

2

dicembre 2021

RISORSE PER IL  
TERRITORIO E LA  
SOSTENIBILITÀ  
AMBIENTALE

# GEOLOGI MARCHE

PERIODICO ORDINE DEI GEOLOGI DELLE MARCHE



**A FRASASSI  
SI RESPIRA...  
GEOLOGIA!**

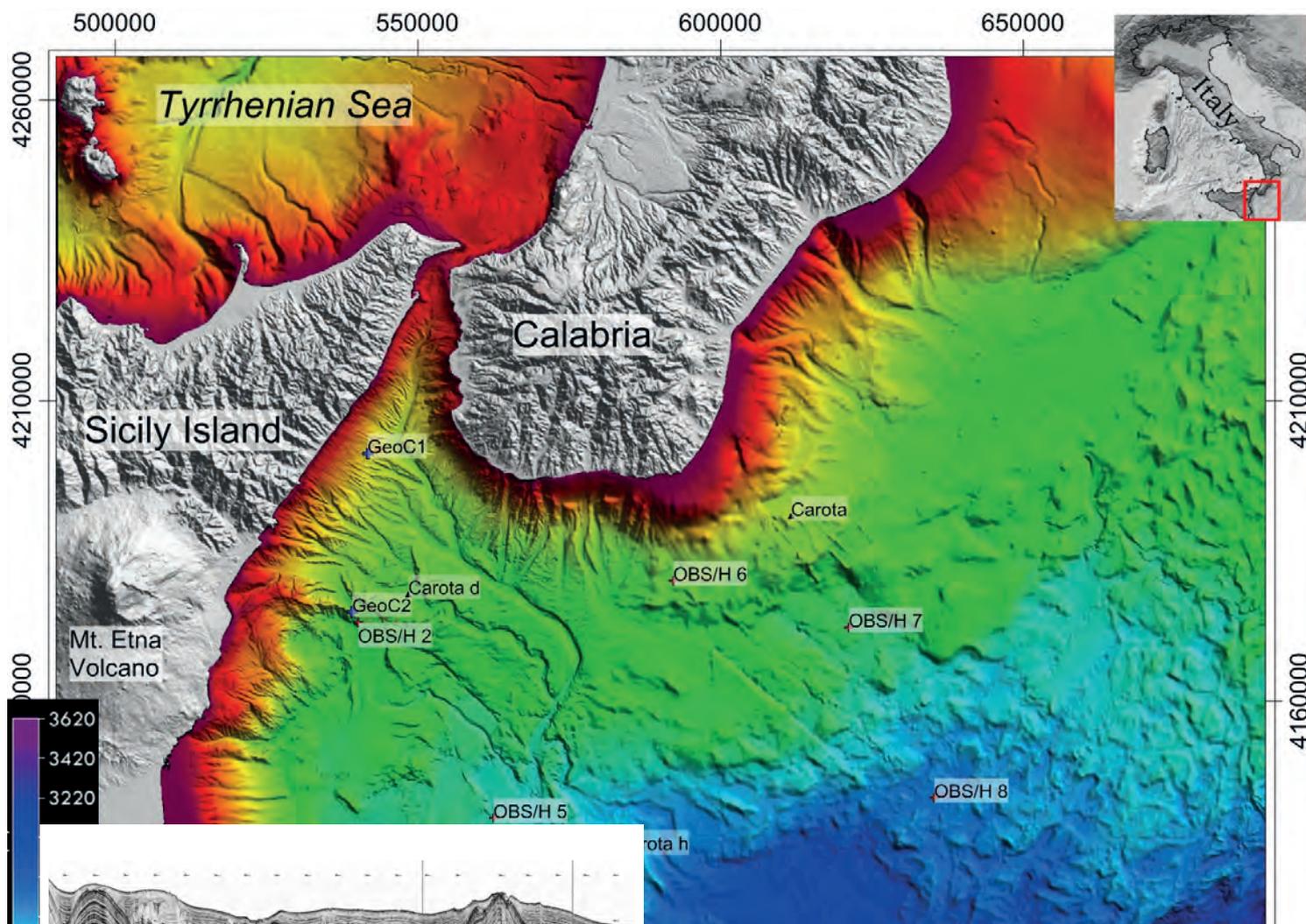


**Tasso di erosione  
e di deposizione  
del suolo all'interno  
di un lago artificiale  
e all'interno del  
bacino del Fosso  
San Rocco (Marche,  
Italia). Batimetria  
contro RUSLE e  
Morfometria**

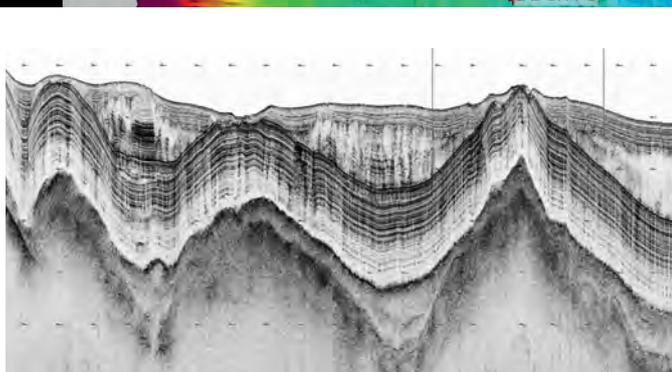


**SPECIALE INSERTO**

# Professione Geologo



SEISMOFAULTS 2017 PROJECT



**Alta tecnologia.**  
Anche a noleggio

Strumenti per:

## **Studio del sottosuolo**

Sismica, geoelettrica, magnetometria, Georadar 3D ...

## **Rilievi dei fondali, delle coste, dei porti, dragaggio**

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

## **Monitoraggio sismico e vulcanologia**

Stazioni e reti sismiche, OBS, inclinometri ...



**CODEVINTEC**

Tecnologie per le Scienze della Terra e del Mare

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

# GECCO

Servizi Geologici & Indagini Sismiche

## Geognostica e prove in sito



- › Sondaggi a carotaggio continuo ed a distruzione di nucleo con prove in foro
- › Indagini Ambientali
- › Prove penetrometriche  
DPSH-CPT-CPTe-CPTU
- › Sondaggi e prelievo di campioni con tecnologia Geoprobe®
- › Prove di emungimento su pozzi e piezometri
- › Prove di carico su pali, micropali
- › Prove di trazione e a sfilamento

## Geofisica e Geoelettrica



- › Sismica a rifrazione, riflessione  
Down Hole, Cross Hole
- › MASW, SASW
- › Sismica passiva: REMI, HVSR  
ESAC, SPAC
- › Analisi di risposta sismica locale
- › Geoelettrica SEV, SEO, FLV
- › Tomografia elettrica 2D e 3D
- › Rilevi Georadar
- › Log geofisici in foro

## Monitoraggi



- › Monitoraggio frane e versanti (inclinometri estensimetri, ecc..)
- › Monitoraggi idrogeologici e strumentali (piezometri elettrici, misuratori di portata ecc..)
- › Monitoraggi ambientali (stazioni meteorologiche, sonde soil gas sensori fisico-chimici, campi elettromagnetici)
- › Monitoraggio strutturale (fessurimetri, inclinometri, estensimetri, assensimetri, celle di carico ecc..)
- › Sistemi area velocity
- › Videoispezioni di tubature e pozzi

Andiamo in profondità, in ogni progetto

## SONDAGGI GEOTECNICI

Carotaggio continuo e prove geognostiche in foro

Prova S.P.T. Standard Penetration Test / Tubo Piezometrico tipo "tubo aperto"  
Tubo Piezometrico tipo "Casagrande" / Tubo inclinometrico / Permeabilità  
(Lefranc) / Down-hole / Misure inclinometriche con Sonda SISGEO



## SONDAGGI AMBIENTALI

Carotaggio continuo a secco, prelievo di campioni  
e messa in opera di strumentazioni in foro

Sondaggi geognostici con carotiere a secco Strumentazione dei  
fori di sondaggio con tubi Piezometrici di vario diametro / Spurghi e prelievi con  
pompa dotata di booster per regolazione di flusso / Installazione di sistemi  
automatici di misura dei livelli piezometrici



## PROVE PENETROMETRICHE

Statiche, dinamiche ed elettriche

Prove penetrometriche statiche con punta meccanica Begemann (CPT)  
Prove penetrometriche dinamiche anche con rivestimento (DPSH)  
Prove penetrometriche elettriche con piezocono (CPTU) / Prelievo di campioni  
indisturbati con campionatore semplice Shelby / Perforazione muratura per  
drenaggi o saggi esplorativi con carotatrice Hilty



## INDAGINI SISMICHE

H.V.S.R. sismica passiva



## INDAGINI CON TERMOCAMERA

Verifiche non distruttive



Via Abbazia, 39 - 60027 - Osimo (AN) - Italia  
tel. +39 335 6686573 - fax 071 781840  
tecnosondaggi@katamail.com

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



# 2

dicembre 2021

RISORSE PER IL TERRITORIO E LA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

# GEOLOGI MARCHE

PERIODICO ORDINE DEI GEOLOGI DELLE MARCHE

## INDICE

### DIRETTORE RESPONSABILE

Piero Farabollini

### COORDINAMENTO EDITORIALE

Fabrizio Bendia

### CO - COORDINATORE

Fabio Rossi

### REDAZIONE

Stefania Costanzi, Stefano De Angelis, Fabio Bernardini, Marco La Corte, Daniele Morganti, Sara Prati

### UFFICIO E SEGRETERIA

Corso Garibaldi n. 28 - 60121 Ancona  
Tel 071.2070930 / Fax 071.2070716  
ordine@geologimarche.it  
geologimarche@epap.sicurezza postale.it

### GRAFICA, IMPAGINAZIONE E PUBBLICITÀ

Agicom srl  
Viale Caduti in Guerra, 28 - 00060  
Castelnuovo di Porto (RM)  
Tel 06.9078285  
agicom@agicom.it  
comunicazione@agicom.it

### STAMPA

Spadamedia  
Viale del Lavoro, 31  
00043 Ciampino (RM)

Distribuzione ai Geologi iscritti all'Albo delle Marche, al Consiglio Nazionale ed ai Consigli Regionali dei Geologi, agli Ordini e Collegi Professionali delle Marche, agli Enti e Amministrazioni interessati

Gli articoli e le note firmate esprimono l'opinione personale dei loro Autori; gli articoli firmati impegnano pertanto soltanto le responsabilità degli Autori.

### In copertina:

"La sala delle candeline all'interno delle Grotte di Frasassi"  
Foto: Consorzio Frasassi

Per alcuni articoli potranno essere utilizzate immagini gentilmente concesse dagli autori.

Immagini interne:  
freepik.com

Registrato al Tribunale di Ancona con il n° 1564/2008 già 11/08 del 09/05/2008



5

### Editoriale

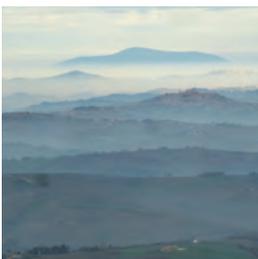
PIERO FARABOLLINI



6

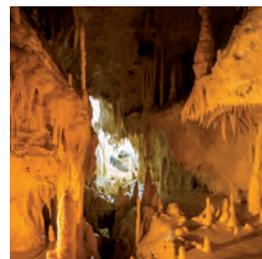
### Tasso di erosione e di deposizione del suolo

BUFALINI MARGHERITA,  
MATERAZZI MARCO,  
PAMBIANCHI GILBERTO  
e TROMBONI MICHELE



15

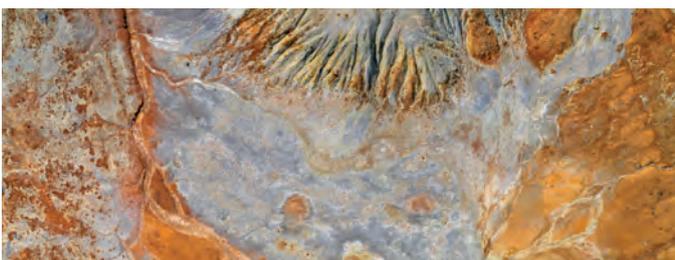
### Speciale inserto Concorso fotografico



20

### A Frasassi si respira ...Geologia!

FABRIZIO BENDIA



31

### Dubbi Certi Recensioni semiserie e ironiche con intermezzi di amenità varie...

FABIO LATTANZI

a cura di **PIERO FARABOLLINI**  
Presidente pro tempore Ordine dei Geologi della Regione Marche



Cari colleghe e cari colleghi, buon giorno e, visto l'approssimarsi del Natale (stiamo andando in stampa proprio nei giorni precedenti il Natale), buon Natale e Felice 2022 a tutti voi, sperando soprattutto che questo nuovo anno ci riporti alla "normalità".

Sono qui a dispiacermi per non potervi incontrare e nel non avervi potuto presentare il nuovo Consiglio dell'Ordine, come solitamente è stato fatto negli anni precedenti, ma questa situazione ci impone attenzione e soprattutto rispetto per la salute del prossimo. E questo noi stiamo facendo in attesa di tempi migliori.

Vi anticipo che è nostra intenzione (mia e del Consiglio tutto) preparare una riunione plenaria degli iscritti da tenersi a primavera, sperando che la pandemia ci conceda una tregua adeguatamente lunga e duratura ma che soprattutto le norme antiCovid19 ci permettano in qualche modo di avere la possibilità di vederci, magari di stringerci la mano, di salutarci come buoni e vecchi amici, di scambiare due parole avendo l'interlocutore avanti, e non trasmesso in video e fluttuante come un fantasma.

Permettetemi ora di condividere con voi una problematica che mi sta a cuore e che nuovamente ci vede direttamente coinvolti, con talvolta (purtroppo) esiti altalenanti ma non per questo non degna della nostra perseveranza di intenti:

DDL n. 2305 - Disposizioni in materia di titoli universitari abilitanti;

Il provvedimento, di iniziativa governativa, collegato alla manovra di finanza pubblica per il 2021, ai sensi dell'art.126 del Regolamento del Senato, ed approvato il 18 giugno 2021 dalla Camera, reca disposizioni in materia di titoli universitari abilitanti con la finalità di semplificare le procedure per l'abilitazione all'esercizio di alcune professioni regolamentate, rendendo, di fatto, l'esame conclusivo del corso di studi universitario coincidente con l'esame di Stato, così da ridurre i tempi di inserimento nel mercato del lavoro. Ciò, come viene scritto nel dossier del Servizio Studi del Senato del settembre 2021 n. 457, è "reso possibile dal momento che nei percorsi di studio interessati dall'intervento normativo viene contestualmente garantita anche una preparazione qualificata sotto il profilo tecnico-pratico ed una verifica della stessa".

Il DDL prende spunto dal Decreto "Cura Italia", poi convertito in legge n. 27/2020, che aveva introdotto questa possibilità per i laureati in medicina e chirurgia per contrastare l'emergenza sanitaria, introducendo la laurea abilitante all'art. 102; ciò col chiaro intento di far fronte alla contingente esigenza di personale sanitario, la cui carenza si era resa ancora più evidente nell'acme della fase pandemica.

Tra le novità di questa "rivoluzione universitaria" vi è senz'altro quella di aver allargato il campo d'azione, estendendo la predetta possibilità, già concessa ai laureati in medicina

e chirurgia, agli studenti di altri corsi che potranno così conseguire – contestualmente al titolo – anche la relativa abilitazione all'esercizio della professione.

Il Consiglio Nazionale degli Ingegneri ha già dichiarato di essere pronto ad attivare la procedura prevista dalla legge sulle lauree abilitanti (legge 163/2021, pubblicata in Gazzetta ufficiale lo scorso 19 novembre), che consente alle categorie non direttamente coinvolte dall'articolato, tra le quali anche la geologia, di richiedere, successivamente alla pubblicazione della legge, la trasformazione del proprio titolo universitario di riferimento.

Anche il CNG si è mosso in tale direzione: sono stati quindi già avviati i lavori ed è stata creata una Commissione composta da rappresentanti di CollGeo (Collegio Presidenti di CdS in Scienze geologiche), CUN ed AIGA, per far sì che il percorso di laurea in Scienze geologiche diventi direttamente abilitante.

Le varie bozze che stanno circolando ed in discussione tra le varie istituzioni sopra citate prevedono un importante lavoro di organizzazione che vede da una parte gli ordini professionali rappresentanti della categoria nell'organizzazione dei tirocini formativi e nelle varie commissioni d'esame e dall'altra le università che dovranno in qualche modo modificare (sempre che ne abbiano voglia, ndr) il loro percorso formativo, per renderlo attinente ai desiderata della legge.

Tuttavia restano moltissimi dubbi ed altrettanti interrogativi:

- a) l'introduzione della laurea abilitante determina la necessità di istituire settori nelle sezioni dell'albo, attualmente non presenti, corrispondenti a circoscrizioni e individuate attività professionali e ciò comporterà anche la necessità di modifiche/integrazioni delle disposizioni del DPR 328/01 riferite alla professione di geologo;
- b) il tirocinio pratico-valutativo (si è parlato di circa 30 cfu max) dovrebbe essere di natura "curriculare" e non "extracurriculare" e quindi all'interno del percorso formativo, con necessità di ridurre o contrarre corsi già esistenti (magari meno professionalizzanti) ma di fatto andando a intaccare equilibri "accademici" sui quali si basa il funzionamento di un corso di laurea;
- c) il tirocinio si dovrebbe adempiere mediante lo svolgimento di attività professionalizzanti in studi professionali, società, laboratori, enti di studio e ricerca oppure enti pubblici aventi funzioni di governo del territorio, in grado di svolgere e sostenere attività di formazione professionale e non più, come spesso accade, all'interno della stessa università, nell'ambito delle ricerche/convenzioni dei vari gruppi di ricerca universitari;
- d) l'esame finale della prova pratica valutativa dovrà essere svolto davanti ad una commissione paritetica, appositamente istituita (e quindi non potrà essere identificata con la commissione di laurea) e comunque dovrebbe essere vincolante per l'accesso all'esame di laurea finale.

In attesa di comprendere come le Università si vorranno organizzare in merito ci aspettiamo che il Consiglio Nazionale dei Geologi, sentiti gli OO.RR., si attivi in modo tale da evitare che:

- 1) il tirocinio venga ridotto ai minimi termini (si sta già

- parlando di non oltre 6 cfu) o che venga svolto attraverso seminari o convegni o riunioni “condominiali”, ecc;
- 2) si continui ad organizzare tirocini interni spacciandoli per professionalizzanti perché vengono utilizzate attrezzature e strumentazioni che solamente le università (o i centri di ricerca) possono permettersi (diffrattometro, spettroscopia, microscopi a scansione, forno ad alte temperature, ecc.);
  - 3) le università, per far salvi gli equilibri interni, “giochino al ribasso” e tendano a considerare professionalizzanti materie che hanno valore prettamente naturalistico dando enfasi ad argomenti che poco hanno a che fare con le problematiche geologico applicative-geotecnico-ingegneristiche che vedono nel professionista geologo il “progettista geologo”.

Sicuramente è una sfida molto importante per la sopravvivenza delle professioni e della professionalità del geologo, dalla quale certamente potrà trarre vantaggio anche il corso di laurea in Scienze geologiche e l'Università

che eroga siffatto percorso formativo, la cui sussistenza comunque dipende dalla forte collaborazione e sinergia tra Università ed Ordine professionale. Il primo difensore della professione del geologo è, e rimane, l'Università: se l'Università non prepara adeguatamente i suoi laureati e non li qualifica, la professione sarà sempre meno appetibile e gli spazi professionali lasciati liberi saranno sempre più oggetto di conquista da parte di altre professioni attente alle modificazioni di mercato. Ne è dimostrazione la attuale forte contrazione registrata nel numero degli iscritti all'Albo professionale che discende dalla scarsa numerosità di iscrizione ai corsi di laurea in Scienze Geologiche, nonostante sia sempre più evidente il ruolo “sociale” del geologo.

Un augurio sincero a tutti voi di un Buon Natale e di uno spumeggiante Anno nuovo.

#### Il Consiglio tutto



Per l'invio delle proposte di articoli si prega di far riferimento ai seguenti recapiti:



Fabrizio Bendia



geol.bendia@gmail.com

# TASSO DI EROSIONE E DI DEPOSIZIONE DEL SUOLO

all'interno di un lago artificiale  
e del bacino del Fosso San Rocco (Marche, Italia)  
Batimetria contro RUSLE e Morfometria

a cura di **BUFALINI MARGHERITA\***, **MATERAZZI MARCO\***, **PAMBIANCHI GILBERTO\*** e **TROMBONI MICHELE\*\***

\* School of Science and Technology, Geology Division, University of Camerino

\*\* Consorzio di Bonifica delle Marche

## ► RIASSUNTO

Le dighe sono state principalmente costruite per quattro scopi: **i)** irrigazione, uso industriale dell'acqua e acqua potabile; **ii)** controllo delle inondazioni; **iii)** produzione di elettricità e di energia elettrica; e, **iv)** tempo libero. Inoltre, gli invasi artificiali costruiti lungo i corsi d'acqua, rappresentano indubbiamente un sistema infrastrutturale strategico per le nazioni, sia per la gestione della risorsa idrica accumulata, sia, sempre più, come difesa per la sicurezza idraulica delle aree a valle (Terranova *et al.*, 2009).

Inoltre, i bacini artificiali svolgono un ruolo importante nello stoccaggio del carbonio organico, con un tasso di accumulo spesso superiore a quello esistente negli ambienti naturali o negli oceani (Mulholland&Elwood, 1982) e sono quindi considerati utili per il controllo dei cambiamenti climatici. Pertanto, qualsiasi perdita di efficienza di questi sistemi di approvvigionamento e regolazione dell'acqua, legata all'inquinamento o, più spesso, al problema della progressiva "perdita di efficienza" della diga stessa (*Trap Efficiency*) dovuta al riempimento, può causare gravi danni all'economia o allo stato ecologico del fiume (Alighalehbabakhani *et al.*, 2017; Mekonnen *et al.*, 2015; Mulu & Dwarakish, 2015).

Il numero di queste "perdite di efficienza" è preoccupante; secondo la FAO (2002) circa l'1% del volume d'acqua totale immagazzinato nei principali serbatoi mondiali va perso ogni anno a causa della sedimentazione e questo corrisponde a circa 60 km<sup>3</sup> di acqua.

Le attività umane svolte a monte del serbatoio sono di solito responsabili di questo accumulo di sedimenti. La deforestazione, l'espansione dell'urbanizzazione e l'agricoltura nel tratto a monte, spesso aumentano l'erosione del suolo con il conseguente trasporto e l'accumulo dei sedimenti del serbatoio (Moges *et al.*, 2018; Ranzi *et al.*, 2012); la quantità e il tasso di accumulo dipendono dalle caratteristiche idro-geomorfologiche del bacino e dal regime fluviale.

L'abbondanza di sedimenti in un fiume, tuttavia, è un problema di gestione complesso e rappresenta un obiettivo strategico,

anche per la Comunità Europea. Infatti, la Direttiva Quadro Europea sulle Acque (WFD, Direttiva 2000/60/CE), pur non trattando specificamente i sedimenti, identifica chiaramente un collegamento tra il monitoraggio dei sedimenti in un bacino idrografico fluviale e il raggiungimento dell'obiettivo della WFD (buono stato di tutte le risorse idriche europee entro il 2015). Tuttavia, l'implementazione della WFD sposta il campo di applicazione dalla gestione locale dei sedimenti (materiale dragato) alla gestione dei sedimenti a scala di bacino fluviale; pertanto, recentemente la Rete Europea dei Sedimenti (SedNet) ha sollevato con successo l'attenzione su questo problema, rendendo essenziale l'integrazione della gestione sostenibile dei sedimenti nei Piani di Gestione del Bacino Fluviale della WFD (2016).

In Europa la situazione è una delle peggiori al mondo, perché i bacini idrici europei sono vecchi e l'insabbiamento delle dighe è un problema nel Mediterraneo a causa degli alti tassi di erosione (Krasa *et al.*, 2005; Valero-Garces *et al.*, 1999). In particolare, l'Italia è al terzo posto in Europa per il numero di bacini artificiali (circa 570) con un volume superiore a 1 milione di metri cubi, dopo la Spagna (circa 1200) e il Regno Unito (circa 580). Paesi con caratteristiche climatiche, geologiche e attività umane simili, come il Marocco (Alahiane *et al.*, 2016), l'Algeria (Slimane *et al.*, 2016), la Grecia (Rousakis *et al.*, 2018) e la Spagna (Martinez *et al.*, 2018) hanno dimostrato attraverso una sostanziale ricerca che la situazione non è sostenibile, come dimostrato da Sadaoui & Ludwig (2018) nelle loro ricerche sul bacino del Maghreb mediterraneo.

Il problema dell'interrimento dei bacini idrici nella regione del Mediterraneo è dovuto ai non sostenibili alti tassi di erosione che si misurano nei terreni agricoli. Questa situazione è stata riscontrata nei vigneti (Rodrigo-Comino, 2018) e nella coltivazione di colture come albicocche, agrumi e olive (Keesstra *et al.*, 2019). Le perdite di suolo nel Mediterraneo sono anche attribuite agli incendi boschivi che rimuovono la copertura vegetale e inducono cambiamenti del suolo, come la formazione di strati idrorepellenti, che si concludono con un aumento delle perdite di suolo durante la finestra di erosione subito dopo un incendio boschivo (Cerdà *et al.*, 2017).

La questione, come detto prima, si estende oltre il Mediterraneo. L'efficienza dei serbatoi è una preoccupazione internazionale perché questi sono utilizzati da tutte le persone (Issa *et al.*, 2015; Kummu *et al.*, 2010, 2018; Yang & Lu, 2014). Tuttavia, l'indagine sui cambiamenti nell'efficienza è impegnativa poiché richiede un set di dati a lungo termine, che, in molte parti del mondo non è disponibile a causa o della mancanza di misure perché alcuni di essi sono stati costruiti di recente. In questo contesto l'Europa può contribuire con serie di dati a lungo termine che possono illuminare sui cambiamenti di efficienza delle trappole nei serbatoi. Più in particolare, per l'Italia l'età media del sistema infrastrutturale diga è superiore ai 50 anni e la vita residua può essere stimata in poche decine di anni, in questi ultimi si prevede una significativa riduzione della produttività se non si adottano azioni e opere adeguate (Bazzoffi & Vanino 2010). Sebbene il problema sia di estrema attualità, in realtà sono pochi i dati disponibili, soprattutto a causa dei costi legati agli studi batimetrici. La maggior parte dei dati è stata quindi ottenuta utilizzando metodologie e valutazioni indirette. Il metodo Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) (Kouli *et al.*, 2008; Renard *et al.*, 1997; Wischmeier & Smith, 1978) è certamente uno dei più utilizzati, sia per la sua versatilità, sia, dopo oltre 40 anni dalle sue prime formulazioni, per l'elevato numero di applicazioni e casi di studio. L'affidabilità di questo metodo, tuttavia, in particolare la sua correlazione (ove possibile) con le misure dirette in campo, è spesso incerta, soprattutto a causa della difficoltà nello stimare alcuni parametri che possono influenzare significativamente il risultato finale. Uno di questi "difficili parametri" è il Fattore P, utilizzato per quantificare l'influenza delle attività e delle opere umane sui processi di erosione del suolo.

Sebbene alcuni autori abbiano proposto intervalli di valori basati su parametri morfologici (angolo di pendenza) o sull'uso del suolo (tipo di colture) (Aiello *et al.*, 2015; Bazzoffi *et al.*, 2005; Fu *et al.*, 2005; Lufafa *et al.*, 2003; Napoli *et al.*, 2016; Terranova *et al.*, 2009; Wischmeier & Smith, 1978), queste classificazioni non sono applicabili in modo univoco.

Il presente studio è un nuovo tentativo di analizzare l'interrimento dei serbatoi nel centro Italia. Attraverso il confronto tra misure dirette (batimetriche) e indirette (metodo RUSLE), questa indagine cerca di contribuire alla valutazione delle quantità di suolo erose da un bacino campione (il bacino del Fosso San Rocco), che è il principale responsabile del riempimento di un bacino artificiale utilizzato per la produzione di acqua potabile e di energia elettrica.

Attraverso valutazioni geomorfologiche e l'elaborazione di dati batimetrici in ambiente GIS, è stato possibile calcolare il tasso di denudazione e il suo andamento dal 1953 (anno di costruzione dello sbarramento). Inoltre, confrontando i risultati ottenuti con il metodo RUSLE, si è tentato di calibrare i parametri dell'equazione ponendo particolare attenzione al Fattore P, che è legato alle pressioni antropiche ed è fondamentale per la stima delle grandezze di erosione del suolo.

Il tasso di denudazione così calcolato è stato confrontato con un dato ottenuto, circa 30 anni fa, da dieci bacini artificiali situati lungo i principali fiumi del versante adriatico dell'Italia

centrale. Data la forte eterogeneità sia delle dimensioni che della composizione del fondo dei bacini di alimentazione, si è tentato di correlarli attraverso l'utilizzo di parametri morfometrici quali l'indice di denudazione (Lupia Palmieri, 1983), il rapporto di rilievo (Schumm, 1956) e la frequenza dei corsi d'acqua (Horton, 1932), tutti espressi in funzione dell'area del bacino di origine.

I risultati ottenuti testimoniano che, in assenza di misure dirette del tasso di erosione del suolo, l'uso combinato di metodi indiretti (RUSLE) e di analisi morfometriche sui bacini di alimentazione è certamente un ottimo compromesso; tuttavia, è anche necessaria la disponibilità di un numero significativo di dati e una corretta calibrazione dei metodi adottati.

## ► MATERIALI E METODI

### Area di Studio

L'area di studio si trova nella Regione Marche, sul versante adriatico dell'Italia centrale (Fig. 1). Il paesaggio è prevalentemente collinare, con pianure alluvionali tipicamente piccole e strette. Le quote più elevate (fino ai 1430 m s.l.m. del Monte Pennino) sono presenti lungo la dorsale appenninica ad ovest, mentre diminuiscono progressivamente verso est in direzione del Mar Adriatico. Tutti i fiumi seguono il gradiente altitudinale regionale, scorrendo quasi perpendicolarmente alla linea di costa. Non sono presenti laghi, anche se esistono numerosi bacini artificiali di diverse dimensioni sfruttati per l'acqua potabile, la produzione di energia elettrica o per entrambi.

Questa porzione delle Marche è caratterizzata da un clima tipicamente mediterraneo definito "sublitorale adriatico" (Amici & Spina, 2002). Durante l'anno, la regione registra temperature comprese tra i 16-17 °C e i 4-5 °C, con temperature medie comprese tra i 12 °C e i 15,5 °C; i valori più alti si registrano in prossimità della costa mentre i più bassi corrispondono alle cime più alte della dorsale appenninica. Rapide variazioni spaziali di temperatura, tuttavia, non sono rare e sono causate dall'influenza orografica, che modifica le condizioni termiche delle masse d'aria che colpiscono la regione.

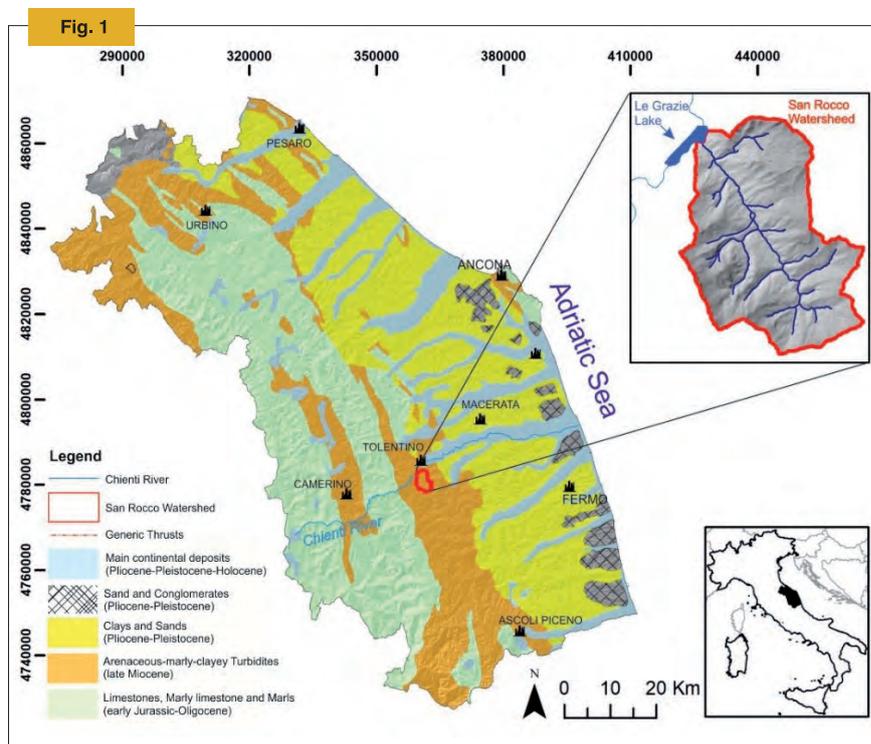
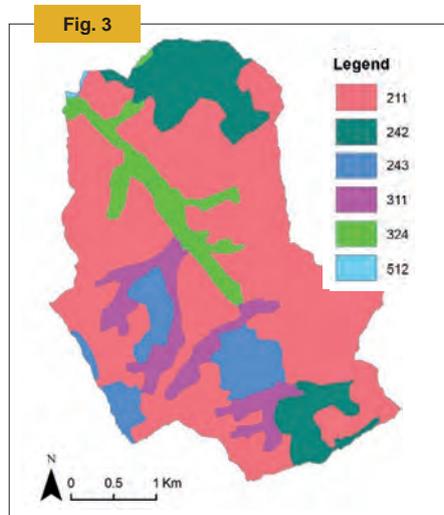
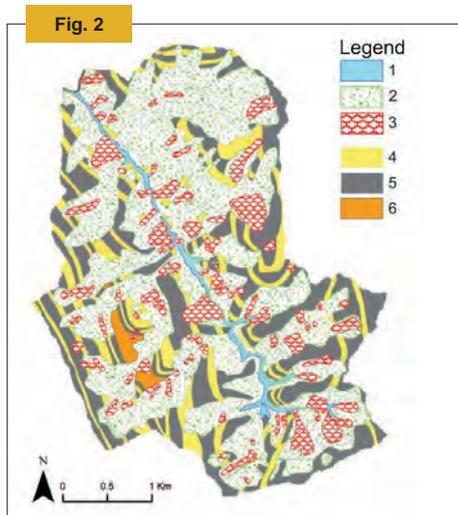


Fig. 1 Carta geologica schematica del territorio marchigiano e modello digitale di elevazione del bacino di studio.



Anche le precipitazioni seguono un andamento simile che va dai 600-800 mm lungo la costa fino ai 1100-1700 mm in montagna (Amici & Spina, 2002).

Geologicamente (Fig. 2), l'area di studio è caratterizzata dalla presenza di formazioni prevalentemente calcaree in montagna, depositi turbiditici nella parte centrale, e dall'alternanza di argille, sabbie e conglomerati in prossimità della costa (Centamore *et al.*, 1986; Pierantoni *et al.*, 2013). Le principali caratteristiche geomorfologiche sono quelle legate ai processi di pendenza e fluviali: movimenti di massa di diverso tipo, dimensione, stato di attività ed età sono molto diffusi lungo i versanti (Materazzi *et al.*, 2010) mentre diversi ordini di terrazzamenti alluvionali di età quaternaria (Gentili *et al.*, 2017) caratterizzano i fondovalle (Fig. 2).

#### Sito di Studio

Il torrente San Rocco, affluente di destra del Chienti, si trova nella regione centrale delle Marche (Fig. 1) e sfocia approssimativamente N-S nel lago Le Grazie, uno dei cinque bacini artificiali costruiti all'interno del bacino del Chienti. Lo spartiacque del Fosso San Rocco (circa 13 km<sup>2</sup>), presenta una morfologia tipicamente collinare, con dolci pendenze e altitudini comprese tra i 220 e i 510 m s.l.m. Il substrato roccioso, affiorante solo localmente, per lo più in corrispondenza delle divisioni idriche, è costituito dall'alternanza di livelli prevalentemente arenaceo-pelitici e pelitico-arenacei. I depositi quaternari sono costituiti per lo più da depositi colluviali medio-fini; tuttavia, anche i fenomeni gravitazionali (poco profondi e di media profondità) sono numerosi, sia attivi che dormienti, costituiti da frane rotazionali, colamenti e soliflussi.

L'uso del suolo è prevalentemente agricolo. Secondo il dataset CORINE Land Cover (2018), circa il 62,3% del bacino è costituito da terreni arabili non irrigati, mentre complessi schemi di coltivazione si alternano a significative aree di vegetazione naturale che rappresentano circa il 21,5% del bacino; la restante parte è composta da boschi di latifoglie e arbusti di transizione, visibili solo lungo le principali incisioni (Fig. 3).

Le caratteristiche del suolo sono state estrapolate integrando la mappa dei suoli della Regione Marche in scala 1:250.000 e secondo la Base di riferimento mondiale per le risorse del suolo (WRB; IUSS Working Group, 2015). Tre gruppi principali WRB che caratterizzano l'area di studio sono Fluvic Cambisols, Calcaric Cambisols e Haplic Calcisols. I Cambisols, molto comuni nelle regioni temperate e boreali, sono rappresentati

da suoli brunastri con una debole differenziazione dell'orizzonte e caratterizzati dalla presenza di un orizzonte di tipo cambico (Bw). Al di sotto di quello organico-minerale; i calcisols, invece, sono di solito comuni nelle zone di bassa collina, dove affiorano prevalentemente rocce pelitiche e sabbioso-pelitiche, e mostrano un significativo accumulo secondario di carbonato di calcio. Tutti e tre i gruppi sono generalmente suoli ben drenati, con tessitura da fine a media.

#### Rilievi Batimetrici

I rilievi batimetrici sono utili per stimare i volumi dei serbatoi e le corrispondenti superfici ad una particolare altitudine (Moges *et al.*, 2018). Per questo studio sono state utilizzate tre serie di carte topografiche dell'invaso, una prodotta per la costruzione del Lago delle Grazie, che mostra lo stato del lago subito dopo la costruzione della diga, e le altre come risultato delle indagini batimetriche condottenel 2006 e nel 2015.

I dati raccolti sono stati inizialmente elaborati in ambiente GIS utilizzando il software ArcGIS v.10.2.1 (ESRI), per ricostruire le linee isobate del fondo del lago e poi i modelli digitali del terreno (DTM) corrispondenti ai tre periodi analizzati (Fig. 4). L'analisi del 1963 mostra come il bacino al momento della sua costruzione avesse una superficie di 0,18 km<sup>2</sup> e un volume totale di acqua di 893.511,15 m<sup>3</sup> alla normale altezza della diga di 220 m s.l.m. In una seconda fase, attraverso l'estensione ArcGIS - 3D Analyst, sono state eseguite operazioni matematiche per calcolare le variazioni del volume di acqua immagazzinata e, di conseguenza, dei volumi di sedimentazione depositati all'interno del bacino. I risultati saranno condivisi nel capitolo "Risultati e discussione". Va comunque sottolineato che l'analisi non considera le quantità di sedimenti drenate dalla diga durante le periodiche attività di manutenzione.

#### Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)

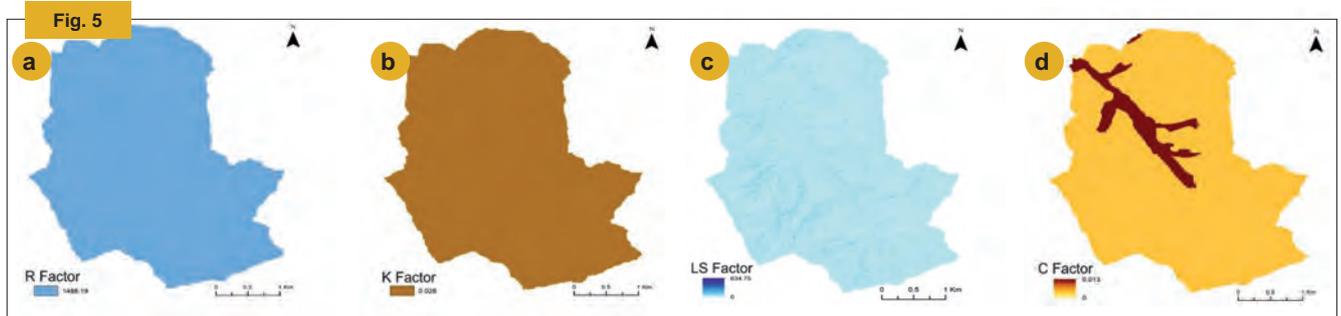
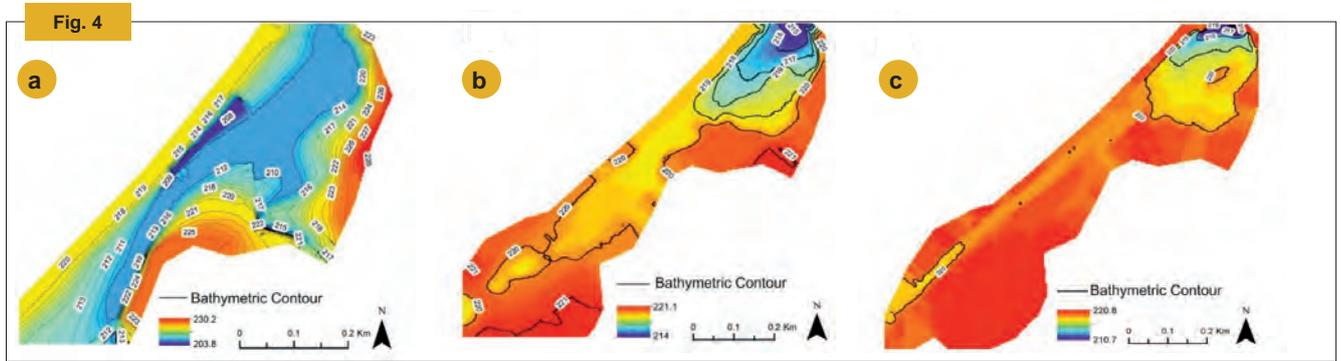
La RUSLE (Renard *et al.*, 1997) è un modello empirico basato sull'Universal Soil Loss Equation, USLE (Wischmeier & Smith, 1978) e consiste in una equazione matematica che stima la perdita media annua di suolo e la resa di sedimenti risultante dall'erosione tra inter-rill e rill.

L'unione delle analisi RUSLE e GIS, che consente di elaborare notevoli quantità di dati spaziali, ha dimostrato di essere spesso un approccio efficace per la stima della perdita di suolo nei bacini idrografici (Moges *et al.*, 2018). Cinque fattori principali (schema delle precipitazioni, tipo di suolo, topografia, sistema colturale e pratiche di gestione) sono utilizzati per calcolare l'erosione media annua prevista attraverso la seguente equazione (Kouli *et al.*, 2008; Renard *et al.*, 1997):

$$A = R * K * LS * C * P$$

dove *A* è la perdita media del suolo calcolata nello spazio e la perdita media temporale del suolo per unità di superficie [t/ha\*anno<sup>-1</sup>], *K* il fattore di erodibilità del suolo [t\*ha<sup>2</sup>/(ha\*MJ\*mm)], *R* il fattore di erosività delle precipitazioni [MJ\*mm/(ha\*h\*anno<sup>-1</sup>)], *L* il fattore di lunghezza del pendio, *S* il fattore di ripidezza del pendio, *P* il fattore di supporto

Fig. 2 Carta geomorfologica del bacino del San Rocco: 1 - depositi fluviali recenti e presenti (Olocene); 2 - depositi colluviali recenti e presenti (Olocene); 3 - frane principali (Tardo Pleistocene - Olocene); 4 - principalmente roccia basale arenacea-pelitica (Tardo Miocene); 5 - principalmente roccia basale pelitica-arenacea (Tardo Miocene); 6 - principalmente roccia basale marnosa (Tardo Miocene).  
Fig. 3 Mappa di copertura del territorio CORINE del bacino del San Rocco: 211 - Terreni arabili non irrigati; 242 - Colture complesse; 243 - Land con aree di vegetazione naturale; 311 - foresta a foglia larga; 324 - Braccia boscata transitoria; 512 - Corpi d'acqua.



alla pratica di conservazione e  $C$  il fattore di gestione della copertura;  $L$ ,  $S$ ,  $C$  e  $P$  sono tutti adimensionali. Il fattore di erosività  $R$ , detto anche indice di aggressività della pioggia, esprime l'influenza climatica nel fenomeno erosivo attraverso l'effetto combinato della caduta della pioggia e della fase di deflusso sia laminare che rills. Per la sua valutazione è possibile seguire diverse procedure basate sull'analisi delle forti piogge registrate in un numero consistente di anni. In questo lavoro il valore  $R$  è stato calcolato utilizzando l'equazione di Arnoldus:

$$R = ((4.17 * F) - 152) * 17.02$$

dove  $F$  è l'indice di Fourier, ed è definito come:

$$F = \sum_{j=1}^{12} \frac{P_j^2}{P}$$

con  $P_j$  la pioggia media mensile per il  $J^{th}$  mese e  $P$  la pioggia media annuale in millimetri.

Utilizzando l'equazione di Fourier, una volta stimato  $F$  per il pluviometro presente nell'area di studio, è stato calcolato il valore del fattore  $R$  (Fig. 5a).

Il fattore  $K$  è una misura empirica dell'erodibilità del suolo, influenzata dalle proprietà intrinseche del suolo (Fu *et al.*, 2005; Liu *et al.*, 2016). Le principali proprietà che influenzano  $K$  sono la struttura del suolo, la materia organica, la struttura e la permeabilità del suolo. Il fattore  $K$  è stato stimato attraverso analisi di laboratorio effettuate su campioni di terreno raccolti dal vicino spartiacque; in particolare, la percentuale di materiali grossolani e fini e il contenuto organico e la struttura, mentre le analisi qualitative sono utilizzate per la permeabilità (Fig. 5b).

Il valore  $K$  basato sulle variabili di base delle proprietà del suolo può essere espresso in termini matematici (Morgan *et al.*, 1998; Wischmeier & Smith, 1978) come segue:

$$K = [2.1 * 10^{-4} (12 - SOM) * M^{1.4} + 3.25 * (S_t - 2) + 2.5 * (P' - 3)] / 100$$

dove  $M$  = limo (%) + sabbia molto fine (%) \* (100 - argilla (%)),  $S_t$  e  $P'$  sono rispettivamente la struttura del suolo e la classe di permeabilità, e  $SOM$  è il contenuto di materia organica del suolo.

L'effetto della topografia sull'erosione del suolo nella RUSLE è stato valutato utilizzando il fattore  $LS$ , che combina gli

effetti della lunghezza del pendio ( $L$ ), e della pendenza del pendio ( $S$ ).

In questo studio,  $LS$  è calcolato utilizzando il metodo USPED (Unit Stream Power Erosion and Deposition) che rappresenta il prodotto tra mappe raster in ambiente GIS (software ArcGIS di ESRI).

A differenza della RUSLE, l'USPED è un modello basato fisicamente che incorpora una componente spaziale. Nella RUSLE,  $L$  dipende dalla distanza lineare  $\lambda_i$ , che è la lunghezza orizzontale dall'inizio del trasporto dei sedimenti fino al punto  $i$ -esimo sul pendio. Quindi, sono intrinsecamente una funzione dimensionale unica. L'USPED, d'altra parte, utilizza l'area del flusso ascendente che contribuisce alla distanza  $i$ -esima. Nel modello USPED, l'area è presa al posto della precedente lunghezza del pendio. Il parametro  $L$  per il punto  $i$  su una pendenza può essere calcolato come segue:

$$L = (m + 1) \left( \frac{\lambda_A}{22.1} \right)^m$$

dove,  $L$  è il fattore di lunghezza della pendenza in un certo punto del paesaggio,  $\lambda_A$  è l'area di deflusso a monte, 22.1 è la lunghezza unitaria dell'appezzamento, e  $m$  è un valore che dipende dalla suscettibilità del suolo all'erosione.

Il calcolo del valore  $S$  è mostrato nell'equazione seguente:

$$S = \left( \frac{\sin(0.01745 * \theta_{deg})}{0.09} \right)^n$$

dove,  $\theta$  è la pendenza in gradi, 0,09 è la costante di pendenza, e  $n$  è un valore regolabile a seconda della suscettibilità del terreno all'erosione. La determinazione dei valori degli esponenti  $m$  e  $n$  sono reperibili in letteratura (McCool *et al.*, 1982; Moore & Burch, 1986; Moore & Wilson, 1992; Renard *et al.*, 1997).

In questo progetto vengono utilizzati per  $m=0,4$  e  $n=1,4$ . Per seguire il metodo USPED, il fattore  $LS$  è calcolato in ArcGIS utilizzando le mappe raster del "Flow Accumulation" (per definire il numero di celle che "drenano" verso una data cella posta più a valle) e dello "Slope" (pendenza), in gradi, secondo la seguente formula (Kim, 2006):

$$Power("flow accumulation" * [cell resolution]/22.1, 0.4) * Power(Sin("slope in degree" * 0.01745)/0.09, 1.4) * 1.4$$

Fig. 4 Mappe delle Batimetrie all'interno del Lago Le Grazie avvenute negli anni: a) 1963; b) 2006 e c) 2015.

Fig. 5 Mappe dei Fattori della RUSLE per il bacino San Rocco: a) Fattore R; b) Fattore K; c) Fattore LS; d) Fattore C.

Tab. 1	CORINE	VALORI DI C
	211 (Seminativi non irrigati)	0.003
	242 (Coltivazione complessa)	0.003
	243 (Terreni principalmente occupati dell'agricoltura, con aree naturali)	0.003
	311 (Bosco di Latifoglie)	0.003
	324 (Transitional woodland-shrub)	0.013
	512 (Corpi d'acqua)	0

La mappa **LS** risultante è mostrata in **Fig. 5c**.

Il fattore **C** rappresenta l'effetto delle pratiche colturali e gestionali nella gestione agricola, e l'effetto della copertura del suolo, degli alberi e dell'erba sulla riduzione della perdita di suolo in situazioni non agricole. Un aumento della copertura vegetale diminuisce la perdita di suolo. Secondo Benkobi *et al.* (1994), Biesemans *et al.* (2000) e Kouli *et al.* (2008) la copertura vegetale, la pendenza dei pendii e i fattori di lunghezza sono i più sensibili alla perdita di suolo; pertanto, si dovrebbe prima considerare una conoscenza dettagliata dell'uso del suolo e della tipologia di suolo presente.

In questo lavoro, il fattore **C** è stato valutato a partire dal 3° livello del CORINE Land Cover che classifica l'uso del suolo per tutti i paesi europei (CORINE, 2018) secondo i valori sperimentali proposti da Kim (2006) (**Tab. 1**). La mappa raster risultante è mostrata in **Fig. 5d**.

Il fattore **P** tiene conto delle pratiche agronomiche conservative eventualmente applicate. La corretta valutazione del fattore **P**, solitamente effettuata in modo soggettivo, rappresenta un punto cruciale di tutto il metodo RUSLE. Poiché questo parametro è compreso tra 0 e 1, appare evidente che il suo peso all'interno della formula, può determinare differenze, anche notevoli, nel risultato finale. Nonostante questa limitazione, pochi studi si sono concentrati su questo aspetto, lasciando spesso la valutazione del fattore **P** solo all'esperienza e alla sensibilità degli autori (e non ad un reale calcolo oggettivo); mentre, in molti casi, il valore è preso convenzionalmente uguale a 1.

In questo studio vengono presi in considerazione tre metodi per la stima del fattore **P**:

- nella prima procedura, come riportato da diversi autori (Fu *et al.*, 2005; Lufafa *et al.*, 2003; Napoli *et al.*, 2016; Terranova *et al.*, 2009), il fattore **P** è calcolato seguendo Wener (**Fig. 6a**):

$$P = 0.2 + 0.03\theta$$

dove  $\theta$  rappresenta la pendenza espressa in gradi.

nella seconda procedura, **P** è calcolato sulla base della pendenza in percentuale (Wischmeier e Smith, 1978) come mostrato nella **Tab. 2 (Fig. 6b)**.

- infine, **P** è calcolato in base all'uso del suolo, ovvero in base al CORINE LAND COVER 2018 (Aiello *et al.*, 2015; Bazzoffi *et al.*, 2005) (**Tab. 3 (Fig. 6c)**).

### Analisi Morfometrica

Insieme alle valutazioni sopra descritte, è stata eseguita un'analisi morfometrica sul bacino San Rocco e su altri dieci bacini fluviali che alimentano serbatoi artificiali nell'area di studio e che hanno mostrato una perdita di efficienza di trappola simile negli ultimi anni (**Fig. 7**). Lo scopo principale è stato quello di verificare se alcuni parametri morfometrici (l'espressione del tasso di erosione, la pendenza e il grado di gerarchizzazione del bacino idrografico) dipendessero dall'area del bacino stesso. I dati utilizzati per l'analisi sono

stati in parte estrapolati da precedenti studi condotti nel 1985, quando è stato possibile effettuare una prima misura diretta del tasso di riempimento all'interno di alcuni bacini artificiali a partire dalla data del loro funzionamento (Gentili & Pambianchi, 1988). Tuttavia, come accennato nel paragrafo 2.4, i valori ottenuti sono sottostimati, in quanto le agenzie di gestione dei serbatoi hanno attuato nel tempo procedure sistematiche, anche se non frequenti o del tutto efficaci, di rimozione dei sedimenti.

Tre i parametri morfometrici considerati, calcolati a partire dalla carta topografica ufficiale italiana in scala 1:25.000:

- a) La Frequenza di Drenaggio ( $F_s$ ) (Horton, 1932)

$$F_s = \frac{\mu}{A}$$

dove  $\mu$  è il numero totale dei segmenti fluviali di ogni ordine gerarchico e  $A$  è l'area ( $\text{km}^2$ ) del bacino corrispondente;

- b) Il Rapporto di Rilievo ( $Rh$ ) (Schumm, 1956)

$$Rh = \frac{\Delta h}{L}$$

dove  $\Delta h$  è la differenza tra l'elevazione massima e minima del bacino e  $L$  è la lunghezza del tratto principale (adimensionale); e

- c) L'Indice di Denudazione Media Annuo ( $I_d$ ) (Lupia Palmieri, 1983)

$$I_d = \frac{V}{A}$$

solitamente espresso in millimetri, dove  $V$  è il volume medio annuo dei sedimenti intrappolati e  $A$  è l'area del bacino.

I risultati ottenuti per tutti i bacini considerati sono riportati nella **Tab. 4**.

Successivamente, per ogni parametro morfometrico è stata verificata l'esistenza di una possibile correlazione con l'area del bacino contribuente; i risultati sono riportati in **Fig. 8**.

### ► DISCUSSIONE

I risultati sopra descritti, anche se incompleti e imprecisi se presi singolarmente, ci permettono di trarre conclusioni utili se analizzati insieme.

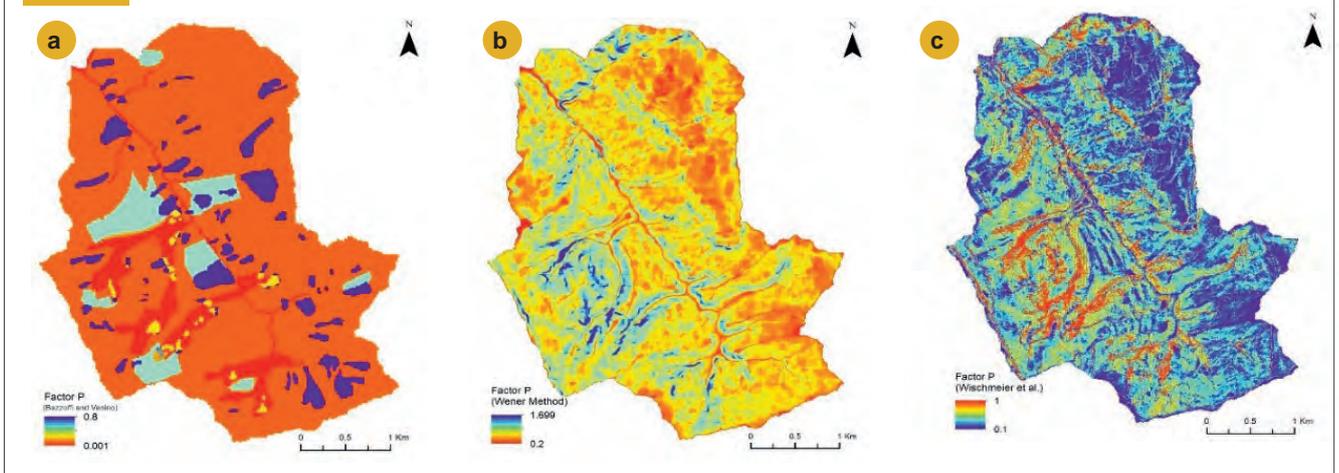
In primo luogo, i dati batimetrici consentono valutazioni geomorfologiche sull'origine dei sedimenti di riempimento del bacino. Osservando la morfologia di questi materiali, emerge chiaramente una morfologia a ventaglio alla confluenza tra il torrente San Rocco e la diga ("ventaglio" minore, **Fig. 9**). Inoltre, è possibile delimitare il volume dei sedimenti provenienti dall'intero bacino del San Rocco a contatto con il serbatoio sul lato sud ("ventaglio" maggiore, **Fig. 9**).

Il calcolo del volume dei sedimenti effettuato in ambiente GIS mostra che tra il 1963 (anno di costruzione) e il 2015, più di 850.000  $\text{m}^3$  di materiale sono stati depositati globalmente all'interno del bacino de Le Grazie, con un tasso medio di circa 91,75  $\text{mm}/\text{anno}$ . Ciò ha causato la perdita di circa il 95% della capacità di stoccaggio del serbatoio, originariamente stimata in quasi 900.000  $\text{m}^3$  di acqua (**Tab. 5**). Tuttavia, il tasso di riempimento non è stato costante; confrontando le batimetrie del 1963, 2006 e 2015, si è registrata una netta, seppur limitata, diminuzione nel periodo 2006-2015 rispetto a quella del 1963-2006 (76,50  $\text{mm}/\text{anno}$  contro 94,94  $\text{mm}/\text{anno}$ ). In questo contesto, il Bacino del Fosso San Rocco contribuisce per circa il 40% all'accumulo di sedimenti nel bacino (circa 336.000  $\text{m}^3$  di materiale), con un andamento analogo e leggermente negativo nel tempo (**Tab. 6**).

Il confronto con i dati del 1985 è più problematico, in quanto sono stati ottenuti valori molto più alti dei volumi calcolati circa 20 anni dopo. Le cause di questa anomalia possono

Tab. 1 Relazione tra il 3° livello del CORINE e i valori del fattore C.

Fig. 6



Tab. 2

Uso Del Suolo	Terreno Agricolo						Altra Tipologia
Pendenza In %	0-5	5-10	10-20	20-30	30-50	50-100	0-100
Valori Di P	0.1	0.12	0.14	0.19	0.25	0.33	1

Tab. 3

Il livello del CORINE	211	242	243	311	324
Valori di P	0.8	0.25-0.5		0.2	

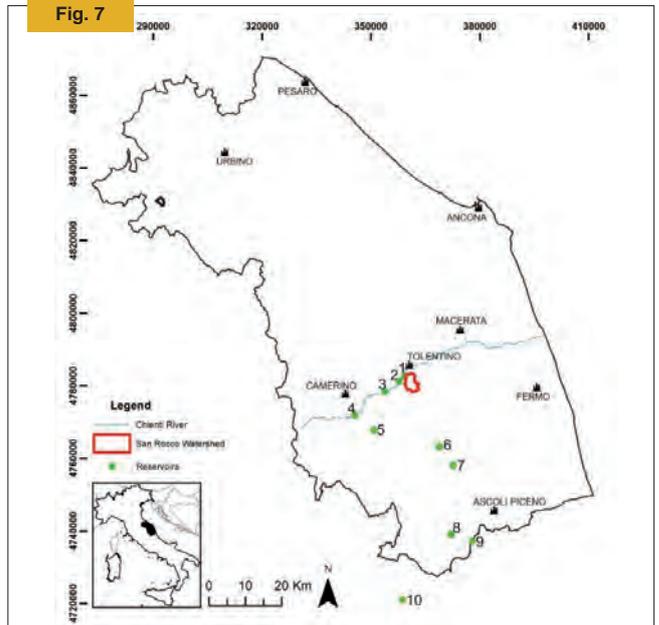
essere attribuite a due motivi principali: **i)** l'utilizzo di un diverso metodo di acquisizione dei dati batimetrici (non descritto in dettaglio nel passato studio); e **ii)** l'attivazione di sistemi e procedure, soprattutto durante gli eventi alluvionali, che facilitano il deflusso dell'acqua dal fondo del serbatoio per facilitare il trasporto dei solidi; tuttavia, non è stata conservata alcuna documentazione dettagliata di queste procedure prima del 1990.

Per quanto riguarda l'applicazione del metodo RUSLE al bacino San Rocco, il tasso di erosione calcolato mostra una sostanziale sovrastima rispetto al volume di sedimenti misurato all'interno del bacino de Le Grazie. Questa discrepanza è certamente legata alla difficoltà di stimare e calibrare alcuni parametri fondamentali del metodo, come i fattori  $K$  (erodibilità del suolo) e  $C$  (gestione della copertura), come menzionato nel paragrafo 2.4 ed evidenziato da molti autori (Cerdan *et al.*, 2010; Conforti *et al.*, 2016). Infatti, nell'area di studio, entrambi i parametri sono stati stimati a partire da dati qualitativi e/o analisi di laboratorio effettuate su un numero di campioni non del tutto rappresentativi delle diverse tipologie e di utilizzo del suolo.

Il calcolo di  $P$  (pratiche di supporto) legato alle pressioni antropiche e alla presenza di pratiche antierosive all'interno del bacino, è molto più incerto. I risultati ottenuti (Fig. 10) mostrano un'elevata variabilità in relazione al metodo utilizzato; i valori ottenuti con il metodo Wener, ad esempio, sono stati esclusi perché spesso eccessivi ( $>> 1$ ), probabilmente a causa dell'algoritmo che utilizza una mappa di "Pendenza" in gradi invece che in percentuale.

Il confronto tra i valori ottenuti dal metodo RUSLE e i valori batimetrici, dimostra che l'uso di  $P$  calcolato con il metodo Bazzoffi e Vanino restituisce valori del tasso di erosione più vicini ai dati reali (Tab. 6). Inoltre, osservando la distribuzione delle aree con maggiore erosione, si evidenzia che esse sono concentrate all'interno di un buffer di circa 100 m rispetto ai tratti principali (Fig. 11). Ricalcolando in GIS i volumi erosi esclusivamente all'interno del suddetto buffer, si ottengono valori di 153.978,82 m<sup>3</sup> (calcolati con P-Corine), molto vicini a quelli stimati per il ventaglio minore; il volume in eccesso,

Fig. 7



invece, rappresenta la parte di sedimento che non raggiunge direttamente lo sbocco del bacino ma si ridistribuisce lungo i versanti a causa di dilavamenti e/o processi gravitazionali reali (frane, costituite per lo più da colamenti).

Questa ipotesi è stata confermata dai risultati delle analisi morfometriche; osservando i grafici si nota una chiara correlazione inversa tra l'"Indice di Denudazione" e l'area dei bacini, evidenziata anche da un significativo (anche se non elevato) coefficiente di determinazione  $R^2$  (circa 0,60, Fig. 8a). Una correlazione analoga può essere osservata tra la "Frequenza del flusso" e l'area del bacino, (coefficiente di determinazione  $R^2$  intorno a 0,63, Fig. 8b). Al contrario, l'andamento del "Rapporto di Rilievo" non è molto significativo se confrontato con l'area (coefficiente di determinazione  $R^2$  tra 0,5 e 0,14, Fig. 8c). Questi risultati confermano il ruolo predominante svolto dalle singole portate della rete idrografica (e in particolare la loro frequenza) nell'ampiezza

Fig. 6 Fattore P calcolato secondo differenti metodologie: **a)** Bazzoffi and Vanino (2005); **b)** Wener (Fu et al., 2005; Lufafa et al., 2003; Napoli et al., 2016; Terranova et al., 2009); **c)** Wischmeier and Smith (1978).

Fig. 7 Localizzazione dei principali serbatoi nel sud delle Marche: 1. Le Grazie; 2. Santa Maria; 3. Borgiano; 4. Polverina; 5. Fiastrone; 6. San Ruffino; 7. Villa Pera; 8. Colombara; 9. Talvacchia; 10. Scandarello.

Tab. 2 Relazione tra i Valori di P e la pendenza in percentuale.

Tab. 3 Relazione tra i Valori di P e il CORINE.

Tab. 4

Bilancio del Volume di acqua e sedimenti										
Fiastrone	Aquater, 1982	1955	1955-1985	30	75.00	0.86	0.17	987,000	32,900	0.44
Polverina	Aquater, 1982	1967	1967-1985	41	360.94	0.62	0.06	3,755,600	91,600	0.25
Borgiano	Aquater, 1982	1954	1954-1985	31	446.87	0.66	0.05	968,750	31,250	0.35
S. Maria	Aquater, 1982	1955	1955-1985	30	628.13	0.63	0.04	329,100	10,970	0.27
S. Ruffino	Aquater, 1982	1957	1957-1985	28	134.50	0.92	0.1	473,200	16,900	0.13
Villa Pera	Aquater, 1982	1955	1955-1985	30	85.94	1.01	0.1	552,000	18,400	0.21
Scandarello	Aquater, 1982	1924	1924-1985	61	43.75	1.46	0.05	1,342,000	22,000	0.50
Colombara	Aquater, 1982	1955	1955-1985	30	389.06	1.24	0.07	291,000	9,700	0.08
Talvacchia	Aquater, 1982	1962	1962-1985	23	156.25	1.12	0.1	1,341,590	58,330	0.37
Le Grazie (intero bacino)	Aquater, 1982	1963	1963-1985	22	637.50	0.65	0.05	574,200	26,100	0.04
Le Grazie (intero bacino)	Presente Studio	1963	1963-2006	43	637.50	0.65	0.05	730,529	16,989	0.03
Le Grazie (intero bacino)	Presente Studio	1963	2006-2015	9	637.50	0.65	0.05	123,205	13,689	0.02
Le Grazie (intero bacino)	Presente Studio	1963	1963-2015	52	637.50	0.65	0.05	853,735	16,418	0.03
Le Grazie (S. Rocco)	Presente Studio	1963	1963-2006	43	13.15	3.8	0.015	391,083	9,095	0.69
Le Grazie (S. Rocco)	Presente Studio	1963	2006-2015	9	13.15	3.8	0.015	73,993	8,221	0.63
Le Grazie (S. Rocco)	Presente Studio	1963	1963-2015	52	13.15	3.8	0.015	465,076	8,944	0.68

Tab. 5

Bilancio del Volume di acqua e sedimenti						
	1963		2006		2015	
Volume d'Acqua [m <sup>3</sup> ]	893,511.15		162,981.51		39,775.92	
Volume Riempimento [m <sup>3</sup> ]	-		730,529.64		853,735.23	
Tasso di Deposizione						
	1963-2015		1963-2006		2006-2015	
	m <sup>3</sup> /yr	mm/yr	m <sup>3</sup> /yr	mm/yr	m <sup>3</sup> /yr	mm/yr
Le Grazie (intera diga)	16,417.99	91.75	16,989.06	94.94	13,689.51	76.50

dei processi erosivi e non nell'area del bacino stesso. I tassi più elevati, come evidenziato anche nel calcolo della RUSLE, sono concentrati in uno stretto buffer attorno alle incisioni principali.

I valori del tasso di erosione calcolati nell'area di studio con il metodo RUSLE, sono stati infine confrontati con quelli ottenuti con la stessa metodologia e disponibili in letteratura per l'Italia, il Mediterraneo e l'Europa (Tab. 7). Pur confrontando bacini di dimensioni e contesti ambientali molto diversi tra loro, i valori ottenuti nel presente studio possono essere considerati significativi; in tutti i casi, le aree hanno una forte vocazione agricola (oltre il 60%) e/o un'alta percentuale di copertura forestale (> 20%). Tuttavia, anche se non esistono dati sulla morfometria di questi bacini idrografici, i valori appaiono comparabili, soprattutto tra quelli di dimensioni simili. Un'analisi più accurata che consideri questi aspetti fornirebbe certamente indicazioni utili in futuro per comprendere meglio le dinamiche dei processi erosivi e il ruolo svolto dai vari fattori che contribuiscono, spesso in modo contrastante, alla rimozione e al trasporto del suolo all'interno dei bacini idrografici.

## ► CONCLUSIONI

Una corretta valutazione del tasso di erosione del suolo sta diventando sempre più essenziale perché, come il caso di studio qui descritto, può influenzare fortemente la "vita media" dei serbatoi artificiali solitamente sfruttati per la produzione di acqua potabile e di energia elettrica. Il presente studio, in particolare, ha evidenziato come la combinazione di metodi diretti/indiretti sia fondamentale per la stima del tasso di erosione del suolo in un bacino idrografico.

Il confronto tra indagini batimetriche e RUSLE ha dimostrato la sottostima del primo metodo rispetto al secondo, come è stato riscontrato in altri studi. Tuttavia, testando diversi approcci nel calcolo della RUSLE e, in particolare, utilizzando il fattore **P** (che è particolarmente sensibile e in qualche modo soggettivo) calcolato partendo dal CORINE Land Cover 2018, abbiamo ottenuto valori più vicini alla realtà (e in linea con altre aree del Mediterraneo).

Inoltre, i dati sperimentali e l'elaborazione in GIS hanno dimostrato che l'erosione del suolo si concentra nei tratti principali dei bacini idrografici, confermando i risultati delle analisi morfometriche, che hanno mostrato una buona correlazione tra il numero totale dei segmenti fluviali e il tasso di denudazione.

Tab. 4 Tabella riassuntiva con i risultati dell'analisi morfometrica relativa ai serbatoi artificiali descritti nel testo (vedere Fig. 14 per la localizzazione).  
Tab. 5 Bilancio delle acque e dei sedimenti del serbatoio "Le Grazie" per i tre periodi considerati.

Fig. 8

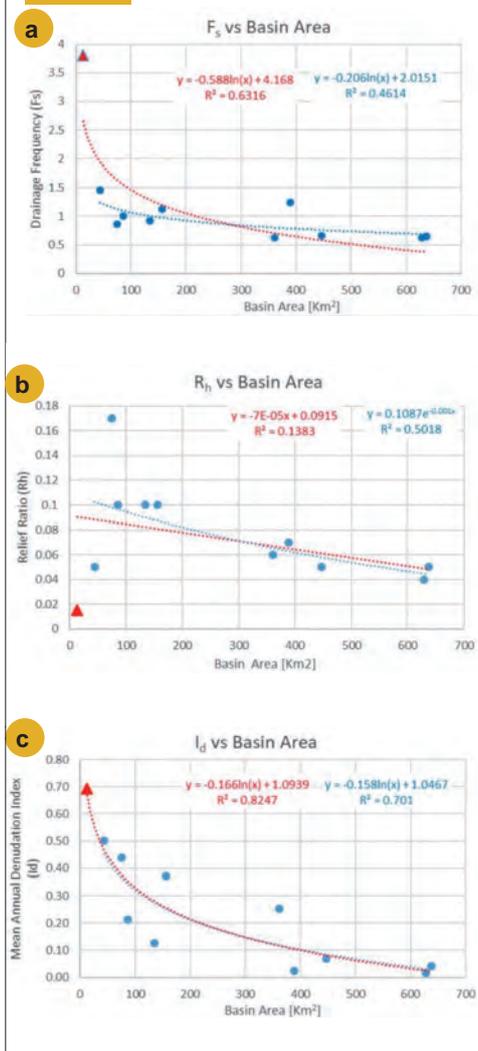


Fig. 9

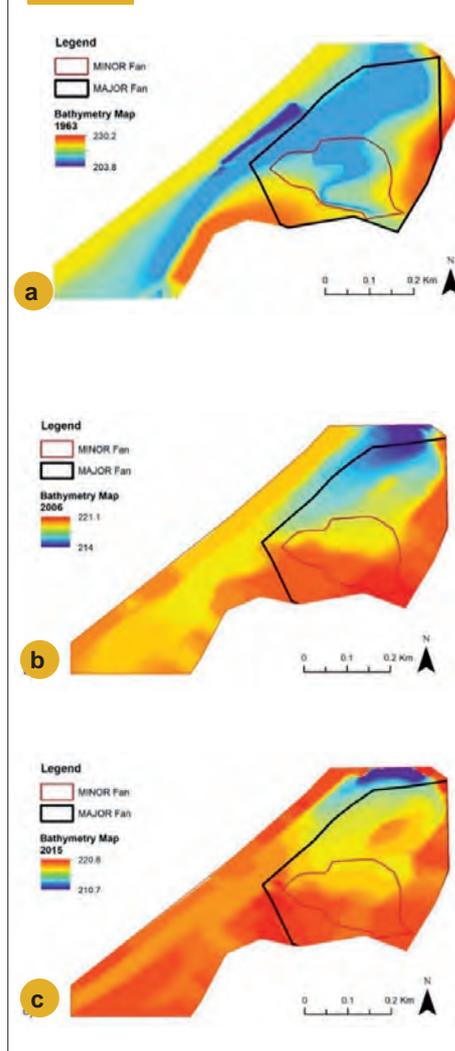


Fig. 10

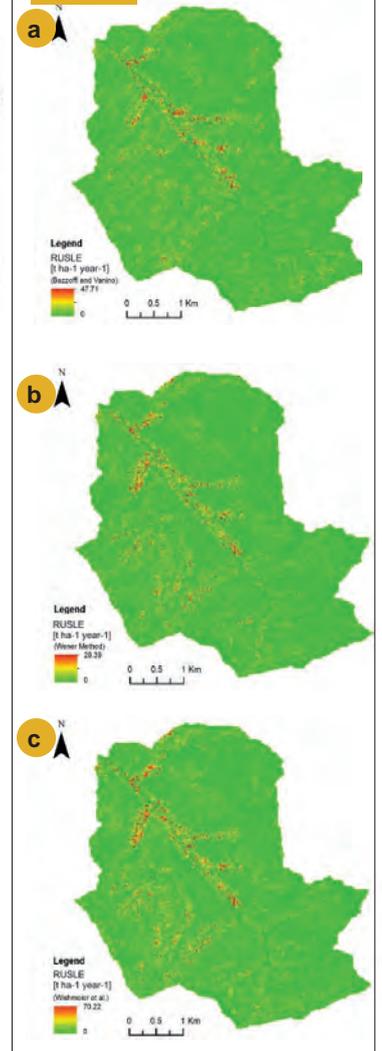
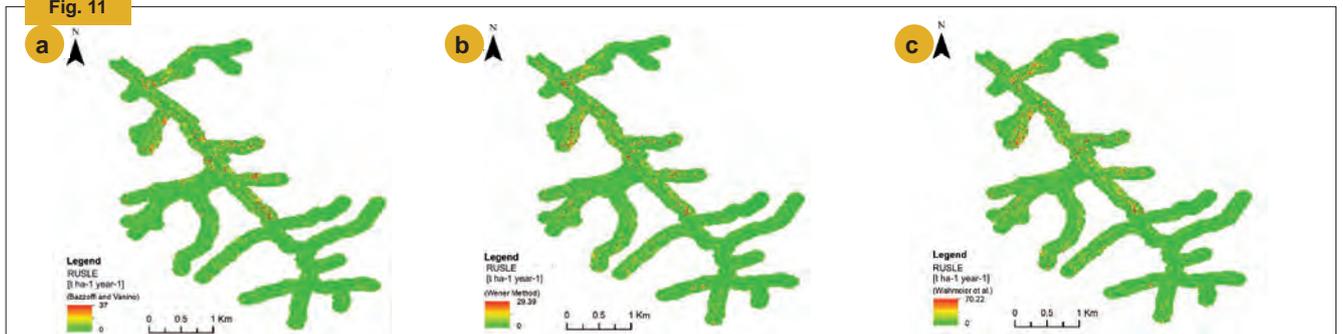


Fig. 11



Tab. 6

Tassi di Erosione del suolo per i differenti fattori P

Metodi per il calcolo del Fattore P	San Rocco (bacino intero)				San Rocco (buffer 100m)			
	t/ha/yr	m³/yr	mm/yr	1963-2015 (m³)	t/ha/yr	m³/yr	mm/yr	1963-2015 (m³)
M. "Corine"	6.48	6,463.8	0.49	336,116.97	10.43	2,961.1	0.79	153,978.82
M. "Wener"	4.87	4,852.7	0.37	252,337.67	9.44	2,678.4	0.71	139,275.79
M. "Wischmeier"	14.23	14,181.4	1.08	737,433.90	26.17	7,428.5	1.98	386,283.00

Fig. 8 Correlazione tra alcuni indici morfometrici e l'area contributiva dei bacini artificiali descritta in figura 14: **a)** Frequenza di Drenaggio (Fs) vs Area; **b)** Rapporto di Rilievo (Rh) vs Area; **c)** Indice di Denudazione Medio Annuo (Id) vs Area. Punti Blu (e la relativa linea di tendenza blu) si riferiscono solo agli altri serbatoi; mentre la linea di tendenza rossa include anche il bacino San Rocco (indicatedo con il triangolo rosso).

Fig. 9 Diversi tipi di contributo del bacino di San Rocco al riempimento dell'artificiale "Le Grazie" nel. **a)** 1963; **b)** 2006; **c)** 2015. La linea rossa indica un contributo "minore" dovuto al solo torrente San Rocco. La linea nera indica un contributo "maggiore".

Fig. 10 Tasso di erosione del suolo stimato da RUSLE e utilizzando i tre diversi fattori P descritti nel testo: **a)** Bazzoffi and Vanino (2005); **b)** Wener (Fu et al., 2005; Lufafa et al., 2003; Napoli et al., 2016; Terranova et al., 2009); **c)** Wischmeier and Smith (1978).

Fig. 11 Tasso di erosione del suolo stimato da RUSLE con la stessa procedura indicata in figura 10 ma riferito ad un Buffer di 100m: **a)** Bazzoffi e Vanino (2005); **b)** Wener (Fu et al., 2005; Lufafa et al., 2003; Napoli et al., 2016; Terranova et al., 2009); **c)** Wischmeier and Smith (1978).

Tab. 6 Tassi di erosione del suolo all'interno del bacino di San Rocco per diversi fattori P del RUSLE (intero bacino e buffer di 100m).

Tab. 7

Sito	Area [km <sup>2</sup> ]	Substrato roccioso	Uso del Suolo	Clima	Tasso di erosione annua [t ha <sup>-1</sup> year <sup>-1</sup> ]	Fonte
Europa	-	vario	agricolo	vario - continentale	6.33	(Cerdan et al., 2010)
Europa	-	vario	foresta	vario - continentale	0.84	(Cerdan et al., 2010)
Mediterraneo	-	vario	agricolo	Mediterraneo	0.003	(Cerdan et al., 2010)
Mediterraneo	-	vario	foresta	Mediterraneo	0.18	(Cerdan et al., 2010)
B. Turano (Italia)	466.7	vario	foresta(60%) agricolo (8%) prateria e pascolo (8%), vario (24%)	Mediterraneo	-11	(Borrelli et al., 2014)
B. Turano (Italia)	59.2	vario	agricolo	Mediterraneo	25.4	(Borrelli et al., 2014)
B. Turano (Italia)	288.7	vario	foresta	Mediterraneo	3.9	(Borrelli et al., 2014)
B. Tombolo (Italia)	30	Arenaria e argilla	vario	Mediterraneo-subumido	5.65	(Conforti et al., 2016)
B. Tombolo (Italia)	~13	Arenaria e argilla	agricolo	Mediterraneo-subumido	~38	(Conforti et al., 2016)
B. Tombolo (Italia)	~8	Arenaria e argilla	foresta	Mediterraneo-subumido	~1	(Conforti et al., 2016)
B. San Rocco (Italia)	~13	Arenaria e argilla	agricolo (62%) foresta e arbusti (38%)	Mediterraneo	6.48	Presente studio
B. San Rocco (Italia)	~11	Arenaria e argilla	agricolo	Mediterraneo	4.74	Presente studio
B. San Rocco (Italia)	~2	Arenaria e argilla	foresta e arbusti	Mediterraneo	15.33	Presente studio

► Aiello A., Adamo M. & Canora F. (2015). Remote sensing and GIS to assess soil erosion with RUSLE3D and USPED at river basin scale in southern Italy. *Catena*131: 174–185. DOI: 10.1016/j.catena.2015.04.003

► Alahiane N., Elmouden A., Aitthaj A. & Boutaleb S. (2016). Small dam reservoir siltation in the Atlas Mountains of Central Morocco : analysis of factors impacting sediment yield. *Environmental Earth Sciences*75: 1–11. DOI: 10.1007/s12665-016-5795-y

► Alighalehbabakhani F., Miller C.J., Selegean J.P., Barkach J., Sadatiyan Abkenar S.M., Dahl T. & Baskaran M. (2017). Estimates of sediment trapping rates for two reservoirs in the Lake Erie watershed: Past and present scenarios. *Journal of Hydrology*544: 147–155. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2016.11.032

► Amici M. & Spina R. (2002). Campo medio della precipitazione annuale e stagionale sulle Marche per il periodo 1950-2000. 103

► Bazzoffi P., Analysis A.E., Vanino S., Analysis A.E., Napoli R., Analysis A.E., Nino P., Analysis A.E. (2005). Loss of water storage capacity of reservoirs in Southern Italy: economic implications of sedimentation. *Proceedings of OECD Workshop on Agriculture and Water: Sustainability, Markets and Policies, Adelaide/Barmera, South Australia*. DOI: 10.13140/2.1.4264.0326

► Bazzoffi P. & Vanino S. (2010). L'interrimento degli Invasi a uso irriguo nelle Regioni Meridionali: Rilievi Diretti, Metodologie e Modellistica.

► Benkobi L., Trlica M.J. & Smith J.L. (1994). Evaluation of a refined surface cover subfactor for use in RUSLE. *Journal of Range Management*47: 74–78. DOI: 10.2307/4002845

► Biesemans J., Van Meirvenne M. & Gabriels D. (2000). Extending the RUSLE with the Monte Carlo error propagation technique to predict long-term average off-site sediment accumulation. *Journal of Soil and Water Conservation*55: 35–42

► Centamore E., Deiana G., Micarelli A. & Potetti M. (1986). *Il Trias-Paleogene delle Marche*. Studi Geologici Camerti, volume speciale "La Geologia delle Marche", 9–27

► Cerdà A., Esteban M., Borja L., Ubeda X., Martínez-murillo J.F. & Keesstra S. (2017). Forest Ecology and Management *Pinus halepensis* M. versus *Quercus ilex subsp. Rotundifolia* L. runoff and soil erosion at pedon scale under natural rainfall in Eastern Spain three decades after a forest fire. 400: 447–456. DOI: 10.1016/j.foreco.2017.06.038

► Cerdan O., Govers G., Le Bissonnais Y., Van Oost K., Poesen J., Saby N., Gobin A., Vacca A., Quinton J., Auerswald K., Klik A., Kwaad F.J.P.M., Raclot D., Ionita I., Rejman J., Rousseva S., Muxart T., Roxo M.J. & Dostal T. (2010). Rates and spatial variations of soil erosion in Europe: A study based on erosion plot data. *Geomorphology*122: 167–177. DOI: 10.1016/j.geomorph.2010.06.011

► Conforti M., Buttafuoco G., Rago V., Accelli P.P.C., Robustelli G., Scarciaglia F., Conforti M., Buttafuoco G., Rago V. & Accelli P.P.C. (2016). Soil loss assessment in the Turbolo catchment. 5647. DOI: 10.1080/17445647.2015.1077168

► FAO (2002). *Acqua per le colture-ogni goccia d'acqua conta*. Roma

► Fu B.J., Zhao W.W., Chen L.D., Zhang Q.J., Lü Y.H., Gulinck H. & Poesen J. (2005). Assessment of soil erosion at large watershed scale using RUSLE and GIS: A case study in the Loess Plateau of China. *Land Degradation and Development*16: 73–85. DOI: 10.1002/ldr.646

► Gentili B. & Pambianchi G. (1988). *Erosione e sedimentazione negli alti bacini fluviali delle Marche centro-meridionali*.pdf. Boll. Mus. St. Nat. Lunigiana, 35–40

► Gentili B., Pambianchi G., Aringoli D., Materazzi M. & Giacometti M. (2017). Pliocene-Pleistocene geomorphological evolution of the Adriatic side of Central Italy. *Geologica Carpathica*68: 6–18. DOI: 10.1515/geoca-2017-0001

► Horton R.E. (1932). *Drainage-basin characteristics*. Eos, Transactions American Geophysical Union13: 350–361. DOI: 10.1029/TR013i001p00350

► Issa I.E., Al-ansari N., Knutsson S. & Sherwany G. (2015). Monitoring and Evaluating the Sedimentation Process in Mosul Dam Reservoir Using Trap Efficiency Approaches. 190–202

► Keesstra S.D., Rodrigo-comino J., Novara A., Giménez-morera A. & Pulido M. (2019). Catena Straw mulch as a sustainable solution to decrease runoff and erosion in glyphosate-treated clementine plantations in Eastern Spain. An assessment using rainfall simulation experiments. *Catena*174: 95–103. DOI: 10.1016/j.catena.2018.11.007

► Kim H.S. (2006). SOIL EROSION MODELING USING RUSLE AND GIS. Submitted by. Thesis 120

► Kouli M., Soudios P. & Vallianatos F. (2008). Soil erosion prediction using the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) in a GIS framework. Chania, Northwestern Crete, Greece. *Environ. Geol.* DOI: 10.1007/s00254-008-1318-9

► Krasa J., Dostal T., Rompaey A., Van Vaska J. & Vrana K. (2005). Reservoirs siltation measurements and sediment transport assessment in the Czech Republic, the Vrchlice catchment study. 64: 348–362. DOI: 10.1016/j.catena.2005.08.015

► Kummu M., Lu X.X., Wang J.J. & Varis O. (2010). Geomorphology Basin-wide sediment trapping efficiency of emerging reservoirs along the Mekong. *Geomorphology*119: 181–197. DOI: 10.1016/j.geomorph.2010.03.018

► Kummu M., Taka M. & Guillaume J.H.A. (2018). Gridded global datasets for Gross Domestic Product and Human Development Index over 1990-2015. *Scientific Data*5: 1–15. DOI: 10.1038/sdata.2018.4

► Liu W., Wang L., Zhou J., Li Y., Sun F., Fu G., Li X. & Sang Y.F. (2016). A worldwide evaluation of basin-scale evapotranspiration estimates against the water balance method. *Journal of Hydrology*538: 82–95. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2016.04.006

► Lufafa A., Tenywa M.M., Isabirye M., Majaliwa M.J.G. & Woomer P.L. (2003). Prediction of soil erosion in a Lake Victoria basin catchment using a GIS-based Universal Soil Loss model. *Agricultural Systems*76: 883–894. DOI: 10.1016/S0308-521X(02)00012-4

► Lupia Palmieri E. (1983). *Il problema della valutazione dell'entità dell'erosione nei bacini fluviali*. Atti XXIII Congr. Geogr. It., Catania, 143–176

► Martínez Y.S.A., Santos G.F. & Yenes F.M. (2018). Influence of the sediment delivery ratio index on the analysis of silting and break risk in the Plasencia reservoir (Central System, Spain). *Natural Hazards*91: 1407–1421. DOI: 10.1007/s11069-018-3182-6

► Materazzi M., Gentili B., Aringoli D., Farabolini P. & Pambianchi G. (2010). Elements of slope and fluvial dynamics as evidence of late holocene climatic fluctuations in the central adriatic sector, Italy. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*33: 193–204

► McCool D.K., Wischmeier W.H. & Johnson L.C. (1982). Adapting the universal soil loss equation to the Pacific Northwest. *Transactions, American Society of Agricultural Engineers*25: 928–934

► Mekonnen M., Keesstra S.D., Baartman J.E., Ritsema C.J. & Melesse A.M. (2015). EVALUATING SEDIMENT STORAGE DAMS : STRUCTURAL OFF-SITE SEDIMENT TRAPPING MEASURES IN NORTHWEST ETHIOPIA. 41: 7–22. DOI: 10.18172/cig.2643

► Moges M.M., Abay D. & Engidayehu H. (2018). Investigating reservoir sedimentation and its implications to watershed sediment yield: The case of two small dams in data-scarce upper Blue Nile Basin, Ethiopia. *Lakes and Reservoirs: Research and Management* 23: 217–229. DOI: 10.1111/lre.12234

► Moore I.D. & Burch G.J. (1986). *Modelling Erosion and Deposition: Topographic Effects*. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers29: 1624–1630

► Moore I.D. & Wilson J.P. (1992). Length-slope factors for the revised universal soil loss equation: simplified method of estimation. *Journal of Soil & Water Conservation*47: 423–428

► Morgan R.P.C., Quinton J.N., Smith R.E., Govers G., Poesen J.W.A., Auerswald K., Chisci G., Torri D. & Styczen M.E. (1998). THE EUROPEAN SOIL EROSION MODEL (EUROSEM): A DYNAMIC APPROACH FOR PREDICTING SEDIMENT TRANSPORT FROM. *Earth Surface Processes and Landforms*23: 527–544

► Mulholland P.J. & Elwood J.W. (1982). The role of lake and reservoir sediments as sinks in the perturbed global carbon cycle. *Tellus*34: 490–499. DOI: 10.3402/tellusa.v34i5.10834

► Mulu A. & Dwarakish G.S. (2015). Different Approach for Using Trap Efficiency for Estimation of Reservoir Sedimentation. *An Overview. Aquatic Procedia*4: 847–852. DOI: 10.1016/j.aqpro.2015.02.106

► Napoli M., Cecchi S., Orlandini S., Mugnai G. & Zanchi C.A. (2016). Simulation of field-measured soil loss in Mediterranean hilly areas (Chianti, Italy) with RUSLE. *Catena*145: 246–256. DOI: 10.1016/j.catena.2016.06.018

► Pierantoni P., Deiana G. & Galdenzi S. (2013). Stratigraphic and structural features of the sibilini mountains (Umbria- Marche Apennines, Italy). *Italian Journal of Geosciences*132: 497–520. DOI: 10.3301/IJG.2013.08

► Ranzi R., Hung T. & Cristina M. (2012). A RUSLE approach to model suspended sediment load in the Lo river (Vietnam): Effects of reservoirs and land use changes. *Journal of Hydrology*422–423: 17–29. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2011.12.009

► Renard K.G., Foster G.R., Weesies D.K., McCool D.K. & Yoder D.C. (1997). *Predicting Soil Erosion*. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook, 384

► Rodrigo-Comino J. (2018). Five decades of soil erosion research in "terroir". *The State-of-the-Art. Earth-Science Reviews*179: 436–447. DOI: 10.1016/j.earscirev.2018.02.014

► Rousakis G., Panagiotopoulos I.P., Drakopoulou P. & Koutra M. (2018). Sustainability evaluation of Mornos Lake / Reservoir, Greece.

► Sadaoui M. & Ludwig W. (2018). Anthropogenic Reservoirs of Various Sizes Trap Most of the Sediment in the Mediterranean Maghreb Basin. *Water* 1–19. DOI: 10.3390/w10070927

► Schumm S.A. (1956). *Origin of the Chuska Sandstone, Arizona-New Tertiary Eolian siltation*. Geological Society of America Bulletin67: 597–646. DOI: 10.1130/0016-7606(1956)67

► Slimane A. Ben, Raclot D., Evrard O., Sanaa M., Lefevre I. & Bissonnais Y. Le. (2016). RELATIVE CONTRIBUTION OF RILL / INTERRILL AND GULLY / CHANNEL EROSION TO SMALL RESERVOIR SILTATION IN MEDITERRANEAN ENVIRONMENTS. 797: 785–797

► Terranova O., Antronico L., Coscarelli R. & Iaquina P. (2009). Soil erosion risk scenarios in the Mediterranean environment using RUSLE and GIS: An application model for Calabria (southern Italy). *Geomorphology*112: 228–245. DOI: 10.1016/j.geomorph.2009.06.009

► Valero-Garces B.L., Navas A., Machin J. & Walling D. (1999). Sediment sources and siltation in mountain reservoirs: a case study from the Central Spanish Pyrenees.

► Wischmeier W.H. & Smith D.D. (1978). *PREDICTING RAINFALL EROSION LOSSES-A guide to conservation planning*. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook No.537, 69

► Yang X. & Lu X.X. (2014). Geomorphology Estimate of cumulative sediment trapping by multiple reservoirs in large river basins: An example of the Yangtze River basin. DOI: 10.1016/j.geomorph.2014.01.014

Tab. 7 Confronto dei tassi di erosione (media ponderata) per i diversi usi del suolo e per i diversi siti di studio (area mediterranea, paesi europei e il presente studio).



# CONCORSO FOTOGRAFICO



Durante la ripartenza post-lockdown, l'**Ordine dei Geologi delle Marche** ha organizzato un **concorso fotografico** con l'intento di aggiungere un tocco di geologia nelle escursioni che tutti noi avevamo in programma di effettuare, guidati dalla voglia di uscire di casa e ripartire.

L'**immagine** che è risultata **vincitrice** si intitola "**Il Conero visto da Cingoli**", scattata dalla collega **Dott.ssa Elena Sorci**.

Lo scatto ha colpito la giuria perché gli orizzonti e le sfumature immortalate nel paesaggio descrivono una profonda affinità visiva con le scienze geologiche, richiamando le stratificazioni ed alcune colorazioni tipiche delle successioni sedimentarie ammirabili nella nostra stupenda regione.

Si è pertanto deciso di **premiare** l'immagine conferendole la **dovuta visibilità** all'interno della rivista, un **inserto estraibile** per chi volesse appenderlo in ufficio, o comunque conservarlo.

Complimentandoci per lo spirito di osservazione dimostrato, ringraziamo la collega per aver condiviso la sua passione fotografica con tutti i geologi.







GEOLOGIMARCHE.IT

# La sicurezza di grandi performance su ogni terreno.

G E O



Solidità, affidabilità, sicurezza e tutela dell'ambiente sono racchiuse in un design flessibile che rende queste perforatrici in grado di eseguire molteplici indagini e prove, garantendo la massima precisione con un'elevata semplicità di utilizzo. La nostra idea di innovazione scende in profondità per garantirti le migliori prestazioni.

Guarda il video:  
**Deep Innovators**  
at work.



**COMACCHIO**

DRILLING HI-TECH

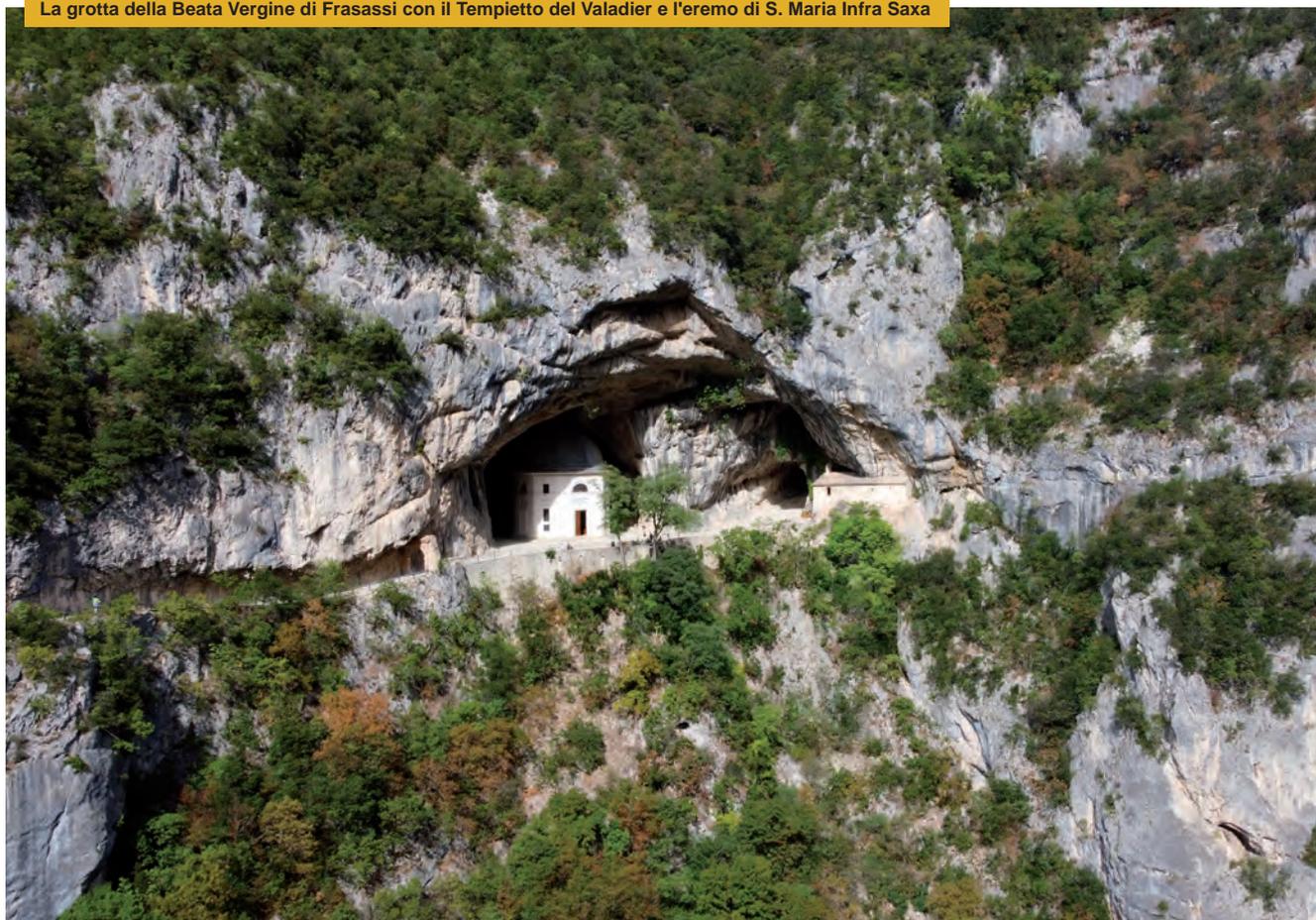
# A FRASASSI SI RESPIRA... GEOLOGIA!

a cura di **FABRIZIO BENDIA**

**N**ell'ultimo periodo, attraversando la gola di Frasassi, non ci si accorge soltanto del classico odore di uovo sodo dovuto alle risorgenze di acque sulfuree ma, da qualche tempo, si respira ancor di più... geologia! Con alcuni mesi di ritardo dovuti al perdurare della situazione pandemica, nell'ottobre 2020, la Sezione di Geologia

dell'Università di Camerino, il Consorzio Grotte di Frasassi ed il Comune di Genga hanno sottoscritto una convenzione fortemente voluta nonché promossa dall'Ordine dei Geologi delle Marche. Le Amministrazioni coinvolte hanno da subito individuato un valore aggiunto nella proposta avanzata dalla "compagine geologica".

La grotta della Beata Vergine di Frasassi con il Tempietto del Valadier e l'eremo di S. Maria Infra Saxa

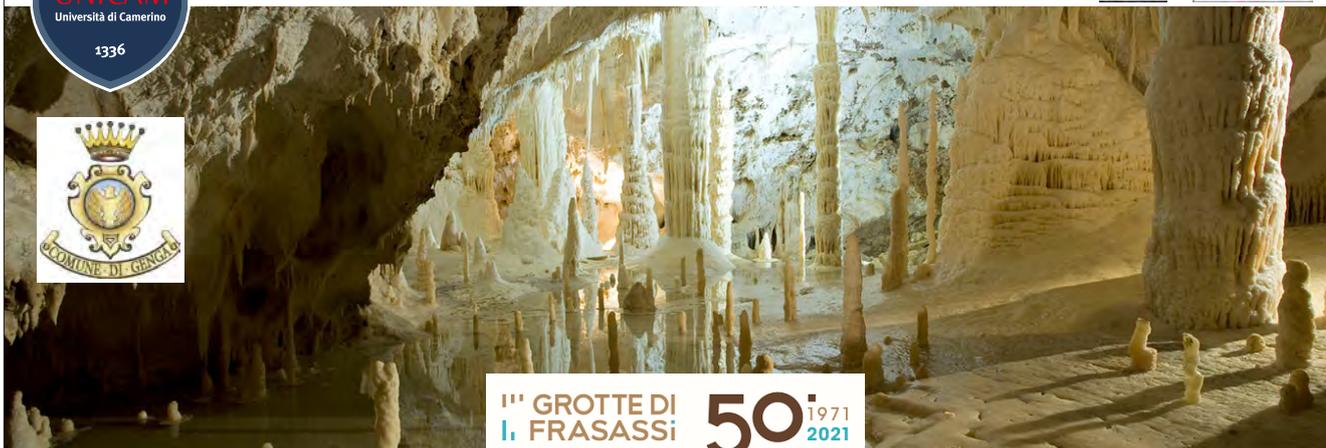




Tramite questo accordo sono state gettate le basi per impostare una serie di iniziative congiunte volte a far prendere consapevolezza dell'enorme importanza che il patrimonio geologico riveste nell'area della gola di Frasassi e, più in generale, del Parco Naturale Regionale della Gola della Rossa e di Frasassi. È vero, il patrimonio ipogeo ed epigeo conservato nelle irte pareti di Calcare Massiccio da solo basterebbe a costituire un museo a cielo aperto, un vero e proprio geoparco, tanti i geositi ammirabili. Ma, come il geologo ben sa, la singola pepita d'oro brilla molto, ma estendendo lo sguardo a tutto l'intorno se ne possono trovare molte altre, magari più piccole e più frequenti. È proprio questo che avviene in questo territorio: il fiore all'occhiello della Grotta Grande del Vento, contornato da tantissimi altri

innumerevoli siti di interesse geologico diffusi sia in grotta che in tutta l'area esterna. La stessa gola della Rossa è infatti ricca di peculiarità geologiche e geomorfologiche, grazie ai vari sistemi giurassici dell'area di Monte Murano, Monte Revellone, Monte Scoccioni, che vantano evidenti paleoscarpate molto didattiche, i vari lineamenti tettonici con slickensides molto ben visibili, gli importanti siti paleontologici, le paleofrane, la presenza di molteplici strutture sedimentarie e tanto altro ancora.

L'accordo sottoscritto si sta dimostrando un esempio virtuoso di collaborazione fra enti, una sinergia senza precedenti, che sta contribuendo fattivamente ad approfondire le conoscenze nell'area, promuovendole a beneficio di cittadini, scolaresche, studenti universitari e turisti. A tal fine, in stretta



1<sup>ra</sup> GROTTA DI FRASASSI 50<sup>o</sup> 1971 2021

## LE GROTTA DI FRASASSI: 50 anni dalla scoperta di un patrimonio naturale e scientifico nel cuore delle Marche

Genga sabato 25 settembre 2021

Sala Consiliare, Museo Arte Storia e Territorio del Comune di Genga e trasmissione in modalità streaming

Posti limitati su prenotazione; si ricorda che per partecipare in presenza è necessario il Green Pass (D.L. 105 del 23 Luglio 2021).  
Le prenotazioni dovranno pervenire tramite mail a [segreteria@comune.genga.an.it](mailto:segreteria@comune.genga.an.it) indicando nome, cognome e numero di telefono  
aula virtuale: [unicam.webex.com/meet/geologia.orienta](http://unicam.webex.com/meet/geologia.orienta)

collaborazione con l'Ordine dei Geologi delle Marche, sono state organizzate e promosse diverse giornate di divulgazione, al fine di valorizzare e condividere l'immenso patrimonio geologico e paesaggistico presente nel territorio. Lo scorso 25 settembre, nella stupenda cornice del castello di Genga letteralmente incastonato su Scaglia Rossa, è stato organizzato il convegno per il 50esimo anno dalla scoperta della Grotta Grande del Vento, all'interno del comprensorio ipogeo di Frasassi. Sono state numerose le autorità presenti che hanno portato i saluti istituzionali e moltissimi sono stati gli interventi scientifico-divulgativi. Impossibile citarli uno ad uno, ma grazie ai loro contributi i presenti hanno potuto conoscere e comprendere le esperienze e le ricerche vissute e condotte da coloro che per primi si calarono all'interno della grotta e dai vari docenti, speleologi e geologi che hanno lavorato nell'area. L'iniziativa ha visto la partecipazione di circa ottanta interessati in presenza e l'evento è stato seguito da remoto da altre trecento persone in streaming (con tanto di crediti APC per i professionisti iscritti).

Dal sito istituzionale dell'Ordine dei Geologi delle Marche ([www.geologimarche.it/convegno-50-anni-grotte-di-frasassi-registrazione-evento-e-slides](http://www.geologimarche.it/convegno-50-anni-grotte-di-frasassi-registrazione-evento-e-slides)) è possibile prendere visione della registrazione del convegno e scaricare slides e video illustrati dai relatori.

Nel tardo pomeriggio, organizzatori e relatori del convegno sono stati invitati alla cerimonia istituzionale all'interno della Grotta Grande del Vento, in cui è stato possibile rivivere il momento della scoperta ammirando gli speleologi calarsi dal "balconcino del brivido". Questo era il punto esatto da cui essi si calarono per la prima volta nella storia 50 anni prima, posto a circa 130 metri d'altezza a picco lungo la volta principale della grotta più grande d'Europa. La discesa è stata accompagnata da un concerto dal vivo dei cantanti de "Il Volo" che hanno ripreso le entusiasmanti note del Maestro Ennio Morricone.

ore 9:30 saluti delle autorità

- Marco Filippini**, Sindaco Comune di Genga  
**Claudio Pettinari**, Magnifico Rettore dell'Università di Camerino  
**Emanuele Tondi**, Responsabile Convenzione tra Unicam, il Comune di Genga e il Consorzio Frasassi  
**Lorenzo Burzacca**, Vicepresidente Consorzio Frasassi  
**Patrizia Terzoni**, Vicepresidente della Commissione Ambiente Territorio e Lavori Pubblici  
**Chiara Biondi**, Consiglio Regione Marche  
**Ugo Pesciarelli**, Presidente Parco Naturale Regionale della Gola della Rossa e di Frasassi  
**Diego Voltolini**, Funzionario archeologo Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio Marche  
**Maurizio Mainiero**, Federazione Speleologica Marchigiana  
**Daniele Mercuri**, Consiglio Nazionale Geologi
- ore 10:10 contributi scientifici-divulgativi  
**Maurizio Bolognini**, Gruppo Speleologico Marchigiano  
*Il racconto della scoperta: da quel sasso lanciato*  
**Pietro Paolo Pierantoni- Maria Chiara Invernizzi**, Docenti UNICAM  
*La geologia dell'area del Parco Naturale Regionale della Gola della Rossa e di Frasassi*  
**Sandro Galdenzi**, Geologo e speleologo  
*Acque sulfuree e grotte: l'origine del sistema carsico di Frasassi*  
**Mauro Coltorti**, Presidente Commissione Lavori Pubblici, Infrastrutture e Trasporti del Senato  
*Geomorfologia e Evoluzione Quaternaria della Gola di Frasassi e delle sue grotte*
- ore 11:30 pausa caffè

- Roberto Bambini**, Catasto Speleologico delle Marche  
*Archiviare gli archivi del tempo: esplorazione e documentazione del fenomeno carsico a Frasassi*  
**Alessandro Montanari**, Osservatorio Geologico Coldigioco  
*La vita nelle grotte: Le ricerche speleobiologiche a Frasassi*  
**Marco Peter Ferretti**, Docente UNICAM  
*Ritrovamenti di fossili nelle grotte di Frasassi: un esempio virtuoso di collaborazione tra enti e discipline scientifiche*
- 12:50 Sessione Q&A: discussione aperta al pubblico  
ore 13:10 - 14:30 pausa pranzo  
**Gaia Pignocchi**, Archeologa  
*L'uomo a Frasassi. Grotte e archeologia: nuove ricerche*  
**Piero Farabollini- Fabrizio Bendia**, Docente UNICAM e Ordine Geologi Marche  
*I geositi dell'area di Frasassi e il potenziale geoturistico*  
**Francesca Testella**, Docente UNICAM  
*Strumenti normativi di tutela e valorizzazione del patrimonio geologico e paleontologico in Italia: situazione attuale e prospettive di riforma*  
**Emanuele Tondi**, Docente UNICAM e responsabile Convenzione  
*Riassunto e chiusura: auspici per un futuro di proficua ricerca scientifica a Frasassi*
- ore 16:00 chiusura convegno  
In fase di accreditamento per n.4 crediti APC per geologi



Con il patrocinio di:



9<sup>a</sup> edizione 3-10 ottobre 2021  
**SETTIMANA del  
PIANETA TERRA**  
IL NOSTRO FUTURO

[www.settimanaterra.org](http://www.settimanaterra.org)



**Genga (AN)**

Grotte di Frasassi, Strada Comunale Frasassi -  
Ingresso Grotte di Frasassi,

**Domenica 3 ottobre 2021**

ore 10.00, 11.30, 14.30, 16.00, 18.00

## In grotta con il geologo

Concrezioni affascinanti e rarissimi speleotemi, opere d'arte naturali uniche. Strati rocciosi ricchi di testimonianze fossili, una faglia del periodo Giurassico vista direttamente dal cuore della montagna! Acquiferi sulfurei, inghiottitoi, depositi di gesso e altre morfologie carsiche. Sono alcune delle peculiarità geologiche che osserverete all'interno del palcoscenico naturale delle Grotte di Frasassi con l'iniziativa "In Grotta con il Geologo".

Il geologo riesce a leggere, interpretare e comprendere i processi che si sono verificati e che avvengono attualmente sul nostro Pianeta. Racconteremo agli appassionati le pagine della storia del paesaggio impresse nelle rocce a partire da 200 milioni di anni fa.

Prenotazione gratuita al momento dell'acquisto del biglietto (costi del biglietto al link [https://www.frasassi.com/Orari\\_Costi.aspx?L=IT](https://www.frasassi.com/Orari_Costi.aspx?L=IT)).

Orari: ore 10, 11.30, 14.30, 16, 18. Presentarsi almeno 30 min. prima alla Biglietteria.

CONTATTI: M. Chiara Invernizzi  
0737 402621 - [geologia@unicam.it](mailto:geologia@unicam.it)

INFO: [www.settimanaterra.org/node/4366](http://www.settimanaterra.org/node/4366)

## visita guidata

Tema dell'evento **geologia  
idrogeologia  
geologia dell'ambiente  
rocce minerali  
fossili  
geomorfologia  
patrimonio geologico**

Idoneo per **tutti**

Organizzatori e sponsor del Geoevento

**Università di Camerino - Sezione  
GEOLOGIA**

**Consorzio Frasassi**

**Comune di Genga**

**Ordine Regionale dei Geologi-Marche**

*Una società  
più informata  
è una società  
più coinvolta*

CESARE BOCCI,  
attore e dottore in  
scienze geologiche



GEOEVENTI IN TUTTA ITALIA  
**le Geoscienze vanno in scena**

SPONSOR



CASTROCARO  
1938 LE TERME D'ITALIA



LA NEF



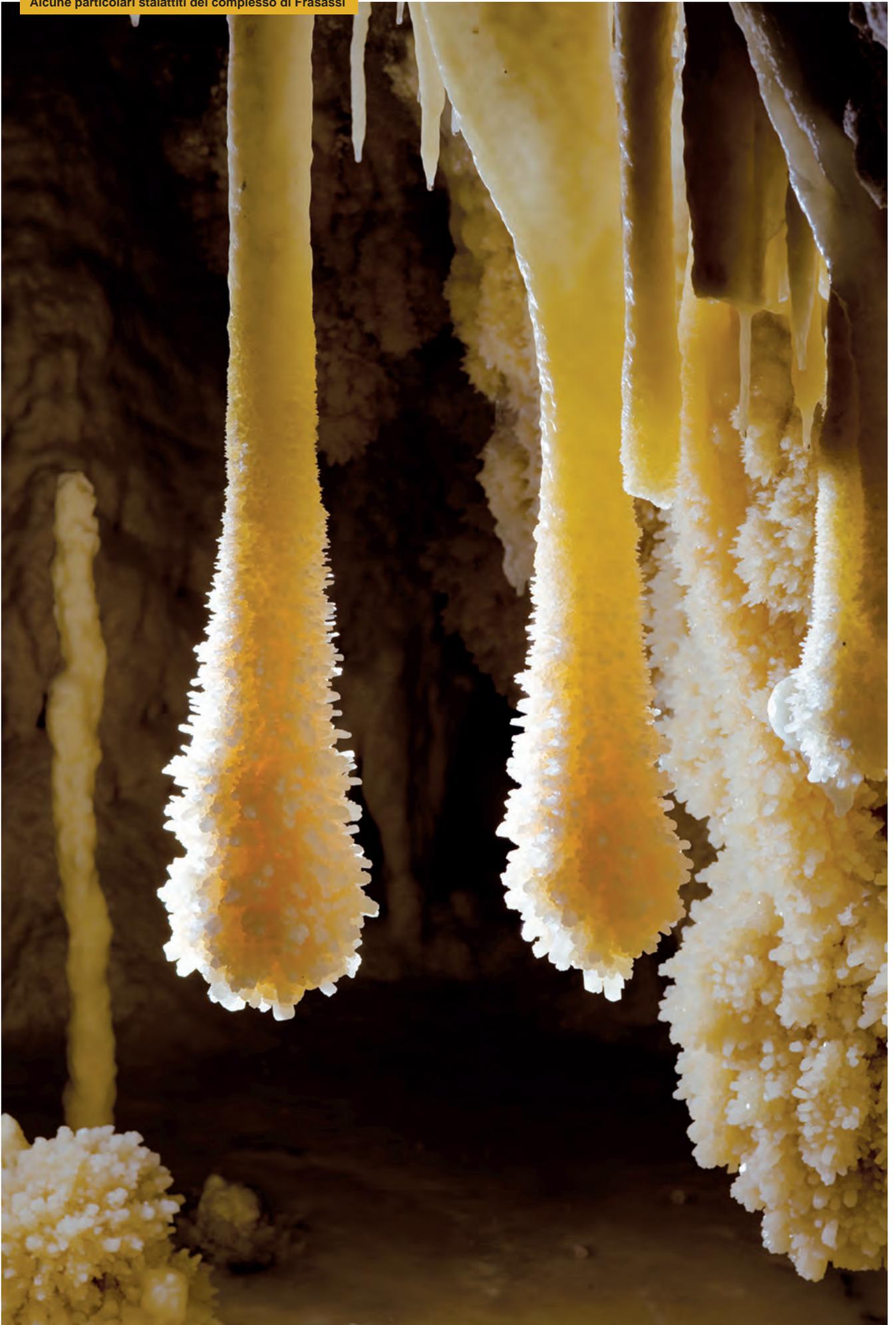
Nel weekend successivo, il 3 ottobre, è stata organizzata l'iniziativa "In grotta con il Geologo", nell'ambito della "Settimana del Pianeta Terra", in cui è stato predisposto un tour prettamente geologico, alternativo a quello turistico, all'interno delle grotte di Frasassi. I ricercatori dell'Università di Camerino, appositamente formati, hanno illustrato al turista elementi non visibili durante la visita standard, quali stalattiti eccentriche, strutture a tepee, livelli fossiliferi, faglie, acquiferi sulfurei, ecc. Anche questa iniziativa ha riscosso un importante successo, con circa 300 turisti che hanno scelto di acquistare il biglietto per la visita geologica, a testimonianza del grande interesse per la geodiversità.

Le iniziative proseguiranno, già sono in fase di pianificazione interessanti progetti che approfondiranno le ricerche scientifiche nell'area e che vedranno coinvolto l'Ordine dei

Geologi delle Marche in prima linea. L'auspicio è che l'area di Frasassi possa diventare nel tempo un hub per la ricerca, lo studio e la divulgazione dei fenomeni geologici, un laboratorio naturale che possa rappresentare una vetrina per la geologia senza precedenti nel nostro territorio regionale, grazie ai quasi 300.000 visitatori che giungono qui ogni anno.

Siamo certi che queste attività di sensibilizzazione possano far avvicinare le istituzioni, i cittadini ed i turisti al mondo delle scienze della Terra innescando, tramite la condivisione delle conoscenze, sentimenti di apprezzamento, voglia di conservazione e promozione. Al contempo ci auguriamo di contribuire a sensibilizzare riguardo l'importanza della figura del geologo sia da un punto di vista della salvaguardia delle risorse ereditate dalla geologia, che dalla prevenzione dei rischi ad essa associati.

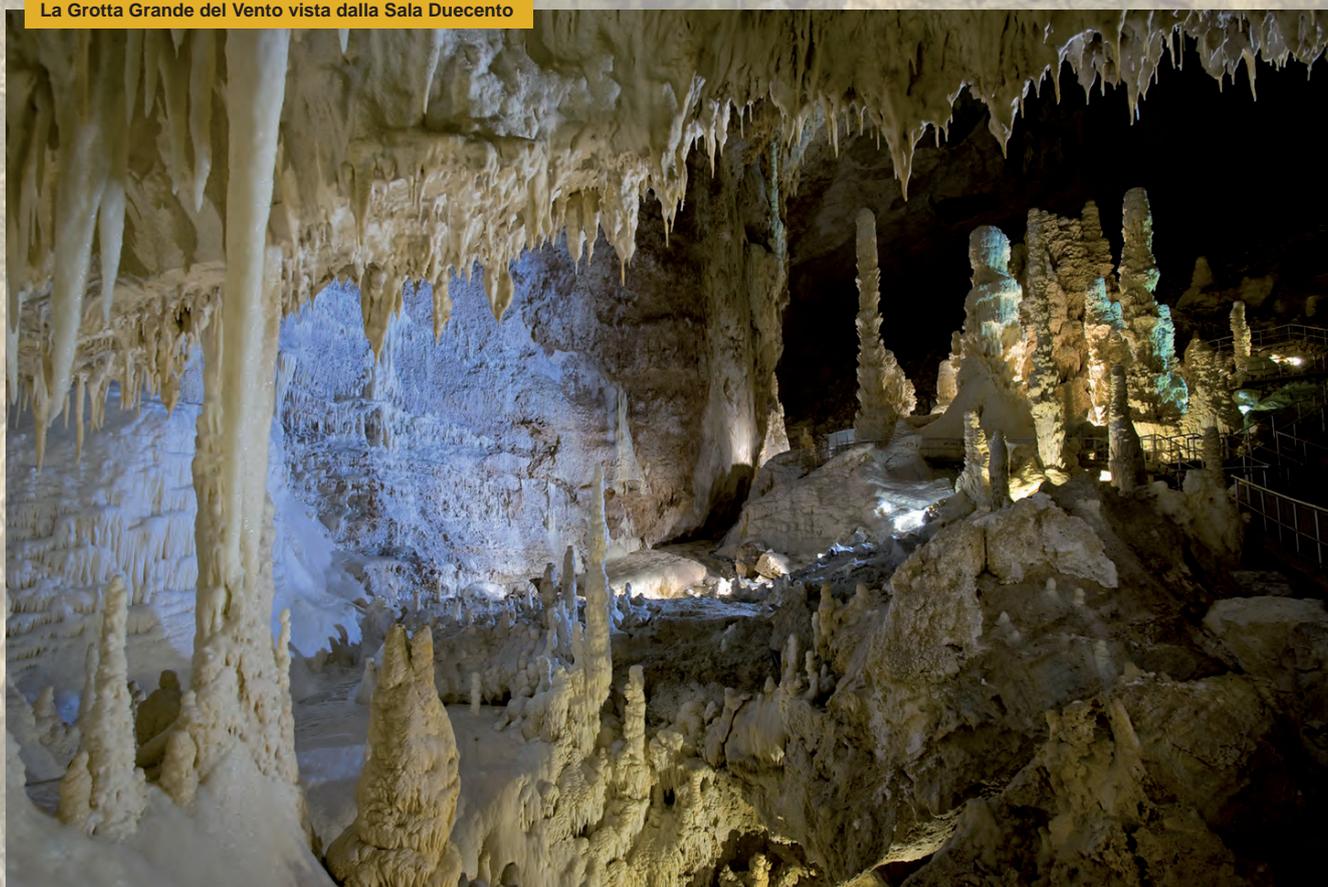
Alcune particolari stalattiti del complesso di Frasassi

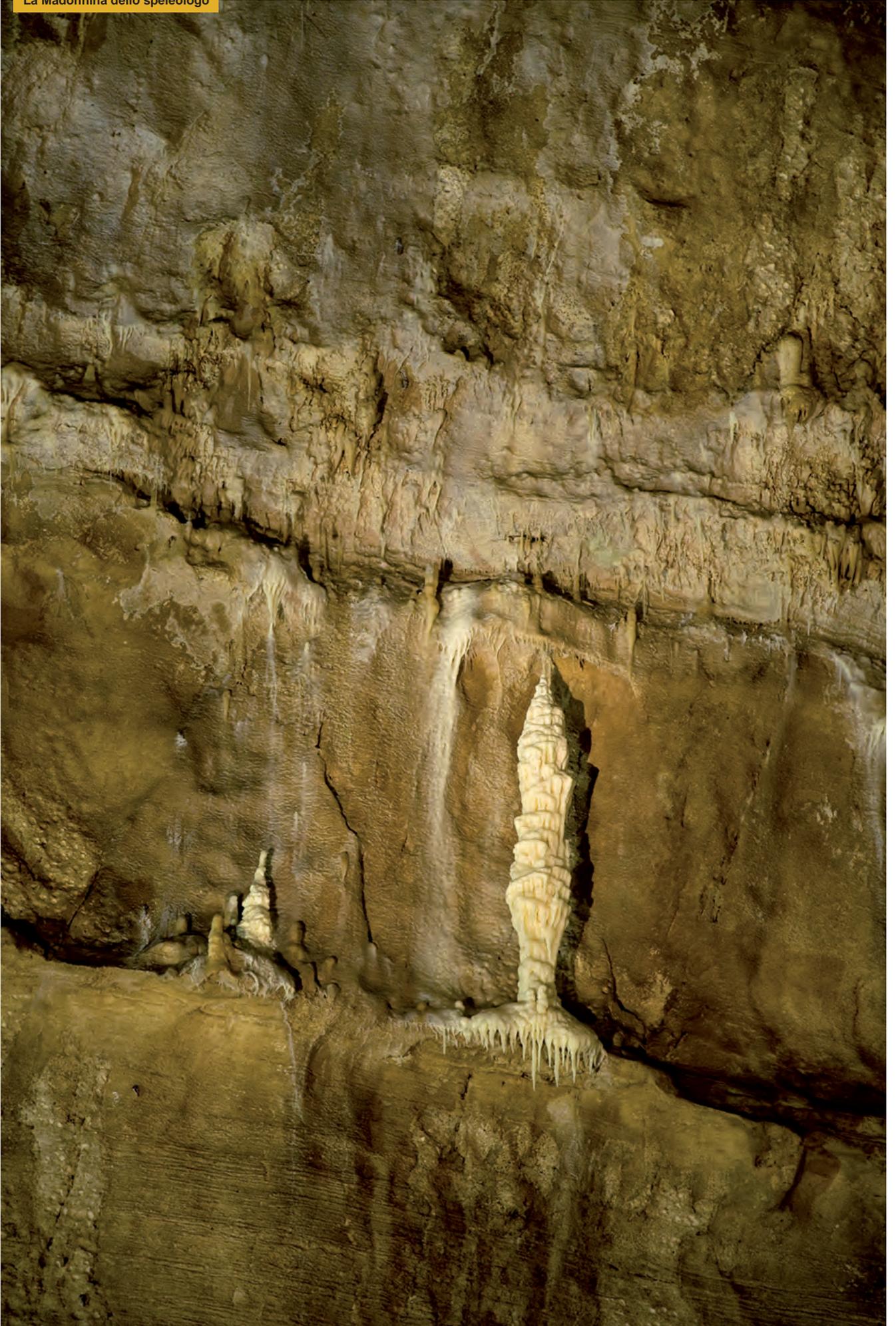


Le stalagmiti dei Giganti della Grotta Grande del Vento

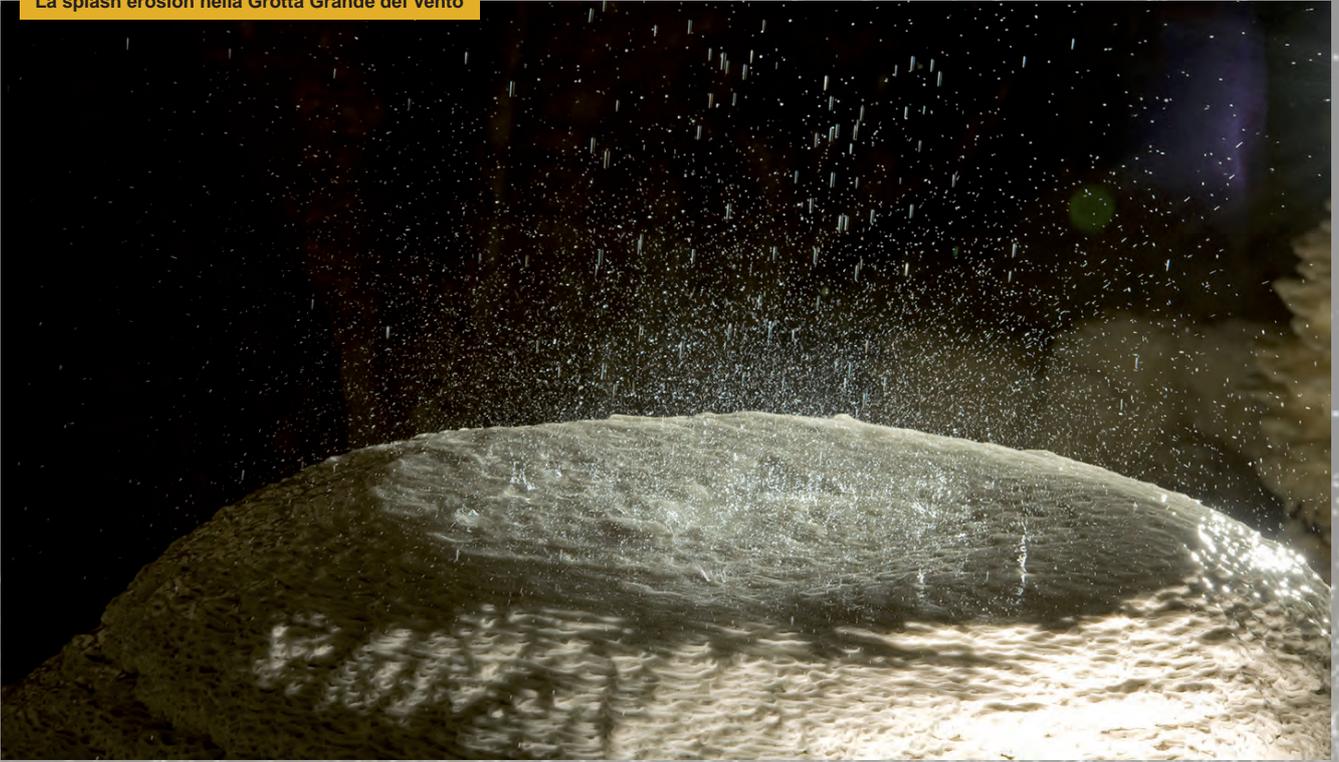


La Grotta Grande del Vento vista dalla Sala Duecento





La splash erosion nella Grotta Grande del Vento



Dettaglio cristalli calcite





Capelli d'angelo, stalattiti in fase embrionale



È infine nostro sentito dovere ringraziare tutti i soggetti che hanno partecipato alla nascita di questa importante sinergia. L'Università di Camerino nella figura del responsabile della Convenzione prof. Emanuele Tondi, del Magnifico Rettore prof. Claudio Pettinari e di tutti i docenti e ricercatori che con le loro competenze hanno dato il loro contributo per la riuscita delle iniziative, quali Stefano Mazzoli, Marco Peter Ferretti, Maria Chiara Invernizzi, Pietro Paolo Pierantoni, Sandro Galdenzi, Danica Jablonska, Piero Farabollini e Marco Materazzi. Per il Comune di Genga il Sindaco avv. Marco Filippini ed il vicesindaco dott. David Bruffa e per il Consorzio il vicepresidente ing. Lorenzo Burzacca e Maurizio Tosoroni, che da subito hanno compreso ed apprezzato il valore aggiunto che la geologia è in grado di apportare in un contesto come quello di Frasassi.

Un doveroso ringraziamento è rivolto a tutti coloro che sono intervenuti durante il convegno, sia con interventi istituzionali (on. Patrizia Terzoni, avv. Chiara Biondi, ing. Ugo Pesciarelli, arch. Diego Voltolini, geol. Maurizio Mainiero, geol. Daniele Mercuri), che con relazioni scientifiche (sen. Mauro Coltorti,

ing. Roberto Bambini, geol. Alessandro Montanari, arch. Gaia Pignocchi, prof. Francesca Testella), che con i racconti degli speleologi che per primi scoprirono la Grotta Grande del Vento (Maurizio Bolognini, geol. Giuseppe Gambelli). Infine, l'ultimo grazie speciale va alle giovani guide dell'iniziativa "in grotta con il geologo", le dottoresse Veronica Gironelli e Michela Pierini ed i dott. Matteo Basilici e Giorgio Valentini, che con grande preparazione e dedizione hanno accompagnato i gruppi lungo il percorso turistico illustrando la storia geologica del complesso ipogeo.

**Tutte le immagini presenti nell'articolo sono state gentilmente concesse per la promozione dell'evento sulla testata dal Consorzio Frasassi, proprietario del Copyright. La concessione e l'utilizzo delle stesse è limitato alle finalità redazionali e divulgative del presente articolo - La Redazione**

# DUBBI CERTI

## Recensioni semiserie e ironiche con intermezzi di amenità varie...

a cura di **FABIO LATTANZI**

### ► PALEONTOLOGIA E LIBERO MERCATO...

Nel libro “Quando i cavalli avevano le dita” al paragrafo 24 intitolato “La diminuzione delle dimensioni filetiche nella barre al cioccolato Hershey”, l'immenso **Stephen Jay Gould** evidenzia un parallelismo “inverso” tra quello che dice la “regola di Cope” riguardo all'aumento della taglia corporea delle specie...cioè che esse crescono in maniera abbastanza costante all'interno delle linee evolutive (sebbene con qualche eccezione) e quello che è avvenuto nel mercato di uno snack dolce (la barretta al cioccolato *Hershey*)...

Semplificando... S.J. Gould osservò (essendo un grosso consumatore di questa marca di barrette) che dalla loro comparsa sul mercato, esse avevano un determinato peso e dopo un ventennio il peso era costantemente diminuito sino in qualche caso a far ritirare dal qualche mercato il prodotto stesso...inoltre, osserva che tale trend è avvenuto anche per tutte le altre marche di barrette al cioccolato simili alla sua preferita...il bello del saggio è che è corredato di grafici (tempo-peso barretta) che confuta in maniera scientifica questa sua “osservazione” che va dagli anni '60 al 1979...

Però a cavallo del 1979 e 1980 come lo stesso Gould osserva (mentre stava scrivendo il libro ed infatti nel saggio fa un poscritto) improvvisamente questo trend della diminuzione del peso si arresta, questo stop è dovuto all'introduzione di un nuovo prodotto da parte di una ditta concorrente, la quale mette in vendita una barretta al cioccolato di un peso superiore a tutte le altre ma allo stesso prezzo delle altre più piccole...ciò rivoluziona il mercato in quanto tutte le produzioni di barrette al cioccolato vengono riviste sia nel peso che nel prezzo, a questo punto non si sa (ovvero Gould non sa che direzione prenderà il mercato...come lui stesso ammette) però da fine studioso a conclusione del poscritto prevede che dopo questo “evento catastrofico” (come il meteorite del Cretacico) l'intero sistema subirà una “ristrutturazione” e poi riprenderà la precedente direzione verso un'eluttabile diminuzione di peso di tutte le barrette al cioccolato.

Gould aveva/ha ragione e osserva:

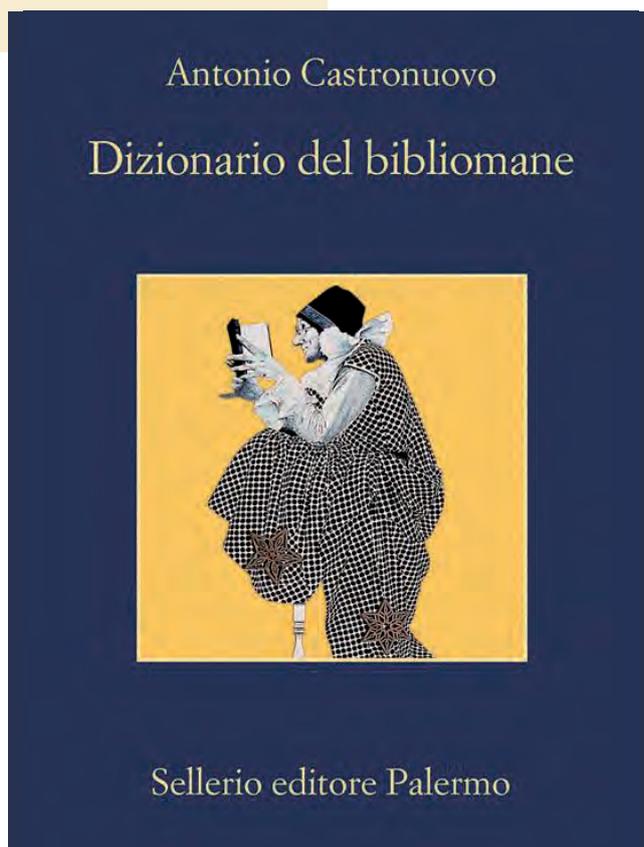
**“ciò che è raro in natura può essere comunissimo nella cultura, e la diminuzione delle dimensioni filetiche è molto diffusa nei prodotti della manifattura umana”.**

Ora riflettete...e pensate a quello che è avvenuto negli ultimi 15 anni...ad esempio nel campo dell'abbigliamento...è eclatante...la diminuzione costante e continua della stoffa per fare gli abiti...

Una volta una giacca taglia 58/60 o la corrispondente 2XL poteva essere indossata da tutte le persone di corporatura robusta...provate ora, per chi ha una stazza sul quintale ad infilarvi una giacca di tale taglia...neanche le maniche vi entreranno...si perchè ora siamo entrati nell'epoca dello “slim”...tutti gli abiti sono slim...“sottili”...persino delle scarpe fanno modelli slim...Si...si sono ingegnati bene...prima gli stilisti e poi d'accordo con loro, le aziende...i primi hanno fatto il lavaggio dei cervelli con gli abiti alla moda (se è di moda tutti lo vogliono, soprattutto i giovani...ma non solo)...camicie, giacche, pantaloni tutto striminzito scarpe comprese... appunto la moda “slim”...poi con loro (in quanto producono per loro...per gli stilisti) le aziende manifatturiere e alla fine le stesse aziende che producono per la grande distribuzione hanno fiutato l'affare e si sono adeguate.

Prendete ora una T-shirt o una Polo Piquet, confrontate la taglia Small con una 2XL...ci saranno pochi cm di differenza... quando nei tempi passati una era il doppio dell'altra...o più. Pensano di averci ingannati...omologati, normalizzati...ma non sanno che prima o poi un evento catastrofico si scatenerà sul loro mercato...e TUTTO CAMBIERÀ... parola di S.J.Gould.

# RECENSIONI



## ► INTELLIGENZA E PREGIUDIZIO

Ci hanno provato in molti a dare una giustificazione scientifica alle idee più becere sulla superiorità di una razza rispetto a tutte le altre...alcuni scienziati anzi pseudo scienziati con convinzioni deliranti hanno addomesticato sotto l'influenza di pazzi dittatori nozioni genetiche, portando diverse volte l'umanità nel baratro folle di stermini di massa...

Questo libro è tremendamente attuale e ci mette in guardia a tutte le possibili trasformazioni che si possono fare per manipolare i dati degli QI, gli studi, le comparazioni e renderli conformi alle ideologie e/o alle interpretazioni populiste di passati, attuali e futuri leader che intendano infondere nelle menti, pensieri di superiorità di un popolo rispetto agli altri "inferiori"...

Da leggere per ripulire le nostre idee da qualsiasi foschia di superiorità e pregiudizio...fortunatamente siamo tutti appartenenti ad un'unica specie "Homo Sapiens" e a un'unica razza quella "Umana"...Punto e basta !

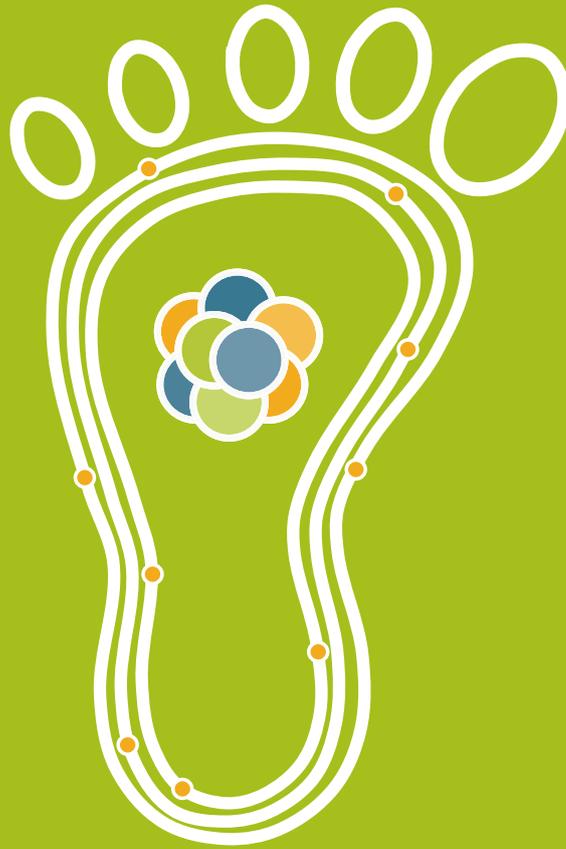
**Intelligenza e pregiudizio**  
*Contro i fondamenti scientifici del razzismo*  
Stephen Jay Gould  
2016  
Il Saggiatore  
pag . 476

## ► DIZIONARIO DEL BIBLIOMANE

Io questo libro non l'ho letto, però mi piace il titolo e ancora di più mi piace l'argomento... per non parlare delle 520 pagine che lo compongono... mi fanno impazzire ! ... Perché perdere tempo a leggere tutte queste pagine di libro che... assurdo...parlano di libri o meglio di una patologia che non è forse ancora molto studiata in psicologia (o in psichiatria) ma che qua e la colpisce gli "ominidi" di tutto il globo terraqueo... l'amore per i libri... ovvero l'attrazione che non è altro che la spinta fisica, spirituale all'accostamento o al contatto tra due forze... il libro e l'uomo... il profumo della carta stampata... la loro forma, il loro volume... prima ancora del loro contenuto... Questi sono i colpi di fulmine che cambiano la vita...

Compratelo... poi fatemi sapere se il mio istinto ha sbagliato o meno... se non vi piacerà potrete sempre tenerlo come fermacarte o metterlo in bella mostra nella vostra libreria...

**Dizionario del bibliomane**  
Antonio Castronuovo  
2021  
Sellerio Editore Palermo  
pag. 520



Mass Spectrometry

# IsoFootprint

## Apriamo la strada alla sostenibilità delle analisi isotopiche

Ora più che mai dobbiamo assumerci la responsabilità delle nostre azioni. Visto che i livelli globali di CO<sub>2</sub> atmosferica continuano ad aumentare, e' necessario cercare di portare avanti azioni volte alla riduzione e rimozione della CO<sub>2</sub> dall'atmosfera. E' per questo che da oggi il team di spettrometria di massa inorganica produrrà strumenti a zero emissioni nette.

Il primo passo in questa direzione sarà il nostro impegno nella rimozione di tutta l'anidride carbonica associata ai nostri nuovi prodotti (dall'estrazione delle materie prime fino al montaggio e al trasporto) mediante investimenti in progetti di rimozione dell'anidride carbonica durevoli e sostenibili a livello globale.

Unisciti a noi nel viaggio verso l'analisi isotopica sostenibile.

Gia' ad emissioni neutre



Thermo Scientific™ Neoma™ MC-ICP-MS



Thermo Scientific™ DELTA Q™ IRMS

Scopri di più su [thermofisher.com/IsoFootprint](https://thermofisher.com/IsoFootprint)

Oppure contattaci: [isotopeanalysis-italy@thermofisher.com](mailto:isotopeanalysis-italy@thermofisher.com)



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

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



## Competenza nella idrologia

### Unità di trasmissione dati a distanza GSM

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

### Logger di pressione e temperatura

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

