

GEOLOGICAMENTE

MAGAZINE DI ATTUALITÀ E CULTURA DELLE GEOSCIENZE

Periodico della Società Geologica Italiana

n. 3 | novembre 2020

GREEN, BLUE, OR BROWN?

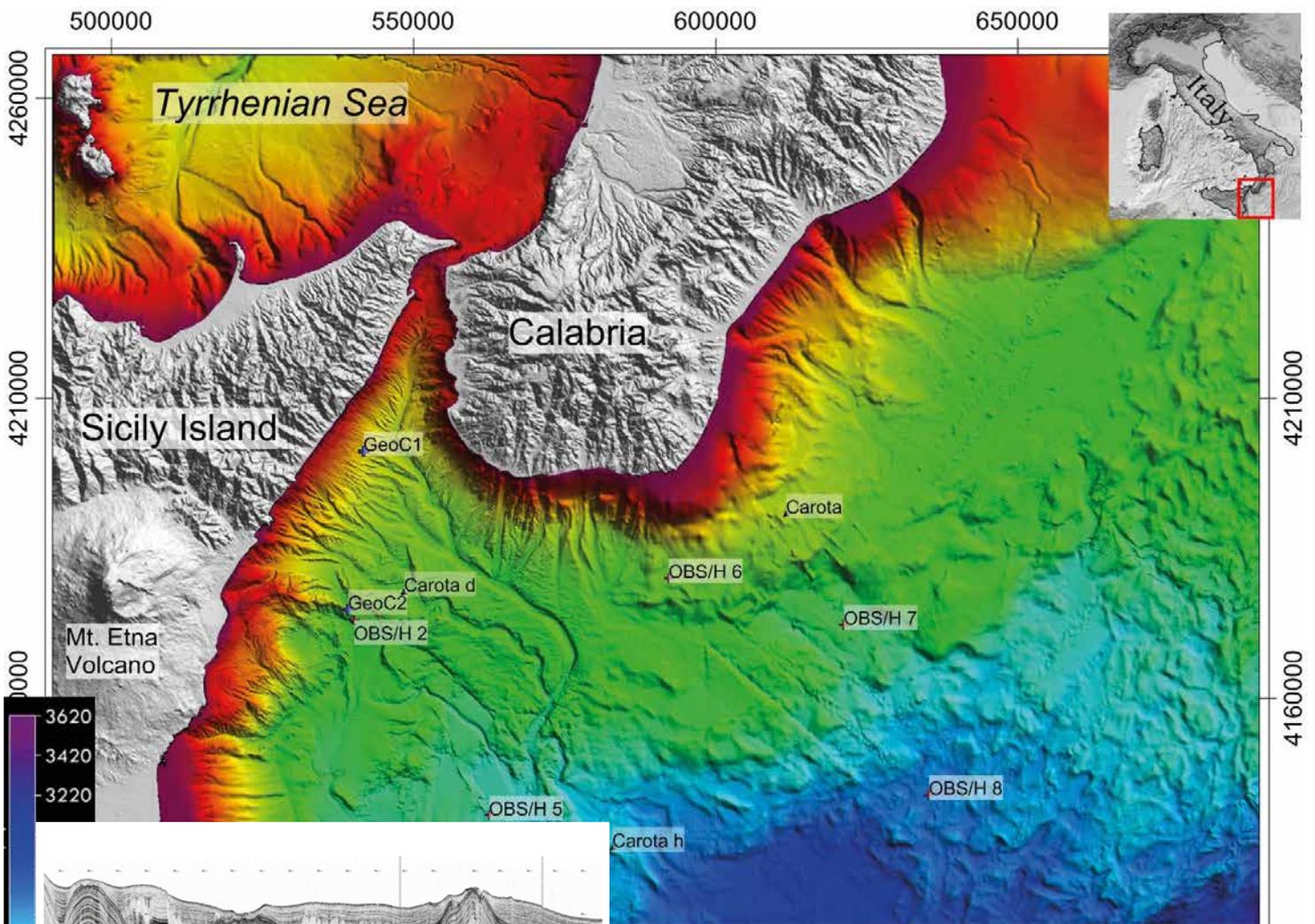
Storia olocenica
del deserto del Sahara

**UNA CARTA
GEOLOGICA**
dell'Appennino
Settentrionale,
con banca dati GIS

LA MICROZONAZIONE
per la mitigazione
del rischio sismico
in Italia

DIARIO
di un Geologo
Fame-Labber

Sottocontrollo.



SEISMOFAULTS 2017 PROJECT

Alta tecnologia.
Anche a noleggio

Strumenti per:

Rilievi dei fondali, delle coste, dei porti, dragaggio

Multibeam, SideScan Sonar e SubBottom Profiler, ADCP, modem acustici, release ...

Vulcanologia e monitoraggio sismico

Stazioni e reti sismiche, OBS, inclinometri ...

Studio del sottosuolo

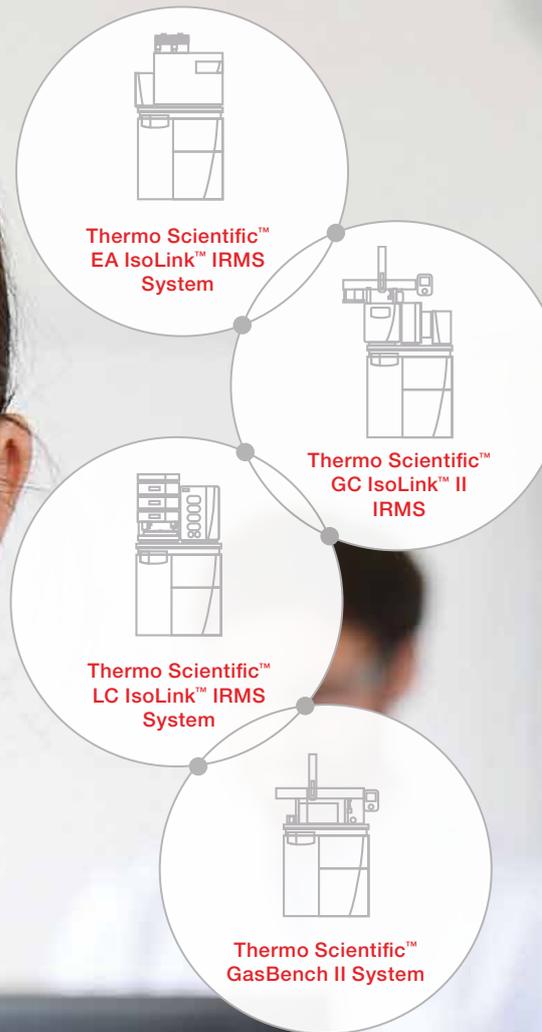
Georadar 3D, sismografi, geoelettrica, magnetometri ...



CODEVINTEC

Tecnologie per le Scienze della Terra e del Mare

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



Affidabilità e versatilità nella misura degli isotopi

Analisi esigenti, come le indagini sulle sofisticazioni alimentari, sulle fonti di inquinamento, sull'origine dei materiali forensi sono effettuate con sicurezza e affidabilità combinando la serie di spettrometri di massa per isotopi DELTA V™ (IRMS) di Thermo Scientific™ con periferiche versatili, quali analizzatori elementari, gas cromatografi, cromatografi liquidi e sistemi per la preparazione dei gas. DELTA V IRMS unisce performance riconosciute con una robustezza senza uguali ed estrema facilità d'uso, giorno dopo giorno.

Prova la flessibilità che risponde alle tue sfide analitiche e aggiungi le informazioni isotopiche ai dati dei tuoi campioni.

Scopri di più su thermofisher.com/DELTA V

Oppure contattaci a isotopeanalysis-italy@thermofisher.com

C

- P. 8** **UNA CARTA GEOLOGICA**
*dell'Appennino Settentrionale,
con banca dati GIS*
- P. 18** **LA MICROZONAZIONE**
*per la mitigazione
del rischio sismico in Italia*
- P. 28** **DIARIO**
*di un Geologo
Fame-Labber*
- P. 38** **GREEN, BLUE,
OR BROWN?**
*Storia olocenica
del deserto del Sahara*

S

- P. 48** *Associazione Italiana*
**PER LO STUDIO DEL
QUATERNARIO**
- P. 51** *Associazione Nazionale*
**INSEGNANTI
SCIENZE NATURALI**
- P. 53** *Società*
**GEOCHIMICA
Italiana**
- P. 54** *Società*
**PALEONTOLOGICA
Italiana**
- P. 55** *Associazione*
**PALEONTOLOGICA
PALEOARTISTICA
Italiana**
- P. 56** *Sezione*
**Storia delle
GEOSCIENZE**
- P. 58** *Sezione*
**GEOLOGIA
Himalayana**
- P. 59** *Sezione*
**GEOLOGIA
Planetaria**
- P. 62** *Sezione
Giovani*
GEOLOGI
- P. 63** *Sezione*
**GEOLOGIA
Ambientale**
- P. 65** *Sezione*
**GEOSCIENZE
e Tecnologie
Informatiche**
- P. 67** *Sezione*
GEOsed
- P. 68** *Sezione*
**GEOLOGIA
Marina**
- P. 70** *Sezione*
**GEOTICA
e Cultura
Geologica**
- P. 71** *Sezione*
**GEOLOGIA
Strutturale**

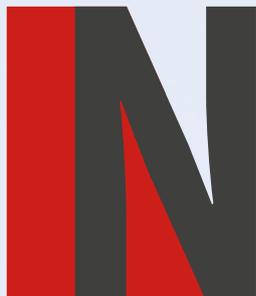
Rivista quadrimestrale SGI - Società Geologica Italiana | Numero 3 | novembre 2020 | SOCIETÀ GEOLOGICA ITALIANA Piazzale Aldo Moro 5, 00185 Roma | www.socgeol.it | Tel: +39 06 83939366
Autorizzazione del Tribunale di Roma n. 34/2020 del Registro stampa del 24 marzo 2020

DIRETTORE EDITORIALE Enrico Capezuoli

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

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

DIRETTORE RESPONSABILE Alessandro Zuccari



P. 72 ISCRIZIONI
e Rinnovo

P. 74 LA NATURA
NON SI FERMA:
*la sorveglianza
sismica e vulcanica
dell'INGV durante
l'emergenza COVID19*

P. 76 I VINCITORI
dei Premi SGI 2020

P. 77 LA TUA AVVENTURA
da Geologo

P. 78 IL PEPOSO
dell'Impruneta

P. 80 LA PROTEZIONE CIVILE
IN ITALIA
*Testo istituzionale
di riferimento
per i docenti
scolastici*



P. 7 EDITORIALE

P. 81 INCONTRA GLI AUTORI

P. 82 LA NATURA GEOLOGICA DEL MUSEO
Museo delle Scienze di Trento

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: Uno wadi tagliato nelle arenarie del Tadrart Acacus. Foto A. Zerboni. | Immagini interne: freepik.com

Chiuso in Redazione il 6 novembre 2020.

MIRABILIO LAVORI

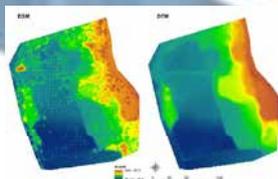
Servizi per l'ingegneria e geologia

Tel: 085/9159224

info@mirabiliolavori.it

www.mirabiliolavori.it

Via del circuito, 60 Pescara



Side Scan Sonar

Indagini dei fondali marini per conoscere ed analizzare la loro costituzione o per installazioni di infrastrutture petrolifere e condotte.



Rilievi Topografici

- Siti Industriali;
- Cavità;
- Infrastrutture;
- Creazione di modelli DTM e DSM;
- Aereofotogrammetria;
- Realizzazione di sistemi G.I.S.;
- Rilievi architettonici.



Carotaggi

- Perforazione per collegamenti impianti;
- Perforazione per installazione apparecchiature e macchinari;
- Consolidamento strutturale;
- Analisi strutturale per nuove installazioni, es. cappotto termico.
- Prove penetrometriche;
- Sondaggi per stratigrafie e campionamenti;
- Microcarotaggi su strutture in c.a. e muratura.



Georadar

- Mappatura dei sottoservizi e strutture di fondazione;
- Individuazione di serbatoio, cisterne ed elementi metallici;
- Individuazione di sottoservizi e cavità nel sottosuolo;
- Individuazione di reperti archeologici;
- Mappatura di armature interne dei solai, pilastri e strutture;
- Analisi e verifiche di sottofondi stradali.



EDITORIALE



Sandro CONTICELLI

Presidente SGI - Società Geologica Italiana

Con l'uscita di questo numero, ultimo del primo anno di vita, possiamo comprendere di quanto velocemente **GeologicaMente** si stia affermando nel firmamento dei periodici di divulgazione scientifica nazionali. Nelle intenzioni della Società Geologica Italiana, facendo proprio l'invito della *European Union of Geosciences*, **GeologicaMente** doveva raccogliere le tante voci della comunità delle Geoscienze per disseminarle nella società civile raggiungendo sia coloro che avessero interesse nelle Scienze della Terra e nella conservazione della natura e dell'ambiente sia il mondo della politica, rappresentando però anche un tessuto connettivo palpabile tra le varie anime culturali del variegato mondo della geologia e geofisica italiane. Questo numero, che esce in modalità sia cartacea sia elettronica, è l'ulteriore riprova di come il suo comitato di redazione sia riuscito nell'impresa di declinare le **Geoscienze**

in maniera semplice e comprensibile trasferendo in maniera efficace **conoscenza scientifica** anche ai non addetti ai lavori. I quattro contributi di apertura parlando di carta geologica, Appennino, micro-zonazione sismica, divulgazione della geologia, e nascita ed evoluzione di un deserto, attraversano quella terra di confine tra sapere, conoscenza e il mondo, così da condurre per mano il lettore attraverso un cammino di scienza e tradizione geologica, nuove applicazioni delle geoscienze, svelando l'arte di riuscire a comunicare e disseminare la scienza.

La "connettivina" viene prodotta continuamente attraverso le pagine prodotte dalle sezioni disciplinari della Società Geologica Italiana e dalle associazioni scientifiche ad essa affiliate. In queste pagine vengono raccontate le storie del cuore profondo della comunità delle geoscienze, senza in chiusura dimenticare gusto e contaminazione. Il numero si chiude, infatti, con un gustoso contributo sul "peposo dell'impruneta", una divertente contaminazione geologico-gastronomica.

Che dire se non **grazie** a tutti coloro che continuano a inviare contributi per la rivista e **bravi** a tutti i componenti del comitato di redazione che, di volta in volta, uniscono sapientemente i contributi ricevuti come fossero ingredienti di prima qualità per una pietanza di grande "appeal" che è oramai rappresentata da **GeologicaMente**.

"Mala tempora currunt", dicevano i latini! Ma nonostante tutto, le Geoscienze in Italia vanno avanti, nelle loro forme più diverse. E anche noi andiamo avanti, iniziando ad uscire in formato cartaceo. Questo rappresenta il raggiungimento di uno dei primi obiettivi che la rivista si era posta, ma che per molteplici motivi non era stato possibile ottenere.

Da questo numero, **Geologicamente** arriverà stampato gratuitamente a tutti i Soci della Società Geologica Italiana, mentre verrà distribuito in formato elettronico a tutti i soci delle società scientifiche e associazioni collaboranti a SGI. A proposito, rivolgo il mio saluto alla Società Geochimica Italiana (SOGEI) e ai suoi iscritti. La famiglia si allarga ancora! Naturalmente il formato pdf sarà come sempre disponibile dal sito di SGI anche per coloro che non fanno parte di questa famiglia.

Anche in questo numero non mancano i contributi del mondo delle Geoscienze a 360 gradi!

Si va dall'esposizione della nuova carta geologica dell'Appennino settentrionale (contributo da P. Conti), all'esperienza di spiegare la geologia nel FameLab, il talent-show della scienza (contributo di F. Carboni), fino all'illustrazione della Microzonazione sismica, uno strumento fondamentale per la nostra inquieta penisola (contributo di M. Moscatelli). Inoltre, vi porteremo nel Sahara e vi mostreremo che non è stato sempre un deserto, soprattutto in tempi recenti (contributo di A. Zerboni).



Enrico CAPEZZUOLI

Direttore Editoriale *Geologicamente*

Nelle news, mi piace segnalare la curiosa storia che unisce la geologia ad uno dei piatti tipici della cucina fiorentina: il Peposo (A. Argentieri). Ma anche qui non mancano gli aggiornamenti della vita geologica di scienziati e ricercatori ai tempi del COVID (contributi di O. Cocina, P. Del Carlo). Ci sono anche le ultime news di SGI, con gli annuali premi, i nuovi testi istituzionali e l'iniziativa IOGEOLOGO. Per finire, 2 pagine per uno dei più importanti musei delle scienze d'Italia: il MUSE di Trento (Massimo Bernardi). Con questo numero ci congediamo da un travagliato 2020. Ci troviamo nel prossimo numero di Marzo! **Mente et malleo!!**

INTRODUZIONE

L'Appennino rappresenta una delle catene orogeniche più interessanti e complesse dal punto di vista geologico, che fin da tempi remoti ha attratto l'attenzione di geologi e naturalisti. Questo ha fatto sì che le prime intuizioni scientifiche abbiano avuto come scenario proprio l'Appennino Settentrionale, come quelle di Leonardo da Vinci, o in seguito quelle di Niccolò Stenone che con il trattato "De Solido" (Stenone, 1669) ha gettato le basi per i principi della stratigrafia, o in tempi ancora più recenti, tra il XIX ed il XX secolo, gli studi di alcuni dei padri della geologia moderna, come Bernardino Lotti, Roberto Signorini, Giovanni Capellini, Domenico Zaccagna, Igino Cocchi, Guido Bonarelli e molti altri, fino ad arrivare ai primi modelli che hanno riassunto la struttura dell'intera catena settentrionale. Tra questi è opportuno ricordare il mirabile lavoro di Merla (1951), o il modello dei cunei composti di Migliorini (1948), così come i primi concetti sulle torbiditi di Kuenen & Migliorini (1950) o i primi schemi di analisi di facies, come quello di Mutti & Ricci Lucchi (1972), i modelli bacinali di Sestini (1970) o i modelli di formazione di crosta oceanica di Decandia & Elter (1972). Di estrema rilevanza sono i modelli che hanno anticipato la teoria della tettonica delle placche e hanno illustrato l'esistenza di falde di ricoprimento nell'Appennino Settentrionale, a cominciare dai lavori di De Launay (1907) e Steinmann (1907), fino ad arrivare ai numerosi lavori di carattere regionale di Giovanni Merla, Livio Trevisan, Raimondo Selli, Piero Elter, Giorgio Zanzucchi, Ernesto Abbate, Valerio Bortolotti, Antonio Lazzarotto, Rodolfo Gelmini, Alberto Castellarin, Tonino Decandia, Gaetano Giglia, Ernesto Centamore, Giampaolo Piali, e di molti altri geologi strutturali e regionali. Sempre in Appennino Settentrionale sono emerse da parte del gruppo di lavoro di Alvarez et al. (1980) le principali evidenze del limite K/T come riconducibile alla crisi globale connessa con un impatto di asteroidi, quale probabile causa dell'estinzione dei grandi rettili.

La carta geologica dell'Appennino Settentrionale a scala 1:250.000 che viene qui presentata, illustra una porzione importante di tale catena e vuole rappresentare una sorta di versione moderna ed aggiornata rispetto alle carte geologiche a scala regionale elaborate in passato, come quelle di Boccaletti & Coli (1982) e di Bigi et al. (1990), le quali hanno costituito uno strumento di studio e di sintesi fondamentale per chiunque abbia affrontato lo studio della geologia di questa spettacolare catena montuosa. Infine, va ricordato il contributo del Progetto CARG del Servizio Geologico d'Italia-ISPRA alla conoscenza geologica dell'Appennino Settentrionale, che costituisce oggi un'imprescindibile fonte di informazioni, nell'ambito del quale devono essere ricordati due ricercatori che hanno contribuito fortemente alla riuscita di questo Progetto: Graziano Plesi e Giampaolo Piali.

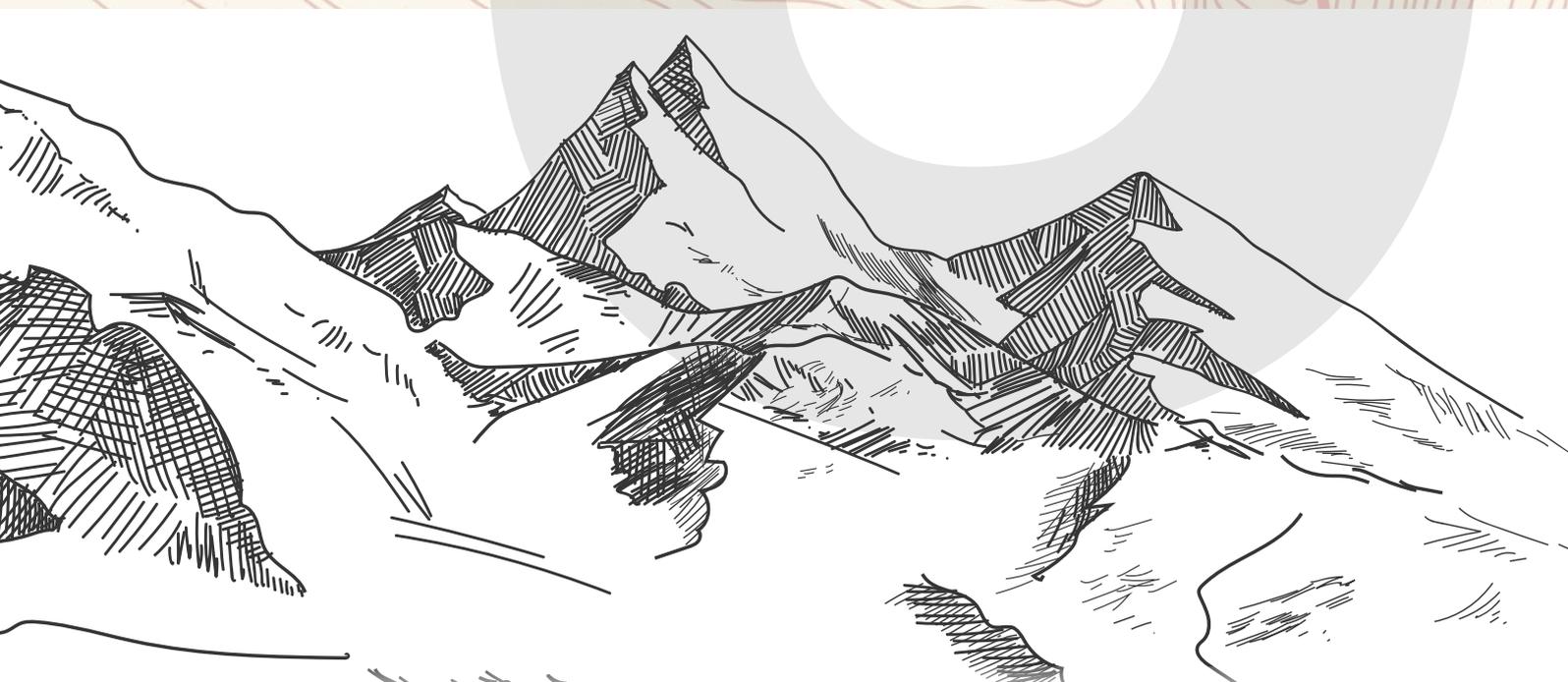


UNA CARTA GEOLOGICA

*dell'Appennino
Settentrionale,
con banca dati GIS*

a cura di **Paolo Conti, Gianluca Cornamusini & Luigi Carmignani**

*con contributi di: Marco Pizzolo, Giovanna Daniele, Guido Lavorini, Andrea Motti,
Norman Natali, Claudia Bettucci, Altair Pirro, Natalie Marsico, Giulia Verdiani,
Debora Graziosi, Luisa Vernacchia, Bernadette Meola, Anna Marconi.*





Autore Paolo Conti

Centro di GeoTecnologie e Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente.
Università di Siena.

Gianluca Cornamusini e Luigi Carmignani

Centro di GeoTecnologie e Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente.
Università di Siena.

LA CARTA

La Carta Geologica dell'Appennino Settentrionale a scala 1:250.000 è un'iniziativa congiunta del Centro di GeoTecnologie dell'Università di Siena e dei Servizi Geologici delle regioni Emilia Romagna, Marche, Toscana ed Umbria. La Carta copre i territori delle suddette regioni e le aree immediatamente limitrofe.

Negli ultimi anni le regioni Emilia Romagna, Marche, Toscana ed Umbria, per poter efficacemente intervenire per una corretta pianificazione territoriale, sempre di più hanno operato sul fronte della costruzione di vari tipi di banche dati, quali banche dati topografiche, geologiche, geomorfologiche, ambientali, ecc.. Le più recenti direttive europee sollecitano inoltre questi enti a perseguire interoperabilità, rilascio di *Open-Data* e, valorizzazione e miglioramento dei patrimoni conoscitivi. Le Regioni inoltre avvertono sempre di più l'esigenza di un confronto e di un raccordo interregionale, anche per supportare i propri Comuni con basi informative sempre più adeguate alle sfide che il consumo di suolo, il dissesto idrogeologico, il cambiamento climatico e altre sollecitazioni ambientali propongono alla gestione del territorio. Anche in ambito universitario la condivisione di banche dati geologiche è una necessità sempre più sentita, al fine di poter elaborare nuove cartografie geotematiche derivate e realizzare studi a varie scale e di diverso tipo (studi stratigrafici, strutturali, tettonica, geofisica, ecc.).

A questo fine le suddette regioni negli ultimi anni si sono impegnate in un'attività di condivisione, confronto ed omogeneizzazione dei propri dati geologici, a partire dalle rispettive cartografie geologiche in scala 1:10.000 e relative banche dati. Questo lavoro di omogeneizzazione si è sviluppato assieme al Centro di GeoTecnologie dell'Università di Siena a partire da aree prototipali geologicamente significative, quali il Bacino del Marecchia-Conca, l'area lungo il confine regionale Toscana-Umbria, l'area di confine lungo il crinale dell'Appennino Pistoiese-Modenese, e tra le provincie di Massa-Carrara e Parma.

Per poter proseguire ed estendere il lavoro di omogeneizzazione a scala 1:10.000 è subito apparso chiaro come fosse a questo punto necessaria un'unica legenda geologica condivisa, che accorpasse in modo organico le numerose unità litostratigrafiche presenti nelle banche dati regionali (formazioni, membri, litofacies, gruppi, complessi vulcanici, ignei o metamorfici, ecc.) in domini paleogeografici, successioni e unità tettoniche. Questo lavoro di omogeneizzazione alla scala delle quattro Regioni ha rappresentato la premessa per la realizzazione della Carta Geologica dell'Appennino Settentrionale a scala 1:250.000 (**Fig. 1**), che interessa i territori della regione Emilia-Romagna, Toscana, Marche e Umbria con relativa legenda, resa disponibile in vari formati e anche come banca dati GIS.

ALLESTIMENTO DELLA CARTA

A differenza delle carte geologiche a scala dell'intera catena realizzate in passato, questa Carta Geologica ha seguito una procedura moderna di allestimento, utilizzando banche dati GIS. La Carta Geologica infatti è stata realizzata a partire dalle cartografie geologiche regionali a scala 1:10.000, le cui banche dati vettoriali sono liberamente disponibili e scaricabili dai rispettivi siti web. Queste cartografie regionali essendo state necessariamente realizzate in tempi molto diversi e da personale differente, hanno presentato inevitabili incongruità al loro interno e soprattutto numerosi problemi di "attacco" lungo i limiti amministrativi regionali. Le incongruenze più frequenti sono state di natura stratigrafica (stesso nome formazionale per indicare rocce differenti oppure nomi formazionali differenti per indicare le stesse rocce), o di natura tettonica (es. sovrascorrimento in una certa area che prosegue come faglia diretta nell'area adiacente).

La realizzazione ha seguito varie fasi di lavoro. In una prima fase sono state caricate in un'unica banca dati GIS tutte le cartografie geologiche regionali a scala 1:10.000. Successivamente è stata "semplificata" la legenda, raggruppando le formazioni secondo criteri stratigrafici (suddivisione in domini paleogeografici e successioni) e tettonici (suddivisione in unità tettoniche - **Fig. 2**), tenendo sempre ben presente la loro estensione e la possibilità di essere adeguatamente rappresentate a scala 1:250.000. Come risultato finale, la Carta Geologica consiste di 98 caselle di legenda, nella maggior parte dei casi ciascuna di esse raggruppa più formazioni geologiche, mentre in alcuni casi ad una casella corrisponde una singola formazione geologica.

Pur basandosi sui rilevamenti geologici regionali, la Carta Geologica realizzata integra i risultati del Progetto CARG del Servizio Geologico d'Italia, soprattutto per quanto riguarda la descrizione delle formazioni e le loro correlazioni a scala regionale, così come tiene conto della cartografia geologica a scala sovregionale

UNA CARTA GEOLOGICA dell'Appennino Settentrionale, con banca dati GIS

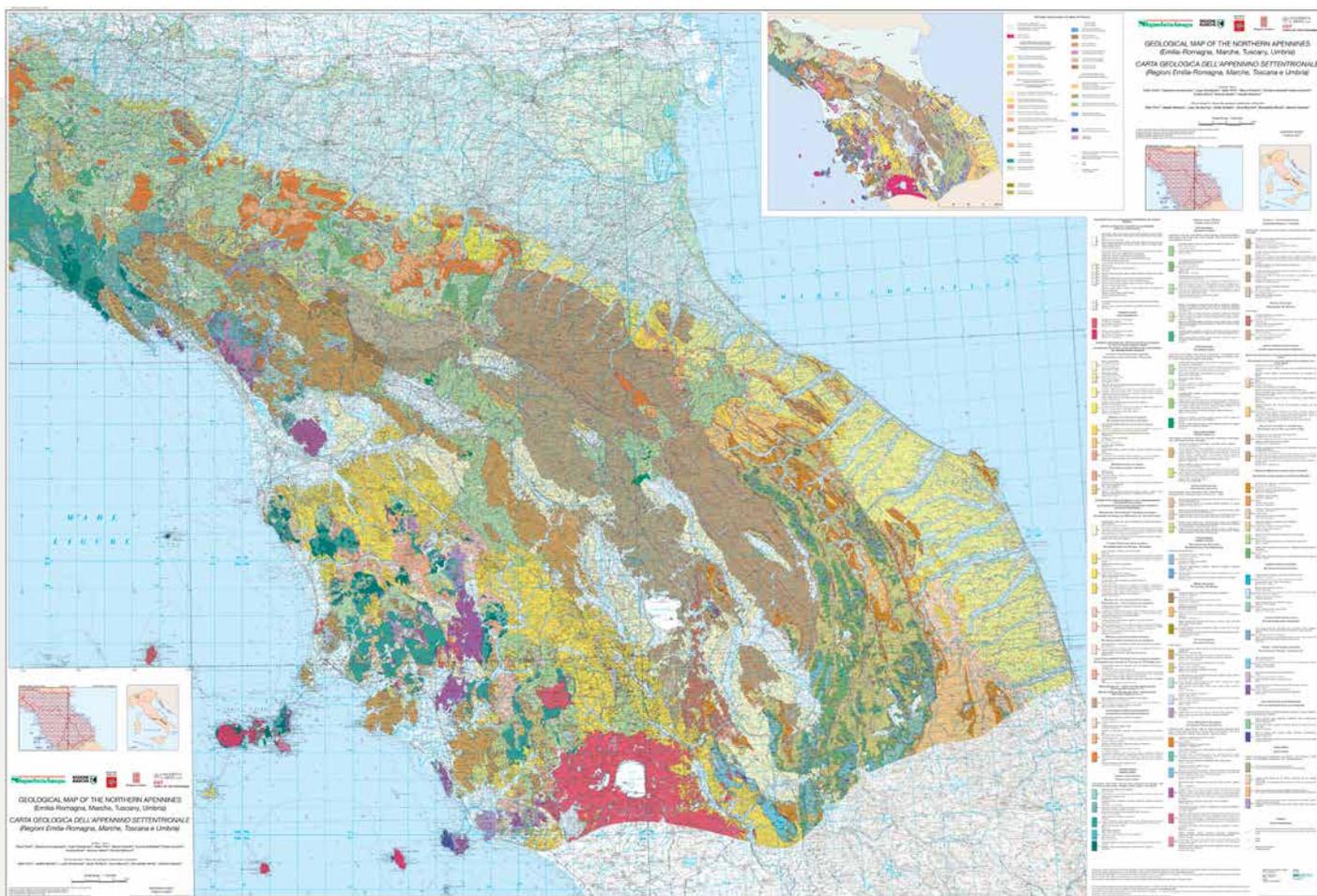


Fig. 1 - La Carta Geologica a scala 1:250.000 dell'Appennino Settentrionale.

esistente, quale la Carta Strutturale d'Italia a scala 1:250.000 (Boccaletti & Coli, 1982), il Modello Strutturale d'Italia a scala 1:500.000 (Bigi et al., 1990) e le varie carte regionali edite a scala 1:250.000 (Compagnoni et al., 1980; Centamore, 1986; Cerrina Feroni et al., 2002; Carmignani et al., 2013). La geologia delle aree esterne e limitrofe alle quattro Regioni proviene dalla reinterpretazione delle carte geologiche di Giammarino et al. (2002), Vezzani & Ghisetti (1998) e Cosentino & Pasquali (2012).

La base topografica utilizzata per la stampa è quella dell'Istituto Geografico Militare in formato raster a scala 1:250.000, l'unica comprensiva dell'intero territorio in oggetto. Poiché i limiti geologici della Carta (contatti stratigrafici, faglie, contatti tettonici) derivano dalle carte regionali a scala 1:10.000 e sono coerenti con la topografia delle carte tecniche regionali alla suddetta scala, nei dettagli sono talvolta possibili minime discrepanze tra i limiti geologici e la base topografica a scala 1:250.000.

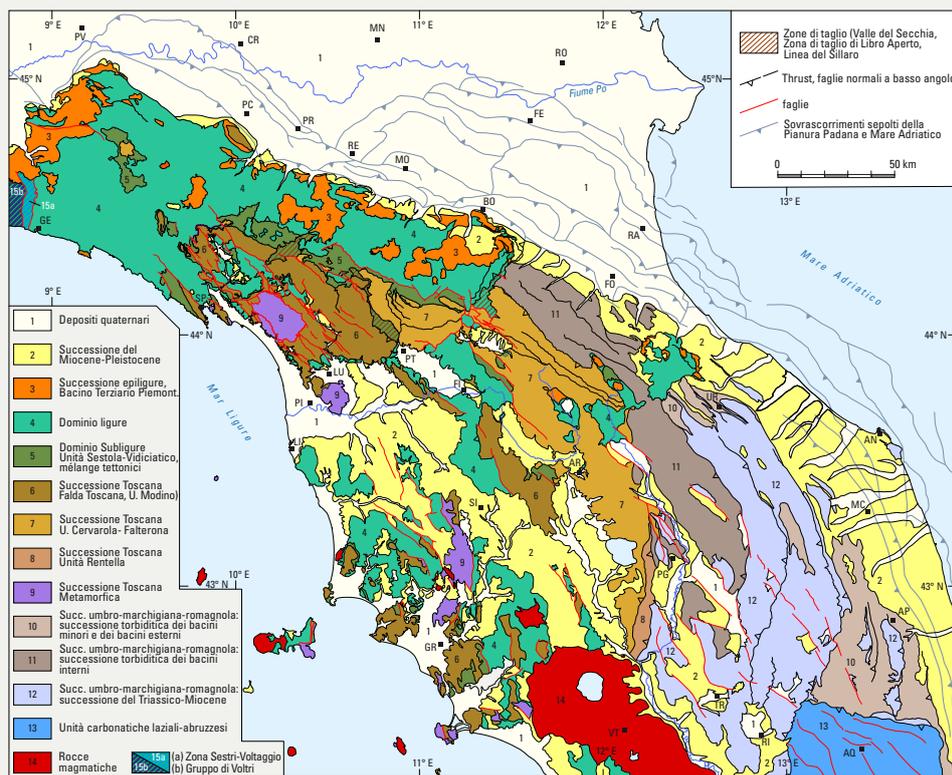


Fig. 2 - Schema tettonico dell'Appennino Settentrionale. Sovraccorrimenti nel sottosuolo della Pianura Padana e del Mare Adriatico; da Bigi et al. (1990).

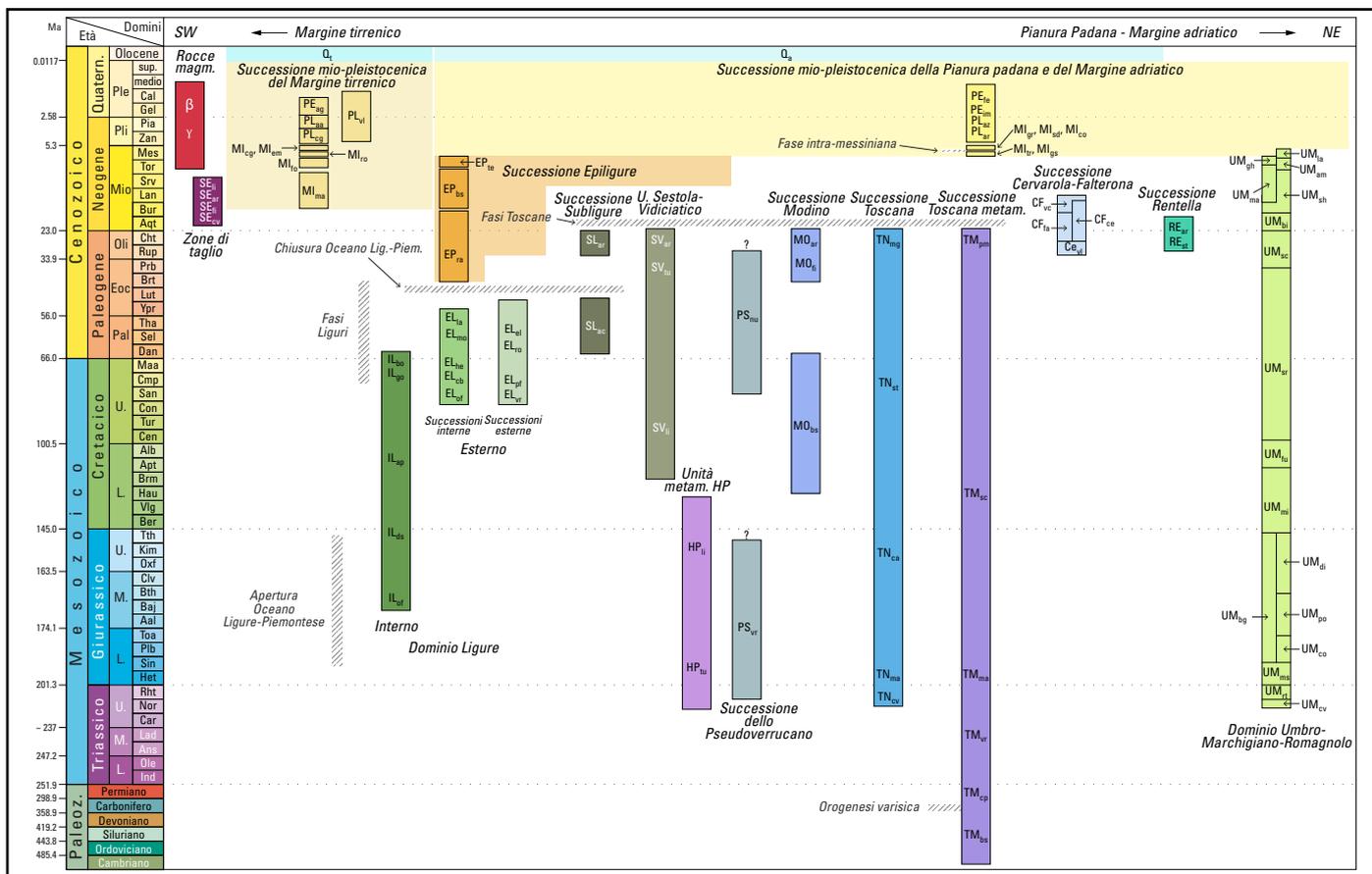


Fig. 3 - Successioni, unità tettoniche e principali eventi deformativi nell'Appennino Settentrionale. In questa e nelle figure seguenti la scala cronostatigrafica adottata è quella ICS (2018). Sono indicate le sigle della Carta Geologica.

SUCCESSIONI, DEPOSITI, UNITÀ TETTONICHE

La legenda della Carta Geologica è organizzata in domini paleogeografici e principali successioni stratigrafiche, all'interno dei domini paleogeografici sono indicate le principali unità tettoniche (**Fig. 3**), che riflettono l'estrema complessità geologica dell'Appennino Settentrionale. Le successioni oggi affioranti nell'Appennino Settentrionale si sono deposte in un ampio intervallo di tempo, che va dal Paleozoico all'Attuale. Le successioni del Paleozoico affiorano limitatamente in Toscana, mentre la maggior parte delle successioni si sono deposte durante il Mesozoico e il Cenozoico, in un'area comprendente il Dominio oceanico Ligure-Piemontese e la microplacca Adria, parte del Blocco Africano (**Fig. 4**).

Le successioni affioranti nell'Appennino Settentrionale sono state suddivise in:

- Successioni deposte nel Dominio oceanico Ligure-Piemontese (Dominio Ligure);
- Successioni deposte sul prisma di accrezione ligure (Successione Epiligure) e unità tettoniche che rappresentano successioni deformate in posizione intermedia (Successione Subligure, Unità Sestola-Vidiciatico, Unità con metamorfismo di alta pressione) tra il Dominio Ligure

e il Dominio Toscano;

- Successioni deposte sulla placca continentale Adria (Dominio Toscano, Dominio Umbro-Marchigiano-Romagnolo).

Il Dominio Ligure interno è rappresentato da successioni depositate nel bacino dell'Oceano Ligure-Piemontese (**Fig. 5**), deformate ed affioranti in differenti unità tettoniche quali, tra le altre, l'Unità Gottero, l'Unità Bracco-Val Graveglia, l'Unità Colli-Tavarone. Le successioni consistono di una sequenza ofiolitica basale con peridotiti, gabbri e basalti (*pillow-lava*) seguite da una copertura sedimentaria rappresentata da diaspri, argilliti, marne e calcari (Calcari a Calpionelle e Argilliti a Palombini) che termina verso l'alto con una spessa successione torbiditica a composizione prevalentemente silicoclastica (Arenarie del Gottero). I depositi più recenti (Cretacico-Paleocene) sono rappresentati da argilliti con torbiditi intercalate con prodotti caotici con materiale anche ofiolitico.

La Successione Epiligure è costituita da formazioni affioranti dall'Emilia occidentale alla Romagna, la Repubblica di San Marino e la parte più settentrionale delle Marche. Esse sono formate da depositi sedimentati all'interno di bacini collocati

UNA CARTA GEOLOGICA dell'Appennino Settentrionale, con banca dati GIS

sulle falde liguri, poco deformati o talora sostanzialmente indeformati dalle fasi tettoniche liguri. La Successione Epiligure ha un'età distribuita dall'Eocene medio al Miocene superiore o al Pliocene basale, e registra il trasporto delle falde alloctone del prisma orogenico verso l'avampaese (Ricci Lucchi & Ori, 1985; Argnani & Ricci Lucchi, 2001). Tali depositi poggiano sulle Unità Liguri tramite una superficie di discordanza angolare di importanze regionale, di età Eocene medio-superiore (Bettelli et al., 1987; Remitti et al., 2012; Piazza et al., 2016).

Il Dominio Subligure ha una posizione paleogeografica intermedia tra il Dominio Ligure e il Dominio Toscano. La successione stratigrafica del Dominio Subligure è caratterizzata dalla presenza di una discordanza a scala regionale di età Eocene medio-superiore, che separa la successione in due porzioni:

a) una successione inferiore prevalentemente argillitico-calcareo distribuita dal Paleocene inferiore all'Eocene medio, molto deformata e facente parte del prisma di accrezione ligure; b) una successione superiore prevalentemente arenaceo-torbiditica che va dall'Oligocene inferiore al Miocene basale (Fig. 6).

Il Dominio Toscano è rappresentato, dall'interno verso l'esterno, dalla Successione dello Pseudoverrucano, dalla Successione di M. Modino, dalla Successione Toscana, dalla più esterna Successione Cervarola-Falterona, e dalla Successione Rentella, quest'ultima con marcate affinità con la Successione Umbra. La Successione dello Pseudoverrucano è rappresentata da limitati e dispersi affioramenti in Toscana meridionale nell'area di Grosseto, con una successione stratigrafica molto particolare che non trova analogie con altre successioni del Dominio Toscano, costituita da una porzione inferiore terrigena-conglomeratica, che passa verso l'alto a una successione carbonatica che mostra marcate affinità con le formazioni del Cretaceo-Eocene della Successione Toscana ed in particolare con la litofacies "nummulitica" (Costantini et al., 1980; Campetti et al., 1999; Conti et al., 2010). La Successione di M. Modino può essere divisa in due parti: a) una porzione basale calcareo-marnosa molto deformata di età cretatica (ad affinità ligure), a cui segue verso l'alto attraverso una discordanza, b) una successione marnoso-arenacea deformata ma priva della caoticità del

Fig. 5 - (a) Schema di estensione asimmetrica della crosta continentale durante il Giurassico medio, basato sui modelli di Wernicke (1985) e Lemoine et al. (1987). (b) Paleogeografia dell'Oceano Ligure-Piemontese e aree adiacenti durante il Giurassico - Cretacico inferiore. Ricostruzione dell'evoluzione geodinamica delle Unità Liguri dell'Appennino Settentrionale durante il: (c) Cretacico superiore (Campaniano-Maastriachtiano); (d) Eocene superiore; (e) Oligocene inferiore; da Marroni et al. (2010), modificato.

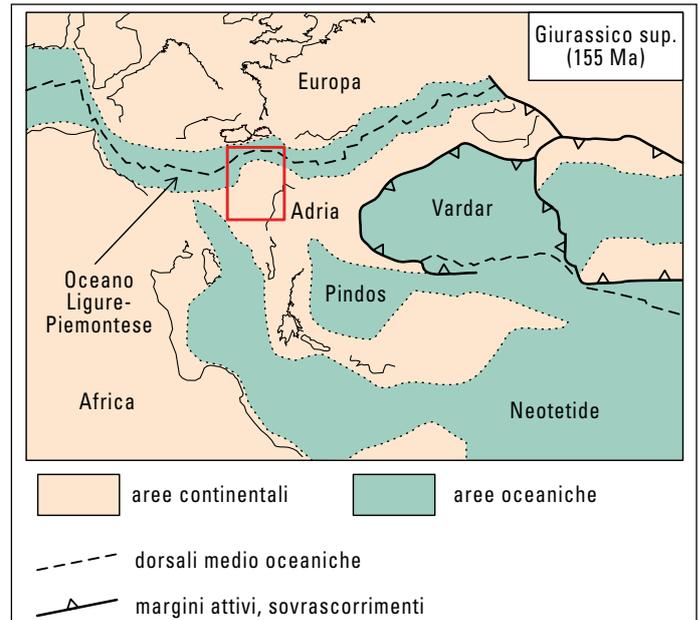
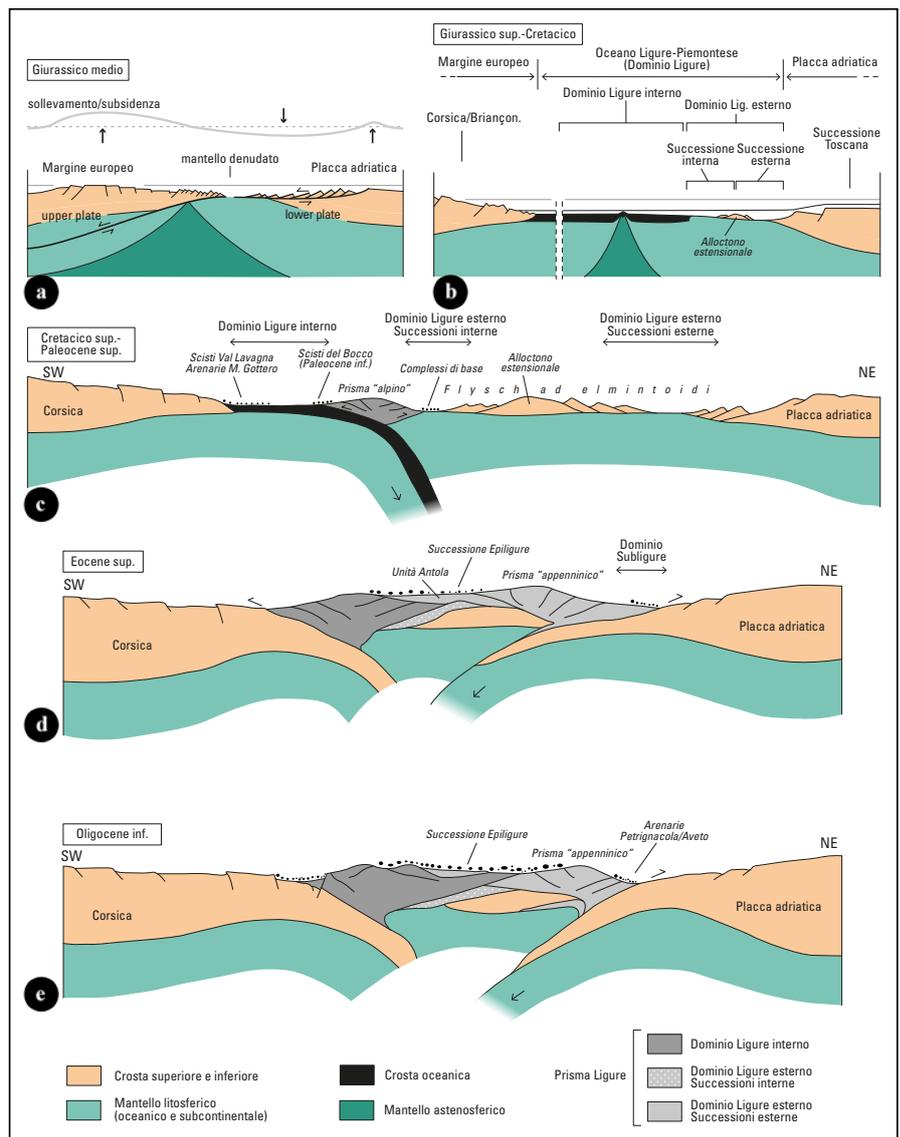


Fig. 4 - Paleogeografia e distribuzione delle placche nel Giurassico superiore, modificato da Stampfli & Hochard (2009). Il riquadro in rosso indica approssimativamente l'area in cui erano collocate le successioni oggi affioranti nell'Appennino Settentrionale.



complesso sottostante, di età Eocene medio-Miocene inferiore (Argilliti di Fiumalbo, Marne di Marmoreto, Arenarie di M. Modino). La parte basale della Successione di M. Modino può essere considerata parte del cuneo di accrezione ligure (**Fig. 6c**), mentre la successione eocenico-miocenica si sarebbe deposta sulla parte del cuneo di accrezione ligure adiacente al bacino di sedimentazione della Successione Toscana (Marchi et al., 2017; Cornamusini et al., 2018). La Successione Toscana ha un'età compresa tra il Triassico e il Miocene inferiore ed affiora estesamente nel territorio toscano, facente parte dell'unità tettonica della Falda Toscana. Questa successione testimonia una sedimentazione carbonatica di piattaforma nel Triassico superiore-Giurassico inferiore, seguita da frammentazione e annegamento della piattaforma carbonatica e all'instaurarsi di una sedimentazione pelagica, che persiste per tutto il Giurassico con progressivo approfondimento del bacino di sedimentazione nel Cretacico-Paleogene (Fazzuoli et al., 1985). Dall'Oligocene superiore, il Dominio Toscano si sviluppa come un bacino di avanfossa con sedimentazione torbiditica silicoclastica. La sedimentazione si interrompe nel Miocene inferiore (Aquitano) a causa del sovrascorrimento e messa in posto delle Unità Liguri (Baldacci et al., 1967). Nell'Appennino Settentrionale, rocce metamorfiche affiorano solo in Toscana (Alpi Apuane, Monti Pisani, Iano, Dorsale Monticiano-Roccastrada, Isola d'Elba, Monti dell'Uccellina, Monte Argentario, Monte Bellino, ecc.) e rappresentano il risultato del metamorfismo su successioni deposte sul margine della Placca adriatica, con una successione mesozoico-cenozoica simile a quella affiorante nella Falda Toscana e con una sottostante successione paleozoica. Le condizioni del metamorfismo non superano la facies a scisti verdi (Franceschelli

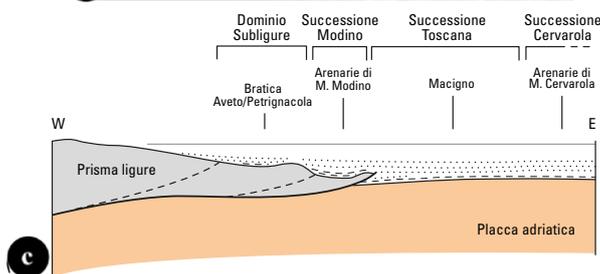


Fig. 6 - (a) Affioramento della formazione delle Argille e Calcarei di Canetolo, Passo del Cirone. (b) Affioramento delle Arenarie di Ponte Bratica, Ponte Bratica, Corniglio. (c) Ricostruzione paleogeografica per la zona di transizione Dominio Subligure - Dominio Toscano, al passaggio Oligocene-Miocene, prima delle fasi deformative compressive del Miocene inferiore-medio. In grigio è indicato il Prisma orogenico ligure.

et al., 1997; Molli et al., 2018). Il metamorfismo è legato a subduzione e deformazione di porzioni del margine continentale adriatico durante il Miocene inferiore ed è accompagnato da sovrascorrimenti a scala regionale, un'importante deformazione interna delle rocce, sviluppo di pieghe isoclinali spesso fortemente non cilindriche, una foliazione regionale di piano assiale delle principali pieghe, formazione di lineazioni di estensione e mineralogiche orientate NE-SW associate ad una direzione di trasporto tettonico verso NE. Rocce di più alto grado metamorfico (HP-LT) affiorano in Toscana in zone a scaglie tettoniche e mélangé (Grosseto, Argentario, Arcipelago Toscano). La Successione Cervarola-Falterona si è deposta nella parte più esterna del Dominio Toscano (**Fig. 6c**) ed è costituita da: a) una porzione basale rappresentata da marne, argilliti e calcari; b) un importante spessore di un complesso arenaceo-torbiditico deposto durante la fase di sviluppo dell'avanfossa appenninica; c) una porzione sommitale rappresentata da marne ed argilliti di chiusura torbiditica (Ricci Lucchi, 1986; Argnani & Ricci Lucchi, 2001). Questa successione affiora estesamente nell'Appennino toscano-emiliano-umbro nell'ambito dell'Unità tettonica Cervarola e dell'Unità tettonica Falterona. A sud-est del Lago Trasimeno è documentata una successione (Successione Rentella) con caratteri stratigrafici intermedi tra la Successione Toscana e la Successione umbro-marchigiana (Signorini & Alimenti, 1968; Brozzetti et al., 2000; Barchi & Marroni, 2014). La parte basale di questa successione è rappresentata da marne varicolori, calcari marnosi e siltiti di età Rupeliano-Aquitano a cui seguono arenarie, marne e marne siltitiche di età Aquitano-Burdigaliano, testimoni di una deposizione torbiditica di avanfossa anche per quest'area. Il Dominio Umbro-Marchigiano-Romagnolo è rappresentato

UNA CARTA GEOLOGICA del'Appennino Settentrionale, con banca dati GIS

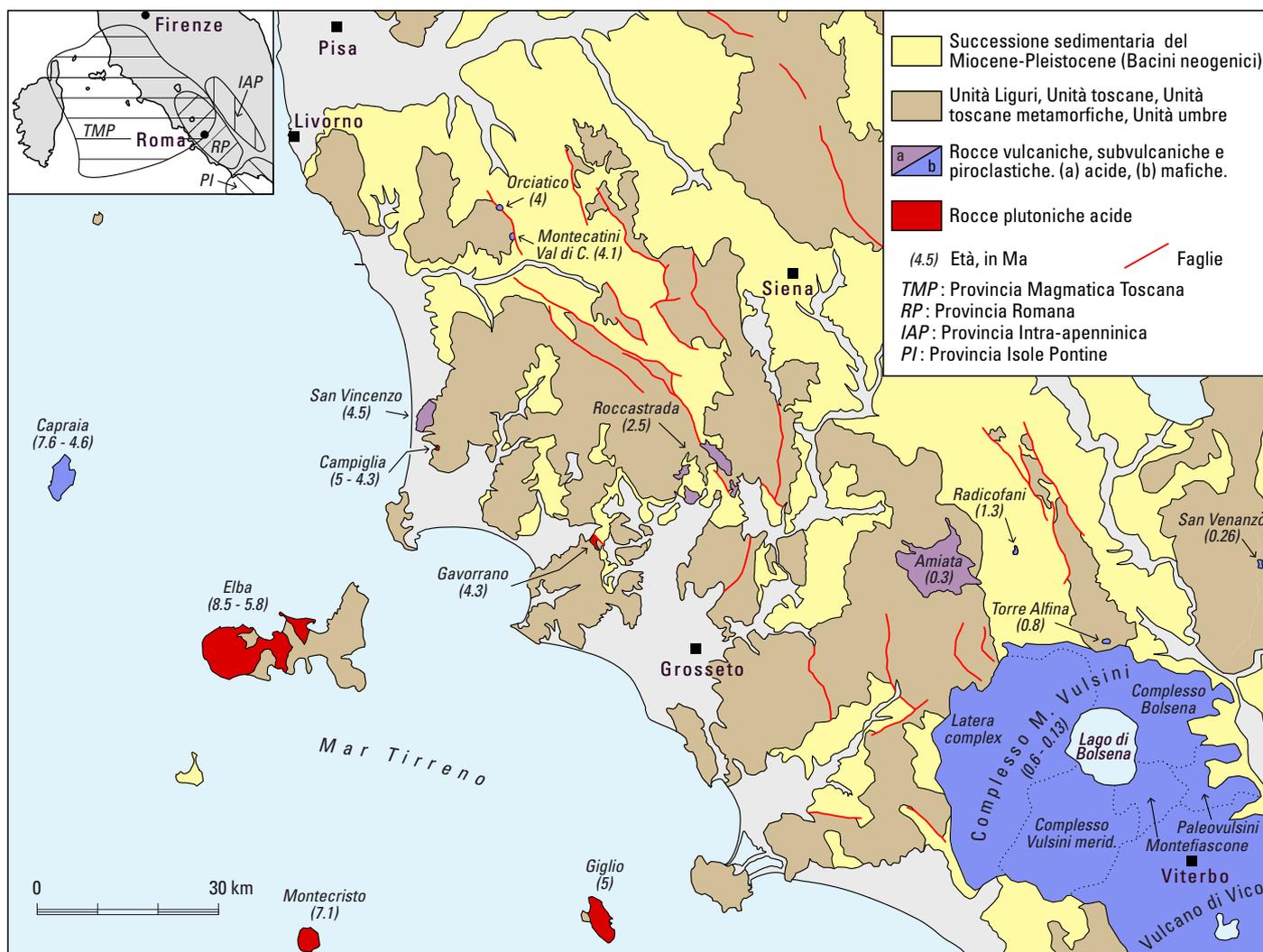


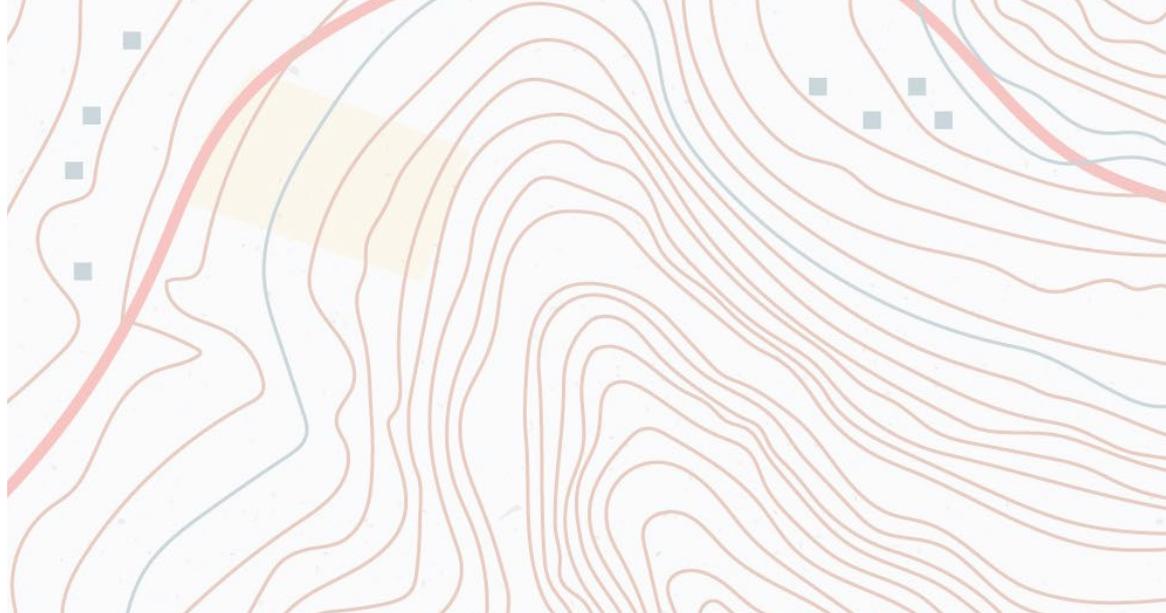
Fig. 7 - Provincie magmatiche e distribuzione del magmatismo del Neogene-Quaternario in Toscana e nel Lazio settentrionale. Età da Peccerillo (2017), complessi vulcanici nella Provincia romana da Vezzoli et al. (1987), modificato.

da successioni sedimentarie deposte sui settori più esterni della Placca adriatica. Questo dominio è caratterizzato da evaporiti triassiche alla base seguite da una successione carbonatica, completa o condensata, del Triassico-Giurassico. Nel Cretacico inferiore persistono condizioni di sedimentazione carbonatica, fino a passare ad una sedimentazione marnoso-calcareo nel Cretacico superiore-Eocene. A partire dal Miocene il Dominio umbro-marchigiano è interessato da una tettonica compressiva che porta allo sviluppo di un bacino torbiditico di avanfossa con sedimentazione prima di marne e argilliti e poi torbiditi arenaceo silicoclastiche.

Nel versante adriatico e padano al di sopra di queste successioni è presente una successione del Miocene-Pleistocene costituita da marne, argille e gessi a cui seguono arenarie e argille ed infine una spessa successione di argille con livelli di arenarie e conglomerati. In questo intervallo di tempo nel versante tirrenico

si deposita una successione più articolata, ripartita in bacini estensionali che caratterizzano il retropaese della catena, con depositi marini (marne, calcari), fluvio-lacustri (arenarie, argille lignitifere), evaporitici (gessi) a cui seguono conglomerati e arenarie ed infine una spessa successione marina del Pliocene-Pleistocene (argille). Successivamente si ha lo sviluppo di bacini continentali (Villafranchiano), nell'ambito dei quali si deposita una successione molto articolata rappresentata da conglomerati, arenarie, argille e calcari continentali, oltre a travertini (Bossio et al., 1998).

Durante le fasi finali dell'evoluzione dell'Appennino Settentrionale si sviluppa, soprattutto nel margine tirrenico, un'attività magmatica con messa in posto di rocce magmatiche intrusive, effusive e piroclastiche attualmente affioranti nell'Arcipelago toscano, nella Toscana centro-meridionale e nel Lazio settentrionale (Fig. 7).



EVOLUZIONE TETTONICA

Le successioni dell'Appennino Settentrionale sono interessate da varie fasi deformative che possono essere raggruppate in:

- fasce varisiche, legate alla formazione della Catena varisica (ercinica) durante il Carbonifero;
- fasce estensionali giurassiche legate all'apertura dell'Oceano Ligure-Piemontese;
- fasce liguri, che hanno portato alla formazione del prisma orogenico ligure;
- fasce toscane, che hanno portato alla formazione di unità tettoniche e associato metamorfismo a spese di termini di pertinenza del Dominio Toscano;
- tettonica miocenico-quadernaria del margine tirrenico;
- tettonica miocenico-quadernaria nell'Appennino umbro-marchigiano-romagnolo e nel versante padano-adriatico.

Come "Fasi liguri" (Elter, 1973) si intendono tutte le fasi tettoniche che hanno interessato le Unità Liguri durante l'intervallo Cretacico superiore - Eocene medio con sviluppo di una zona di subduzione "Alpina" immergente verso Est (Fig. 5c) e in seguito allo sviluppo di una zona di subduzione "Appenninica" immergente verso Ovest di età Eocene superiore - Quadernario (Marroni et al., 2010). Durante l'Oligocene la continua convergenza e subduzione verso Ovest ha causato lo sviluppo di bacini di avana fossa in aree sempre più esterne del margine continentale adriatico, con lo sviluppo delle successioni torbiditiche nel Dominio Toscano. La sedimentazione torbiditica si interrompe nell'Aquitano; questa evidenza fa collocare al Burdigaliano l'inizio dello sviluppo principale delle "Fasi toscane", durante le quali il Prisma orogenico ligure è messo in posto al di sopra del Dominio Toscano con deformazione nelle Unità Subliguri, nella Falda Toscana, nella parte più interna dell'Unità Cervarola e nell'Unità Sestola-Vidiciatico. Durante questa fase si ha il metamorfismo delle successioni toscane.

La fine (o riduzione) della convergenza tra la Placca europea e la Placca adriatica ha causato un regime tettonico estensionale in vaste aree del versante tirrenico dell'Appennino Settentrionale con il sollevamento di nuclei metamorfici (es. Alpi Apuane)

accompagnato da un magmatismo derivante da sorgenti miste crostali e del mantello.

In Umbria, Romagna e nelle Marche interne, la tettonica compressiva è caratterizzata da sovrascorrimenti che originano pieghe a varia scala e strutture imbricate che interessano il basamento e la copertura mesozoica. I sovrascorrimenti solitamente si sviluppano lungo le principali discontinuità della successione stratigrafica, cioè al tetto del basamento, al tetto delle evaporiti triassiche, nelle Marne a Fucoidi, al tetto della Scaglia Cinerea, al tetto dello Schlier.

L'area umbro-marchigiana è in seguito interessata da una tettonica estensionale a partire dal Pliocene superiore, con formazione di bacini sedimentari continentali e/o marini poco profondi (es. Val Tiberina). I bacini più orientali (Colfiorito, Norcia, ecc.) testimoniano un'estensione minore ed età di formazione più recente, come documentato dall'attività sismica attuale.

LA DIFFUSIONE

La Carta Geologica a scala 1:250.000 a cui si riferisce questa nota è stampata in due fogli ognuno delle dimensioni di 140x100 cm ed è allegata ad un articolo pubblicato sulla rivista *Italian Journal of Geosciences* della Società Geologica Italiana: Conti P., Cornamusini G. & Carmignani L. (2020) - An outline of the geology of the Northern Apennines (Italy), with Geological Map at 1:250,000 scale. *Italian Journal of Geosciences*, 139 (2), 149-194. <https://doi.org/10.3301/IJG.2019.25>.

Nel sito web www.geological-map.it è resa liberamente scaricabile la carta in vari formati e la banca dati GIS in formato Shapefile. Nello stesso sito web è disponibile inoltre una Nota Illustrativa (Conti et al., 2019) edita dalla Regione Emilia-Romagna.



BIBLIOGRAFIA

- Alvarez L.W., Alvarez W., Asaro F. & Michel H.V. (1980). *Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction*. Science, 208(4448), 1095-1108.
- Argnani A. & Ricci Lucchi F. (2001). *Tertiary silicoclastic turbidite systems of the Northern Apennines*. In: Anatomy of an Orogen: the Apennines and Adjacent Mediterranean Basins (G.B. Vai, I.P. Martini, eds.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 327-350.
- Baldacci F., Elter P., Giannini E., Giglia G., Lazzarotto A., Nardi R. & Tongiorgi M. (1967). *Nuove osservazioni sul problema della Falda Toscana e sulla interpretazione dei flysch arenacei tipo "Macigno" dell'Appennino settentrionale*. Memorie della Società Geologica Italiana, 6(2), 213-244.
- Barchi M. & Marroni M. (2014). *Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 "Foglio 310 - Passignano sul Trasimeno"*. Servizio Geologico d'Italia, Roma, 196 pp.
- Bettelli G., Bonazzi U., Fazzini P. & Panini F. (1987). *Schema introduttivo alla geologia delle Epiliguridi dell'Appennino Modenese e delle aree limitrofe*. Memorie della Società Geologica Italiana, 39, 215-244.
- Bigi G., Cosentino D., Parotto M., Sartori R. & Scandone P. (1990). *Structural Model of Italy*. Scale 1:500,000, C.N.R. - Progetto Finalizzato Geodinamica, Roma.
- Boccaletti M. & Coli M. (1982). *Carta Strutturale dell'Appennino Settentrionale, 1:250.000*. Pubblicazione n. 429 C.N.R. - Progetto Finalizzato Geodinamica, Sottoprogetto 5 - Modello Strutturale. SELCA, Firenze.
- Bossio A., Costantini A., Foresi L., Lazzarotto A., Mazzanti R., Mazzei R., Pascucci V., Salvadorini G., Sandrelli F. & Terzuoli A. (1998). *Neogene-Quaternary sedimentary evolution in the western side of the Northern Apennines (Italy)*. Memorie della Società Geologica Italiana, 52, 513-525.
- Brozzetti F., Luchetti L. & Piali G. (2000). *La successione del Monte Rentella (Umbria Occidentale): biostratigrafia a nannofossili calcarei ed ipotesi per un inquadramento tettonico regionale*. Bollettino della Società Geologica Italiana, 119(2), 407-422.
- Campetti A., Carosi R., Decandia F.A., Elter P., Lazzarotto A., Montomoli C., Pertusati P.C. & Polverosi B. (1999). *Aspetto ed evoluzione strutturale dei Monti dell'Uccellina (Toscana Meridionale)*. Bollettino della Società Geologica Italiana, 118, 149-165.
- Carmignani L., Conti P., Cornamusini G. & Pirro A. (2013). *The Geological Map of Tuscany (Italy)*. Journal of Maps, 9(4), 487-497.
- Centamore E. (1986). *Carta geologica delle Marche*. Scala 1:250.000, Università di Camerino - Dipartimento Scienze della Terra, Regione Marche - Giunta Regionale, Amministrazione Provinciale Ascoli Piceno, Amministrazione Provinciale Macerata.
- Cerrina Feroni A., Ottria G., Martinelli P. & Martelli L. (2002). *Carta Geologico-Strutturale dell'Appennino Emiliano-Romagnolo*. Scala 1:250.000, Regione Emilia-Romagna, C.N.R., Bologna.
- Compagnoni B., Valletta M., Martelli G., Nappi G. & Piali G. (1980). *Carta Geologica dell'Umbria*. Scala 1:250.000. Servizio Geologico d'Italia - Regione Umbria, Giunta Regionale, Dipartimento per l'Aspetto del Territorio.
- Conti P., Cornamusini G. & Carmignani L. (2019). *Carta Geologica delle Regioni Emilia-Romagna, Marche, Toscana e Umbria*. Scala 1:250.000. Note Illustrative. Regione Emilia-Romagna, Bologna, 76 pp.
- Conti P., Cornamusini G. & Carmignani L. (2020). *An outline of the geology of the Northern Apennines (Italy), with Geological Map at 1:250,000 scale*. Italian Journal of Geosciences, 139(2), 149-194.
- Conti P., Cornamusini G., Uccelletti F. & Baldetti A. (2010). *Stratigraphic and structural setting of the "Pseudoverrucano" lithofacies in southern Tuscany*. Rendiconti online della Società Geologica Italiana, 11, 324-325.
- Cornamusini G., Conti P. & Bambini A.M. (2018). *The Late Oligocene to Early Miocene foredeep basin system evolution of the Northern Apennines (Emilia-Tuscany, Italy): review and new litho-biostratigraphic data*. Italian Journal of Geosciences, 137, 396-419.
- Cosentino D. & Pasquali V. (2012). *Carta Geologica Informatizzata della Regione Lazio*. Università degli Studi Roma Tre - Dipartimento di Scienze Geologiche, Regione Lazio - Agenzia Regionale Parchi - Area Difesa del Suolo; <http://dati.lazio.it/catalogo/it/dataset/carta-geologica-i>
- Costantini A., Decandia F., Gandin A., Giannini E., Lazzarotto A. & Sandrelli F. (1980). *Lo Pseudoverrucano nella Toscana meridionale*. Memorie della Società Geologica Italiana, 21, 395-401.
- De Launay L. (1907). *La Métallogénie de l'Italie et des régions avoisinantes. Notes sur la Toscane minière et l'Elbe d'Elbe*. Secretaría de Fomento, Mexico, 145 pp.
- Decandia F.A. & Elter P. (1972). *La zona ofiolitifera del Braccio nel settore compreso tra Levanto e la Val Graveglia (Appennino Ligure)*. Memorie della Società Geologica Italiana, 11, 503-530.
- Elter P. (1973). *Lineamenti tettonici ed evolutivi dell'Appennino Settentrionale*. In: Atti del Convegno sul Tema: Moderne Vedute sulla Geologia dell'Appennino (B. Segre, B. Accordi, P. Elter, L. Ogniben, A. Scherillo, eds.), Quaderni, volume 183. Accademia Nazionale dei Lincei, Roma, pp. 97-109.
- Fazzuoli M., Ferrini G., Pandeli E. & Sguazzoni G. (1985). *Le formazioni giurassico-mioceniche della Falda Toscana a Nord dell'Arno: considerazioni sull'evoluzione sedimentaria*. Memorie della Società Geologica Italiana, 30, 159-201.
- Franceschelli M., Memmi I., Carcangiu G. & Gianelli G. (1997). *Prograde and retrograde chloritoid zoning in low temperature metamorphism, Alpi Apuane, Italy*. Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen, 77, 41-50.
- Giammarino S., Giglia G., Capponi G., Crispini L. & Piazza M. (2002). *Carta Geologica della Liguria*. Scala 1:250.000, Università di Genova - Dipartimento per lo Studio del Territorio e delle sue Risorse, Genova.
- ICS (2018). *International Commission on Stratigraphy, International Union of Geological Sciences (IUGS) - International Chronostratigraphic Chart - v. 2018/8*. www.stratigraphy.org
- Kuenen P.H. & Migliorini C.I. (1950). *Turbidity currents as a cause of graded bedding*. The Journal of Geology, 58(2), 91-127.
- Lemoine M., Boillot G. & Tricart P. (1987). *Ultramafic and gabbroic ocean floor of the Ligurian Tethys (Alps, Corsica, Apennines): in search of a genetic model*. Geology, 15(7), 622-625.
- Marchi A., Catanzariti R. & Pandolfi L. (2017). *Calcareous nannofossil biostratigraphy: a tool for deciphering the stratigraphic evolution of the Mt. Modino Unit*. Italian Journal of Geosciences, 136(2), 171-185.
- Marroni M., Meneghini F. & Pandolfi L. (2010). *Anatomy of the Ligure-Piemontese subduction system: evidence from Late Cretaceous-middle Eocene convergent margin deposits in the Northern Apennines, Italy*. International Geology Review, 52(10-12), 1160-1192.
- Merla G. (1951). *Geologia dell'Appennino settentrionale*. Bollettino della Società Geologica Italiana, 70(1), 95-382.
- Migliorini C. (1948). *I cunei composti nell'orogenesi*. Bollettino della Società Geologica Italiana, 67, 29-142.
- Molli G., Vitale Brovarone A., Beyssac O. & Cinquini I. (2018). *RSCM thermometry in the Alpi Apuane (NW Tuscany, Italy): New constraints for the metamorphic and tectonic history of the inner northern Apennines*. Journal of Structural Geology, 113, 200-2016.
- Mutti E. & Ricci Lucchi F. (1972). *Le turbiditi dell'Appennino Settentrionale: introduzione all'analisi di facies*. Memorie della Società Geologica Italiana, 11, 161-199.
- Peccerillo A. (2017). *Cenozoic Volcanism in the Tyrrhenian Sea Region*. Advances in Volcanology, Springer International Publishing, 399 pp.
- Piazza A., Artoni A. & Ogata K. (2016). *The Epiligurian wedge-top succession in the Enza Valley (Northern Apennines): evidence of a syn-depositional transpressive system*. Swiss Journal of Geosciences, 109(1), 17-36.
- Remitti F., Bettelli G., Panini F., Carlini M. & Vannucchi P. (2012). *Deformation, fluid flow, and mass transfer in the forearc of convergent margins: A two-day field trip in an ancient and exhumed erosive convergent margin in the Northern Apennines*. In: Deformation, Fluid Flow, and Mass Transfer in the Forearc of Convergent Margins: Field Guides to the Northern Apennines in Emilia and in the Apuan Alps (Italy) (P. Vannucchi, D. Fisher, eds.), Geological Society of America Field Guide, volume 28. The Geological Society of America, pp. 1-34.
- Ricci Lucchi F. (1986). *The Oligocene to Recent foreland basins of the northern Apennines*. In: Foreland Basins (P.A. Allen, P. Homewood, eds.), International Association of Sedimentologists Special Publications, volume 8. Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp. 105-139.
- Ricci Lucchi F. & Ori G. (1985). *Field Excursion D: Syn-orogenic deposits of a migrating basin system in the NW Adriatic foreland*. In: International Symposium on Foreland Basins (P.H. Allen, P. Homewood, G. Williams, eds.), International Association of Sedimentologists, Freiburg (CH), 2-4 Sept. 1985, pp. 137-176.
- Sestini G. (1970). *Development of the Northern Apennines Geosyncline, Sedimentary Geology, volume 4*. Elsevier, Amsterdam, 445 pp.
- Signorini R. & Alimenti M. (1968). *La serie stratigrafica del M. Rentella fra il Lago Trasimeno e Perugia*. Geologica Romana, 75-94.
- Stampfli G.M. & Hochard C. (2009). *Plate tectonics of the Alpine realm*. In: Ancient Orogens and Modern Analogues (J.B. Murphy, J.D. Keppie, A.J. Hynes, eds.), Geological Society of London Special Publication, volume 327. Geological Society of London, pp. 89-111.
- Steinmann G. (1907). *Alpen und Apennin*. Monatsberichte der Deutschen Geologischen Gesellschaft, 59, 177-183.
- Stenone N. (1669). *De Solido Intra Solidum Naturaliter Contento Dissertationis Prodromus*. Ex Typographia sub signo Stellae, Firenze.
- Vezzani L. & Ghisetti F. (1998). *Carta Geologica dell'Abruzzo*. Scala 1:250.000, Università di Catania - Regione Abruzzo.
- Vezzoli L., Conticelli S., Innocenti F., Landi P., Manetti P., Palladino D.M. & Trigila R. (1987). *Stratigraphy of the Lateral Volcanic Complex: proposals for a new nomenclature*. Periodico di Mineralogia, 56, 89-110.
- Wernicke B. (1985). *Uniform-sense normal simple shear of the continental lithosphere*. Canadian Journal of Earth Sciences, 22, 108-126.



C

LA

MICROZONAZIONE

per la mitigazione del rischio sismico in Italia

a cura di Massimiliano Moscatelli, Marco Mancini, Edoardo Peronace,
Federica Polpetta e Francesco Stigliano



La microzonazione sismica è uno strumento che consente di valutare il comportamento di un territorio interessato da un evento sismico. Gli effetti dei terremoti mostrano non di rado una distribuzione disomogenea. Tale disomogeneità è spesso legata a particolari condizioni locali, che possono indurre amplificazioni del moto sismico e deformazioni permanenti del terreno (ad esempio frane, fagliazioni superficiali, liquefazioni).

In Italia i primi studi di microzonazione sismica sono da ricondurre a Mario Baratta, dopo il terremoto che nel 1908 distrusse Reggio Calabria e Messina. Negli anni le metodologie adottate per realizzare indirizzi e criteri per la microzonazione sismica sono state affinate, soprattutto a seguito di terremoti disastrosi, fino alla pubblicazione degli “Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica” nel 2008.

Lo stanziamento di fondi nazionali per la prevenzione del rischio sismico negli ultimi dieci anni, unitamente al coinvolgimento della comunità scientifica per il supporto alla MS, ha consentito di raggiungere risultati prima inimmaginabili. L'interazione tra ricercatori e professionisti ha generato un effetto virtuoso di amplificazione delle conoscenze scientifiche e delle competenze tecniche, in un'ottica di prevenzione del rischio che proietterà i suoi effetti negli anni a venire.



PRESENTAZIONE DELLA TEMATICA

I terremoti di forte intensità causano, oltre a danneggiamenti e distruzione dell'edificato con conseguenti vittime, anche modificazioni permanenti al suolo, come frane sismoindotte, liquefazioni del terreno, densificazioni, fratture e fagliazioni in superficie (**Fig. 1**).

L'osservazione dei danneggiamenti e degli effetti permanenti indotti dai terremoti ha spesso mostrato una certa disomogeneità nella distribuzione geografica, pur valendo la regola generale della maggior concentrazione di danni ed effetti superficiali in prossimità degli epicentri. Tale disomogeneità è in molti casi legata a particolari condizioni di sito, essenzialmente di natura geologica e geomorfologica, che possono indurre modificazioni del moto sismico in arrivo, generalmente amplificazioni e modifiche permanenti del terreno (**Fig. 1**).

Le caratteristiche e la forza di un terremoto dipendono da: i) effetti di sorgente (ossia quantità di energia liberata, tipologia e modalità di rottura lungo la faglia sismogenetica), ii) effetti di propagazione delle onde sismiche, iii) effetti di sito.

La microzonazione sismica (di seguito MS) è uno strumento che consente di quantificare il condizionamento locale

indotto sul moto sismico incidente (effetto transitorio che si esprime in termini di variazione in durata, contenuto in frequenza e amplificazione dello scuotimento), nonché la propensione del sito a modificarsi in modo permanente ad opera di frane, liquefazioni, fagliazione superficiale e altri fenomeni cosismici.

La MS definisce come le caratteristiche locali contribuiscono a modificare la pericolosità sismica di base. In generale, la pericolosità sismica rappresenta la probabilità di accadimento di un fenomeno sismico in una data area in un intervallo di tempo predefinito. Più in particolare, la pericolosità sismica di base si esprime a scala regionale e con modalità probabilistica come parametro di scuotimento atteso al sito (ad esempio l'accelerazione di picco, PGA), valutato per un certo periodo di ritorno

e una particolare tipologia di terreno di riferimento, ovvero suolo rigido con morfologia piana e $V_s \geq 800$ m/s, dove V_s è la velocità delle onde sismiche trasversali, o di taglio, in arrivo al sito.

La pericolosità assieme a vulnerabilità ed esposizione all'evento definiscono il rischio sismico che insiste su un territorio. La pericolosità è strettamente legata alle caratteristiche sismotettoniche a scala regionale e risente delle condizioni locali, ovvero degli effetti di sito. La vulnerabilità è una caratteristica propria dell'edificato e delle infrastrutture; è quindi legata alle tipologie costruttive, età e stato di conservazione dei manufatti. L'esposizione riguarda il valore esposto, espresso come numero di persone potenzialmente coinvolte dall'evento sismico e come valore economico dei beni suscettibili di danneggiamento.

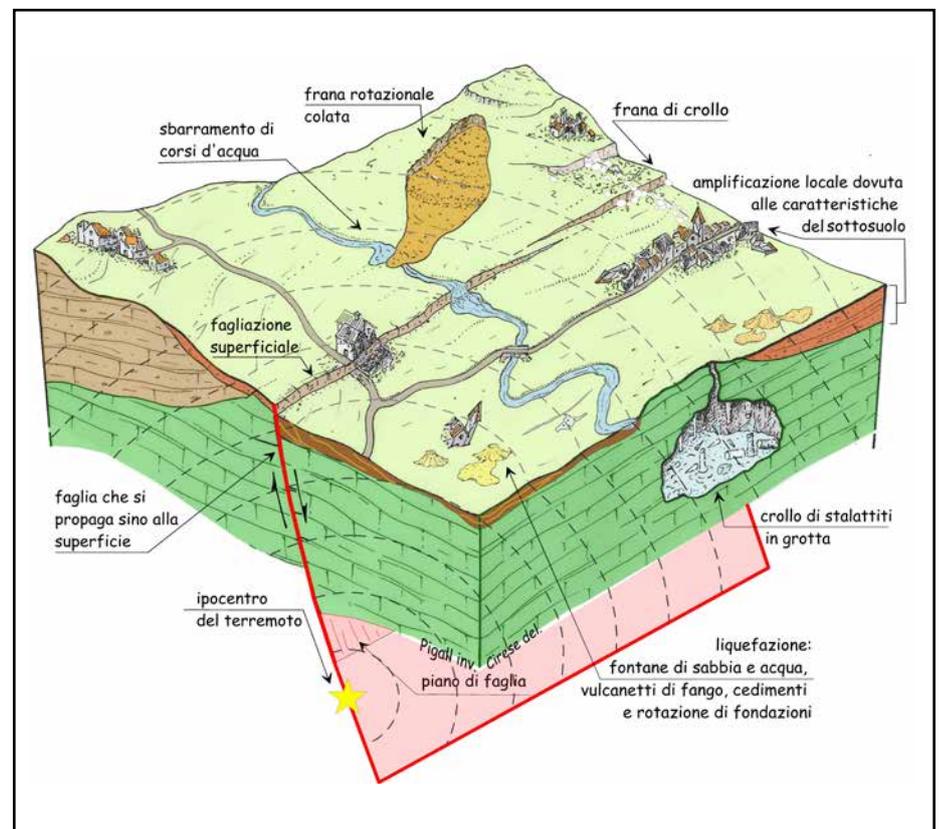


Fig. 1 - Principali effetti di superficie indotti da un forte terremoto. Le onde sismiche si propagano dalla superficie della faglia a partire dall'ipocentro (stella gialla). La presenza di depositi "soffici" in superficie, che ricoprono il substrato roccioso, favorisce il verificarsi di effetti locali di amplificazione del moto sismico (Pigall inv., progettato da Paolo Galli; Cirese del., disegnato da Enrico Cirese) (modificato da Galli, 2018).



Fig. 2 - Vista della fagliazione di superficie (circa 1 m di rigetto verticale) del terremoto irpino del 1980 lungo la strada che attraversa la località Piano di Pecore (foto del Prof. Italo Sgrosso, in Galli & Peronace, 2014).

STORIA DEGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA IN ITALIA

È nota da tempo l'importanza degli effetti di sito. Già nel 1846, infatti, lo scienziato Leopoldo Pilla nella "Istoria del tremuoto che ha devastato i paesi della costa toscana il 14 agosto 1846" osservò come le condizioni locali del suolo influenzarono notevolmente gli effetti dei terremoti (Pilla, 1846).

Il primo studio di MS in Italia è rappresentato dalla relazione di Mario Baratta, "La catastrofe sismica calabro messinese (28 dicembre 1908)" del 1910, realizzata in seguito al terremoto del 1908 che distrusse le città di Reggio Calabria e Messina (Mw 7.1; XI MCS). Scopo della relazione era la comprensione del fenomeno, attraverso una ricostruzione dettagliata dei danni agli edifici in rapporto ad alcune caratteristiche morfologiche e geologiche del terreno (Baratta, 1910).

A partire dal 1970 vengono realizzati studi di MS "sperimentali" condotti con metodi a basso costo e di tipo speditivo in Val Rosandra (1970), a Matera (1973) e a Palermo (1979).

In seguito agli eventi sismici di Ancona (1972) e del Friuli (1976) vennero invece effettuati due studi di MS (Ancona e Tarcento), con estesa raccolta dati di sondaggi geognostici realizzati ad hoc e modellazioni numeriche di risposta sismica locale 1D e 2D, che getteranno le basi metodologiche per gli studi futuri (Crespellani, 2014; Pagliaroli, 2018).

Dopo i terremoti degli anni '70 (Friuli, Norcia) ed il terremoto dell'Irpinia del 1980 (Mw 6.8; X MCS), per i quali il ruolo degli effetti di sito nel condizionare la risposta sismica locale fu particolarmente evidente, la MS in Italia iniziò ad essere realizzata in modo sistematico. Erano gli anni di un rinnovato interesse a livello nazionale ed internazionale per le Scienze della

Terra, successivi all'adozione del modello della tettonica delle placche (o tettonica globale), che ebbero come apice lo sviluppo del Progetto Finalizzato Geodinamica, coordinato dal Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR). Tra le attività promosse dal Progetto Finalizzato Geodinamica vi furono quelle a supporto della ricostruzione delle aree colpite dai sismi, che coinvolsero il CNR, numerose Università, centri di ricerca privati e Regioni (Faccioli, 1986).

Una importante esperienza fu poi condotta a seguito del terremoto dell'Umbria-Marche (Mw 6.0; VIII-IX MCS) del 1997. In quella occasione vennero realizzati studi di MS in 60 località, rappresentative del territorio in termini di condizioni stratigrafico-strutturali e geomorfologiche locali, che hanno avuto un importante impatto nell'ambito della ricostruzione post-sisma.

L'evento sismico del 2002 di San Giuliano di Puglia (Mw 5.8; VIII-IX MCS) ha segnato un fondamentale punto di svolta; da questo momento, infatti, la MS viene vista come strumento di prevenzione del rischio sismico. A tale riguardo, il progressivo sviluppo scientifico delle varie discipline coinvolte negli studi di MS ha portato nel 2006 all'istituzione di un Gruppo di Lavoro, composto da tecnici ed esperti nominati dalle Regioni e dal Dipartimento della Protezione Civile, allo scopo di formalizzare linee guida valide a livello nazionale. Nel 2008 il Gruppo di Lavoro pubblica gli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" (Gruppo di lavoro MS, 2008), volti a definire i metodi di indagine ed i criteri di utilizzo dei risultati delle analisi di MS anche per la loro applicazione alla pianificazione territoriale e dell'emergenza.

Le procedure e le metodologie definite nelle linee guida furono subito applicate a seguito del terremoto de L'Aquila, nel 2009 (Mw 6.3; IX-X). Gli studi effettuati in quella occasione hanno permesso di aggiornare e migliorare gli ICMS (Gruppo di lavoro MS, 2011). Non meno importante, a seguito di quell'evento, è stata l'emanazione della Legge n. 77 del 24

C



giugno 2009, cosiddetta “Legge Abruzzo”, che all’Art.11 prevede il finanziamento di interventi per la prevenzione del rischio sismico su tutto il territorio nazionale, e che individua nella MS uno strumento chiave per l’avvio di una strategia di mitigazione del rischio sismico del territorio a scala comunale. Nel solco della proficua collaborazione tra mondo della ricerca e organismi di governo, forti delle esperienze purtroppo maturate sul campo, agli inizi del 2015 è stato costituito il Centro per la microzonazione sismica e le sue applicazioni, CentroMS (www.centromicrozonazioneismica.it/it/), su iniziativa del Consiglio Nazionale delle Ricerche - Dipartimento Scienze del Sistema Terra e Tecnologie per l’Ambiente (CNR DSSTTA). Il CentroMS coinvolge numerosi Dipartimenti ed Istituti CNR, Enti di Ricerca e Dipartimenti universitari, distribuiti su tutto il territorio nazionale. Il CentroMS ha fra i suoi obiettivi quello di fornire supporto scientifico e tecnico ai soggetti istituzionalmente interessati alla MS e alle sue applicazioni, con particolare riferimento alla pianificazione urbanistica e alle problematiche geologiche, geotecniche e geofisiche connesse all’emergenza sismica.

Nel 2016 e 2017 la comunità scientifica riunita nel CentroMS è stata subito messa alla prova dagli eventi sismici che hanno colpito il centro Italia e l’isola di Ischia. Sono stati istituiti gruppi di supporto al Dipartimento della Protezione Civile (DPC) per realizzare indagini propedeutiche alla MS dei territori colpiti. Tali indagini sono state realizzate dai Centri di Competenza del DPC e dagli altri soggetti afferenti al CentroMS. A conclusione delle attività propedeutiche, gli studi di MS dei Comuni interessati sono stati affidati ai professionisti, che li hanno realizzati con il supporto scientifico e tecnico del CentroMS (Moscatelli et al., 2020; Mancini et al., 2019).

Garantire la realizzazione degli studi è stata una sfida difficile per la comunità scientifica e ha richiesto un’organizzazione articolata. Sono state istituite numerose unità di ricerca, molte delle quali operative sul territorio a supporto dei professionisti incaricati.

Gli studi sono stati realizzati in pochi mesi. Guardando ai numeri, si percepisce il grande sforzo organizzativo della comunità scientifica e la risposta positiva dei territori: oltre 550.000 cittadini residenti in 141 Comuni interessati dagli studi; oltre 100 professionisti incaricati e supportati da oltre 100 ricercatori, appartenenti a 25 tra Istituti CNR, Enti di ricerca e Dipartimenti universitari. Questi numeri confermano che una stretta collaborazione tra Governo centrale, Regioni, Amministrazioni locali, Organismi di ricerca e mondo delle professioni è possibile e consente di raggiungere ottimi risultati in tempi rapidi.

COSA È LA MICROZONAZIONE SISMICA

Gli studi di MS in Italia godono della disponibilità di una ricca documentazione tecnico-scientifica, prodotta nel corso degli anni dalla collaborazione tra Istituti di ricerca e Università, sotto il coordinamento del Dipartimento della Protezione Civile.

Nello specifico, gli studi di MS consistono nella valutazione della pericolosità sismica locale attraverso l’individuazione di zone del territorio caratterizzate da comportamento sismico omogeneo, definite “microzone”. Secondo ICMS (2008) le microzone sono individuate e caratterizzate secondo tre categorie:

- zone stabili: dove non si ipotizzano effetti locali di amplificazione del moto sismico;
- zone stabili suscettibili di amplificazioni locali: dove sono attese amplificazioni del moto sismico incidente, dovute alle specifiche caratteristiche litostratigrafiche, geotecniche e geofisiche dei vari terreni attraversati dalle onde sismiche, e/o alla morfologia locale;
- zone suscettibili di instabilità: dove gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio.

Gli studi di MS in Italia vengono realizzati a scala comunale secondo tre livelli di approfondimento, con complessità ed impegno anche economico crescenti:

- Livello 1: consiste nella raccolta e nell’elaborazione di dati preesistenti allo scopo di suddividere il territorio in microzone con comportamento sismico qualitativamente omogeneo (MOPS - Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica). Il risultato del Livello 1 è la Carta delle MOPS, propedeutica per i successivi livelli di approfondimento (vedi **Fig. 3**).
- Livello 2: in questo livello di studio sono realizzati approfondimenti conoscitivi mediante apposite indagini che mirano a ridurre le incertezze individuate nel Livello 1. Le microzone corrispondenti a questo livello sono associate ad elementi quantitativi, espressi come Fattori di amplificazione (F_a), che vengono determinati mediante metodologie semplificate di calcolo (abachi nazionali o regionali). Il risultato di questo livello di approfondimento è la Carta di MS.
- Livello 3: rappresenta il livello di maggiore approfondimento che viene realizzato in aree geologicamente complesse, quali zone suscettibili di amplificazioni e zone instabili, mediante l’esecuzione di nuove indagini appositamente pianificate. I risultati, rappresentati nella Carta di MS e derivanti da calcoli e modellazioni numeriche più avanzate, sono di tipo quantitativo: F_a , gli spettri di risposta per le amplificazioni del moto sismico al sito, ed i parametri e gli indici specifici previsti per le diverse instabilità cosismiche. (vedi **Fig. 4**).

LA MICROZONAZIONE per la mitigazione del rischio sismico in Italia

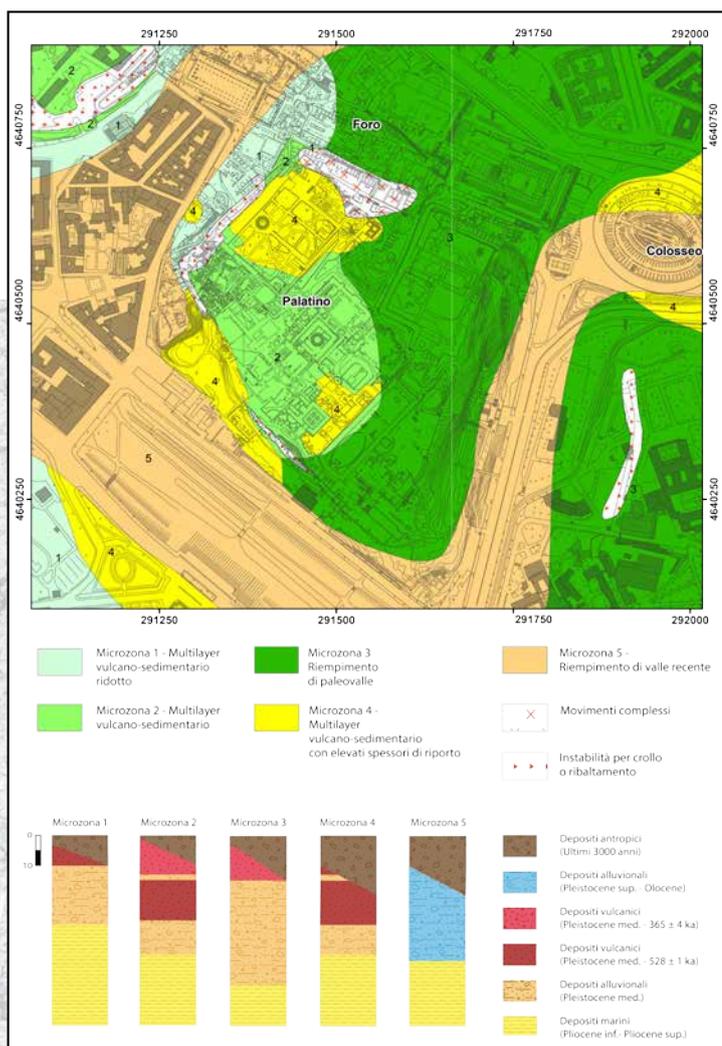


Fig. 3 - Esempio di carta di MS di Livello 1: Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) dell'area archeologica centrale di Roma e relative colonne stratigrafiche (modificato da Mancini et al., 2014).

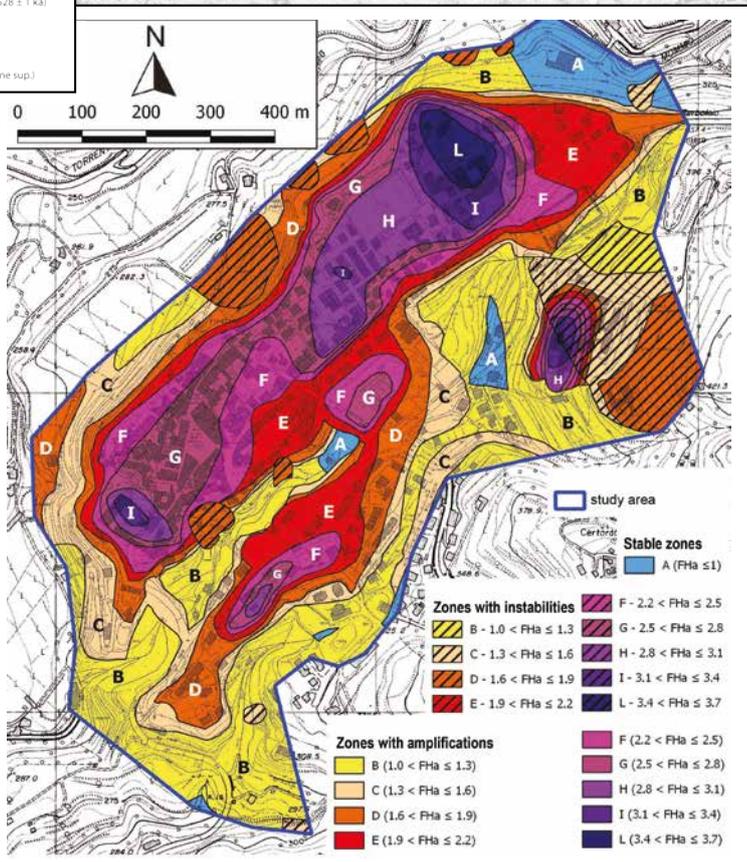
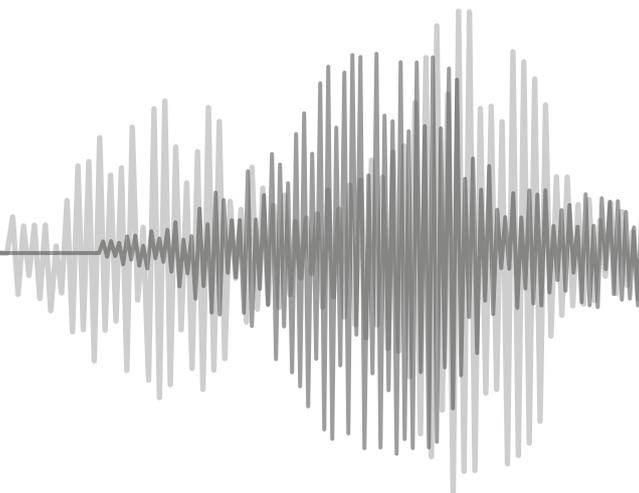


Fig. 4 - Esempio di carta di MS di Livello 3: Carta di MS di Livello 3 per il centro abitato di Fivizzano (Gruppo di Lavoro Fivizzano, 2019).



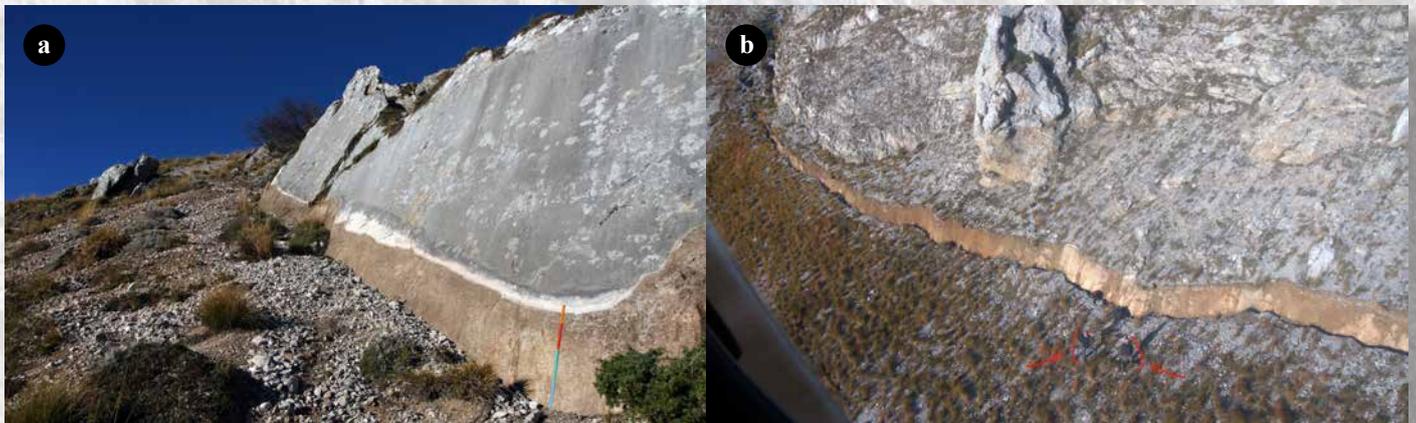


Fig. 5 - Foto della fagliazione cosismica della faglia del M.te Vettore scattate il 30/10/2016 a poche ore dal terremoto di Mw 6.6 (foto di E. Peronace); **a**) ringiovanimento della scarpata di faglia di circa 2 m (Colli Alti e Colli Bassi); **b**) ripresa dall'elicottero sulla rottura cosismica (circa 2 m, si noti la presenza in basso di due persone) sul cordone del M.te Vettore.

APPROFONDIMENTO: la fagliazione superficiale

Tra i vari fenomeni di instabilità che vengono studiati nella MS, particolarmente affascinante è la fagliazione di superficie. La pericolosità associata a questo fenomeno si manifesta in occasione di forti terremoti, generalmente con magnitudo $M > 6$ (Wells & Coppersmith, 1994; Wesnousky, 2008), quando, quasi istantaneamente (con velocità di km/s) dall'ipocentro la rottura lungo la faglia si propaga sino in superficie, rompendo di netto la topografia e le infrastrutture che attraversa (Fig. 1). Ne sono un esempio gli effetti cosismici di fagliazione avvenuti in occasione dei terremoti del 24 agosto (Mw 6.2) e 30 ottobre 2016 (Mw 6.6) in centro Italia (Figg. 5 e 6). Le faglie attive e capaci sono quelle faglie che hanno generato grandi terremoti negli ultimi 40.000 anni producendo fratture e dislocazioni istantanee della superficie topografica. Queste faglie vengono

studiate mediante le discipline geologiche della morfotettonica, della geologia del Quaternario, della geologia strutturale, della tettonica attiva e della paleosismologia. L'obiettivo di questi studi multidisciplinari è quello di mappare con precisione la traccia della faglia e, soprattutto, di valutare lo stato di attività in termini di distribuzione, grandezza e frequenza dei forti terremoti rilasciati dalla faglia, studiando le tracce che questi hanno lasciato sulle rocce e sui terreni interessati dalla deformazione cosismica.

Questo tipo di studi ha importanti ricadute sia in termini di pianificazione urbanistica e territoriale (Commissione tecnica per la MS 2015), sia sul miglioramento della valutazione della pericolosità sismica regionale e nazionale.

STATO DI ATTUAZIONE DEGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA IN ITALIA

I terremoti distruttivi hanno sempre spinto la società verso importanti miglioramenti nella politica nazionale di mitigazione del rischio sismico, oltre a costringere i governi a investire una notevole quantità di risorse per la ricostruzione. Le disposizioni più comuni e tipiche per la prevenzione sismica a livello nazionale adottate dopo un terremoto sono l'aggiornamento della normativa e della classificazione sismica. Ciò è avvenuto in Italia dopo il terremoto in Abruzzo del 6 aprile 2009, con la Legge 77/2009. La nuova normativa sismica edilizia, promulgata il 14 gennaio 2008 (NTC 2008), è stata applicata solo per gli edifici pubblici strategici e le costruzioni infrastrutturali, mentre il suo utilizzo obbligatorio per le costruzioni ordinarie era stato inizialmente rinviato a luglio 2010. Nella Legge 77/2009, invece, è stato stabilito che il nuovo codice edilizio dovesse essere obbligatoriamente utilizzato per ogni tipo di costruzione

a partire dal 1° luglio 2009, anticipando così la sua piena applicazione di un anno. Nel nuovo codice edilizio sono state introdotte alcune importanti novità.

Con l'Articolo 11 della Legge 77/2009, inoltre, sono stati stanziati fondi per la prevenzione del rischio sismico a livello nazionale. L'importo complessivo è stato di 963,5 milioni di euro in sette anni. La realizzazione del programma di prevenzione è stata affidata al Dipartimento della Protezione Civile.

L'ammontare complessivo dei fondi, seppur significativo rispetto al passato, rappresenta una percentuale minima rispetto a quanto si stima sarebbe necessario. Questo programma, tuttavia, ha permesso di compiere notevoli passi avanti rispetto al passato, attraverso l'implementazione di nuovi strumenti di prevenzione e la crescita generale della cultura della prevenzione sismica indotta nella popolazione e negli amministratori pubblici.

LA MICROZONAZIONE

per la mitigazione del rischio sismico in Italia

Oltre agli importantissimi ed economicamente preponderanti interventi di adeguamento sismico delle strutture e degli edifici, una parte dei fondi stanziati dalla legge, pari a circa il 10% del totale, è stata destinata a studi di MS, effettuati da professionisti incaricati, in genere dai singoli Comuni.

Al fine di dare priorità alle azioni di mitigazione del rischio sismico, la Legge 77/2009 ha stabilito esplicitamente che i contributi dovessero essere indirizzati ai Comuni con un livello di pericolosità sismica superiore ad una determinata soglia, come calcolato nella carta nazionale della pericolosità sismica (MPS-WG, 2004; www.mi.ingv.it/pericolosita-sismica). In totale, quasi 4000 dei circa 8000 Comuni italiani sono stati finanziati per realizzare studi di MS.

In questo quadro, la MS è stata identificata come lo strumento chiave nel piano nazionale di prevenzione sismica, attraverso una strategia di mitigazione del rischio attuata a livello di singoli Comuni.

Sono stati seguiti due principi generali per fornire piena funzionalità e massimizzare l'impatto del programma di MS (Moscatelli et al. 2020):

1. gli studi avrebbero dovuto essere eseguiti utilizzando metodologie standard su tutto il territorio nazionale e, non meno importante, gli esiti degli studi essere inclusi nella pianificazione urbana dei singoli Comuni;
2. gli studi avrebbero dovuto essere coordinati e integrati con altri interventi di mitigazione del rischio sismico, quali ad esempio il rafforzamento strutturale degli edifici pubblici e la verifica dei piani di emergenza comunali.

Al fine di attuare questo mandato, è stata istituita una Commissione tecnica interistituzionale per il coordinamento degli studi di MS. Essa prepara i documenti tecnici, fornisce le linee guida e controlla le attività e lo stato di attuazione del piano su tutto il territorio nazionale.

La MS, per come è realizzata in Italia, è uno studio multidisciplinare. Richiede la raccolta, l'archiviazione, l'elaborazione e la rappresentazione di una notevole quantità di dati, di diversa natura e rilevanza, necessari per descrivere il modello integrato del sottosuolo. È quindi evidente la necessità di raccogliere tutte le informazioni necessarie in modo razionale e ben organizzato, per renderle fruibili in modo rapido e adeguato. La realizzazione di un tale sistema di archiviazione, gestione e rappresentazione richiede lo sviluppo di procedure chiare e condivise e il superamento di problemi complessi, rilevanti non solo per le modalità di archiviazione dei dati, ma anche per la loro selezione, omogeneizzazione, codifica e rappresentazione cartografica (vedi il principio 1 di cui sopra).

A questo proposito, al momento dell'istituzione del programma nazionale, il documento tecnico di riferimento per la realizzazione degli studi era già disponibile come "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" (Gruppo di lavoro MS, 2008). L'applicazione di queste linee guida è stata resa obbligatoria per l'esecuzione di studi di MS sul territorio nazionale. Nello specifico, per realizzare gli studi sono applicati standard di archiviazione dei dati e rappresentazione cartografica, in accordo con le linee guida nazionali. Questi standard sono stati progressivamente adeguati e migliorati, sulla base delle osservazioni degli esperti degli Istituti di ricerca, delle

Università, delle Regioni e della stessa Commissione, anche a seguito delle esperienze maturate con la MS del territorio abruzzese dopo il terremoto del 2009 (Commissione tecnica per la MS 2015, 2018a, b).

Agli inizi del 2020 sono stati finanziati complessivamente 3741 studi di MS (Moscatelli et al. 2020), che rappresentano circa il 96% dei Comuni eleggibili (3896 Comuni con $ag \geq 0,125g$). Oltre l'80% degli studi di MS sono di Livello 1: obiettivo della legge è infatti dotare i Comuni almeno del livello di base di conoscenza, per poi procedere con i necessari approfondimenti. La disponibilità di tutti gli studi di MS in un formato standard permette di effettuare elaborazioni statistiche e fare considerazioni generali rilevanti.

Alcune statistiche preliminari calcolate sugli studi, mostrano che solo il 9% del territorio analizzato si trova in zone stabili, ossia dove non si prevedono amplificazioni del moto sismico o effetti permanenti causati dal terremoto. Il 21% del territorio occupa zone potenzialmente soggette a instabilità cosismiche permanenti, mentre il restante 70% è occupato da zone suscettibili di amplificazione sismica in caso di terremoto (Dolce et al., 2019).



Fig. 6 - a) Fagliazione cosismica della faglia del M.te Vettore (terremoto del 30 ottobre 2106 Mw 6.6) di un piccolo edificio in mattoni in località Capanna Ghezzi (a sinistra) e **b)** lungo la strada che da Arquata del Tronto porta alla Piana di Castelluccio di Norcia (a destra); in quest'ultimo caso si noti lo strato di asfalto steso dopo la fagliazione cosismica della strada in occasione del terremoto del 24 agosto soggetto ad una nuova dislocazione cosismica il 30 ottobre (foto di E. Peronace).

CONCLUSIONI

L'approccio alla MS sviluppato ed applicato in Italia mira a fornire informazioni standardizzate, utili a sostenere le attività di prevenzione del rischio sismico nei Comuni con più elevata pericolosità sismica. In questo senso, gli studi di MS integrano (non sostituiscono) le analisi di risposta sismica locale (del singolo edificio) prescritte dalla normativa sismica per la progettazione, colmando il divario che esiste tra queste ultime e le valutazioni della pericolosità sismica a scala regionale.

L'importanza tecnica di questo miglioramento è indubbia, perché le attuali conoscenze su come il territorio italiano si comporta in caso di terremoto non sono minimamente confrontabili con quelle disponibili appena dieci anni fa: un'imponente quantità di dati e carte tematiche è stata prodotta, raccolta e conservata in un database nazionale ed è stata resa disponibile a tutti per la consultazione sul portale www.webms.it, realizzato e gestito dall'Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria del CNR per conto del Dipartimento della Protezione Civile. Al di là del prezioso miglioramento delle conoscenze, dopo dieci anni di

applicazione delle linee guida per la MS sono stati raggiunti due obiettivi altrettanto importanti per la nostra società. Innanzitutto, la comunità scientifica italiana è stata in grado di cooperare oltre i confini delle discipline: geologi, ingegneri e sismologi, provenienti da diversi organismi di ricerca, hanno creato gruppi interdisciplinari i cui sforzi mirati hanno consentito lo sviluppo di un linguaggio scientifico comune. Questo non è mai scontato, quando si affrontano questioni scientifiche complesse, spesso in emergenza, con approcci a volte molto diversi tra loro. Non ultimo per importanza, il virtuoso trasferimento delle conoscenze dal mondo della ricerca verso quello delle professioni e delle amministrazioni del territorio. Nei fatti, centinaia di professionisti, principalmente geologi, si sono specializzati nella valutazione della pericolosità sismica locale. Allo stesso tempo, un gran numero di funzionari tecnici regionali e comunali è stato coinvolto nella microzonazione, acquisendo una rinnovata sensibilità verso la pericolosità sismica del proprio territorio. Questi cittadini e tecnici rappresenteranno un presidio distribuito e si riveleranno attori primari per realizzare le future attività di mitigazione del rischio sismico in tutto il Paese.

BIBLIOGRAFIA

Baratta M. (1910). *La catastrofe sismica calabro messinese (28 dicembre 1908)*. Relazione alla società Geografica Italiana, Roma 2 Vol. 426 pp.

Commissione tecnica per la MS. (2015). *Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da Faglie Attive e Capaci (FAC)*. Versione 1.0. Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome - Dipartimento della protezione civile, Roma, 66 pp.

Commissione tecnica per la MS. (2018a). *Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da liquefazioni (LQ)*. Versione 1.0. Roma, 62 pp.

Commissione tecnica per la MS. (2018b). *MS: Standard di rappresentazione e archiviazione informatica*. Versione 4.1.1, Roma, 134 pp.

Crespellani T. (2014). *Seismic Microzonation in Italy: a brief history and recent experiences*. Ing Sismica-Ital, anno XXXI, n.2, 3-31.

Dolce M., Brammerini F., Castenetto S. & Naso G. (2019). *The Italian policy for Seismic Microzonation*. In: Proceedings of the 7th International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering (7ICEGE), Rome. ISBN: 978-0-367-14328-2

Faccioli E. (1986). *Elementi per una guida alle indagini di Microzonazione Sismica*. Quaderni de "La Ricerca Scientifica", 114, CNR PF Geodinamica, Monografie finali Vol. 7.

Galli P. (2018). *Il libro dei terremoti scritto nelle rocce*. Sapere, 3, 18-23. DOI: 10.12919/sapere.2018.03.2.

Galli P. & Peronace E. (2014). *New paleoseismic data from the Irpinia Fault. A different seismogenic perspective for southern Apennines (Italy)*. Earth-Science Reviews 136, 175-201. <http://dx.doi.org/10.1016/j.earscirev.2014.05.013>

Gruppo di Lavoro Fivizzano. (2019). *MS di livello 3: il caso del centro abitato di Fivizzano (MS)*. Roma, 170 pp. DOI: 10.32053/MICROZONAZIONE_FIVIZZANO - https://doi.org/10.32053/MICROZONAZIONE_FIVIZZANO.

Gruppo di lavoro MS. (2008). *Indirizzi e criteri per la MS*. Conferenza delle Regioni e delle Province autonome - Dipartimento della protezione civile. Roma, 3 vol. e Dvd.

Gruppo di lavoro MS. (2011). *Contributi per l'aggiornamento degli Indirizzi e criteri per la MS*. Ing Sismica-Ital, anno XXVIII, 2, 68 pp.

Mancini M., Marini M., Moscatelli M., Pagliaroli A., Stigliano F., Di Salvo C., Simionato M., Cavinato G.P. & Corazza A. (2014). *A physical stratigraphy model for seismic microzonation of the Central Archaeological Area of Rome (Italy)*. B Earthq Eng, 12, 1339-1363. <https://doi.org/10.1007/s10518-014-9584-2>

Mancini M., Gaudiosi G., Cacioli M.C., Cavuoto G., Di Fiore V., Milana G., Vassallo M., Silvestri F., D'Onofrio A., Allenza G.A., Pompa P., Coltella M., Cosentino G., Pietrosante A. & Tarquini E. (2019). *Assessment of site effects in volcanic areas: results from seismic microzonation studies in the island of Ischia (Naples, Italy)*. GNGTS 2019, Atti del 38° Convegno Nazionale, Roma 12-14 novembre 2019, 420-423.

Moscatelli M., Albarello D., Scarascia Mugnozza G. & Dolce M. (2020). *The Italian approach to seismic microzonation*. Bull Earthquake Eng, 18, 5425-5440. <https://doi.org/10.1007/s10518-020-00856-6>.

MPS-WG (2004). *Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM del 20 marzo 2003 n.3274 All. 1*. Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004 + 5 allegati. <https://zones.ismic.he.mi.ingv.it/>

Pagliaroli A. (2018). *Key issues in Seismic Microzonation studies: Lessons from recent experiences in Italy*. Rivista Italiana di Geotecnica, 1/2018(1), 5-48. DOI: 10.19199/2018.1.0557-1405.05

Pilla L. (1846b). *Istoria del tremuoto che ha devastato i paesi della costa toscana il dì 14 agosto 1846*. Vannucchi editore, Pisa, 226 pp.

Wells D.L. & Coppersmith K.J. (1994). *New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement*. B Seismol Soc Am, 84, 974-1002.

Wesnousky S. (2008). *Displacement and Geometrical Characteristics of Earthquake Surface Ruptures: Issues and Implications for Seismic-Hazard Analysis and the Process of Earthquake Rupture*. B Seism Soc Am, 98, 1609-1632.

GLOSSARIO

Densificazione: Processo rapido indotto dall'azione sismica in materiali sciolti non suscettibili a liquefazione. Rientrano in questa categoria i materiali sciolti prevalentemente granulari (sabbie e limi sabbiosi) sopra falda (asciutti o parzialmente saturi) che, in particolari condizioni geologico-geotecniche, subiscono compressione volumetrica, ovvero riduzione dell'indice dei vuoti, quando soggetti ad azioni sismiche sufficientemente elevate.

Faglia Attiva e Capace: In accordo con quanto stabilito negli ICMS (Gruppo di lavoro MS, 2008), è considerata attiva una faglia che si è attivata almeno una volta negli ultimi 40.000 anni (parte alta del Pleistocene superiore-Olocene), ed è considerata capace una faglia attiva che raggiunge la superficie topografica, producendo una frattura/dislocazione del terreno. Questa definizione si riferisce al piano di rottura principale della faglia (piano su cui avviene la maggiore dislocazione).

Fattore di Amplificazione (Fa): Parametro numerico che descrive l'amplificazione del moto sismico in un dato punto rispetto a quello misurato in un sito di riferimento (bedrock), rappresentato da un terreno rigido (roccia) e pianeggiante. Le amplificazioni possono essere legate alle caratteristiche litologiche e morfologiche dell'area che si sta valutando. Il fattore di amplificazione può essere espresso in termini di accelerazioni (Fa) e/o in termini di velocità, con sigla (Fv).

Frana sismoindotta: Movimento di una massa di roccia, terra o detrito lungo un versante che si innesca in seguito al manifestarsi di un evento sismico.

Liquefazione: Fenomeno per cui, in conseguenza dell'applicazione di azioni dinamiche quali le azioni sismiche agenti in condizioni non drenate, un terreno perde la propria resistenza al taglio. La causa sta nell'incremento delle pressioni interstiziali che segue alla sollecitazione dinamica: l'incremento, sommato al valore iniziale della pressione interstiziale, arriva a uguagliare il valore delle tensioni normali applicate determinando l'annullamento delle tensioni efficaci e dunque della resistenza. Sono particolarmente suscettibili di liquefazione dinamica i depositi superficiali di terreni granulari sciolti sotto falda.

IRRINUNCIABILI PLASTICI



ETNA 60X90 cm SCALA 1:75.000



VESUVIO 90X67 cm SCALA 1:22.500



AFRICA 65x75 cm SCALA 1:14.000.000



ALPI 90x67 cm SCALA 1:1.000.000



MONDO 98x67 cm SCALA 1:40.000.000

GlobalMap nasce dall'unione delle esperienze unite di litografia artistica cartografica e SELCA, società che rispettivamente dal 1949 e 1978. Entrambe case editrici più volte nel panorama delle realizzazioni stampate in campo geologico. Hanno fatto la storia delle carte CARG e gran parte dei prodotti geologici attualmente presenti sul mercato.

Ultimo, ma non meno importante, il passaggio alla cartografia tridimensionale su supporto plastico. Questa dà la possibilità di rendersi conto a prima vista e senza possibilità di errore del come e perchè la struttura geomorfologica sia così.

Per questo abbiamo preso contatti con la stampa specializzata e vogliamo comunicare agli addetti ai lavori la nascita del primo prodotto cartografico geologico in 3D. *L'ITALIA*.

NELL'ERA DELLA CARTOGRAFIA DIGITALE E DELLE MAPPE SATELLITARI ON-LINE CHE, IN ALCUNE AREE, RAGGIUNGONO INCREDIBILI LIVELLI DI DETTAGLIO, SEMBRA IMPROBABILE CHE POSSANO SOPRAVVIVERE FORME DI CARTOGRAFIA TRADIZIONALE COME LA CARTOGRAFIA IN RILIEVO. MA LA REALTÀ DEL MERCATO SMENTISCE QUESTA CONCLUSIONE, INDICANDO IL SETTORE DELLA CARTOGRAFIA IN RILIEVO ADDIRITTURA COME TRAINANTE, IN ITALIA E ALL'ESTERO.

La cartografia in rilievo, nasce dalla carta geografica stampata su un foglio di plastica termodeformabile e viene impressa a caldo su un calco tridimensionale. Grazie all'informatizzazione della seconda fase, cioè quella della creazione del calco tramite una fresa a controllo numerico introdotta di recente, GlobalMap ha consolidato la sua posizione di azienda specializzata in questo particolare settore del mercato con prodotti di ottima qualità e, altrettanto importante, molto competitivi in termini di prezzo e tempi di realizzazione.



ITALIA 87x115 cm SCALA 1:1.250.000

ITALIA GEOLOGICA

-40%

Prezzo di vendita al pubblico 150€
CODICE SCONTO: GLOBALMAP40

**ordine da effettuare tramite e-mail al servizio clienti: info@global-map.it*
previo pagamento su contocorrente: POSTE ITALIANE - IBAN IT 06 J 07601 02800 001036578662

A background illustration of a stack of papers or documents. The papers are rendered with light blue and grey tones, featuring sketchy, hand-drawn lines and textures. The stack is positioned on the right side of the page, with the top pages slightly offset to show depth. The overall style is artistic and modern.

DIARIO

*di un Geologo
Fame-Labber*

a cura di **Filippo Carboni**



Da otto anni si svolge in Italia l'evento FameLab, la più importante competizione internazionale di divulgazione scientifica; sfortunatamente noi geologi siamo poco rappresentati. La partecipazione al FameLab è sicuramente un'ottima occasione per mettersi alla prova a livello personale, ma soprattutto per divulgare la geologia come scienza alla pari delle classiche fisica, chimica e biologia, generalmente più rappresentate nell'ambito della comunicazione della scienza. Noi giovani geologi dovremmo cercare d'introdurci maggiormente nella divulgazione scientifica, cercando di sfruttare la nostra voglia di fare e la nostra passione per la geologia e la ricerca. Il FameLab rappresenta un'ottima occasione per rendere la geologia affascinante e comprensibile per tutti. Inoltre, le modalità utilizzate durante le presentazioni dei monologhi FameLab, o comunque raccontare la geologia come una storia, potrebbe trovare un ottimo riscontro nell'insegnamento della geologia nelle scuole, rendendola più interessante e divertente.



Autore Filippo Carboni

Dipartimento di Fisica e Geologia, Università degli Studi di Perugia, P.zza Università 1, Perugia.

INTRODUZIONE

Recentemente mi sono iscritto alla competizione di divulgazione scientifica più importante in Europa, il FameLab, volendomi inserire nell'intrigante mondo della comunicazione della Scienza, per cercare di divulgare quello che oltre ad essere il mio lavoro attuale, è la mia passione: la geologia.

La competizione FameLab è il primo talent-show della scienza e della ricerca, una competizione internazionale di comunicazione della scienza per giovani ricercatori e studenti universitari. Si basa sulla capacità di saper spiegare, in soli tre minuti, un argomento scientifico che appassioni, oppure che sia oggetto delle proprie ricerche, in modo semplice e chiaro, alla portata di tutti. L'evento FameLab si può sintetizzare in 4 concetti chiave: 1) TALENTO: un concorso in forma di spettacolo per scovare i nuovi talenti della ricerca e della divulgazione scientifica; 2) STORIE: la scienza, la tecnologia, la ricerca, raccontata in prima persona dai suoi protagonisti in chiave narrativa; 3) 3 MINUTI: la brevità, l'esattezza, la leggerezza nel comunicare i contenuti scientifici e tecnologici al grande pubblico; 4) GLOBAL: un evento internazionale, una rete di contatti, di scambi, di esperienze, di scienziati e di istituzioni su scala mondiale.

L'evento organizzato in Italia, gestito da Psiquadro in collaborazione con il British Council, creatore di questo X-Factor della scienza, quest'anno è arrivato all'ottava edizione. Dalla prima edizione, nel 2012, FameLab Italia ha coinvolto più di 600 giovani ricercatori e studenti universitari, diffondendosi in numerose città italiane (Ancona, L'Aquila, Bari, Catania, Firenze, Foggia, Genova, Lecce, Pavia, Perugia, Roma e Trieste), con la partecipazione sia di Università che di Centri di Ricerca Nazionali (<http://famelab-italy.it> per maggiori dettagli). Fino alle scorse edizioni, nessun geologo ha partecipato alle finali nazionali. Personalmente è stata un'esperienza molto formativa dal punto di vista scientifico, professionale ma soprattutto personale, e vorrei raccontarvela, con l'obiettivo di far conoscere a chiunque stia leggendo, questa modalità molto divertente di divulgazione.



Keywords

FameLab Italia
Catene montuose
Comunicazione della scienza

FAMELAB ITALIA 2020

Normalmente la partecipazione al FameLab prevede una selezione locale nelle varie città partecipanti, basata sulla presentazione di due monologhi scientifici di massimo 3 minuti. Il lungo percorso nel mondo di FameLab inizia con una pre-selezione volta a scremare i candidati che accedono alle finali locali; i vincitori delle finali locali partecipano ad una masterclass di tre/quattro giorni volta ad insegnare le basi della divulgazione e successivamente accedono alle finali nazionali. Il vincitore delle finali nazionali rappresenterà in seguito l'Italia nel contest internazionale che si svolge tutti gli anni al *Cheltenham Science Festival*, in Inghilterra. Ho specificato normalmente perché, quest'anno, a causa della diffusione pandemica del COVID, alcune selezioni locali (tra cui quella di Perugia alla quale ho partecipato) sono state svolte tramite l'invio di due video registrati che poi sono stati valutati dai giudici, i quali hanno dichiarato i due semifinalisti nazionali. Per quanto mi riguarda



Fig. 1 - Foto conclusiva della mini-masterclass avvenuta in presenza a Trieste, il giorno prima delle finali nazionali. Foto di Marco Giugliarelli / FameLab Italia.

ho passato le selezioni locali aggiudicandomi il primo posto e partecipando così alla masterclass, avvenuta virtualmente, e successivamente alle finali nazionali a Trieste, in presenza. Vista la mancata possibilità di condurre la masterclass ufficiale in presenza, Psiquadro è riuscito comunque ad organizzare una mini-masterclass di un pomeriggio, in presenza, prima delle finali, aiutandoci così a creare un gruppo unito, rendendo l'esperienza ancora più emozionante (**Fig.1**).

Quest'anno le finali nazionali sono state suddivise in una pre-selezione (o semifinale), alla quale hanno partecipato 21 giovani scienziati, studenti e ricercatori, vincitori delle selezioni locali, ed una finalissima, alla quale hanno avuto accesso solo in 11 dei 21 iniziali. Personalmente sono riuscito a vincere le semifinali nazionali, presentando un monologo associando il complesso ciclo delle rocce all'altrettanto complessa trama di una soap-opera televisiva, *The Bold and the Beautiful*. Una volta finito

il monologo, la giuria, mi ha posto alcune domande che mi hanno fatto riflettere. Tre dei quattro giudici, hanno esternato il loro poco interesse per la geologia, esprimendo quanto per loro sia noiosa. Ma gli stessi tre giudici hanno poi ammesso di essersi divertiti durante il monologo, esprimendo tutto il loro interesse per la geologia spiegata in modo simpatico, fantasioso e semplice.

Alla finale nazionale ho deciso di presentare un monologo molto vicino al mio ambito di ricerca, focalizzato sulla formazione di catene montuose ed il loro sviluppo, dal titolo: "La fantasia di un bambino" (per visionare foto e video visitate la pagina [Facebook](#) ed il canale [YouTube](#) di FameLab Italia).

Vorrei qui presentarvelo in maniera leggermente più dettagliata di quanto abbia fatto sul palco del FameLab.

LA SCIENZA DIETRO LA STORIA: LA FANTASIA DI UN BAMBINO

Questa è la storia di Gianni, 8 anni, il classico bambino molto disordinato che fa infuriare i genitori...immaginate come può essere camera sua: giocattoli, briciole, vestiti sparsi dappertutto... ma Gianni è particolarmente dotato, la sua fantasia dilaga, e per divertirsi accumula ed accavalla i suoi vestiti in giro per la camera, immaginando così di creare delle montagne.

Alla fine, le montagne non sono altro che una serie di rocce che si accumulano ed accavallano le une sulle altre.

Le montagne si formano principalmente attraverso due processi: vulcanismo ed orogenesi (i.e. compressione). Nel primo caso, la lava che fuoriesce dal cono vulcanico si deposita e solidifica ai suoi lati, ed ogni nuova eruzione apporta nuovo materiale che s'impila su quello già esistente, facendo accrescere il vulcano (**Fig. 2**).

Nel secondo caso invece, le rocce che vengono compresse orizzontalmente a causa di forze profonde agenti a livello della crosta terrestre, inizialmente si piegano e ripiegano su loro stesse e successivamente vengono impilate le une sulle altre attraverso strutture geologiche (i.e. tettoniche) denominate faglie inverse. Queste faglie sono delle superfici di rottura lungo le quali avviene lo scorrimento di rocce più antiche, che si muovono al di sopra di rocce più recenti (**Fig. 3**). Questo meccanismo è alla base delle catene montuose che si formano in ambienti compressivi, ad esempio lungo i margini attivi, in prossimità dei limiti di placca convergenti, dove due porzioni di crosta terrestre (placche tettoniche) si scontrano (i.e. Alpi, Appennini, Ande, Himalaya). La presenza di una serie di pieghe e faglie inverse, permette l'impilamento di rocce più antiche su quelle più recenti, portando alla formazione di una catena montuosa (**Fig. 3c**). Tali catene possono essere intese come catene montuose collisionali. L'aspetto, irregolare, frastagliato o tondeggiante delle catene montuose moderne, che affiorano in superficie (i.e. Alpi, Appennini, Pirenei, Urali, Ande, Himalaya), è dovuto principalmente all'erosione che avviene sia durante la loro formazione in ambiente marino, sia durante le fasi di accrescimento e stasi in ambiente subaereo (in superficie).

Ma entriamo nella mente di Gianni quando gioca in camera sua con i vestiti... le doghe del letto sono il livello del mare, Gianni ammassa i vestiti per terra, spingendoli ed accavallandoli sotto il letto...quando il pavimento è pulito e liscio i vestiti scivolano facilmente e la montagna si forma lunga, ma sottile. Al contrario,

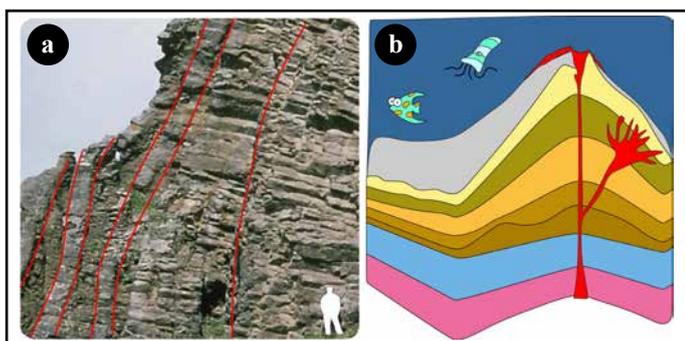


Fig. 2 - a) Livelli di stratificazione (line rosse) dati da una serie di colate laviche in ambiente sottomarino, presso Momo-Iwa, Giappone. Persona in bianco come scala (modificato da White et al., 2015). **b)** Schema concettuale di una sezione di un vulcano (in questo caso sottomarino), rappresentante le stratificazioni prodotte da varie eruzioni in successione.

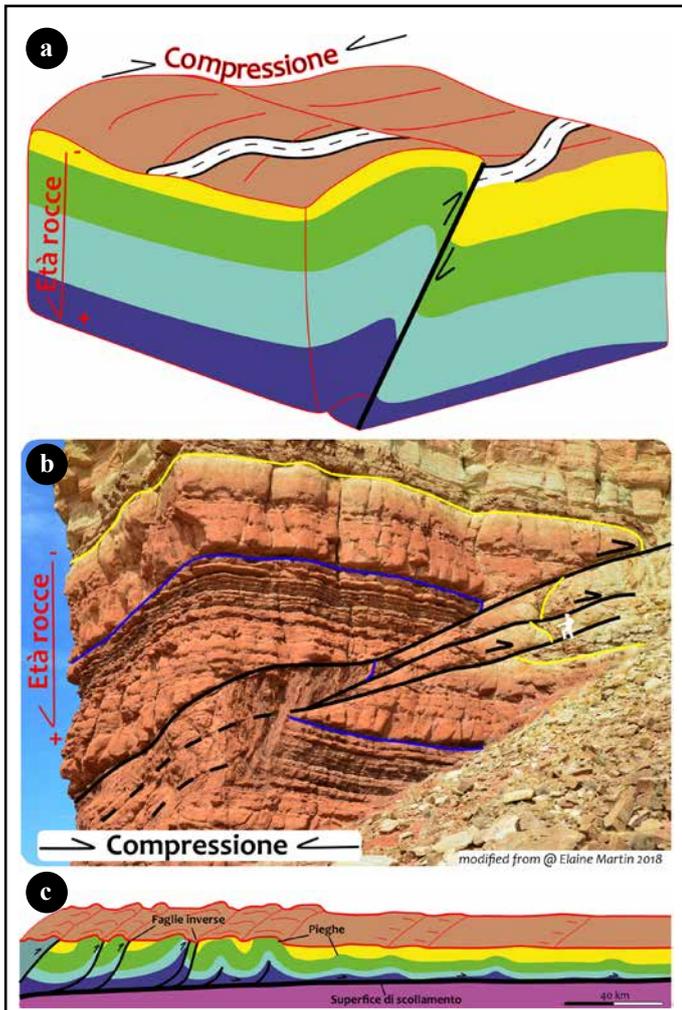


Fig. 3 - Le faglie inverse sono in nero. **a)** schema concettuale di una faglia inversa che disloca strati di roccia inizialmente continui. Lo strato blu è più antico di quello giallo. **b)** affioramento di una faglia inversa a basso angolo (sovrascorrimento) nei pressi di Ketobe Knob, San Rafael Swell, Utah, USA; notare la scala data dalla persona in bianco (foto originale di Elaine Martin, 2018, <http://www.epod.usra.edu/blog>). **c)** sezione geologica reale semplificata attraverso la catena degli Zagros in Iran (modificata da Fakhari et al, 2008).

quando il pavimento è sporco, ruvido, Gianni fa più fatica a muovere i vestiti, per cui la montagna diventa più corta ma spessa... in ogni caso i vestiti, così come le rocce, si accavallano finché la montagna non spunta da sotto le doghe, ovvero... emerge dal mare... come ad esempio è successo alle Alpi.

Perché Gianni immagina di creare le montagne di vestiti sotto il mare? L'ambiente marino è di fondamentale importanza nell'evoluzione delle catene montuose compressive, la quale si può schematizzare in 3 fasi consequenziali (Wilson, 1966), due delle quali si sviluppano in ambiente marino profondo. La Fase 1 si sviluppa quando una placca tettonica, composta da Crosta Oceanica (sottile, densa e pesante), si scontra con una placca composta da Crosta Continentale I (spessa ma meno densa e pesante) e ne scorre al di sotto, attraverso il processo della subduzione oceanica (**Fig. 4a**). In questa fase, le rocce presenti nella porzione di Crosta Continentale I vicina alla zona

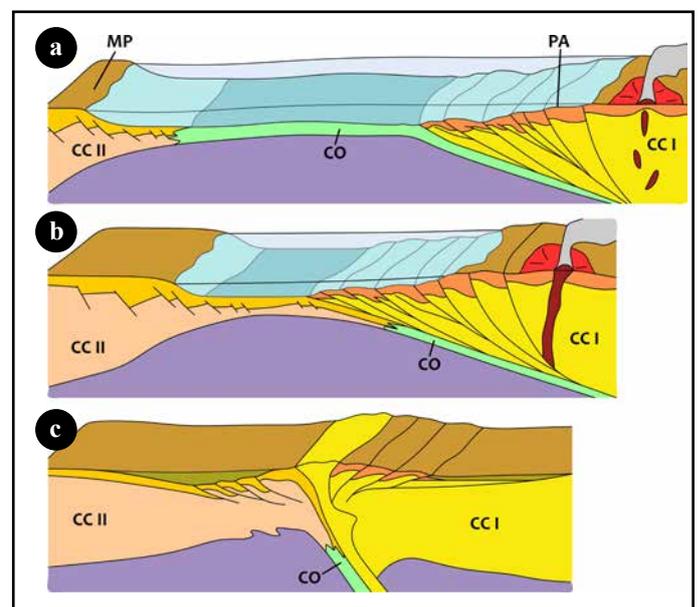


Fig. 4 - Schema concettuale semplificato delle tre fasi di evoluzione delle catene montuose collisionali sottomarine. **a)** Fase 1: sviluppo del prisma d'accrezione (PA) in ambiente marino profondo. **b)** Fase 2: sviluppo della catena ancora in ambiente marino profondo. **c)** Fase 3: la catena continua a formarsi in ambiente superficiale o marino poco profondo. CC I: crosta continentale I; CC II: crosta continentale II; CO: crosta oceanica; PA: prisma d'accrezione; MP: margine passivo.

di subduzione, insieme ai sedimenti provenienti dalla costa, vengono compresse ed impilate le une sulle altre formando una catena montuosa chiamata Prisma di Accrezione. Inoltre, dei pezzi della Crosta Oceanica che scorre al di sotto di quella Continentale I vengono strappati ed inglobati nel prisma di accrezione, il quale si accresce verso la Crosta Oceanica, sviluppandosi in ambiente marino profondo. La Fase 2 inizia quando la maggior parte della Crosta Oceanica è consumata al di sotto di quella Continentale I, la quale si scontra con la Crosta Continentale II che si trova alle spalle della Crosta Oceanica subdotta (**Fig. 4b**). In questo caso, di fronte al prisma di accrezione precedentemente sviluppatosi, ed ormai praticamente inattivo, inizia a formarsi una nuova catena montuosa più giovane. Anche durante questa fase la catena montuosa attiva si sviluppa in ambiente marino profondo. La Fase 3, che si sviluppa in zone di collisione continentale, è caratterizzata dallo scontro delle Croste Continentali I e II, e dall'innalzamento della catena

C

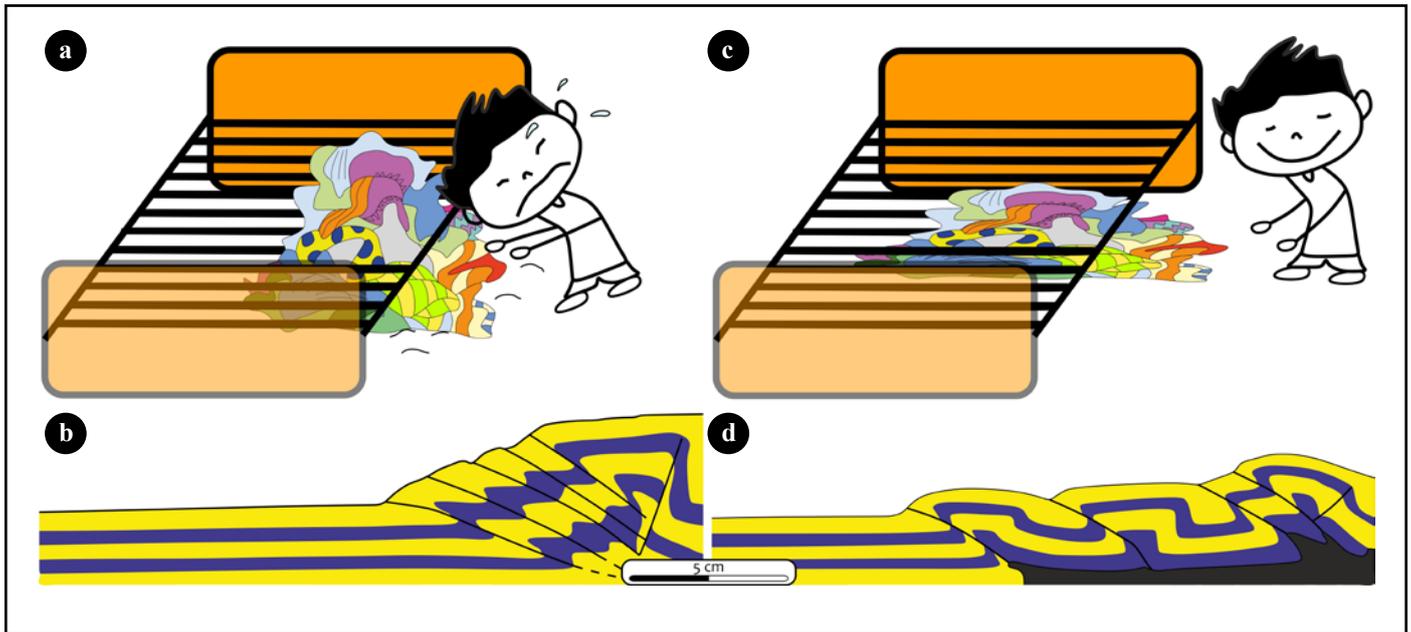


Fig. 5 - a,c) Gianni che spinge i vestiti al di sopra di una superficie che presenta attrito elevato **(a)** e su di una con un basso attrito **(c)**. **b, d)** modelli reali condotti in laboratorio per osservare le differenze reali tra lunghezza, geometria e spessori in relazione al tipo di roccia alla base della catena montuosa (modificato da Li & Mitra, 2017); alla base del modello **(b)** è stato utilizzato uno strato a comportamento fragile (giallo), mentre nel modello **(d)** uno strato a comportamento duttile (nero).

montuosa formatavi in ambiente marino profondo che adesso si sviluppa in ambiente marino superficiale oppure direttamente in superficie (**Fig. 4c**).

La geometria, lo spessore e la lunghezza di una catena montuosa sono strettamente legate alle caratteristiche delle rocce che vengono deformate all'interno della catena stessa ed alla quantità di attrito alla sua base (Dahlen, 1990). L'attrito viene prodotto dallo scorrimento delle rocce al di sopra di una faglia inversa a basso angolo. In questo caso ci si riferisce a tale faglia come superficie di scollamento, dalla quale si dipartono una serie di altre faglie inverse che deformano le rocce poste al di sopra (**Fig. 3c**). Un'elevata quantità di attrito alla base, quindi un'elevata resistenza allo scorrimento, produce una catena montuosa corta ma spessa, in quanto le rocce tendono ad impilarsi maggiormente le une sopra le altre piuttosto che scorrere lungo la superficie di scollamento (**Fig. 5a e b**). Al contrario, nel caso in cui la quantità di attrito sia relativamente bassa, le rocce tendono a scorrere più facilmente lungo la superficie di scollamento, senza la necessità di accrescersi verticalmente (**Fig. 5c e d**).

Ma da cosa dipende la quantità di attrito presente alla base di una catena montuosa? Fondamentalmente dal tipo di rocce presenti alla base, che devono agire come una specie di lubrificante. Migliore è il lubrificante e minore è l'attrito; in natura, come dal ferramenta, esistono lubrificanti migliori di altri. Questi lubrificanti, in natura, sono degli strati di roccia all'interno dei quali (alla base, in mezzo o nella parte superiore) si creano le superfici di scollamento, al di sopra delle quali si formano le catene montuose. I lubrificanti migliori in natura sono dati da rocce terrigene (derivanti dall'erosione di rocce più antiche) come livelli di argilla in sovrappressione. Questi, sono strati argillosi depositatosi in ambiente marino, in cui i granelli molto

piccoli ($< 0.4 \mu\text{m}$) tendono ad avvicinarsi tra di loro durante la compattazione, intrappolando grandi quantità d'acqua. Con l'aumentare della compattazione, l'acqua fa sempre più fatica a fuoriuscire e quindi crea delle pressioni più elevate di quanto sarebbero state se l'acqua fosse riuscita ad uscire. Oltre a queste argille in sovrappressione, esistono dei livelli di evaporiti, ovvero rocce derivanti principalmente dall'evaporazione di acqua marina (i.e. sale) durante periodi di estrema siccità in un ambiente marino isolato (bordato e chiuso su tutti i lati). Gli strati di sale agiscono come un perfetto lubrificante data la loro bassa densità e la loro bassa resistenza alla deformazione. Questi due tipi di rocce (argille in sovrappressione e sale), hanno un comportamento duttile, ovvero si comportano come un fluido denso, tendendo a fluire riducendo l'attrito. Al contrario, i lubrificanti meno efficienti sono dati da livelli di argille (sotto una pressione normale) oppure da rocce carbonatiche fangose (che a differenza di quelle terrigene derivano dalla precipitazione diretta di Carbonato di Calcio). Queste rocce hanno un comportamento più fragile, ovvero fanno più fatica a fluire, tendendo a rompersi e fratturarsi più facilmente.

Il secondo fattore importante che influenza la geometria, lo spessore e la lunghezza di una catena montuosa è la resistenza alla deformazione delle rocce componenti la catena stessa. Maggiore è la resistenza e minore è lo spessore, poiché le rocce riescono a scorrere al di sopra di una superficie ad elevato attrito senza subire una deformazione importante (Dahlen, 1990).

Gianni in camera ha anche uno scivolo per i vestiti, collegato direttamente alla lavanderia al piano di sotto... e si diverte molto ad usarlo, consapevole del fatto che qui la gravità fa scivolare i vestiti verso il basso che poi si accavallano nella

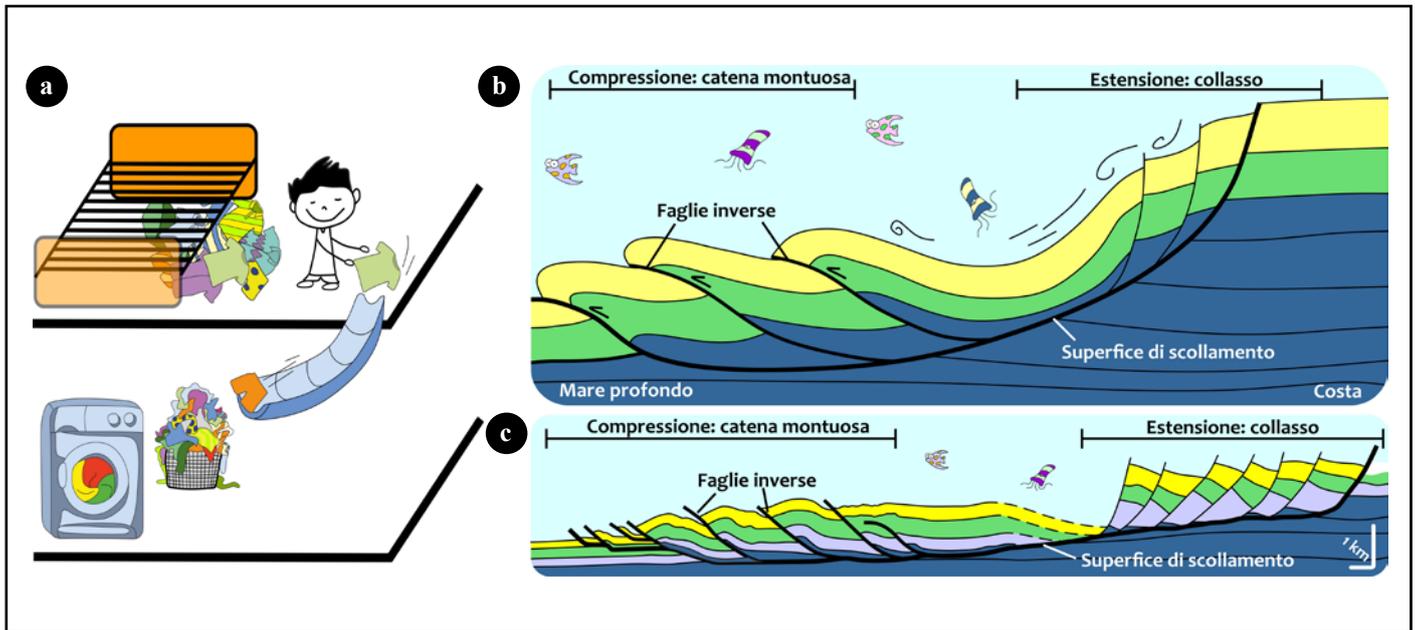


Fig. 6 - a) Gianni che lancia i vestiti sullo scivolo. **b)** schema concettuale semplificato di un sistema gravitativo in cui si può osservare come la zona depressa verso costa sia collegata alla zona di compressione verso il mare profondo. **c)** sezione geologica reale semplificata di una parte del sistema gravitativo dell'Orange Basin, sotto il mare di fronte alla costa ovest del Sud Africa Settentrionale (modificato da Carboni, 2019).

cesta alla fine dello scivolo... Gianni inoltre sa che sotto il mare, la gravità fa crollare e scivolare alcune rocce vicino alla costa che poi si accavallano verso il mare profondo, dove si formano le montagne... come ad esempio sotto i mari di fronte al Brasile o all'Africa.

Le catene montuose compressive non si sviluppano solamente nelle zone di margine attivo, ma si possono trovare spesso in zone di margine passivo (**Fig. 4a**). Questi, sono margini tettonicamente inattivi dove non ci sono forze profonde in grado di deformare le rocce presenti nell'area. In queste zone, l'unica forza in grado di deformare le rocce portando alla formazione di catene montuose, è la forza di gravità, o meglio, l'energia potenziale gravitazionale (Rowan et al., 2004). Quest'ultima rappresenta la quantità di energia di un corpo che è in grado di compiere un lavoro. In questo caso il lavoro è rappresentato dalla possibilità di rocce presenti vicino alla costa ma sotto il livello del mare, di crollare sotto il proprio peso in seguito alla perturbazione del loro equilibrio e scivolare, lungo un piano inclinato, verso il mare profondo, dove tendono ad impilarsi. Si viene così a creare un sistema gravitativo composto da due zone principali: una zona verso la costa, caratterizzata dalla presenza di aree depresse, ed una zona verso il mare profondo, caratterizzata dall'impilamento delle rocce crollate provenienti dalla costa e dalla conseguente formazione di catene montuose (**Fig. 6**). Tali catene montuose possono intendersi come catene gravitative.

Anche in questo caso, come per le catene collisionali, le rocce si deformano e si impilano grazie alla presenza di pieghe e faglie inverse che si diramano da una superficie di scollamento posta alla base della catena. Una delle differenze tra le catene

collisionali e quelle gravitative si riflette nel loro raccorciamento; le seconde tendono a deformarsi più rapidamente delle prime, raccorciandosi meno (Cruciani et al., 2017). Questo è dovuto al fatto che l'energia potenziale gravitazionale è limitata e quando si esaurisce, la catena diventa inattiva. Al contrario, le catene collisionali, continuando a deformarsi finché le forze profonde persistono, ovvero finché la collisione tra due placche continua, possono raggiungere raccorciamenti più elevati. Una seconda differenza risiede nello spessore finale delle catene: le catene collisionali tendono ad essere più spesse poiché le forze che le deformano agiscono anche in profondità, ed il livello di scollamento alla base della catena può essere molto profondo. Al contrario, le catene gravitative si sviluppano al di sopra di un livello di scollamento abbastanza superficiale che non interessa tutta la crosta terrestre ma solo la porzione che crolla e scivola lungo la superficie di scollamento.

Ma Gianni spesso gioca con Piero, il suo migliore amico, divertendosi a separare i vestiti per colore: mentre Gianni sta ammassando tutti i vestiti verdi Piero, come un fiume in piena che porta nuovi sedimenti in mare, continua a lanciarli i vestiti blu... questi vengono inglobati e la montagna cresce bicolore. Poi si fermano, la montagna non cresce più, ed iniziano a lanciarle sopra tutti i vestiti gialli...ricoprendola... e così la montagna si ritrova sotterrata, quasi nascosta)... magari da una pianura... come la nostra Pianura Padana.

Durante l'evoluzione di una catena montuosa, i sedimenti provenienti dall'erosione di zone più elevate si depositano nelle depressioni create tra una faglia (o piega) e l'altra, venendo inglobati dalla catena in crescita (**Fig. 7a e b**). Se la velocità

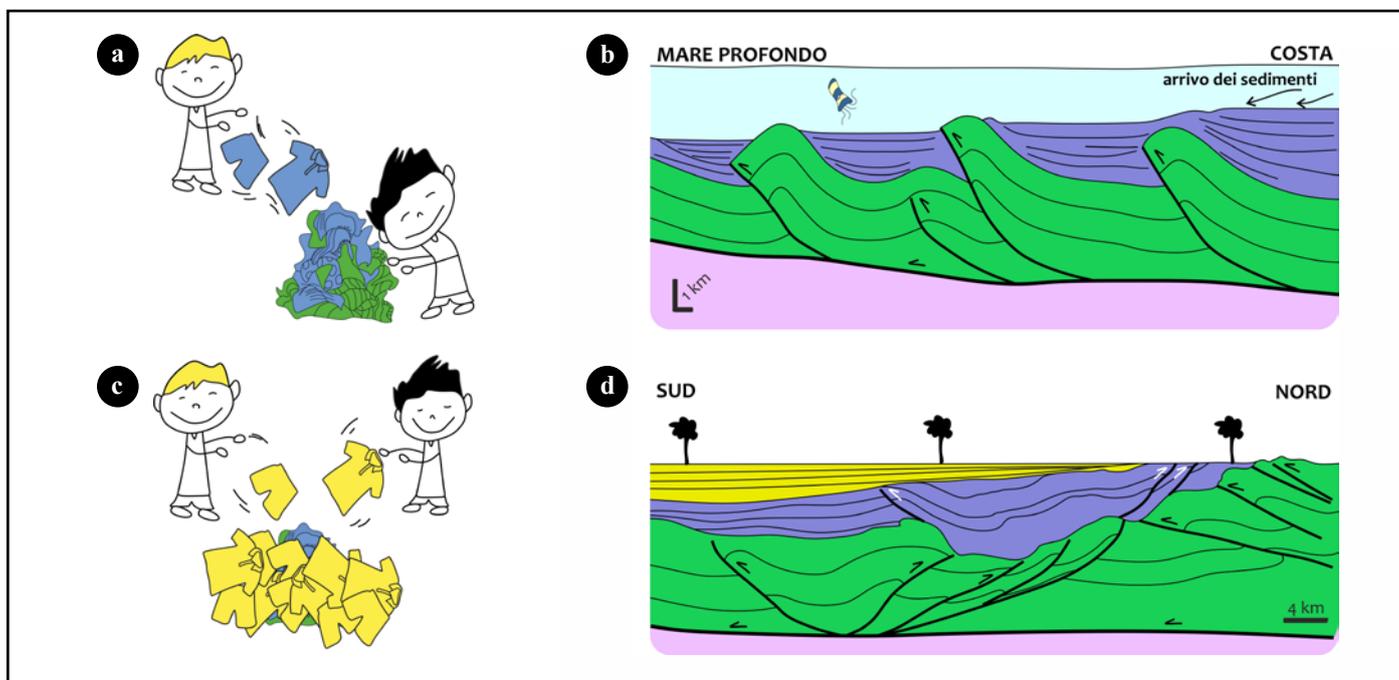


Fig. 7 - a) Gianni e Piero che costruiscono la montagna bicolore. **b)** sezione geologica reale semplificata della catena montuosa localizzata sotto i mari di fronte alla costa NW del Borneo Settentrionale (modificato da Carboni et al. 2019). **c)** Gianni e Piero che sotterrano la montagna. **d)** sezione geologica reale semplificata della catena alpina sotterrata da sedimenti della pianura Padana (modificato da Bertello et al. 2010). In rosa le rocce non deformate; in verde le rocce deformate dall'inizio della formazione della catena; in blu le rocce che si sono depositate durante l'evoluzione della catena; in giallo le rocce depositatesi quando la catena non era più attiva.

di deposizione dei nuovi sedimenti è maggiore della velocità di deformazione delle rocce, allora la catena viene presto sotterrata ma comunque, evolvendosi, continua a deformare anche i sedimenti appena depositati (**Fig. 7b**). Al contrario, se la velocità di deposizione è minore rispetto alla velocità di deformazione, allora i nuovi sedimenti sono inglobati nelle zone depresse e comprese tra due faglie (o due pieghe), continuando a deformarsi ma senza sotterrare la catena. Quando la catena montuosa diventa inattiva, i sedimenti tendono a riempire gli ultimi spazi vuoti rimasti, sotterrandola (**Fig. 7c e d**).

Per noi sono passati solo 3 minuti, ma nelle menti di Gianni e Piero sono passati almeno 3 milioni di anni...

La durata dell'evoluzione di una catena montuosa è molto variabile, dipendendo principalmente dalla durata delle forze che agiscono deformando le rocce. Ad esempio gli Appennini hanno iniziato a formarsi circa 33 milioni di anni fa e sono ancora attivi; le Alpi si sono invece evolute tra 65.5 e 2.5 milioni di anni fa (per circa 63 milioni di anni), e nella parte ad est sono tutt'ora attive; la catena del NW Borneo (**Fig. 7b**) ha avuto inizio circa 4 milioni di anni fa ed è tutt'ora attiva, mentre la catena dell'Orange Basin (**Fig. 6c**), non più attiva, si è evoluta almeno per 10 milioni di anni.

CONCLUSIONI

Come geologi, stiamo iniziando ora a comunicare la nostra scienza, e penso che per farlo al meglio dobbiamo cercare di sfruttare tutte le possibilità dateci da questa società dinamica e "social". Credo che noi giovani geologi dovremmo impegnarci molto di più nella divulgazione delle nostre ricerche e delle conoscenze che stiamo acquisendo, essendo probabilmente quelli più in grado di rivolgerci in maniera innovativa ed interessante ad una comunità scientifica che considera la geologia noiosa oppure ad una comunità non scientifica che probabilmente ha un concetto totalmente erroneo di cosa sia e di cosa studi la geologia.

La partecipazione al FameLab darebbe sicuramente molta più visibilità alla geologia, la quale verrebbe presentata come scienza tanto interessante, bella ed utile come può essere la fisica o la biologia. Con questo breve articolo vorrei spingere i giovani geologi come me a cercare d'inserirsi nel mondo della divulgazione, ad esempio partecipando al FameLab, per trasmettere la nostra passione in modo che la geologia non venga più considerata noiosa, complicata od inutile ma bensì affascinante e divertente.

Inoltre, considerando che la geologia racconta la storia della nostra Terra, potrebbe essere una buona idea prendere spunto dalle modalità di presentazione utilizzate dal FameLab per insegnare la geologia come fosse una vera storia anche nelle scuole.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia Psiquadro, FameLab Italia e Marco Giugliarelli per aver permesso di pubblicare la foto della mini-masterclass e per il materiale utile alla descrizione del FameLab.

Un ringraziamento va ai membri del gruppo di Geologia Strutturale e Geofisica (GSG), dell'Università di Perugia, del quale faccio parte, per avermi aiutato nella correzione dell'articolo. Vorrei inoltre ringraziare l'Editor, Enrico Capezzuoli per avermi dato l'opportunità di scrivere e divulgare questo articolo.

BIBLIOGRAFIA

Bertello F., Fantoni R., Franciosi R., Gatti V., Ghielmi M. & Pugliese A. (2010). *From thrust-and-fold belt to foreland: hydrocarbon occurrences in Italy.* Geological Society, London, Petroleum Geology Conference series, 7, 113-126, 1 January 2010, <https://doi.org/10.1144/0070113>.

Carboni F. (2019). *Deep water fold-and-thrust belts (DWFTBS) developed at continental margins: modern and fossil examples.* Unpublished PhD thesis, University of Perugia, Italy, 197 pp.

Carboni, F., Back S. & Barchi M.R. (2019). *Application of the ADS method to predict a "hidden" basal detachment: NW Borneo fold-and-thrust belt.* Journal of Structural Geology, 118, 210 - 223.

Cruciani F., Barchi M.R., Koyi H.A. & Porreca M. (2017). *Kinematic evolution of a regional-scale gravity-driven deepwater fold-and-thrust belt: The Lamu Basin case-history (East Africa).* Tectonophysics, 712-713, 30 - 44.

Dahlen F.A. (1990). *Critical taper model of fold-and-thrust belts and accretionary wedges.* Annu. Rev. Earth Planet. Sci., 18, 55 - 99.

Fakhari M.D., Axen G.J., Horton B.K., Hassanzadeh J. & Amini A. (2008). *Revised age of proximal deposits in the Zagros foreland basin and implications for Cenozoic evolution of the High Zagros.* Tectonophysics, 451, 170 - 185.

Li J. & Mitra S. (2017). *Geometry and evolution of fold-thrust structures at the boundaries between frictional and ductile detachments.* Marine and Petroleum Geology, 85, 16 - 34.

Rowan, M.G., Peel F.J. & Vendeville B.C. (2004). *Gravity-driven fold belts on passive margins.* In K. R. McClay (ed.), *Thrust tectonics and hydrocarbon systems.* AAPG Memoir, 82, 157 - 182.

White J.D.L., McPhie J. & Soule S.A. (2015). *Submarine Lavas and Hyaloclastite.* In H. Sigurdsson (ed.), *The Encyclopedia of Volcanoes.* Elsevier, 363 - 375.

Wilson, J.T. (1966). *Did the Atlantic close and then re-Open?* Nature, 211, 676 - 681.

Nel corso dell'Olocene il deserto del Sahara ha subito importanti trasformazioni ambientali controllate dalle variazioni di intensità dei sistemi monsonici provenienti dall'Oceano Indiano e dal Golfo di Guinea. L'incremento delle precipitazioni è iniziato circa 10000 anni fa ed è durato almeno cinque millenni, contribuendo alla formazione di quello che viene definito *Green o Blue Sahara*. La conclusione di tale fase più umida dell'attuale *Brown Sahara* è avvenuta a partire da circa 5000 anni fa, ma la dinamica con cui le condizioni iperaride attuali si sono realizzate è ancora argomento di discussione e vedono contrapposte una ipotesi di graduale transizione a un abrupto cambiamento climatico-ambientale. Lo studio dettagliato di numerosi archivi di *proxy data* provenienti dal Sahara centrale e la loro contestualizzazione geomorfologica dimostra come le precipitazioni di origine monsonica si sono effettivamente ridotte attorno a 5000 anni fa, ma con una risposta dei sistemi continentali modulata rispetto all'assetto geomorfologico. I sistemi connessi ad ampie riserve idriche, come taluni corsi d'acqua, sono sopravvissuti ben oltre l'inizio della fase di diminuzione delle piogge, mentre quelli connessi a riserve idriche superficiali (come i bacini lacustri tra le dune) si sono essiccati rapidamente. Infine, si prende in considerazione un possibile contributo antropico all'aridificazione del Sahara.



GREEN, BLUE, OR BROWN?

*Storia olocenica del
deserto del Sahara*

a cura di **Andrea Zerboni** e **Mauro Cremaschi**



INTRODUZIONE

Il deserto del Sahara (Fig. 1), con una superficie di circa 9 milioni di km², è uno dei più vasti deserti caldi del pianeta. Attualmente, le precipitazioni sulla regione sono di poche decine di millimetri all'anno, spesso localizzate in aree limitate e con ampi intervalli senza pioggia, tanto da determinare un clima di tipo iperarido. Il paesaggio attuale del Sahara (Figg. 2, 3) alterna ampi campi di dune – il deserto dell'immaginario classico –, montagne costituite principalmente da massicci arenacei, intrusi magmatici e coni vulcanici smantellati dall'alterazione, ampie aree pianeggianti coperte da pavimento del deserto e poche aree verdi – le oasi –, dove specifiche condizioni idrogeologiche permettono alla vegetazione di sopravvivere sfruttando limitate risorse idriche superficiali.

Si ritiene che il deserto del Sahara abbia almeno 7 Ma (milioni di anni), secondo altri autori potrebbero essere anche 12 Ma, ma nel corso della sua lunga storia non è sempre stato un ambiente iperarido come quello attuale. A partire almeno dal Pleistocene Medio e per buona parte dell'Olocene, infatti, il Nord Africa e di conseguenza anche il Sahara hanno attraversato fasi con piogge più intense di quelle attuali (definite pluviali da alcuni autori), i cui effetti sull'ambiente sono per entità paragonabili alle profonde variazioni provocate dall'alternarsi di cicli glaciali ed interglaciali avvenuti alle medie latitudini.

Le trasformazioni climatico-ambientali subite dal deserto del Sahara durante il Quaternario sono state ampiamente indagate

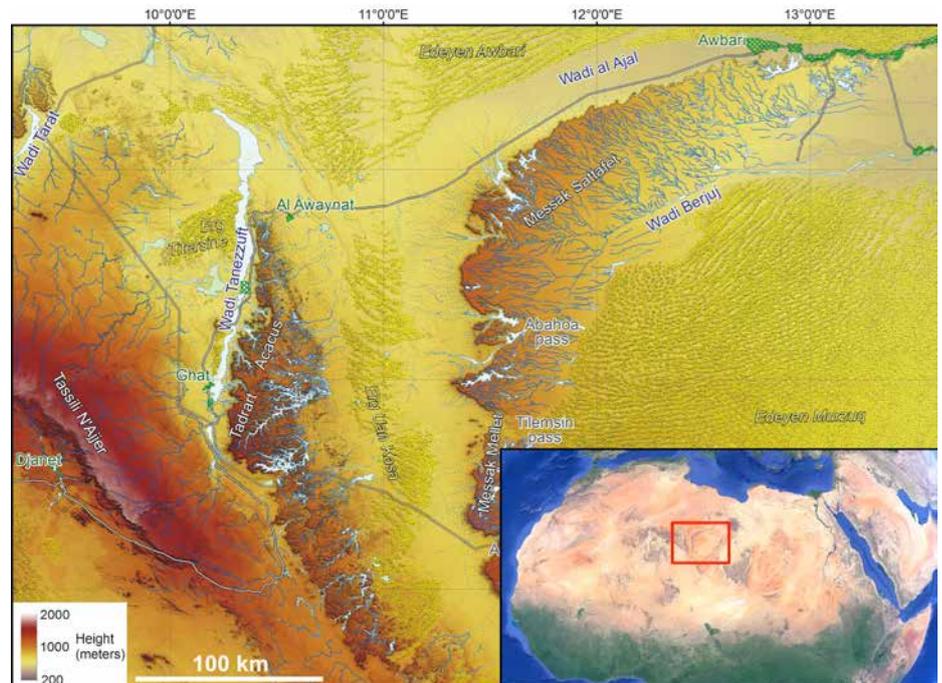


Fig. 1 - Il Sahara in foto satellitare e una carta geomorfologica semplificata del Sahara centrale libico (elaborazione A. Perego).

nel corso degli ultimi decenni grazie allo studio di carotaggi oceanici, archivi continentali di dati paleoidrologici, contesti archeologici e modelli climatici interpretativi (deMenocal et al., 2000; Gasse, 2000). Gli studi dimostrano come l'intensità e la durata delle perturbazioni di origini monsonica (che si formano sul Golfo di Guinea e sull'Oceano Indiano in seguito ad aumento dell'energia proveniente dal sole) sono il fattore chiave che, assieme alle condizioni fisiografiche proprie di ogni area, hanno permesso l'alternanza di periodi più umidi dell'attuale e fasi di espansione dei confini del deserto. Il quadro generale delle modificazioni che ha subito il Sahara, soprattutto per quanto riguarda l'Olocene, sono note in termini generali, ma recenti riletture dei dati disponibili stanno mostrando una complessa dinamica di trasformazioni, spesso con effetti locali, che contraddicono i modelli generali (Zerboni & Nicoll, 2019).



Fig. 2 - Le dune dell'Edeyen di Murzuq (foto A. Zerboni).

LA NARRATIVA CLASSICA SUL SAHARA OLOCENICO

Rileggendo l'ampia letteratura dedicata alla ricostruzione delle passate variazioni climatico-ambientali avvenute in area sahariana, è possibile ricostruire un trend generale: parallelamente a quanto avvenuto alle medie latitudini che hanno visto l'alternarsi di fasi glaciali e interglaciali, caratterizzate dall'espansione e contrazione dei ghiacciai, sul Nord Africa l'alternanza tra aumento e diminuzione di intensità delle precipitazioni di origine monsonica ha provocato l'avvicinarsi dell'espansione e della contrazione del deserto (Gasse, 2000).

Alla fine dell'Ultimo Massimo Glaciale, le condizioni aride avevano raggiunto il loro massimo, coprendo tutta l'area compresa tra le coste dell'Oceano Atlantico e il Mar Rosso, tra le sponde meridionali del Mar Mediterraneo e buona parte dell'attuale Sahel. Con la disgregazione dei ghiacciai alle medie ed alte latitudini, la rimozione delle alte pressioni sopra al Mediterraneo e il progressivo aumento delle temperature globali, i sistemi monsonici riacquistano intensità e riescono a risalire sempre più in profondità il Nord Africa. Sono conservati pochi record paleoclimatici per il Tardoglaciale, ma pare evidente che brevi fasi di aumento delle piogge annuncino, già prima dell'Olocene, una fase climatica umida (Gasse, 2000). Quest'ultima è quella che viene comunemente indicato come *African Humid Period* (AHP), un periodo di incremento delle

precipitazioni su tutta l'Africa che dura circa 5000 anni, e che per quanto riguarda il Sahara viene definita come una fase di *greening*. L'intera regione, secondo il modello classico, si copre di vegetazione viene percorsa da corsi d'acqua e punteggiata di bacini lacustri; il *Brown Sahara* diventa così il *Green Sahara* o *Blue Sahara*.

I record oceanici e continentali concordano nel far coincidere l'inizio della fase verde del Sahara grossomodo con l'inizio dell'Olocene (deMenocal et al., 2000; Zerbini & Nicoll, 2019). Le precipitazioni riattivano il reticolo idrografico sahariano e alimentano falde acquifere superficiali che danno luogo a sorgenti, tra le montagne, e alla formazione di piccoli specchi lacustri soprattutto in mezzo ai campi di dune. I dati pollinici a disposizione suggeriscono un generalizzato incremento della copertura vegetale, sia arborea sia erbacea, incluse specie adattate a vivere in corrispondenza di ambienti umidi (Vincens et al., 2007). La maggior parte dei dati, inoltre, illustra come per i secoli successivi le condizioni ambientali si mantengono stabili, raramente interrotte da periodi di diminuzione delle precipitazioni e recrudescenza delle condizioni aride. Nel Sahara, le condizioni climatico-ambientali tipiche dell'AHP iniziano a cambiare attorno alla metà dell'Olocene, tra 6000 e 5000 anni fa, secondo modalità che ancora non sono completamente chiare.

Keywords

Sahara
Olocene
Depositi lacustri
Calcareous tufa
Aridificazione

LA FINE DEL GREEN/BLUE SAHARA: i punti da chiarire

Nella seconda parte dell'Olocene si assiste al graduale indebolimento del sistema monsonico; ciò implica una riduzione dell'intensità delle piogge sul Sahara, fino a portare la regione alle condizioni ambientali deserti che osserviamo oggi (Gasse, 2000). Se il trend generale è ben noto, i dati finora raccolti mostrano due tendenze distinte – e contrapposte – durante il processo di aridificazione.

I record oceanici e soprattutto quelli ricavati al largo dell'Oceano Atlantico, che sono abbastanza continui per questa fase, mostrano un improvviso incremento di materiale terrigeno attorno a 5000 anni fa (deMenocal et al., 2000). L'incremento dell'apporto di materiale terrigeno viene posto in relazione alla scomparsa della copertura vegetale, all'esaurimento delle risorse idriche a scala continentale e al conseguente aumento dell'emissione di polvere eolica; questo processo sarebbe avvenuto nell'arco di pochi secoli. Altri record oceanici, basati sullo studio di composti organici (come le cere fogliari), confermano queste osservazioni (Tierney et al., 2017). Sulla base di ciò è stata formulata l'ipotesi della terminazione abrupta e sincrona per tutta la regione dell'AHP (deMenocal et al., 2000). A questa ipotesi si



Fig. 3 - Panorama del massiccio arenaceo del Tadrart Acacus e di uno dei canyon che lo incide (foto A. Zerbini).

contrappongono numerose osservazioni raccolte sul terreno che illustrano come, in varie parti del Sahara, le risorse idriche si siano conservate per parecchi secoli e che l'aridificazione sia avvenuta in modo graduale, secondo una transizione da condizioni umide a quelle attuali iperaride (Kröpelin et al., 2008; Lézine, 2009; Cremaschi & Zerboni, 2011), che ha impiegato alcuni millenni (arrivando alle attuali condizioni poco più di 2000 anni fa). Ad esempio, il carotaggio ottenuto presso Lake Yoa (Ennedi, Chad settentrionale), che copre gli ultimi 6000 anni, illustra come le variazioni del regime delle piogge e la conseguente successione ecologica verso specie tipiche di ambienti desertici, sia avvenuta in modo graduale, lungo un intervallo di qualche millennio (Kröpelin et al., 2008). Inoltre, i dati paleoidrologici, geomorfologici e palinologici raccolti in varie regioni del Sahara illustrano una terminazione dell'AHP asincrona, differenziata sia secondo un gradiente latitudinale (Shanahan et al., 2015), ovvero sia avvenuta più tardi a latitudini più meridionali, sia sulla base del contesto fisiografico considerato, ovvero, in una medesima area unità geomorfologiche differenti hanno risposto in modo non lineare alle variazioni di intensità delle piogge (Cremaschi & Zerboni, 2011).

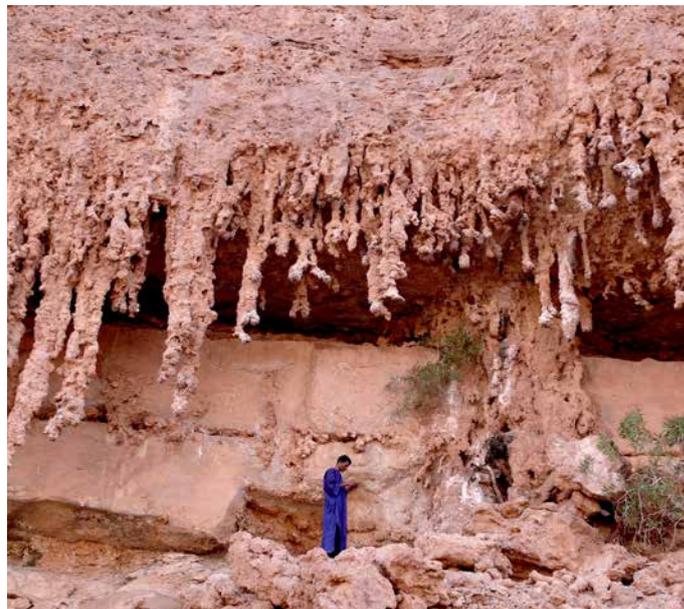


Fig. 4 - Un affioramento di *calcareous tufa* lungo le valli del Tadrart Acacus (foto A. Zerboni).

UNO SGUARDO AL SAHARA CENTRALE

Definire quale tra le due ipotesi riguardanti la terminazione della fase umida olocenica nel Sahara sia più precisa e meglio descriva i processi avvenuti a scala continentale è difficile per varie ragioni, principalmente per la carenza di successioni continentali continue, ben datate e distribuite lungo tutta la regione. Questo problema è legato sia all'assenza di studi sistematici, sia alle condizioni aride attuali, che hanno accelerato l'erosione delle sequenze deposizionali, specialmente rimuovendo i sedimenti più recenti. La carenza di sequenze deposizionali continue (lacustri, fluviali...) è il principale fattore limitante nella ricerca paleoclimatica nel Sahara. Gli studi sono principalmente puntuali, e per ogni regione è generalmente disponibile un solo archivio di dati paleoambientali, quasi sempre manca la contestualizzazione geomorfologica delle evidenze, che invece riveste un ruolo chiave nelle ricostruzioni paleoidrologiche.

Il Sahara centrale libico (Fig. 1), ad esempio, è una delle regioni dove le ricerche geomorfologiche e paleoambientali sono estremamente complete, poiché durate due decenni (1990-2010). In questa area, un approccio territoriale e geomorfologico applicato alla ricerca e all'interpretazione di *proxy data* per la ricostruzione paleoambientale ha permesso di ottenere dati sul cosiddetto *Green/Blue Sahara* con elevata risoluzione e dettaglio, integrando oltretutto le informazioni raccolte con la risposta delle comunità archeologiche che, nel corso dell'Olocene, hanno abitato la regione (Cremaschi & Zerboni, 2011).

La ricognizione territoriale ha esplorato aree profondamente differenti dal punto di vista geomorfologico, che includono massicci ed altopiani costituiti da arenarie quarzose, campi di dune, valli fluviali abbandonate, pianure coperte da pavimento del deserto, oasi verdeggianti. L'insieme delle forme del

paesaggio desertico rappresenta un complesso mosaico, ma ognuno di questi ambienti conserva tracce delle variazioni climatico-ambientali avvenute nel corso dell'Olocene e solo identificandole tutte e accostandole come se si stesse realizzando un puzzle, è possibile avere un quadro completo di quanto accaduto.

Lungo le valli secche – gli *wadi* – della catena del Tadrart Acacus (Fig. 1), un massiccio arenaceo orientato N-S e tagliato da numerose valli disposte lungo la direzione W-E secondo un evidente controllo strutturale (Zerboni et al., 2015), sono presenti a quote elevate tra i 500 e gli 800 m slm ampi affioramenti di *calcareous tufa* (Fig. 4), posizionati in corrispondenza di giunti di interstrato, tra bancate di arenaria con alla base strati di argilliti impermeabili (Cremaschi et al., 2010). I *tufa* così identificati rappresentano carbonati precipitati in corrispondenza di antiche sorgenti, in quanto il massiccio era alimentato da piogge copiose e l'acqua, percolando nella roccia, giungeva a giorno in corrispondenza di strati impermeabili. La precipitazione di carbonato era mediata dall'attività biologica, poiché i *tufa* mostrano evidente fototropismo e, dal punto di vista petrografico, manifestano evidenze di crescita stromatolitica alternata a presenza di muschi. Numerose misurazioni radiometriche permettono di datare la precipitazione dei *calcareous tufa*, e quindi l'attività delle sorgenti ad essi corrispondenti, all'inizio dell'Olocene tra circa 9500 e 8000 anni fa.

Nello stesso periodo, anche nelle ampie depressioni presenti tra le dune dei maggiori *erg* ed *edeyen* (ovvero campi di dune in arabo), le precipitazioni monsoniche permisero la ricarica di acquiferi superficiali che affiorando in superficie diedero luogo alla formazione di piccoli bacini lacustri (Fig.

GREEN, BLUE, OR BROWN?

Storia olocenica del deserto del Sahara

5), dove iniziarono a deporsi livelli fortemente arricchiti in sostanza organica alternati a strati di carbonato di calcio di precipitazione (Cremaschi & Zerboni, 2011). I dati raccolti nell'Edeyen di Murzuq confermano l'esistenza per buona parte dell'Olocene di specchi d'acqua sufficientemente profondi e costanti nel tempo da garantire la sopravvivenza di una variegata fauna a molluschi e talvolta anche di pesci (Van Neer et al., 2020) (Fig. 6). A ridosso dei pendii delle dune oppure nelle aree centrali delle depressioni interdunali sono distribuiti depositi lacustri, a volte terrazzati, riferibili sia al Pleistocene sia all'Olocene. Se per i terrazzi di età pleistocenica non si hanno sufficienti datazioni per ricostruirne i tempi di deposizione, i sedimenti olocenici si sono formati, sulla base di un centinaio di datazioni ^{14}C , tra 10500 e 5000 anni dal presente (Cremaschi & Zerboni, 2011). La sedimentazione lacustre non è costante lungo questo arco temporale e mostra una interruzione (corrispondente a una fase di rapido inaridimento in seguito ad interruzione delle precipitazioni) tra 8200 e 7900 anni dal presente. Questa interruzione nella sedimentazione potrebbe essere una risposta locale a una diminuzione delle piogge monsoniche indotta dal rapido evento di raffreddamento globale avvenuto al passaggio tra *Greenlandian* e *Northgrippian* (circa 8200 anni fa). Il fatto che anche i *calcareous tufa* smettano di crescere attorno a questo periodo lascia supporre che l'evento 8200 BP abbia avuto un effetto su tutta la regione, mentre la sostanziale scarsità di record continentali sahariani che ricordino questa breve interruzione dell'attività monsonica fa pensare che soltanto i sistemi idrogeologici più sensibili alla diminuzione delle piogge ne abbiano conservato traccia (Fig. 7).

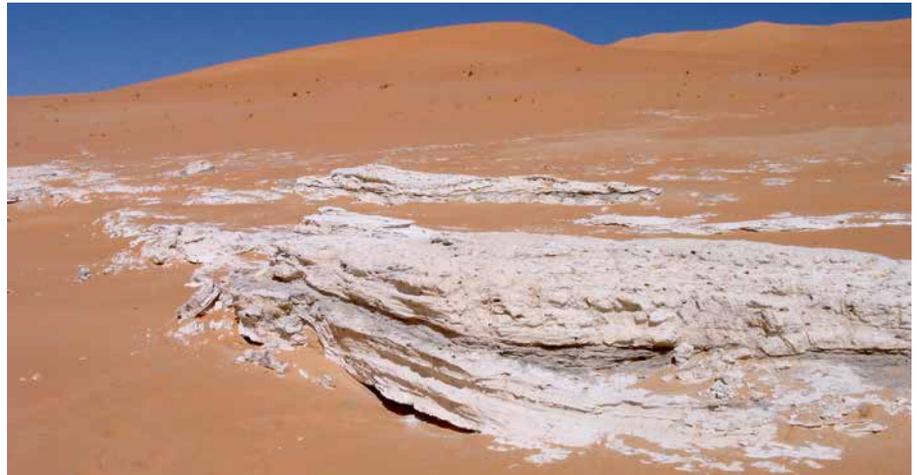


Fig. 5 - Affioramento di fanghi carbonatici tra le dune dell'Edeyen di Murzuq (foto A. Zerboni).



Fig. 6 - Scheletro sub-fossile di tilapia rinvenuto nei depositi lacustri olocenici dell'Edeyen di Murzuq (modificato da Van Neer, 2020).

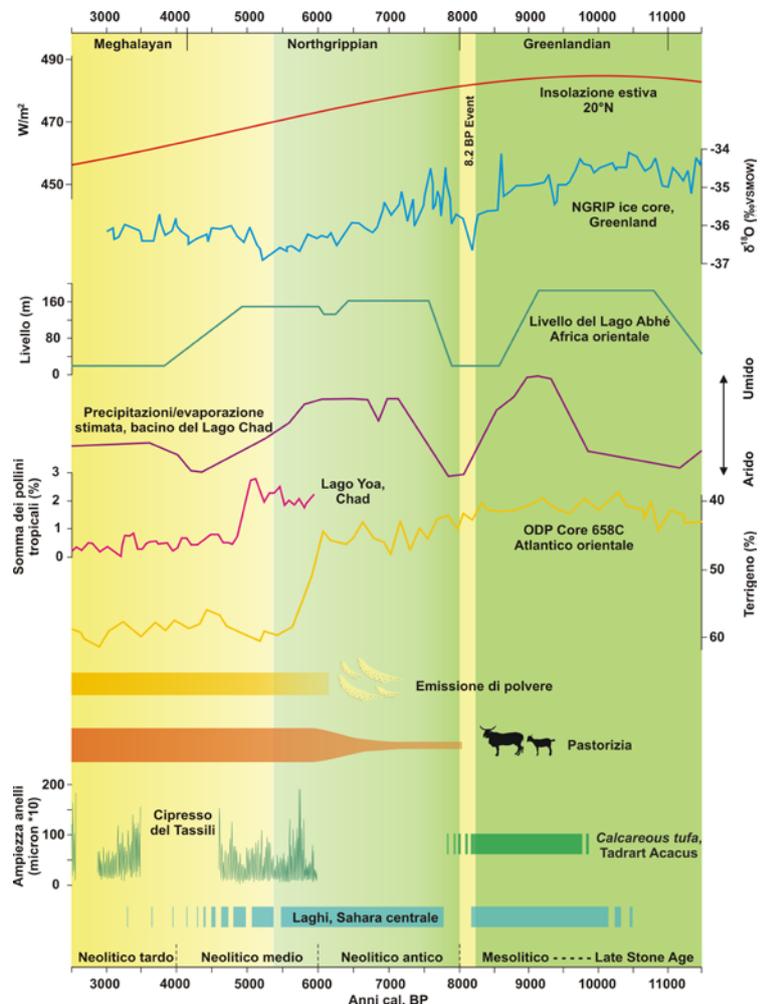


Fig. 7 - Grafico che raccoglie i principali archivi di proxy data disponibili per la regione sahariana.

I dati isotopici e sedimentologici mostrano una variazione nella tipologia di sedimenti durante le due fasi di attività lacustre prima e dopo l'interruzione di 8200 anni BP. Dalla fase più antica a quella più recente, i valori isotopici dell'ossigeno mostrano un sostanziale aumento, la precipitazione di carbonato di calcio diminuisce (con percentuali che diminuiscono dal 90% al 50/60%) con un incremento della componente silicoclastica, suggerendo una diminuzione delle precipitazioni di origine monsonica. Inoltre, l'insieme delle specie di molluschi che vivevano nei bacini lacustri mostra una transizione, nella seconda fase di attività lacustre, verso specie molto meno esigenti ed in grado di resistere a periodi di essiccazione dei bacini, suggerendo così la possibilità di avere specchi d'acqua non più stabili tutto l'anno, ma con regime stagionale.

La scarpata occidentale del massiccio Tadrart Acacus corrisponde ad una falesia alta qualche centinaio di metri, che si affaccia su Wadi Tanezzuft, un antico alveo fluviale – oggi attivo solo occasionalmente – largo fino ad alcune centinaia di metri e lungo circa 200 km (Fig. 8). Nel corso dell'Olocene Wadi Tanezzuft, alimentato dalle piogge monsoniche, era un fiume attivo, come testimoniato da evidenze sedimentologiche ed archeologiche, che ha progressivamente ridotto le proprie portata e lunghezza in risposta alla diminuzione delle precipitazioni (Cremaschi & Zerboni, 2011). Nella fase iniziale dell'Olocene, tale fiume sfociava in un ampio delta endoreico a nord del Tadrart Acacus, al di sotto delle dune dell'Edeyen di Awbari e il suo corso era caratterizzato probabilmente da un assetto *braided* come testimoniato da numerose barre di ghiaia ancora visibili lungo la parte distale del proprio corso. Con il progressivo ridursi delle precipitazioni, Wadi Tanezzuft ha diminuito la propria portata, costruendo però una ampia piana alluvionale. La distribuzione dei siti archeologici localizzati attorno al corso d'acqua ha permesso di tracciare nel tempo la progressiva riduzione di portata e lunghezza, stabilendo che la sua trasformazione in un corso d'acqua attivo solo in seguito a

piogge eccezionali sia avvenuta circa 2000 anni fa, ben dopo la fine del cosiddetto periodo umido africano. La persistenza di risorse idriche sufficienti a mantenere attivo un corso d'acqua delle dimensioni di Wadi Tanezzuft anche durante gli ultimi millenni dell'Olocene è supportata da altre evidenze, come ad esempio lo studio dendrocronologico degli anelli del cipresso del Tassili, un albero millenario endemico del Sahara centrale (Fig. 9). La curva ottenuta da tale studio mostra chiaramente come, a partire da circa 5000 anni fa, le piogge sulla regione siano progressivamente diminuite, ma che le condizioni di iperaridità si siano impostate solo attorno a 2000 anni fa (Cremaschi et al., 2006).

Oltre alle evidenze geologiche, in questa regione lo studio sistematico dei siti archeologici, e in particolare delle sequenze antropogeniche conservate all'interno dei ripari sotto roccia, hanno fornito un contributo improntato alla ricostruzione paleoambientale per due ragioni. Da una parte i sedimenti hanno subito processi post-deposizionali controllati dalle condizioni ambientali (Cremaschi & Zerboni, 2011), dall'altra rappresentano una ottima trappola pollinica (Mercuri, 2008). Il caso più emblematico è rappresentato dalla sequenza del riparo di Takarkori (Cremaschi et al., 2014), che si è formata nell'arco di circa 5000 anni di frequentazione umana del sito. A Takarkori, oltre alle importanti evidenze archeologiche preservate (Dunne et al., 2012; Mercuri et al., 2018), lo studio dei depositi antropogenici e dei resti pollinici ha permesso di osservare il progressivo inaridimento delle condizioni climatiche, testimoniato sia dalla stratigrafia pollinica sia dal grado di conservazione dei costituenti organici del deposito, più umificati nella parte più antica della sequenza e perfettamente conservati dal clima arido nella parte più recente del deposito. Inoltre, il dato geoarcheologico mostra una evidente cesura nella sedimentazione antropogenica, che si colloca nuovamente attorno a 8200 anni fa, confermando l'importanza a scala locale di un rapido evento climatico globale.

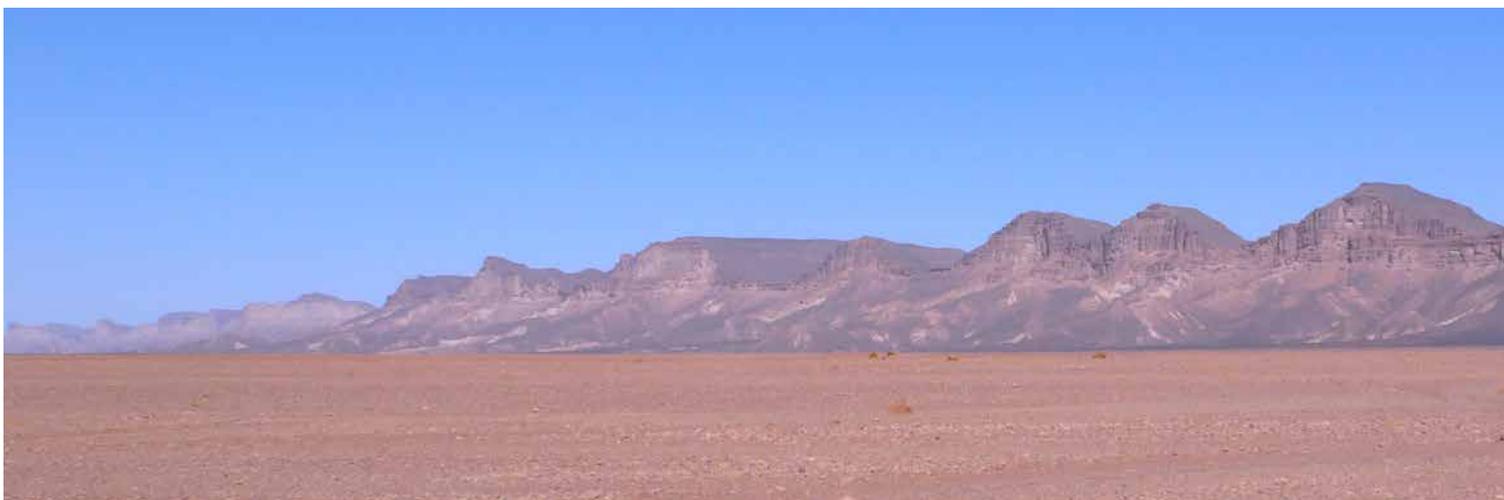


Fig. 8 - Le valli sospese del Tadrart Acacus che contornano lo Wadi Tanezzuft (foto A. Zerboni).

GREEN, BLUE, OR BROWN?

Storia olocenica del deserto del Sahara

COME RILEGGERE I DATI?

Il quadro che emerge dallo studio delle variazioni climatiche nel Sahara centrale è piuttosto complesso (Fig. 7). Segue nelle linee generali quanto noto per tutta la regione sahariana, ma la scala territoriale delle ricerche e l'approccio multidisciplinare hanno permesso di ottenere nuovi dati e di poter chiarire, ad esempio, la questione sulla terminazione improvvisa o graduale del periodo umido africano.

Nel Sahara centrale appare evidente che, con l'inizio dell'Olocene, l'incremento delle piogge di origine monsonica abbiano rapidamente ricaricato le riserve idriche, specialmente quelle più superficiali, alimentando sorgenti in area montuosa e permettendo la formazione di specchi d'acqua in mezzo alle dune. Ciò dimostra come la ricarica degli acquiferi, specialmente quelli superficiali, possa avvenire in modo quasi istantaneo. Le condizioni di maggiore disponibilità idrica che hanno controllato la nascita del *Green/Blue* Sahara sono durate per alcuni millenni, interrotte però da un rapido evento climatico attorno a 8000 anni fa. La rapida e improvvisa risposta a un evento climatico rapido dimostra la grande sensibilità dei sistemi idrogeologici superficiali sahariani. Le osservazioni più importanti che si possono trarre dalla storia climatica del Sahara centrale riguardano però la conclusione dell'AHP. In questa regione, ad esempio, la sedimentazione antropogenica, i dati pollinici e i sedimenti lacustri illustrano un'interruzione delle condizioni umide abbastanza rapida avvenuta circa 5000 anni fa. Al contrario, altri indicatori geomorfologici, come la dinamica fluviale di Wadi Tanezzuft, oppure i dati dendroclimatici del cipresso del Tassili, suggeriscono una transizione graduale verso condizioni iperaride, durata qualche millennio, così come suggerito ad esempio anche dal record del Lago Yoa (Kröpelin et al., 2008).

La ragione di questa dualità nella risposta alla diminuzione delle precipitazioni di origine monsonica nel Sahara centrale, così come in tutta la regione sahariana, è da ricercarsi nei contesti fisiografici di ogni archivio di *proxy data* considerato e nella tipologia di riserva idrica a cui esso era connesso (Cremaschi & Zerboni, 2011; Lézine, 2009). L'interruzione dei sistemi monsonici è stata probabilmente rapida, così come suggerito anche da alcuni modelli, ma le unità fisiografiche continentali hanno reagito in modo differente alle nuove condizioni climatiche. Infatti, l'essiccazione improvvisa delle sorgenti e dei bacini tra le dune è dovuta al fatto che gli acquiferi superficiali si sono esauriti rapidamente con l'interruzione delle piogge. Al contrario, sistemi connessi ad acquiferi profondi, come ad esempio lo Wadi Tanezzuft, che era alimentato dalle riserve idriche del massiccio del Tassili, hanno una maggiore resilienza e pertanto, una volta ricaricate, si esauriscono più lentamente. L'interpretazione geomorfologica, così come un approccio territoriale allo studio delle variazioni ambientali, è pertanto estremamente importante nella contestualizzazione dei dati paleoclimatici, per evitare generalizzazioni non supportate dalle evidenze di terreno.



Fig. 9 - Un esemplare di cipresso del Tassili (foto M.E. Peroschi).



Ma se il Sahara si è aridificato in modo differenziato e in alcune regioni le condizioni iperaride si sono compiute solo attorno a 2000 anni fa, come si spiegano i dati che supportano la teoria della conclusione improvvisa dell'*African Humid Period*? Questa teoria è basata sul concetto che il processo di aridificazione produce la scomparsa della copertura vegetale, che svolge un ruolo attivo nel trattenere le particelle minerali del suolo a terra, e l'incremento di intensità dei venti. Attorno a 5000 anni fa, la combinazione di questi due fattori avrebbe quindi provocato un'accelerazione dell'emissione dalla superficie del terreno di polvere che, trasportata dal vento fino all'oceano, si è accumulata sul suo fondale e oggi la ritroviamo nei carotaggi oceanici. Una possibile interpretazione alternativa per spiegare tale 'super-emissione' di polvere chiama in causa l'azione dell'uomo. Un recente studio (Zerboni & Nicoll, 2019) ha posto in relazione l'incremento dell'emissione di polvere dal Nord Africa con l'attività delle comunità archeologiche dimostrando la contemporaneità tra questo fenomeno e la diffusione dell'allevamento (Fig. 10). L'allevamento di bovini e capriovini ha iniziato a diffondersi in Nord Africa attorno a 8000 anni fa, ma ha raggiunto il suo apice tra 6000 e 5000 anni fa; per questa fase, il record archeologico suggerisce che la pastorizia fosse diventata la maggiore risorsa di sussistenza (di Lernia, 2017). Come noto anche dall'osservazione di esempi attuali (Liao, 2018), l'effetto della pastorizia e del continuo pascolamento sui suoli degradati e impoveriti da condizioni climatiche progressivamente più aride è quello di mobilitare particelle minerali e conseguentemente di incrementare l'emissione di polvere. È perciò plausibile che, in una fase di riduzione delle precipitazioni e generalizzato impoverimento della risorsa suolo, un eccessivo pascolamento abbia prodotto un improvviso aumento dell'apporto di materiale terrigeno verso l'oceano. Questa teoria è provocatoria e ovviamente difficile da dimostrare, ma pone l'accento su come già da qualche millennio l'attività dell'uomo possa aver attivamente modificato l'ambiente, così come dimostrato da numerosi altri studi (ArchaeoGLOBE Project, 2019).



Fig. 10 - Un gregge di capre accompagnate da pastori Tuareg tra le valli del Tadrart Acacus (foto A. Zerboni).

CONCLUSIONE: LE SFIDE FUTURE

La ricerca paleoclimatica nel Sahara ha accumulato numerose conoscenze, ma ci sono ancora molti aspetti da chiarire e domande non risolte che stanno emergendo negli ultimi anni. Una tra tutte riguarda il concetto stesso di *Green/Blue Sahara*. Questo termine nasce per indicare una fase generalizzata di aumento della disponibilità idrica nel Sahara i cui effetti sono stati l'aumento della copertura vegetale (da qui il termine *Green Sahara*) e la formazione di innumerevoli laghi (da cui il concetto di *Blue Sahara*). Ma la ricerca di terreno ha dimostrato che alcune regioni non hanno mai giovato di un aumento delle precipitazioni e non sono mai state più verdeggianti di come sono oggi. Un'altra importante riflessione deve essere posta sul concetto di laghi e mega-laghi nel Sahara, perché molto spesso questi estesi bacini lacustri sono in realtà discontinui affioramenti della falda con formazione di paludi, privi dei contesti geomorfologici tipici dei laghi. Molte altre domande sorgono poi se si indaga come le comunità archeologiche abbiano subito o sfruttato (o magari indotto) le variazioni climatico-ambientali avvenute nel Sahara nel corso dell'Olocene. Al momento è estremamente difficile rispondere a queste domande perché la ricerca di terreno nel Sahara è praticamente ferma. Non solo la pandemia in corso ha necessariamente posto un freno alle attività di ricognizione e campionamento sul campo, ma già da anni la generale instabilità sociale e politica e la pericolosità nel percorrere numerose piste che attraversano il deserto hanno drammaticamente rallentato la ricerca scientifica. Solo una ritrovata pace nei differenti contesti nazionali potrà permettere il ripristino delle ricerche e la possibilità di ottenere nuovi dati per rispondere a vecchie domande scientifiche.

RINGRAZIAMENTI

Le ricognizioni geoarcheologiche e geomorfologiche nel Sahara centrale sono state volte nell'ambito della Missione Archeologica nel Sahara dell'Università di Roma La Sapienza, (diretta in passato da F. Mori, M. Liverani e attualmente da S. di Lernia) e in collaborazione con il Dipartimento di Archeologia di Tripoli (Libia). Le indagini paleoclimatiche e paleoambientali sono state coordinate da M. Cremaschi e A. Zerboni dal punto di vista geologico e geomorfologico, mentre A.M. Mercuri (Università di Modena e Reggio Emilia) ha coordinato le indagini polliniche e paleobotaniche. Le immagini sono degli autori e fanno parte dell'archivio della Missione Archeologica nel Sahara.

GEOMORFOLOGIA DEI MASSICCI ARENACEI SAHARIANI



Fig. 11 - Il paesaggio rudereale con torri separate da corridoi del Maguidet (foto A. Zerboni).

Le arenarie affiorano in vaste aree del pianeta e sono particolarmente comuni nel deserto del Sahara, dove le forme legate a tale substrato rappresentano il risultato di processi geomorfologici che hanno agito a partire dal tardo Cenozoico, promossi da condizioni ambientali non in equilibrio con il clima e il regime idrico attuali (Busche, 2010). Il massiccio del Tadrart Acacus e l'altopiano del Messak sono rilievi monoclinali composti da arenarie paleozoiche e mesozoiche, che giacciono sulle rocce intrusive del Tassili. Il Tadrart Acacus è un massiccio allungato ed orientato N-S e delimitato verso ovest da una profonda scarpata

caratterizzata dal susseguirsi di valli sospese, mentre verso est è disseccato da un sistema di drenaggio dendritico fossile lungo le cui pareti rocciose si aprono grotte, alcove e ripari. Il Messak è un plateau dolcemente inclinato verso est, limitato a nord e ad ovest da una profonda scarpata composita ed è caratterizzato da un denso sistema di wadi dall'andamento dendritico, mentre una *hamada* pietrosa ne costituisce la tipica superficie, il pavimento del deserto. L'evoluzione geomorfologica di questi massicci è iniziata nel Paleogene, quando condizioni climatiche più umide e calde hanno promosso l'intensa alterazione delle

rocce e la formazione di profondi suoli lateritici, rimossi a partire dal Neogene per effetto combinato di sollevamento tettonico e attivazione dell'erosione fluviale. In questo modo venne plasmato l'attuale paesaggio che alterna plateau, terrazzi strutturali, scarpate, *inselberg* e valli sinuose profondamente incise. Nello stesso arco di tempo, l'alterazione si è spinta anche nella profondità dei massicci rocciosi, producendo condotte verticali ed orizzontali, ampie grotte, pozzi di alterazione, alcove e nicchie sulle pareti rocciose aperte in corrispondenza di interstrati. Un esteso risultato del processo di alterazione avvenuto nella regione è rappresentato dal paesaggio residuale costituito da torri e pilastri localizzati nella porzione orientale del Tadrart Acacus e nella regione del Maguidet (Fig. 11). I principali tratti del paesaggio del Sahara centrale sono pertanto legati a processi morfogenetici che hanno agito in condizioni climatiche umide e calde (pedoclima tropicale), mentre solo pochissime forme del paesaggio sono il risultato dall'attuale morfossistema arido. Tra queste si osserva l'azione erosiva del vento sulle superfici rocciose e la formazione durante l'Olocene medio, in condizioni progressivamente più aride, di vernice del deserto manganesefero.

BIBLIOGRAFIA

ArchaeoGLOBE Project (2019). *Archaeological assessment reveals Earth's early transformation through land use*. Science, 365, 897–902. doi.org/10.1126/science.aax1192.

Busche D. (2010). *North-Eastern Niger: Sandstone Landscape of the Sahara*. In: Mignon P. (Ed.) *Geomorphological Landscapes of the World*. Springer, Dordrecht, 171–182.

Cremaschi M., Pelfini M. & Santilli M. (2006). *Cupressus dupreziana: a dendroclimatic record for Middle-Late Holocene in the central Sahara*. The Holocene, 16, 293–303.

Cremaschi M. & Zerboni A. (2011). *Human communities in a drying landscape. Holocene climate change and cultural response in the central Sahara*. In: Martini, I.P., Chesworth, W. (Eds.), *Landscape and Societies, Selected Cases*. Springer Science, Dordrecht, 67–89.

Cremaschi M., Zerboni A., Mercuri A.M., Olmi L., Biagetti S. & di Lernia S. (2014). *Takarkori rock shelter (SW Libya): an archive of Holocene climate and environmental changes in the central Sahara*. Quaternary Science Reviews, 101, 36–60.

Cremaschi M., Zerboni A., Spötl C. & Felletti F. (2010). *The calcareous tufa in the Tadrart Acacus Mt. (SW Fezzan, Libya). An early Holocene palaeoclimate archive in the central Sahara*. Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology, 287, 81–94.

deMenocal P., Ortiz J., Guilderson T., Adkins J., Sarnthein M., Baker L. & Yarusinsky M. (2000). *Abrupt onset and termination of the African Humid Period: rapid climate responses to gradual insolation forcing*. Quaternary Science Reviews, 19, 347–361.

di Lernia S. (2017). *Archeologia africana. Preistoria, storia antica e arte rupestre*. Carocci Editore.

Dunne J., Evershed R.P., Salque M., Cramp L., Bruni S., Ryan K., Biagetti S. & di Lernia S. (2012). *First dairying in green Saharan Africa in the fifth millennium BC*. Nature, 486, 390–394.

Gasse F. (2000). *Hydrological changes in the African tropics since the last glacial maximum*. Quat. Sci. Rev., 19, 189–211.

Kröpelin S., Verschuren D., Lézine A.-M., Eggermont H., Cocquyt C., Francus P., Cazet J.P., Fagot M., Rumes B., Russell J.M., Darius F., Conley D.J., Schuster M., von Suchodoletz H., Engstrom D.R. (2008). *Climate-driven ecosystemsuccession in the Sahara: the past 6000 years*. Science, 320, 765–768.

Lézine A.-M. (2009). *Climatic history of the African and Arabian deserts*. Comptes Rendus Geoscience, 341, 569–574.

Liao C. (2018). *Modeling herding decision making in the extensive grazing system in Southern Ethiopia*. Annals of the American Association of Geographers, 108, 260–276.

Mercuri A.M. (2008). *Human influence, plant landscape evolution and climate inferences from the archaeobotanical records of the Wadi Teshuinat area (Libyan Sahara)*. Journal of Arid Environments, 72, 1950–1967.

Mercuri A.M., Fornaciari R., Gallinaro M., Vanin S. & di Lernia S. (2018). *Plant behaviour from human imprints and the cultivation of wild cereals in Holocene Sahara*. Nature Plants, 4, 71–81.

Shanahan T.M., McKay N.P., Hughen K.A., Overpeck J.T., Otto-Bliesner B., Heil C.W., King J., Scholz C.A. & Peck J. (2015). *The time-transgressive termination of the African Humid Period*. Nature Geoscience, 8, 140–144.

Tierney J.E., Pausata F.S.R. & deMenocal P.B. (2017). *Rainfall regimes of the Green Sahara*. Science Advances, 3, e1601503.

Van Neer W., Alhaique F., Wouters W., Dierickx K., Gala M., Goffette Q., Mariani G.S., Zerboni A. & di Lernia S. (2020). *Aquatic fauna from the Takarkori rock shelter reveals the Holocene central Saharan climate and palaeohydrography*. PLoS ONE, 15(2), e02285.

Vincens et al. (2001). *African pollen database inventory of tree and shrub pollen types*. Review of Palaeobotany and Palynology, 145, 135–141.

Zerboni A., Perego A. & Cremaschi M. (2015). *Geomorphological map of the Tadrart Acacus massif and the Erg Uan Kasa (Libyan Central Sahara)*. Journal of Maps, 11, 772–787.

Zerboni A. & Nicoll K. (2019). *Enhanced zoogeomorphological processes in arid North Africa on the human-impacted landscape of the Anthropocene*. Geomorphology, 331, 22–35.



Associazione Italiana

PER LO STUDIO DEL QUATERNARIO

a cura di Eleonora Regattieri

 Pagina web: www.aiqua.it

Le attività di AIQUA programmate per il 2020 hanno subito un drastico ridimensionamento dal marzo di quest'anno, da quando la nostra società è alle prese con una delle maggiori crisi a livello mondiale, per la maggior parte di noi mai vissuta finora. Lo sforzo da parte di tutti ha permesso un contenimento dell'emergenza che però non è ancora finita. Nei prossimi mesi ne vedremo gli sviluppi, augurandoci di non ritornare alla situazione primaverile, nella speranza invece che il prossimo anno ci permetta di tornare a programmare e condividere incontri, escursioni e convegni come prima del lockdown.

Il convegno e l'assemblea annuale si sono svolti in modalità virtuale il 26 giugno. I cinque interventi ad invito sono stati molto seguiti ed hanno riguardato tematiche di primo piano scelte all'interno delle aree di interesse delle cinque commissioni di INQUA: Sourav Saha (*Earth, Planetary, and Space Sciences University of California*), Tom Higham (ORAU, *School of Archaeology, University of Oxford*), Federica Badino (ERC-SUCCESS, Dipartimento di Beni Culturali, Università di Bologna), Matteo Vacchi (Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Pisa) e Francesca Ferrario (Dipartimento di Scienza ed Alta Tecnologia, Università dell'Insubria). Il legame con INQUA è evidenziato anche dal finanziamento di progetti internazionali promossi da giovani ricercatrici e ricercatori italiani supportati dalle commissioni INQUA. Questi progetti fanno parte integrante del percorso che ci porterà al XXI INQUA Congress di Roma 2023. In questa prospettiva sono in corso di programmazione eventi virtuali di rilevanza internazionale che permettano di avvicinarci all'appuntamento del 2023 con una crescita costante delle attività dei giovani quaternaristi italiani.

PROGETTI INQUA

Si sono chiuse la scorsa primavera le selezioni dei progetti finanziati da INQUA nel quadro delle diverse commissioni tematiche. Questi finanziamenti sono finalizzati al supporto dei gruppi di lavoro specializzati nello sviluppo di idee innovative per far progredire la conoscenza nei diversi ambiti dello studio del Quaternario.

Terrestrial Processes, Deposits & History (TERPRO-INQUA)

EDITH (acronimo per *From Earthquake Deformation to Seismic Hazard Assessment*) è un progetto internazionale di networking per gli scienziati della terra che si occupano di terremoti (edith.uninsubria.it). Nato sotto l'egida della Commissione INQUA-Terpro e dell'International Focus Group TPPT (*Terrestrial Processes Perturbed by Tectonics*), l'idea dietro il Progetto EDITH è di creare uno spazio di condivisione e confronto tra i diversi approcci metodologici oggi adottati nello studio dei terremoti, attraverso l'organizzazione di *meeting* periodici.

Fin dalla sua prima descrizione da parte di Reid, in seguito ad osservazioni effettuate in occasione del terremoto di San Francisco del 1906, la teoria del rimbalzo elastico e l'idealizzazione del ciclo sismico, si è basata sull'idea di della risposta crostale fragile alla deformazione. Tuttavia, i ricercatori non avevano mezzi per misurare nello spazio e nel tempo la deformazione crostale nel ciclo sismico e quindi gli sforzi si sono concentrati su ricerche di tipo sismologico, sullo studio degli effetti cumulativi delle dislocazioni crostali (morfo-tettonica) e, più recentemente, sullo studio dei movimenti cosismici attraverso evidenze archeologiche (archeosismologia) geologiche (paleosismologia). Infine, la recente introduzione di tecniche di monitoraggio

da remoto della deformazione superficiale terrestre (e.g. DInSAR, D-LiDAR, serie di dati GNSS etc.), ha consentito, negli ultimi 20-30 anni, di raccogliere un'impressionante mole di informazioni sulla distribuzione spaziale ed evoluzione temporale della deformazione crostale, in relazione alle strutture sismogenetiche. Gli scienziati che, in diversa maniera, si occupano oggi di geologia dei terremoti hanno finalmente l'opportunità di analizzare in maniera interdisciplinare i dati raccolti, e di valutare in una nuova ottica l'originale formulazione del modello di ciclo sismico.

Il progetto prevede la realizzazione di un *kickoff meeting* nella primavera del 2021 presso l'Università di Postdam aperto a tutti gli interessati ma particolarmente indirizzato a giovani ricercatori che possano offrire nuove visioni e idee per lo studio multidisciplinare e comparato dei terremoti. I proponenti del Progetto EDITH sono giovani scienziati provenienti da diversi enti di ricerca: il Prof. Franz Livio (Università degli Studi dell'Insubria – Italia), la Dr.ssa Pia Victor (Università di Postdam GFZ, Germania), la Dott.ssa Zoë Mildon (Università di Plymouth, Regno Unito), il Dr. Sambit Prasanajit Naik (Università di Pukyong, Corea del Sud) e il Dr. Shalev Siman-Tov (Servizio Geologico Israeliano).
www.inqua.org/commissions/terpro/itg

Coastal and Marine Processes (CMP-INQUA)

La nuova tornata di progetti finanziati nell'ambito della *Coastal and Marine Commission* (CMP) parla fortemente italiano in quanto due progetti su quattro sono coordinati in maggioranza da giovani ricercatrici e ricercatori italiani.

Il progetto *Neptune*, coordinato da Gaia Mattei (Università degli Studi Parthenope di Napoli), Claudia Caporizzo (Università degli Studi Parthenope di Napoli), Ana Novak (*University of Ljubljana*), Livio Ronchi (Università di Padova), e Martin Seeliger (*Goethe-University Frankfurt*) ha come obiettivo quello di creare una comunità internazionale e interdisciplinare di giovani scienziati che studiano i paesaggi costieri del passato, attualmente sommersi a causa dell'innalzamento del livello del mare postglaciale. Particolare attenzione è riservata al contesto tecnologico, considerando che le recenti innovazioni tecnologiche applicate ai metodi geo-acustici, ottici e di remote sensing in generale consentono di ottenere mappature ad alta risoluzione di non solo delle morfologie dei fondali marini ma anche delle strutture archeologiche sommerse che rappresentano degli ottimi indicatori di antichi livelli marini relativo nonché testimonianze dell'antico paesaggio costiero. Il progetto INQUA-MARE (*INtegrated QUaternary MARine REcord at Sensitive*

Latitudes, coordinato da Karen Gariboldi (DST, Università di Pisa), Viviana Gamboa-Sojo (Dottorato Toscano in Scienze Geologiche; Universidad de Costa Rica), Nessim Douss (OGS Trieste; Università di Trieste), con la supervisione di Caterina Morigi (DST, Università di Pisa; GEUS, Denmark) e di Renata Giulia Lucchi (OGS Trieste; CAGE-UiT, Norway), riunisce ricercatori la cui ricerca è focalizzata sui sedimenti marini olocenici delle regioni polari e tropicali, allo scopo di facilitare lo scambio di idee sull'interconnessione tra aree a basse e alte latitudini particolarmente sensibili ai cambiamenti climatici. INQUA-MARE ha in particolare a cuore la possibilità coinvolgere giovani ricercatori e ricercatori provenienti da Paesi in via di sviluppo, al fine di favorire l'incontro tra menti in via di formazione e culture scientifiche diverse. Alcuni dei temi tecnici del progetto sono l'integrazione e la standardizzazione di dati provenienti da diversi gruppi di ricerca, nonché l'identificazione di dati e materiali custoditi nei diversi database

o *repository* che necessitano di essere analizzati. La discussione scientifica verterà principalmente su temi quali l'interpretazione di alcuni indicatori delle condizioni climatiche ed ambientali, e lo stato dell'arte sulle conoscenze attuali riguardo alle teleconnessioni tra i due Poli. Entrambi i progetti sono stati valutati meritevoli di finanziamento dall'advisory board della commissione CMP ed hanno già cominciato le loro attività nonostante la crisi COVID abbia significativamente alterato le attività dell'anno in corso. Il coordinamento italiano di progetti di tale importanza è una ulteriore conferma della vivacità della comunità quaternaristica italiana e, in particolare, della qualità dei nostri giovani ricercatori in un campo scientifico sempre più competitivo. www.inqua.org/commissions/cmp

Stratigraphy & Chronology (SACCOM)

DATESTRA (*Database of Terrestrial European Stratigraphy*), sviluppato da un *focus group* nell'ambito della Sezione sulla Stratigrafia Quaternaria Europea (SEQS), e finanziato dalla Commissione di Stratigrafia e Cronologia (SACCOM-INQUA), è un database geografico dei siti Quaternari terrestri con importanza stratigrafica di tutta Europa. **DATESTRA** nasce dalla necessità di un sistema conciso, informativo e facile da usare per condividere quante più informazioni possibili sui più importanti siti quaternari in Europa. L'obiettivo principale è creare un Database di facile compilazione e consultazione, che sintetizzi i dati litostratigrafici, bio-, pedo-, morfologici e crono-stratigrafici diventando uno strumento per le correlazioni transfrontaliere delle principali suddivisioni quaternarie in Europa, combinando le conoscenze esistenti e le competenze degli specialisti regionali. Il Database è pensato per essere condiviso e messo a disposizione di tutto il pubblico quaternario



Fagliazione superficiale del terremoto di Kaikoura (Nuova Zelanda), del 2016, Mw 7.8. In primo piano scienziati partecipanti al meeting internazionale di paleosismologia e tettonica attiva 8th PATA days 2017, sponsorizzato da INQUA-Terpro (foto di Franz Livio).

su piattaforme Web aperte basate su GIS, per dare ad un pubblico più ampio possibile, anche a livello informativo, la possibilità di avere una visione d'insieme del setting quaternario terrestre europeo. Lo scopo di **DATESTRA** quindi non è fornire un semplice database stratigrafico, ma un vero e proprio punto di riferimento per gli scienziati del Quaternario, per discutere e stabilire indagini stratigrafiche e classificazioni in tutto il continente europeo, una delle regioni più significative e densamente investigate del mondo. <http://datestra-seqs.mystrkingly.com>



Associazione Italiana PER LO STUDIO DEL QUATERNARIO

Webinar AIQUA

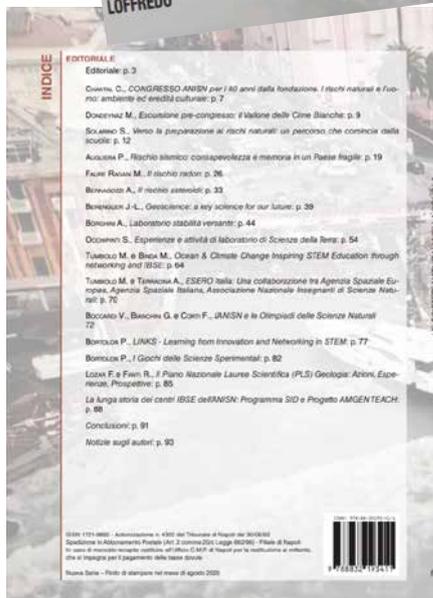
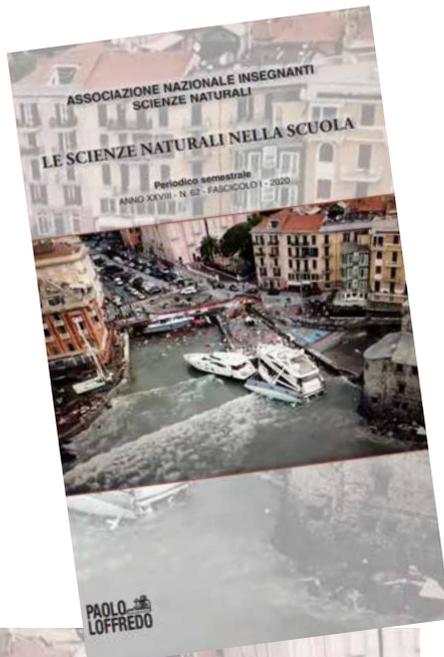
Il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Pisa, in collaborazione con il Corso di Laurea di Scienze Ambientali (in particolare con il suo CV di "Climatologia", www.dst.unipi.it/laurea-in-scienze-ambientali.html), con il Centro Interdipartimentale per lo Studio dei Cambiamenti Climatici (CIRSEC) dell'Università di Pisa e con il patrocinio dell'AIQUA, durante il periodo di restrizioni per contrastare la diffusione del covid-19 ha organizzato un fitto programma di iniziative su tematiche (paleo) climatico-ambientali, dal titolo complessivo "IIDSTnonSiFerma". L'iniziativa ha coinvolto docenti ed esperti internazionali di vari settori con un programma di webinar disponibili su youtube (visualizzabili al www.dst.unipi.it/avvisi-seminari.html). Allo stesso link sono visitabili anche altri seminari di interesse geologico-ambientale effettuati nell'ambito del "IIDSTnonSiFerma".

In particolare, con AIQUA, sono stati organizzati i seguenti webinar:

- **Prof. N.C. Roberts**
(University of Plymouth, UK e Editor in Chief of Journal of Quaternary Science): "*Boon or curse? Climate change and its consequences for Mediterranean civilizations*"
www.youtube.com/watch?v=5FXzSOP3kl0
- **Dott. S. Nomade**
(Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, Gif Sur Yvette cedex, France): "*The 40Ar/39Ar method: refining the chronological framework of the Italian peninsula Lower and early middle-Palaeolithic human and cultural changes*"
www.youtube.com/watch?v=VZrKZYzU_IM
- **Prof. G. Fornaciari**
(Divisione di Paleopatologia, Università di Pisa): "*Pandemie ed epidemie: conoscere il passato per affrontare il futuro*".
www.youtube.com/watch?v=TSIhpCGlkOg
- **Prof. A. Rovere**
(University of Bremen, Germania) intitolato: "*Livelli del mare e onde più estreme in un mondo più caldo*".
www.youtube.com/watch?v=rvCm594ctMY
- **Webinar Dr. R. Connor**
(Editor in Chief of the United Nation World Water development report): "*Water and Climate change - Main findings of the 2020 United Nations World Water Development Report*"
www.youtube.com/watch?v=ALwa42TB3k4&t=3s



Sopra: Kongsfjorden, Svalbard. Foto scattata durante la crociera oceanografica Kongsfjorden 2019 (Norwegian Polar Institute) a bordo della RV Helmer Hansen. Sotto: Manzanillo Beach, Puerto Viejo, Limón, Costa Rica, 2018. Entrambe le foto sono state scattate da Viviana Gamboa Sojo.



Associazione Nazionale INSEGNANTI SCIENZE NATURALI

a cura di Susanna Occhipinti

 Pagina web: www.aiqua.it

Tra le iniziative in corso quest'anno, si segnala la collaborazione tra ANISN e Conad per il Progetto "Scrittori di classe": sono state elaborate 12 guide didattiche per i docenti (6 per la scuola primaria e 6 per la scuola secondaria di 1° grado). In esse sono sviluppate tematiche inerenti diversi aspetti ed elementi presenti nel nostro pianeta collegandoli con quanto vi è oltre la Terra: rifiuti (Pianeta nero), acqua (Pianeta blu), piante e coltivazioni (Pianeta verde), atmosfera (Pianeta grigio), ghiaccio (Pianeta argento), missioni spaziali (Pianeta rosso).

Le guide docente si articolano in vari step, non dipendenti necessariamente l'uno dall'altro, così da consentire una trattazione più rispondente alle caratteristiche e agli interessi degli alunni e alla personale programmazione didattica. Ad ogni step è associata una diapositiva che, attraverso immagini, ne sintetizza il contenuto, e un'attività da proporre agli studenti, con la quale appurare la comprensione degli argomenti trattati e, contemporaneamente, sollecitare la stesura di un possibile componimento letterario o di una breve riflessione personale dell'alunno che potrebbe integrarsi con quella dei compagni in un unico testo collaborativo. Alcune delle attività invitano ad attuare investigazioni scientifiche con il ricorso a semplici strumenti di uso quotidiano e con la preliminare predisposizione di un protocollo esecutivo da realizzare e successivamente documentare. Con esse si vuol far sperimentare un diverso approccio alle discipline scientifiche e invitare ad argomentare sulla base di evidenze sperimentali.

Non mancano proposte divertenti, come la costruzione di un razzo di carta, l'elaborazione di un messaggio da inviare nello spazio, la costruzione di un orto idroponico, la preparazione dello zaino per sopravvivere in un luogo isolato e non dotato dei quotidiani confort. Numerosi sono i video presenti, in gran parte messi a disposizione dall'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) e dall'Agenzia Spaziale Europea (ESA), e alcuni cartoni animati. I materiali sono reperibili al link <https://insiemeperlascuola.conad.it/atpc/insiemeperlascuola/jl/scrittori-di-classe-materiali-concorso>

Sono stati recentemente pubblicati sul sito di ANISN, Associazione Nazionale Insegnanti di Scienze Naturali, gli atti del Congresso per i 40 anni dell'Associazione, che si è svolto in Valle d'Aosta dal 5 all'8 settembre 2019 sul tema "I rischi naturali e l'uomo, ambiente ed eredità culturale" a cui hanno contribuito docenti ed esperti di scienze della Terra provenienti da tutta Italia e dall'estero. L'abstract è reperibile al link:

www.anisn.it/nuovosito/le-scienze-naturali-nella-scuola

Anche per l'anno scolastico 2020-2021 ANISN organizza la XI edizione dei Giochi delle Scienze Sperimentali per gli studenti della Scuola Secondaria di Primo Grado, la cui fase di istituto dovrà essere espletata entro il 28 di febbraio per poter comunicare al referente i nominativi degli alunni che potranno accedere alla fase regionale (www.anisn.it/nuovosito/giochi-delle-scienze-sperimentali-2021) e le Olimpiadi delle scienze naturali per gli studenti delle scuole secondarie di secondo grado, Biennio e Triennio (Biologia e Scienze della Terra). È prevista come sempre una Fase di istituto, da effettuare entro il 15 marzo 2021 e una Fase regionale che si effettuerà mercoledì 24 marzo 2021 contemporaneamente in tutta Italia, qualora esistano le condizioni di sicurezza per svolgere la competizione in presenza, altrimenti l'ANISN utilizzerà una piattaforma predisposta per la risposta on line ai quesiti. <http://olimpiadi.anisn.it/news/OliBando2021.pdf>



Associazione Nazionale INSEGNANTI SCIENZE NATURALI

<p>Indagare i rifiuti con l'approccio IBSE: Alla scoperta del Pianeta Nero. <i>Paola Bortolon</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Lo stato dell'arte delle discipline scientifiche. • IBSE: elementi chiave. • IBSE in azione: materiali biodegradabili e non biodegradabili. • Brevi note sulla biodegradabilità. • Le materie plastiche, le bioplastiche e le microplastiche. • Come ridurre le materie plastiche. • Il ciclo della vita degli oggetti. • Il ciclo della vita degli oggetti con le mappe. • Mappe concettuali e mappe mentali.
<p>Coinvolgere e investigare: spunti per azioni didattiche: Alla scoperta del Pianeta Verde. <i>Giulia Forni</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • L'approccio didattico dell'investigazione. • Come coinvolgere gli studenti. • La trasversalità: una carta da giocare. • Insieme si apprende meglio. • La DaD: un'occasione o una dannazione? • Spunti tratti dal "Pianeta verde" per chiarire i punti precedenti.
<p>L'atmosfera racconta la storia del nostro pianeta tra misconcezioni e preconcetti. Sottotitolo: Alla scoperta del Pianeta Grigio. <i>Simonetta Soro</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • L'atmosfera e la cittadinanza attiva e consapevole (obiettivi 11, 12 e 13 dell'Agenda 2030). • L'atmosfera ci racconta la storia dei pianeti. • Analogie e differenze tra le atmosfere dei pianeti del Sistema Solare: teoria ed esempi pratici. • Evoluzione della nostra atmosfera. • L'effetto serra: vantaggi e svantaggi. • Misconcezioni dell'effetto serra e sui gas coinvolti. • Come evidenziare le misconcezioni all'inizio o durante un percorso didattico: esempi e strategie. • Gli inquinanti e come poterli rilevare anche dallo spazio. • Gli inquinanti indoor: teoria ed esempi pratici.
<p>Cronache di ghiaccio, un filo d'argento che unisce la Terra ai pianeti del Sistema Solare, ghiacci diversi ma fenomeni simili e ricorrenti: Alla scoperta del Pianeta Argento. <i>S. Occhipinti & L. Renzi</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Il ghiaccio galleggia - La struttura del ghiaccio (grafica). • Il ghiaccio e la vita - La sostenibilità ambientale. • Il ghiaccio sulla Terra - Storie di ghiaccio (glaciazione, Oetzi). • Il ghiaccio nello spazio - Le comete (misconcezioni). • La linea del ghiaccio (uso degli strumenti matematici) • Il ghiaccio e la tettonica: Europa ed Encelado.
<p>Sfide, particolarità dell'acqua e domande produttive: Alla scoperta del Pianeta Blu. <i>Isabella Marini</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Una sostanza ordinaria e straordinaria: l'acqua, la sostenibilità e gli obiettivi 6, 12, 13 e 14 dell'Agenda ONU 2030. • Qualche anomalia dell'acqua per progettare percorsi sfidanti e originali. • Le domande investigabili nell'<i>inquiry</i>.
<p>Le "sfide" nella didattica delle scienze alla ricerca della vita nello Spazio: Alla scoperta del Pianeta Rosso. <i>Emanuela Scaioli</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • La vita in condizioni estreme sulla Terra. • Uscire dalla Terra: la scienza dei razzi. • Condizioni estreme di vita nello Spazio. • Progettare un futuro di esplorazione spaziale sostenibile: insediamenti umani sulla Luna e su Marte. • Condizioni di abitabilità di un pianeta. • Le "sfide" nella didattica delle scienze: esempi di Challenge Based Learning (CBL). • <i>Team working</i>: ruolo del lavoro di gruppo nell'investigazione. • Ricadute tecnologiche e scientifiche dell'esplorazione spaziale (<i>spin off</i>).



Società GEOCHIMICA Italiana

a cura di **Enrico Dinelli** e **Orlando Vaselli**

 Pagina web: www.societageochimica.it

Cari Lettori,
Ringraziamo sentitamente il comitato scientifico della Società Geologica Italiana per mettere a disposizione queste pagine di *Geologicamente* per presentare la nostra Società che nasce come Associazione Geochimica Italiana nel 1999. Nel 2013 assume le vesti dell'attuale Società Geochimica Italiana grazie all'impegno profuso dal Prof. Giulio Ottonello.

La Società Geochimica Italiana è una società scientifica senza fini di lucro fondata per promuovere lo studio della geochimica e la sua applicazione a tutti gli ambiti delle Scienze della Terra e delle Scienze Planetarie. Essa promuove e organizza convegni, scuole di specializzazione, incontri didattici e iniziative divulgative, conferisce premi di ricerca, promuove scambi culturali con associazioni consimili a livello nazionale ed internazionale, favorisce la collaborazione tra Università, Enti di Ricerca, Agenzie e Organizzazioni Professionali. Le iniziative promosse dalla Società Geochimica Italiana riguardano tutti gli aspetti della disciplina, come ad esempio la geochimica organica, la geochimica isotopica, la geochimica ambientale, la geochimica dei sistemi di alta temperatura, e discipline affini come la petrologia, la vulcanologia, la planetologia. Importante è l'impegno che la Società svolge in accordo con l'ordine professionale dei geologi al fine di promuovere le conoscenze più aderenti alle richieste che vengono da coloro che sono chiamati ad operare direttamente sul territorio. La Società Geochimica Italiana si pone come scopo non secondario l'impegnarsi nell'attività di sostegno ai liberi professionisti e alle figure inquadrati negli Enti deputati al monitoraggio geologico-ambientale. Tale impegno è ritenuto necessario affinché essi possano intervenire fattivamente sull'impianto tecnico-amministrativo e legislativo volto a eliminare incongruenze che impediscano di conoscere l'ambiente nelle sue complessità. Le applicazioni della Geochimica nella professione, oltre che a una necessità in alcune situazioni, possono rappresentare anche strumenti di intervento specifico della figura del geologo. Inoltre, la Società Geochimica Italiana si propone attraverso le azioni di disseminazione di interagire con gli Organi preposti ad aggiornare le metodologie per una migliore conoscenza dell'ambiente.

Purtroppo, la pandemia ha rallentato significativamente le attività della Società che, in tempi "normali" includono diverse iniziative di formazione. La Società organizza, con cadenza biennale, una Scuola (denominata CAMGEO) rivolta a dottorandi, post-doc e liberi professionisti e dedicata alle procedure campionamento ed analisi di matrici geologiche, con approfondimento di un tema specifico, trattato in maniera più dettagliata. Altra attività di formazione, di più recente introduzione e a cadenza annuale, aperta a studenti magistrali e dottorandi è una Scuola che si tiene all'Isola di Vulcano che introduce i partecipanti alle tecniche di campionamento e misure in-situ di gas vulcanici. La scuola vede la partecipazione di docenti universitari e ricercatori di INGV e CNR con lo scopo di descrivere e dimostrare i prelievi in-situ o in remoto, ma anche di fornire quelle informazioni necessarie alla gestione del dato, cercando, il più possibile, di creare un legame diretto fra docente e discente.

Accanto a questi appuntamenti fissi, vengono organizzate giornate di studio dedicate ad aspetti specifici prevalentemente riguardanti gli aspetti ambientali e le interazioni con la parte normativa, grazie all'intervento di personale altamente qualificato. Con cadenza annuale, vengono altresì organizzate Scuole internazionali come quella che si è tenuta all'Isola Polvese nel giugno 2019, riguardante la modellistica geochimica e le problematiche ambientali.



La Scuola biennale di campionamento ed analisi di matrici geologiche (CAMGEO).



La Scuola di Vulcano sulle tecniche di campionamento di fluidi vulcanici.

Assieme ad altre società ed associazioni delle Scienze della Terra, i Soci propongono e gestiscono sessioni scientifiche oltre a contribuire all'organizzazione di congressi a livello nazionale.

Dall'inizio del 2020, il Comitato di Presidenza ha promosso la divulgazione di una *newsletter* (geochem_newsletter) trimestrale nella quale vengono condensate le informazioni relative alle attività passate e future della Società con l'intento di divulgare e promuovere le proprie attività soprattutto verso la componente giovane che si avvicina alla disciplina. Gli iscritti sono di poco superiori a 70, ma rispetto agli anni passati è stato osservato un incremento sensibile soprattutto dovuto alla presenza di personale di enti di ricerca e dottorandi e post-doc.



Società PALEONTOLOGICA Italiana

a cura di Lucia Angiolini

 Pagina web: www.paleoitalia.it

Medaglie e borse di studio SPI 2020

Tra le attività della Società Paleontologica Italiana riveste grande importanza il riconoscimento dell'eccellenza nella paleontologia mediante l'assegnazione di medaglie, nonché il continuo stimolo alla ricerca tramite l'assegnazione di borse di studio per giovani Soci SPI.

A partire dal 2020, la Società Paleontologica Italiana ha deciso di elargire tre medaglie alla carriera riservate ai Soci SPI. Le medaglie sono destinate a personalità che hanno svolto ricerche di eccellenza o che hanno ricoperto un ruolo primario nel promuovere le discipline paleontologiche in ambito nazionale ed internazionale.

La Medaglia Agostino Scilla - scienziato, filosofo, pittore e autore di un'opera estremamente importante nella storia della paleontologia: "La vana speculazione disingannata dal senso" - è un premio assegnato a un paleontologo che abbia maturato tra i 20 e 35 anni di esperienza dopo il Dottorato di Ricerca.

La Medaglia Giovanni Merla - a cui, molto giovane, fu assegnata la prima cattedra di Paleontologia in Italia, e che rivolse una profonda attenzione sia al contesto geologico, sia alle tematiche evuzionistiche - è un premio destinato a un giovane paleontologo che non abbia più di 20 anni di esperienza dopo il Dottorato di Ricerca.

La Medaglia Luigi Torri - appassionato paleontologo bergamasco che contribuì a rilevanti scoperte in ambito geopaleontologico - è un riconoscimento aperto a tutti coloro che non sono impiegati professionalmente nell'ambito della paleontologia, ma che hanno dato un contributo importante alla disciplina. Inoltre, sono state bandite per il 2020 due borse di studio, dell'importo di 2000€

ciascuna, riservate ai Soci SPI (dottorandi, neodottorati senza contratto e post-doc) per finanziare soggiorni di studio e ricerca all'estero presso enti di ricerca e musei non italiani e attività di campo all'estero.

Durante l'Adunanza 2020 dei Soci SPI (30 giugno 2020) che, a causa dell'emergenza Covid-19 si è tenuta in modalità virtuale, il Presidente della SPI Lucia Angiolini ha annunciato i vincitori delle Medaglie Scilla, Merla e Torri, come segue:

Lorenzo Rook, vincitore della Medaglia Agostino Scilla, come riconoscimento per la produzione di elevata qualità in ambito paleontologico, nonché per avere reso servizi significativi a favore della comunità paleontologica italiana. Professore Ordinario di Paleontologia presso il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze, da oltre 25 anni svolge attività di ricerca nel campo della paleontologia dei vertebrati, contribuendo a importanti scoperte nello studio dei vertebrati fossili del Neogene e Quaternario. Risulta autore di oltre 150 pubblicazioni scientifiche, per la maggior parte su riviste internazionali e ha coordinato attività e progetti di ricerca finanziati da istituzioni private e pubbliche, nazionali ed internazionali. Oltre al merito scientifico, a Lorenzo Rook deve essere riconosciuta un'eccellente e continua attività in favore della comunità paleontologica italiana, avendo ricoperto le cariche di Vice-Presidente e Presidente della SPI e condividendo con l'attuale Consiglio Direttivo la sua grande esperienza.

Marco Cherin, vincitore della Medaglia Giovanni Merla, come riconoscimento per l'attività di giovani studiosi italiani nel campo della paleontologia che abbiano contribuito notevolmente alla disciplina con la propria ricerca. Marco Cherin ha conseguito nel 2013 il Dottorato di Ricerca presso il Dipartimento di Fisica e Geologia dell'Università di Perugia dedicando le sue ricerche ai grandi mammiferi continentali dell'area mediterranea e, in particolare, allo studio delle abbondanti e diversificate associazioni a mammiferi pliocenici-pleistocenici dell'Umbria.

Oltre al rigore scientifico delle ricerche condotte, Marco Cherin ha il merito di aver instaurato una proficua collaborazione

con la Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio dell'Umbria, portando avanti numerosi progetti di scavo, recupero, preparazione, restauro e valorizzazione del patrimonio paleontologico regionale. Si è dedicato alla didattica, coordinando l'organizzazione della Scuola di Paleoantropologia, che rappresenta il più importante corso di formazione sull'evoluzione umana in Italia. Inoltre ha reso importanti servizi per la comunità paleontologica italiana, rivestendo con dedizione e spirito costruttivo la carica di Consigliere SPI per due mandati.

Antonino Rindone, vincitore della Medaglia Luigi Torri, come riconoscimento per coloro che non sono impiegati professionalmente nell'ambito della paleontologia, ma che hanno dato un contributo importante alla disciplina. Socio SPI da decenni, ha partecipato con costanza ai Paleodays presentando comunicazioni orali e poster. Ha indicato nuove località di interesse paleontologico e segnalato la presenza di nuovi ritrovamenti di pesci fossili, contribuendo alle conoscenze nel campo della paleontologia dei vertebrati. Tra i suoi grandi meriti figura quello di aver insegnato correttamente le Scienze della Terra e, in particolare, la paleontologia agli studenti delle scuole secondarie di II grado, suscitando interesse e passione nei suoi studenti. Da 15 anni si occupa dello studio di pesci fossili del Cretaceo conservati presso il Museo di Paleontologia dell'Università di Catania.

Fabio Franceschi, ideatore e vincitore della call per la miglior copertina per il Manuale di Paleontologia 2020. Studente del Corso di Laurea Magistrale in Biogeoscienze: analisi degli ecosistemi e comunicazione delle Scienze dell'Università degli Studi di Milano, è socio SPI dal 2018. Da sempre interessato alla paleontologia e alle Scienze Naturali in generale, attualmente lavora alla tesi magistrale occupandosi di una fauna a vertebrati del Giurassico Inferiore dell'Altopiano di Asiago in collaborazione col MUSE di Trento.

Infine, nella stessa Adunanza, sono stati proclamati i progetti di ricerca finanziati dalla SPI per il 2020: il progetto di Valentina

Associazione PALEONTOLOGICA PALEOARTISTICA Italiana

a cura di Anna Giamborino

 Pagina web: www.paleoappi.it



Lorenzo Rook, vincitore della Medaglia Agostino Scilla.



Marco Cherin, vincitore della Medaglia Giovanni Merla.



Antonino Rindone, vincitore della Medaglia Luigi Torri.



Fabio Franceschi, ideatore e vincitore della call per la miglior copertina per il Manuale di Paleontologia 2020.

Rossi (Analisi del sistema pigmentario tegumentario, oculare ed interno del teleosteo *Mene rhombea* (Volta, 1796) dell'Eocene di Bolca) e il progetto di Flavia Strani (Paleoecology of Late Pleistocene equids from La Carihuella), evidenziandone la qualità, l'originalità, la fattibilità e la sostenibilità economica.

MOSTRA *L'Impero dei Dinosauri*

L'Impero dei Dinosauri è il nuovo progetto divulgativo dell'Associazione Paleontologica A.P.P.I. in collaborazione con il Museo Orto Botanico di Roma – Dipartimento di Biologia Ambientale (Università di Roma La Sapienza).

Si tratta di una mostra dal carattere fortemente divulgativo che fa del connubio tra **Scienza e Arte** il suo fiore all'occhiello. Nelle prossime settimane infatti, lo storico Museo dell'Orto Botanico si tramuterà in un vero e proprio giardino preistorico: palme, piante acquatiche, bambù e felci torneranno ad essere abitate dagli antichi dominatori.

Il Museo dell'Orto Botanico, che ospita oltre 3000 specie vegetali, ha funzioni didattiche di educazione ambientale e di ricerca scientifica, ed è sede di ricerche altamente specializzate sull'ecologia dell'ambiente urbano.

La collaborazione tra Orto Botanico e Associazione APPI nasce innanzitutto dalla piena condivisione delle rispettive finalità istituzionali. Tra gli elementi prioritari fondanti del progetto mostra vi è, infatti, quello di mettere in luce le realtà istituzionali e associative locali che operano sul territorio e di offrire buona divulgazione scientifica, in modo da rendere i contenuti accessibili a tutti, senza banalizzazioni, ma con il giusto appeal, indispensabile per suscitare curiosità nel pubblico.

Creata da un team interamente italiano con la consulenza di paleontologi professionisti in tutte le fasi di realizzazione, la mostra, attraverso l'impatto emozionale di un allestimento spettacolare, trasmette contenuti aggiornati ai continui progressi della ricerca nel settore. La formula di cultura-intrattenimento adottata vuole coinvolgere il pubblico e avvicinarlo all'ambiente degli addetti ai lavori, sottolineando il contributo degli scienziati e degli artisti all'affascinante lavoro di ricostruzione della Storia della Vita partendo dallo studio delle testimonianze fossili.

Il progetto espositivo, unico nel suo genere, vede affiancati per la prima volta assoluta due grandi marchi italiani, *Dinosauri in Carne e Ossa* e *PaleoAquarium*, creati rispettivamente nel 2011 e nel 2017, che si stanno affermando sempre più nel settore come una garanzia di qualità di prodotti e servizi nel campo della divulgazione paleontologica.

L'Impero dei Dinosauri unisce queste due realtà con lo scopo di consentire ai visitatori un viaggio completo nel passato del nostro Pianeta, esplorando sia l'ambiente terrestre in cui protagonisti assoluti sono i dinosauri e sia quello marino con i grandi rettili, dando così un'ampia visione di quello che è stato lo sviluppo della Vita dall'Era Paleozoica fino ai tempi recenti. Le ricostruzioni degli animali sono tutte rigorosamente a grandezza naturale e riprodotte nell'aspetto che dovevano avere in vita: attraverso i due format, la mostra propone anche altri contenuti a tema, inerenti sia ai fondamenti della paleontologia, le ricerche più celebri, ma anche le scoperte avvenute nel nostro Paese.

I modelli – alcuni giganteschi come *Tyrannosaurus*, *Diplodocus*, *Liopleurodon* o *Spinosaurus*, altri minuscoli come il cucciolo di carnivoro *Scipionyx samniticus* (rinvenuto in Italia e noto al



Roma, *Styracosaurus*, foto di A. Giamborino.

grande pubblico come “Ciro”) o il piccolissimo mammifero *Cronopio* (il piccolo Scrat, protagonista nella serie cinematografica L’Era Glaciale) – sono corredati di pannelli didattici per soddisfare ogni curiosità e collocati lungo un percorso di grande impatto visivo ed emozionale.

Il percorso offre diversi livelli di approfondimento con parti descrittive per fornire informazioni generali sulle peculiarità della specie e sul suo gruppo di appartenenza, commenti degli esperti che aiutano a comprendere il metodo di lavoro dei paleontologi e, infine, curiosità inaspettate o luoghi comuni da sfatare.

Una piccola sezione sarà dedicata ai principali paleoartisti presenti sulla scena italiana e al “dietro le quinte”: verranno svelati i procedimenti, le tecniche e i passaggi di ricostruzione, i “trucchi del mestiere” insomma, e il complesso ingranaggio di sapere e competenze che grazie ad un lavoro sinergico consente di ottenere risultati di grande effetto.

Ma **L’Impero dei Dinosauri** non è solo una mostra espositiva: grande attenzione è data alla componente didattica e divulgativa, attraverso un progetto rivolto alle scuole di ogni ordine e grado e alle numerose attività previste per il grande pubblico che si susseguiranno secondo un nutrito programma per tutta la durata della mostra: intere giornate-evento dedicate alla paleontologia e alla paleoarte con l’intervento di studiosi, illustratori, esperti di scultura 3D in digitale e maestri di effetti speciali oltre che a cicli di conferenze per i più appassionati.

Un viaggio indietro nel tempo lungo milioni di anni quindi, reso possibile da un impatto emozionale sul visitatore, con l’utilizzo di materiali e allestimenti spettacolari ed evocativi, e da una suggestiva location ospitante. In questo progetto comune, l’Associazione Paleontologica APPI e il Museo dell’Orto Botanico trovano il modo di coniugare cultura e intrattenimento, scienza e arte, promuovendo con un allestimento integrato, una sorta di dialogo tra passato, presente e futuro presso il grande pubblico e la conoscenza di un luogo e di un’istituzione che riveste un ruolo fondamentale nella tutela e nella valorizzazione di un patrimonio di grande valore storico oltre che scientifico.

L’inaugurazione della mostra, prevista nel mese di dicembre 2020, sarà programmata in ottemperanza dei provvedimenti adottati dal Governo Italiano per contrastare l’emergenza Covid -19, pertanto consigliamo di consultare sempre i siti istituzionali:

www.web.uniroma1.it/ortobotanico/

www.paleoappi.it (sezione mostre)



Sezione *Storia delle* **GEOSCENZE**

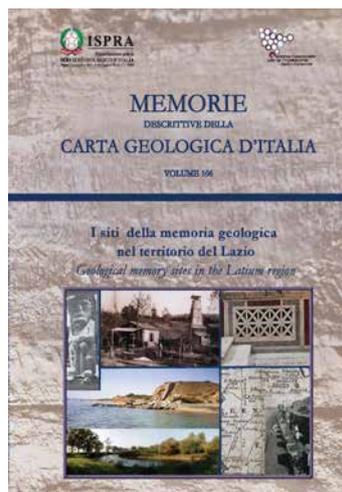


Coordinatore: **Marco Pantaloni**

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

“Siti della memoria geologica nel territorio del Lazio”

LA STORIA DELLA GEOLOGIA RACCONTATA SUL TERRENO



Copertina del volume 106 delle Memorie Descrittive della Carta geologica d’Italia dedicato a “I siti della memoria geologica nel territorio del Lazio”.

I concetti di tutela della geodiversità e di valorizzazione e conservazione del patrimonio geologico, alla base del sistema dei Geositi, sono ormai acquisiti nella cultura del territorio e nella normativa di settore. Accanto a luoghi degni di tutela per la presenza di ‘oggetti geologici’ ne esistono altri meritevoli di attenzione per essere stati teatro di eventi significativi per il progresso delle scienze geologiche e dello studio del territorio: i siti della memoria geologica. Ancora oggi, infatti, i geologi non possono trascurare la vasta mole di informazioni raccolte nel passato dai

nostri predecessori, così come non devono ignorare le modificazioni territoriali, avvenute spesso in epoche recenti, che hanno determinato la scomparsa di località di affioramento di ‘fenomeni geologici’ di primaria importanza per la ricostruzione della storia geologica dei luoghi.

La storia delle discipline geologiche permette di effettuare una analisi del ruolo e dell’opera dei predecessori nel consolidare la comprensione della Terra, dall’approccio naturalistico di stampo descrittivo dei pionieri sino alle visioni moderne di carattere sempre più quantitativo. La storia della geologia porta un contributo culturale complementare ma ben distinto dalla geologia storica, con cui spesso viene ancora confusa, la quale si basa sulle fonti e testimonianze del passato per ricostruire l’evoluzione del Pianeta, o di parti di esso. Su questi presupposti è stato concepito e firmato nel 2018 un accordo di collaborazione tra ISPRA - Servizio Geologico d’Italia, Regione Lazio - Direzione Regionale Capitale Naturale, Parchi e Aree Protette e Città Metropolitana di Roma Capitale - Servizio Geologico e difesa del suolo, protezione civile in ambito



Romolo Meli e i suoi accompagnatori lungo la spiaggia tra Nettuno e Torre Astura, in località Grottacce, osservano gli effetti dell'erosione costiera, 17 maggio 1908.

metropolitano, per la realizzazione di un progetto finalizzato ad ampliare tale visione di sistema.

Dopo due anni di lavoro di un gruppo nutrito, che si è andato mano mano ampliando accogliendo professionalità diverse (geologi, paleontologi, mineralisti, petrografi, storici, archeologi, chimici, tecnici, architetti e ingegneri), l'idea embrionale si concretizza oggi in questo volume collettaneo dedicato ai siti della memoria geologica nel territorio del Lazio.

La finalità del progetto i cui risultati vengono presentati in questo volume, disponibile online, è proprio quella di contribuire a mantenere viva la 'memoria geologica' legata ai siti, presenti nel territorio della regione Lazio, nei quali è stata scritta la storia della geologia. Questo obiettivo è stato raggiunto attraverso il censimento, l'approfondimento e la divulgazione della conoscenza dei "siti della memoria geologica" attraverso una serie di articoli scientifici che raccolgono la descrizione dei luoghi, degli eventi geologici individuati e, non ultimo, dei personaggi che hanno contribuito a diffondere l'interesse per quel determinato luogo.

La collaborazione tra ISPRA, Regione Lazio e Città Metropolitana di Roma Capitale aggiunge un eccezionale valore al progetto, perché è solo grazie a una profonda e diretta conoscenza del territorio, degli eventi e dei personaggi che lo hanno "vissuto" che è possibile entrare così profondamente sia nelle scienze geologiche che in quelle umane. È indispensabile far notare che molti studi presentati in questo volume sono stati possibili grazie al recupero delle informazioni derivate dal ricco patrimonio geologico-storico costituito dalla documentazione d'archivio, dalle collezioni cartografiche e dai fondi bibliografici posseduti da varie istituzioni, in particolare dalla Biblioteca dell'ISPRA, che mantiene il materiale documentale derivato dalla Biblioteca del Servizio Geologico d'Italia. Questo evidenzia la necessità di conservazione e sistematizzazione del materiale d'archivio, anche recente, la cui salvaguardia è spesso trascurata o lasciata all'iniziativa di singoli ricercatori.

Con la pubblicazione online del volume, è stata attivata un sito web con un visualizzatore, focalizzato sul territorio laziale, con l'ubicazione dei siti della memoria geologica. Questo utile strumento di navigazione, consultabile al link: <https://t.ly/WjvW>, permette di visualizzare i siti e identificarne le specifiche caratteristiche.

Pantaloni M., Console F., Argentieri A. & Mantero D. (Eds.) (2020). *I siti della memoria geologica nel territorio del Lazio.*

Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia, 106, Roma, Servizio Geologico d'Italia - ISPRA, 328 pp.

Disponibile online sul sito ISPRA: <https://tinyurl.com/y5zno3xy>

a cura di Marco Pantaloni e Alessio Argentieri

Indice DEL VOLUME

Perini P. *La spiaggia di Ladispoli: le sabbie ferrifere del litorale laziale e la Fossa delle Marianne (RM).*

Sammuri P. *L'Alabastro di Civitavecchia (RM).*

Della Ventura G., Patané A. *Le miniere dei Monti della Tolfa-Allumiere (RM).*

Mantero D. *La Selva del Lamone (VT): ecosistemi, lave e storie dell'uomo.*

Ricci V. & Bonomo R. *La Piramide di Bomarzo (VT).*

Pantaloni M. & Console F. *Un arco naturale sul Torrente Farfa: il Ponte sfondato (RI).*

Console F. & Nisio S. *Il Lago di Leprignano o Lago Nuovo (Capena, Roma).*

Colapietro A., Lucarini M. & Monti G.M. *Il Santuario di Lucus Feroniae presso Capena (Roma).*

Marino M. *Le dighe del Turano e del Salto (RI): le descrizioni geologiche di Giorgio Dal Piaz.*

Berti D. *Il sistema carsico Grotta Val de' Varri - Risorgenza Laoleana (RI).*

Berti D. *La grotta San Michele e il "grottone" del Diavolo a Pozzaglia Sabino (RI).*

Piro M. *La Grotta Marozza (Mentana, Roma).*

Piro M. *Il Pozzo del Merro (S. Angelo Romano, Roma).*

Fabbi S. & Romano M. *Alessandro Portis e l'elefante di Riofreddo (RM).*

Fabbi S. *La Pietra di Subiaco (Roma).*

Fabbi S. *La miniera di asfalto di Filettino (FR).*

Piro M. *Il Pozzo Trevi 1 (FR).*

Fabbi S. & Marino M. *La Grotta di Collepardo (Monti Ernici, FR).*

Varazi F., Lipparini L., Geralsi F., Bianchi E. & Bencini R. *Ripi in Valle Latina, uno dei primi giacimenti petroliferi d'Italia (FR).*

Cipriani A. *Le doline di Campoli Appennino (FR).*

Cipriani A. *Il Lago di Posta Fibreno (FR).*

Cipriani A. *Le miniere di alluminio e ferro della Val di Comino (FR).*

Della Ventura G. *Le cave di alabastro del Circeo (LT).*

Console F. & Pantaloni M. *Le escursioni geologiche di Romolo Meli lungo la costa di Anzio (Roma).*

Mantero D. & Giacopini L. *L'attività estrattiva delle miniere solfifere di Tor Caldara (Anzio, Roma) tra il XVI e il XIX secolo.*

Argentieri A., Piro M., Gizzi A. & Aimati V. *La dolina di Montefortino (Monti Lepini, Roma).*

Madonna S. & Nisio S. *Il Lacus Turni scomparso nella provincia di Roma.*

Pantaloni M. *Il drizzagno di Spinaceto e l'ansa morta del Tevere (Roma).*

Testardi M. & Pantaloni M. *Le sorgenti delle Acque Salvie alle Tre Fontane (Roma).*

Testardi M. & Pantaloni M. *Sorgenti storiche di Roma: l'acqua Lancisiana e le acque Corsiniane.*

Colapietro A., Lucarini M. & Monti G.M. *Il Tunnel di Centocelle: testimonianza del progetto di "Metropolitana Porta Maggiore-Centocelle-Torre Spaccata" (Roma).*

Argentieri A., Capelli G. & Mazza R. *Il Pozzo Circo Massimo nella Mostra Autarchica del Minerale Italiano (Roma, 1938-1939).*

Luberti G.M. & Del Monte M. *Il Monte della Giustizia all'Esquilino (Roma).*

Mancinella D. & Mantero D. *La Fons Olei di Santa Maria in Trastevere (Roma): leggenda o realtà?*

Bersani P., Bencivenga M. & Nisio S. *Le lapidi ricordo delle inondazioni del Tevere a Roma.*

Giacopini L. & Mantero D. *Memoria geologica, paleoantropologia e preistoria romana: geo-itinerari urbani a Roma.*

Ventura R. *Il database dei siti della memoria geologica.*

Sezione GEOLOGIA Himalayana



Coordinatore: Rodolfo Carosi

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

Tra i premi assegnati quest'anno dalla SGI figura il premio alla miglior tesi di dottorato conferito alla Dott.ssa Chiara Montemagni (Fig. 1), dell'Università di Milano-Bicocca, dal titolo "Geocronologia e cinematica di zone di taglio a scala crostale nella catena himalayana" relativa ad una tematica di grande rilievo e attualità nella geologia della catena Himalayana.



Fig. 1 - Chiara Montemagni (sx) e Chiara Montemagni (dx) davanti alle miloniti del *Munsiari Thrust* (*Main Central Thrust* inferiore) (Garhwal, India).

La tesi riguarda il *Main Central Thrust* (MCT) e il *South Tibetan Detachment System* (STDS), due delle maggiori strutture tettoniche della catena tracciabili da est ad ovest per oltre 2400 km che dividono il nucleo metamorfico della catena (*Greater Himalayan Sequence*: GHS) rispettivamente dalle sottostanti rocce sedimentarie o di basso grado metamorfico con intrusioni del Proterozoico del basso Himalaya (*Lesser Himalayan Sequence*; LHS) e dalla sovrastante Successione Sedimentaria Tibetana (Fig. 2). Il MCT, studiato da oltre un secolo, è stato definito originariamente da Heim & Gansser (1939) ma è tutt'ora oggetto di ampia discussione per quanto riguarda la sua definizione e la sua collocazione sul terreno lungo la catena (Searle et al., 2008; Carosi et al., 2018). Si tratta di una spettacolare e spesso zona di taglio duttile con senso di spostamento della parte superiore (il tetto; il GHS) verso S/SW (Fig. 3) al di sopra delle rocce sedimentarie del LHS. Lo spessore delle rocce deformate (miloniti) arriva fino a 4 km. Alcuni autori hanno individuato quindi una zona di forte deformazione denominata MCT zone, delimitato da un MCT superiore e da un MCT inferiore.

Il MCT ha acquisito ulteriore importanza per i meccanismi di esumazione delle rocce metamorfiche del nucleo metamorfico Himalayano (GHS) al momento che è stata riconosciuta la sua contemporaneità con la "faglia" che delimita il GHS in alto: il *South Tibetan Detachment System*. Si tratta di un sistema di zone di taglio duttili e faglie con cinematica normale che porta le rocce sovrastanti a spostarsi verso il basso e verso Nord (con cinematica opposta rispetto al MCT) (Fig. 2). La presenza di faglie inverse e faglie normali attive nello stesso tempo sulla stessa verticale è stata una vera e propria rivoluzione nella geologia delle catene collisionali antiche e moderne con importanti conseguenze sui meccanismi che permettono la risalita verso la superficie delle rocce metamorfiche da importanti profondità mentre la catena è ancora attiva e questo ha focalizzato fortemente l'attenzione dei ricercatori negli ultimi 20 anni.

Uno dei punti nodali riguarda l'età del MCT e se si tratti o meno di una unica struttura tettonica oppure di più strutture di taglio attivate in tempi differenti. L'approccio seguito nella tesi di Montemagni, di carattere multidisciplinare, è stato efficace nell'ottenere età precise Ar/Ar su campioni scelti nella parte superiore e nella parte inferiore del MCT, in India NW (Fig. 3), che risultano rispettivamente di 9-8 Ma e 5-4 Ma.

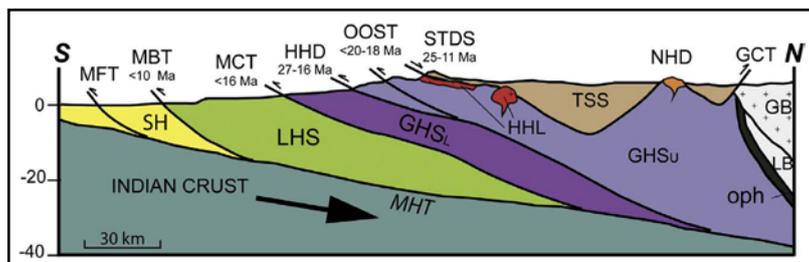


Fig. 2 - Sezione geologica schematica che mostra l'architettura della catena Himalayana (da Carosi et al., 2018). Abbreviazioni: MHT: *Main Himalayan Thrust*; MFT: *Main Frontal Thrust*; MBT: *Main Boundary Thrust*; MCT: *Main Central Thrust*; HHD: *High Himalayan Discontinuity*; OOST: *out of sequence thrust*; STD: *South Tibetan Detachment*; HHL: *Higher Himalayan Leucogranite*; NHD: *North Himalaya Dome*; GCT: *Great Counter Thrust*; Oph: *ophiolites*; LB: *Lhasa Block*; GB: *Gandgese Batholith*; SG: *Siwalik Group*; LHS: *Lesser Himalayan Sequence*; GHS_L: *lower Greater Himalayan Sequence*; GHS_U: *upper Greater Himalayan Sequence*; TSS: *Tethyan Sedimentary Sequence*.



Fig. 3 - Aggregati centimetrici di miche a losanga in verde (*foliation fish*) che indicano la cinematica del *Main Central Thrust*. Il senso di spostamento del tetto è verso destra e corrisponde ad uno spostamento verso SW del nucleo metamorfico del *Greater Himalayan Sequence* (Garhwal, India).

Al contempo le età ottenute per il STDS che lo collocano a 20-16 Ma, ma inattivo a partire da c.a. 14 Ma permettono di escludere tutti i modelli di esumazione che hanno come presupposto le attività contemporanee del MCT e del STDS (Montemagni et al., 2018, 2019, 2020).

Vincente è stato l'unione dello studio cartografico, strutturale, microstrutturale e geocronologico con le più moderne tecniche in un attivo gruppo di ricerca sulla geologia himalayana.

Questi risultati, uniti alla recente scoperta, da parte di ricercatori italiani, di una mega discontinuità tettonica e metamorfica all'interno del nucleo metamorfico dell'Himalaya, attiva tra 27 e 17 Ma (Montomoli et al., 2013, 2015; Carosi et al., 2018) permettono di escludere alcuni popolari modelli di esumazione del nucleo metamorfico (quali i meccanismi di estrusione e "channel flow") a favore di modelli di propagazione progressiva della deformazione tramite zone di taglio sempre più giovani andando verso il LHS (Fig. 2).

a cura di Carosi R., Iaccarino S., Montomoli C.

BIBLIOGRAFIA

Carosi R., Montomoli C. & Iaccarino S. (2018). 20 years of geological mapping of the metamorphic core across Central and Eastern Himalayas. *Earth-Science Reviews*, 177, 124–138. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.11.006>

Heim A. A. & Gansser A. (1939). *Central Himalaya: Geological observations of the Swiss expedition, 1936*. Delhi: Hindustan Publishing.

Montemagni C., Carosi R., Fusi N., Iaccarino S., Montomoli C., Villa I.M. & Zanchetta S. (2020). Three-dimensional vorticity and time-constrained evolution of the Main Central Thrust zone, Garhwal Himalaya (NW India). *Terra Nova*, 32, 215-224, DOI: 10.1111/ter.12450

Montemagni C., Iaccarino S., Montomoli C., Carosi R., Jain A.K. & Villa I.M. (2018). Age constraints on the deformation style of the South Tibetan Detachment System in Garhwal Himalaya. *Italian Journal of Geosciences*, 137, 175–187.

Montemagni C., Montomoli C., Iaccarino S., Carosi R., Jain A.K., Massonne H.-J. & Villa I.M. (2019). Dating protracted fault activities: Microstructures, microchemistry and geochronology of the Vaikrita Thrust, Main Central Thrust zone, Garhwal Himalaya, NW India. *Geological Society Special Publication*, 2019, 481, 127-146.

Montomoli C., Carosi R. & Iaccarino S. (2015). Tectonometamorphic discontinuities in the Greater Himalayan Sequence: a local or a regional feature? In: S. Mukherjee, P. van der Beek, & P. K. Mukherjee (Eds.), *Tectonics of the Himalaya*. Geological Society, London, Special. Publications, 412, 21–41.

Montomoli C., Iaccarino S., Carosi R., Langone A. & Visonà, D. (2013). Tectonometamorphic discontinuities within the Greater Himalayan Sequence in Western Nepal (Central Himalaya): Insights on the exhumation of crystalline rocks. *Tectonophysics*, 608, 1349-1370.

Searle M. P., Law R. D., Godin L., Larson K. P., Streule M. J., Cottle J. M. & Jessup M. J. (2008). Defining the Himalayan Main Central Thrust in Nepal. *Journal of the Geological Society of London*, 165, 523–534. <https://doi.org/10.1144/0016-76492.007-081>



Sezione GEOLOGIA Planetaria

Coordinatrice: Lucia Marinangeli

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

Matteo Massironi

(Dipartimento di Geoscienze, Università degli studi di Padova)

Francesco Sauro

(Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali, Università di Bologna)

Riccardo Pozzobon

(Dipartimento di Geoscienze, Università degli studi di Padova)

«EVA1 to ground» - «Capcom to EVA1 go ahead» - «We are on site. We see a lava flow aside a tephra ring. It seems interesting for a panoramic description and potential sampling» - «Proceed with site description and sampling sites selection» - «Copy»

Facciamo chiarezza. EVA1 sta per *Extra-Veicular Activity crew 1* e indica un equipaggio di astronauti in attività extra-veicolare, CapCom sta per *Capsule Communicator* ed è il radiofonista addetto alle comunicazioni con gli astronauti.

“Fantascienza o Futuro!”, direte voi. “No PANGAEA e presente”, rispondiamo noi.

PANGAEA è il corso di geologia di terreno per Astronauti dell’Agenzia Spaziale Europea (ESA) e conversazioni come questa non sono poi così rare. Per la precisione, il suo nome deriva da “Planetary ANalogues for Geological and Astro-biological Exercises for Astronauts”. Lo hanno già frequentato i nostri Luca Parmitano e Samantha Cristoforetti, oltre a Thomas Reiter che per lungo tempo ha mantenuto il record di permanenza nello spazio per un astronauta europeo, Pedro Duque, un astronauta spagnolo che fino a qualche mese fa era ministro della scienza nel suo paese, Sergey Kud-Sverchkov, cosmonauta russo partito qualche giorno fa per la Stazione Spaziale Internazionale, e Matthias Maurer, astronauta tedesco da poco assegnato alla sua prima missione nello spazio.

Il corso nasce nel 2015 su idea di Francesco Sauro e Loredana Bessone, dirigente ESA addetta al training sul campo di astronauti, che intuiscono la necessità di dotarli delle adeguate conoscenze geologiche per attività di esplorazione sul terreno. Da lungo tempo queste attività di addestramento non erano più svolte dagli astronauti in quanto, successivamente alle missioni Apollo, si sono esclusivamente dedicati alle missioni Shuttle e alla gestione della Stazione Spaziale Internazionale. Non avendo pertanto necessità di mettere piede sulla superficie di un altro corpo planetario, non venivano quasi più istruiti all’esplorazione e in particolare alla geologia di terreno.

Sezione

GEOLOGIA Planetaria

È stato necessario almeno un anno per mettere in piedi la squadra iniziale di docenti europei con le idonee qualifiche, individuare i siti analoghi con le giuste caratteristiche geologiche e logistiche, ideare la maniera migliore di gestire le attività di terreno e istruire i docenti ad impartire lezioni a questi allievi piuttosto particolari, dotati e pertanto esigenti.

Per consolidare le nozioni teoriche di geologia terrestre e planetaria in un contesto essenzialmente pratico e sul terreno, simulando le future attività sulla Luna o su Marte, si è deciso di utilizzare siti analoghi, idonei a spiegare processi che sono ben riconoscibili anche in contesti planetari. Ecco allora che le sequenze fluviali intersecate da vene di gesso, ben visibili nelle immagini del cratere Gale di Marte acquisite dal Rover Curiosity, vengono spiegate direttamente ammirando le sequenze sedimentarie permiane del vallone del Bletterbach in Alto Adige. I crateri di impatto, i prodotti ad essi associati e il loro processo di formazione vengono invece investigati a Ries in Germania, dove 15 Milioni di anni fa l'impatto di un grande asteroide

formò un cratere di 25 km di diametro sconvolgendo le serie Mesozoico-Terziarie preesistenti. Negli anni '70, gli astronauti NASA andarono a visitare proprio il cratere di Ries in preparazione alle missioni Apollo. I processi effusivi e freato-magmatici si scoprono nelle isole Canarie, a Lanzarote. Il collega Jesús Martínez-Frías dell'Università Complutense di Madrid e istruttore ESA-PANGAEA chiama quest'isola "Marte en la Tierra". I suoi campi

di lava nascondono tra i più grandi sistemi di tubi di lava terrestri e siti simili saranno i privilegiati per future stazioni stabili su Luna e Marte. Infine, ammirando duniti, gabbri, e anortositi tra i fiordi delle Lofoten in Norvegia, si ripercorrono i processi di cristallizzazione frazionata che potrebbero aver dato origine alla crosta primordiale lunare.

Ogni sito analogo quindi è riferito ad un dato processo geologico riscontrabile sulla Luna o su Marte o su entrambi, e ad ogni sito si dedica circa una settimana di attività. In totale il corso dura circa tre settimane a cui si può aggiungere una settimana di formazione avanzata come quella che si svolge alle Lofoten. Non mancano poi lezioni teoriche su asteroidi, comete ed astrobiologia, nonché un addestramento per il prelievo di campioni geologici e biologici. Gli astronauti apprendono quindi come osservare, riconoscere e descrivere un paesaggio, e come analizzare un sito di potenziale

interesse individuandone i caratteri principali ed identificando campioni che ne definiscono il contesto come quelli che non ci si aspetterebbe di incontrare (ad esempio meteoriti). Da parte loro gli istruttori hanno dovuto apprendere, in gran parte dagli Astronauti e dal team di ESA, i metodi operativi e di comunicazione più efficienti per ottenere il massimo dei risultati sfruttando il minimo del tempo a disposizione sul campo. Sembra, infatti, che si sia poco propensi a perdere tempo quando si ha un limite di sole 7 ore per attività extra-veicolare di terreno e quando da quel limite dipende la propria vita.

Harrison Schmitt, astronauta NASA e primo ed unico geologo a mettere piede sulla Luna durante l'ultima missione Apollo (Apollo 17), espresse la necessità di rendere più flessibili le attività di rilievo geologico e campionamento degli astronauti sulla superficie della Luna introducendo il concetto di "Flexexecution" applicato all'attività di esplorazione umana. Con questo termine si indica l'esigenza di cambiare pianificazioni di percorso in base alle osservazioni che a mano a mano si ottengono durante l'esplorazione geologica,

potenzialmente coadiuvata da osservazioni in remoto (da piattaforme orbitante). Il termine può sembrare nuovo, ma si tratta in realtà di un procedimento che qualsiasi Geologo di terreno applica quasi inconsapevolmente. Quante volte, infatti, vedendo una particolare morfologia, o una struttura sedimentaria, o una zona di faglia, o un dicco, o un particolare fossile o un determinato minerale, avete deciso di cambiare i programmi per quella giornata di lavoro?



Harrison Schmitt

Questa è l'esecuzione flessibile!

Semplice, quindi, da comprendere ma difficile da farsi, se si pensa che le attività extra-veicolari vengono programmate nel minimo dettaglio e vengono portate a termine da Astronauti che spesso non possiedono una formazione accademica di tipo geologico. È essenziale, tuttavia, essere preparati all'applicazione della flessibilità sul terreno per avere il massimo ritorno scientifico da qualsiasi missione e per garantire una certa autonomia di esecuzione nel caso di esplorazioni umane su Marte. Un astronauta su Marte dovrebbe infatti attendere nel migliore dei casi 8 minuti per ricevere una risposta e nel peggiore 48 minuti. Potete immaginare voi come si potrebbe sentire quell'astronauta ad attendere quasi un'ora per sapere se un sito è idoneo al campionamento e un'altra ora per sapere se il campione a cui aveva pensato è quello gradito dagli scienziati a Terra, mentre le 7 ore di autonomia scorrono inesorabilmente. E tutto questo senza contare



Test di strumenti Apollo sulle piane vulcaniche di Lanzarote, Isole Canarie, Spagna. Credits: ESA-L. Turchi.



Matteo Massironi e Samuel Payler (ESA) in simulazione controllo missione a Lanzarote, Isole Canarie, Spagna Credits: ESA-A. Romeo.



Il team PANGAEA davanti ad un affioramento di breccie di impatto a Ries (Bunte breccia), Germania. Credits: ESA-R. Shone.

le discussioni a terra tra gli scienziati la cui lunghezza, in questo caso, può diventare letteralmente letale. Credeteci... molto meglio l'esecuzione flessibile!

Per evitare quindi questa amara esperienza su Marte e rendere più efficaci le future missioni umane sulla Luna, durante il corso si procede ad aumentare gradualmente l'autonomia degli astronauti sul terreno. Inizialmente accompagnati da docenti in rapporto 1 a 1, alla fine delle tre settimane gli astronauti, in equipaggi da tre, eseguono traverse geologiche in quasi completa autonomia. Durante queste traverse devono decidere il percorso, effettuare le loro attività di terreno e comunicarle alla base, ricevendo, solo in alcuni casi, istruzioni da svolgere comunque sempre in maniera flessibile. È in questi contesti che si può assistere a comunicazioni come quelle riportate sopra.

ESA-PANGAEA ha completato la sua terza edizione nel 2018 e sta preparando l'edizione del 2021. Alle principali sessioni del corso si aggiunge spesso una settimana di test di strumentazione di nuova concezione per operazioni umane volte ad analisi e campionamento.

Dal 2017 la campagna di test si svolge congiuntamente allo sviluppo di protocolli operativi per future attività extra-veicolari degli astronauti utilizzando l'ambiente analogo di Lanzarote come laboratorio a cielo aperto durante la campagna PANGAEA-X.

Con il crescente interesse per l'esplorazione umana di Luna e Marte, si auspica che le edizioni di ESA-PANGAEA possano aumentare di frequenza, venga favorita una maggiore partecipazione di astronauti provenienti da diverse Agenzie Spaziali, si integrino con attività complementari su siti analoghi in diversi continenti.

«EVA1 to ground» - «Capcom to EVA1 go ahead»-«We are on site. We see a slope of potential anorthosite rocks degrading towards a plane covered by regolith with seldom blocks of possible basalts. It seems interesting for a panoramic description and eventual sampling»- «Proceed with site description and sampling sites selection»- «Copy»

“PANGAEA!”, direte voi. “No prossimo futuro”, quando la missione NASA-ARTEMIS porterà nel 2024 la prima donna ed il prossimo uomo sulla Luna.



Sezione Giovani GEOLOGI

Coordinatrice: **Giulia Innamorati**



Pagina web: www.socgeol.it/435/giovani-geologi.html

Nel primo numero di questa rivista il Dottorato di Ricerca è stato presentato come una delle possibili vie da intraprendere dopo il conseguimento della Laurea Magistrale, e di come questo possa variare nelle forme di ammissione, nella durata e a seconda del Paese in cui lo si consegue.

In quelle righe, non è stato tuttavia menzionato un aspetto cruciale, del quale spesso ci si dimentica: gli imprevisti sono sempre pronti a mettere il bastone fra le ruote... e quello di quest'anno non lo dimenticheremo facilmente! Stiamo parlando ovviamente del fenomeno pandemico del Covid-19 che, in un modo o nell'altro e in misure differenti, ha influenzato la vita di tutti noi. Per provare a spiegare ciò, racconteremo come abbiamo vissuto e stiamo vivendo questo periodo, da un capo all'altro del mondo.



Costantino Zuccari

Department of Biological, Geological and Environmental Sciences- BiGeA, Università degli Studi di Bologna, Bologna, Italy

Il 10 Marzo il rettore dell'*Alma Mater Studiorum*, Università di Bologna, segnalava che le attività di ricerca avrebbero dovuto proseguire in remoto. Sapevamo da tempo di questa possibilità ma speravamo che rimanesse tale. E invece no, sei all'inizio del tuo quinto mese del primo anno di dottorato, fino ad ora ti sei dedicato allo studio preparatorio, e ora che stai per partire, letteralmente, ti trovi bloccato ancora alla scrivania. Pensi che, sì, hai ancora oltre due anni davanti a te ma forse è proprio questo il periodo in cui la raccolta dati si intensifica e cominci a toccare con mano i tuoi temi di ricerca. Essendo fortemente vincolato al lavoro di terreno, il periodo smart è stato tutto meno che utile, unito all'impossibilità di lavorare in laboratorio sui dati derivanti dall'ultima attività di terreno di gennaio. Non mancano aspetti positivi: un progetto ideato per permettere agli studenti di "lavorare sul terreno" da remoto ci ha spinto, volenti o nolenti, a esplorare frontiere telematiche di appoggio a tutte le attività di puro terreno. Quello che è mancato e continua a mancare è il lato umano della ricerca, dello spunto "epifanico" collegato alla chiacchierata informale nei corridoi, chiaramente non sostituibile con una videochiamata asettica.



Erica Luzzi

Department of Physics and Earth Sciences, Jacobs University Bremen, Bremen, Germany

Il 18 marzo 2020 il *Management Board* della *Jacobs University* ha inviato una *e-mail* raccomandando di lavorare in remoto da casa. Da

allora i ricercatori lavorano senza recarsi in dipartimento. Tuttavia, essendo la *Jacobs University* un campus dove gli studenti vivono, l'università non ha mai effettivamente chiuso. Non posso dire che il *lockdown* abbia influito sulla mia produttività: seppure a casa, non ho smesso di lavorare neanche un giorno. La *Geologia Planetaria* è un campo privilegiato per lo *smart working*, l'unica cosa indispensabile è un computer su cui visualizzare e processare i dati da satellite. Abbiamo tenuto i *meeting* su piattaforme *online* e probabilmente abbiamo risparmiato molto tempo che avremmo impiegato per spostamenti e pranzi fuori. Per quanto riguarda la mia esperienza, lo *smart working* non solo funziona ma migliora la produttività. Nota dolente è invece la didattica. Avendo anche compiti di assistenza alla didattica, ero solita passare con gli studenti lunghi pomeriggi per rispiegarli quanto non era chiaro: ahimè, solo pochissimi studenti hanno avuto la premura di contattarmi per chiarimenti. La ricerca, almeno nel campo del *remote sensing*, si può portare avanti benissimo in *smart working*. La didattica purtroppo è il tallone d'Achille.



Filippo Bertozzo

School of Natural and Built Environment, Queen's University Belfast, Belfast, United Kingdom

Seguendo le indicazioni di altri dipartimenti europei, alla fine anche il Regno Unito ha deciso di attivare il *lockdown*, chiedendo ai ricercatori universitari di lavorare in remoto dal 17 Marzo 2020. La questione nell'Irlanda del Nord si è fatta complicata data la geopolitica dell'isola, con la porzione europea (EIRE) già in *lockdown*, mentre la porzione inglese no, seguendo le indicazioni del governo centrale... come se il virus conoscesse confini politici! Il mio ritiro è iniziato a fine Marzo, spostando il *working system* a casa. Avere la mia camera trasformata in ufficio, con una scrivania decisamente non pensata per lo *smart working* ha reso difficile la transizione, e solo a fine Maggio sono riuscito a trovare un "vero" equilibrio casa-lavoro. Sono al terzo e ultimo anno, e fortunatamente le visite alle varie collezioni museali le avevo finite a Dicembre. Se la pandemia fosse scoppiata l'anno scorso, probabilmente, avrei chiuso e ritratto il mio progetto dottorale, data la quantità di esemplari fossili da visionare. Al momento analizzo i dati raccolti e scrivo la tesi a casa, anche se alcuni piccoli lavori dovrebbero essere svolti in laboratorio (la cui riapertura è prevista, qui a Belfast, verso fine luglio), e quindi non ancora finiti.



Francesco Battista

Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brazil

Allineandosi con le altre università brasiliane, a partire dal 15 marzo, anche la *Universidade Federal do Rio Grande do Sul* ha dichiarato sospesa qualsiasi attività in sede, invitando tutti a restare a casa. È così cominciato il periodo *smart*. E con non poche difficoltà, dal momento che il progetto è centrato sullo studio di fossili conservati nella nostra collezione, oltre a quelli di altre due Istituzioni. All'inizio abbastanza strano, con l'abitudine e la necessità di andare ogni giorno in laboratorio. Ci è voluto un poco per riadattarsi, seppur in maniera altalenante. L'aspetto forse peggiore è rappresentato dal fatto che, essendo a metà del percorso di studi (ho iniziato in quarantena il terzo di quattro anni), i dati di cui dispongo sono ancora incompleti, per cui



Sezione GEOLOGIA Ambientale

Coordinatore: **Leo Adamoli**

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

BIDECALOGO PER UNA CORRETTA PIANIFICAZIONE E GESTIONE INTEGRATA *del sistema fluviale-costiero*

Il cambiamento climatico in corso è un fatto incontrovertibile e le sue ripercussioni sul territorio del nostro Paese sono del tutto evidenti non solo nelle aree di montagna ma anche nel sistema fluviale-costiero dove la risalita del livello del mare, in atto da oltre un secolo e in accelerazione negli ultimi decenni ha contribuito, unitamente all'incremento della frequenza e dell'energia degli eventi meteomarinari estremi, ad accentuare i fenomeni erosivi e ad ampliare la zona esposta all'aggressione delle mareggiate. Per fare fronte a questi fenomeni occorre incrementare la "resilienza" costiera attraverso l'adozione di una "strategia di Arretramento" che preveda una progressiva delocalizzazione degli insediamenti minori e delle varie infrastrutture e, solo laddove l'arretramento non è possibile, va adottata una "strategia mista di Adattamento/Difesa".

Gli indirizzi ed i criteri d'intervento, nonché le possibili azioni per la prevenzione e mitigazione dei rischi geologici nel sistema fluviale-costiero, da attuare sia nei bacini idrografici che lungo la fascia litoranea, sono stati riassunti in un Bidecalogo articolato nei 20 punti qui di seguito sintetizzati. L'intento della Sezione di Geologia Ambientale della SGI è quello di stimolare un "dibattito permanente" su queste tematiche e quindi favorire una crescita culturale della società civile tutta.

1. Superare il metodo della difesa urgente dei tratti critici e passare a studi a livello di Bacino idrografico/Unità fisiografica con un approccio multidisciplinare, preventivo e gestionale, che tenga conto delle relazioni di interdipendenza tra gli ambienti che compongono il sistema fluviale-costiero.
2. Razionalizzare i prelievi idrici, ridurre l'impermeabilizzazione superficiale del suolo a scala di Bacino, escludere/ridurre gli interventi che determinano una diminuzione del trasporto solido fluviale (dighe ed altre opere di sbarramento, sistemazioni idraulico-forestali).
3. Escludere qualsiasi intervento di canalizzazione e di impermeabilizzazione dell'alveo e delle sponde fluviali e limitare le opere idrauliche alle zone di effettivo rischio senza che esse interferiscano negativamente con le dinamiche fluviali.
4. Dismettere le opere di difesa spondale ritenute non strategiche, ovvero non destinate alla difesa di centri abitati ed infrastrutture strategiche.
5. Non ammettere e/o delocalizzare le attività antropiche non compatibili con i processi idromorfologici in atto nelle aree di pertinenza fluviale.

è stato difficile riuscire ad "approfittare" del tempo passato in casa per mettere nero su bianco. Di positivo, tuttavia, c'è stato qualcosa: con i colleghi del "Laboratório" abbiamo provato a intensificare l'attività di divulgazione della Paleontologia e delle Geoscienze in generale, riscontrando interesse in un numero sempre maggiore di persone, anche esterne all'Accademia.



Francesco Colombi

Department of Ecology, Environment and Evolution, La Trobe University, Albury-Wodonga, Australia

Il 12 Marzo, il Dipartimento della Sanità e dei Servizi Umani del Victoria annunciò il primo caso positivo al COVID-19, di un membro della comunità della La Trobe University, alla sede centrale di Melbourne. Pochi giorni dopo, a tutto lo staff della La Trobe, come per le altre Università Australiane, venne imposto di lavorare da casa (*smart working*). Da quel giorno, non sono più andato in dipartimento. Mi trovo nella seconda metà del mio percorso di dottorato (che comprende 3 anni e mezzo di lavoro), in cui avrei dovuto dedicarmi all'ultimo esperimento del mio progetto di tesi. Ritrovarsi con i laboratori accessibili solo per alcuni specifici progetti (quelli più urgenti e commissionati da privati) e tassativamente sotto apposito permesso, ha rallentato indubbiamente il mio lavoro. Nella lista di attesa ero ben lontano dall'essere preso in considerazione! Questo è stato, a mio parere, uno degli aspetti più pesanti del *lockdown* e che mi ha spinto, al termine del secondo mese di isolamento, a richiedere un "*leave of absence*", una sorta di sospensione temporanea (sei mesi, nel mio caso). Appena possibile sono quindi rientrato in Italia, in attesa di tempi migliori, dedicandomi comunque alla stesura di parte della Tesi, ma in condizioni psico-fisiche ben differenti.

Che dire? Questo 2020 è stato a dir poco alternativo! Attraverso queste brevi storie abbiamo provato a raccontare aspetti "nuovi" della vita di uno studente di dottorato. Una situazione così inaspettata, quale è stata ed è l'attuale, ha condizionato la quotidianità, in maniera più o meno marcata. Le difficoltà non sono state poche e il dover ristrutturare il nostro lavoro, a volte quasi completamente, o la didattica, è stato sicuramente una grande sfida. E per il campo della Geologia e delle discipline ad essa afferenti e legate, non è stato da meno.

Una delle ripercussioni, forse tra le più positive, del Covid-19, è l'aver portato diverse società scientifiche (es.: *Geological Society of America*) a ripensare *online* incontri e congressi, rendendo la partecipazione più facile, soprattutto a coloro che, vivendo molto distanti o non avendo il dovuto supporto finanziario (purtroppo fenomeno abbastanza comune), non potevano altresì parteciparvi. Insomma, chi più e chi meno, abbiamo dovuto necessariamente reinventarci e ripensarci in veste casalinga, tentando comunque di portare avanti il nostro lavoro. In fin dei conti, potremmo e dovremmo considerare questa esperienza come una palestra, perché gli imprevisti accadono e, a volte, la cosa migliore da fare è proprio restare in casa!

#staysafe

a cura di Francesco Battista, Erica Luzzi, Costantino Zuccari, Filippo Bertozzo, Francesco Colombi

Sezione GEOLOGIA Ambientale

6. Favorire i meccanismi di rialimentazione naturale del trasporto solido fluviale attraverso la gestione dei depositi sedimentari intrappolati dalle opere di sbarramento lungo i corsi d'acqua (dighe, traverse fluviali, briglie).
7. Facilitare il ripascimento naturale degli alvei, sia consentendo/favorendo l'erosione spondale sia individuando i versanti idonei e con forte potenziale di ricarica dei sedimenti nei quali è possibile consentire l'erosione del suolo ed i fenomeni franosi anziché contrastarli.
8. Recuperare le piane di esondazione poco antropizzate alla funzione di espansione naturale delle acque di piena, anche attraverso, laddove possibile, la delocalizzazione delle opere antropiche.
9. Aumentare la scabrezza per rallentare la corrente, favorire la sedimentazione nei tratti incisi e, laddove possibile, allargare la sezione attraverso sbancamenti e ribasso della quota del terrazzo fluviale, con immissione in alveo dei sedimenti. La creazione della nuova piana inondabile adiacente all'alveo consente l'espansione delle piene più frequenti e quindi l'attenuazione del processo erosivo.
10. Rinaturalizzare i tratti fluviali artificializzati attraverso il ripristino della fascia di vegetazione ripariale in quanto elemento strategico sia per il recupero morfologico che per la qualità delle acque fluviali.
11. Controllare il rispetto del divieto di prelievo degli inerti dagli alvei fluviali, data la colpevole tolleranza verso la diffusa pratica di dragaggio di sedimenti che continua ad avvenire soprattutto attraverso sedimenti interventi di "sistemazione idraulica", evocati al fine di eludere le norme a riguardo. I sedimenti accumulatisi localmente possono essere riutilizzati nei tratti incisi ma non asportati.
12. Consentire sia la libera evoluzione delle foci fluviali non ancora o solo in parte antropizzate sia l'arretramento dei litorali, laddove ancora possibile, permettendo loro di attestarsi in posizioni di maggiore equilibrio.
13. Impedire un ulteriore irrigidimento dei tratti di litorale poco urbanizzati con costruzioni troppo vicine a riva e restituire un minimo di spazio vitale e di flessibilità anche attraverso, laddove possibile, la demolizione o delocalizzazione/arretramento degli elementi a rischio.
14. Creare spazio ai processi dinamici del sistema costiero attraverso la pianificazione di una "strategia d'arretramento" che individui, nelle aree costiere ancora libere da insediamenti ed opere, una "fascia di rispetto" della larghezza minima di 100 metri in cui non è consentito edificare.
15. Evitare la realizzazione, nei tratti litoranei ancora liberi da opere rigide, di nuove scogliere o altre strutture di tipo rigido o "semirigido", anche semisommerse.
16. Ricorrere al "ripascimento libero" dei litorali in erosione, attivando preliminarmente una approfondita fase di studio e monitoraggio. La scelta del sedimento da utilizzare (caratteristiche granulometriche e mineralogiche) costituisce un fattore essenziale per la riuscita dell'intervento.



Tratto del F. Vomano (TE) in cui si verificano contemporaneamente l'erosione di fondo e l'erosione della sponda per progressiva migrazione laterale della corrente.



Gradino di erosione nei sedimenti ghiaioso-sabbiosi nel tratto settentrionale del litorale di Roseto degli Abruzzi (TE).

17. Programmare, a livello di singola unità fisiografica ed in relazione sia alle particolari situazioni dei singoli tratti costieri che al quantitativo di sabbia idonea disponibile per i ripascimenti, il progressivo salpamento delle opere rigide esistenti, accompagnato da periodici versamenti di sabbia.
18. Difendere gli apparati dunali residuali, nonché ricostituire e/o consolidare, a partire dalla berma di tempesta e laddove ancora possibile, i cordoni dunosi non solo per un recupero naturalistico ma anche perché essi rappresentano un elemento fondamentale per l'incremento della "resilienza" costiera.
19. Garantire la compatibilità, in particolare nelle spiagge interessate da lembi residuali di apparati dunali, tra le operazioni di pulizia selettiva degli arenili condotte in modo manuale (rimozione dei soli rifiuti) e la conservazione fisico-meccanica del deposito nonché della vegetazione pioniera.
20. Estendere le ricerche per l'individuazione, nell'hinterland e soprattutto nella piattaforma adriatica, di "Riserve Strategiche di Sedimenti", di appropriate caratteristiche, disponibili per i ripascimenti dei litorali, anche a lungo termine. La disponibilità di sedimenti in un sistema costiero è il fattore chiave che ne determina il livello di "resilienza" in relazione agli effetti dei cambiamenti climatici.

L'applicazione rigorosa dei criteri e degli indirizzi sopra elencati, implica necessariamente un cambiamento radicale dell'atteggiamento culturale col quale fino ad oggi sono state affrontate le complesse problematiche geologico-ambientali.

Dagli errori del passato, favoriti dalla cultura del dominio dell'uomo sulla natura che aveva preteso di imbrigliare e di controllare sempre, dovunque e comunque le forze della natura, deve svilupparsi la consapevolezza che nessuna politica seria di sviluppo sostenibile e quindi di convivenza con le pericolosità naturali può essere intrapresa, senza un'adeguata comprensione dei processi e delle dinamiche naturali che inesorabilmente e costantemente trasformano il territorio.

GEOSCIENCES AND INFORMATION TECHNOLOGIES (GIT) *al tempo degli obiettivi di crescita sostenibile*

I moderni metodi di acquisizione, analisi, modellazione e comunicazione dei dati geoambientali, contestualmente agli avanzamenti e al grado di innovazione raggiunto nei vari campi dell'ICT (*Information & Communication Technology*), giocano un ruolo di primaria importanza nel conseguimento dei 17 obiettivi di crescita sostenibile (*Sustainable Development Goals, SDGs*), così come definiti dalle Nazioni Unite (ONU, 2015). Analizzando l'elenco degli obiettivi, ad esempio "6: *Clean and water sanitation*"; "7: *Affordable and clean energy*"; "11: *Sustainable cities and communities*"; "13: *Climate action*"; "14: *Life below water*" e "15: *Life on land*", si evince immediatamente come essi siano strettamente dipendenti dalle complesse interazioni tra geosfera e antroposfera (Giardino & Houser, 2015; Lewis & Maslin, 2015), secondo dinamiche non così facilmente descrivibili e quantificabili.

In generale, è possibile immaginare come la rilevanza dei 17 obiettivi sia destinata a crescere nei prossimi anni per molteplici ragioni, tra cui la prevista crescita demografica (UN, 2019) che, secondo le ultime previsioni disponibili, porterà la popolazione mondiale a superare i 9 miliardi entro il 2050. Purtroppo, tale crescita è caratterizzata da un marcato sbilanciamento dal punto di vista sia geografico sia socio-economico. La polarizzazione della popolazione all'interno o nei dintorni delle città (EC-JRC, 2018), infatti, costituirà un aspetto di grande rilevanza con possibili conseguenze sia a livello dell'ambiente naturale che antropico; tra le altre, ricordiamo le variazioni di uso del suolo, il consumo di suolo, l'aumento del fabbisogno idrico, l'incremento dei rischi naturali, l'inquinamento dell'ambiente, il danneggiamento/compromissione dei sistemi ecologici, il depauperamento delle risorse naturali, in un contesto generale governato dal cambiamento climatico in atto.

Le foto scattate dall'astronauta Luca Parmitano dallo spazio, relative all'Amazzonia in fiamme, (https://twitter.com/astro_luca/status/1165959749051043840?lang=en, 2019) forniscono un'immagine emblematica e immediata degli impatti dell'uomo sul Pianeta ad ampia scala.

Per una completa ed esaustiva caratterizzazione dei sistemi geoambientali, a causa della loro complessità, eterogeneità e non-linearità, vi è la necessità di: 1. disporre di ingenti quantità di **dati**, a elevata densità di campionamento spazio-temporale; 2. individuare, nell'ambito delle informazioni disponibili, i **fattori** chiave che governano i processi geoambientali; 3. definire le **dinamiche** che controllano le interazioni uomo-geosfera, attraverso analisi multi-disciplinari e spesso multi-scala.

La Sezione GIT (*Geosciences & Information Technologies*) della Società Geologica Italiana, nell'ambito delle proprie attività divulgative e scientifiche, svolte durante i suoi congressi annuali, ha spesso affrontato le problematiche sopra esposte attraverso un approccio orientato alla multi-disciplinarietà che vede in primo piano il confronto tra ricercatori afferenti a differenti discipline (Scienze della Terra, Scienze Naturali, Scienze Forestali, Ingegneria, Fisica, Architettura, Informatica, Sociologia, ecc.), liberi professionisti, industria e Pubblica Amministrazione. La sezione GIT promuove costantemente l'utilizzo delle nuove Tecnologie dell'Informazione e della Comunicazione che rappresentano strumenti abilitanti di estremo interesse per lo studio, a molteplici scale spaziali e temporali, dei sistemi geoambientali e delle conseguenze dovute agli impatti in atto/attesi connessi all'attività dell'uomo. A tal proposito, la mappa di inquinamento luminoso globale "*Blackmarble*" fornita dalla NASA (<https://blackmarble.gsfc.nasa.gov/>) e derivata dall'analisi di immagini satellitari, fornisce una chiara evidenza di quanto l'uomo stia impattando sul nostro Pianeta. L'inquinamento luminoso, infatti, è un importante *proxy* dello sviluppo dell'ambiente urbano,



Sezione GEOSCIENZE e Tecnologie Informatiche

Coordinatore: Simone Sterlacchini

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

troppo spesso caotico e privo di qualunque processo pianificatorio atto a preservare l'integrità dei sistemi geoambientali attraverso un controllo sistematico dei cambiamenti di uso del suolo indotti e del relativo consumo. Da questo punto di vista, gli strati informativi e le mappe riportate nell'"*Atlas of the Human Planet*" (EC-JRC, 2018) permettono una visione aggiornata e quantitativa del livello di urbanizzazione del globo. Questo atlante è stato costruito applicando metodi geocomputazionali avanzati, basati su tecniche di *machine learning*, partendo da diverse sorgenti di informazioni, tra cui le immagini telerilevate.

Immagini e mappe sono in grado di catturare un'istantanea dei processi geoambientali e sono sicuramente il mezzo di comunicazione più efficace al fine di incrementare la consapevolezza dei cambiamenti in atto a livello del nostro Pianeta. Tuttavia, vi sono alcuni aspetti, ben noti, ma non sempre debitamente tenuti in considerazione, connessi alle immagini e alle mappe che vengono prodotte che possono generare delle criticità a livello del loro utilizzo/disseminazione: tra le altre, il livello di incertezza, le assunzioni/condizioni (spesso difficilmente verificabili) che sono alla base dei processi di acquisizione ed elaborazione dei dati, la risoluzione spaziale e temporale, il livello di completezza/esaustività dell'informazione, ecc. Queste criticità devono "viaggiare" parallelamente all'informazione che viene prodotta e quindi comunicata, pena la mancanza di oggettività e il rischio di un uso strumentale dei prodotti della ricerca. Nell'ambito specifico dell'acquisizione delle informazioni, oltre alle immagini satellitari, le moderne tecnologie hardware e software hanno determinato avanzamenti importanti anche nell'ambito delle metodologie topografiche (LiDAR, SAR, SfM, ecc.), geofisiche e sensoristiche in generale con reti per il monitoraggio ambientale sempre più precise e sofisticate a supporto di differenti applicazioni in diversi ambiti delle Geoscienze. Le cosiddette "Reti Intelligenti", usate per la parametrizzazione dei sistemi geoambientali, si basano sull'utilizzo di tecnologie web (*geosensor webs*) che permettono a ogni sensore presente nella rete di adattarsi al segnale registrato e di comunicare e interagire con gli altri sensori della rete, permettendo la costruzione di reti auto-adattative. Un altro aspetto molto interessante, sempre nell'ambito dell'acquisizione dei dati, consiste nell'utilizzo del cosiddetto "sensore umano" (*Citizen Science*) in grado di fornire volontariamente e in modo distribuito informazioni utili alla descrizione di un particolare evento in atto e/o atteso. In effetti, gli sviluppi a livello tecnologico sia in ambito *hardware* che *software* (con la grande diffusione di *smartphone* connessi a Internet e a sistemi GPS in grado di utilizzare *Mobile App* e *Web App*) hanno facilitato la raccolta di informazioni geolocalizzate (*VGI - Volunteered Geographic Information*, Goodchild, 2007) secondo approcci partecipativi (*crowdmapping*), direttamente sul campo. Vi

Sezione

GEOSCIENZE e Tecnologie Informatiche

sono molti esempi in differenti contesti operativi (*OpenStreetMap*, *Ushahidi*, *Safecast* e molti altri) che spingono verso un paradigma di cittadinanza attiva (*civic engagement*) nei processi partecipativi di *decision making*.

La quantità di informazioni disponibili (si pensi, ad esempio, alle immagini telerilevate rese disponibili dalle agenzie spaziali di tutto il mondo) può oggi essere archiviata attraverso il *cloud* (*cloud storing*) e costituire una preziosa risorsa condivisa e utilizzabile nel campo del *geocomputing*, attraverso servizi di rete. Si pensi, ad esempio, a “*Google Earth Engine*”, una piattaforma che combina un catalogo di immagini satellitari e un set di dati geospaziali con capacità di analisi su scala planetaria, mettendolo a disposizione di scienziati, ricercatori e sviluppatori; oppure “*Tensor*”, una piattaforma *open source end-to-end* per il *machine learning* che dispone di un ecosistema completo e flessibile di strumenti, biblioteche e risorse della comunità che consente ai ricercatori di promuovere lo stato dell’arte nel *machine learning* e agli sviluppatori di creare e distribuire facilmente applicazioni basate sul *machine learning*. Analogamente, i moderni *Geographical Information Systems* (GIS) si orientano ormai verso soluzioni distribuite e condivise online (*WebGIS services* e *GIS Online*) aprendo le porte sia ad una più facile comunicazione/ disseminazione dei dati e dei prodotti della ricerca sia alla definizione di precise regole per l’utilizzo e la gestione dei dati (Licenze Pubbliche *Creative Commons*).

La crescita continua della quantità, ma anche della complessità dei dati disponibili, è oggi accompagnata da un progressivo miglioramento delle tecniche di analisi dell’informazione. In tale contesto, un aspetto di sicuro interesse è legato all’evoluzione dei linguaggi di programmazione e degli ambienti di sviluppo, fondamentali per l’implementazione e la conseguente applicabilità di approcci computazionali (Daya et al. 2018). Paradigmi di programmazione che vanno oltre i desueti criteri di programmazione procedurale, ad esempio orientati agli oggetti, e che permettono attraverso approcci basati sulla programmazione generica e/o funzionale di programmare più facilmente ed efficientemente, favorendo anche approcci collaborativi al processo di sviluppo. È fondamentale ricordare, in questo ambito, che le caratteristiche delle informazioni geoambientali si riflettono sulla tipologia dei metodi di analisi che potranno essere applicati. Sia nell’ambito degli approcci di apprendimento supervisionato (ad esempio regressione) che non-supervisionato (ad esempio *clustering*) vi è, infatti, una gamma molto ampia di strumenti matematico-computazionali disponibili: gli approcci “classici”, basati sulla geostatistica, a quelli di “nuova generazione”, basati sul *machine learning*. Un aspetto molto discusso all’interno della sezione GIT riguarda la necessità di approfondire adeguatamente alcuni aspetti della ricerca focalizzata sul *geocomputing* tra cui le assunzioni e le condizioni al contorno che spesso controllano fortemente, se non proprio l’applicabilità delle metodologie, almeno la qualità dell’informazione prodotta. In conclusione, la crescente disponibilità di dati, metodologie e

tecnologie per l’acquisizione, analisi, modellazione e comunicazione dei dati geoambientali sta continuamente crescendo e, per certi versi, modificando la nostra stessa capacità di comprendere e modellare l’ambiente che ci circonda anche in termini di valutazione delle conseguenze che gli impatti antropici possono avere nel breve/ lungo periodo su di esso. La tecnologia sembra progredire molto più velocemente della nostra capacità di assimilare e utilizzare al meglio i dati e gli strumenti a disposizione; pertanto, oggi, vi è la necessità di formare Geoscienti (nel senso più ampio e multidisciplinare del termine) il cui loro bagaglio culturale presenti un adeguato bilanciamento tra conoscenze geoambientali e capacità geocomputazionali, sempre mantenendo come punto fermo l’osservazione dell’ambiente, fase imprescindibile per la validazione di qualsiasi approccio qualitativo e quantitativo. In questo contesto, la sezione GIT (Fig. 1) proseguirà, con sempre maggior convinzione, nel suo ruolo di aggregatore multi-disciplinare a favorire processi di incontro, confronto e dialogo tra i diversi attori nel settore delle Geoscienze al fine di affrontare al meglio le sfide future. La crescente disponibilità di dati, le moderne tecnologie e gli approcci geocomputazionali innovativi si dimostrano, quindi, fondamentali non solo per i ricercatori, interessati alle tematiche di pianificazione e gestione dell’ambiente e delle sue risorse, ma rivestono anche un ruolo cruciale per la sensibilizzazione della cittadinanza e del mondo politico in generale verso l’ambiente e ciò che il suo danneggiamento/ compromissione può comportare per l’intera comunità.

a cura di Sebastiano Trevisani, Marco Cavalli, Matia Menichini, Simone Sterlacchini

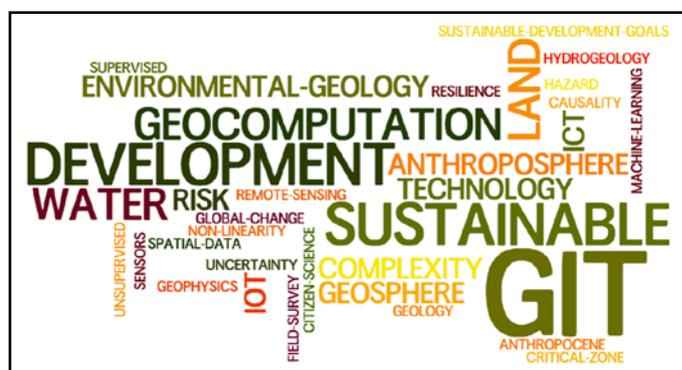


Fig 1 - Alcune delle tematiche e parole chiave rappresentative delle attività di ricerca e di terza missione svolte nell’ambito della sezione GIT della Società Geologica Italiana.

BIBLIOGRAFIA

- Carosi R., Lombardo B., Molli G., Musumeci G. & Pertusati P.C. (1998). *The South Tibetan detachment system in the Rongbuk valley, Everest region. Deformation features and geological implications*. *J. Asian Earth Sci.* 16 (299–31).
- Daya S.B.S., Cheng Q. & Agterberg F. (2018). *Handbook of Mathematical Geosciences (fifty years of IAMG)*. Springer International Publishing, New York, 28, 914.
- European Commission, Joint Research Centre & Atlas of the Human Planet (2018). *A World of Cities*. EUR 29497 EN, European Commission, Luxembourg, 2018.
- Giardino J.R. & Houser C. (2015). *Introduction to the critical zone*. In: Giardino J.R., Houser C. (eds) *Developments in earth surface processes*, 19, 1–13.
- Goodechild M.F. (2007). *Citizens as sensors: the world of volunteered geography*. *GeoJournal*, 69, 211–221.
- Lewis S.L., Maslin & M.A. (2015). *Defining the Anthropocene*. *Nature*, 519, 7542, 171–180.
- ONU (2015). *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. Disponibile su <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld/publication>.
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019). *World Population Prospects 2019: Data Booklet*. (ST/ESA/SER.A/424).



Sezione
GEOsed

Coordinatore: **Marco Brandano**

 Pagina web: www.socgeol.it/369/geosed.html

In questo anno particolare di confinamento e distanziamento sociale, dopo un'ampia e attenta riflessione sulla sensibilizzazione e coinvolgimento alle attività di GEOsed da parte dei giovani ricercatori, il Consiglio Direttivo (CD) ha deciso di istituire due premi: quello annuale per la miglior tesi di dottorato e quello biennale per il miglior articolo pubblicato da studiosi della geologia del sedimentario (dottorandi, borsisti e assegnisti) che non abbiano compiuto 35 anni e che siano di nazionalità italiana. La call è stata pubblicata sul sito GEOsed della Società Geologica Italiana (www.socgeol.it/369/geosed.html) e pubblicizzata attraverso i canali social. La deadline è stata fissata al 31 agosto scorso. Il CD, in qualità di Comitato Scientifico, ha registrato con piacere una buona partecipazione all'iniziativa e lo scorso 21 settembre si è riunito in modalità telematica per valutare le tesi di dottorato e gli articoli ricevuti. Il CD ha reputato di indiscutibile interesse sia i lavori di tesi sia gli articoli, tutti pubblicati in riviste ad ampio respiro internazionale e con impact factor da buono a eccellente.

Il CD ha attribuito all'unanimità:

- il premio "miglior tesi di dottorato" al Dott. Vincenzo Randazzo (Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare, Università di Palermo) che ha presentato un lavoro di tesi dal titolo: *Facies heterogeneity and sedimentary processes along a tectonically-controlled carbonate slope: a case study from the Cretaceous of western Sicily (Italy)*;
- il premio "miglior articolo" al Dott. Francesco Salese (Faculty of Geosciences, Utrecht University, The Netherlands) che ha presentato il contributo: Salese, F., McMahon, W. J., Balme, M. R., Ansan, V., Davis, J. M., & Kleinhans, M. G. (2020). *Sustained fluvial deposition recorded in Mars' Noachian stratigraphic record*. *Nature communications*, 11(1), 1-8.

L'assegnazione dei succitati premi avverrà nella prossima riunione annuale dei soci GEOsed che quest'anno si terrà in modalità online nella giornata di giovedì 3 dicembre. In questa occasione, GEOsed organizza gli "Incontri di Geologia", giunti quest'anno alla loro V edizione. Questi incontri rappresentano importanti momenti di confronto e coordinamento dell'attività di ricerca e prevedono

la partecipazione non solo di accademici di rilievo nel panorama nazionale ed internazionale, ma anche di giovani ricercatori.

Il programma delle comunicazioni scientifiche negli "Incontri di Geologia 2020" sarà interamente dedicato ai giovani ricercatori (dottorandi e postdoc) che proporranno i seguenti seminari ad invito:

- Irene Cornacchia (Istituto di Geoscienze e Georisorse - CNR): *Miocene oceanographic evolution of the Mediterranean and its consequences on shallow water carbonate production*.
- Monica Giona Bucci (University of Toronto Mississauga, Canada): *Sedimentological analysis: another brick in the wall of paleoseismic research*.
- Andrea Fucelli (Department of Earth Sciences, University of Geneva; Switzerland): *Sedimentology and stratigraphy of Upper Triassic carbonates from Hosselkus Limestone and Luning Formation (Western USA)*.
- Francesco Salese (Faculty of Geosciences, Utrecht University, The Netherlands): *How do sedimentologists explore Mars*.
- Vincenzo Randazzo (Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare, Università di Palermo): *Sedimentology and biostratigraphy of the Cretaceous slope carbonates from north-western Sicily (Italy)*.

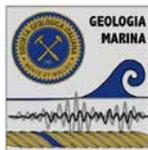
Il programma completo e le modalità per partecipare alla riunione sono disponibili sul sito: www.socgeol.it/369/geosed.html

Ci vediamo il 3 Dicembre!



Bacino degli Zagros, Iran sudoccidentale: Formazione di Syahoo (Ordoviciano), Formazione della Faraghan (Permiano medio) e Formazione della Dalan (Permiano superiore). Foto di Andrea Sorci (UniPG).

Sezione GEOLOGIA Marina



Coordinatore: **Francesco L. Chiocci**

Pagina web: www.socgeol.it/255/geologia-marina.html

L'attività della sezione di Geologia marina continua anche in tempi di coronavirus. Il 21 luglio 2020 si è svolta la riunione annuale, conclusasi con un seminario di M. Filomena Loreto (Banche dati e infrastrutture nella gestione e conservazione dei dati, l'esempio della Banca Dati Sparker dell'ISMAR-CNR di Bologna). Si è programmato (in presenza o in telematica in funzione dell'evoluzione della pandemia) il 4° convegno dei Geologi Marini Italiani, che si terrà con le modalità usuali (presentazioni lampo ed ampie esposizioni su poster digitali) l'11 e 12 Febbraio 2021. In tale occasione verrà anche eletto il nuovo coordinatore della sezione.

In occasione del centenario della nascita di Marie Tharp, pubblichiamo un approfondimento monografico a cura di Marco Romano e Francesco Latino Chiocci.

La donna che disegnava GLI OCEANI

Il 30 luglio di quest'anno è ricorso il centenario della nascita di una donna che ha avuto un ruolo fondamentale per lo sviluppo della Geologia Marina e delle Scienze della Terra in generale: Marie Tharp, pioniera della cartografia dei fondali oceanici.

Il suo lavoro è stato cruciale per arrivare alla grande rivoluzione concettuale della tettonica a placche nei primi anni '60.

La teoria della deriva dei continenti, proposta da Alfred Wegener nel 1912, era stata inizialmente pesantemente criticata e respinta dalla comunità scientifica a causa della mancanza di una "forza motrice", in grado di giustificare un movimento così portentoso delle masse continentali (Nature 526, 43; 2015).

A quel tempo nessuno sapeva che le prove della forza motrice erano sì molto evidenti, ma giacevano nascoste sul fondo dell'oceano.

Eravamo infatti nel 1912, mentre la prima crociera con uso di un ecoscandaglio acustico sarebbe avvenuta solo nel 1925, con la nave tedesca Meteor (e non con un profilatore ma con una misura ogni due-tre miglia, e posizionata col sestante).

Proprio in questo campo, Marie Tharp ha svolto un ruolo cruciale negli anni '50 del secolo scorso quando, compilando e confrontando un'enorme quantità di profili batimetrici attraverso l'Oceano Atlantico, si rese conto della continuità delle dorsali oceaniche e della presenza di una valle assiale a testimonianza della loro espansione. Le ricerche di Marie Tharp e del suo collega Bruce Heezen hanno rivelato un'immagine completamente diversa del fondale oceanico, fornendo una tessera cruciale (insieme alle inversioni magnetiche e alla distribuzione degli ipocentri) per il mosaico di evidenze che ha portato alla definizione della teoria della tettonica a placche litosferiche. La pubblicazione nel 1977 della leggendaria prima mappa completa dei fondali oceanici del mondo ha mostrato anche al grande pubblico il complesso sistema di dorsali, zone di frattura, seamount e fosse oceaniche che testimonia in maniera lampante i processi geodinamici che modellano il nostro pianeta.

È importante e spiacevole ricordare che, all'inizio della sua carriera Marie Tharp, per motivi di genere, non era autorizzata a salire a bordo delle navi per raccogliere i dati che stava studiando e che le sue prime ipotesi sull'espansione dei fondali oceanici, testimoniata dalla rift valley sommitale, furono ridicolizzate come "discorsi da ragazze" dal suo stesso collega Heezen, che poi ebbe modo di cambiare drasticamente e radicalmente idea.

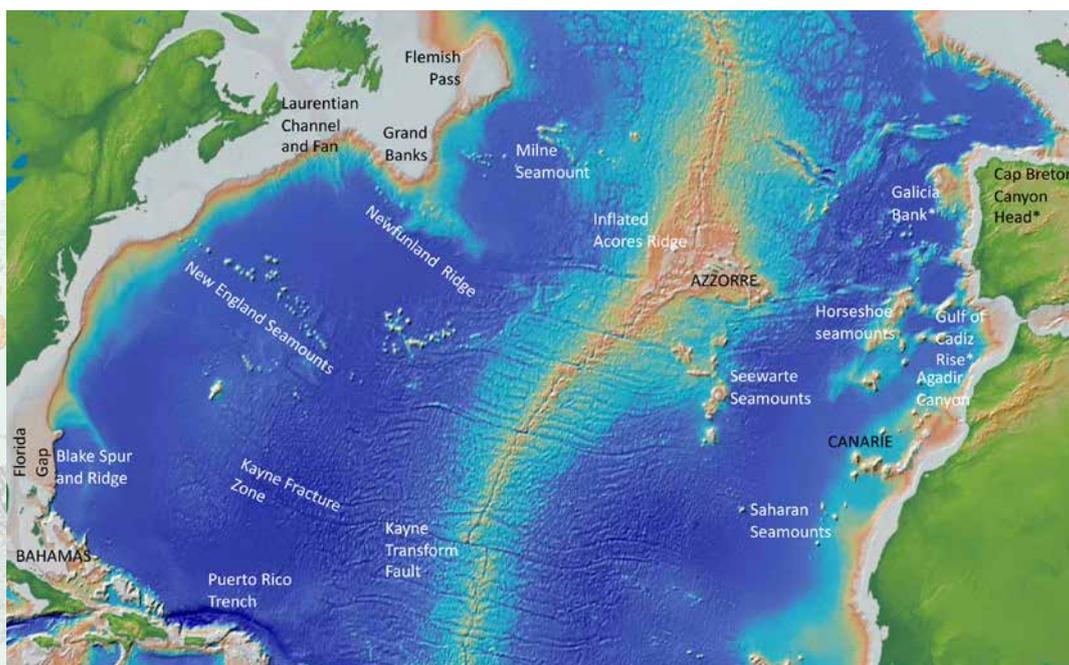
Ma il tempo è galantuomo e, come accaduto con Wegener e Milanković (Nature, 583, 2020), le intuizioni di Marie Tharp sono state successivamente pienamente confermate, sottolineando il contributo centrale e spesso ignorato delle donne allo sviluppo della scienza.



Marie Tharp al lavoro, con penna e inchiostro per realizzare il «Diagramma Fisiografico» dell'Oceano Atlantico (cortesia del Lamont-Doherty Earth Observatory and the estate of Marie Tharp). Sullo sfondo i primi sei profili transatlantici compositi che Tharp produsse da cui arguì per prima la presenza di una valle assiale; quando li mostrò a Bruce Heezen, suo mentore e compagno di ricerche, lui le disse: "non è possibile, sembra troppo deriva dei continenti" ipotesi che a quei tempi non era assolutamente accettata. In primo piano un profilo ecometrico su carta termica; altri profili arrotolati si vedono sugli scaffali dietro Tharp.

«Ho lavorato dietro le quinte per la maggior parte della mia carriera di ricercatrice, ma non ho nessun risentimento. Penso di essere stata fortunata ad avere un lavoro così interessante. Definire la Rift Valley e la dorsale medio-oceanica - che girano attorno al mondo per 40.000 miglia - è stato qualcosa di importante. Di quelle cose che si possono fare solo una volta. Non si può trovare niente di più grande, almeno non su questo pianeta.»

Tratto da: "Connect the Dots: Mapping the Seafloor and Discovering the Mid-ocean Ridge" by Marie Tharp, Chapter 2 in Lamont-Doherty Earth Observatory of Columbia, Twelve Perspectives on the First Fifty Years 1949-1999 Edited by Laurence Lippsett.



In alto batimetria derivata da satellite (dati compilati da W.B.F. Ryan ed elaborati da D. Casalbore tramite GeoMappApp).
In basso il "Diagramma fisiografico del Nord Atlantico" di Heezen and Tharp (1968), pubblicata come allegato al Bell Telephone System's Technical Journal. È impressionante notare come tutti i principali lineamenti del fondale marino (etichettati nella batimetria satellitare) fossero già stati individuati nel diagramma di Heezen and Tharp basato sulla compilazione di semplici profili ecometrici (quando non di dati tabellari), estrapolando su base geologica le informazioni non disponibili nelle aree tra un profilo e l'altro. La ricostruzione è perfetta nel margine americano e nella dorsale, mentre alcuni lineamenti del margine europeo sono ricostruiti con minor dettaglio, per la minore quantità di dati a disposizione.

Sezione

GEOETICA e Cultura Geologica



Coordinatrice: **Silvia Peppoloni**

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

NASCE LA PRIMA SERIE EDITORIALE dedicata alla *Geoetica*

La Sezione di Geoetica e cultura geologica è lieta di informare che è stata creata una nuova collana editoriale da SpringerNature interamente dedicata alla geoetica: la “*SpringerBriefs in Geoethics*”. Prevede una serie di **pubblicazioni brevi, pensate per promuovere la discussione sulle implicazioni etiche, sociali e culturali delle conoscenze geoscientifiche**, e in particolare della ricerca, della pratica, della comunicazione delle geoscienze e dell’educazione geo-ambientale. Scopo della serie è quello di presentare **contenuti teorici del pensiero geoetico, ricerca innovativa e applicazioni pratiche dei principi della geoetica**, così come **casi studio** riferibili a un ampio spettro di problematiche geologiche, affrontate sempre dalla prospettiva della geoetica. Una pubblicazione nella *SpringerBriefs* può consistere in una raccolta di articoli su un determinato argomento, o in una monografia, che possono comprendere un’ampia varietà di contenuti, riguardanti:

- la **filosofia** e la **storia** del pensiero delle geoscienze;
- l’**integrità della ricerca scientifica** e la **deontologia professionale** nelle geoscienze;
- le implicazioni etiche e sociali nei **rischi geologici** e nella loro riduzione;
- la rilevanza etica e sociale del **patrimonio geologico** e della **geodiversità**;
- gli aspetti etici e sociali nell’**educazione geo-ambientale**, nell’**insegnamento** e nella **comunicazione** delle geoscienze;
- le problematiche legate alla **gestione responsabile delle risorse naturali** e allo **sviluppo sostenibile**;
- gli aspetti sociologici nelle geoscienze e all’**interfaccia geoscienze-società-politica**;
- le questioni geoetiche relative alla **geologia economica** e alla **geopolitica**;
- le implicazioni geoetiche negli studi sul **clima**, gli **oceani** e gli **ambienti marini** in generale;
- i **cambiamenti antropogenici** globali e locali dei sistemi socio-ecologici e le loro implicazioni etiche;
- le questioni etiche e sociali relative ai **cambiamenti climatici**, alle strategie di **adattamento** e all’uso della **geoingegneria**;
- la geoetica applicata alla **paleontologia**, alla **geologia forense** e alla **geologia medica**;
- le questioni etiche e sociali nella **cooperazione geoscientifica internazionale**;
- gli aspetti etici nel **ciclo di vita dei dati** e nella gestione dei **big data**;
- le questioni relative all’**ambiente lavorativo**, al rapporto con i colleghi e agli aspetti correlati.



I volumi possono includere la presentazione di contenuti di base e relazioni sullo stato dell’arte di un argomento, ma anche prospettive innovative e originali o approfondimenti di temi caldi o emergenti. Le proposte editoriali sono sottoposte a revisione e approvate dall’**Editorial board**, composto da studiosi ed esperti internazionali, con competenze che coprono la molteplicità delle discipline geologiche. Le pubblicazioni sono soggette a **peer-review**, e hanno tempi di pubblicazione variabili da 8 a 12 settimane dall’accettazione, e una rapida diffusione a livello internazionale attraverso la **piattaforma online SpringerLink**.

Ogni volume è contrassegnato da un **ISBN** ed il **copyright resta agli autori**, che possono gestire liberamente la versione pre-print del proprio libro.

Il **primo volume** è stato pubblicato recentemente. Il tema affrontato è quello della esplorazione mineraria e dei suoi risvolti sociologici:

Jan Boon (2020), *Relationships and the Course of Social Events During Mineral Exploration - An Applied Sociology Approach*. SpringerBriefs in Geoethics, Springer International Publishing, pp. XIX + 125. ISBN 978-3030379254, doi: 10.1007/978-3-030-37926-1.

Infine, la SpringerBriefs in Geoethics è sponsorizzata dalla **IAPG - International Association for Promoting Geoethics**, di cui la Sezione di geoetica della SGI rappresenta il capitolo italiano.

Per saperne di più: www.geoethics.org/springerbriefs-geoethics



Il Gruppo Italiano di Geologia Strutturale (GIGS) ha la consuetudine di riunirsi annualmente per discutere tematiche di affinità GIGS e per programmare iniziative future. Classicamente, tali riunioni avvenivano in occasione del congresso della Società Geologica Italiana oppure durante meeting a sé stanti organizzati dal GIGS.

L'anno corrente, come è noto, rappresenta un anno "particolare", atipico, che a causa della pandemia COVID-2019 ci pone di fronte a nuove sfide, da affrontare con mezzi e strategie nuove. Quest'anno, quindi, la riunione annuale del GIGS si è svolta in modalità telematica il giorno 16 settembre (ore 15.00).

Durante l'assemblea sono stati affrontati diversi argomenti all'ordine del giorno, di seguito riportati.

Il Prof. Carosi, coordinatore GIGS, ha offerto una panoramica riguardante sia la situazione del bilancio che il numero di iscritti regolarmente al GIGS (tramite la SGI), evidenziando come esista una forte discrepanza numerica (ben oltre il 50%) tra gli iscritti regolari e i partecipanti in modo ufficioso, registrati tramite mailing list del GIGS. Il coordinatore ha poi aggiornato l'assemblea sul rinnovo del consiglio direttivo del TecTask (www.tectask.org), commissione di Geologia Strutturale e Tettonica dell'IUGS (International Union of Geological Sciences) e sui prossimi congressi internazionali di Geologia Strutturale in Italia: YORSGET (Catania, 17-22 giugno 2021; www.dipbiogeo.unict.it/it/content/about-yorsget), meeting rivolta a giovani (MSc/PhD students, post-docs, and early career researchers) che si occupano di Geologia Strutturale, e DRT (Deformation mechanisms, Rheology and Tectonics) 2021 organizzato dai colleghi di Catania (14-17 giugno 2021). Per il DRT2021 si segnala la relativa pagina Facebook: www.facebook.com/Drt2021-Catania-Deformation-mechanisms-Rheology-and-Tectonics-101709931690256/.

A seguito della discussione in consiglio direttivo è stata lanciata la proposta di organizzare dei brevi corsi di aggiornamento rivolti ai docenti di Geologia Strutturale e Tettonica in Italia. Il Prof. Tavani (UniNa), per il 2021, si è offerto di organizzare un piccolo workshop incentrato sull'utilizzo in Geologia Strutturale, per fini didattici e



Sezione GEOLOGIA Strutturale

Coordinatore: **Rodolfo Carosi**

 Pagina web: www.socgeol.it/400/geologia-strutturale-gigs.html

scientifici, delle nuove App per smartphone da usare sul terreno (es. FieldMovieClino). A tale iniziativa verrà affiancata la riunione annuale del GIGS 2021 ed un field trip sulle Alpi Meridionali (**Fig. 1 e 2**): "The central Southalpine belt: from inherited Permian structures to the pre-Cenozoic thrusting" - field trip leaders: Stefano Zanchetta & Andrea Zanchi (Università di Milano-Bicocca). L'escursione prevede due giornate piene sul terreno. La prima giornata sarà dedicata alla LANF Aga-Vedello, una faglia a basso angolo di età Permiana perfettamente conservata (**Fig. 1**) e drappeggiata di tormaliniti, sviluppata tra basamento Varisico e la copertura del Permiano Inferiore (Fm. del Pizzo del Diavolo), al di sopra della quale si possono osservare una serie di piccole faglie sinsedimentarie mesoscopiche (**Fig. 2**). Il secondo giorno è invece dedicato al Sovrascorrimento Orobico (**Fig. 1**), una delle principali strutture del Sudalpino centrale. Tuttavia, l'incertezza attuale sull'evoluzione della pandemia non ha consentito di stabilire ad oggi delle date precise, ma il periodo migliore è comunque tra la fine di agosto e gli inizi di settembre 2021. Per il 2022 il Prof. Oggiano dell'Università di Sassari si è offerto di guidare un field trip in Sardegna a cui si potrebbero affiancare iniziative di aggiornamento e condivisione simili. Si accettano proposte dai colleghi del GIGS sia per suggerimenti di corsi d'aggiornamento che per field trip.

È stata poi proposta all'assemblea nello spirito di valorizzare le attività di terreno, l'istituzione di un nuovo premio GIGS, in accordo con la SGI, relativo al miglior field trip realizzato su tematiche di Geologia Strutturale. L'eventuale vincitore del premio, oltre ad un riconoscimento in denaro (1000 euro), avrà la possibilità di pubblicare il field trip sulla nuova rivista "Geological Field Trips and Maps" (www.socgeol.it/316/geological-field-trips-maps.html) curata dalla SGI.

Continuando, è stata illustrata la nuova iniziativa editoriale "GEOLOGICAMENTE", rivista divulgativa della SGI. Il coordinatore ha invitato i colleghi interessati a presentare delle proposte di contributi da poter inserire sia nello spazio GIGS o proporre come articoli indipendenti.

Infine, è stato affrontato l'argomento GIGS e social network. Il GIGS presentava soltanto una pagina Facebook attiva. I partecipanti hanno discusso e sottolineato le potenzialità dei social network per la comunicazione delle attività del GIGS e nella divulgazione delle tematiche affini al gruppo. È stata quindi proposta l'apertura di un canale YouTube e di una pagina Instagram del GIGS e di rilanciare l'account Twitter, ed a tal scopo si cercano collaboratori volontari per la loro gestione.

Invitiamo calorosamente tutti i colleghi disponibili per i corsi di aggiornamento, articoli per GEOLOGICAMENTE e idee/materiale da condividere sui social network GIGS e volontari nella loro gestione, ad inviare i loro contributi, suggerimenti e proposte.

Se desideri condividere idee o restare aggiornato sulla sezione di Geologia Strutturale e Tettonica della SGI scrivi a gigs@socgeol.it.

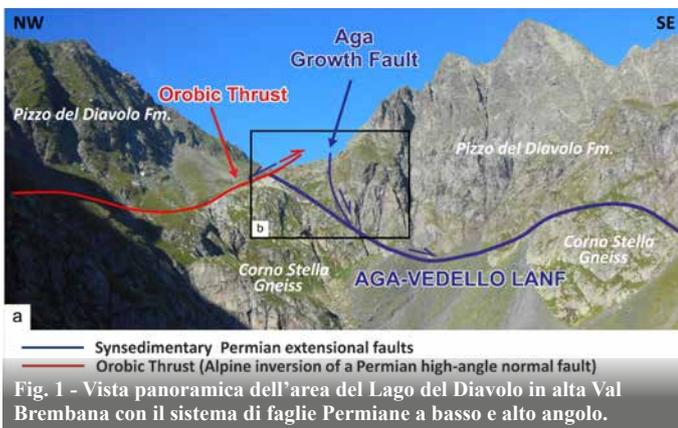


Fig. 1 - Vista panoramica dell'area del Lago del Diavolo in alta Val Brembana con il sistema di faglie Permiane a basso e alto angolo.



Fig. 2 - Esempi di faglie normali sinsedimentarie nella Formazione del Pizzo del Diavolo.



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.

Quota sociale 2021

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, platinum). Le diverse tipologie di associatura definite per ciascuna categoria danno accesso ai prodotti editoriali della SGI in maniera differenziata.

ANNO 2021				
■ Quote associative individuali "early bird" per associate entro il 31 gennaio 2021				
■ Quote associative individuali "regular" per associate dopo il 31 gennaio 2021				
	BASE	ARGENTO	ORO	PLATINO
Prodotti editoriali	GM + ROL	GM + ROL + IJG online	GM + ROL + IJG online e cartaceo + Guida Geologica Regionale della Basilicata	GM + ROL + IJG online e cartaceo + Guida Geologica Regionale della Basilicata + I Fossili una Storia Italiana
Studenti (< 27 anni)	€ 15,00	€ 15,00	€ 55,00	≥ € 125,00
	€ 18,00	€ 18,00	€ 65,00	≥ € 125,00
Dottorandi	€ 15,00	€ 15,00	€ 55,00	≥ € 125,00
	€ 18,00	€ 18,00	€ 65,00	≥ € 125,00
Insegnanti di scuola	€ 20,00	€ 35,00	€ 60,00	≥ € 125,00
	€ 25,00	€ 45,00	€ 75,00	≥ € 125,00
Juniors (< 30 anni)	€ 30,00	€ 50,00	€ 75,00	≥ € 125,00
	€ 37,00	€ 62,00	€ 91,00	≥ € 125,00
Ordinari	€ 50,00	€ 70,00	€ 95,00	≥ € 125,00
	€ 62,00	€ 87,00	€ 116,00	≥ € 125,00
Seniores (> 70 anni)	€ 30,00	€ 50,00	€ 75,00	≥ € 125,00
	€ 37,00	€ 62,00	€ 91,00	≥ € 125,00

Il Consiglio approva lo schema tariffario proposto per le quote 2021 relative alle associate individuali.

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>

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 **ORO** riceveranno in aggiunta copia copia del volume della **Guida Geologica Regionale della Basilicata**.

I soci sostenitori, **PLATINO**, riceveranno in aggiunta copia copia del volume della **Guida Geologica Regionale della Basilicata** e del libro "I Fossili una Storia Italiana. Il contributo italiano alle prime conquiste della paleontologia" di Marco Romano.

I soci che vorranno ricevere ulteriori copie copie del volume della **Guida Geologica Regionale della Basilicata** potranno ottenerla, all'atto del rinnovo o di nuova iscrizione, versando un contributo aggiuntivo di 20,00 €.

Limitatamente al 2020 i soci delle categorie **Studenti** e **Dottorandi** che si assoceranno alla SGI con la tipologia **Base** otterranno il diritto di accesso alla tipologia superiore rispetto alla quota associativa versata (**Base** -> accesso **Argento**).

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

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, 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.), e la **Guida Geologica Regionale della Basilicata**.

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 il 2° volume della **Guida Geologica Regionale della Basilicata**, il libro **"I Fossili una Storia Italiana. Il contributo italiano alle prime conquiste della paleontologia"** di Marco Romano. Infine, il logo dell'Ente o dell'azienda apparirà nella pagina web dei sostenitori della SGI.

ANNO 2021				
	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 Basilicata	GM + ROL + IJG online e cartaceo + Guida Geologica Regionale della Basilicata + I Fossili una Storia Italiana
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

La Società Geologica Italiana ha stipulato le seguenti convenzioni:

BANCA SELLA che prevede per i soci SGI condizioni vantaggiose per conto corrente, mutuo e prestito personale;

MONTURA STORE ROMA, sito in Via della Vite n.31, che consente ai soci della SGI di fruire di uno sconto del 15% sul prezzo del cartellino su tutta la merce Montura.

Per usufruire delle condizioni offerte è necessario presentare la tessera SGI che il socio riceve all'atto dell'iscrizione o del rinnovo.

Per maggiori informazioni si prega di visitare la pagina web delle convenzioni: www.socgeol.it/450/convenzioni.html

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 2021		
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.



LA NATURA NON SI FERMA:

*la sorveglianza
sismica e vulcanica
dell'INGV durante
l'emergenza
COVID19*

L'ATTIVITÀ DURANTE IL LOCKDOWN: *smart working e sale operative*

Smart working: I decreti della Presidenza del Consiglio dei Ministri del Marzo 2020 hanno imposto la modalità di *smart working* come modalità ordinaria di svolgimento della prestazione lavorativa in tutta la Pubblica Amministrazione, inclusi quindi gli enti di ricerca e le Università. Anche l'INGV si è prontamente adeguato alle misure assunte dal Governo e dal Dipartimento della Protezione Civile, garantendo rapidamente l'adozione degli strumenti amministrativi, gestionali e tecnologici necessari ad assicurare la prosecuzione sia dell'attività di ricerca e che dell'ordinaria gestione degli adempimenti burocratico-amministrativi. L'adesione alla campagna “#iorestoacasa” ha permesso all'Istituto di contribuire al contenimento della pandemia senza intaccare il regolare svolgimento delle sue attività.

Le attività di sorveglianza e monitoraggio: le sale operative sono il cuore delle attività di sorveglianza sismica, vulcanica e allerta tsunami condotte dall'INGV. Tali attività sono svolte presso l'Osservatorio Nazionale Terremoti (ONT) a Roma, l'Osservatorio Etneo (OE) a Catania e l'Osservatorio Vesuviano (OV) a Napoli. Presso la sala sismica dell'ONT sono svolti i servizi di Sorveglianza Sismica e Allerta Tsunami, mentre la sala operativa di Catania e la sala di monitoraggio di Napoli si occupano della sorveglianza dei vulcani siciliani (Etna, Stromboli, altre Isole Eolie e Pantelleria) e dei vulcani campani (Vesuvio, Campi Flegrei ed Ischia), rispettivamente. In queste Sezioni, la maggior parte del personale tra ricercatori, tecnologi, operatori e tecnici, partecipa alle attività di sorveglianza H24/7 delle aree monitorate, con turni di presidio delle sale operative di 8 ore, garantendo anche la presenza di personale in reperibilità a supporto di tali attività.

Durante il periodo di *lockdown*, l'organizzazione delle attività di sorveglianza e monitoraggio è stata piuttosto complessa, a causa dei protocolli sanitari da adottare nelle sale operative e per le attività esterne, al fine di assicurare la tutela della salute di tutto il

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) è un ente il cui compito è quello di promuovere e valorizzare la ricerca scientifica e tecnologica nel campo delle Geoscienze e di divulgarne i risultati. L'INGV è vigilato dal Ministero dell'Università e della Ricerca (MUR) e, in quanto componente del Sistema Nazionale di Protezione Civile (DPC), assicura alla collettività i servizi di sorveglianza sismica, vulcanica ed allerta tsunami del territorio nazionale. L'emergenza sanitaria provocata dal Covid19, oltre ad aver messo sotto pressione il Sistema Sanitario Nazionale, ha imposto una rapida riorganizzazione di tutti gli enti vigilati dal MUR, tra cui l'INGV. Durante il periodo di *lockdown* e nelle successive fasi (l'ultima delle quali ancora in corso), le attività ordinarie hanno continuato ad essere svolte in modalità di lavoro agile (*smart working*), mentre quelle legate alla sorveglianza sono state in parte riorganizzate, al fine di garantire continuità nel servizio, secondo quanto previsto nell'allegato A dell'Accordo Quadro INGV-DPC 2012-2021.



Alcune immagini delle attività di presidio nelle tre sale operative dell'INGV ed alcune simulazioni delle attività di sala rese da postazioni remote domestiche.



Attività scientifiche e tecniche di campo ed analisi di laboratorio svolte nel corso dell'emergenza COVID.

personale coinvolto. Le attività esterne sono state finalizzate solo al mantenimento dell'efficienza delle reti strumentali che, ovviamente, hanno continuato a trasmettere i dati acquisiti alle sale operative ed a periodici sopralluoghi mirati a caratterizzare lo stato di attività dei vulcani monitorati. Ciò al fine di garantire la continuità del servizio senza alcuna perdita della qualità e dell'efficienza, sia per quanto riguarda l'applicazione dei protocolli di comunicazione con DPC e altri enti preposti, sia per l'eventuale gestione di emergenze sismiche e vulcaniche, in condizioni del tutto inedite.

Per garantire la sicurezza del personale, l'INGV ha predisposto delle specifiche procedure, sia di tipo organizzativo che igieniche, per assicurare la continuità nell'espletamento del servizio di sorveglianza. In primo luogo, l'accesso alle sale operative è stato limitato al personale in turno e al personale in reperibilità eventualmente allertato, dotato dei dispositivi di protezione individuale (mascherine e guanti) e fornito di gel igienizzanti per la disinfezione delle mani e di prodotti per l'igienizzazione delle superfici.

Le sale operative sono state fisicamente isolate dal resto degli edifici in cui si trovano e l'accesso ad esse avviene attraverso percorsi obbligati debitamente segnalati, per evitare qualunque contatto tra i turnisti ed il rimanente personale autorizzato alla presenza in istituto per motivi indifferibili.

Dall'inizio dell'emergenza i locali vengono periodicamente sanificati e, ad ogni cambio turno, si esegue una adeguata pulizia delle superfici, dei telefoni e dei computer presenti nelle sale.

Sebbene tali operazioni di isolamento delle Sale Operative dal resto delle sedi garantisca un elevato livello di protezione del personale coinvolto, per far fronte alla possibile esigenza di chiudere momentaneamente le Sale Operative a seguito di eventuali contagi, che per fortuna non sono mai avvenuti, l'INGV ha predisposto le

infrastrutture che permettano di utilizzare da remoto tutti gli strumenti software necessari ad assolvere alle attività di sorveglianza. Sono state realizzate procedure che potessero garantire - in caso di necessità - l'espletamento del servizio di sorveglianza a distanza, ovvero da postazioni non ubicate nelle sedi. Questo ulteriore livello di sicurezza garantisce la possibilità di continuare le attività di sorveglianza senza unità di personale fisicamente presenti in sede.

Per perseguire tale scopo, l'infrastruttura informatica, impiegata dal personale turnista nell'espletamento delle attività di sorveglianza, è stata adattata all'utilizzo anche da postazione remota. Il personale informatico che gestisce tale servizio nei tre Osservatori dell'Ente, ha creato nuove postazioni turniste completamente gestibili da remoto. L'utente, connettendosi tramite VPN è così in grado di espletare l'attività di sorveglianza anche da casa, tramite una connessione internet domestica.

Fortunatamente, ad oggi i turni nelle tre Sale Operative proseguono con le consuete modalità, grazie a tutti i colleghi che svolgono il loro compito ed alle iniziative intraprese a tutela della loro salute, ma qualora fosse necessario ridurre il numero delle persone nelle Sale, l'Ente sarebbe in grado di garantire la continuità di questi servizi essenziali anche da remoto.

Grazie all'impegno e al lavoro di squadra abbiamo affrontato questa situazione complessa e continuiamo a farlo, trovando soluzioni innovative ed efficaci.

Ringraziamenti

Si ringrazia Pietro Bonfanti per realizzazione delle figure e Mario Castellano, Sergio Di Prima, Milena Moretti e Pietro Bonfanti per avere reso disponibili le foto. La foto della sala operativa ONT durante la sanificazione, è scaricabile al seguente link <https://ingvterremoti.com/2020/03/09/il-servizio-di-sorveglianza-sismica-e-allerta-tsunami-ai-tempi-del-covid-19/>

I VINCITORI dei Premi SGI 2020

Giovani geoscientisti, con esperienze internazionali, curriculum scientifici di prestigio e potenzialità di leader della ricerca scientifica nel campo delle Geoscienze, impegnati nella raccolta di dati sul terreno e che utilizzano tecniche di analisi integrate e sofisticate: questo il profilo dei vincitori dei premi SGI 2020 dedicati ai giovani.

Alessandro Petroccia, vincitore del *Premio Cortese per la Migliore carta geologica* realizzata da studente di dottorato di ricerca, che ha presentato una carta geologica del nord-est della Sardegna.

Chiara Montemagni, vincitrice del *Premio Sella Migliore tesi di Dottorato*, con una tesi sull'Himalaya indiano.

Luca Dal Zilio, vincitore del *Premio Dal Piaz*, impegnato in studi per la comprensione delle relazioni tra dinamica della litosfera, deformazione crostale e terremoti.

Maddalena Napolitani, vincitrice del *Premio Sella per la Storia delle geoscienze* in onore di Nicoletta Morello e Bruno Accordi, con un lavoro sulle collezioni mineralogiche di Balthazar-Georges Sage.

Geoscientisti maturi che si dedicano allo studio del pianeta Terra, focalizzando la loro attenzione su tematiche di grande impatto per la società, sono: **Giuseppe Solaro**, ricercatore del CNR IREA, impegnato nello studio delle deformazioni del suolo, legate ad attività vulcanica e sismica, tramite analisi di dati InSAR – vincitore del *Premio Ricerca applicata allo studio delle pericolosità geologiche*, e **Manuel Rigo** professore dell'università di Padova, che si occupa di ricerche nei campi della stratigrafia, geochimica e paleontologia, anche per ricostruzioni di tipo paleo-climatologico e paleo-oceanografico – vincitore del *Premio Marco Beltrando*.

Sono inoltre stati assegnati i riconoscimenti agli autori delle migliori pubblicazioni e carte geologiche e geotematiche, edite sulle riviste della Società Geologica italiana: sono **Martina Casalini** (*Premio Franchi 2018*), **Angelo Cipriani** e **Cinzia Bottini** (*Premio Franchi 2019*), e **Alessio Testa**, **Paolo Boncio**, **Michele Di Donato**, **Giovanni Mataloni**, **Francesco Brozzetti** e **Daniele Cirillo** (*Premio Cartografia Geo-tematica*).

Una menzione particolare va ai più giovani premiati del 2020: gli alunni della classe VB della Scuola Primaria **Luigi da Porto** di Vicenza (ins. Mariarmida Cariolato), vincitori del *premio Sella per la Didattica delle Scienze della Terra* con il progetto didattico dal titolo "L'acqua non zé morta".



a sinistra - Il Premio Quintino Sella per la Migliore tesi di Dottorato.
a destra - Il Premio Quintino Sella per la Didattica delle Scienze della Terra.



I premi per gli alunni della classe VB della Scuola Primaria Luigi da Porto di Vicenza (ins. Mariarmida Cariolato).

Conferita anche la *Targa Selli*, assegnata al prof. **Rosalino Sacchi**, studioso emerito nell'ambito della geologia, del rilievo e dell'analisi strutturale dei basamenti cristallini.

In ultimo da ricordare i riconoscimenti ai soci cinquantennali che quest'anno sono stati, tra gli altri, il professor **Walter Alvarez**, della University of California (Berkeley), distintosi nella sua carriera per aver fornito le prove, studiando le rocce dell'Umbria, alla conferma dell'ipotesi della scomparsa dei Dinosauri a causa di un impatto extraterrestre; il professor **Hugh Jenkyns** della University of Oxford (UK), già insignito con la medaglia Capellini 2012, per aver fornito elementi incontrovertibili alla definizione paleoclimatiche e paleoambientali attraverso studi innovativi e multidisciplinari svolti in Appennino e nelle Alpi; il professor **Ruggero Matteucci** (Sapienza - Università di Roma), noto per le sue ricerche su temi di micropaleontologia e paleoecologia, in particolar modo inerenti alle successioni cenozoiche dell'Appennino Centrale, della Sardegna e del Gargano.

LA TUA AVVENTURA da Geologo



Attorno a un montaggio serrato e intenso la Società Geologica Italiana lancia un messaggio profondo ai giovani, che si avvicinano agli studi universitari, con la finalità di sensibilizzare le nuove generazioni ad una forte riflessione sul pianeta che abitiamo, e talvolta usurpiamo, e sul domani di questo mondo e di chi lo popola.

La figura professionale del geologo sarà irrinunciabile nella gestione sostenibile del territorio e dell'ambiente e delle risorse della Terra, così il

viaggio filmato si apre su catastrofi e bellezza, umanità e civiltà. Immagini spettacolari che attraversano eventi naturali come terremoti, eruzioni vulcaniche, tsunami, frane, inondazioni (spesso in relazione al mutare delle condizioni climatiche), ma anche la meravigliosa forza buona della Natura. "Incontrerai esseri umani – recita la voce narrante – e avranno bisogno di te, la tua conoscenza servirà ad edificare civiltà, a cercare l'energia necessaria alla sopravvivenza, a prepararsi a catastrofi che non comprenderanno e a quelle di cui ne saranno la causa. Ti innamorerai e allora difendi questa bellezza, indicando una vita sostenibile, che li difenda dai cambiamenti globali. Sarai un geologo, sarà una tua responsabilità!"

I corsi di laurea in Scienze Geologiche sono attivi in ventotto Atenei italiani, come riportato nella pagina web www.iogeologo.it, visitabile con l'omonimo filmato da oggi (martedì 15 settembre), creato dalla Società Geologica Italiana allo scopo di promuovere l'immatricolazione nelle diverse sedi italiane. I corsi sono distribuiti su tutto il territorio nazionale e ciascuno di essi, oltre a preparare a una educazione ambientale di alto profilo, crea competenze particolari per la difesa del territorio e per il suo utilizzo sostenibile, per la ricerca delle risorse naturali necessarie alla vita e allo sviluppo delle comunità e a un loro sfruttamento intelligente e ancora sostenibile. "La recente pandemia – spiega **Sandro Conticelli**, Presidente della Società Geologica Italiana – ha sconvolto e sta ancora sconvolgendo l'intero pianeta mettendo in luce la fragilità dell'essere umano di fronte a qualsiasi evento catastrofico naturale che colpisce la società moderna. La crisi indotta dal Covid-19 ci ha costretti a riflettere sulla inalienabile necessità di investire maggiori risorse umane e finanziarie, nella ricerca e ci ha fatto comprendere come, in questi mesi di isolamento, la natura abbia riacquisito i suoi spazi lasciati liberi dall'opprimente presenza umana".

Il rapido cambiamento climatico non ha limiti e, assieme allo svilupparsi delle pandemie, crea effetti di grande portata, che si ripercuotono sulla vita della società con gravi conseguenze economiche, che affliggono popoli e nazioni, ma nonostante i tragici eventi, l'umanità non sembra trarre insegnamenti dalle tragedie che la investono.

È ora di voltare pagina avviando un percorso virtuoso che miri a una fruizione attenta e rispettosa del territorio in cui viviamo e delle sue risorse. Questo percorso deve partire da una prevenzione concreta e reale attraverso strumenti adeguati, di conoscenza e cultura, e attraverso un'adeguata educazione geologica e ambientale.

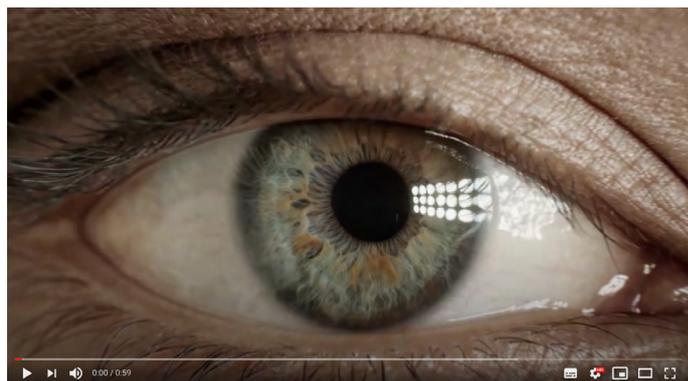
Purtroppo, gli episodi recenti dovrebbero far riflettere su quanto sia sbagliata la percezione che tutto sia geograficamente confinato. Alcuni esempi possono aiutare a comprendere la portata dell'impatto di eventi naturali ritenuti di interesse locale che invece oltrepassano i limiti geografici e i confini nazionali per trasformarsi in effetti globali. L'eruzione del vulcano Eyjafjallajökull, in Islanda, ebbe inizio il 14 aprile 2010 con una magnitudo moderata e sebbene fosse stata considerata una eruzione a scala regionale presto si comprese di quanto avrebbe comportato per il traffico aereo di tutto l'emisfero boreale, paralizzandolo a livello mondiale per diverse settimane, con in seguito una coda, durata mesi, di ritardi, cancellazioni e disagi vari con un impatto negativo sull'economia europea.

"Nell'imprevedibilità di eventi a misura d'uomo, dobbiamo essere consapevoli di quanto questi possano ancora essere previsti sulla scala temporale geologica – continua il Presidente della Società Geologica Italiana – la ricerca scientifica rimane l'unico strumento efficace per ridurre il divario di conoscenza tra l'imprevedibilità e l'affidabilità di questi eventi e per combinare un'efficace prevenzione dai pericoli naturali (rischio sismico, vulcanico e idrogeologico e dei cambiamenti climatici)".

Questi sono i motivi per cui la Società Geologica Italiana ha ritenuto di lanciare un messaggio ai giovani che si accingono a iscriversi, o che lo faranno il prossimo anno, all'università con il fine di sensibilizzare le nuove generazioni ad una riflessione sul futuro che li attende e sul futuro del pianeta, cercando di invogliarli ad intraprendere un percorso di studi che li porti a diventare scienziati, professionisti, insegnanti al servizio del nostro pianeta malato e sempre più spesso dimenticato.

Il video #iogeologo è visualizzabile al seguente link:

www.youtube.com/watch?v=dN11usDFLyc



a cura di Désirée Klain - Ufficio stampa "Società Geologica Italiana"

IL PEPOSO dell'Impruneta



Il Peposo dell'Impruneta (foto di L. Scelfo).



Localizzazione dell'area di Impruneta (immagine da satellite Google Maps).

Questa narrazione, tra geologia, storia e gastronomia ruota attorno ad un piatto tipico della gastronomia fiorentina, che trova le sue radici nel Rinascimento. Signore e signori, ecco a voi "l'Peposo dell'Impruneta".

Impruneta è un comune dell'area metropolitana di Firenze, sito sulle colline limitrofe al Chianti che

digradano verso nord, tra i bacini del fiume Greve e del torrente Ema, in direzione del capoluogo toscano distante circa 10 km. Il substrato di questi rilievi è costituito da unità depostesi su antichi fondali marini a partire da circa 135 milioni di anni fa, poi sollevati nel lunghissimo tempo geologico dai movimenti tettonici che, dalla consunzione del bacino oceanico ligure-piemontese, hanno portato alla costruzione dell'Appennino settentrionale.

Nella zona di Impruneta affiorano le Unità della successione oceanica non metamorfica, appartenenti sia al Dominio Ligure Interno (Argilliti di Val Lavagna e Argille a palombini di età cretacea; ofioliti giurassiche), sia le torbidi terrigene del Dominio Ligure Esterno (flysch ad elmintoidi, Paleocene- Eocene medio; "Pietraforte", Cretacico superiore; argilliti, arenarie e conglomerati, Cretacico - Paleocene); i flysch arenacei interni del Dominio Toscano (Chattiano-Aquitano) sono invece presenti nel settore occidentale (Serv. Geol. d'It., 1965; Regione Toscana, 2004; Conti et al., 2020). L'assetto geomorfologico del territorio varia da forme collinari, localmente anche più acclivi, a settori depressi con pendenze più contenute, in ragione dell'alternanza tra ammassi rocciosi (calcarei, arenacei ed ofiolitici), più resistenti all'azione degli agenti esogeni, e litologie prevalentemente argillitiche, a maggior grado di erodibilità relativa. I settori vallivi sono colmati da sedimenti fluvio- lacustri del bacino di Firenze e da alluvioni recenti.

Questo contesto geologico ha reso disponibile materiale argilloso, facilmente prelevabile in cave a cielo aperto, con ottime caratteristiche meccaniche; per tali ragioni sin da epoche remote si sviluppò nella zona una fiorente industria ceramica. La produzione della terracotta di elevata qualità, documentata addirittura dall'XI secolo, ha reso celebri nel mondo mattoni, tegole, vasi e orci imprunetani.

Le attività estrattive interessano le peliti tettonizzate delle Argille a

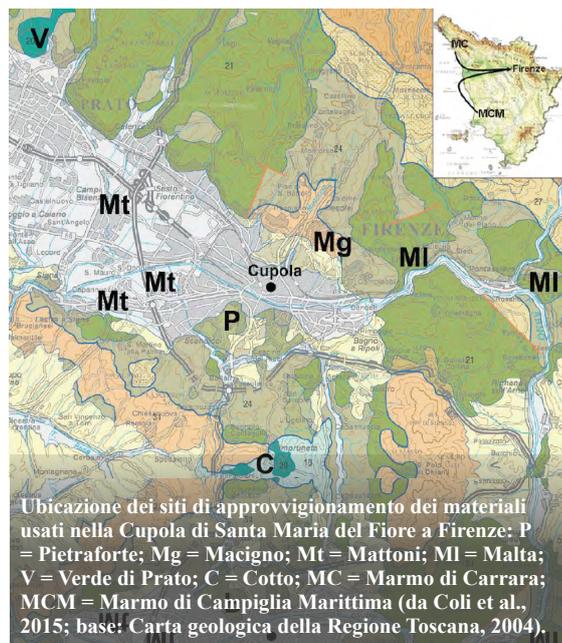
Palombini (Complessi di Base dell'Unità Ligure di Monte Morello) di età cretaceo-eocenica (Coli et al., 2015). Si tratta di marne calcaree e argille scagliose, dette comunemente anche galestro, che hanno fatto la fortuna di questi luoghi, regalandogli non solo l'incantevole paesaggio che si vede al di sopra della superficie, ma anche un sottosuolo prezioso. Il sedimento argilloso estratto, composto da particelle sottilissime (diametro inferiore a 1/256 di millimetro), si scioglie facilmente in acqua a formare un impasto fangoso ad alta plasticità, che recupera la propria durezza una volta essiccato. Proprio in questa unità di scisti argillosi vennero rinvenuti nel 1875, presso il paese dell'Impruneta, tronchi silicizzati di *Cupressaceae* (resti di *Cupressinoxylon peucinum*); luogo del ritrovamento il fosso delle Sorrettele nei terreni della villa del Cavalier Pasqui in Bifonica. La descrizione dei reperti fu pubblicata all'inizio del secolo successivo da Pampaloni (Pampaloni, 1902; Cioppi, 2010).

La cottura dell'argilla lavorata nelle fornaci ci porta, in un bizzarro percorso tra il tempo e lo spazio, dal regno minerale a quello animale, inteso come sua componente bovina, che di Firenze e dintorni è l'orgoglio gastronomico, assieme ai pregiati vini del Chianti frutto del locale *terroir*. Piatto tipico di queste parti è il celebre Peposo dell'Impruneta, ricetta della tradizione rinascimentale fiorentina, uno spezzatino di manzo a cottura lentissima, che porta la carne ad una consistenza tenerissima ("la harne la si deve struggere n'bocca"). La tradizione vuole che a nobilitare questo piatto del popolo sia stato Filippo Brunelleschi, capostipite dell'ingegneria rinascimentale a Firenze. Per la costruzione della cupola di Santa Maria del Fiore (l'Ddomo, per i fiorentini) egli scelse come copertura un leggero, ma resistente, materiale ceramico: le "terrecotte" dell'Impruneta. La volta della cupola, infatti, fu progettata e realizzata priva di armatura di sostegno, e quindi il cotto consentì di rivestirla senza gravare eccessivamente sulla struttura. L'opera autoportante fu realizzata tra il 1417 e il 1436, senza l'ausilio di alcun ponteggio ed utilizzando tutti i materiali di provenienza locale accuratamente selezionati (Coli et al., 2015).

Pare che nel 1425 Brunelleschi, visitando le industrie ceramiche dell'Impruneta, prese conoscenza della pratica degli operai di utilizzare le fornaci spente per la cottura dei cibi, sfruttando il calore



Le colline imprunetane (a) e le famose terrecotte (b)



Ubicazione dei siti di approvvigionamento dei materiali usati nella Cupola di Santa Maria del Fiore a Firenze: P = Pietraforte; Mg = Macigno; Mt = Mattoni; MI = Malta; V = Verde di Prato; C = Cotto; MC = Marmo di Carrara; MCM = Marmo di Campiglia Marittima (da Coli et al., 2015; base: Carta geologica della Regione Toscana, 2004).

residuo che veniva lentamente rilasciato nottetempo. Cibo per le maestranze erano le parti meno pregiate di carne bovina, con grasso, nervature e interiora, che la cottura lenta condita da spezie rendeva più gradevole e commestibile. Il problema era in primo luogo la fuliggine che, lentamente distaccandosi dalla volta dei forni, andava a costituire un condimento e un colorante indesiderato; ma soprattutto la qualità della carne, scadente e spesso già avviata alla putrefazione. Di lì la scelta di abbondare con il pepe che a questo spezzatino di scarti di macellazione ha dato il nome, mascherandone con bacche nere e altre spezie aromatiche il colore, il sapore e l'odore non gradevole (quest'ultimo detto, nel vernacolo fiorentino, frazio). Brunelleschi decise di allestire delle mense sospese sul tetto della cattedrale in costruzione, sollevando i cibi (di cui il Pepato rappresentava il *main course*) con argani e carrucole, così come si faceva per i materiali edilizi. Il datore di lavoro accontentò così con poca spesa gli operai; la pietanza proteica, per quanto di scarto, era infatti meglio della consueta zuppa di verdure e pane raffermo ('protolite' dell'odierna ribollita) che delle persone umili era pasto abituale. In tal modo, si eliminarono anche i tempi morti della pausa pranzo delle maestranze; praticamente si può dire, parafrasando il cantore di Firenze del XX secolo Odoardo Spadaro, che l'ordine di Brunelleschi fu "La porti un mattone (e un manzone) a Firenze".

Si badi bene che la ricetta originale del peposo non prevede assolutamente la presenza del pomodoro, che è un palese anacronismo; è ben noto come nella prima parte del XV secolo i deliziosi ortaggi rossi se ne crescessero indisturbati nelle Americhe, a beneficio degli abitanti aborigeni, prima che gli europei attraversassero l'Atlantico per andare a colonizzare il nuovo continente e a disturbare sia i popoli precolombiani che il *tomato*.



Escursione attraverso la Toscana sulle tracce dei flysch appenninici, da Populonia al Casentino (Aprile 1990, foto di A. Argentieri).

Ringraziamenti

Ad ispirare il racconto è stato il *Peoso* raffigurato in figura 1, preparato con arte da Pina Scelfo.

Se in questo breve articolo si riescono a integrare più passioni (geologia, storia, enogastronomia) un merito va al Maestro di questa fusione culturale, Ernesto Centamore, membro della Sezione di Storia delle Geoscienze e amico di lunga data di *Geoitaliani* (www.geoitaliani.it), che nel contado di Fiorenza condusse i suoi studenti in una memorabile escursione di trent'anni fa e che, rilette queste righe, benevolmente ha dato il suo imprimatur.

BIBLIOGRAFIA

Cioppi E. (2010). *Fossili e rocce di Firenze*. in "Il Museo di Storia Naturale dell'Università degli Studi di Firenze-Volumi III Le collezioni geologiche e paleontologiche" (a cura di Simonetta Monechi e Lorenzo Rook), 61-76.

Coli M., Haines M. & Bianchini P. (2015). *Le pietre della cupola del Brunelleschi: un approvvigionamento di qualità a km 0, o quasi*. In Atti del Convegno "Geologia & Turismo... a 10 anni dalla fondazione" (Bologna, 6-7 giugno 2013), Atti ISPRA, 226-235. www.isprambiente.gov.it/it/publicazioni/atti/geologia-turismo...-a-10-anni-dalla-fondazione

Conti P., Cornamusini G. & Carmignani L. (2020). *An outline of the geology of the Northern Apennines (Italy), with geological map at 1:250,000 scale*. Italian Journal of Geosciences, 139 (2), 149-194. <https://doi.org/10.3301/IJG.2019.25>

Minguzzi C. (1949). *Ricerche sulla formazione ofiolitica dell'Impruneta (Firenze)*. In Atti Società Toscana Scienze Naturali, Vol. LV.

Pampaloni L. (1902). *Sopra alcuni tronchi silicizzati dell'Eocene Superiore dell'Impruneta (Provincia di Firenze)*. In Bollettino della Società Geologica italiana, vol. 21, fasc. 1, pp. 25 - 29.

Regione Toscana (2004). *Carta geologica della Toscana, scala 1:250:000* (coordinatori Carmignani L. & Lazzarotto A.).

Serv. Geol. d'It. (1965). *Foglio 106 "Firenze" della Carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000*



Veduta di Firenze dal Piazzale Michelangelo, con la Cupola di Santa Maria del Fiore che troneggia nello 'skyline' cittadino.



Autrice Daniela Di Bucci

Dott. Geol. Daniela Di Bucci, Ph.D.
Presidenza del Consiglio dei Ministri.
Dipartimento della Protezione Civile.
Struttura del Consulente Scientifico del Capo Dipartimento.

LA PROTEZIONE CIVILE IN ITALIA

*Testo istituzionale
di riferimento per i
docenti scolastici*

Nel mese di agosto, il Dipartimento della Protezione Civile ha pubblicato il libro “La protezione civile in Italia. Testo istituzionale di riferimento per i docenti scolastici”. Il volume è stato realizzato dal Dipartimento in accordo con il

Ministero dell’Istruzione, e nasce a seguito dell’approvazione della legge 92 del 2019 che, a partire dall’anno scolastico appena iniziato, introduce tra le discipline di insegnamento l’Educazione Civica, nell’ambito della quale si parlerà anche di protezione civile.

Il testo rappresenta un sussidio per la programmazione delle attività didattiche e affronta un ampio ventaglio di tematiche, da quelle storiche a quelle scientifiche, da quelle sociali a quelle normative. I docenti, anche attraverso immagini, foto, tabelle, link e riferimenti bibliografici scolastici, avranno la possibilità di arricchire l’offerta formativa e potranno approfondire i diversi ambiti di attenzione del Servizio Nazionale della Protezione Civile.

“La Protezione civile in Italia” è suddiviso in nove capitoli. Dopo una panoramica sulle competenze e sulle attività di protezione civile, si passa a una rappresentazione della fragilità del territorio italiano rispetto ai diversi rischi. Segue un racconto dell’evoluzione normativa attraverso gli eventi calamitosi che hanno interessato l’Italia, fino ad arrivare alla legislazione attualmente in vigore. Si entra poi nel merito dell’organizzazione del sistema di protezione civile, della descrizione dei rischi che interessano il nostro territorio e delle attività del ciclo di gestione di questi rischi. Il testo approfondisce, inoltre, il rapporto con gli organismi internazionali di protezione civile e illustra alcuni interventi effettuati in Italia e all’estero. L’ultima parte è infine dedicata al fondamentale ruolo dei cittadini, sia come singoli individui sia organizzati nelle associazioni di volontariato di protezione civile. A chiusura del volume è presente un glossario, una sitografia di riferimento e un quadro dei principali riferimenti normativi.

All’interno del volume si trovano anche numerosi “approfondimenti”, che trattano in maggior dettaglio alcuni specifici argomenti richiamati nel testo principale.



Da questo testo, in funzione del livello scolastico delle proprie classi, della propria formazione, del territorio in cui operano e della sensibilità culturale di quest’ultimo, i docenti potranno attingere le informazioni utili al loro lavoro didattico in materia di protezione civile.

Più in generale, il testo intende fornire un riferimento anche a quanti vogliano approfondire concetti di loro specifico interesse in materia di rischi e protezione civile, partendo da informazioni istituzionali.

Il libro può essere scaricato in formato pdf dal link che segue:
www.protezionecivile.gov.it/media-comunicazione/publicazioni/-/content-view/view/1310672

INCONTRA

gli Autori

1. PAOLO CONTI

Paolo Conti è laureato all'Università di Pisa e ha conseguito il Dottorato di Ricerca presso l'Università di Basilea (Svizzera). In seguito, ha lavorato presso il Servizio Geologico della Regione Sardegna, l'Università della Basilicata e attualmente è ricercatore al Centro di GeoTecnologie dell'Università di Siena. Ha compiuto studi di geologia strutturale, geologia regionale, tettonica, analisi microstrutturale nel complesso metamorfico delle Alpi Apuane, nelle Alpi, nel basamento Ercinico della Sardegna e in vari settori dell'Appennino settentrionale e in Africa.



2. MASSIMILIANO MOSCATELLI

Laureato presso il Dipartimento di Scienze della Terra, Sapienza Università di Roma, dove ha conseguito anche il Dottorato di Ricerca in Scienze della Terra nel 2003. Dal 2005 è ricercatore presso l'Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria del CNR (CNR IGAG) del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR).

Le attività di ricerca riguardano principalmente: i) modellazione geologica mediante metodologie stratigrafiche tradizionali integrate e approcci stocastici innovativi; ii) modellazione integrata di sottosuolo per gli studi di microzonazione sismica in aree urbane e archeologiche.

È autore di numerose pubblicazioni su riviste di settore ed è responsabile scientifico di progetti di ricerca volti allo studio delle pericolosità geologiche, alla microzonazione sismica e alla pianificazione di emergenza nelle aree urbane. In particolare, coordina le attività scientifiche degli Accordi di collaborazione tra il CNR IGAG e il Dipartimento della Protezione Civile (DPC) ed è responsabile scientifico per il CNR del Centro per la Microzonazione Sismica e le sue applicazioni (CentroMS).



3. MASSIMO BERNARDI

Conservatore per la Paleontologia e Responsabile dell'area Ricerca e Collezioni al MUSE - Museo delle Scienze di Trento. Ha curato la progettazione di una decina tra mostre temporanee, allestimenti permanenti e musei ed è autore di un centinaio di pubblicazioni scientifiche e divulgative con focus primario sulle estinzioni di massa e la valorizzazione dei beni paleontologici. Negli ultimi anni i suoi interessi si sono spostati verso un approccio multidisciplinare al concetto di Antropocene, la valorizzazione dei beni culturali, la museologia scientifica. È (stato) docente presso le Università di Padova (macroevoluzione), Milano (valorizzazione del patrimonio paleontologico), Modena e Reggio Emilia (comunicazione della scienza).



4. FILIPPO CARBONI

Laureato in Scienze Geologiche presso l'Università degli Studi di Genova, si trasferisce a Perugia per seguire il corso magistrale in Geologia del Petrolio laureandosi nel 2015 con una tesi in collaborazione con ENI sullo studio 3D della variazione di permeabilità lungo una faglia. Sempre a Perugia, nel 2019 ottiene il Dottorato di Ricerca in Scienza e Tecnologia per la Geologia, collaborando RWTH Aachen University in Germania e lavorando sull'evoluzione di catene montuose sottomarine moderne e fossili, in vari parti della Terra tra cui Appennino Tosco-Umbro, Nuova Zelanda, costa NW del Borneo Settentrionale, costa ovest del Sud Africa Settentrionale. Dal 2019 è assegnista di ricerca presso l'Università degli Studi di Perugia, lavorando sull'integrazione di modelli analoghi, dati di superficie e di sottosuolo per caratterizzare in 3D, aspetti geologici associati a faglie normali sismogenetiche. Collabora con INGV, l'Università di Uppsala, di Bologna e di Pavia.



5. ANDREA ZERBONI

Professore associato di Geografia Fisica e Geomorfologia presso l'Università degli Studi di Milano. Svolge attività di ricerca nell'ambito della geomorfologia, della geoarcheologia e della Geologia del Quaternario nell'area mediterranea e nelle regioni aride e semi-aride di Africa, Levante e Penisola Arabica. In particolare, cerca di ricostruire le variazioni climatico ambientali quaternarie e l'evoluzione geomorfologica avvenute in queste regioni; si interessa inoltre all'interazione che queste hanno avuto con la dinamica delle comunità archeologiche e all'inizio dell'Antropocene. Da ormai venti anni, coordina e partecipa a missioni di ricerca sul terreno in Libia, Sudan, Sultanato dell'Oman, Etiopia, Kenya, Siria, Kurdistan Iracheno. È autore di più di 140 pubblicazioni, di cui più di 80 indicizzate, e autore di numerose carte geomorfologiche. È Editor di *Quaternary International* e membro del comitato editoriale di *PLoS ONE*, *Open Quaternary*, *Sustainability*, *Earth and PCi Archaeology*. È consigliere AIQUA, vicepresidente della TERPRO Commission di *INQUA* e Science Officer della *Geomorphology Division della European Geoscience Union*.





Autori Massimo Bernardi

Sezione Geologia e Paleontologia, MUSE – Museo delle Scienze, Trento.

Riccardo Tomasoni, Paolo Ferretti, Christian Casarotto, Maria Chiara Deflorian, Marco Avanzini

Sezione Geologia e Paleontologia, MUSE – Museo delle Scienze, Trento.

LA NATURA GEOLOGICA DEL MUSEO

Museo delle Scienze di Trento

Per Informazioni:

 www.muse.it



Fig. 1 - Nel nuovo allestimento del Museo Geologico delle Dolomiti di Predazzo geologia e paleontologia dialogano con la storia millenaria di frequentazione umana della regione dolomitica.



Fig. 2 - Il Geo Trail Dos Capèl si sviluppa alle pendici del Gruppo del Latemar, in val di Fiemme, proponendo un percorso interattivo, divertente e formativo per adulti e bambini.

La modernità dell'edificio che ospita il MUSE - Museo delle Scienze, progettato da Renzo Piano e inaugurato nel 2013 non tragga in inganno: l'istituzione museale trentina ha radici profonde, rintracciabili a partire dalla fine del settecento. Il MUSE ha peraltro una storia (a comprendere il presente) fortemente connessa alle discipline geologiche e da tale prospettiva muoviamo questa breve presentazione di un sistema museale assai articolato.

Il primo nucleo collezionistico di cui abbiamo testimonianza è dedicato alla mineralogia e consiste in un lotto di materiale raccolto da Ferdinando Taxis Bordogna Valnigra (1756-1824), canonico della cattedrale di Trento e deputato presso la Dieta di Innsbruck. Bisognerà attendere sino al 1853 per veder sorgere a Trento un vero e proprio museo pubblico, che solo dal 1922 godrà di autonomia e della denominazione di Museo Civico di Storia Naturale. Ciò avvenne grazie all'iniziativa di un geologo, Giovanni Battista Trener, che appoggiato da un gruppo di naturalisti raggiunse un accordo con il Comune di Trento per la creazione dell'istituzione scientifica. L'attività e il successo del museo ebbero fasi alterne, soprattutto in relazione alle gravi difficoltà post-belliche superate definitivamente con la fondazione del Museo Tridentino di Scienze Naturali, ente strumentale della Provincia Autonoma di Trento, nel 1964. L'ente che dal 2011 ha assunto la denominazione di MUSE - Museo delle Scienze è dunque il volto moderno di una tradizione museale che, come esplicitato nella mission istituzionale, è oggi impegnato



Fig. 3 - Una delle più recenti mostre itineranti ideate dalla sezione di Geologia e Paleontologia del MUSE. "Montagne in guerra" racconta la militarizzazione del paesaggio nelle Dolomiti.



Fig. 4 - Una vista d'insieme della sale espositive del MUSE, Trento. In primo piano la galleria dedicata alla storia della vita, con i grandi rettili mesozoici e le loro orme fossili.



Fig. 5 - Le attività di monitoraggio e documentazione svolte dai ricercatori MUSE sono il punto di partenza per attività di ricerca e di transfer culturale.

“nell’interpretare la natura, a partire dal paesaggio montano, con gli occhi, gli strumenti e le domande della ricerca scientifica, cogliendo le sfide della contemporaneità, invitando alla curiosità scientifica e al piacere della conoscenza per dare valore alla scienza, all’innovazione, alla sostenibilità”.

Proprio per perseguire questi obiettivi il MUSE si è trasformato, negli anni, in un network diffuso di musei e sedi territoriali a livello provinciale e non solo. Tra essi molti sono i poli dedicati allo studio e alla divulgazione delle Scienze della Terra (lato senso) con una particolare attenzione alla valorizzazione del patrimonio geologico e paleontologico e alle relazioni con il pubblico e il territorio.

Il Museo Geologico delle Dolomiti (Fig. 1), sito a Predazzo in Valle di Fiemme, ad esempio, è un museo di lunga tradizione, nato nel 1899, che si colloca a pieno titolo tra i più antichi della Regione. È il risultato del fermento culturale e della forte attenzione riservata a questi territori dal mondo della ricerca geologica internazionale fin dai primi anni dell’Ottocento, quando proprio a Predazzo prendeva forma una nuova teoria sull’origine delle montagne. Oggi il Museo, parte della rete territoriale MUSE, si anima di laboratori didattici, visite guidate interattive, conferenze, escursioni sul territorio ed eventi speciali per raccontare al pubblico di ogni età la storia delle Dolomiti e il loro millenario rapporto con il territorio e la popolazione. Il museo ospita anche la Biblioteca della Società Paleontologica Italiana: un archivio di 150 periodici di settore provenienti da tutto il mondo e di circa 200 monografie.

Meno strutturati, ma per questo non meno attivi e frequentati, i centri visitatori di Malga Fazzon in Valle di Sole e di Brentonico sul Monte Baldo nei quali la componente geologica del paesaggio si integra e dialoga con le altre componenti naturalistiche ‘classiche’ e l’orizzonte antropico, o il Centro Studi “Julius Payer”, affacciato sul Ghiacciaio dell’Adamello, presso il quale la Società degli alpinisti trentini (SAT) e il MUSE hanno allestito una mostra permanente sui ghiacciai e l’ambiente montano.

Fanno parte della missione volta alla valorizzazione del patrimonio geologico territoriale i molti itinerari tematici curati negli anni in collaborazione con associazioni ed enti pubblici locali (Fig. 2). Decine di chilometri di strade secondarie e sentieri correati di guide e materiali esplicativi permettono di avventurarsi dagli ambienti quasi mediterranei del Lago di Garda fino agli ambienti glaciali della catena Retica, alle vette dolomitiche e alle forre carsiche. Alcuni di essi sono il frutto di collaborazioni con enti privati che hanno investito nella dimensione ambientale e che hanno portato alla realizzazione di installazioni nelle quali la dimensione artistica e architettonica si sono armoniosamente integrate con quella più prettamente scientifica.

Ma il MUSE è anche curatore di mostre temporanee che esplorano i variegati aspetti del rapporto tra le montagne e l’azione antropica che nei millenni ha portato alla creazione dei peculiari paesaggi alpini. Si passa dalle esposizioni itineranti curate anche in collaborazione con la Fondazione Dolomiti UNESCO dedicate ai rettili fossili delle Dolomiti, a quelle dedicate all’illustrazione delle radici geologiche del paesaggio, da quelle sull’impatto che l’uomo ha avuto sulle terre alte a quelle che esplorano il futuro degli ecosistemi montani sotto la pressione dei cambiamenti climatici (Fig. 3).

Le sale espositive della sede di Trento (Fig. 4) sono state progettate con l’intento di andare oltre gli oggetti, rendendo il visitatore partecipe dell’interdipendenza tra il ruolo educativo-formativo e di intrattenimento intelligente degli spazi aperti al pubblico con le attività di ricerca e documentazione, tipicamente meno riconosciute dal visitatore occasionale quali assi portanti dell’attività museale ma essenziali per l’identità MUSE.

A partire dai campioni esposti, nei sei piani della sede trentina le Scienze del sistema Terra divengono dunque la nervatura per parlare di tematiche di grande rilevanza sociale. Tra esse il rapporto uomo-territorio con la sua evoluzione negli ultimi millenni e lo sfruttamento delle risorse con attenzione alla passata significativa attività mineraria delle vallate del bacino atesino. Particolare rilevanza è data al tema dei cambiamenti climatici e alla sensibilità degli ambienti glaciali (Fig. 5), alla relazione tra geodiversità e paesaggio e alla paleontologia evolutiva che permette di leggere il piano dedicato alla storia della vita a partire dai rinvenimenti effettuati negli ultimi due decenni nelle Dolomiti e territori limitrofi integrandone le storie a quelle globali, assecondando la strategia narrativa glocal che domina l’intero concept museale.

Ferme restando le attività di gestione e incremento delle collezioni (17.000 campioni, 41.000 pezzi singoli presso la sede di Trento, cui si affiancano i 14.000 campioni conservati presso il Museo Geologico delle Dolomiti di Predazzo), negli ultimi anni le attività di ricerca si sono evolute verso temi di sempre maggiore interdisciplinarietà proprio sfruttando la natura sistemica delle Scienze della Terra grazie alla quale è possibile connettere temi tanto (apparentemente) distanti quali la fruizione delle terre alte, l’esplorazione mineraria e glaciologica, il geoturismo e la storia evolutiva ad ogni altro tema di estrazione naturalistica ma anche sociale, economica e filosofica, nella convinzione che i musei debbano essere luoghi carichi di memorie ma sempre più rivolti alle sfide del presente e del futuro e che comprendere e divulgare il tempo profondo sia probabilmente il più grande contributo che le Scienze della Terra possono fornire all’umanità. Una prospettiva, insomma, geo-logica.

