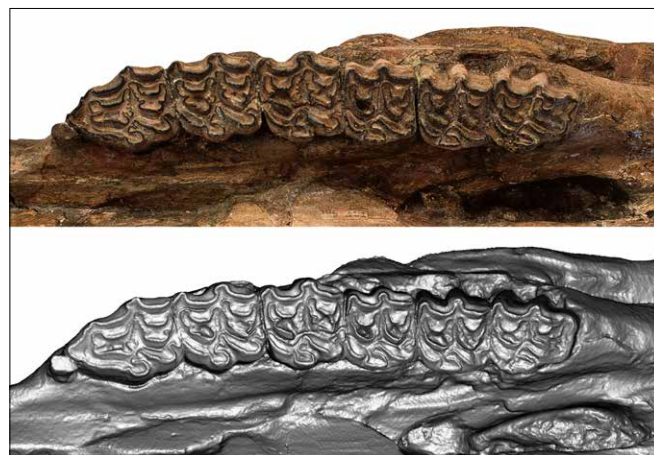


Fig. 6 - Confronto tra le morfologie occlusali dello smalto dentale dell'equide estinto *Equus stenonis* (conservato presso il Museo di Geologia e Paleontologia dell'Università degli Studi di Firenze; IGF 560) mostrate da una fotografia e dalla *mesh* dello stesso cranio ottenuta con la scansione 3D usando *Artec Space Spider*. La lunghezza mesiodistale massima della serie dentaria è di 187 mm.

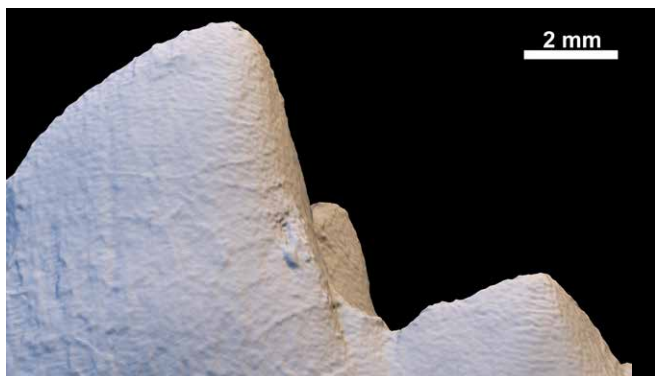


Fig. 7 - Dettaglio della morfologia della superficie distobuccale di un primo molare inferiore di *Eucyon* (BRS 27/21) digitalizzato con *Artec Micro*. Si noti il pattern ondulato che testimonia l'acquisizione del pattern delle bande di Hunter-Schreger, strutture date dal diverso spessore dei livelli deposizione dei prismi di smalto nei denti dei mammiferi.

fotogrammetriche possano permettere di registrare la *texture* in modo più accurato (considerando che la strumentazione base per la fotogrammetria è costituita da macchine fotografiche con risoluzione molto maggiore rispetto alle fotocamere presenti sugli *scanner*), il vantaggio di digitalizzare fossili con questi strumenti sta nella rapidità di acquisizione e realizzazione di un *file* 3D del tutto corrispondente all'originale in modo molto più semplice, semiautomatico e rapido. Tuttavia, è bene rilevare che è possibile combinare diverse tecniche (ad esempio fotogrammetria e scansioni 3D di superficie) per migliorare il *rendering* sia delle geometrie che della colorazione dei modelli. Come ricordato all'inizio, l'accuratezza delle geometrie digitali dei fossili acquisiti garantisce ai paleontologi di utilizzare questi modelli per analisi quantitative e rigorose delle morfologie tridimensionali dei fossili oggetto di studio.

APPLICAZIONI

Non solo i ricercatori beneficiano di digitalizzazioni di materiale fossile. Varie istituzioni museali stanno comprendendo l'importanza che hanno le scansioni 3D per la gestione dei beni da loro conservati, come si evince dalla sottoscrizione nel 2019 da parte dei 27 stati membri UE della *Declaration of Cooperation on advancing the digitisation of cultural heritage* che si occupa appunto della promozione della digitalizzazione del patrimonio culturale europeo, e tra questo ovviamente anche del patrimonio geopaleontologico. La stessa nascita di principi base per la digitalizzazione di beni culturali elaborata dalla commissione di esperti del *Digital Cultural Heritage* e di *Europeana*, dà conto del crescente interesse in ambito museale per il mondo del digitale e, in ambito delle scienze della Terra, per la paleontologia virtuale. La scansione 3D di reperti museali è preziosa e fondamentale per vari obiettivi cardine dell'esperienza museale, tra le quali: la conservazione, la riproduzione, l'istruzione e la fruizione. A tale scopo è stato portato a termine quest'anno un progetto biennale (2020-2022) mirato alla digitalizzazione, conservazione e valorizzazione del materiale-tipo delle specie fossili conservato nel Museo di Geologia e Paleontologia dell'Università di Firenze tramite l'utilizzo della strumentazione in dotazione al *Paleo[Fab]Lab*. La scelta dei materiali-tipo, sia dei vertebrati che degli invertebrati, come soggetto privilegiato di questo che è il primo caso di digitalizzazione mirata di collezioni paleontologiche in Italia, trova motivazione nella natura intrinseca che un tipo possiede: da un punto di vista scientifico esso è altamente rilevante perché funge da riferimento per lo studio tassonomico del *taxon* considerato; inoltre, da un punto di vista museale, la definizione di una specie su un reperto da esso posseduto conferisce al reperto *in primis*, e alle collezioni in generale un'importanza storica. Questo duplice interesse posseduto da questi materiali-tipo li rende inevitabilmente oggetto frequente di richieste di studio e a ripetuta manipolazione,

con conseguente maggior rischio di deterioramento. L'approccio non invasivo della digitalizzazione ben si sposa con questa necessità dei musei della conservazione e gestione di reperti così importanti. Difatti, nel caso di reperti come questi, oppure per campioni particolarmente rari, entrambi molto spesso frammentati, incompleti o deformati dall'azione della diagenesi, può essere interesse dei curatori operare dei restauri virtuali direttamente sui fossili 3D acquisiti, come anche programmare interventi di restauro fisico evidenziando criticità e risultati prima di operare direttamente sui reperti fossili. La mancanza di informazioni in un fossile deformato o danneggiato può essere recuperata facilmente applicando una serie di tecniche che consentono di ricostruire, modellare e ricreare virtualmente le parti mancanti e/o rimuoverne le deformazioni plastiche delle sue diverse porzioni. Ciò può essere fatto come una vera e propria modellazione dell'oggetto tridimensionale che, come una materiale grezzo scultoreo, viene plasmato per restituire un modello corretto del *taxon* fossile che stiamo ricostruendo.

Recentemente, a queste tecniche manuali, sicuramente efficaci da un punto di vista divulgativo ma allo stesso tempo quasi artistiche nella loro ricostruzione, si sono aggiunti protocolli virtuali che usano algoritmi numerici per ricostruire la corretta morfologia di una specie estinta, garantendo l'integrità fisica del campione fossile ed evitano le potenziali alterazioni dell'originale derivanti dall'interpretazione soggettiva dell'operatore che le mette in pratica. In questi casi le informazioni morfologiche mancanti possono essere recuperate utilizzando quelle sulla forma parzialmente conservata sul resto in oggetto (ad esempio, la riproduzione speculare, o *mirroring*, che sfrutta la simmetria biologica) o mediante il riferimento ad uno o più campioni *target* della stessa specie o di forme filogeneticamente vicine. Sempre più numerosi esempi sono riportati in letteratura e l'uso di ricostruzioni virtuali sta diventando sempre più diffuso, grazie

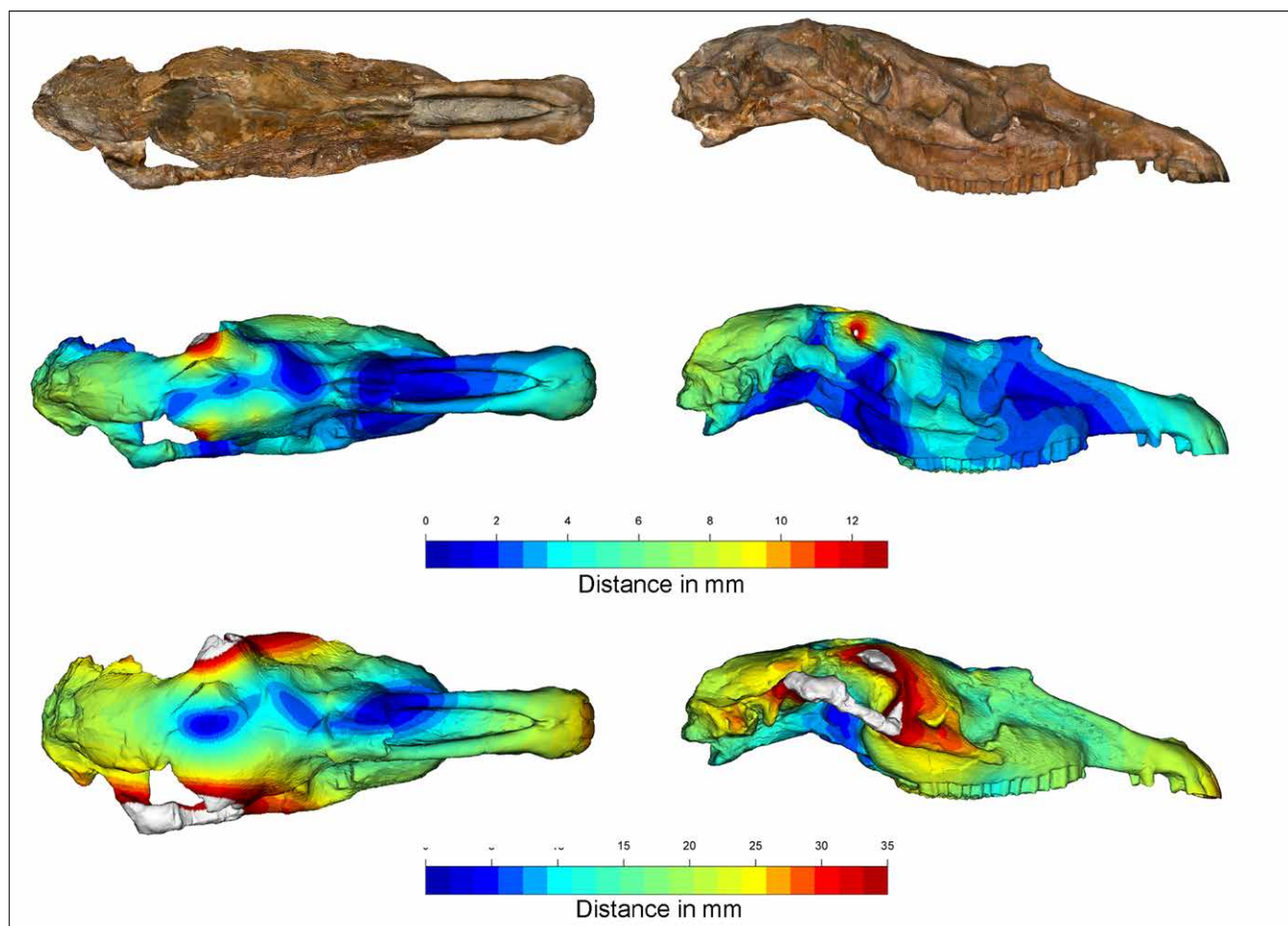


Fig. 8 - Retrodeformazione del cranio olotipo di *Equus stenonis*. Il cranio originale (immagine in alto) presenta una forte deformazione laterale (schiacciamento). Il secondo modello 3D mostra una prima fase della retrodeformazione per ristabilire la simmetria biologica del reperto. Infine, il terzo modello 3D retrodeformato (immagine in basso) mostra il risultato finale della *Target Deformation* che utilizza campioni non deformati appartenenti alla stessa specie usati come riferimento per guidare il procedimento automatico di retrodeformazione del tipo. Il *pattern* di colori indica il tasso di deformazione ottenuto nei passaggi necessari per ottenere il modello finale: aree blu indicano i valori minori di variazione, le aree rosse i massimi valori di retrodeformazione (si veda Cirilli et al., 2020).

anche al fatto che possono essere sfruttati i nuovi metodi sviluppati su *software* gratuiti e *opensource* che consentono di eseguire protocolli procedurali sempre più precisi e rigorosi per la retrodeformazione delle versioni digitali dei resti fossili (Schlager et al., 2018; Cirilli et al., 2020; Demuth et al., 2022; Pintore et al., 2022). Il caso studio pilota nell'utilizzo di questi metodi è stato quello che ha visto la retrodeformazione del tipo di *Equus stenonis* (IGF 560) a partire da campioni non deformati della stessa specie. Come si può vedere dalla **Fig. 8**, il protocollo di retrodeformazione ha permesso di ricostruire la morfologia originale del cranio riportandolo alle proporzioni biologiche senza che essa dovesse essere interpretata, stimata o dedotta dai ricercatori, ma utilizzando metodologie di morfometria geometrica 3D per calcolare l'effettiva, corretta forma. È facile comprendere che queste procedure virtuali sono rilevanti sia per contesti museali che di ricerca: mentre prima i campioni deformati dovevano essere esclusi dalle analisi morfometriche (o al massimo inclusi con approssimazioni e stime) per evitare alterazioni della reale variabilità delle specie in studio, ora campioni così

retrodeformati possono essere inclusi nelle stesse analisi senza il timore di alterarne i risultati consentendo di riconoscere specifici cambiamenti e tendenze evolutive. Unendo queste metodologie e all'innegabile attrattiva che i modelli 3D dei fossili hanno, si ottiene una considerevole facilitazione della divulgazione dei contenuti scientifici, museali o derivanti da ricerca. Inoltre, i modelli tridimensionali sono di facile integrazione all'interno di percorsi espositivi museali sia *in situ* che *online*. Basti pensare alla possibilità di creare mostre virtuali su pagine *web* o *app* dedicate che permettano a visitatori di tutto il mondo di vedere i fossili digitalizzati, senza doversi fisicamente recare al museo. All'interno delle esposizioni, l'ausilio di dispositivi digitali permette al pubblico di visualizzare, ad esempio porzioni normalmente non accessibili al pubblico non esperto, quali cavità interne, strutture particolari (specialmente se i dati digitali sono stati acquisiti tramite tomografia assiale computerizzata). Sempre più spesso vengono anche utilizzate esperienze interattive e immersive di realtà aumentata, virtuale o mista per implementare, migliorare ed espandere le proposte



Fig. 9 - Esempio di visualizzazione della *web-app* di realtà aumentata creata per mostrare la morfologia di *Canis borjgali* da Dmanisi (Georgia; possibile antenato del lupo attuale) che mostra come sia semplice tra l'altro l'utilizzo di un *marker*, visualizzare un contenuto digitale come un cranio fossile digitalizzato con *Artec Space Spider* di fianco al cranio (fisico) di un lupo (*C. lupus*). Nonostante il cranio digitale non sia alla stessa scala del campione reale, applicazioni semplici da usare come queste rendono più immediata e intuitiva la comunicazione di contenuti scientifici. Si veda Bartolini-Lucenti et al., 2020 per approfondire.

Fig. 10 - Esempio di stampa 3D a stereolitografia: la mandibola tipo di *Oreopithecus bambolii* (precedentemente digitalizzata con *Artec Space Spider*) è stata stampata con una *FormLab 3* in dotazione al *Paleo[Fab]Lab* (immagine all'estrema sinistra); preparata con lavaggio in *alcohol* isopropilico per rimuovere resina in eccesso (immagine al centro in alto) e poi rimossa dai supporti di stampa (immagine a destra in alto). Possiamo vedere il confronto tra la foto del campione originale, musealizzato all'interno delle collezioni del Museo di Geologia e Paleontologia di Firenze, e la sua replica 3D.



educative, all'interno delle quali i fossili digitali si inseriscono perfettamente. L'utilizzo proprio di semplici applicazioni di realtà aumentata è stato inserito in ricerche paleontologiche (Fig. 9; Bartolini-Lucenti et al., 2020) che allo stesso modo potrebbero essere facilmente riprodotte anche in contesti museali. È possibile, infine, rendere "fisici" i modelli 3D grazie alla stampa 3D a filamento o stereolitografia (come quella in dotazione al *Paleo[Fab]Lab*) per attività didattico-divulgative, evitando il contatto o la manipolazione degli stessi reperti originali, spesso fragili o preziosi (Fig. 10). Oggetti molto piccoli e difficilmente intelligibili possono così essere stampati a dimensioni maggiori o, viceversa, oggetti molto grandi possono essere ridotti garantendo la fedeltà delle

loro proporzioni; ancora, possono essere stampate singole porzioni o riempimenti di cavità interne di fossili (ad esempio i modelli endocranici) in modo da proporre esperienze tattili a diversi tipi di pubblico, tra i quali anche ipovedenti o non vedenti, consentendo, grazie alla percezione aptica di oggetti che normalmente si trovano protetti all'interno di teche di vetro, una esperienza di visita intellegibile e diretta.

In conclusione, le innovazioni tecnologiche stanno davvero rivoluzionando il mondo della paleontologia trasformandola dalla disciplina ottocentesca in una branca delle scienze naturali con importanti contributi scientifici e opportunità museali di avanguardia.



PALEONTOLOGIA VIRTUALE: innovazioni digitali al servizio di ricercatori e curatori museali

BIBLIOGRAFIA

AAVV (2020). *Manuale di paleontologia, Fondamenti e Applicazioni*. Idelson-Gnocchi, 498 pp.

Bartolini Lucenti S., Bukhsianidze M., Martínez-Navarro B. & Lordkipanidze D. (2020). *The wolf from Dmanisi and augmented reality: review, implications, and opportunities*. *Frontiers in Earth Science*, 8, 131.

Cirilli O., Melchionna M., Serio C., Bernor R.L., Bukhsianidze M., Lordkipanidze D., Rook L., Profico A. & Raia P. (2020). *Target deformation of the Equus stenonis holotype skull: A virtual reconstruction*. *Frontiers in Earth Science*, 8, 247.

Demuth O., Benito J., Tschopp E., Lautenschlager S., Mallison H., Heeb N. & Field D.J. (2022). *Topology-Based Three Dimensional Reconstruction of Delicate Skeletal Fossil Remains and the Quantification of Their Taphonomic Deformation*. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 10, 828006.

Pintore R., Delapre A., Lefebvre R., Botton-Divet L., Houssaye A. & Cornette R. (2022). *The potential and limits of Thin-Plate Spline retrodeformation in asymmetrical objects: simulation of taphonomic deformations and application on a fossil sample of limb long bones*. *Comptes Rendus Palevol*, 21, 191-205

Schlager S., Profico A., Di Vincenzo F. & Manzi G. (2018). *Retrodeformation of fossil specimens based on 3D bilateral semi-landmarks: implementation in the R package "Morpho"*. *PLoS One*, 13, e0194073.



Associazione Italiana DI VULCANOLOGIA

a cura del Consiglio Direttivo AIV

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

Lettera dal PRESIDENTE AIV

Care Socie e cari Soci

con l'estate alle porte, prendono finalmente forma le molteplici attività sociali che l'AIV ha organizzato per il 2022. Ha dato il via la scuola/workshop a Lipari sulle applicazioni paleomagnetiche alla Vulcanologia, pensata per rendere omaggio agli studi pionieristici del Prof. Roberto Lanza in questo settore. Proseguono intanto i preparativi per la 5ª Conferenza A. Rittmann, che si terrà a Catania dal 29 Settembre all'1 Ottobre 2022, il cui programma conta ad oggi 21 sessioni scientifiche di livello eccezionale che abbracciano uno spettro di argomenti inerenti alla Vulcanologia davvero ampio. Il numero di contributi sottomessi è molto incoraggiante, il che lascia presupporre che l'evento possa essere considerato l'appuntamento vulcanologico dell'anno più rilevante a livello nazionale. Il programma dell'estate prevede inoltre la Scuola a Lipari rivolta ai nostri giovani vulcanologi, altro evento sociale accolto con grande entusiasmo dagli studenti di numerose Università nazionali.

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

Prof. Marco Viccaro
Presidente dell'AIV 2021-2023

5ª CONFERENZA A. Rittmann

29 Settembre – 1 Ottobre 2022 **Luogo** Catania



Procede l'organizzazione della quinta edizione della Conferenza Alfred Rittmann, che si terrà nella città di Catania negli ambienti tardo-barocchi del Monastero dei Benedettini in San Nicolò l'Arena dal 29 Settembre al 1 Ottobre 2022. L'evento, organizzato dall'Associazione Italiana di Vulcanologia, l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, l'Università degli Studi di Catania e l'*International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior*, sarà un importante momento di confronto scientifico per tutta la comunità vulcanologica afferente ad Università, Enti di Ricerca, Enti pubblici di gestione del territorio, strutture di Protezione Civile ed Associazionismo. Al termine della *Call for Sessions* sono state attivate ben 21 Sessioni Scientifiche (dettagli nel riquadro) per le quali è stata aperta fino all'11 giugno la sottomissione degli *abstract* per partecipare con contributi orali e *poster*. Per informazioni su registrazione ed iscrizione alla conferenza e per visionare il programma definitivo (la cui pubblicazione è prevista per il 1 Settembre 2022) vi invitiamo a visitare il sito web della conferenza al link www.conferenzarittmann.it.

Vi aspettiamo numerosi!



Vista panoramica delle Isole di Lipari e Vulcano.



Attività di terreno a Lipari durante la field-trip AIV 2021.

Scuole e Workshop AIV 2022

Dall'8 all'11 Giugno 2022, si è tenuto a Lipari (Isole Eolie) la scuola/workshop in memoria del Prof. Roberto Lanza (1945-2013) dal titolo "*Paleomagnetic applications to volcanology: the case study of Lipari and Vulcano*". Il workshop è stato organizzato da G. De Astis, F. Lucchi, S. Mana, F. Speranza, C.A. Tranne ed E. Zanella, i quali hanno intensamente lavorato con Roberto Lanza. L'obiettivo primario della scuola/workshop, focalizzato sulla tecnica del paleomagnetismo e la sua applicazione alla Vulcanologia, è stato di trasmettere ad un *target* di giovani ricercatori e dottorandi il messaggio scientifico ed intellettuale del Professore Lanza. Un resoconto dettagliato sarà disponibile a breve sul sito dell'AIV al link www.aivulc.it e nel prossimo numero di Geologicamente.

Dal 7 al 12 Settembre 2022 si terrà sempre a Lipari (Isole Eolie) la Scuola di Vulcanologia AIV "Bruno Capaccioni". L'evento, organizzato dall'AIV, con la collaborazione di IAVCEI e INGV e con il patrocinio del Parco Archeologico Isole Eolie "Luigi Bernabò Brea", è rivolto agli studenti universitari dei Corsi di Laurea triennali e specialistici in discipline geologiche o affini. La Scuola è organizzata per fornire le basi della conoscenza dei sistemi vulcanici e dei processi eruttivi, con particolare attenzione allo studio dei depositi vulcanici sul terreno. Si tratta pertanto di un'occasione per avvicinarsi alla Vulcanologia in un clima informale di condivisione e apertura alla discussione, avvalendosi di lezioni teoriche ed esercitazioni pratiche sul terreno impartite da docenti esperti di diverse università italiane. Ulteriori dettagli sono disponibili sul sito web dell'AIV al link www.aivulc.it.

SESSIONI

- S01 Volcano geology, stratigraphy, chronology and paleomagnetism to unravel the eruptive behavior and related hazards
- S02 Multidisciplinary approaches for volcano-tectonic studies
- S03 Tephrochronology: a powerful tool for unravelling the past
- S04 Volcanic control on sedimentary systems
- S05 Behind the scenes: advanced methodologies to unravel the architecture, dynamics and timescales of volcanic plumbing systems
- S06 Equilibrium/disequilibrium processes during magma ascent: new insights from laboratory and modelling studies and observations of the natural system
- S07 Large eruptions magma-chambers formation and evolution: implications on magmatic processes, eruption dynamics and environmental impact
- S08 Towards a multidisciplinary approach to understand the origin and dynamics of paroxysms at basaltic volcanoes
- S09 New perspectives in deciphering mantle geochemical, mineralogical and seismic heterogeneities
- S10 Fluid geochemistry in volcanic environments: from sampling techniques to data processing
- S11 Submarine volcanic and hydrothermal systems
- S12 Multidisciplinary approaches to better understand phreatic eruptions
- S13 Proximal and Distal Volcanic Monitoring using Remote Sensing systems: novel practices, applications and integrations
- S14 Timely topographic monitoring and volcanics mapping through the integration of different remote sensing techniques
- S15 The Paroxysmal eruptive sequences of Mt Etna between 2020 and 2021
- S16 The 2021 unrest of Vulcano, Aeolian Islands (Sicily): new insight from monitoring data and hazard assessment
- S17 How to increase and spread hazard environmental awareness: new technologies to fascinate the lay public using high-quality scientific products
- S18 From multi-hazard assessment to integrated risk in volcanic areas: data-enabled science and applications with numerical tools and statistical methods
- S19 Volcanic risk management in inhabited areas
- S20 The manifold interaction between humans and volcanoes: interdisciplinary studies around volcanology
- S21 Volcanic Hazard and Risk: Communication, information and training during quiescence, unrest and eruption times

Associazione PALEONTOLOGICA PALEOARTISTICA Italiana

a cura di Anna Giamborino



Pagina web: www.paleoappi.it

Impero dei Dinosauri SEMINARI E CONFERENZE AL PUBBLICO

Dal 30 ottobre 2021 al 1 maggio 2022 si è svolta a Roma, presso il Museo Orto Botanico, la prima edizione del progetto *L'Impero dei Dinosauri*.

L'evento, volto a coinvolgere una grossa fetta di pubblico, ha voluto puntare l'attenzione sulle Scienze della Terra, partendo da quello che è l'interesse paleontologico del grande pubblico verso tutto quello che riguarda il Tempo Profondo e che vede tra i suoi protagonisti più celebri i grandi rettili.

L'occasione ha fatto in modo che si potessero affrontare in maniera approfondita molte tematiche, come il concetto di evoluzione, comparse ed estinzioni o le loro cause. Il pubblico, guidato

lungo il percorso mostra dalla spettacolarità dei modelli esposti, tutti a grandezza naturale, è stato accompagnato in un viaggio lungo milioni di anni in quelli che sono stati gli eventi che hanno condizionato il passato del nostro pianeta e che spiegano la realtà in cui attualmente viviamo.

Ma per fare ciò, non si è puntato soltanto sulla spettacolarità dei modelli esposti, ma anche e soprattutto sull'interazione con il pubblico. A corredo della mostra, sono state programmate infatti attività didattiche e laboratoriali sia per le scolaresche che per i visitatori del museo. Inoltre, una serie di incontri e seminari hanno visto protagonisti ricercatori ed esperti: durante i sei mesi in cui la manifestazione si è svolta, sono stati organizzati diciassette incontri di carattere strettamente divulgativo, tra cui anche la presentazione di libri, mentre altri, erano rivolti principalmente ad appassionati e studenti universitari. Questi ultimi, in particolare, si sono svolti presso il Dipartimento di Scienze della Terra di Sapienza Università di Roma, sede anche del MUST, il Museo Universitario di Scienze della Terra, *partner* dell'iniziativa insieme alla Società Geologica Italiana.

Il primo ciclo di conferenze è stato inaugurato il 13 novembre scorso da Simone Maganuco, curatore del progetto *L'Impero dei Dinosauri*, con un incontro dal titolo *Scienza e Arte: come riportare in vita i dominatori del mondo perduto*. La conferenza è stata occasione per presentare tutte quelle che sono state le fasi di lavoro per la realizzazione del progetto espositivo e sottolineare quanto sia importante il lavoro di *équipe*, a partire dalla ricerca e dallo studio dei fossili, fino alla realizzazione dei modelli a grandezza naturale degli animali e degli ambienti preistorici. L'incontro successivo ha avuto come protagonista Marco Romano, in occasione della presentazione del libro, edito dalla società Geologica Italiana, *I Fossili – Una storia italiana*. È stato illustrato come la corretta interpretazione dei fossili ha avuto ricadute su tutte le Scienze della Terra. La formazione di grandi catene montuose, la possibilità di ordinare nel tempo i depositi sedimentari, la scoperta del 'tempo profondo' in Geologia, così come la conferma dell'evoluzione biologica, sono tutti elementi resi possibili dalla corretta interpretazione dei fossili come ex-vivi. Questo processo conoscitivo è stato possibile, in larga parte, grazie al contributo unico di naturalisti italiani che, a partire dal genio inarrivabile di





Anna Giamborino e Flavia Strani.



Fabio Attorre e Giorgio Manzi.



Simone Maganuco.

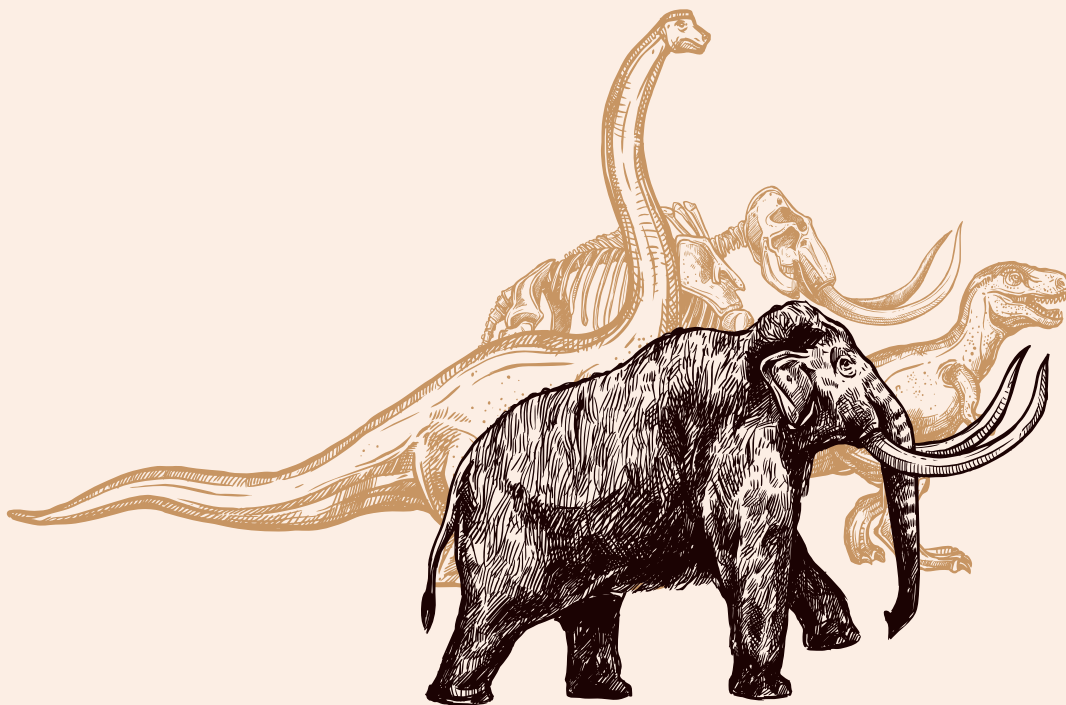
Leonardo da Vinci, hanno introdotto concetti e paradigmi centrali ancora accettati e condivisi ai nostri giorni. Anche i successivi incontri con Giorgio Manzi e Michele Macri sono stati occasione per presentare due libri. Durante il primo incontro, *L'Ultimo Neanderthal racconta*, Manzi ha illustrato alcuni degli ultimi studi sui nostri antenati, dalle scoperte del Monte Circeo, presentando le caratteristiche e i comportamenti dei Neanderthal, fino al confronto con la nostra specie. Michele Macri, invece, sfruttando le cronache, ma soprattutto le avventure in giro per il mondo, del gemmologo Martì Valoso (*I miei primi 40 carati*), ha raccontato dei processi e di tutta la filiera che, a ritroso, dalla vetrina di una gioielleria conduce a luoghi remoti, dove le pietre vengono lucidate e tagliate, fino a giungere all'interno della Terra. Si torna al nostro Paese, invece, con l'incontro che ci ha voluti ospiti di Luca Bellucci, *Paleoambienti pre e post Homo - Storie pleistoceniche dall'Italia*, tornando a parlare di fossili, ma soprattutto di ambienti del passato e dell'incredibile biodiversità durante il Pleistocene del nostro Paese, con tutte le faune a grandi mammiferi che lo hanno caratterizzato.

Gli incontri del 2021 si concludono in una giornata molto speciale per la nostra associazione, che il 19 dicembre avrebbe voluto festeggiare il suo quinto anniversario in presenza. Purtroppo, la situazione pandemica vissuta nei giorni precedenti il passato periodo natalizio, non ha consentito di organizzare attività con il pubblico. Per questo motivo, sono stati trasmessi in diretta sui nostri canali *social* gli interventi del Presidente, Anna Giamborino, del paleontologo Simone Maganuco con - *APPI (B.) day incontri tra Scienza e Arte* e del paleoartista Davide Bonadonna con *Visioni Preistoriche*. È possibile rivedere gli interventi attraverso la pagina Facebook di *APPI Paleontologia e Paleoarte*.

Il nuovo anno e il nuovo ciclo di conferenze è inaugurato da Matteo Fabbri, *Evoluzione di adattamenti acquatici tra i dinosauri predatori cretacici*, che riporta l'attenzione sui grandi rettili. Per decenni, si è pensato che i dinosauri non aviani fossero ecologicamente ristretti alla terra ferma. Nonostante alcuni studi abbiano ipotizzato ecologie acquatiche in alcuni dinosauri, l'ambiguità nell'interpretazione di strutture anatomiche non ha consentito di raggiungere un consenso sulla diversità ecologica di questo gruppo. L'utilizzo della densità delle ossa, svela come

adattamenti acquatici fossero presenti tra gli spinosauri, un gruppo di dinosauri carnivori diffuso in Gondwana ed Eurasia durante il Cretacico. Abbiamo seguito le orme dei grandi rettili in Italia qualche settimana dopo, insieme a Fabio Petti, *Sulle orme dei dinosauri: le tracce che i grandi rettili del Mesozoico hanno lasciato nel nostro Paese*. La paleoicnologia studia le tracce fossilizzate di antichi esseri viventi, non ossa e denti dunque, ma testimonianze del passaggio di forme ormai scomparse. Anche il nostro Paese è dunque ricco di queste testimonianze e le più famose sono quelle che riguardano i grandi rettili mesozoici. Distribuite lungo tutta la penisola, dalle Alpi fino alla Puglia, Petti ha passato in rassegna i principali ritrovamenti d'impronte e ci ha illustrato l'innovazione che questi hanno portato negli studi paleogeografici del Mediterraneo negli ultimi 30 anni.

Grande protagonista del progetto *L'Impero dei Dinosauri* è stato il contesto unico e prestigioso del Museo Orto Botanico, che con oltre 3500 specie vegetali presenti, è a tutti gli effetti un gioiello di biodiversità. A porre l'attenzione sull'importanza delle piante, troppo spesso trascurate anche in ambito divulgativo, è Donatella Magri con *Piante e paesaggi scomparsi*. Insieme a lei abbiamo ripercorso la storia evolutiva di alcune particolari specie vegetali, la risposta ai cambiamenti climatici che hanno dovuto affrontare, in particolar modo negli ultimi secoli, a causa dell'impatto antropico. Attraverso periodi glaciali e interglaciali, deserti, steppe e foreste lussureggianti, abbiamo scoperto come è cambiata la distribuzione delle piante nel nostro continente e la scomparsa di alcune di esse dall'Europa, ma ancora viventi in Nord America e in Cina. Una storia articolata, dunque, come quella raccontata durante l'incontro *L'Orto Botanico di Roma tra Passato e Futuro* in cui, il direttore Fabio Attorre, ha presentato quelle che sono state le vicissitudini storiche e scientifiche che hanno portato l'Orto Botanico al suo aspetto odierno, la sua importanza in termini di servizi, ricerca, educazione e sostenibilità per il futuro. Con Simone Maganuco si torna a parlare di dinosauri, questa volta non per ricostruzioni ed exhibit. Il seminario *Ripensare Spinosaurus* ha consentito di ripercorrere le vicende storiche e scientifiche di uno dei dinosauri più iconici di tutti i tempi: dalle prime scoperte di Stromer fino ai recenti studi, basati sull'esame di esemplari provenienti dal Cretacico marocchino. I nuovi ritrovamenti hanno obbligato i paleontologi non solo a ridisegnare completamente



l'anatomia di questo dinosauro, ma anche e soprattutto di riconsiderarlo da un punto di vista ambientale, grazie a due regioni anatomiche (zampe e coda) che si sono rivelate essere completamente diverse rispetto a quelle degli altri teropodi, e che mostrano adattamenti sempre più marcati alla vita acquatica.

Gli incontri di marzo sono introdotti da Jacopo Conti, che ci trascina nel Quaternario italiano con *Gli orsi pleistocenici della Penisola Italiana*. Conti ha presentato uno dei mammiferi più iconici e conosciuti, tutt'ora vivente nel nostro Paese, raccontando però quelle che sono le problematiche legate allo studio della sua origine dovuta alla mancanza di evidenze paleontologiche della sottospecie presente in Italia. Gli argomenti trattati negli incontri successivi prendono invece spunto dalla presentazione di due volumi. Il primo è *Il Triceratopo Rosa*, presentato dagli stessi autori Diego Mattarelli ed Emanuela Pagliari: l'incontro così come il testo, è rivolto ad un pubblico molto giovane che, attraverso il gioco, viene portato a sfatare alcuni falsi miti e conoscenze oramai superate riguardo il mondo dei dinosauri e degli ambienti in cui vivevano. Federico Fanti, nell'incontro successivo, *Il cacciatore di dinosauri*, ci porta invece in giro per tutti i continenti, tra escursioni, scoperte ed esperienze a volte un po' estreme. Ha illustrato come la ricerca dei dinosauri è solo un modo (probabilmente il più accattivante) per capire come incredibili creature, vissute in un passato lontanissimo, abbiano affrontato i cambiamenti che la Terra ha subito e come queste scoperte ci aiutano a comprendere il nostro presente, e forse anche quali mutazioni attendono il nostro Pianeta.

Per l'ultimo ciclo di conferenze, Raffaele Sardella ci ha introdotto ad un'altra importantissima realtà museale di Sapienza che lui stesso dirige, il Museo Universitario di Scienze della Terra: *Ri-restaurare scheletri: lavori in corso nella sala vertebrati fossili del MUST*. Ha raccontato le collezioni paleontologiche museali da un punto di vista diverso rispetto al solito, presentando le varie tecniche e metodologie necessarie per rendere maggiormente fruibile il patrimonio museale sia dal punto di vista scientifico ma anche da un punto di vista storico, attraverso le tecniche di restauro e di conservazione dei fossili, valorizzando la documentazione e risaltando il dietro le quinte del museo. Nuove tecniche di indagine, applicate all'ambito paleontologico sono state presentate da Dawid Iurino nel suo incontro *Il mondo virtuale della paleontologia*, durante il quale ha dimostrato come fossili, anche molto conosciuti

da un punto di vista storico, sono ancora in grado di svelare nuove informazioni grazie alla tomografia e alla fotogrammetria. Metodi di indagine meno invasivi per i reperti, ma che consentono uno sguardo più mirato e minuzioso, utile anche per le ricostruzioni e le attività divulgative. L'incontro conclusivo è con Flavia Strani che, nel suo seminario dal titolo *Cambiamenti climatici e ambienti del passato nei denti fossili*, ha dato modo di comprendere meglio come i fossili, anche i più piccoli, siano in realtà in grado di fornirci moltissimi dati sul passato profondo. La connessione principale tra l'animale e l'ambiente in cui vive è data proprio dai denti, per cui, in quest'ottica, questi resti fossili rappresentano un fonte unica di informazioni.

Gli incontri e i seminari, presentati da Anna Giamborino (Presidente APPI), saranno a breve caricati sul canale YouTube di APPI (PaleoAPPI), mentre al seguente link www.facebook.com/PaleoAPPI/events/?ref=page_internal è possibile accedere alla pagina degli eventi organizzati e selezionare le dirette di maggior interesse. La pagina di riferimento è *Paleontologia e Paleoarte*.

Trasmettere gli incontri attraverso i nostri canali social è stata una necessità dovuta all'emergenza Covid-19, ma si è rivelata un'opportunità per la comunicazione, in quanto gli incontri trasmessi hanno avuto un buon seguito in termini di collegamenti e non hanno vincolato il pubblico con la presenza fisica. Inoltre, essendo accessibili sui canali *social*, hanno dato l'opportunità a chi interessato all'incontro, ma impossibilitato a presenziare anche online nelle date previste, di recuperare e riguardare anche in momenti successivi gli interventi. Sarà dunque certamente un'opzione da tenere in considerazione anche in tempi futuri e, si spera, più tranquilli!

Associazione Italiana PER LO STUDIO DEL QUATERNARIO

a cura di Eleonora Regattieri

 Pagina web: www.aiqua.it

Dopo due anni di incontri virtuali, nel 2022 sono riprese le attività anche in presenza dell'Associazione.

Il 14-15 giugno si è svolto a Palermo il convegno “*Il Quaternario italiano dalle isole al continente*”.

Nella primavera è continuato il ciclo di *webinar* “*AIQUA scientific virtual tours*”, con buona partecipazione, in particolare di giovani e studenti.

In contemporanea, a scadenza mensile, sono stati organizzati *webinar* “*All roads lead to Rome2023*” in vista del *XXI INQUA Congress*.

La seconda circolare del *XXI INQUA Congress* “*Time for Change*” è uscita il 17 maggio: <https://inquaroma2023.org/2022/05/17/second-circular/>.

La *call* per le sessioni ha registrato un notevole successo.

Le sessioni proposte sono ben 209 e sono visibili alla pagina:

<https://inquaroma2023.org/conference-sessions/>.

Sono in programma quattro *short courses*:

1. *Introduction to Ostracoda with a Focus on Quaternary.*
2. *An introduction to CRESTR, an R package to perform probabilistic climate reconstructions from palaeoecological datasets.*
3. *Reconstructing past climates from biotic assemblages.*
4. *Recent Developments in Landslide Science: Implications for Geomorphic Modelling, Hazard Assessment, and Paleoclimate Proxies.*

E cinque *workshops*:

1. *Reconstructing the Quaternary explosive volcanic history of the Anatolian Peninsula: Implications for volcanic hazard assessments in Turkey.*
2. *Integrative paleo-approaches for global conservation challenges.*
3. *Towards consolidating a Latin American Quaternary network.*
4. *Multi-theme Quaternary database for the Global South: challenges and opportunities.*
5. *Exploring the interface between Sustainability and Palaeoecology.*

Tutte le informazioni aggiornate sono consultabili sul sito del Congresso <https://inquaroma2023.org/>.

Ricordiamo che tutti gli studenti di dottorato in Italia che stanno affrontando tematiche sul Quaternario avranno diritto alla registrazione gratuita al Congresso.





Associazione Nazionale INSEGNANTI SCIENZE NATURALI

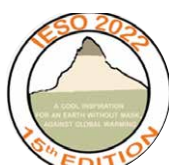
a cura di Susanna Occhipinti

Pagina web: www.anisn.it/nuovosito



15th EDITION

ITALY - AOSTA HOST COUNTRY



Oltre 30 nazioni hanno comunicato la loro adesione alle Olimpiadi internazionali delle Scienze della terra, 15esima edizione che si svolgerà *on-line*, organizzata e gestita dall'Italia, presso l'Istituzione scolastica di Istruzione tecnica e professionale Innocent Manzetti di Aosta, dal 25 al 31 agosto: tra queste Australia, Bangladesh, Bielorussia, Canada, Repubblica Ceca, Estonia, Finlandia, Francia, Germania, Indonesia, Israele, Italia, Giappone, Kazakistan, Pakistan, Portogallo, Spagna, Sri Lanka, Taiwan, Thailandia, Turchia, Gran Bretagna, Cile, Perù, UK, Turchia, Macedonia, Norvegia, Malesia, Corea del Sud, India, Norvegia, Romania, Emirati Arabi Uniti.

Tutte le nazioni sono state invitate a **trovare sponsor o patrocinii locali** (non è richiesto alcun finanziamento economico) per sostenere l'evento condividendo il proprio logo e diffondendo informazioni. Anche in Italia, molte associazioni scientifiche **hanno già dato il loro patrocinio** e concesso l'uso del logo; a breve sul sito www.ieso2022.com una pagina sarà dedicata a queste associazioni, che ringraziamo della disponibilità.

Altre che volessero aggiungersi, possono indirizzare la loro segnalazione a info@ieso2022.com.

Sono benvenute collaborazioni per la predisposizione dei *test* o per far parte dell'*international Jury*, che valuterà gli elaborati degli studenti: la valutazione si svolgerà *on-line*, il 29 agosto; la presenza di esperti italiani rappresenta ovviamente un valore aggiunto.

L'edizione IESO 2022 si svolgerà nel rispetto dello statuto IESO (www.ieso-info.org/statutes).

Le attività sono state adattate alla versione *on-line*, grazie all'esperienza di IESO 2021, in particolare:

- ▶ ogni squadra nazionale parteciperà con un massimo di 8 studenti;
- ▶ verrà proposto un nuovo *test*, che richiede la produzione di un'attività pratica sul modello di *Earth Learning Ideas*, in memoria di Chris King;
- ▶ le medaglie saranno attribuite per il *Data Mining Test*, allo studente e per il *National Team Field Investigation*, al *team*;
- ▶ per *Earth Science Project*, *The Astrophysical Online Code Hunting Game*, *Earth science and Art*, *Earth science pledge*, *Earth Learning Students' Ideas*, lo studente o il *team* saranno classificati come eccellenti, molto buoni e buoni;
- ▶ alcune attività saranno simultanee, mentre altre si terranno seguendo tre fusi orari: 1) Asia e Oceania, 2) Africa ed Europa e 3) Nord-Centro-Sud America.



GEOLOGICAMENTE



Network Italia



Attività IESO 2022

TEST	BREVE DESCRIZIONE DEL TEST	PARTECIPAZIONE	PREMI	TEAM DI VALUTAZIONE
Data Mining Test (DMT) ***	Il test consiste in 4 indagini indipendenti (o casi di studio). 2 prove si svolgeranno al mattino (10.00-13.00), 2 al pomeriggio (14.00-17.00) ora locale delle tre zone, even se ogni test richiederà presumibilmente un'ora per risolvere le diverse domande. Per ogni domanda, lo studente deve esplorare i dati online.	individuale	medaglie d'oro, d'argento, di bronzo sulla base di criteri EB	Staff IESO 2022
NATIONAL TEAM FIELD INVESTIGATION (NTFI) *	Ogni paese potrà creare le proprie indagini sul campo per la presentazione durante l'IESO.	squadra Ogni paese può avere fino a due squadre	medaglie d'oro, d'argento, di bronzo sulla base di criteri EB	Nir Orion Staff
THE EARTH SCIENCE PROJECT (ESP) ***	Gruppi internazionali di studenti indagheranno uno dei numerosi argomenti sui fenomeni del sistema terra e faranno presentazioni a una giuria internazionale.	squadre internazionali	<i>certificato</i> di Eccellente, molto buono, Buono	International Jury, volontari sono i benvenuti
THE EARTH SYSTEM PLEDGE	Agli studenti viene richiesto di scrivere una breve produzione che spieghi come vorrebbero utilizzare le loro conoscenze e abilità in futuro.	test individuale	<i>certificato</i> di Eccellente, molto buono, buono, <i>certificate</i>	valutazione del pubblico
ASTRONOMIC GAME***	Utilizzando un'app specifica, gli studenti parteciperanno a un gioco su argomenti scientifici astronomici.	squadre internazionali	<i>certificato</i> di Eccellente, molto buono, Buono	Staff IESO2022
IESO · ART AND SCIENCE **	Gli studenti sono invitati a condividere alcune delle loro poesie, dipinti, sculture, canzoni rap, meme di scienze della terra.	Test individuale / team	<i>certificato</i> di Eccellente, molto buono, Buono	valutazione del pubblico
STUDENTS' EARTH LEARNING IDEAS ELSI *	Agli studenti viene richiesto di produrre un reel, o una breve attività pratica su youtube che dimostri un fenomeno geologico, una teoria ecc.	Test individuale / team	<i>certificato</i> di Eccellente, molto buono, Buono	EB

* i progetti degli studenti (ppt, disegni, ecc.) (singolo studente o squadra) e saranno valutati durante le IESO da una Giuria internazionale.

** i progetti degli studenti (ppt, disegni, ecc.) (singolo studente o squadra) saranno pubblicati sul sito IESO entro il 15 agosto e valutati dal pubblico.

***queste attività si svolgeranno durante l'IESO.

Programma IESO 2022

	25/08/2022	26/08/2022	27/08/2022	28/08/2022	29/08/2022	30/08/2022	31/08/2022
am	Cerimonia di apertura	Data Mining Test	<i>Lectio magistralis</i> : - Riscaldamento globale	Preparazione ESP	Presentazione NTFI	Presentazione delle idee degli studenti di Earth learning	Premiazioni e cerimonia di chiusura
pm	<i>Lectio magistralis</i> : - Astronomia	Data Mining Test	Preparazione ESP	Presentazione ESP	The Astrophysical Online Code Hunting Game	IESO Scienze della Terra e arte, impegno IESO	



Società GEOCHIMICA Italiana

a cura del Consiglio di Presidenza della So.Ge.I.



Pagina web: www.societageochemica.it



Programma del 1° Congresso Società Geochimica Italiana "From Theoretical to applied Geochemistry".

Gent.me Lettrici e Gent. Lettori, finalmente siamo arrivati a pochi giorni dal Primo Congresso della Società Geochimica Italiana. Infatti, dal 5 all'8 Luglio 2022, presso il Palazzo Rosso del Comune di Genova avrà luogo l'evento che, per motivi pandemici, è stato rimandato un paio di volte. Il successo sembra garantito poiché abbiamo avuto oltre 80 riassunti suddivisi in 4 tematiche principali. La prima (Termodinamica Geochimica) è interamente dedicata al Prof. Giulio Ottonello in riconoscimento della sua attività scientifica e didattica mentre le altre riguarderanno la Geochimica Isotopica, la Geochimica Ambientale e la Geochimica dei Fluidi in ambiente vulcanico e geotermico ed in aree sismicamente attive. I riassunti saranno raccolti nella Miscellanea dell'INGV a cui va il più sentito ringraziamento anche per aver sponsorizzato l'evento. Il numero dei partecipanti è limitato a 120 in quanto è stato ritenuto opportuno mantenere un certo distanziamento a causa di una pandemia che ha allentato la morsa ma che ancora non è del tutto scomparsa. Le modalità di iscrizione e il programma dettagliato è visibile alla pagina web: www.societageochemica.it/congresso2022. Allo stato attuale, è prevista esclusivamente la modalità in presenza.

In occasione del congresso, verranno anche assegnati i premi (di natura biennale) per le migliori tesi di dottorato che quest'anno hanno visto vincitori Ilaria Fuoco, Caterina Gozzi e Francesco Magi i quali saranno invitati, durante il congresso, a tenere una presentazione sul lavoro da essi svolto. Il congresso è reso possibile al contributo del comitato scientifico e organizzativo oltre ai conveners che si sono adoperati per la lettura dei riassunti contribuendo alla realizzazione del programma, qui allegato. Ai plenaristi e agli invitati va un ringraziamento per aver accettato di partecipare al congresso. Un ringraziamento particolare va a Donato Belmonte e Marino Zuccolini sia per ospitare l'evento ma, soprattutto, per aver dato un contributo fondamentale alla parte organizzativa oltre a quella scientifica.

Questo evento segue di poco quello che si è tenuto il 27 Maggio scorso presso Cinquale (Comune di Montignoso, MS) ed organizzato dalla So.Ge.I. in collaborazione con i comuni di Montignoso e Pietrasanta (LU) e il Museo di Storia Naturale di Firenze. La giornata ha riguardato un argomento particolare e cioè



Giornata di Studio sulle Aree Umide

DALLA RICERCA SCIENTIFICA ALLA GESTIONE DEL CANNETO DEL LAGO DI PORTA: ESPERIENZE DALLE AREE UMIDE DELL'ITALIA CENTRALE E PROBLEMATICHE LOCALI

27 Maggio 2022
Sala Congressi, Hotel Eden
Viale Gramsci, 26 - 54030 Cinquale (Montignoso, MS)

PROGRAMMA	
10:00-10:05	Saluti delle autorità
10:05-10:15	Breve storia del Lago di Porta - <i>Barbara Vietina (Comune di Montignoso)</i>
10:15-10:25	La conservazione e gestione della biodiversità nelle zone umide - <i>Susanna D'Antoni (ISPRA)</i>
10:25-10:55	Il die-back di <i>Phragmites australis</i> in Italia centrale. Evidenze e casi studio - <i>Lorenzo Lastrucci (UNIFI)</i>
10:55-11:25	La diversità genetica di <i>Phragmites australis</i> . Principali risultati e possibili implicazioni sullo stato di conservazione in Italia Centrale - <i>Andrea Coppi (UNIFI)</i>
11:25-11:45	Die-back vs sviluppo di <i>Phragmites australis</i> : aspetti anatomici e riproduttivi - <i>Lara Reale (UNIPG)</i>
11:45-12:00	Coffee break
12:00-12:20	Il contributo delle aree umide all'emissione di gas serra: il caso del Lago di Porta - <i>Stefania Venturi (UNIFI)</i>
12:20-12:40	Caratteristiche geochimiche dell'area umida del Massaciuccoli - <i>Ilaria Baneschi (CNR-IGG)</i>
12:40-13:00	Evoluzione geochimica ed isotopica delle acque del Lago Trasimeno - <i>Franco Prondini (UNIPG)</i>
13:00-14:00	Lunch break
14:00-14:20	ARPA-UMBRIA e la biodiversità nel Trasimeno - <i>Rosalia Padula (ARPA Umbria)</i>
14:20-14:40	L'importanza dei canneti per la conservazione degli uccelli - <i>Luca Puglisi (Centro Ornitologico Toscano "Paolo Sav")</i>
14:40-15:00	Proposta di piano di gestione del canneto del Lago di Porta - <i>Fabrizio Bartolini, Leonardo Lombardi (NEMO)</i>
15:00-15:20	L'esperienza di gestione del canneto nella Riserva Naturale del Padule di Fucecchio - <i>Alessio Bartolini (Centro di Ricerca, Documentazione e Promozione del Padule di Fucecchio)</i>
15:20-15:40	Osservazioni sulla Riserva del Chiarone nel Lago di Massaciuccoli - <i>Andrea Fontanelli (Oasi LIPU Massaciuccoli)</i>
15:40-15:50	In dialogo tra arte e natura. L'Eruzione come strumento di visione del mondo sommerso - <i>Tatiana Villani</i>
15:50-16:00	Discussione e Conclusione

MODALITÀ DI PARTECIPAZIONE

La partecipazione all'evento è gratuita. Coffee break e pranzo sono offerti.

La partecipazione in presenza è limitata per motivi logistici. Sarà comunque possibile seguire l'evento online.

La registrazione è in ogni caso obbligatoria.

Per registrarsi, inviare una mail all'indirizzo barbara.vietina@comune.montignoso.ms.it specificando le modalità di partecipazione (presenza o distanza) ed eventuali esigenze alimentari.

Locandina Giornata Studio Porta.

quello delle aree umide, con un focus sul Lago di Porta, di cui il nostro paese è particolarmente ricco. È stato ottenuto un discreto successo che ha visto la presenza (in modalità duale) di oltre 40 partecipanti con una nutrita rappresentanza geochimica ma estesa a contributi riguardanti la biodiversità, il *die-back* del canneto e un dialogo fra arte e natura, sostenendo come la So.Ge.I. sia particolarmente sensibile agli aspetti multidisciplinari. Infine, a Marzo 2022, nell'ambito del corso intitolato: *I siti contaminati: dalla caratterizzazione ambientale alla bonifica*, organizzato dall'Ordine Geologi della Toscana, sono state tenute due ore di lezione sugli isotopi ambientali sotto il patrocinio della So.Ge.I. I prossimi appuntamenti ove è coinvolta la So.Ge.I. sono relativi alla Scuola di Vulcano, che riprende finalmente la sua attività nell'isola eolica dal 20 al 24 Giugno 2022 e alla sponsorizzazione di So.Ge.I., Geode e CVL-IAVCEI della *2nd Summer School on Volcanic Lakes* al Lago Albano dal 29 Agosto al 2 Settembre 2022 finalizzata a studi geochimici, limnologici, biologici e vulcanologici dei laghi vulcanici (www.societageochimica.it/archives/2371). La So.Ge.I. sponsorizza anche la Scuola

GEOCHEM NEWSLETTER

Aprile 2022, n.9

GEOCHEM NEWSLETTER

Aprile 2022, n.9



IN QUESTO NUMERO

Lettera del Presidente

Orlando Vaselli

Saluti e comunicazioni ai Soci dal Presidente della Società Geochimica Italiana. Pagine 2-3

R-Corner

Caterina Gozzi

Analisi di trend temporali in R. Pagine 5-7

Special Issues

Upcoming Special Issues di riviste scientifiche internazionali di potenziale interesse per i Soci. Pagina 7

Attività dei Soci

Dario Tedesco, Sergio Calabrese, Guillaume Boudoire, Ambia Colacicco, Paolo Sordini

Sulla recente attività eruttiva del Nyiragongo, corsi e percorsi vulcanici Pagine 10-16

Pubblicazioni dei Soci

Elenco delle pubblicazioni dei Soci (Ifiz) disponibili on-line dall'1° Gennaio al 5 Ottobre al 5 Aprile 2022. Pagine 26-28

So.Ge.I. - SOCIETÀ GEOCHIMICA ITALIANA



Contatti

Presidente:
Orlando Vaselli
presidenza@societageochimica.it
orlando.vaselli@unifi.it

Segretario:
Marino Vetuschi Zuccolini
segreteria@societageochimica.it

Membri del Consiglio di Presidenza:
Stefano Caliro
stefano.caliro@ingv.it
Enrico Dinelli
enrico.dinelli@unibo.it
Barbara Nisi
barbara.nisi@igg.cnr.it

Webmaster:
Stefania Venturi
stefania.venturi@unifi.it

Geochem Newsletter.

Internazionale intitolata "*Understanding Oxygen fugacity in Geoscience*", che si terrà a Trieste dal 5 al 9 settembre 2022. Maggiori informazioni sul sito *web* della Scuola: www.fo2school.units.it. La So.Ge.I. sarà presente, inoltre con uno *stand* al prossimo Congresso congiunto della Società Geologica Italiana (SGI) e della Società Italiana di Mineralogia e Petrologia (SIMP) vi invitano a partecipare al Congresso congiunto, dal titolo *Geosciences for a sustainable future*, che si terrà a Torino dal 19 al 21 settembre 2022 (www.geosciences.org/torino2022). Infine, desidero ricordare che ulteriori informazioni sulla So.Ge.I. sono disponibili sul notiziario trimestrale (*Geochem Newsletter*) che, grazie all'aiuto di Stefania Venturi (redattrice insostituibile nonché *webmaster* della Società) e di tanti altri collaboratori, tra i quali vorrei ricordare e ringraziare Jacopo Cabassi, è uscito il fascicolo n. 9. L'ultimo fascicolo, così come i precedenti, possono essere visualizzati alla pagina *web*: www.societageochimica.it/newsletter.

a cura di Orlando Vaselli

Sezione GEOLOGIA Himalayana



Coordinatrice: Chiara Montomoli

 Pagina web: www.socgeol.it/381/geologia-himalayana.html

UN GEOCRONOLOGO *tra i ghiacci himalayani*

Il progetto della spedizione pisana-torinese-padovana-milanese-bernese in Sikkim era multiforme: cartografare e campionare le rocce cristalline all'estremo ovest del Sikkim; studiare il ritiro del ghiacciaio dello Zemu che scende dalle pendici del Kangchendzönga; raccogliere acque e sabbie dei torrenti dalla zona disabitata a NW alla zona fortemente antropizzata nel Sud dello stato.

La scelta di andare in ottobre era dovuta al clima: le piogge (e frane) monsoniche finiscono a settembre, e dopo ci si aspetta tempo asciutto.

Di questa finestra di bel tempo approfittano da decenni i geologi himalayani. A Gangtok, capitale del Sikkim, il tempo è asciutto, per cui l'unica carrozzabile è affogata dallo smog. Il 14 ottobre ripartiamo per la nostra prossima meta, il villaggio di La-Chen (circa 200 abitanti, 2000 m di quota); sarà l'ultimo abitato che vediamo: da qui saliremo a piedi per la valle dello Zemu, totalmente disabitata, percorsa da Quintino Sella un secolo prima e poi solo da *trekker*. Il villaggio ha due ore di elettricità la sera, grazie a un generatore diesel, ed è abitato dai Bhotia (tibatani *sensu stricto*). La sera siamo invitati dal *sirdar*, il capo dei portatori, che, offrendoci *chang* (birra di orzo), ci spiega che domattina 15 si parte: noi con gli zaini leggeri, i portatori con tende, zaini pesanti, bombola del gas, il materiale dei due militari indiani che ci accompagnano per controllarci, e le tende per i portatori stessi: noi partiremo prima, mentre i portatori si equidistribuiscono il peso, 20 kg a testa, e ci raggiungono prima di arrivare al primo campo. Tutto facile. Il pomeriggio arriviamo al campo sotto una leggera pioggia: una radura in piano dopo ore di sentiero nel fitto bosco e una frana di fango ancora in movimento. Dopo un po' di giubilo per essere arrivati fin lì, un sospetto: ma e perché i portatori non ci hanno ancora raggiunti? Il militare di collegamento ha un telefono satellitare (a noi sarebbe vietato per legge), chiama il *sirdar* che ci dice di scendere perché non ha abbastanza portatori e quindi non sono mai partiti. Giù tutti a La-Chen: senza tende dormire sul prato sotto la pioggia non è cosa. La mattina del 16 si riparte. Il *sirdar* è andato in un villaggio abitato dall'etnia Lepcha (aborigeni che abitavano il Sikkim prima dell'invasione tibetana) a reclutare altri portatori e sembra tutto a posto. Passiamo per la terza volta per la frana, arriviamo alla radura, il cuoco monta la cucina, e ceniamo. I portatori sono arrivati tutti - ma non ci sono tutti gli zaini. Alla luce



Fig. 1 - Vista panoramica del campo "alto" (Foto C. Montomoli).

delle lampade frontali metà di noi scende a La-Chen, ormai senza più elettricità, e recuperiamo gli zaini mancanti, così da ripartire la mattina dopo. Abbiamo perso due giorni che pagheremo cari.

Il 17, dopo il quinto passaggio per la frana, ecco la radura con le nostre tende. La mattina del 18 pioggerella. Attraversiamo una foresta di rododendri alti 20 metri, arriviamo la sera ad una radura con una capanna di legno diroccata, probabilmente costruita dalla spedizione Sella perché la valle è disabitata. Una schiarita al tramonto, vista sulle cime di 6-7000 m che nascondono alla vista il Kangchendzönga. Il nome tibetano è inconsciamente ironico: *gangs.chen* (neve grande) *mdzod.lnga* (tesori cinque) allude ai cinque ghiacciai che nascono alle sue pendici, preziosi perché la loro neve genera i fiumi che permettono le coltivazioni nelle valli, e la cui imminente sparizione siamo venuti a misurare.

La mattina del 19, pioggerella. Inquietudine: non doveva esserci un mese di bel tempo? Il glaciologo tira fuori il suo telefono satellitare ben rimpiazzato e, di nascosto dai due militari, chiama il suo meteorologo di fiducia a Milano. "Perché piove? Quanto durerà?" Risposta: la temperatura media terrestre, in media, sale. Ma su scala locale il macroclima con $dT/dt > 0$ può tradursi in un microclima con $dT/dt < 0$. Con l'aumento di temperatura la zona di convergenza atmosferica tra la depressione sopra la baia del Bengala e l'alta pressione sopra il Tibet si è spostata verso N, convogliando piogge copiose sulle nostre teste. Marcia lenta nel fango. Il terzo campo a 4000 m ha una capanna col tetto sano e una



Fig. 2 - Vista panoramica del ghiacciaio (Foto C. Montomoli).

radura in forte pendenza. Le nostre tende ci obbligano a scegliere: testa o piedi in alto? I portatori Bhotia, una dozzina, occupano la capanna, e qui notiamo per la prima volta che la mezza dozzina di Lepcha resta fuori in una tenda non impermeabile. Il 20 la pioggerella continua, usciamo dalla foresta e la pioggia si tramuta in una leggera nevicata che poi smette. Il quarto campo è su una morena laterale coperta di neve, a 4800 m. Sotto di noi, molto sotto di noi, si intravede il ghiacciaio dello Zemu. Fotografato da Sella nel 1899, in 106 anni ha perso circa i 2/3 del proprio volume. Lo scopo dei glaciologi era piantare delle paline sul ghiaccio, prenderne la posizione con precisione centimetrica usando il GPS (che dobbiamo nascondere ai militari), e dopo qualche giorno avere la velocità di flusso. Ma oggi, sotto la nevicata, andar giù sarebbe rischioso. I due giorni perduti a La-Chen sono diventati tre e mettere le paline il 21 non basta, dovendo ripartire il 22. Il 21, sole splendido (**Fig. 1**). Tutti stendiamo la roba bagnata ad asciugare. I Bhotia appendono i loro sacchi a pelo a seccare nella tenda cucina, al caldo; i Lepcha, disprezzati e discriminati, no. Sapendo delle tensioni etniche, adesso le vediamo dappertutto: durante i pasti, nell'attesa, nella suddivisione del carico. Sul ghiacciaio è caduta neve che potrebbe coprire i crepacci, e quindi i glaciologi per non rischiare tornano a casa senza aver potuto rilevare (**Fig. 2**). Per i geologi "hard rock" non tutto è perduto: anziché 4 giorni in alta quota ne resta uno - e troviamo il leucogranito che non osavamo sperare.

Il 22, dopo una notte di gelo, riprende la nevicata. È ora di tornare per non perdere il volo di ritorno. Durante la discesa passiamo davanti alla bocca del ghiacciaio, scendo a raccogliere l'acqua per analisi isotopiche e la sabbia per analisi petrografiche. Scivolo su un masso ghiacciato e finisco nel torrente fino a mezza coscia. Nulla di grave, ma l'acqua mi entra negli scarponi, che rimangono bagnati. Otto ore dopo, marciando sulla neve, mi si sono congelati gli alluci, e lo sfregamento con le calze fradice ha aperto delle piaghe. La sera torniamo al terzo campo: i Bhotia si appropriano della capanna, lasciando i Lepcha nella loro tenda. Nei due giorni successivi percorriamo le tre tappe della salita, sempre nel fango, io in sandali anziché in scarponi, viste le piaghe sugli alluci; il 24 sera, attraversata per la sesta volta la frana, finalmente siamo a La-Chen. Per prendere un campione di acqua e sabbia alla confluenza delle due valli attraverso una palude fino al ginocchio. Tornato in albergo, doccia - e scopro che dalla palude mi sono portato dietro tre sanguisughe, che stavano allegramente pasteggiando sulle mie cosce. Le piaghe sui piedi si erano infettate e la mattina del 25 faccio l'*autostop* fino all'"ospedale" di Tsunthang: un'unica stanza; il medico, gentilissimo, con bisturi, pomata antibiotica e bende mi ha fermato l'infezione. Quanto vi devo? Nulla, signore, *this is India*.

a cura di Igor Villa

LA GEOLOGIA STRUTTURALE IN ANTARTIDE:

contributo allo studio dell'interazione tra tettonica, evoluzione dei ghiacciai e cambiamenti climatici



Fig. 1 - Attività di rilevamento geologico-strutturale in Terra Vittoria, Antartide (Credit: PNRA).



Fig. 2 - Struttura a fiore in Terra Vittoria Settentrionale, Antartide (Credit: PNRA).

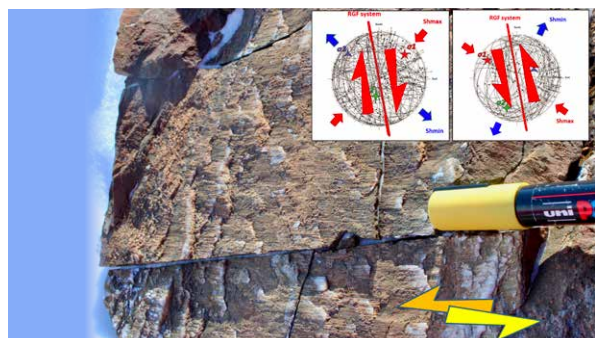


Fig. 3 - Indicatori cinematici trascorrenti e risultati delle inversioni dei dati di faglie (Foto: G. Capponi, Credit: PNRA).

L'Antartide è un laboratorio naturale ancora parzialmente incontaminato per studiare le interazioni tra litosfera, criosfera e atmosfera e monitorare i cambiamenti climatici presenti e passati. La North Victoria Land (NVL) (**Fig. 1**), situata in Antartide tra il Mare di Ross e l'Oceano Meridionale, rappresenta un frammento del margine paleopacifico di Gondwana. E' caratterizzata dalla catena delle Montagne Transantartiche ed è attraversata da sistemi di faglie di estensione chilometrica.

Le ricerche svolte in passato hanno mostrato che le faglie della NVL (**Fig. 2**), attive sin dal Paleozoico, hanno svolto anche un ruolo fondamentale nella separazione di Antartide e Australia. L'allontanamento dei due continenti con la migrazione dell'Antartide verso l'attuale posizione polare, ha consentito l'instaurarsi della

corrente circum-Antartica, responsabile dell'isolamento termico e della formazione dell'estesa calotta polare. Questo dimostra come i processi geodinamici e tettonici influenzino l'evoluzione climatica dei continenti.

In NVL restano ancora da definire le varie fasi di (ri-)attivazione delle faglie, la loro relazione con l'evoluzione dei ghiacciai e con le zone di fratturazione attive dell'Oceano Meridionale.

Come interviene la Geologia Strutturale per risolvere questi enigmi?

Con un approccio multi-scalare/disciplinare che coinvolge il rilevamento geologico-strutturale (**Fig. 1**), l'elaborazione e la modellazione di dati geologici (**Fig. 3**) e geofisici a terra e a mare, sia diretti (misurati sul campo) che indiretti, la termocronologia e la geocronologia. Queste ricerche sono state e sono svolte, tra gli altri, nell'ambito di progetti PNRA-MUR* (Programma Nazionale di ricerca in Antartide) guidati da un team di ricercatori italiani (Università di Genova, Roma Tre, CNR-IGG, INGV e OGS) e stranieri (ad es.: BGR Hannover e Univ. di Brema-Germania, BAS-Gran Bretagna e Univ. della Malesia).

a cura di Paola Cianfarra e Laura Federico

* Progetti PNRA-MUR degli ultimi 5 anni: PNRA16_00056 "G-IDEA" (PI P. Cianfarra); PNRA16_00072 PI G. Di Vincenzo; PNRA16_00040 "REGGAE" e PNRA19_00051 "BOOST" (PI L. Crispini); PNRA18_00338 "LARK" (PI F. Salvini).



Sezione GEOETICA e Cultura Geologica

Coordinatrice: Silvia Peppoloni



Pagina web: www.socgeol.it/371/geoetica-e-cultura-geologica.html



Dichiarazione contro la guerra e l'autoritarismo per l'affermazione della libertà e la dignità umana

Il 26 febbraio 2022, la IAPG ha pubblicato la “*Declaration against war and authoritarianism for the affirmation of human freedom and dignity*” che è stata sottoscritta da numerose organizzazioni/istituzioni scientifiche internazionali e da molti colleghi esteri. La dichiarazione può essere letta all’indirizzo www.geoethics.org/declaration-against-war e sottoscritta inviando una email a: iapgeothics@gmail.com.

Video

► Giuseppe Di Capua (Geologo dell’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia e Tesoriere della IAPG) ha contribuito all’evento “*The State of the Planet*”, organizzato il 22 aprile 2022 dallo IUGS - *International Union of Geological Sciences* nell’ambito delle iniziative per celebrare i 60 anni dalla fondazione dello IUGS (IUGS60) e l’*Earth Day 2022*, con un intervento dal titolo “*Ecological crisis and geosciences: the need for geoethics*”.
<https://youtu.be/Qnh066e9VGM>

► In occasione della giornata mondiale dedicata all’acqua, il 22 marzo 2022 Silvia Peppoloni (Ricercatrice dell’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Segretario Generale della IAPG, Consigliere dello IUGS e Coordinatrice della Sezione di Geoetica e Cultura Geologica della SGI/IAPG-Italy) ha partecipato all’evento organizzato dallo IUGS con una lecture dal titolo: “*Responsible management of water: a resource that recalls us to dialogue*”.
<https://iugs60.org/world-water-day/>

► Silvia Peppoloni ha inoltre partecipato all’evento organizzato dallo IUGS per celebrare la giornata internazionale delle donne nella scienza (11 febbraio 2022).
<https://iugs60.org/iugs-women-in-geoscience-event/>

La sezione di geoetica e cultura geologica della SGI/IAPG-Italy svolge attività di promozione della geoetica a livello nazionale e internazionale e di coordinamento della rete internazionale della IAPG - *International Association for Promoting Geoethics* (www.geoethics.org).

Di seguito sono riportate informazioni sulle iniziative e le attività relative al periodo gennaio-aprile 2022.

Journal of Geoethics and Social Geosciences (JGSJ)

► La nuova iniziativa editoriale dell’INGV, dedicata alla geoetica e alle geoscienze sociali e sponsorizzata dalla IAPG, è pienamente operativa. Si ricorda che il JGSJ è “fully open access”, senza nessun costo per autori e lettori. È ora possibile sottoporre gli articoli tramite il sito web:

www.journalofgeoethics.eu

Libri

► Peppoloni S. & Di Capua G. (2022). *Geoethics: Manifesto for an Ethics of Responsibility Towards the Earth*. Springer, Cham, XII+123 pp., ISBN 978-3030980436.
<https://doi.org/10.1007/978-3-030-98044-3>

► Villacorta Chambi S.P., ed. (2022). *Geoethics in Peru - A Pathway for Latin America*. SpringerBriefs in Geoethics, Springer International Publishing, pp. XXIII+107. ISBN 978-3030867300.
<https://doi.org/10.1007/978-3-030-86731-7>

Interviste

► “È l’ora della geoetica, per una scienza responsabile”
Media INAF (Istituto Nazionale di Astrofisica) ha intervistato Silvia Peppoloni.
www.media.inaf.it/2022/04/22/rivista-geoetica



Articoli in riviste scientifiche

► **Procesi M., Di Capua G., Peppoloni S., Corirossi M. & Valentinelli A. (2022).** *Science and Citizen Collaboration as Good Example of Geoethics for Recovering a Natural Site in the Urban Area of Rome (Italy)*. Sustainability, 14(8), 4429.
<https://doi.org/10.3390/su14084429>

► **Bohle M. & Marone E. (2022).** *Phronesis at the Human-Earth Nexus: Managed Retreat*. Frontiers in Political Science.
<https://doi.org/10.3389/fpos.2022.819930>

► **Handl S., Calheiros C.S.C., Fiebig M. & Langergraber G. (2022).** *Educational Resources for Geoethical Aspects of Water Management*. Geosciences, 12(2), 80.
<https://doi.org/10.3390/geosciences12020080>

► **Di Capua G., Bohle M., Hildebrandt D., Marone E., Peppoloni S. & Schneider S. (2022).** *Push for ethical practices in geoscience fieldwork*. Nature, 601, 26.
<https://doi.org/10.1038/d41586-021-03837-0>

► **Peppoloni S. & Di Capua G. (2021).** *Geoetica: un'etica per la relazione tra gli esseri umani e la terra*. The Future of Science and Ethics, 6, 42-53. <https://doi.org/10.53267/20210104>

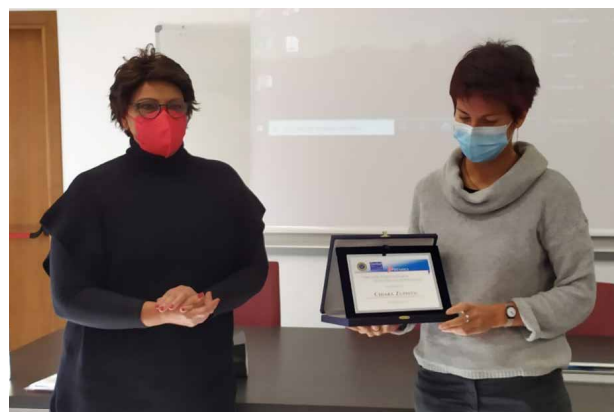
► **Peppoloni S. & Di Capua G. (2022).** *Managing Georisks: a geoethical perspective (911-912 pp.)*. In: Foix N. (Ed.), Actas XXI Congreso Geológico Argentino (14-18 March 2022, Puerto Madryn, Chubut, Argentina), Asociación Geológica Argentina, ISBN 978-9874831996.
[www.congresogeologico.org.ar/sites/default/files/LIBRO%20DE%20ACTAS%20XXI%20CGA%202022%20\(ISBN\).pdf](http://www.congresogeologico.org.ar/sites/default/files/LIBRO%20DE%20ACTAS%20XXI%20CGA%202022%20(ISBN).pdf)

Articoli dal blog

► **Human War and War Against Nature: The Latest IPCC Report and the Prospect of a Lost Conflict (by Silvia Peppoloni, Italy).**
<https://iapgeoethics.blogspot.com/2022/04/human-war-and-war-against-nature.html>

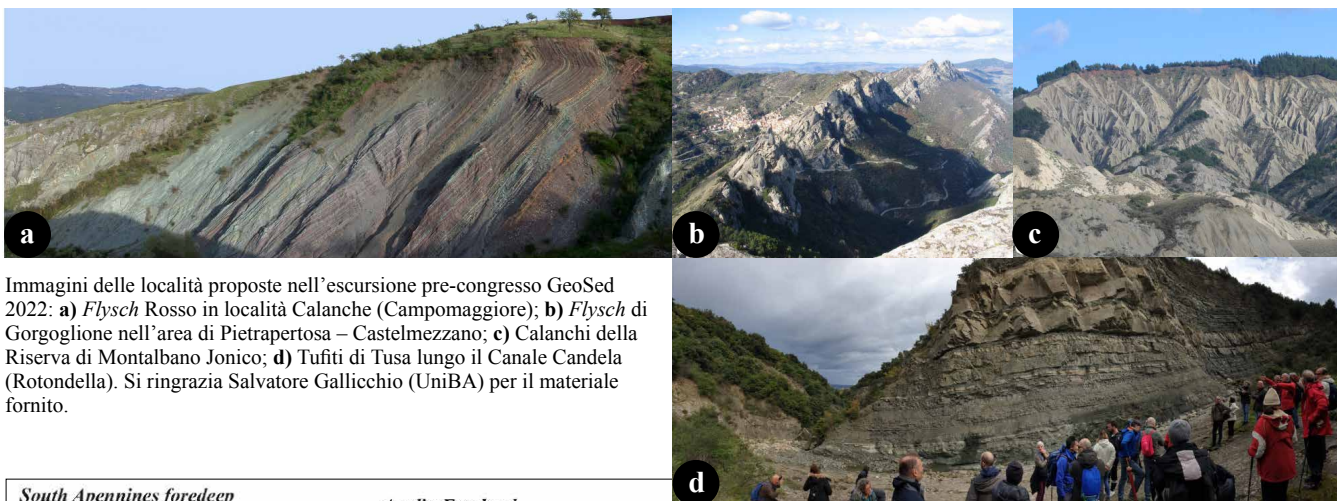
► **A Geo-philosophical Topic – Agency at the Human-Earth Nexus (by Martin Bohle, Germany)**
<https://iapgeoethics.blogspot.com/2022/01/a-geo-philosophical-topic-agency-at.html>

► **Geomorphological heritage and beyond (by Enrico Cameron, Italy)**
<https://iapgeoethics.blogspot.com/2022/01/geomorphological-heritage-and-beyond-by.html>

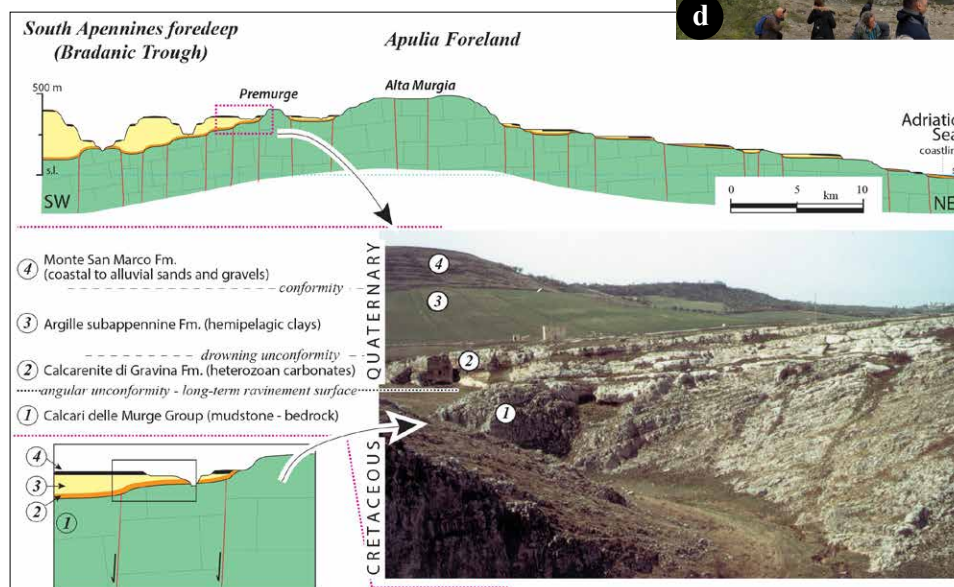


Premiazione di Chiara Zuffetti (UniMI).

Siamo orgogliosi del continuo aumento degli iscritti a GeoSed: sono quasi centocinquanta quest'anno! Non si tratta solo di accademici già strutturati nelle università o nei centri di ricerca. Parecchi iscritti sono semplicemente degli appassionati di sedimentologia. Inoltre, oltre il 20% sono giovani studenti universitari o dottorandi o postdoc. Il nostro obiettivo è un loro completo coinvolgimento nelle nostre attività. Proprio per tale ragione, anche nell'ultima riunione dei soci GeoSed di dicembre in occasione degli incontri di Geologia abbiamo premiato la Dottoranda Chiara Zuffetti (Università di Milano) per il miglior articolo focalizzato su tematiche riconducibili alla geologia del sedimentario e stratigrafia. Chiara è stata anche invitata a presentare i risultati del suo lavoro e, in occasione degli incontri, ci ha parlato della modellizzazione stratigrafica del Bacino del Po attraverso la combinazione di fattori come lo spazio e il tempo e tenendo in considerazione la tettonica e il paleoclima. Di grande interesse anche le altre presentazioni a invito, cominciando da Domenico Cosentino (Università Roma Tre) che ha illustrato i risultati delle sue ricerche in Marocco, in particolare nel bacino di avampese del Burdigaliano della catena montuosa del Rif, passando a Vincenzo Pascucci (Università di Sassari) che ci ha parlato delle datazioni con il metodo della luminescenza di sedimenti del Quaternario, del loro utilizzo per la ricostruzione dei cambiamenti climatici del



Immagini delle località proposte nell'escursione pre-congresso GeoSed 2022: **a)** *Flysch Rosso* in località Calanche (Campomaggiore); **b)** *Flysch* di Gorgoglione nell'area di Pietrapertosa – Castelmezzano; **c)** Calanchi della Riserva di Montalbano Jonico; **d)** Tufiti di Tusa lungo il Canale Candela (Rotondella). Si ringrazia Salvatore Gallicchio (UniBA) per il materiale fornito.



Rapporti stratigrafici della successione quaternaria di avanfossa in appoggio sulle unità cretache della Piattaforma Apula ribassate (Tropeano & Sabato, 2000).

passato e per la previsione e mitigazione di quelli futuri. Infine, Alessandro Mancini (Sapienza Università di Roma) ci ha parlato dei travertini in Italia centrale, del ruolo dell'attività tettonica e della ricostruzione dei cambiamenti climatici e dei livelli di CO₂ e Ray Zammit (University of Cardiff, UK) che ha illustrato le sue ricerche relative alla crisi di salinità messiniana e alle sue evidenze nei depositi maltesi. Le attività di GeoSed nel corso di questo anno continuano. Alla fine di marzo ha inaugurato il secondo ciclo di seminari in Geologia del Sedimentario, Roberto Tinterri (Università di Parma) ha tenuto un seminario focalizzato sulla relazione tra variazioni di facies e morfologia del bacino in sistemi torbiditici dell'Appennino Settentrionale, che è estato seguito da più di sessanta utenti. Abbiamo invitato Salvatore Critelli (Università della Calabria) per il prossimo seminario dal titolo "*Source-to-sink analysis of sandstones in relation to tectonic setting: modelling and examples*" che si terrà il 27 maggio alle 15 sulla piattaforma zoom <https://global.gotomeeting.com/join/141238421> messa a disposizione dalla SGI. Seguiranno altri seminari ma avremo modo di parlarne dopo l'estate. Infine, il prossimo congresso GeoSed a Bari nei giorni 15-16 giugno 2022, presso il Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali – Campus Universitario dell'Università degli Studi di Bari Aldo Moro. Il congresso sarà preceduto da un *workshop* sul terreno nell'Appennino lucano, nei giorni 13-14 giugno, e sarà seguito da un *workshop* sul terreno nelle Murge il 17 giugno. Per quanto concerne il *workshop*

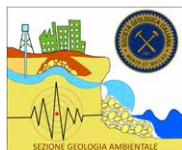
precongresso in quei due giorni si avrà la possibilità di analizzare alcune tra le successioni sedimentarie affioranti al bordo esterno dell'Appennino Lucano che regionalmente sono considerate elementi chiave nell'ambito della geologia stratigrafica e del sedimentario. I *fieldtrip leaders* saranno: Salvatore Gallicchio, Claudio Ivan Casciano, Davide Cerone, Rosa Colacicco, Stefania Lisco. Il *fieldtrip* postcongresso riguarderà alcuni affioramenti chiave del Cretaceo superiore e del Plio-Pleistocene all'interno dell'aUGGp MurGEopark. Le località sono situate nell'Alta Murgia, dove affiora parte della successione cretacea della Piattaforma apula e, nell'adiacente area delle Premurge, dove affiorano sottili depositi di avanfossa del Plio-Pleistocene che poggiano in discordanza sui calcari delle Murge. I *fieldtrip leaders* saranno: Luigi Spalluto, Marianna Cicala, Vincenzo Festa, Luisa Sabato & Marcello Tropeano. I due giorni di lavori congressuali prevedono anche due presentazioni a invito di due giovani donne. La prima, dal titolo "*Straits and Seaways: The importance of being connected*", sarà tenuta da Valentina Rossi (IGG Pavia) e la seconda, dal titolo "*What are the evidences and implications of the last Miocene Carbon Maximum in the Mediterranean?*", nel secondo giorno, sarà tenuta da Irene Cornacchia (IGG Pisa).

Vi aspettiamo a Bari!

a cura di Amalia Spina e Marco Brandano

Sezione

GEOLOGIA Ambientale



Coordinatore: Mariano Mercurio

Pagina web: www.socgeol.it/401/geologia-ambientale.html

IL RADON DALLA GEOLOGIA ALLA GESTIONE DEL RISCHIO INDOOR: *il progetto LIFE-Respire (LIFE16 ENV/IT/000553)*

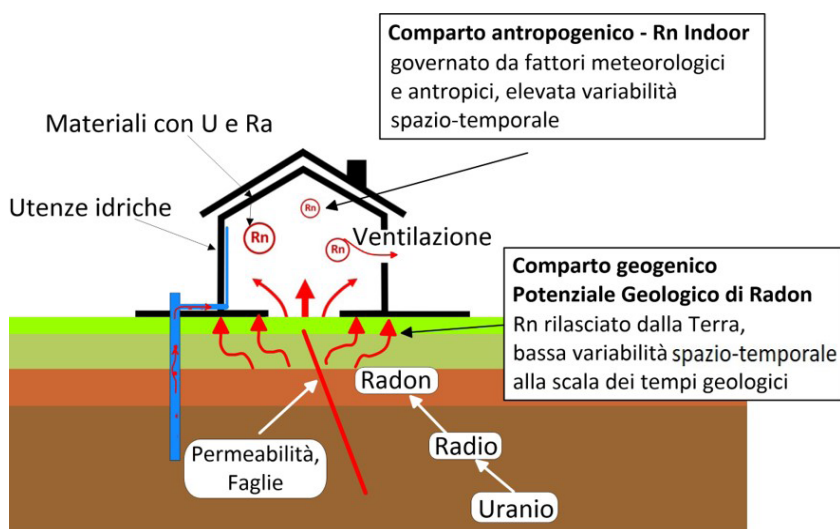


Fig. 1 - Rappresentazione schematica della produzione e migrazione del radon dal sottosuolo all'interno degli edifici.

Il radon (^{222}Rn , di seguito Rn) è un gas nobile, radioattivo, di origine naturale, pericoloso per la salute umana. L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) (WHO, 2009) ha classificato il Rn come sostanza cancerogena del Gruppo 1; tale elemento rappresenta la seconda causa di cancro ai polmoni dopo il fumo (Gaskin et al., 2018). Il radon è ubiquitario e si forma per decadimento radioattivo di radionuclidi come l'uranio (^{238}U) presente naturalmente e in quantità variabili nelle rocce della crosta

terrestre. Il decadimento del ^{238}U origina una serie di isotopi (liberando radiazioni ionizzanti) tra cui il radio (^{226}Ra) diretto genitore del Rn. Il Rn, unico elemento gassoso della catena di decadimento del ^{238}U , è inalabile e può essere veicolato all'interno del corpo umano grazie a particelle di fumo, vapore acqueo e polveri presenti negli ambienti chiusi. Essendo inerte, il Rn in sé non presenta alcun rischio ed è generalmente eliminato dal corpo attraverso l'espiazione. Tuttavia, esso decade dopo circa 3.82 giorni emettendo particelle alfa e dando origine a isotopi metallici molto reattivi. Quindi anche l'inalazione di livelli bassi di Rn e dei suoi prodotti di decadimento può esporre il tessuto polmonare a dosi significative di radiazioni ionizzanti, dannose per le cellule del tessuto polmonare e bronchiale.

Il Rn dal sottosuolo può migrare verso la superficie terrestre e entrare negli edifici (Rn indoor) attraverso le fratture delle pareti o delle fondazioni e dalle utenze idriche, oppure può

essere rilasciato anche dai materiali da costruzione e dalle acque del sottosuolo (Fig. 1). Gli ambienti seminterrati o il piano terra hanno valori di Rn più elevati sia perché sono situati in prossimità della sorgente sia per la loro scarsa ventilazione. Alcuni edifici possono avere elevate concentrazioni di Rn anche ai piani superiori originate dai materiali edili o dalla ventilazione artificiale. Per questi motivi, la variabilità spazio-temporale del Rn indoor è più elevata di quella del Rn geologico (più costante nello spazio e nel

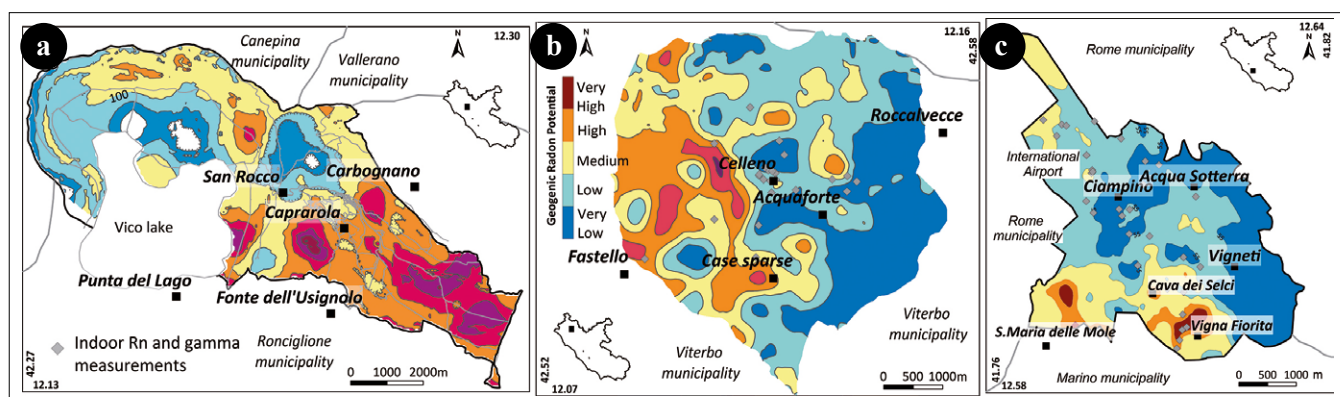


Fig. 2 - Mappe del Potenziale Geologico di Radon dei comuni di Caprarola (VT), Celleno (VT) e Ciampino (Roma) elaborate nell'ambito del progetto LIFE-Respire (modificata da Giustini et al., 2022).

tempo) in quanto regolata da parametri difficili da controllare che interagiscono in maniera complessa, come ad esempio i parametri atmosferici (temperatura, pressione, velocità del vento) e quelli antropogenici (livello abitativo, materiali edili, abitudini di vita della popolazione). La Direttiva Europea 2013/59/EURATOM, recepita dall'Italia dal D. Lgs. 101/2020, ha fornito indicazioni sui rischi da radiazioni ionizzanti. Nel documento è indicato come valore di riferimento una concentrazione media annua di Rn *indoor* pari a 300 Bq/m³, sia nelle abitazioni sia nei luoghi di lavoro. Il livello massimo di riferimento scende a 200 Bq/m³ per le abitazioni di nuova costruzione.

Il progetto LIFE-Respire (*Radon real time monitoring System and Proactive Indoor Remediation* - LIFE16 ENV/IT/000553, www.liferespire.it), realizzato con il finanziamento della Comunità Europea nell'ambito del Programma LIFE, è stato il primo progetto sul tema del Rn che ha coinvolto *partners* appartenenti al mondo dell'università, della ricerca e dell'industria, quali il Centro di Ricerca Previsione, Prevenzione e Controllo dei Rischi Geologici – Ambientali della Sapienza Università di Roma (CERI-Sapienza, responsabile del progetto), l'Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR-IGAG), l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), la *Federal Agency for Nuclear Control* (FANC) del Belgio, e Elica S.p.A.

Il progetto ha realizzato un sistema di risanamento "eco-ambientale" e a basso costo per la misura del radon in continuo e la tempestiva ventilazione automatica di ambienti confinati per mantenere la concentrazione del gas al di sotto di 300 Bq/m³. Il progetto Respire ha, inoltre, prodotto una grande mole di dati geologico-geochimici (più di 2000 campioni) relativi al contenuto in radionuclidi (U, Th, Ra e K) nel suolo e nelle rocce, alla radiazione gamma naturale, alla permeabilità del suolo e alle concentrazioni di Rn *outdoor* (nel suolo) e *indoor* nei territori dei comuni di Caprarola, Celleno, Ciampino, Pomezia (partecipanti al progetto) e in alcuni comuni della regione delle Ardenne (Belgio). L'analisi dei dati rilevati e le elaborazioni cartografiche prodotte hanno fornito informazioni importanti sullo studio delle relazioni tra il Rn prodotto nell'ambiente geologico e i parametri

che governano la sua origine (contenuto di U e Th nelle rocce e nel suolo) e il trasporto dal sottosuolo verso la superficie terrestre (attraverso faglie e fratture). Inoltre, le misure di Rn *indoor* hanno consentito una valutazione preliminare delle relazioni tra la componente geologica del Rn e la concentrazione di questo gas all'interno negli edifici.

Partendo dalla mappa del potenziale geologico di radon (PGR) della Regione Lazio (Ciotoli et al., 2017), i dati di grande dettaglio raccolti nell'ambito del progetto Respire hanno permesso di elaborare mappe del PGR a scala comunale (Giustini et al., 2022) (**Fig. 2**). La mappa del PGR consente di valutare la suscettibilità del territorio alla presenza di Rn "rilasciato naturalmente dalla Terra". La mappa del PGR può, inoltre, essere utilizzata per l'identificazione delle *Radon Priority Areas* (RPA), aree in cui la concentrazione di Rn *indoor*, a causa della geologia e delle caratteristiche dell'edificio, è più elevata del livello di riferimento nazionale di 300 Bq/m³ (art. 103 DE 2013/59/EURATOM). Pertanto, le mappe del PGR costituiscono uno strumento fondamentale per le autorità nazionali, regionali e locali per la pianificazione territoriale, per l'organizzazione e la pianificazione delle indagini indoor nelle RPA, e per le azioni di risanamento come previsto dalla Direttiva Europea e nel Piano Nazionale Radon.

a cura di Giancarlo Ciotoli e Francesca Giustini dell'Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria del Consiglio Nazionale delle Ricerche

BIBLIOGRAFIA

Ciotoli G., Voltaggio M., Tuccimei P., Soligo M., Pasculli A., Beaubien S. & Bigi S. (2017). Geographically weighted regression and geostatistical techniques to construct the geogenic radon potential map of the Lazio region: A methodological proposal for the European Atlas of Natural Radiation. *J. Environ. Radioact.*, 166, 355–375. doi: 10.1016/j.jenvrad.2016.05.010

Gaskin J., Coyle D., Whyte J. & Krewski D. (2018). Global estimate of lung cancer mortality attributable to residential radon. *Environmental Health Perspect.* 126 (5), 057009, doi: 10.1289/EHP2503

Giustini F., Ruggiero L., Sciarra A., Beaubien S.E., Graziani S., Galli G., Pizzino L., Tartarello M.C., Lucchetti C., Sirianni P., Tuccimei P., Voltaggio M., Bigi S. & Ciotoli G. (2022). Radon Hazard in Central Italy: Comparison among Areas with Different Geogenic Radon Potential. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 19, 666, doi: 10.3390/ijerph19020666


WHO (2009). In: Zeeb, H., Shannoun, F. (Eds.), *WHO Handbook on Indoor Radon: a Public Health Perspective*. World Health Organization, ISBN 978 92 4 154767 3.

Sezione

GEOSCIENZE e Tecnologie Informatiche



Coordinatore: Simone Sterlacchini

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

Con il **patrocinio della Sezione GIT**, il 15 febbraio 2022 si è tenuto il *webinar* dal titolo: “Valutazione della connettività dei sedimenti attraverso un approccio geomorfometrico”, a cura del dott. Marco Cavalli (CNR-IRPI sede di Padova), membro del Gruppo di Coordinamento della Sezione GIT, organizzato da AIQUA nell’ambito del ciclo di seminari: “*Scientific Virtual Tours*”. La connettività dei sedimenti, definita come il grado in cui un sistema favorisce il trasferimento di sedimenti attraverso i suoi diversi settori, è emersa recentemente come una proprietà fondamentale dei sistemi geomorfici. Il crescente interesse della comunità delle Scienze della Terra per la connettività ha portato questa proprietà a diventare un concetto chiave per quanto riguarda l’analisi dei processi di trasferimento dei sedimenti e uno degli elementi costitutivi della moderna geomorfologia. Il *webinar* ha illustrato le più recenti applicazioni in diversi contesti di un indice di connettività dei sedimenti basato su parametri derivabili da modelli digitali del terreno, evidenziando vantaggi e limitazioni dell’approccio geomorfometrico.

Nel mese di marzo, nell’ambito della celebrazione della Giornata Mondiale dell’Acqua (*World Water Day*) del 22 marzo 2022, l’Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria del CNR, nella persona di Cristina Di Salvo, ha organizzato, con il **patrocinio della Sezione GIT**, un ciclo di *webinar* denominato: “Acque sotterranee: ricerche e metodologie per la gestione sostenibile della risorsa” che ha offerto una panoramica su studi e tecniche utilizzati oggi e in passato a supporto della gestione delle acque sotterranee. Il primo *webinar*, tenuto dal prof. Giuseppe Capelli, ha illustrato alcune delle esperienze sul campo e le relative problematiche affrontate dai ricercatori tra gli anni 70 e 80. La dott.ssa Maria

Chiara Lippera, durante il secondo *webinar*, ha offerto una panoramica sulle tecniche di ricarica artificiale degli acquiferi e sulle problematiche tecniche che possono portare all’abbandono di tali sistemi. Il terzo seminario, curato dalla dott.ssa Matia Menichini (membro del Gruppo di Coordinamento della Sezione GIT), ha trattato gli impatti dei cambiamenti climatici sulle risorse idriche sotterranee e come la ricerca può contribuire alla gestione sostenibile e alla salvaguardia di questa preziosa risorsa. Infine, l’ultimo seminario, ha visto protagonista il Prof. Daniel Feinstein dell’*U.S. Geological Survey* che ha illustrato le tecniche di modellazione numerica di recente applicazione per simulare il trasporto di calore dalle acque di superficie alle acque sotterranee attraverso la zona insatura.

Si segnala un’ulteriore iniziativa di sensibilizzazione verso temi di estremo interesse per la **Sezione GIT** rivolta agli studenti del corso di Geologia Applicata, tenuto dal prof. Sebastiano Trevisani (membro del Gruppo di Coordinamento della Sezione GIT), corso di laurea triennale in architettura dell’Università IUAV di Venezia, con il seminario di C. D’Ambrogio (ISPRA, già coordinatrice della Sezione GIT): “Il progetto di cartografia geologica alla scala 1:50.000: elementi caratterizzanti, novità e applicazioni”. Il seminario, tenutosi il 29/04/2022, ha contribuito al processo di sensibilizzazione dei futuri architetti e pianificatori sull’importanza del contesto geologico e ambientale nelle loro professioni, e più in generale, per la società contemporanea. A livello convegnistico, la Sezione GIT, sulla base della collaborazione iniziata lo scorso anno durante il XV Convegno Nazionale GIT, patrocina il Convegno Nazionale dell’Associazione



Sezione



GEOLOGIA Planetaria

Coordinatrice: Lucia Marinangeli



Pagina web: www.socgeol.it/372/geologia-planetaria.html



Fig. 1 - Palazzo Caetani, location del prossimo Convegno Nazionale delle Sezioni GIT e SI della Società Geologica Italiana, è una delle principali emergenze architettoniche poste lungo il percorso del Decumano Massimo della Fondi antica che coincide con il tratto urbano della Regina Viarum: l'antica Via Appia.

Italiana di Geologia e Turismo che si terrà dal 15 al 17 settembre 2022 nel meraviglioso contesto ambientale dell'Isola di Capraia dal titolo "Geologia Insulare & Turismo (... a piedi nel Parco)". In particolare, nel pomeriggio del 16 settembre si terrà la sessione "L'innovazione nella divulgazione delle Geoscienze" le cui tematiche risultano di grande interesse per la nostra Sezione.

Da ultimo, è iniziata l'organizzazione del XVI Convegno Nazionale delle Sezioni "GIT - Geosciences and Information Technologies" e "SI - Sezione di Idrogeologia" della Società Geologica Italiana che si svolgerà dal 05 al 07 settembre 2022, presso la straordinaria location del Palazzo Caetani (**Fig. 1**), nel Comune di Fondi (LT). Dopo l'evento di Ripatransone del dicembre dello scorso anno, stiamo progressivamente tornando verso il mese di giugno che da sempre "ha ospitato" i Convegni della nostra Sezione. Si tornerà, inoltre, ai canonici tre giorni di Convegno, due dei quali dedicati alle sessioni scientifiche (orali e *poster*), ai *workshop* delle aziende e agli incontri con la cittadinanza mentre il terzo giorno sarà dedicato al *field trip* o ai corsi promossi dai partecipanti all'evento (ricercatori e imprese). È già terminata la *Call for Sessions* che ha evidenziato un'entusiastica risposta da parte dei molti *conveners* proponenti; è in corso la fase di definizione delle sessioni plenarie e del numero di sessioni parallele che costituiranno l'evento a cui seguirà, a breve, la prima *Call for Abstracts*. Quest'anno andiamo tutti ... a Fondi!

a cura di Marco Cavalli, Matia Menichini, Cristina di Salvo
e Sebastiano Trevisani

AVAMPOSTI UMANI SULLA LUNA?

Dipende dalle caratteristiche geologiche!

Alla base di lancio di Cape Canaveral procedono i test di controllo in preparazione del lancio della sonda Orion, la prima del programma Artemis della NASA che porterà di nuovo, dopo 50 anni, l'uomo sulla Luna. Le principali agenzie spaziali tra cui anche l'Agenzia Spaziale Italiana e quella Europea, stanno indirizzando risorse sullo studio dell'utilizzo delle risorse in situ (*In Situ Resources Utilization - ISRU*) dal suolo lunare per poter ottenere sia materiali da costruzione sia composti per il sostentamento della colonia (principalmente ossigeno, idrogeno e acqua). Per queste attività è prioritaria la conoscenza della geologia del sito e si stanno quindi aprendo nuove possibilità di lavoro per il geologo planetario.

Come possiamo ben osservare durante le fasi di luna piena, la superficie lunare presenta due tipologie a riflettività (albedo) molto diversa (**Fig. 1**): gli antichi altipiani (*Highland*) che ci appaiono più chiari e rugosi e le giovani zone pianeggianti dei mari (*Maria*) che risultano invece più scure. Grazie all'analisi dei campioni delle missioni Apollo e delle meteoriti lunari oltre a numerose osservazioni da telescopio e attraverso tecniche di telerilevamento multispettrale, sappiamo che la composizione della crosta lunare è prevalentemente anortositica (ricca di plagioclasti) negli altipiani e basaltica nei mari.

Inoltre, la superficie lunare è caratterizzata da uno strato di regolite, termine che indica un deposito di frammenti eterogenei e pedogeneticamente molto poco evoluto, che può essere spesso anche alcuni metri, con spessori più sottili nelle zone dei mari (**Fig. 2**). La regolite lunare ha una composizione che varia da basaltica ad anortositica ed è costituita da frammenti di rocce, minerali e agglutinati. Gli agglutinati sono aggregati di particelle di piccole dimensioni tenuti insieme da una frazione vetrosa prodotta dall'impatto di micrometeoriti. Ed è proprio la regolite il materiale a cui si rivolgono più attenzioni per l'estrazione di ossigeno e idrogeno e la sua trasformazione in materiale edilizio attraverso la stampa 3D. Per questa tecnologia sono numerosi gli esperimenti per creare impasti stampabili a partire da simulanti analoghi alla regolite lunare. C'è quindi un grande interesse per la produzione di simulanti a partire da rocce terrestri, attività in cui il geologo ha sicuramente un ruolo primario.

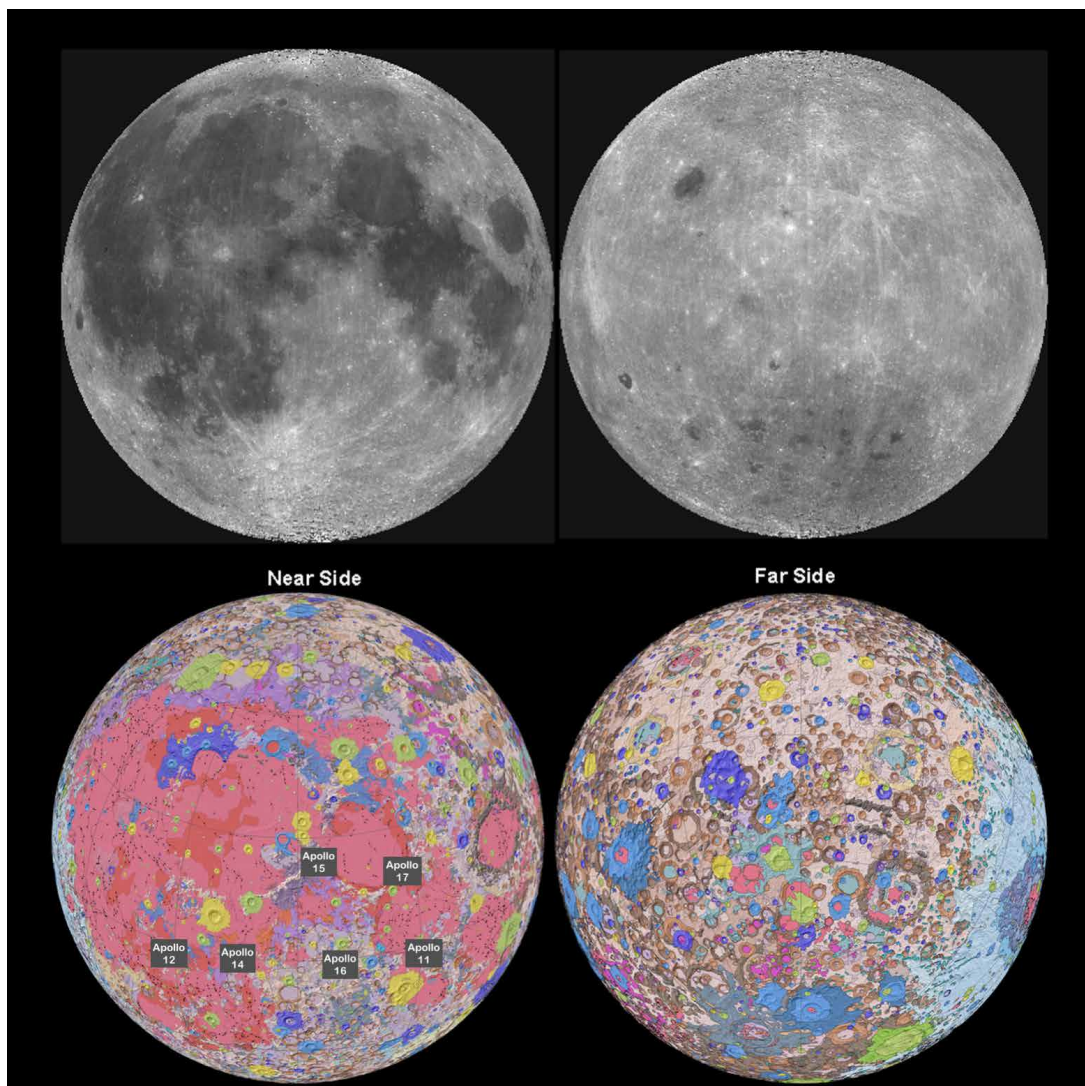


Fig. 1 - Sopra: Immagini della missione Clementine della NASA che mostra la variabilità dell'albedo (quantità di luce solare riflessa dalla superficie) della faccia visibile dalla Terra (*near side*) e di quella nascosta (*far side*). Nel *near side* si notano i grandi espandimenti basaltici di bassa albedo che costituiscono i Mari, mentre le zone di *highland* hanno toni più chiari di grigio che riflettono la composizione anortositica e quindi ricca di plagioclasti.

Sotto: la carta geologica della Luna dove possono ben distinguersi i Maria (colore rosso e magenta) con pochi crateri da impatto e le zone di *highland* (in rosa), più antiche e con una maggiore densità di crateri da impatto (di colore marrone, blu e verde in ordine dal più antico ai più recente). Sono indicati anche i siti di atterraggio delle missioni Apollo. Crediti: modificata da NASA/GSFC/USGS

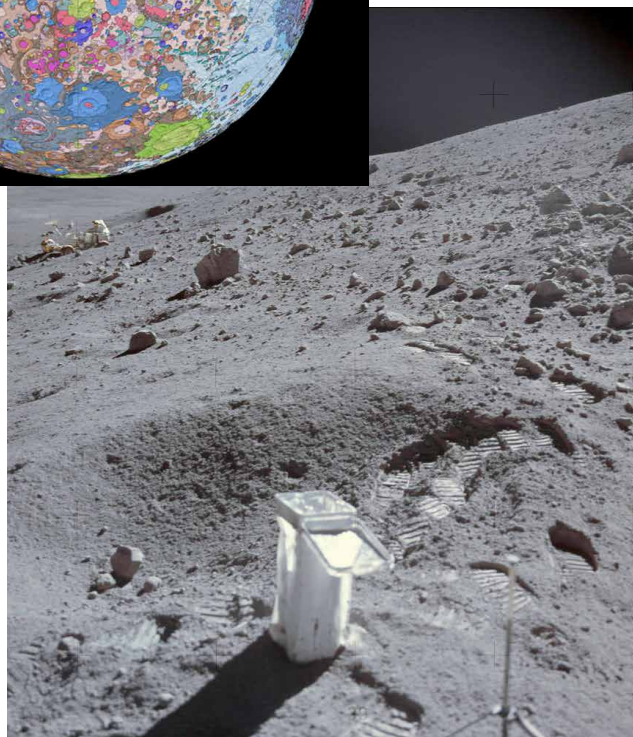


Fig. 2 - Immagine di Stone Mountain, nei pressi del sito di atterraggio della missione Apollo 16 (vedi in Fig. 1 la localizzazione). Si può osservare in primo piano un recipiente per la raccolta dei campioni lunari e in lontananza si intravede il Lunar Roving Vehicle (LRV), il veicolo a motore utilizzato per gli spostamenti più lunghi. Le orme dell'astronauta, ben visibili nell'immagine, permettono di comprendere il livello di porosità e lo spessore della regolite in quel punto. Crediti: NASA

Approfondimenti:

La missione ARTEMIS

www.nasa.gov/artemis-1

La strategia scientifica dell'ESA per l'esplorazione della Luna

<https://exploration.esa.int/web/moon/publication-archive>

Stampa 3D con il simulante lunare dell'ESA

www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/Exploration/Bricks_from_Moon_dust

Lista dei campioni lunari raccolti durante le missioni Apollo

<https://curator.jsc.nasa.gov/lunar/index.cfm>

Carta Geologica della Luna, 1:5M, 2020

https://astrogeology.usgs.gov/search/map/Moon/Geology/Unified_Geologic_Map_of_the_Moon_GIS_v2



Pagina web: www.socgeol.it/368/storia-delle-geoscienze.html

31 Marzo 2022 **Luogo** Pavia



ITRE
OUR SAFETY.

La sessione pomeridiana, coordinata da Silvio Seno, è stata invece



Una “trasmissione transgenerazionale”: l'intervento di Andrea Taramelli al convegno.

proiettata sul presente e sul futuro delle geoscienze applicate al territorio, poggiando sulle solide basi che Torquato Taramelli e gli altri padri fondatori della moderna geologia in Italia crearono a beneficio delle comunità scientifica e delle generazioni a venire. È intervenuto dapprima Andrea Taramelli per presentare “*Copernicus il più grande programma di osservazione della Terra*”, seguito dalle ultime due relazioni, entrambe nel solco degli studi pionieri sul tema della sismicità del territorio nazionale, di cui il primo abbozzo di Carta sismica del 1886 di Taramelli rappresenta una pietra miliare: Sergio Castenetto e Giuseppe Naso hanno illustrato lo “*Stato dell'arte degli studi di microzonazione sismica in Italia e prospettive future*”, mentre Claudia Meisina e Francesca Bozzoni hanno presentato la “*Microzonazione del rischio di liquefazione sismo-indotta: il caso studio del Comune di Cavezzo (Modena)*”. Dopo la chiusura dei lavori, una visita alla mostra “*Terra nascosta. Rocce, vulcani e terremoti: dalle scoperte di Taramelli alla Geologia moderna*” presso Kosmos, il Museo di Storia Naturale di Pavia, inaugurata il 4 marzo e aperta fino al 12 giugno. Le celebrazioni dell'anno taramelliano si concluderanno a Torino nel congresso congiunto SGI-SIMP “*Geosciences for a sustainable future*” (19-21 Settembre 2022), con specifiche comunicazioni nell'ambito delle tre sessioni afferenti al tema generale “*Outreach and education*” (S23 - *Geology is coming home. A renewed interest in Italian geoscientific tradition*; S24 - *Geosciences and museums: integrated approaches for a sustainable future*; S25 - *Geosciences at School*).



La mostra presso Kosmos, il Museo di Storia Naturale di Pavia.

CAFFÈ DI GEOLOGICAMENTE

Lo scorso 17 maggio si è tenuto per la prima volta il **Caffè di Geologicamente**, la nuova iniziativa di Geologicamente. Il caffè nasce come opportunità di approfondire o conversare direttamente con gli autori, su qualunque curiosità o chiarimento inerenti ad alcuni contributi della rivista pubblicati nell'ultimo numero. In questa occasione sono intervenuti il Prof. Rodolfo Carosi (Università di Torino) e il Prof. Giovanni Vezzoli (Università Milano Bicocca) che hanno ampiamente illustrato ed approfondito i loro contributi rispettivamente sulla geologia dell'Himalaya e quella della Pianura Padana pubblicati sul Numero 7.

Questo incontro, come lo saranno anche quelli futuri, si è tenuto online sulla piattaforma Zoom offerta

dalla SGI ed è stata l'occasione per docenti, studenti e curiosi di ascoltare, in maniera estesa e ampiamente illustrata, le spiegazioni degli argomenti trattati nello scorso numero di geologicamente e rivolgere loro quesiti e curiosità derivanti dalle ricerche svolte. L'iniziativa vuole diventare un appuntamento fisso delle iniziative di Geologicamente e saranno programmate in modo da tenersi alcuni mesi dopo l'uscita del numero (e sempre prima del successivo). In questa maniera, diamo il tempo agli interessati di leggerli il contributo e preparare domande e richieste da rivolgere ai nostri relatori.

Vi siete persi questo evento e sareste curiosi di vederli???

Gli interventi sono stati registrati e disponibili su un apposito canale Youtube dove saranno a disposizione di chiunque.

I links sono:

La GEOLOGIA del tetto del mondo

 <https://youtu.be/fm-z6tK-eHs>

IL FIUME PO i suoi sedimenti e la Pianura Padana

 <https://youtu.be/NVJETgALsEE>

Queste informazioni, come tutti gli aggiornamenti ed i futuri appuntamenti del Caffè di Geologicamente, saranno sempre disponibili sul sito SGI e solitamente saranno condivisi sui social e diffusi attraverso la newsletter.

Occhi aperti! Ci vediamo al prossimo Caffè di Geologicamente.

Il Comitato Editoriale

Il caffè di **GEOLOGICAMENTE**

Seminari di divulgazione online



Il caffè di GEOLOGICAMENTE
Seminari di divulgazione online
17 mag 2022 16:00

Giovanni Vezzoli e Rodolfo Carosi presenteranno

► LA GEOLOGIA del tetto del mondo
► IL FIUME PO i suoi sedimenti e la pianura Padana

Partecipa al Webinar!
► ID riunione ZOOM: 952 5152 1983 ► Passcode: 128301



Il Congresso congiunto SGI-SIMP di Torino sta registrando un andamento nettamente positivo ben al di là delle aspettative in termini di sessioni proposte e riassunti sottomessi il cui numero definitivo è di 1120. Anche i numeri di pre-registrati fanno ben sperare in termini di partecipazione sia da parte di Italiani che di colleghi stranieri.

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

A seguito del processo di revisione del Comitato Scientifico, alcune sessioni sono state accorpate ed altre non attivate. I lavori sottomessi per le sessioni che non hanno raggiunto il numero minimo per l'attivazione sono stati spostati in altre ritenute di maggior pertinenza.

Le sessioni definitive risultano essere 50, che coprono molti aspetti delle Geoscienze, di seguito elencate:

- ▶ **S1.** Biominerals and environmental mineralogy
- ▶ **S2.** Learning from the past for a sustainable future: geosciences in/for cultural heritage
- ▶ **S3.** Geosciences for Cultural Heritage
- ▶ **S4.** Minerals, rock and museum: from collection to research in a post-pandemic world
- ▶ **S5.** Sustainability in dimension and ornamental stones industry (from exploitation to application)
- ▶ **S6.** Palaeomagnetism, Rock Magnetism and Magnetostratigraphy
- ▶ **S7.** Quantitative geology and modeling: an excursion through analogue and numerical modeling and the digital reproduction of outcrops
- ▶ **S8.** Perspectives on fluid- and melt-rock interactions by advanced thermodynamics and geochemistry: applications in petrology and geothermy
- ▶ **S9.** Ground deformation measurements and Geosciences: applications and outlooks
- ▶ **S10.** Evolution of collisional orogens in space and time: the Alpine-Himalayan system in 4 dimensions
- ▶ **S11.** Composition and evolution of the oceanic lithosphere: a petrological, geochemical and geodynamic perspective
- ▶ **S12.** Growth, recycling and differentiation of the continental crust
- ▶ **S13.** Earth dynamics to dynamic landscape: feedback between tectonics and landscape evolution
- ▶ **S14.** Ore deposits for a green future
- ▶ **S15.** Mineralogy and waste: circular economy for a sustainable future
- ▶ **S16.** The challenge of alkali-activated materials: new chance for a sustainable world
- ▶ **S17.** Microporous and layered minerals: properties and applications for a sustainable future
- ▶ **S18.** Celebrating the International Year of Mineralogy: two centuries of progress and discoveries
- ▶ **S19.** Slow rock slope deformations in different geodynamic and climatic settings: processes, activity, hazards
- ▶ **S20.** Landslides from mountain to coastal environments and beyond
- ▶ **S21.** Monitoring and sustainable management of natural and artificial cavities: a contribution toward mitigation of the risk from underground processes

- ▶ **S22.** Naturally Occurring Asbestos (NOA): hazard identification, assessment and mitigation
- ▶ **S23.** Geology is coming home. A renewed interest in Italian geoscientific tradition
- ▶ **S24.** Geosciences and museums: integrated approaches for a sustainable future
- ▶ **S25.** Geosciences at School
- ▶ **S26.** Climate change and the fossil record
- ▶ **S27.** Earth's carbon cycle in active magmatic-tectonic systems and in the mantle: from production to transport, fixation and outgassing
- ▶ **S28.** A journey into Earth's upper mantle: spotlights on its composition, structure and dynamics
- ▶ **S29.** Stressed minerals and microstructures: a link between grain-scale processes and lithosphere dynamics
- ▶ **S30.** A petrographic and mineralogical journey through the extraterrestrial bodies: from differentiated to undifferentiated materials
- ▶ **S31.** Towards modern concepts in seismotectonic-model definition and imaging: multidisciplinary and multiscale approaches in different tectonic settings
- ▶ **S32.** From Source to Sink - the history of sediments inferred from the geological record
- ▶ **S33.** Taphonomy and diagenesis of marine biogenic sediments in ancient and modern depositional environments
- ▶ **S34.** The Sediment Routing System as a tool to the understanding of fossil depositional systems and the preservation of modern ones
- ▶ **S35.** Field mapping and stratigraphy: significant insights from the geologic record
- ▶ **S36.** Open session on Stratigraphy
- ▶ **S37.** Sustainability of groundwater resources
- ▶ **S38.** Geosciences and shallow geothermics for the energy transition and sustainability
- ▶ **S39.** Innovative strategies for sustainable agriculture and restoration of degraded soils: novel approaches, technologies, and case studies
- ▶ **S40.** Environmental geology supporting the European Green Deal
- ▶ **S41.** Evolution of the Variscan crust
- ▶ **S42.** Faults and shear zones: the pathways for fluids
- ▶ **S43.** Transversal Tectonic Lines in the Apennines: an updated review on their role for seismicity, magmatism and fluid flow
- ▶ **S44.** Faults and shear zones from near the surface to the deep crust: clues from micro-structural analyses, geochronology and geochemistry
- ▶ **S45.** Mapping crystalline basements: traditional and innovative approaches
- ▶ **S46.** From Micro to Macro - How to unravel the nature of the Large Magmatic Events
- ▶ **S47.** New insights on the study of gem-quality minerals and their synthetic analogues
- ▶ **S48.** Resource availability, critical raw materials and by-products for the ecological transition and sustainability
- ▶ **S49.** Application of cutting edge techniques in global geochemistry: isotopic reservoirs from deep earth, food traceability and CO2 storage
- ▶ **S50.** Open Poster Session



I numeri finali dei riassunti ricevuti sono i seguenti.

► Totale 1120 riassunti ricevuti divisi in: Orali 552 e Poster 68

Quindi durante il Congresso avremo da 190 a 220 poster al giorno che verranno ospitati nel capiente Padiglione 3 (adiacente alle sale utilizzate per il Congresso) insieme agli stand degli sponsor e alla zona catering.

Il Congresso offre anche 8 **workshop** divisi in 4 pre-congresso e 4 post-congresso in larga parte rivolti anche ai professionisti che avranno la possibilità di acquisire i relativi APC.

WORKSHOP

PRE CONGRESS WORKSHOP

- **WS1.** Fondamenti geologici e geomorfologici nelle verifiche di stabilità dei pendii
- **WS2.** Le barriere per colate detritiche
- **WS3.** Sensori in materiali compositi per il monitoraggio di fenomeni franosi
- **WS4.** Tecniche di miglioramento delle caratteristiche meccaniche dei terreni attraverso iniezioni di sabbia e ghiaia: presentazione delle analisi preliminari del brevetto Novatek

POST CONGRESS WORKSHOP

- **WS5.** Proposta di nuovo Testo Unico della Regione Piemonte su Rischi geologici e Pianificazione urbanistica, a 25 anni di distanza dalla CPGR 7/LAP/1996
- **WS6.** Caratterizzazione ad alta risoluzione di siti inquinati mediante sonde ad infissione diretta
- **WS7.** Aspetti geologici ed ingegneristici nella progettazione dei sistemi a pompa di calore geotermica: l'importanza della caratterizzazione termo/idrogeologica in laboratorio e in sito
- **WS8.** Cartografia geologica e sezioni geologiche realizzate tramite Google Earth e 3D Move

Il workshop **WS8** ha già raggiunto il numero massimo di partecipanti.

FIELD TRIPS

PRE CONGRESS FIELD TRIP

- **FT1.** The external domains of SW Alps: from the Penninic front to the Argentera Massif NE-boundary faults
Luca Barale [CNR-IGG, Torino], Carlo Bertok [Università di Torino], Anna d'Atri (Referent) [Università di Torino], Luca Martire [Università di Torino], Pietro Mosca [CNR-IGG, Torino], Fabrizio Piana [CNR-IGG, Torino]

POST CONGRESS FIELD TRIP

- **FT2.** The Variscan section of N Sardinia: the migmatite-granite connection
Leonardo Casini [Università di Sassari], Giovanni Luca Cardello [Università di Sassari], Fabrizio Cocco [Università di Cagliari], Antonio Funedda [Università di Cagliari], Giacomo Oggiano [Università di Sassari]
- **FT3.** The Monviso meta-ophiolite Complex
Daniele Castelli [Università di Torino], Simona Ferrando [Università di Torino], Chiara Groppo [Università di Torino], Franco Rolfo [Università di Torino]
- **FT4.** Stones, heritage and infrastructures: a sustainable way to experience the landscape
Luca Barale [CNR-IGG, Torino], Alessandro Borghi [Università di Torino], Giovanna Antonella Dino [Università di Torino], Pietro Mosca [CNR-IGG, Torino], Marco Pantaloni [ISPRA Roma]
- **FT5.** Tourinstones, field trip in a stone town
Francesca Lozar [Università di Torino], Alessandro Borghi [Università di Torino], Anna d'Atri [Università di Torino], Elena Storta [Università di Torino], Elena Egidio [Università di Torino]

PhD day

► 18 September 2022

una giornata dedicata ai dottorandi di ricerca che ha ricevuto 51 riassunti, una giornata di presentazioni e discussione gestito dai giovani per i giovani. La giornata è co-organizzata dalla associazione BeGeo.

PLENARIE

► 9 September 2022

Giovanni Zanchetta “*Past hydrological changes in the central Mediterranean: from the regional megadrought to the San Frediano Miracle*”.

Giovanni Zanchetta is full professor of Geochemistry and Volcanology at the Department of Earth Sciences, University of Pisa, Italy.

► 20 September 2022

Richard Herrington “*Critical raw materials for a green future*”.

Richard Herrington is Head of the Earth Sciences Department at the Natural History Museum London, and Professor of Economic Mineral deposits at Imperial College London, London, United Kingdom.

► 21 September 2022

Francesca Salvi “*The role of Geosciences in the Energy Transition*”.

Francesca Salvi is Head of Geological and Geophysical Studies, Eni spa, Milan, Italy.

CONTATTI

► Per informazioni
info@geoscienze.org

► Segreteria amministrativa soci SGI e non soci [administrative secretariat]
alessandro.zuccari@socgeol.it

► Segreteria amministrativa soci SIMP [administrative secretariat]
segreteria@socminpet.it

a cura di Rodolfo Carosi (SGI)
e Daniele Castelli (SIMP)

GEOKAYAK: *pagaia alla scoperta del patrimonio geologico*

Il *kayak* è un tipo di canoa con una pagaia a doppia pala che sta progressivamente coinvolgendo l'esplorazione geologica e il geoturismo. Tale diffusione è dovuta al fatto che il *kayak* di origine artica e la canoa polinesiana, detta anche *outrigger*, sono dei mezzi leggeri, che offrono numerose opportunità di esplorazione dei siti più difficilmente raggiungibili via terra o con imbarcazioni a motore. Inoltre, la facilità di manovra e di apprendimento rendono il *kayak* in particolare uno strumento molto efficace e abbastanza sicuro per l'aggregazione e la divulgazione scientifica in acqua. In Italia l'uso del *kayak* per queste finalità è ancora poco diffuso, nonostante il patrimonio geologico sia

spesso esposto in maniera suggestiva presso le falesie marine, lacustri o lungo alcuni corsi d'acqua nell'entroterra.

Vi riportiamo oggi della nostra esperienza nell'uso del *kayak*.

A tal riguardo vi raccontiamo del caso dell'Isola di Ventotene, l'avamposto più meridionale del Lazio (**Fig. 1**), dove è attiva da alcuni anni *Outrigger-Sup*, una scuola di *kayak* e canoa polinesiana. Nella primavera del 2021, con i rilievi preliminari per il Foglio geologico "Terracina" in scala 1:50.000 e per un progetto di ricerca congiunto delle università di Roma-Sapienza e Sassari, è sorta l'esigenza di raggiungere le falesie delle isole di Ventotene e Santo Stefano per lo studio e il campionamento dei prodotti vulcanici. Questa necessità ci ha portato a collaborare con gli enti per ottenere permessi e supporto logistico dall'Area marina protetta isole di Ventotene e Santo Stefano, dalla Capitaneria di Porto di Gaeta e dal Comune di Ventotene (**Fig. 2**).

La collaborazione nei rilievi da parte dei kayakisti ha permesso un trasferimento di alcune conoscenze di base della geologia e del territorio locale che garantiscono la corretta diffusione della cultura geologica. In questo contesto, il *geokayak* si inserisce nell'offerta turistica, arricchita dalla collaborazione con il mondo dell'Università e della Ricerca. Tale collaborazione educativa è culminata il 3 luglio 2021 con una giornata inaugurale volta alla divulgazione scientifica per i Ventotenesi con Luca Cardello e Tiziana Marrone, Guida Turistica di *Outrigger-Sup*. Con l'occasione si è tracciato un primo percorso di *geokayak* che mostra le peculiarità vulcaniche dell'isola (**Fig. 3**). Pagaia intorno all'isola per circa due ore, è possibile ripercorrere i processi geologici attivi nel corso del Pleistocene, con il susseguirsi delle eruzioni vulcaniche culminate in un collasso calderico (**Fig. 4, 5**). Ritornati a terra la visita può continuare grazie anche ai cartelli esplicativi curati dall'Università di Roma Tre. Date le strutture



Fig. 1 - Scorcio di Ventotene dall'Isola di Santo Stefano.

museali e la foresteria, il *geokayak* a Ventotene si presta bene a fini didattico-divulgativi a vari livelli, dai viaggi di istruzione (scuola primaria e secondaria), alle scuole di vulcanologia (università e dottorato) e ai *workshop* scientifici. L'isola, sede della tomba di Altiero Spinelli, padre della Patria Europea (vedi inciso), è stata di recente visitata dal Presidente della Repubblica Sergio Mattarella che, visti i rischi di crollo del cimitero, ha contestualmente sollecitato le autorità locali a predisporre adeguate misure di contenimento del rischio geologico. A tal fine si è rinsaldata la collaborazione con Sapienza, coinvolgendo diversi docenti del Dipartimento di Scienze della Terra nell'approfondimento delle conoscenze geologiche dell'arcipelago, nella valutazione e mitigazione dei rischi connessi, nonché nella valorizzazione del patrimonio geologico, per una fruizione turistica responsabile e di qualità. Ancora una volta le vicissitudini della geologia rinsaldano il legame con un'isola ricca di risorse da scoprire e divulgare.



Fig. 2 - Veduta di Santo Stefano dal Palazzo comunale di Ventotene.

Contatti ASD Outrigger-Sup

✉ pat_mat@hotmail.it

☎ +39 320 2835618

f Outriggersupventotene

📷 outriggersup



Fig. 3 - Depositi piroclastici stratificati, con intercalazioni di suoli, osservabili lungo le falesie del lato orientale di Ventotene.



Fig. 4 - Manovra in kayak presso il contatto tra le colate di lava (alla base) e i depositi piroclastici stratificati.



Fig. 5 - Moggio di Terra, costa occidentale di Ventotene: contatto tra una colata di lava e i depositi piroclastici sottostanti, localmente evidenziato da un livello di ossidazione termica.

Le isole di Ventotene e Santo Stefano formano il gruppo orientale delle Isole Ponziane e rappresentano la porzione emersa di un grande edificio vulcanico che s'innalza dal fondale del Mar Tirreno. Esse sono costituite da una successione di prodotti dell'attività eruttiva effusiva (colate laviche) ed esplosiva (piroclastiti da caduta e da flusso), deposti in un contesto prevalentemente subaereo. Per quanto la stratigrafia ed i caratteri deposizionali siano già descritti in dettaglio (Perrotta et al., 1996), nuove indagini sono rivolte alla definizione della cronologia assoluta degli eventi eruttivi, delle relazioni fra meccanismi eruttivi e formazione della caldera e dell'origine ed evoluzione del magmatismo nel più ampio contesto alcalino-potassico delle province Romana e Campana. I rilievi preliminari effettuati anche grazie al kayak hanno permesso di identificare le unità eruttive utili alla cartografia geologica delle isole oltre che alla caratterizzazione della storia eruttiva e dell'evoluzione magmatica.

Queste isole rappresentano un luogo idilliaco per gli amanti della vulcanologia, delle immersioni e dell'ornitologia, per via della posizione strategica lungo le rotte migratorie degli uccelli. Sono molto interessanti in termini di sviluppo degli insediamenti umani nel corso del periodo della colonizzazione greca, di cui rimane il toponimo di Pandataria. A Ventotene si rinvennero i resti monumentali di una villa dell'Imperatore Ottaviano Augusto e numerose testimonianze di frequentazioni medievali ipogee, che riutilizzano delle cisterne romane. Anche l'architettura legata alla colonizzazione settecentesca è di notevole attrazione. Nel Carcere di Santo Stefano furono detenuti fra gli altri Gaetano Bresci e Sandro Pertini. Dal 1926 al 1943, Ventotene divenne luogo di confino per centinaia di dissidenti politici come Altiero Spinelli, che qui scrisse il Manifesto di Ventotene - Per un'Europa libera e unita. Questi elementi costituiscono ulteriori motivi di valenza culturale per visitare queste isole.

BIBLIOGRAFIA

Perrotta, A., Scarpati, C., Giacomelli, L., & Capozzi & A. R. (1996). *Proximal depositional facies from a caldera-forming eruption: the Parata Grande Tuff at Ventotene Island (Italy)*. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 71(2-4), 207-228.

PALEODAYS 2022

XXII Edizione delle Giornate di Paleontologia

Asti (7) 8-10 giugno 2022

La XXII edizione delle Giornate di Paleontologia è stata organizzata quest'anno dal Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Torino, in collaborazione con l'Ente Parco Paleontologico Astigiano, il Museo Paleontologico Territoriale dell'Astigiano, il Museo Regionale di Scienze Naturali (Torino), l'UniASTISS – Polo Universitario Rita Levi-Montalcini e il Distretto Paleontologico dell'Astigiano e del Monferrato. Il Congresso si è svolto in presenza ed ha visto la partecipazione di oltre 130 partecipanti che hanno presentato 96 contributi, di cui 63 comunicazioni orali e 33 poster.

Le Giornate di Paleontologia sono state precedute martedì 7 giugno da attività pre-Congresso. Al mattino si è svolta la Tavola Rotonda *"Palaeontologist in Progress"*, introdotta dal seminario *"La Paleontologia per un futuro più sostenibile - Palaeontology for a more sustainable future"* con contributi di Daniele Scarponi, Silvia Danise, Massimo Delfino e Michael Stephenson. Nel pomeriggio si è svolta invece la Tavola Rotonda *"Legislazione e gestione dei beni paleontologici in Italia"*, naturale proseguimento della discussione portata avanti negli ultimi anni sul tema della legislazione, della tutela e della gestione dei beni paleontologici che ha visto la partecipazione di rappresentanti e funzionari delle Soprintendenze, del MiC, del Comando Carabinieri per la Tutela del Patrimonio Culturale e della Presidenza SPI. Gli interventi sono disponibili sul canale YouTube della SPI al link www.youtube.com/watch?v=Fjk7TirH30A&ab_channel=Societ%C3%A0PaleontologicaItaliana.

Mercoledì 8 giugno alle ore 9:00 ha avuto inizio la XXII Edizione delle Giornate di Paleontologia SPI con i saluti inaugurali del Prof. Giorgio Carnevale (Presidente della Società Paleontologica Italiana), di Mario Sacco (Presidente di UniASTISS), di Livio Negro (Presidente dell'Ente Parco Paleontologico Astigiano), di Graziano Delmastro (Direttore dell'Ente Parco Paleontologico Astigiano), e di Maurizio Rasero (Sindaco di Asti).

Le sessioni scientifiche sono state aperte da una relazione a invito sui cetacei neogenici del Bacino Terziario Piemontese tenuta dal Dr. Michelangelo Bisconti (Università degli Studi di Torino e San Diego Natural History Museum).

Si è entrati quindi nel vivo del Congresso con la sessione moderata da Massimo Bernardi (MUSE), che è spaziata da ricerche sul paleoambiente ed sull'età di Pantalla, un sito paleontologico umbro del Pleistocene, all'origine evolutiva della durofagia e dello stile di vita pelagico nelle razze miliobatiformi. La sessione



Comitato Organizzatore

Giorgio Carnevale, Michelangelo Bisconti, Piero Damarco, Massimo Delfino, Graziano Delmastro, Annalisa Ferretti, Rocco Gennari, Francesca Lozar, Alan Maria Mancini, Giuseppe Marramà, Edoardo Martinetto, Livio Negro, Marco Pavia, Luca Pellegrino, Annalaura Pistarino, Francesco Scalfari, Marco Davide Tonon.

Comitato scientifico

Massimo Bernardi, Michelangelo Bisconti, Fabio Bona, Cinzia Bottini, Giorgio Carnevale, Gaia Crippa, Piero Damarco, Massimo Delfino, Annalisa Ferretti, Giuseppe Marramà, Rossana Sanfilippo, Raffaele Sardella, Daniele Scarponi.

successiva, moderata da Raffaele Sardella (Sapienza, Università di Roma), ha spaziato da interventi sui conodonti, foraminiferi, briozoi e brachiopodi, ad analisi paleobiologiche, paleoecologiche e morfometriche di molluschi neogenici italiani.

Dopo la pausa pranzo, Gaia Crippa (Università degli Studi di Milano) ha moderato una sessione che ha compreso interventi sui vertebrati fossili mesozoici e cenozoici, che hanno spaziato dalle tartarughe plioceniche del Sud Africa, alle tartarughe, lucertole e coccodrilli miocenici della penisola iberica, dagli ittiosauri conservati nelle collezioni museali italiane alle tracce fossili di dinosauri italiani di Sezze, dalla paleobiologia della conservazione dei rinoceronti a uno studio sugli adattamenti paleoecologici degli equidi pleistocenici, a una ricerca sui suidi plio-pleistocenici di Villafranca d'Asti, oltre ad una relazione preliminare sullo scavo di Grotta di Veja (provincia di Verona).

L'ultima sessione della giornata, moderata da Rossana Sanfilippo (Università degli Studi di Catania), ha visto presentazioni riguardanti foraminiferi del Mare del Nord, stromatoliti del Lago Ashenge (*East African Rift System*), icnofossili e astrobiologia, molluschi mediterranei del Piacenziano medio, conchiglie di molluschi combuste dell'Oman, molluschi del Mar Piccolo di Taranto, brachiopodi mississippiani del Derbyshire (UK), oltre ad uno studio sull'ontogenesi degli *artropodi xiphosuri*.

La ricca giornata, inframmezzata da due sessioni poster, si è conclusa con la visita guidata al Museo Paleontologico Territoriale dell'Astigiano e, a seguire, con l'ottima ed elegante cena sociale organizzata nel chiostro del Palazzo del Michelerio, sede dell'Ente Parco Paleontologico Astigiano.

La seconda giornata (giovedì 9 giugno) è stata dedicata all'escursione che si è svolta all'interno della Riserva Naturale della Valle Andona, Valle Botto e Valle Grande, dove è stato possibile osservare ricchissimi livelli fossiliferi a molluschi, ed è continuata nel territorio astigiano con la visita in un'azienda vinicola (con degustazione) e un tour guidato della città di Asti. Durante l'escursione Giulio Pavia (Università degli Studi di Torino) è stato insignito del titolo di Socio Onorario per celebrare la sua lunga e proficua carriera di paleontologo e la sua costante presenza nella SPI.



La terza ed ultima giornata del Congresso (venerdì 10 giugno) si è aperta con il secondo contributo a invito sui sedimenti diatomitici nel contesto degli eventi messiniani dell'area mediterranea tenuto dal Dr. Luca Pellegrino (Università degli Studi di Torino).

La prima sessione della giornata, moderata da Francesca Lozar (Università degli Studi di Torino) ha riguardato contributi riguardanti la paleobotanica, con studi sulle flore del Neogene del Piemonte, del Permiano del Trentino Alto-Adige, del Triassico dell'Europa centrale e settentrionale, seguite da relazioni sulle faune a micromammiferi del Pleistocene del Nord Italia, sulla tassonomia e paleobiogeografia degli ultimi equidi euroasiatici del genere *Hipparion*, fino alla revisione tassonomica degli arcosauri del Triassico di Besano, per finire con uno studio che ha messo in luce il ruolo del clima nel definire la distribuzione geografica dei rettili dell'area mediterranea europea.

La penultima sessione è stata moderata da Fabio Bona (Museo dei Fossili di Besano) ed è stata caratterizzata da ricerche sui foraminiferi bentonici messiniani, sulla biostratigrafia delle sezioni del Cenomaniano-Turoniano di Quero e Breonio (nordest Italia), su nuovi metodi per definire le associazioni autoctone ad ostracodi, sui brachiopodi permiani dell'Oman, sullo stato d'avanzamento del progetto CRESCIBLUREEF, sulla struttura dei vermi tubiformi dell'Eifeliano del Marocco, fino ad arrivare a studi preliminari sul ruolo dei sedimenti micritici del Coralligeno Mediterraneo.

L'ultima sessione della giornata è stata moderata da Daniele Scarponi (Università di Bologna) ed ha riguardato principalmente studi sui vertebrati europei, da quelli riguardanti fossili di vertebrati pelagici degli Appennini all'analisi filogenetica e tafonomica di coccodrilli giurassico-cretacei, da uno studio su *Homotherium* del Pleistocene di Piro Nord a quello sul bovide miocenico Maremma, dalla fauna di Collecorti a un'analisi dell'anatomia interna del cranio di un leopardo di Prati Fiscali (RM), fino ad una serie di studi sulle iene, sui cervidi, e sugli orsi pleistocenici italiani.

Il libro dei riassunti può essere scaricato direttamente dalla piattaforma del convegno nel sito www.paleoitalia.it (alla pagina Eventi >> Giornate di Paleontologia >> Paleodays 2022), oppure direttamente dal link: <https://express.adobe.com/page/GZcbHb8XaunJ1/>.

A conclusione della giornata ha avuto luogo l'Adunanza Generale dei Soci SPI, con all'Ordine del Giorno le votazioni dei due nuovi Consiglieri SPI, la situazione del Bollettino SPI, il resoconto del bilancio 2021 della Società, e l'annuncio della località scelta per i prossimi *Paleodays 2023* (Lecce).

Durante l'Adunanza, il Presidente SPI Giorgio Carnevale ha annunciato i vincitori delle Medaglie SPI 2022: la Medaglia Agostino Scilla è stata assegnata alla prof.ssa Lucia Angiolini in riconoscimento per la sua produzione di elevata qualità, nonché per il considerevole servizio reso a favore della Paleontologia italiana; il Dr. Dawid Adam Iurino è risultato vincitore della Medaglia Giovanni Merla, come riconoscimento per l'attività di giovani studiosi italiani nel campo della paleontologia che hanno contribuito notevolmente alla disciplina con la propria ricerca; infine, la Medaglia Luigi Torri è stata assegnata all'Avv. Manuela Lugli, in riconoscimento al continuo impegno a sostegno delle attività della Società Paleontologica Italiana.

Nella stessa Adunanza, sono stati proclamati i progetti di ricerca finanziati dalla SPI per il 2022: il progetto di Beatrice Azzarà dell'Università di Perugia (*The enigmatic African wolf Canis lupaster: insights from morphological and molecular analyses*) e il progetto di Marco Viaretti dell'Università degli Studi di Milano (*Seasonal seawater pH variations in the late Paleozoic – boron isotopes from brachiopod shells as a paleo-proxy*). Tali progetti sono stati scelti dal Consiglio della SPI per la qualità, l'originalità, la fattibilità e la sostenibilità economica della ricerca proposta. Infine, sono stati proclamati vincitori di quattro *Travel Grants* gli studenti e le studentesse di lauree triennali e magistrali Roberta Branz (Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia), Cecilia Loddi (Università degli Studi di Firenze), Federico De Sario (Sapienza Università di Roma) e Simone Subacchi (Università di Bologna).



LA SCIENZA E LA TERRA

*Sorprese, tesori,
pericoli e mondi
scomparsi
svelati dalla
geologia*



Autore: Fabrizio Berra
Editore: Scienza Express
Collana: Parliamone
Anno edizione: 2022

È innegabile che stiamo vivendo un periodo di profonda trasformazione da ogni punto di vista: sociale, culturale, ma anche ambientale ed energetico. Siamo stati abituati a vedere in televisione grandi manifestazioni che portavano come vessillo lo slogan “there is no planet B” e nell’ultimo anno la frase che ha più inondato i nostri telegiornali è “transizione ecologica”. In questo contesto di agitazione e cambiamento, che di certo ha come tema portante il nostro pianeta, ci siamo trovati a osservare, impreparati e impotenti, un tangibile calo di iscritti ai corsi universitari di geologia. Di pari passo i programmi ministeriali degli insegnamenti liceali sono stati modificati, relegando l’insegnamento delle scienze a un ruolo forse marginale. Questi due aspetti sono spiccatamente dissonanti, come è possibile assistere a una crisi di vocazione per la geologia che dovrebbe essere, per eccellenza, la disciplina che studia il Pianeta in maniera completa?

È proprio questa domanda che guida il primo capitolo del libro di Fabrizio Berra. L’autore immediatamente lo dichiara: tutti sanno cosa fa un medico, un avvocato, un architetto, ma forse cosa faccia un geologo non è ben chiaro. Inoltre, la raffigurazione iconografica del geologo non aiuta: lo vede rappresentato sempre nei momenti tragici delle cronache, quando un terremoto catastrofico o un’inondazione devastante, hanno mietuto vittime e causato danni tangibili al patrimonio, ma questa figura, che commenta e spiega di certo con perizia il fenomeno, non è stata in grado di fare nulla di concreto per evitare il peggio, è quindi, di fatto, una figura inutile. Ma l’autore ci vuole proprio raccontare che non è questa la narrazione che dovrebbe accompagnare la descrizione di cosa faccia e cosa sia un geologo. Il libro di Berra è quindi un percorso, se vogliamo usare un parallelismo geologico un’escursione, che attraversa il variegato e variopinto mondo della geologia. Camminando speditamente verso la cima, l’autore ci accompagna in dieci capitoli nell’esplorazione di questo territorio sconosciuto e nebuloso per la maggior parte delle persone. Ci spiega che il lavoro del geologo si nasconde in ogni angolo e momento delle nostre vite proprio perché il geologo è colui che studia la Terra ed è innegabile che “le interazioni dell’essere umano con la Terra, quella con la T maiuscola, si basano sull’utilizzo, più o meno intelligente, lecito e sostenibile, delle sue risorse: tutto quello che abbiamo viene dalla Terra, sia attraverso la parte inorganica, cioè non vivente, sia da quella organica”

Iniziamo dunque il nostro cammino in una zona pianeggiante, con la definizione di cosa sia la geologia e il geologo e di quanto, questa scienza, sia di fatto una materia più che mai giovane,



quasi neonata, soprattutto se comparata con le sue sorelle quali la matematica e la fisica. L'autore prosegue raccontando di come negli ultimi due secoli la comunità geologica abbia costruito una scala dei tempi (prima relativa e poi assoluta), e di come sia stata acquisita la concezione della profondità del tempo geologico. L'acquisizione di questa nozione ha scardinato e sconvolto la concezione del tempo e questo ha fatto prendere coscienza di come quella che vediamo oggi sia solo una piccola istantanea di un pianeta che ha subito innumerevoli trasformazioni in questo lunghissimo tempo e che noi stiamo occupando un tempo infinitamente breve se confrontato con l'età assoluta della Terra. Uno degli strumenti che ci ha consentito di ricostruire passo dopo passo il film del nostro pianeta è lo studio dei fossili, ed è proprio su questa tematica che si incentra il terzo capitolo del libro. L'autore spiega la fossilizzazione e l'eccezionalità di alcuni ritrovamenti famosi, come quello di *Archaeopteryx*, ma ci guida anche nel più sconosciuto mondo dei microfossili, sottolineando l'importanza dello studio della micropaleontologia. Tutto questo ha contribuito in maniera incontrovertibile allo sviluppo delle teorie legate all'evoluzione. L'autore spiega come la paleontologia abbia permesso di ricostruire processi evolutivi con scale temporali enormi, altresì nascoste alla biologia incapace di guardare così tanto indietro nel tempo.

Il libro procede a questo punto con la descrizione del principale oggetto di studio di un geologo: le rocce. Ma di cosa sono fatte queste rocce? E come si leggono? L'autore spiega dunque gli ingredienti che costituiscono le rocce, ovvero i minerali, soffermandosi anche a spiegare quanto questi siano fondamentali nella vita di tutti i giorni e di quanto, il loro studio, abbia ricadute concrete nella vita di ognuno di noi. L'autore prosegue con la spiegazione di come le rocce, a causa dei processi endogeni, si possano deformare in modo più che mai vario e di come la comprensione di queste deformazioni ci consenta di comprendere i meccanismi che hanno agito o continuano ad agire in un dato territorio.

L'uomo ha la conoscenza diretta di una pellicola sottilissima del nostro pianeta, i sondaggi che perforano il sottosuolo, infatti, raggiungono tipicamente poche centinaia di metri, sono infatti rari i pozzi esplorativi che raggiungono qualche km di profondità. Il geologo, per conoscere il restante volume della Terra, deve quindi ingegnarsi, come racconta l'autore nel quinto capitolo, e lo fa attraverso la ricezione di "messaggi dal sottosuolo". Ma perché è così importante e cruciale la conoscenza del sottosuolo?

Naturalmente a scopi costruttivi, ma anche per gestione e sfruttamento delle risorse, prime tra tutte gli idrocarburi e l'acqua. L'autore spiega il processo di formazione dell'olio e di quanto sia un evento raro, raggiungibile unicamente quando una serie di parametri chimici/fisici/geologici si combinano nel giusto ordine e tempo, e di quanto l'esplorazione petrolifera sia una scienza complessa basata, appunto, sulla corretta interpretazione del dato proveniente dallo studio del sottosuolo. Naturalmente spetta al geologo interpretare e leggere correttamente questi "messaggi". Sappiamo certamente che l'acqua è una risorsa fondamentale in quanto alla base della vita sulla Terra. Questa risorsa oltre a trovarsi in superficie, esiste in grandi serbatoi sotterranei: le falde, che sono quelle da cui attingiamo per i nostri bisogni. Nuovamente la conoscenza del sottosuolo risulta fondamentale per comprendere dove trovare questi serbatoi, che, come sappiamo non sono localizzati in modo uniforme in ogni parte del territorio. La conoscenza del sottosuolo è dunque cruciale per la gestione di questa risorsa ma anche per il suo corretto utilizzo, per prevenire il suo inquinamento e quindi conseguenze disastrose per noi e per il pianeta.

L'autore nel sesto capitolo continua a parlarci di come il geologo abbia ricostruito passo dopo passo tutti i frame che vanno a costituire il lungometraggio della storia del nostro pianeta. Da un lato, la geologia ci insegna che i processi che governano il nostro pianeta oggi sono gli stessi che l'hanno governata in passato, ma d'altro canto ha anche messo in luce l'esistenza di momenti del tutto peculiari e unici. Tra questi l'autore cita l'essiccazione del Mediterraneo nel Messiniano o l'alternanza di periodi glaciali e interglaciali. Lo studio delle rocce, prosegue l'autore, ci consente anche di indagare e conoscere i cambiamenti climatici del passato più remoto. Questo è di certo un tema tanto caro a noi tutti oggi che viviamo in un momento di enorme cambiamento climatico. Lo studio attraverso le rocce di queste fasi che si sono susseguite sulla Terra e, soprattutto, delle conseguenze che hanno provocato sul nostro pianeta, ci consentono di imparare dal passato, per poter comprendere il presente.

I successivi due capitoli sono legati a doppio filo in quanto affrontano la fondamentale tematica della gestione del territorio. L'autore ci insegna come il geologo rappresenti, attraverso carte geologiche, le caratteristiche del nostro territorio. Queste carte sono uno strumento fondamentale per la costruzione di opere, ma anche e soprattutto per la conoscenza delle fragilità del nostro territorio, come zone franose, a rischio idrogeologico o sismico



e, di conseguenza, sono strumenti cruciali per la mitigazione del rischio. È proprio il concetto di rischio il tema principale dell'ottavo capitolo, con una particolare attenzione al delicato tema della fragilità del nostro paese e della necessità di aggiornare continuamente le conoscenze del nostro territorio per prevenire e preservare. Una chiosa interessante a questo capitolo riguarda i beni culturali e, in particolar modo, le pietre da costruzione utilizzate per i monumenti e opere nelle nostre città. L'autore ci racconta la bellezza di queste rocce e di come non siano un mero oggetto architettonico, ma ci raccontino la bellezza della natura che ci circonda e sottolinea quanto la loro preservazione sia un dovere che abbiamo nei confronti dei nostri figli e di quanto il geologo possa contribuire a questo obiettivo.

Il penultimo capitolo ci fa viaggiare lontano, molto lontano, raccontandoci come, di fatto, la geologia sia sempre stata indissolubilmente legata alle esplorazioni. Il '900 è stato il secolo di campagne esplorative incredibili, quali la conquista delle vette più alte del nostro pianeta o dei posti più remoti dello stesso, come l'Antartide. Tutte queste campagne erano presenziate e tal volta guidate da geologi, che volevano comprendere la struttura della Terra, raggiungendo posti inimmaginabili. Ma ad oggi esistono nuove mete e la curiosità umana si sta espandendo anche oltre i confini del nostro stesso Pianeta: verso la Luna e Marte. L'autore, infatti ci spiega come una delle nuove frontiere della geologia sia lo studio degli altri corpi celesti e di come questa branca della geologia stia fornendo interessanti e sorprendenti dati per la comprensione dell'evoluzione del sistema solare. Il capitolo finisce narrandoci come la geologia, in virtù della sua relativa giovane età, sia legata strettamente al mito e alla superstizione. La spiegazione di fenomeni terrificanti era infatti nell'antichità attribuita all'ira degli Dei, e il ritrovamento di mostruosi scheletri di animali ormai estinti ha generato il mito dei Draghi. Tutto questo ha portato alla

nascita della geomitologia, l'autore ci fa riflettere di come, talvolta, il confine tra discipline umanistiche e scientifiche possa essere di fatto meno netto di quanto sosteniamo.

Siamo arrivati alla fine della nostra escursione e dalla cima possiamo guardare un ampio panorama sotto di noi, un panorama su quella che è la geologia e il ruolo del geologo. Ma quindi, tirando le somme, perché il geologo è così importante? Il capitolo conclusivo ci fa riflettere proprio su questo. In primis il geologo ha il privilegio di studiare l'interazione tra il mondo animato e inanimato e di comprendere quanto questi siano indissolubilmente legati. In secondo luogo, la geologia ha permesso di comprendere quanto anche il mondo inanimato sia in realtà in continuo mutamento e anche esso, a modo suo, più che mai vivo. La geologia ci consente di osservare il passato, permettendoci di poter valutare scenari possibili per il nostro futuro. Tutto questo, naturalmente, regala al geologo la capacità di sorprendersi quotidianamente vedendo concretamente scenari ormai persi nel tempo profondo. Ma il ruolo del geologo non è fatto unicamente di soddisfazioni e gioie, è anche costellato dal peso di grandi responsabilità, proprio in funzione delle enormi conoscenze che questo scienziato ha in merito al sottosuolo, alla gestione delle risorse e del rischio. Queste responsabilità possono essere anche enormi date le enormi conseguenze che le nostre azioni hanno sulla Terra.

Tornando all'incipit, questo libro potrebbe essere uno strumento fondamentale per far conoscere al grande pubblico, non solo cosa sia la geologia e il ruolo cruciale del geologo in questo momento di enorme cambiamento, che detterà le basi della vita dei nostri figli, ma anche lo splendore di questa disciplina e gli infiniti mondi, agli occhi dei più invisibili, che possono palesarsi davanti a noi guardando un paesaggio, la pietra ornamentale di una chiesa o anche solo il bancone di un bar.

ISCRIZIONI e Rinnovo

Associatura INDIVIDUALE

Per associarsi alla Società Geologica Italiana (SGI) è necessario presentare una [domanda on-line](#), dove siano riportati i dati anagrafici, la propria posizione nei confronti della formazione Universitaria (studente triennale o magistrale, dottorando), un indirizzo fisico di riferimento, uno di posta elettronica e un numero

di telefono cellulare. La domanda sarà sottoposta per l'accettazione alla prima riunione utile del Consiglio direttivo. L'associatura alla SGI prevede l'accettazione e l'osservazione delle norme dello **Statuto** e del **Regolamento** vigenti. Tutti i soci hanno gli stessi diritti/doveri nei confronti della SGI e della sua vita sociale.

La quota associativa rappresenta il supporto fondamentale a tutte le attività sociali, tese alla promozione della cultura delle geoscienze sia all'interno della comunità scientifica, nazionale e internazionale, sia nel Paese. Associarsi o rinnovare la propria associatura alla Società Geologica Italiana significa sostenere l'intera comunità delle geoscienze nel segno della storia, della tradizione e del rinnovamento.

Per effettuare l'associatura individuale o il suo rinnovo è necessario seguire le istruzioni riportate alla pagina:

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

Quota sociale 2022

La quota associativa si differenzia in base alla categoria di appartenenza (studenti, dottorandi, giovani, insegnanti di scuola, ordinaria, senior) e alla tipologia di associatura prescelta (*basic*, *silver*, *gold* e *platinum*). Le diverse tipologie di associatura definite per ciascuna categoria danno accesso ai prodotti editoriali della SGI in maniera differenziata.

La quota **BASE** garantisce l'iscrizione alla Società e a tutti i benefici previsti per gli associati, ossia l'accesso alla rivista **Geologicamente (GM)**, ai **Rendiconti online della SGI (ROL)** e alle riduzioni contemplate per tutte le attività sociali (congresso, riunioni delle Sezioni, ecc.), compreso l'acquisto di tutte le pubblicazioni cartacee a tariffe dedicate ai soci, ancorché ai materiali di utilizzo per l'attività del geologo contrassegnati dal logo della Società, sempre a tariffe particolari dedicate ai soci.

La quota **ARGENTO** garantisce, inoltre, l'accesso al formato elettronico dell'*Italian Journal of Geosciences (IJG)*.

Le quote **ORO** e **PLATINO** danno diritto anche al formato cartaceo dell'*Italian Journal of Geosciences*, comprensivo di tutti gli allegati tematici in forma cartacei (carte geologiche, tavole, etc.).

I soci sostenitori, **PLATINO**, riceveranno in aggiunta copia del volume della **Guida Geologica Regionale della Toscana**.

Si ricorda che i soci **cinquantennali**, **onorari** e **benemeriti** sono esonerati dal versamento della quota.

ANNO 2022				
<div> ■ Quote associative individuali "early bird" per associature entro il 31 gennaio 2022 </div> <div> ■ Quote associative individuali "regular" per associature dopo il 31 gennaio 2022 </div>				
	BASE	ARGENTO	ORO	PLATINO
Prodotti editoriali	GM + ROL	GM + ROL + IJG online	GM + ROL + IJG online e cartaceo	GM + ROL + IJG online e cartaceo + Guida Geologica Regionale della Toscana + Regalo SGI
Studenti (< 27 anni)	€ 20,00	€ 20,00	€ 60,00	≥ € 130,00
	€ 25,00	€ 25,00	€ 75,00	≥ € 130,00
Dottorandi	€ 20,00	€ 20,00	€ 60,00	≥ € 130,00
	€ 25,00	€ 25,00	€ 75,00	≥ € 130,00
Insegnanti di scuola	€ 20,00	€ 35,00	€ 60,00	≥ € 130,00
	€ 25,00	€ 45,00	€ 75,00	≥ € 130,00
Juniors (< 30 anni)	€ 35,00	€ 55,00	€ 80,00	≥ € 130,00
	€ 45,00	€ 70,00	€ 100,00	≥ € 130,00
Ordinari	€ 60,00	€ 80,00	€ 100,00	≥ € 130,00
	€ 75,00	€ 95,00	€ 120,00	≥ € 130,00
Seniores (> 70 anni)	€ 35,00	€ 55,00	€ 80,00	≥ € 130,00
	€ 45,00	€ 70,00	€ 100,00	≥ € 130,00

Il Consiglio approva lo schema tariffario proposto per le quote 2022 relative alle associature individuali.

Associatura PER ENTI E AZIENDE

La quota associativa per Enti di ricerca, di formazione, di gestione territoriale, e Aziende si differenzia in base alla tipologia di associazione prescelta (*basic, silver, gold e platinum*), che fornisce l'accesso ai prodotti editoriali della SGI in maniera differenziata, e alle quantità di prodotti editoriali richiesti.

La quota **BASE** garantisce l'associazione dell'Ente/Azienda alla Società con l'accesso alla rivista **Geologicamente** e ai **Rendiconti online della SGI (ROL)**, e garantisce l'acquisto di tutte le pubblicazioni cartacee a tariffe dedicate ai soci e godranno di ogni agevolazione che la Società potrà procurare.

La quota **ARGENTO** garantisce, inoltre, l'accesso al formato elettronico dell'*Italian Journal of Geosciences (IJG)*.

La quota **ORO** permette di ricevere, oltre alle pubblicazioni SGI in formato elettronico anche il formato cartaceo dell'*Italian Journal of Geosciences*, comprensivo di tutti gli allegati tematici in forma cartacei (carte geologiche, tavole, etc.).

La quota **PLATINO**, definibile anche come sostenitore, permette, inoltre di ricevere copia dei volumi speciali delle collane editoriali dedicati ai soci. Per il 2021 verrà distribuito la **Guida Geologica Regionale della Toscana**. Infine il logo dell'Ente o dell'azienda apparirà nella pagina web dei sostenitori della SGI.

ANNO 2022				
Quote associative per le Università				
Quote associative istituzionali per Enti e Aziende				
	BASE	ARGENTO	ORO	PLATINO
Prodotti editoriali	GM + ROL	GM + ROL + IJG online	GM + ROL + IJG online e cartaceo + Guida Geologica Regionale della Toscana	GM + ROL + IJG online e cartaceo + Guida Geologica Regionale della Toscana + regalo SGI
1 accesso on-line	€ 250,00	€ 350,00	€ 500,00	≥ € 750,00
	€ 500,00	€ 700,00	€ 1.000,00	≥ € 1.500,00
5 accessi on-line	€ 375,00	€ 475,00	€ 625,00	≥ € 875,00
	€ 750,00	€ 950,00	€ 1.250,00	≥ € 1.750,00
10 accessi on-line	€ 500,00	€ 575,00	€ 750,00	≥ € 1.000,00
	€ 1.000,00	€ 1.150,00	€ 1.500,00	≥ € 2.000,00

Associatura PER SOCIETÀ/ASSOCIAZIONI SCIENTIFICHE E/O NO-PROFIT DI TIPOLOGIA "LIGHT"

Per Associazioni e Società scientifiche e/o no-profit è possibile effettuare una associazione di tipologia istituzionale, in modalità "light", la quale permetterà alla Società/Associazione scientifica no profit di ottenere visibilità del proprio logo e attività attraverso il sito web della Società Geologica Italiana (SGI) in una pagina appositamente dedicata.

L'associazione istituzionale garantisce inoltre agli associati della Società/Associazione scientifica no-profit di ottenere:

- uno sconto del 10% per i loro associati su tutte le iniziative sia editoriali sia congressuali e di formazione organizzate dalla Società Geologica Italiana (e.g., scuole, *workshops*, convegni, congressi, pubblicazioni, etc.);
- diffusione di notizie e materiali propri attraverso i media di SGI (*newsletter, mailing lists, sito web, borse congressisti*);
- stand gratuito in uno dei congressi SGI;
- utilizzo della room virtuale [GoToMeeting](#) SGI.

Le Società/Associazioni Scientifiche no-profit, avranno la possibilità di partecipare con il proprio Presidente, o un suo delegato, alle assemblee della Società Geologica Italiana e, su invito del Presidente SGI, ai Consigli Direttivi nei quali si discutano argomenti di interesse delle Società/Associazioni Scientifiche no-profit associate.

ANNO 2022		
Quote associative istituzionali per Società/Associazioni scientifiche no-profit		
	benefits	costo
Light	Logo sito web + sconti 10% propri associati ai prodotti e attività SGI + distribuzione materiale attraverso i canali di comunicazione SGI + stand gratuito in uno dei congressi SGI + utilizzo della room virtuale GoToMeeting SGI	€ 750,00
Full	tutti i suoi associati del godimento degli stessi diritti e doveri dei Soci SGI	quota istituzionale dimensionata alla numerosità e tipologia dei Soci

Associatura PER SOCIETÀ/ASSOCIAZIONI SCIENTIFICHE E/O NO-PROFIT DI TIPOLOGIA "FULL"

Alternativamente una Società/Associazione Scientifica no-profit ha la possibilità di sottoscrivere l'associazione Società Geologica Italiana in modalità completa ("full"). In questo caso l'associazione alla SGI di una Società o Associazione Scientifica deve prevedere, affinché abbia valore legale, la possibilità per tutti i suoi associati del godimento degli stessi diritti e doveri dei Soci SGI.

Tale associazione comporta il pagamento da parte della Società/Associazione Scientifica no-profit associante di una quota istituzionale dimensionata alla numerosità e tipologia dei Soci dell'associante la quale verrà versata direttamente dall'associante alla SGI.

La richiesta di associazione "full" dovrà essere corredata dalla lista dei Soci, corredata dei loro dettagli anagrafici e professionali, e della liberatoria all'utilizzo dei loro dati personali. L'associazione "full" comporta l'accettazione da parte dell'associante dello statuto e del regolamento vigenti della SGI.

Una volta associata, la Società/Associazione Scientifica no-profit si configurerà come Sezione della SGI e potrà godere di tutti i diritti/doveri delle altre Sezioni SGI (art.4 Regolamento), e i suoi soci dei diritti/doveri dei Soci SGI.

NUNTIVM

de Lapidibus

Autore Massimo Coli

Dip. Scienze della Terra. Università di Firenze.

Heritage stones, Building stones and Stone buildings news

Geologia, Ingegneria e Pietre

Questa volta voglio parlarvi di un libro che coniuga al meglio le Pietre con il contesto geologico ed il loro uso ingegneristico, si tratta di “*Understanding Building Stones and Stone Buildings*” (Fig. 1) di J.A. Hudson e H.W. Cosgrove (CRC Press Taylor & Francis Group, London) del *Department of Earth Sciences and Engineering* dell’*Imperial College* a Londra. Partiamo dagli Autori.

John Hudson si laurea a Edimburgo in *Mining Engineering*, poi si trasferisce in Minnesota sotto la guida di Fairhurst dove ottiene anche il dottorato in *Rock Mechanics*. Dopo varie esperienze professionali, dal 1983 diventa professore di *Rock Mechanics* all’*Imperial College* a Londra, *Department of Earth Sciences and Engineering*, dove poi è nominato *Emeritus*. Hudson è stato anche Presidente della ISRM (*International Society for Rock Mechanics and Geoengineering*) ed ha

scritto o partecipato a molti libri ed articoli in *Rock Mechanics* e come Presidente della ISRM ha voluto la costituzione del gruppo su *Conservation of Ancient Sites*.

John Cosgrove è professore di *Structural Geology* al *Department of Earth Sciences and Engineering* dell’*Imperial College* a Londra, dove ha svolto tutta la sua carriera interessandosi di geologia strutturale e meccanica delle rocce, genesi della fratturazione e idrodinamica in un mezzo fratturato con varie ricerche legate all’industria petrolifera; è un attivo membro della ISRM.

Colpisce quindi che due personalità scientifiche di questo livello, che avevano da poco scritto assieme un testo fondamentale come “*Structural Geology and Rock Engineering*”, ed ognuna esperta in campi apparentemente lontani dal mondo delle Pietre arrivino invece a scrivere questo libro, che raccoglie un ottimo compendio relativo allo studio dei materiali

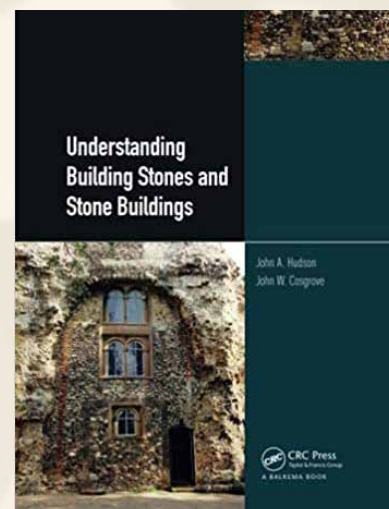


Fig. 1 - Copertina del libro di J.A. Hudson e J.W. Cosgrove.

lapidei da costruzione ed in opera.

Parlando a suo tempo con gli Autori ho scoperto che questo interesse reciproco, latente in entrambi, è nato durante le loro numerose e diversificate missioni scientifiche e di consulenza a giro per il mondo, quando davanti ad edifici, monumenti o situazioni estrattive la loro curiosità gli ha spinti a cercare un perché ed una connessione con i loro studi e competenze.

Ovviamente il libro è centrato come esempi e casi studio principalmente su realtà del Regno Unito, dove devo dire, e specialmente in Scozia, sono molto attivi nel settore dello studio e conservazione di edifici o resti archeologici in Pietra. Il libro si articola in capitoli consequenziali che portano il lettore quasi per mano ad apprendere i fondamenti e quindi a capire le situazioni di uso e di “in opera” dei materiali lapidei (Fig. 2).

Dopo l’Introduzione (Cap. 1) il libro

Chpt.	Title	Subjects included
1	Introduction	Explanation of the purpose of the book
2	The geological origin of building stones	Introduction to the geological background
3	Recognising the different types of building stone	Granites, volcanic stones, limestones, sandstones, flint, metamorphic stones, breccias and conglomerates, plus artificial stones
4	The life of a building stone	The complete life history from the quarry source through to decay and deterioration
5	Stone buildings	Pillars, lighthouses, walls, arches, bridges, buttresses, roof vaults, castles, cathedrals; discussion of stone lettering
6	The architecture of stone buildings	An explanation of the main historical architectural styles and their geometrical features, the contributions made by Vitruvius and Christopher Wren, plus notes on modern architecture
7	Two exemplary stone structures	Descriptions of two exemplary stone structures: 1. The Albert Memorial (building stones); 2. Durham Cathedral (stone building)
8	Deterioration of building stones and stone buildings	Mechanisms of deterioration; the inevitability of ruins, digital recording of building geometry and the possibility of building “rebirth”; case history of bowing of Carrara marble cladding
9	Concluding comments	Summary, with highlights of the book contents
References and bibliography: a list of the referenced books, plus other books of interest		
Index		

Fig. 2 - Indice dei contenuti del libro.



Fig. 3 - Con Hudson a Carrara ad illustrargli le tecniche di coltivazione del Marmo di Carrara nei tempi, riportate nel monumento al cavatore a Colonnata, dopo un ricco pasto a Lardo di Colonnata e Taglierini alla Carrarina molto apprezzato!

contiene (**Cap. 2**) una sintesi essenziale, ma esaustiva e semplice, delle conoscenze geologiche di base necessarie a comprendere il prosieguo del testo, potrei commentare che sarei contento che gli studenti di geologia del primo anno sapessero così bene quanto qui riportato. Segue una carrellata sui materiali lapidei presenti nel Regno Unito e sul loro uso in alcune città in Britain.

Nel **Cap. 3** vengono dati gli elementi base per il riconoscimento pratico sul terreno, ovvero sugli edifici, delle diverse tipologie di materiali lapidei: Graniti, Vulcaniti, Calcari, Arenarie, Selci, Metamorfiti, Breccie e Conglomerati, per finire con i materiali artificiali quali Terracotta, Maiolica, Laterizi, Cemento, Gres, Gabbioni. Nuovamente il testo, con molte e diversificate immagini è estremamente semplice ma chiaramente esplicativo ed espone con competenza e chiarezza caratteristiche ed uso dei vari materiali analizzati.

Il **Cap. 4** analizza la “vita d’opera” del materiale lapideo, dalla sua estrazione in cava, alla preparazione per la messa in opera, fino al suo deterioramento e ritorno a sedimento: *back to the Earth*. Uno spazio particolare è dedicato alle cave del Marmo di Carrara, la cui visita molto interessò ed impressionò entrambi gli Autori (**Fig. 3**).

Nel **Cap. 5** gli Autori cominciano ad analizzare gli aspetti ingegneristici e costruttivi dell’uso dei materiali lapidei in opera, con interessanti esempi di alcuni dei famosi fari che circondano le Isole Britanniche e che hanno garantito la sicurezza delle navigazioni, per poi passare alle strutture ad arco con la loro tipica distribuzione degli *stress*, e quindi a Castelli e Cattedrali, per finire con una interessante e curiosa analisi della scrittura su lapidi.

Il **Cap. 6** è dedicato all’architettura degli *stone buildings* e presenta una veloce ma esaustiva carrellata degli aspetti architettonici dalla preistoria, ai Sassoni, Normanni, Inglesi, allo stile Gotico, al moderno e post moderno. Una lettura alquanto interessante ed avvincente, direi quasi basilare per una vacanza girovaga nel Regno Unito. Il capitolo si chiude con un tributo a Vitruvio Pollone ed a Sir Christopher Wren per i loro contributi all’architettura.

Il **Cap. 7** analizza due casi studio, costituiti dall’Albert Memoriale e dalla Durham Cathedral; per entrambi viene presentata una accurata ed attenta analisi dell’edificio, della sua struttura, dei materiali lapidei in opera e dei loro processi di degrado. Nell’insieme direi un ottimo vademecum che sarebbe auspicabile replicare per tanti

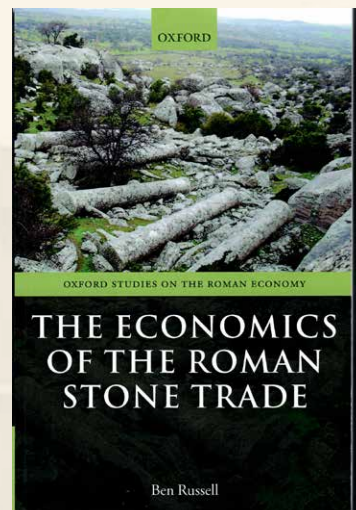


Fig. 3 - Copertina del libro di B. Russel.

nostri edifici storico-monumentali.

Il **Cap. 8** affronta il problema del degrado di *building stones* e *stone buildings* con semplicità e chiarezza, dando le basi per affrontare i complessi problemi di conservazione legati a questo argomento. Una nota finale è dedicata ad un caso studio del *bowing* del Marmo di Carrara, anche qui con un approccio misto geologico-ingegneristico da manuale.

In conclusione ritengo che *Understanding Building Stones and Stones Buildings* sia un libro fondamentale, sia come libro di testo per corsi universitari specifici sui materiali lapidei ed il loro uso storico e culturale, ma anche per gli addetti ai lavori ed i ricercatori rappresenti uno di quei libri da tenere “a mano” per ogni uso e per riferimento.

Per chi fosse interessato all’argomento segnalo anche un altro libro (**Fig. 4**) molto interessante riguardo al commercio delle Pietre in età antica e che ha molti contatti con le discipline geologiche: Ben Russel, *The economics of the Roman stone trade*, Oxford.

Grazie per l’attenzione ed alla prossima.

Credits: tutte le foto sono di Massimo Coli

INCONTRA gli Autori

1. MARTINA ZUCCHI

Laureata in *Geoenvironmental Resources and Risks* presso l'Università degli Studi di Camerino, ha conseguito il Dottorato di Ricerca presso il Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali dell'Università degli Studi di Bari nell'ambito di un Progetto di Ricerca finanziato dalla Comunità Europea (*IMAGE – Integrated Method for Advanced Geothermal Exploration*). Dal 2020 è ricercatrice t.d. in Geologia Strutturale presso la stessa sede. L'attività di ricerca è focalizzata sullo studio delle relazioni tra deformazione fragile e circolazione di fluidi geotermici, e della loro caratterizzazione chimico-fisica, in sistemi geotermici fossili ed esumati sviluppati principalmente su crosta continentale in contesti di tettonica distensiva.

2. MARCO PERESANI

Marco Peresani incentra la propria attività di ricerca sullo studio del popolamento antropico dell'Italia nel Paleolitico medio e superiore in un'ottica multidisciplinare attivando collaborazioni con università e centri di ricerca. Le problematiche riguardano le culture e gli adattamenti dell'Uomo di Neanderthal, la sua estinzione, la comparsa dei primi Sapiens e la colonizzazione antropica delle Alpi nel Tardoglaciale. Coordina ricerche in importanti siti preistorici, in sinergia con istituzioni, musei, parchi archeologici e associazioni locali. È membro del Comitato Editoriale di Riviste scientifiche e membro del Consiglio di Presidenza dell'Associazione Italiana Quaternario. Ha pubblicato libri e manuali, editato atti di convegni e scritto oltre trecento articoli scientifici.

3. SAVERIO BARTOLINI LUCENTI

Saverio Bartolini Lucenti è paleontologo dei vertebrati che ha svolto il suo dottorato di ricerca presso l'Università di Pisa, con una tesi sull'evoluzione di canidi e mustelidi plio-pleistocenici del Vecchio Mondo. I suoi interessi riguardano la tassonomia, sistematica, evoluzione e biogeografia di carnivori neogenici e quaternari. Ha svolto un assegno di ricerca presso il Dipartimento di Scienze della Terra Università degli Studi di Firenze con un progetto di Paleontologia Virtuale applicato alla digitalizzazione e valorizzazione del patrimonio geopaleontologico del Museo di Geologia e Paleontologia di Firenze. È membro del Paleo[Fab]Lab del Dipartimento di Firenze e ricercatore associato presso l'Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont, Università Autonoma di Barcellona.



4. SALVATORE MARTINO

Salvatore Martino si laurea in Geologia Applicata alla "Sapienza" di Roma nel 1998 ed è Dottore di Ricerca in Geologia Applicata dal 2002. Presso Roma "Sapienza" è professore associato dal 2015 per il Dipartimento di Scienze della Terra e il Centro e il Centro di Ricerca sui Rischi Geologici (CERI). Le sue principali attività di ricerca riguardano la modellazione di processi di frana, la costruzione di scenari di effetti sismoidotti, la risposta sismica locale. Ha coordinato, per conto del Centro di Microzonazione Sismica e le sue Applicazioni, gli studi di Microzonazione Sismica di livello 3 da OPCM24/2017 per 13 comuni del Lazio terremotati nel 2016-2017. È direttore del Laboratorio di Geologia Applicata ed è responsabile scientifico del campo sperimentale AcutoFieldLab e del catalogo CEDIT sugli effetti sismoidotti in Italia. È autore di oltre 130 pubblicazioni scientifiche e di diversi capitoli su volumi monografici e gestisce la pagina FB Geoslopestability_Sapienza.

5. CLAUDIO MARGOTTINI

Geologo e scienziato, con un'esperienza trentennale nella conservazione del patrimonio mondiale dell'umanità con l'Unesco, ha focalizzato la propria attività nelle aree più critiche del pianeta. Sempre al servizio delle istituzioni, prima in ENEA, poi in ISPRA – Servizio Geologico d'Italia ed infine come Addetto Scientifico presso l'Ambasciata d'Italia in Egitto. Tra i numerosi incarichi è stato membro dell'*Advisory Board* della DG Ricerca presso la Commissione Europea e Vice Presidente del Consorzio Mondiale sulle Frane (Kyoto, Giappone). *Adjunct Professor* e co-fondatore della Cattedra UNESCO sui rischi geo-idrologici presso l'Università di Firenze. Ha insegnato all'Università di Modena e Reggio Emilia, a Wuhan (Cina) ed è attualmente docente presso l'Università di Galala (Egitto). Nel 2020 è stato ritenuto, durante il 5° *World Landslide Forum* in Giappone, il geologo che più di altri al mondo ha promosso la mitigazione del dissesto idrogeologico nei Paesi più poveri della terra. È autore di oltre 330 articoli e libri.

6. GIOVANNI MARIA DI BUDUO

Laureato con lode in Scienze Geologiche indirizzo Geologico Applicativo presso l'Università degli Studi di Roma "La Sapienza", esercita la libera professione. Autore di articoli scientifici e divulgativi, è membro dello staff di gestione del Museo Geologico e delle Frane di Civita di Bagnoregio (VT) dalla sua apertura nel 2012, curandone in particolare l'aggiornamento dei contenuti espositivi, oltre a mostre temporanee, convegni, conferenze, seminari ed altre attività didattiche e divulgative inerenti il territorio della Teverina (alto Lazio al confine con l'Umbria).



Autori Claudio Margottini¹ e Giovanni Maria Di Buduo²

¹ - Cattedra UNESCO per la Prevenzione e Gestione Sostenibile dei Rischi Geo-Idrologici, Università di Firenze.

² - geologo, Museo Geologico e delle Frane, Civita di Bagnoregio (VT).

IL MUSEO GEOLOGICO E DELLE FRANE

di Civita di Bagnoregio (VT)



Museo Geologico e delle Frane



www.museogeologicodellefrane.it



[MuseoGeologicoEDelleFrane](https://www.facebook.com/MuseoGeologicoEDelleFrane)

Fig. 1 - Veduta di Civita di Bagnoregio (www.ilpaesaggioculturaledicivita dibagnoregio.it).

L'aspetto così unico e intensamente suggestivo di Civita di Bagnoregio e della circostante "valle dei calanchi" (Fig. 1) è strettamente connesso all'assetto geologico-stratigrafico e geomorfologico dell'area (Gisotti & Margottini, 2017); esso deriva dall'evoluzione recente dell'area che ha determinato la sovrapposizione di tufi di diversa natura su depositi argilloso-limosi di origine marina e il forte approfondimento delle valli avvenuto sia per il sollevamento che ha interessato questo settore del Distretto Vulcanico Vulsino (Marra et al., 2019) sia per le ultime fasi climatiche fredde (MIS 2 e MIS 4).

L'azione di acqua e gravità su versanti molto estesi e dalle pendenze così elevate si esplica quindi su due depositi di natura completamente differente (copertura rigida tufacea e substrato plastico limo-argilloso), portando ad una rapida evoluzione dei versanti legata a fenomeni complessi interagenti fra loro (Fig. 2). La rupe tufacea è sottoposta a processi di scarico tensionale e di detensionamento dovuti rispettivamente all'erosione e alla deformazione delle argille sottostanti. L'instabilità di versante si manifesta attraverso movimenti franosi di diversa tipologia caratterizzati da differenti tassi di movimento, materiali coinvolti e una variabile tendenza evolutiva nel tempo (in prevalenza crolli in roccia, colate di fango e di detrito e soliflusso, secondariamente scorrimenti traslativi e rotazionali).

La grande quantità di informazioni storiche ed evolutive relativa agli ultimi 1.000 anni, e gli studi realizzati nelle ultime 3 decadi inerenti la rapida evoluzione geomorfologica

della rupe di Civita di Bagnoregio (Margottini, 2017), ha spinto negli ultimi anni l'Amministrazione comunale di Bagnoregio a valorizzare il borgo come fiore all'occhiello nelle politiche nazionali per la mitigazione del dissesto idrogeologico, attraverso diverse iniziative tra cui, ultima in ordine di tempo, la candidatura a Patrimonio dell'Umanità UNESCO, in quanto paesaggio culturale risultante dall'azione combinata della natura e della risposta dell'uomo (www.ilpaesaggioculturaledicivita dibagnoregio.it).

In particolare, per favorire la diffusione della conoscenza e della sensibilizzazione sul tema delle frane, fenomeno da sempre condizionante l'evoluzione e la vita di Civita di Bagnoregio, è stato progettato e realizzato a Civita, in un edificio rinascimentale (seconda metà del XVI sec.) nella centrale Piazza San Donato, un Museo incentrato sui fenomeni di instabilità dei versanti e le relative metodologie e strumenti di monitoraggio ed opere di mitigazione, applicate all'evoluzione del territorio ed alla storia del borgo (Margottini & Di Buduo, 2017) (Figg. 3 e 4). Il Museo Geologico e delle Frane rappresenta quindi un ideale punto informativo dove comprendere i fenomeni evolutivi che interessano la rupe di Civita e gli interventi messi in opera dall'uomo per contrastare tali processi, i quali potranno poi essere direttamente visualizzati nei vari percorsi pedonali.

L'ideazione, progettazione e realizzazione del Museo è stata curata dal dott. Claudio Margottini, mentre la gestione e la costante implementazione dei contenuti sono state portate avanti fin dall'apertura della struttura nel 2012



Fig. 2 - La complessità dei fenomeni geomorfologici agenti sulla rupe di Civita di Bagnoregio.



Fig. 3 - La Sala Fossili del Museo.



Fig. 4 - Il modello in scala del borgo di Civita esposto al Museo, con l'identificazione luminosa delle aree geomorfologicamente più significative.

dall'Associazione "Geo Teverina", sotto la guida del suo presidente Tommaso Ponziani; dal 2020 il Museo è sotto la gestione di "Casa Civita srl", società partecipata del Comune di recente costituzione (www.casacivitabagnoregio.it).

Il Museo evidenzia tra l'altro gli sforzi compiuti per contrastare i fenomeni franosi, particolarmente intensi e diffusi, da istituzioni ed enti nazionali e regionali, come il Ministero dell'Ambiente, il Genio Civile della Regione Lazio, l'ENEA (Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile), l'ISPRA (Dip. Servizio Geologico d'Italia), il CNR (Consiglio Nazionale delle Ricerche), e molti altri ancora.

Il Museo è intitolato a Gianfranco Imperatori, un economista visionario oggi scomparso, che alla fine degli anni '80, quando il borgo era in abbandono, costituì l'Associazione Civita per favorire uno sviluppo sostenibile del sito, con un coinvolgimento pubblico-privato di aziende, enti pubblici di ricerca e università, impegnati a promuovere la cultura attraverso studi, progetti ed eventi (www.civita.it).

Il Museo organizza conferenze, escursioni, mostre temporanee e attività didattiche per scuole ed università: poiché la prevenzione dei rischi inizia dalla conoscenza, fornire alle nuove generazioni le adeguate nozioni sulle caratteristiche e sulle dinamiche del proprio territorio equivale a formare gli adulti di domani, che sapranno rapportarsi con esso in maniera consapevole e appropriata.

BIBLIOGRAFIA

Gisotti G. & Margottini C. (a cura di) (2017). *Idee per salvare Civita di Bagnoregio*. Geologia dell'Ambiente, SIGEA Società Italiana di Geologia Ambientale, 1/2017, Supplemento, 53 pp.

Margottini C. (2017). *Trent'anni di studi geologici, geomorfologici ed applicativi a Civita di Bagnoregio*. In Gisotti G. & Margottini C. (a cura di), *Idee per salvare Civita di Bagnoregio*. Geologia dell'Ambiente, SIGEA Società Italiana di Geologia Ambientale, 1/2017, Supplemento, 15-28.

Margottini C. & Di Buduo G.M. (2017). *The Geological and Landslides Museum of Civita di Bagnoregio (Central Italy)*. Landslides (Journal of the International Consortium on Landslides), 14, 435-445.

Marra F., Costantini L., Di Buduo G.M., Florindo F., Jicha B.R., Monaco L., Palladino D.M. & Sottili G. (2019). *Combined glacio-eustatic forcing and volcano-tectonic uplift: Geomorphological and geochronological constraints on the Tiber River terraces in the eastern Vulsini Volcanic District*. Global and Planetary Change, 182.



CTD Logger multiparametrico (conducibilità, temperatura, pressione)

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



Competenza nella idrologia

Unità di trasmissione dati a distanza GSM

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

Logger di pressione e temperatura

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

