

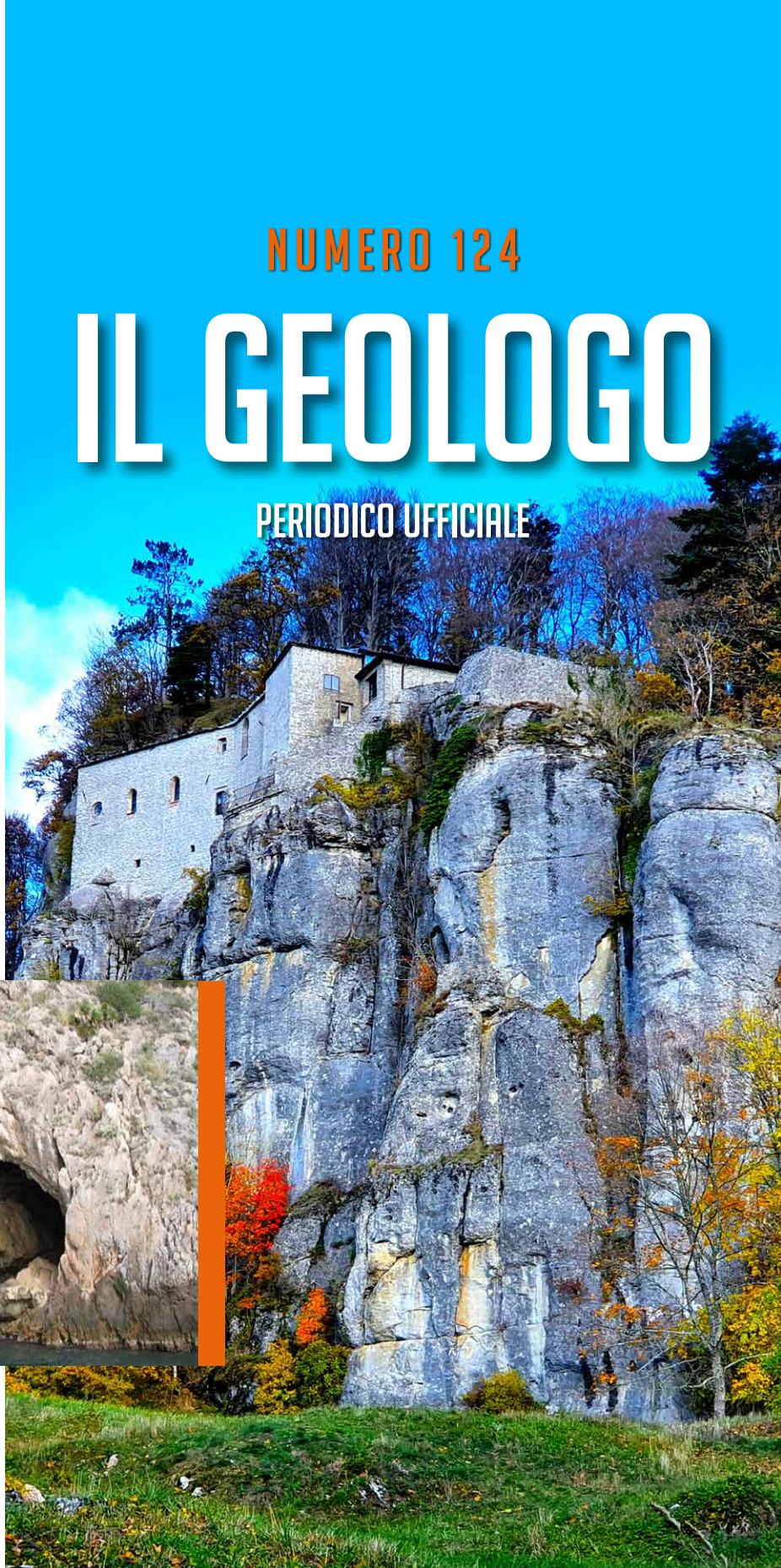
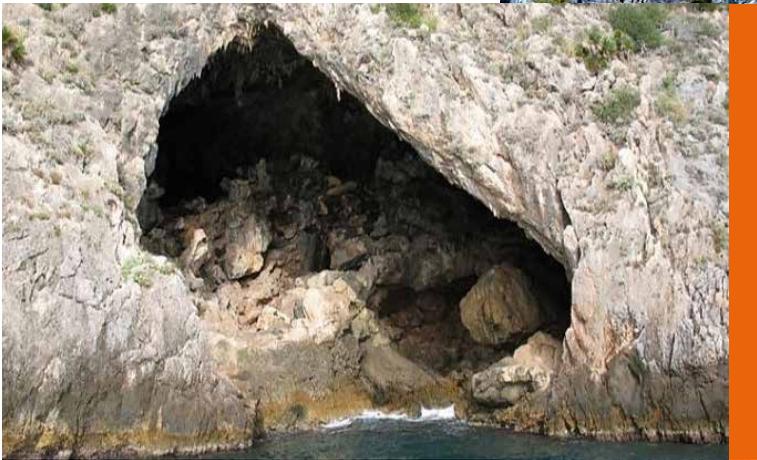


▶  
**SANTUARIO  
DELLA VERNA SU  
AMMASSO CALCAREO**

Foto di Stefano Farinelli

**GROTTA  
DI CALA DEI SANTI**

Articolo a Pagina 18  
▼



**NUMERO 124**

# IL GEOLOGO

PERIODICO UFFICIALE



**ogt**

ORDINE del  
GEOLOGI della  
TOSCANA

# Geognostica Medicea

## indagini geologiche e ambientali

Geognostica Medicea opera nel settore delle indagini di sottosuolo, garantendo un servizio completo in ambito geognostico e ambientale.

La notevole esperienza maturata negli anni in tutte le tematiche relative al sottosuolo e la rapidità di intervento, fanno di Geognostica Medicea un partner affidabile per i professionisti e le imprese che operano nel settore geologico e ambientale.



**GEOGNOSTICA  
MEDICEA**

Sondaggi

Prove penetrometriche

Geofisica

Iniezioni in falda

Misure inclinometriche

Bonifiche e monitoraggio ambientale

**Geognostica Medicea**

Via del Botteghino 103

50018 – Scandicci (FI)

Daniele +39 349 6684494

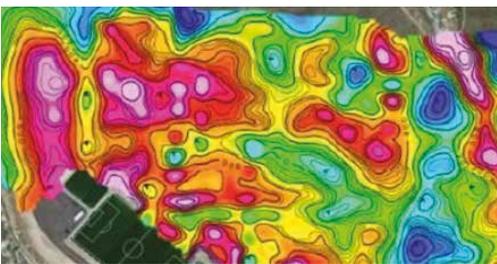
Lorenzo +39 328 4896574

Email: [info@geognosticamedicea.it](mailto:info@geognosticamedicea.it)

# Magnetometri



per rilievi ambientali e geologici di precisione



- > geologia
- > applicazioni minerarie e petrolifere
- > rilievi ambientali, discariche abusive
- > ricerca pozzi, tubi, serbatoi di stoccaggio

- > mappatura cavi e condutture subacquee
- > ricerca oggetti affondati e ordigni inesplosi
- > studi geologici su grandi distanze

- > rilievi rapidi di aree vaste, ampi terreni
- > mappatura pozzi, tubi e serbatoi
- > ricerca ordigni bellici inesplosi
- > archeologia

Seleziona  
il link!

Magnetometri



Codevintec rappresenta anche:



**CODEVINTEC**

Tecnologie per le Scienze della Terra e del Mare

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



 KELLER

# KELLER UNPLUGGED!

LEVEL & GROUNDWATER MONITORING



KOLIBRI  
DESKTOP

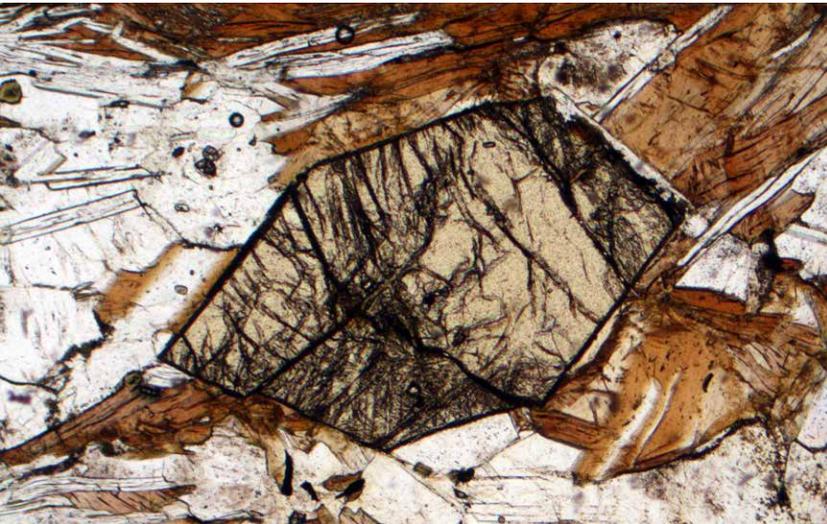


## KELLER ADT1-TUBE

- Remote data transmission unit with logger function
- Measured values: barometer, temperature and moisture sensor, real-time clock (RTC), battery capacity / voltage
- For installation in 2" tubes
- Robust stainless steel metal housing
- Long-life battery enables autonomous operation for up to 5 years
- Software KOLIBRI DESKTOP included
- ADT1-Box available for wall installation

# N. 124

## SOMMARIO



CRISTALLO DI STAUROLITE



DETTAGLIO DELLA SUCCESIONE STRATIGRAFICA CAMPIONATA IN MODO CONTINUO

- 07 **EDITORIALE**  
 RICCARDO MARTELLI  
 Presidente dell'Ordine dei Geologi della Toscana
- 09 **DALLA REDAZIONE**  
 ALESSANDRO DANESI  
 Coordinatore di redazione
- 10 **NEWS DALL'ORDINE**  
 Speciale elezioni: a tutti gli iscritti
- 14 **PILLOLE DI GEOTECNICA**  
 Oggi parliamo del peso specifico dei grani
- 18 **TESI DI LAUREA**  
 Analisi ad alta risoluzione della suscettività magnetica dei sedimenti clastici della Grotta di Cala dei Santi (Monte Argentario, Grosseto)
- 28 **PILLOLE DI GEOTECNICA**  
 Oggi parliamo di rottura generale e locale (general e local shear)
- 32 **NEWS DALL'ORDINE**  
 Grazie a tutti i partecipanti

# COMUNICATO STAMPA – II°/2024

## LABORATORI GEOTECNICI AUTORIZZATI DELLA TOSCANA

### END OF WASTE

#### VERIFICHE DI CONFORMITÀ E IDONEITÀ TECNICA DEI MATERIALI “RECUPERATI”

Dal 26 settembre 2024 è in vigore il DM 127/2024 (Decreto Inerti) “Regolamento recante la disciplina della cessazione della qualifica di rifiuto dei rifiuti inerti da costruzione e demolizione” che abroga e sostituisce il DM 152/2022.

Il DM stabilisce i criteri per la cessazione della qualifica di rifiuto per i rifiuti inerti, introducendo, per quegli aggregati che completano positivamente l’iter previsto, la qualifica di “aggregato recuperato” ed introduce inoltre una serie di novità per la gestione ed il recupero dei materiali da demolizione in capo ai produttori.

Il presente comunicato intende porre l’attenzione su quanto attiene alle verifiche sui materiali previste nell’allegato 1 del DM; attività queste, che presentano alcune importanti novità relativamente a prove e determinazioni da affiancare alle note verifiche sulla presenza di sostanze contaminanti eseguite da tempo sia per il riutilizzo di terre e rocce da scavo sia sugli aggregati provenienti da impianti di recupero.

Il DM 127/2024 all’articolo 3 definisce:

- a) Quali siano i “Rifiuti ammissibili”
- b) Quali siano le “Verifiche sui rifiuti in ingresso”
- c) Quale sia il “Processo di lavorazione minimo e il deposito presso il produttore”
- d) Quali siano “I requisiti di qualità dell’aggregato recuperato”

In particolare per quanto attiene al punto d), oltre alle citate verifiche da effettuare per ogni lotto (max 3000 mc) relative al superamento dei valori limite per le sostanze presenti elencate nelle colonne 3 e 4 della Tabella 2 dello stesso articolo e nella Tabella 3, e che con il DM 127/2024 non sono più fissi ma variano a seconda degli usi, si elencano, al successivo articolo 4, appunto tutti gli usi previsti da “a” ad “h” e, per ciascuno di essi, la relativa norma armonizzata cui riferirsi per la conformità prestazionale e, parallelamente, quella cui riferirsi per la rispettiva idoneità tecnica.

E bene ricordare che per quanto riguarda la marcatura CE il produttore ha sempre la facoltà di scegliere se operare in regime di autocontrollo (sistema 4) o piuttosto se operare sotto un regime di controllo esterno da parte di un Ente notificato (sistema 2+) che è quello previsto per la produzione di prodotti ad uso strutturale.

Le prove e determinazioni indicate dalla norma armonizzata per il Controllo di Produzione in Fabbrica (CPF) legato alla marcatura CE possono essere effettuate da laboratori interni all’impresa produttrice o esterni, sempre e comunque dotati di adeguate attrezzature e competenze.

Prove invece relative a controlli di conformità o a verifiche di idoneità tecnica, o quanto concerne p.es le verifiche di accettazione dei materiali, ivi comprese terre e rocce nel caso di un loro utilizzo come materiale da costruzione e a quanto previsto all’articolo 116 del D.lgs. 36/2023 “Codice dei Contratti Pubblici”, sono prerogativa dei Laboratori ex Art. 59 del DM 380/2001, unici autorizzati ad eseguire e certificare prove su terre e rocce e, quando in possesso di adeguata estensione, prove su aggregati naturali, artificiali e riciclati.

Dal prossimo 25 marzo (180 giorni dall’entrata in vigore del decreto) gli impianti di produzione saranno tenuti a presentare un aggiornamento della comunicazione all’Autorità competente effettuata ai sensi dell’articolo 216 del D.Lgs. 152/2006, o un’istanza di aggiornamento dell’autorizzazione concessa.

Ai Produttori, così come alle Autorità ed Enti cui competono i controlli, alle Stazioni appaltanti, ai Professionisti (Direttori Lavori, Collaudatori e Consulenti) Siamo a ricordare il ruolo previsto dalle norme per i laboratori autorizzati come “Servizio di Pubblica Utilità”, a tutela della sicurezza di opere e strutture.



**ogt**  
ORDINE del  
GEOLOGI della  
TOSCANA

**EDITORIALE**

# IL PUNTO



IL GEOLOGO | EDITORIALE

**RICCARDO MARTELLI**

PRESIDENTE DELL'ORDINE DEI GEOLOGI DELLA TOSCANA

**C**are colleghe e cari colleghi, siamo quasi in vista della fine di questo secondo mandato e, mai come in questo momento, c'è bisogno di uno scatto per arrivare al traguardo con la serenità di chi ha fatto quello che c'era da fare. Manca l'ultimo chilometro, c'è da mettere a punto la macchina elettorale e da predisporre, subito dopo, il cambio di consegne e lo faremo con l'energia del primo giorno, ma ora mi siedo qualche minuto, perché voglio condividere con voi alcune riflessioni. Concedetemelo, è una delle ultime volte che mi capita. L'Assemblea degli Iscritti dell'ottobre scorso, che si è tenuta a Firenze

presso l'Auditorium Ridolfi, ha messo in evidenza, a mio modo di vedere, almeno tre aspetti molto importanti che riguardano il nostro Ordine. Ha evidenziato che siamo tanti e che c'è fra di noi desiderio di partecipazione attiva: siamo il terzo Ordine italiano come numero di iscritti, ed all'Assemblea lo si è visto bene, con un'affluenza che non avevamo mai visto in questi 8 anni.

Questa partecipazione, però, difficilmente siamo in grado di rappresentarla appieno in occasione delle periodiche tornate elettorali, perché non sempre diamo al voto il peso che realmente ha. Per questo, dobbiamo

sempre tenere ben a mente che il voto di ciascuno determina il valore nella nostra comunità, che si tratti del voto per l'elezione del Consiglio dell'Ordine regionale, che si tratti del voto per l'elezione dei delegati all'Epap o che si tratti del voto per l'elezione del Consiglio Nazionale.

Pertanto, il peso politico della nostra comunità toscana assume valore concreto solo nel momento in cui ciascuno di noi esercita il diritto che ci viene riconosciuto in quanto iscritti al nostro Ordine. Da qui l'importanza fondamentale di partecipare attivamente alle tre tornate elettorali che ci saranno nei prossimi mesi, il



**ogt**  
ORDINE del  
GEOLOGI della  
TOSCANA

10 ed 11 aprile per il rinnovo del Consiglio dell'Ordine regionale, a maggio per Epap ed a luglio per il Consiglio Nazionale.

Il secondo aspetto emerso nel corso dell'Assemblea, richiamato dalle parole di molti che si sono avvicendati sul palco, è che la necessità di camminare tutti uniti non è solo un bel principio da enunciare. C'è bisogno di atti concreti, perché la nostra comunità e quella più ampia delle professioni tecniche, necessitano entrambe di essere potenziate attraverso uno sforzo di coesione, che richiede un passo avanti da parte di tutti.

Il terzo aspetto è l'attenzione che il mondo della politica pone al mondo delle professioni tecniche in generale ed al nostro Ordine in particolare, che interpreto come una crescente autorevolezza e credibilità, maturate attraverso il nostro costante impegno proattivo e la qualità che siamo in grado di proporre, oltre che, naturalmente per il fatto che nella sola Toscana rappresentiamo oltre 40000 famiglie, senza contare l'indotto. Lo si è visto all'Assemblea di ottobre con la partecipazione della senatrice della Repubblica, oltre che

nostra collega, Simona Petrucci, del Presidente della Regione Toscana Eugenio Giani, di una rappresentanza della Città Metropolitana di Firenze. Aggiungo che l'assemblea annuale della Rete Toscana delle Professioni Tecniche, che non mi stancherò mai di ricordare essere coordinata dal nostro collega Simone Frosini, è stata aperta dall'intervento degli assessori regionali Saccardi, Baccelli, Ciuoffo, un'inedita partecipazione, figlia, anche in questo caso, di un lavoro paziente e continuo nel tempo.

Questi tre aspetti, sui quali ho posto l'accento, sono dunque il frutto di una maturazione collettiva, che ha bisogno di proseguire in Toscana, evitando spinte eccentriche, dettate da personalismi sterili.

Sul piano nazionale il panorama non è diverso, con un clima generale nel quale la richiesta di rafforzare la continuità dell'azione del Consiglio Nazionale attraverso un disegno unitario arriva da ogni parte, che solo la spregiudicatezza di pochi può mettere a repentaglio, indebolendo la posizione della nostra professione, proprio nel momento in cui c'è bisogno di trovare peso politico nell'unione di tutto il

sistema delle scienze geologiche.

Nei prossimi anni sarà affrontata la revisione di testi di legge vitali per la nostra professione, come le norme tecniche sulle costruzioni, il testo unico sull'edilizia, il testo unico sull'ambiente, ma soprattutto la norma che definisce le competenze professionali, che potrebbe, da sola, rappresentare uno spartiacque decisivo fra l'ampliamento o la riduzione del nostro campo di azione.

È dunque chiaro e consequenziale quanto sia fondamentale che l'intero sistema delle scienze geologiche si presenti come un fronte unico e solido di fronte a questi impegni, perché solo con una rappresentanza ampia e coesa, che va dal mondo universitario a quello delle amministrazioni centrali e locali, dal mondo dell'impresa fino al mondo della libera professione, è possibile azionare quelle leve che consentono di determinare il nostro futuro e non di giocare di rimessa, come spesso è accaduto.

È dunque chiaro e consequenziale quanto sia vitale l'esercizio democratico del voto di ciascuno di noi, per mettere la Toscana al centro di queste future partite.



# ogt

ORDINE del  
GEOLOGI della  
TOSCANA



**ALESSANDRO DANESI**  
COORDINATORE DI REDAZIONE

**C**are Colleghe e cari Colleghi questa nostra esperienza come redazione della rivista "il Geologo" volge al termine con questo penultimo numero e dunque vorremmo lasciare qui un breve resoconto della nostra esperienza editoriale.

In questi anni di lavoro ci è capitata l'occasione straordinaria di lavorare e scrivere per tutti i colleghi toscani che hanno sempre risposto positivamente alle edizioni della nostra rivista.

Il lavoro di edizione è stato stimolante e ha aperto le porte a molte novità grafiche e editoriali che ci auguriamo siano state utili e che abbiano reso la lettura gradevole e fluida, anche grazie ai nuovi mezzi di comunicazione.

Proprio le nuove tecnologie propongono all'orizzonte la sfida digitale e le innovazioni dei mass media che, ne siamo certi, saranno gestite e affrontate con passione e professionalità dalle prossime redazioni.

Come di consueto poi abbiamo lasciato spazio ai giovani colleghi e ricercatori con la pubblicazione di una tesi partecipante al Premio di Laurea David Giuntini, che hanno arricchito di contenuti scientificamente validi e che sono stati uno spunto di riflessione e confronto con nuove metodiche e nuove conoscenze delle Scienze della Terra.

In questo numero, inoltre, esauriamo il prezioso lavoro del Prof. Focardi che ringraziamo sentitamente per gli approfondimenti sulla geotecnica che,

con la rubrica "Pillole di Geotecnica", sono stati punto di riferimento di queste ultime uscite.

Per il prossimo numero, che sarà l'ultimo edito con questa redazione, è prevista una sorpresa sotto forma di un allegato alla rivista che ci auguriamo sia gradita da tutti i lettori.

Infine, dopo una breve presentazione di questa edizione, vogliamo ringraziare tutti i colleghi che hanno dedicato e condiviso la loro passione per la Geologia, consentendo un lavoro piacevole e gratificante.

Viva la Geologia e viva i Geologi!  
Buona lettura!

# TECNA

Srl

**CQOP SOA**  
CONSTRUTTORI QUALIFICATI OPERE PUBBLICHE  
OS 21 : II OS 20-B : I  
Attestazione : 65213 / 10 / 00

**IMQ**  
CERTIFIED  
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM  
ISO 9001:2015

# MORETTI

Via Achille Grandi, 51 - 52100 AREZZO - tel **0575 323501**, fax **0575 1979797**, cell: **335 1020000**, e-mail: **tecna@geognostica.it**  
**AUTORIZZAZIONE MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI AD EFFETTUARE E CERTIFICARE PROVE GEOTECNICHE SUI TERRENI N. 4542 DEL 13/04/2012**

Perforazioni a carotaggio continuo

Perforazioni a distruzione di nucleo

Carotaggio continuo di tipo ambientale

Prove Penetrometriche statiche CPT

Prove Penetrometriche statiche CPTE

Prove Penetrometriche statiche CPTU

Prove penetrometriche dinamiche SPT

Prove penetrometriche dinamiche DPSH

Prove con dilatometro piatto Marchetti DMT



Numero Verde  
**800 102000**

Micropali e pali di sottofondazione

Tiranti a trefoli ed in barre, ancoraggi

Prove scissometriche VBT

**ANISIG**  
Associazione Nazionale  
Imprese Specializzate  
in Indagini Geognostiche

Pozzi per acqua

Prove permeabilità Lefranc

Prove permeabilità Lugeon

Prelievo campioni indisturbati

Installazione tubi inclinometrici

Installazione tubi per down-hole



## NEWS DALL' ORDINE

# SPECIALE ELEZIONI: A TUTTI GLI ISCRITTI

### NOTA INFORMATIVA

RINNOVO CONSIGLIO DEI GEOLOGI DELLA TOSCANA D.P.R. N. 169, DELL'8 LUGLIO 2005, RECANTE "REGOLAMENTO PER IL RIORDINO DEL SISTEMA ELETTORALE E DELLA COMPOSIZIONE DEGLI ORGANI DI ORDINI PROFESSIONALI"

Premesso che il 22 maggio 2025 ha naturale scadenza il mandato dell'attuale Consiglio dell'Ordine dei Geologi della Toscana, secondo quanto disposto dal **D.P.R. n.169/2005**, nel prossimo **me**se di **aprile** si svolgeranno le elezioni per il rinnovo di tale organo per il **quadriennio 2025-2029**.

Le date delle convocazioni saranno inviate con comunicazione formale e rese note anche sui canali web istituzionali.



**ogt**  
ORDINE dei  
GEOLOGI della  
TOSCANA



## MODALITÀ DI ESERCIZIO DEL VOTO

Ai sensi dell'art.3 comma 3 del suddetto DPR entro il 26/3/2025 sarà inviato tramite PEC specifico **AVVISO DI CONVOCAZIONE** delle elezioni e contestualmente lo stesso sarà pubblicato sul sito internet istituzionale dell'Ordine della Toscana e del Consiglio Nazionale dei Geologi.

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

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

Quorum	
Prima convocazione	50% aventi diritto
Seconda convocazione	25% aventi diritto
Terza convocazione	25% aventi diritto

Constatato il raggiungimento del quorum in prima o seconda votazione, ovvero al termine della terza votazione, il Presidente del Seggio Elettorale procede allo scrutinio delle schede con la collaborazione del segretario del seggio elettorale e del referente tecnico della piattaforma utilizzata per il voto come previsto dall' art. 3 comma 16 del DPR 169/05 e dall'art 4 del regolamento sulle elezioni con modalità telematiche. I risultati saranno pubblicati sul sito Web dell'Ordine Regionale.



## CANDIDATURA

Possono candidarsi tutti gli Iscritti all'Ordine Geologi della Toscana, esclusi quelli che alla data di indizione risulteranno sospesi dall'esercizio della professione. Salvo i casi di cui al comma 18 del citato art.3<sup>1</sup>, sono invece eleggibili esclusivamente gli Iscritti che avranno formalizzato la propria candidatura fino a 7 (sette) giorni prima della data fissata per la prima votazione.

Il nuovo Consiglio avrà la stessa composizione di quello uscente e pertanto ciascun elettore potrà esprimere fino a 10 (dieci) preferenze per la sezione A dell'albo/elenco speciale e 1 (una) per la sezione B dell'albo.

Il Consiglio dell'Ordine assicurerà l'ideale diffusione delle candidature sul sito dell'Ordine per l'intera durata delle elezioni.

Per tutte le informazioni necessarie e per quanto sopra detto vi invitiamo pertanto a controllare con regolarità la vostra PEC.

Ai sensi e nei limiti di quanto previsto dall'art.31, comma 1 del **D.L. 28 ottobre 2020, n.137**, convertito con modificazioni dalla **L. 18 dicembre 2020, n.176** e secondo quanto previsto dalla **Circolare 471/2020** del CNG "REGOLAMENTO SULLE ELEZIONI CON MODALITÀ TELEMATICHE DEI CONSIGLI DELL'ORDINE NAZIONALE E DEGLI ORDINI REGIONALI DEI GEOLOGI", le procedure elettorali degli Ordini Regionali potranno prevedere per la prima volta la possibilità di svolgimento "**CON MODALITÀ TELEMATICHE DA REMOTO**".

Il Consiglio dell'Ordine dei Geologi della Toscana, con Delibera n. 27/21 ha deciso di procedere con il voto **esclusivamente con modalità telematica** secondo le indicazioni fornite dal suddetto Regolamento del CNG.



In via preliminare si anticipa che, per votare con **modalità telematica**, l'elettore deve essere dotato di:

- ▶ indirizzo PEC valido e individuale su cui ricevere le credenziali di accesso alla piattaforma informatica individuata per le operazioni di voto;
- ▶ postazione con accesso ad Internet per la corretta espressione del voto.

Si precisa che la PEC deve essere **UNIVOCA** per ogni iscritto, in quanto a una PEC è associato un unico voto.

Durante le giornate e gli orari di apertura del **seggio virtuale** l'elettore potrà accedere alla **piattaforma informatica** con le credenziali personali ed esercitare il diritto di voto.



## COMPOSIZIONE DEL SEGGIO

Il seggio sarà così composto:

- **Presidente**
- **Vicepresidente**
- **Segretario**
- **2 Scrutatori**

Per il calendario delle votazioni e per gli ulteriori dati di cui al comma 4 dell'art.3 del **D.P.R. n.169/2005**, si rinvia all'Avviso di Convocazione che sarà trasmessa, come detto, nei termini di legge e tutte le comunicazioni che seguiranno.

Vi invitiamo pertanto a controllare con regolarità la vostra PEC.





## COME SI VOTA

Di seguito si forniscono delle indicazioni di massima sulle modalità di voto, rimandando il dettaglio a successive comunicazioni formali.

1. L'accesso alla cabina elettorale avverrà tramite un token link inviato alla propria casella PEC contenente il PIN di accesso. Cliccando sul link ricevuto si accede alla piattaforma.
2. Una volta entrati nel sistema occorre premere il tasto "ACCEDI" per entrare nel seggio virtuale. Come prima cosa occorre accettare le condizioni relative al trattamento dei dati personali e alla policy privacy leggendo fino in fondo la dichiarazione di esclusione di responsabilità.
3. Per accedere alla cabina elettorale dovrete inserire il vostro Codice Fiscale e il codice PIN che riceverete per PEC; a questo punto vi verrà chiesto di confermare i requisiti previsti dal regolamento (i dati personali) cliccando sul check relativo.
4. La prima schermata della "Cabina Elettorale" riporta una ulteriore breve spiegazione della procedura di voto, dopo aver letto è possibile procedere con il voto cliccando sul tasto "AVANTI". La Cabina Elettorale è composta da due parti, una relativa alla sezione A e alla sezione B.
5. Per procedere alla votazione occorre entrare in tutte e due le sezioni votando fino a n. 10 candidati nella sezione A e n. 1 candidati nella sezione B.
6. Si ricorda che il nostro sistema elettorale non permette il voto ad una lista, ma solo ai singoli candidati pertanto dovranno essere splittati tutti i candidati che si intendono votare. Nella cabina elettorale vi è la possibilità di votare anche scheda bianca, comunque utile al raggiungimento del quorum, mentre non è prevista la scheda nulla. L'elettore potrà esprimere le proprie preferenze scegliendo tra tutti i candidati disponibili per l'organo, a qualunque raggruppamento appartengano, anche in modo disgiunto.
7. Al termine della votazione viene mostrato un pop-up riepilogativo della scelta espressa come uno strumento di cortesia per avere la certezza di aver selezionato in modo corretto e secondo le proprie volontà i candidati. In questa fase è ancora possibile tornare indietro con il tasto "ANNULLA" e modificare la scelta, mentre cliccando sul tasto "CONFERMA" la scelta sarà definitiva e non si potrà tornare indietro, passando così alla scheda successiva.
8. Finita la fase di voto il sistema impiegherà qualche secondo per acquisire e rendere sicuro e blindando il voto espresso (i tempi in termini di secondi, possono variare in base al traffico che si genera in quell'istante).
9. A questo punto viene visualizzata una ricevuta di voto sotto forma di codice che certifica la corretta acquisizione del voto. Questa serve soltanto al sistema a dimostrare che avete votato e che il voto è stato acquisito correttamente. Tale informazione verrà inviata via mail PEC o si potrà stampare dal dispositivo tramite l'apposito pulsante.

Per comprendere al meglio quanto sopra dettagliato è allegata alla presente una presentazione schematica e intuitiva.



A CURA DEL PROF. PIERO FOCARDI

## PILLOLE DI GEOTECNICA

# OGGI PARLIAMO DEL PESO SPECIFICO DEI GRANI

Il termine peso specifico viene adottato nell'uso corrente e qualche volta nella letteratura con significati diversi intendendo con questa dizione il rapporto tra il peso di un corpo ed il suo volume o il rapporto tra il peso di un corpo e il peso di un liquido di riferimento (generalmente acqua distillata alla temperatura di 4 °C) avente lo stesso volume.

Nel primo caso, che si riferisce alla determinazione del peso specifico assoluto, viene adottata in geotecnica la terminologia di peso per unità di volume talvolta abbreviato in peso di volume ed è un parametro dimensionale evidentemente espresso in g/cc o kN/mc.

Per la caratterizzazione geotecnica di una terra è necessario in molti casi ricorrere alla determinazione sia peso dell'unità di volume totale (costituito dal rapporto tra il peso totale del campione e il volume totale del campione) sia del peso di volume dei costituenti solidi corrispondente al rapporto tra il peso dell'insieme dei granuli presenti nel terreno e il loro volume.

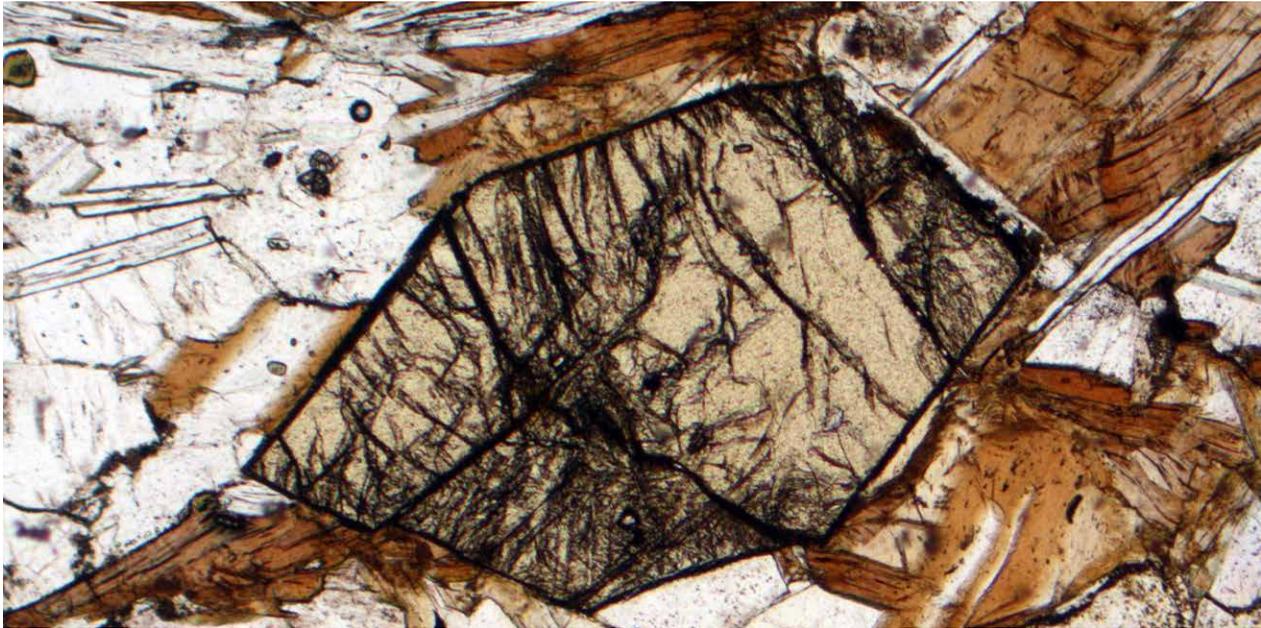
Il peso dell'unità di volume totale è calcolato come rapporto tra la massa  $P$  e il volume  $V$  del campione comprendente oltre alla parte solida anche l'acqua e l'aria compresa nei vuoti viene indicato col simbolo  $\gamma$ , mentre il peso di volume della parte solida corrisponde al rapporto tra il peso dei granuli  $P_s$ , che compongono il campione e il volume complessivo dei granuli stessi  $V_s$ , viene indicato col simbolo  $\gamma_s$ .

Il peso specifico dei granuli rappresentato col simbolo  $G_s$  è invece il rapporto tra il peso specifico assoluto dei granuli e il peso specifico dell'acqua distillata alla temperatura di 20° ed è quindi una grandezza adimensionale.

Nella letteratura geotecnica vi è un po' di confusione nella terminologia come indicato nella tabella seguente nella quale sono indicati alcuni parametri che condizionano il comportamento geotecnico del terreno e le rispettive unità di misura adottate.

$\gamma = \frac{P}{V}$	Peso dell'unità di volume; peso di volume; unit weight; weight density	g/cc t/mc kN/mc
$\gamma_s = \frac{P_s}{V_s}$	Peso unitario dei costituenti solidi; peso specifico dei costituenti solidi; peso dell'unità di volume della parte solida; unit weight of solid constituents	g/cc t/mc kN/mc
$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$	gravità specifica; peso specifico dei granuli; densità relativa dei granuli; specific gravity	Adimensionale
$\gamma_d = \frac{P_s}{V}$	Peso dell'unità di volume del secco; peso di volume del secco; densità secca	g/cc t/mc kN/mc

$$1 \text{ g/cc} = 1 \text{ t/mc} = 9,807 \text{ kN/mc}$$



▲  
FIGURA

Cristallo di staurolite.

Il criterio più semplice per comprendere e calcolare gli indici indicati nella tabella consiste nel separare concettualmente (e fisicamente) la parte solida dai vuoti divisa a sua volta in acqua e aria

Di seguito viene riportato un esempio della sequenza delle varie operazioni eseguibili in laboratorio.

Prelievo di un provino dal campione indisturbato mediante fustella di volume noto e determinazione del suo peso

$$V_t = 82,27 \text{ cc} \quad | \quad P_t = 161,10 \text{ g}$$

Il campione viene essiccato in forno a  $105^\circ$ ; raffreddato e pesato ottenendo:

$$P_s = 139,05 \text{ g} \quad | \quad P_l = P_t - P_s = 22,05 \text{ g}$$

$$\text{Essendo il peso specifico dell'acqua } 1 \text{ g/cc} \quad | \quad V_l = P_l = 22,05 \text{ cc}$$

A questo punto per determinare il volume della parte solida deve intervenire nei calcoli il peso specifico dei costituenti solidi che deve essere eseguito a parte su materiale con le stesse caratteristiche

$$\gamma_s = 2,71 \quad | \quad V_s = \frac{P_s}{\gamma_s} = 139,05 / 2,71 = 51,31 \text{ cc}$$

Di conseguenza il volume dei vuoti risulta:

$$V_v = V_t - V_s = 82,27 - 51,31 = 30,96$$

Conoscendo pesi e volumi delle 3 fasi che compongono il campione, possiamo determinare qualunque proprietà; ad esempio, la saturazione (S).

$$S = V_l / V_v = 22,05 / 30,96 = 0,71$$

La determinazione del peso specifico dei grani è quindi indispensabile per completare il quadro di informazioni.

Il peso specifico dei grani viene determinato in laboratorio con picnometri di dimensioni diverse in relazione alle dimensioni dei grani e la prova consiste nel determinare con una serie di pesate il rapporto tra la massa dei grani e la massa di acqua che occupa il volume dei grani stessi.

Il peso specifico dei grani nei certificati di prova dei laboratori geotecnici viene indicato a volte come grandezza adimensionale, altre volte in  $\text{gr/cc}$  o  $\text{kN/mc}$ ; corrispondendo il valore nel primo caso a  $G_s$ , nell'altro caso a  $\gamma_s$ .

L'adozione del termine peso specifico con diverso significato e la diversa interpretazione con la quale si arriva al risultato finale sono state frequentemente oggetto di discussione tra i laboratori geotecnici sulla forma più idonea da adottare per esprimere il valore del peso specifico nei certificati di prova.

Queste differenze non nascono dalla conduzione della prova ma piuttosto dalla certificazione dei dati sperimentali.

La fase sperimentale consiste nel determinare il peso dei granuli del

campione e il peso del volume di acqua occupato dagli stessi. Il rapporto tra la massa del terreno e la massa dell'acqua fornisce il valore del peso specifico relativo (specific gravity) alla temperatura di prova ed è una grandezza adimensionale. Il valore viene corretto per riferirlo alla temperatura di 20° con un coefficiente che corrisponde al rapporto tra il peso specifico dell'acqua alla temperatura di prova e il peso specifico dell'acqua a 20°C.

Il peso unitario dei costituenti solidi  $\gamma_s$  si ottiene invece moltiplicando il valore del peso specifico alla temperatura di prova per la densità dell'acqua alla stessa temperatura ovvero moltiplicando il peso specifico dei grani alla temperatura di 20° per la densità dell'acqua alla temperatura di 20°C.

La prova viene condotta eseguendo una serie di pesate:

**Ps** - peso del campione costituito dal materiale disgregato ed asciugato alla temperatura di 105°C.

**Pl** - peso del picnometro+ acqua distillata alla temperatura di prova (ottenuto da taratura consistente nel determinare il peso del picnometro+ acqua a varie temperature).

**Pls** - peso del picnometro contenente il campione e acqua.

Dal rapporto  $\frac{P_s}{P_s + P_l - P_{ls}}$  si ottiene una grandezza corrispondente al rapporto tra il peso del campione e il peso dell'acqua di ugual volume. Il valore ottenuto corrisponde a  $G_s$  alla temperatura di prova.

Operando secondo le normative il peso specifico alla temperatura di prova viene moltiplicato per  $\frac{\gamma_{wT\ prova}}{\gamma_{w, T 20^\circ C}}$  per riferire il valore alla temperatura di 20°C.

Esempio di prova

Peso del materiale secco, Ps	24,53
Peso picnometro + acqua+ provino Pls	154,82
Temperatura acqua T°C	25
Peso picnometro+ acqua a T= 25°C	139,34
Peso specifico dei grani $G_s$ alla temperatura di prova	$\frac{24,53}{24,53 + 139,34 - 154,82} = 2,710$
Peso specifico dell'acqua a T = 25°C°	0,99704
Coefficiente correttivo	$0,99704/0,99821=0,9988$
Peso specifico dei grani riferito a 20°C $G_{s20}$	$2,710 \cdot 0,9988 = 2,706$

Per il calcolo del peso unitario dei costituenti solidi, adottando il sistema MKS:

$$\gamma_s = G_{s20} \times \gamma_{wT20} = 2,706 \times 0,99821 = 2,702 \text{ g/cc}$$

Adottando il sistema internazionale:

$$\gamma_s = 2,702 \cdot 9,807 = 26,50 \text{ kN/mc}$$

Nella tabella sono indicati i pesi specifici di alcuni minerali:

#### Peso specifico di alcuni minerali

Quarzo	2,65
Calcite	2,72
Dolomite	2,85
Muscovite	2,70-3,10
Biotite	2,80-3,20
Clorite	2,60-2,90
Serpentino	2,20-2,70
Caolinite	2,64
Illite	2,60-2,86
Montmorillonite	2,75-2,78
Magnetite, Ematite	4,90-5,10

I terreni più ricorrenti sono costituiti da frammenti di roccia comprendente i minerali indicati in tabella con prevalenza di sabbie quarzose e minerali argillosi che forniscono valori medi generalmente compresi tra 2,65 e 2,75.

Lo scarto minimo dei valori fa riflettere sul fatto che la prova necessita di

particolari attenzioni nelle fasi di disgregazione e prosciugamento del terreno, nella miscelazione della terra acqua e successivi controlli nel procedimento di eliminazione dell'aria compresa tra le parti solide che deve essere accuratamente controllato

Per i suddetti motivi l'esecuzione della prova con la dovuta accuratezza

comporta un tempo stimato in 70 minuti comprendendo tutte le operazioni dal campionamento del provino di prova fino alla certificazione.



**Geognostica e  
consolidamento terreni**

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

**Mappo Geognostica srl**

Loc. Biagioni 60 • 55010 Spianate LU • Tel. 0583 20799 • Fax 0572 930069

email: [mappogeognostica@virgilio.it](mailto:mappogeognostica@virgilio.it)



# TESI DI LAUREA

## ANALISI AD ALTA RISOLUZIONE DELLA SUSCETTIVITÀ MAGNETICA DEI SEDIMENTI CLASTICI DELLA GROTTA DI CALA DEI SANTI (MONTE ARGENTARIO, GROSSETO)

Candidata:  
**ALLEGRA BURGASSI**

Relatore: Prof. Ivan Martini  
Correlatori: Prof. Boschin Francesco  
Dott. Spagnolo Vincenzo

### 1. Abstract

L'analisi della suscettività magnetica dei sedimenti ha permesso di indagare le condizioni paleoambientali e paleoclimatiche della successione clastica della Grotta di Cala dei Santi (Monte Argentario, Grosseto). Lo studio è basato su un campionamento ad alta risoluzione (un campione ogni due centimetri) e la successiva misurazione della suscettività magnetica in laboratorio. I dati sono stati elaborati mediante tecniche statistiche ed interpretati dal punto di vista paleoambientale. I risultati dello studio hanno mostrato una netta dominanza degli intervalli con significato paleoclimatico freddo e arido per tutta la successione indagata, ad eccezione della sua parte basale. Inoltre, da analisi diffrattometriche, è emerso un diffuso inquinamento da magnetite nei campioni provenienti dalla parte sommitale della grotta.

### 2. Introduzione

Le proprietà dei sedimenti di grotta offrono numerose informazioni sul passato ed in modo specifico sulle condizioni climatiche all'epoca della loro deposizione. In questo studio è stata utilizzata la suscettività magnetica dei sedimenti della successione della Grotta di Cala dei Santi (grotta che presenta un notevole interesse archeologico), come un vero e proprio proxy paleoclimatico e paleoambientale. La suscettività magnetica ( $\chi$ ) di un materiale è identificata come una costante di proporzionalità adimensionale che mostra il grado di polarizzazione magnetica di un materiale quando esso è sottoposto ad un campo magnetico. Le misure di suscettività magnetica riferite ad una massa nota vengono espresse in  $m^3/kg$  ed il valore, in quel caso, viene indicato con " $\chi_{mass}$ ". Materiali ferromagnetici sono quindi caratterizzati da elevati

valori di suscettività magnetica, materiali paramagnetici sono invece caratterizzati da valori intermedi e materiali diamagnetici sono caratterizzati da bassi valori. La pedogenesi assume un ruolo fondamentale per la suscettività magnetica poiché, a seconda della sua intensità e delle varie condizioni ambientali, può portare alla formazione di minerali più o meno magnetici. I suoli vengono erosi e i sedimenti che ne derivano percolano all'interno della grotta (Figura 1), portandosi con sé le fasi mineralogiche che si sono generate durante la pedogenesi (Ellwood et al., 2004). Per questo motivo, bassi valori di suscettività magnetica corrispondono a periodi climatici freddi e aridi in cui il processo pedogenetico si riduce notevolmente, mentre valori più elevati corrispondono a periodi più caldi e umidi che portano ad un notevole aumento del processo pedogenetico

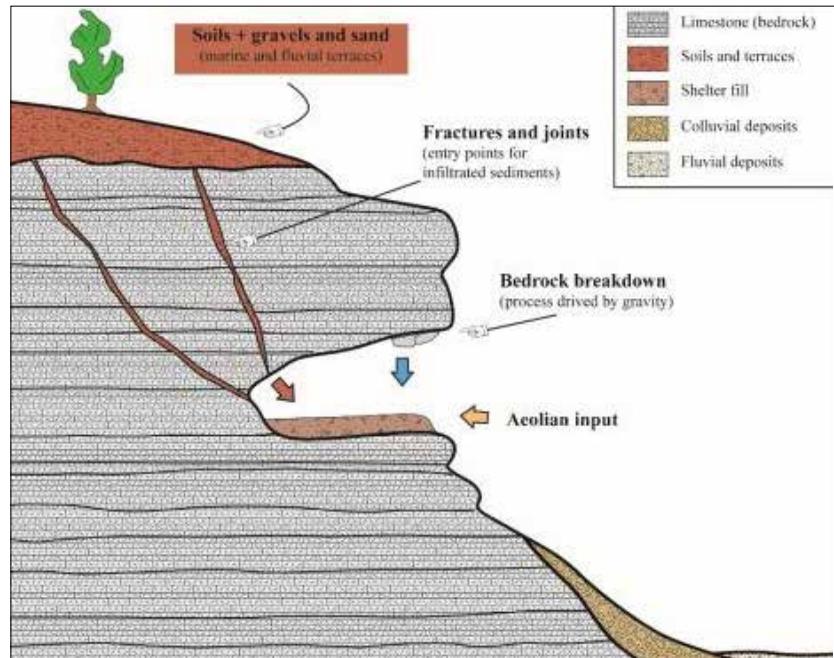
(Ellwood et al., 1997). La suscettività magnetica è quindi da considerarsi un importante proxy paleoclimatico oltre che un proxy paleoambientale e, proprio per questo ultimo motivo, viene spesso applicata nelle successioni di loess.

Tenendo conto di quanto enunciato, questo lavoro di Tesi si è concentrato sull'analisi della suscettività magnetica della successione e al suo possibile significato paleoclimatico grazie al confronto con proxies indipendenti quali le faune e datazioni assolute.

### 3. Inquadramento Geologico e Geomorfologico

La Grotta di Cala dei Santi è situata sul versante meridionale del promontorio del Monte Argentario. Alla grotta è possibile accedere unicamente via mare e all'interno è costituita da un'ampia camera (in parte riempita da sedimenti clastici e chimici) con forma circa rettangolare (48x35 m di larghezza) e con un soffitto leggermente a cupola che presenta tasche di dissoluzione (Moroni et al., 2019), (Figura 2).

La grotta si apre nella formazione del "Calcare Cavernoso" e presenta al suo interno una successione clastica sedimentaria spessa oltre 3,5 m divisa in due macro-sequenze: la parte bassa è quella interessata dalle evidenze di occupazione neandertaliana (alternate, in alcuni livelli, alla presenza della iena macchiata), la parte alta risulta invece sterile. Recenti datazioni  $^{14}\text{C}$  e OSL consentono di collocare le evidenze di occupazione entro un intervallo temporale compreso tra circa 50000 e 40000 anni fa (Moroni et al., 2019). La parte bassa della sequenza è strutturata in una serie di livelli antropogenici separati da livelli sterili (in genere si tratta di successioni sabbiose sigillate, al tetto, da livelli argillosi).



▲  
**FIGURA 1**

Meccanismi deposizionali di infiltrazione all'interno di cavità naturali: i sedimenti erosi dai suoli superficiali percolano all'interno della grotta tramite fratture nell'ammasso roccioso (da Martini et al., 2020).



▲  
**FIGURA 2**

Vista dell'ingresso della Grotta di Cala dei Santi, foto di Stefano Ricci.

**FIGURA 3**

Dettaglio della successione stratigrafica campionata in modo continuo.

## 4. Materiali e metodi

### 4.1. Metodo di campionamento e preparazione dei campioni

La successione è stata campionata ad una risoluzione di 1 campione ogni 2 cm (Figura 3). Ogni campione ha permesso di prelevare 2 cm di successione e, quindi, questo metodo di campionamento ha consentito di esaminare la successione in modo continuo. Nella successione interna sono stati prelevati 183 campioni, record di una successione spessa circa 366 centimetri.

In laboratorio i campioni sono stati preparati per le successive analisi di suscettività magnetica per unità di massa ( $\chi_{mass}$ ). In particolare, la procedura standard ha previsto le seguenti fasi, eseguite nell'ordine riportato di seguito:

1. Asciugatura dei campioni all'aria aperta per 15 giorni allo scopo di togliere l'umidità presente in essi e per agevolare le successive fasi;

2. Setacciatura dei campioni con un setaccio in alluminio caratterizzato da maglie di 1000  $\mu\text{m}$ . Infatti, secondo Ellwood et al. (2007), analizzare la frazione <1mm consente di ridurre l'interferenza dei frammenti litici ed ossei sulle misure della suscettività magnetica;
3. Pesatura dei singoli campioni, mediante bilancia di precisione, di 10g del passante;
4. Inserimento dei 10g del passante all'interno di contenitori di plastica trasparente amagnetici.

Successivamente sono state effettuate le misurazioni di suscettività magnetica mediante il suscettivometro "Bartington Instruments" modello MS2 con in aggiunta un sensore "MS2B Dual Frequency" per misurare i campioni a bassa (LF: 0.465kHz  $\pm$  1%) ed alta frequenza (HF: 4.65kHz  $\pm$  1%). La misura in bassa frequenza viene effettuata poiché questa enfatizza l'impatto delle particelle ultrafini nel valore della suscettività, e in questo tipo di particelle sono inclusi i prodotti della pedogenesi.

### 4.2. Analisi statistica

Per ogni campione sono state fatte, come anticipato, misure in bassa ed alta frequenza. I dati ottenuti sono successivamente stati analizzati mediante diversi software.

I dati di suscettività ottenuti sono stati sottoposti ad un "lisciamento", al fine di mitigare l'effetto degli outliers (i valori anomali di suscettività magnetica). Il lisciamento, anche chiamato "smoothing", è stato eseguito grazie all'uso del software "MATLAB" che, unito al plugin "Curve fitting tool", restituisce i dati smoothed (dati "fit"), eliminando e riducendo il rumore di fondo.

L'identificazione degli outliers può essere fatta anche mediante l'utilizzo del software "MiniTab19" che riporta i dati ottenuti in un "Boxplot" che riconosce con un asterisco i valori

anomali (outliers). I valori outliers sono identificati al fine di poterli rimuovere per effettuare le successive fasi di realizzazione dei bar logs che presentano significato paleoclimatico.

### 4.3 Analisi paleoclimatica

I valori di suscettività magnetica (sia i raw che gli smoothed) sono stati analizzati al fine di identificare il loro significato paleoclimatico applicando il metodo di Ellwood et al. (2008). Questo metodo prevede di inserire un limite di variazione paleoclimatica quando: valori adiacenti lungo la serie mostrano un aumento o diminuzione del valore di suscettività di un fattore due o maggiore; il trend si mantiene per almeno due o più valori consecutivi. Le serie di dati sono state successivamente analizzate usando in aggiunta il "metodo della mediana" proposto da Fanti (2020). Tale metodo prevede di calcolare i limiti paleoclimatici nel modo proposto da Ellwood et al. (2008) e successivamente calcolare le medie degli  $\chi_{mass}$  dei valori contenuti in ciascun intervallo paleoclimatico. Prendendo in considerazione le medie ottenute per ogni intervallo: se la media ottenuta è maggiore della mediana della popolazione (escludendo gli outliers), l'intervallo è riferibile ad un contesto "caldo e umido"; se la media è minore della mediana della popolazione (escludendo anche in questo caso gli outliers), l'intervallo è riferibile ad un contesto "freddo e secco". Nel caso in cui ci siano popolazioni adiacenti che presentano entrambe la medesima collocazione sopra o sotto la mediana, assumeranno un unico significato paleoclimatico.

Grazie all'individuazione delle caratteristiche paleoclimatiche usando i metodi sopra citati, è possibile costruire i "bar logs" che, direttamente collegati alla successione stratigrafica, consentono di attribuirle un significato paleoclimatico.

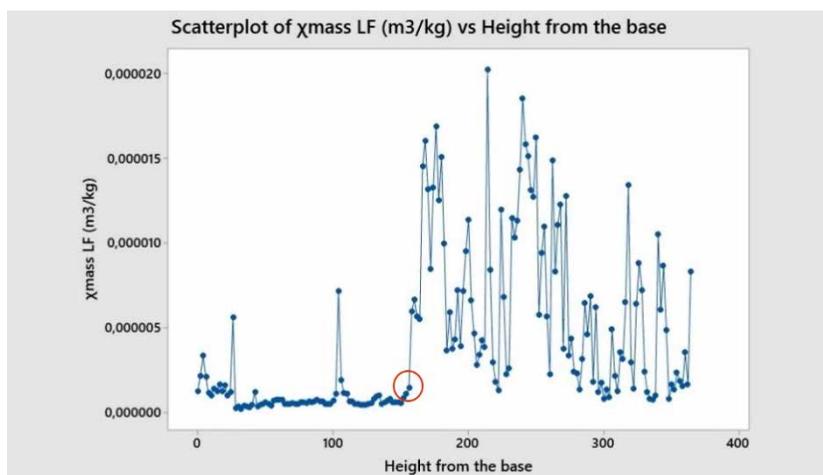


FIGURA 4

Scatterplot dei valori di suscettività magnetica misurata in LF.

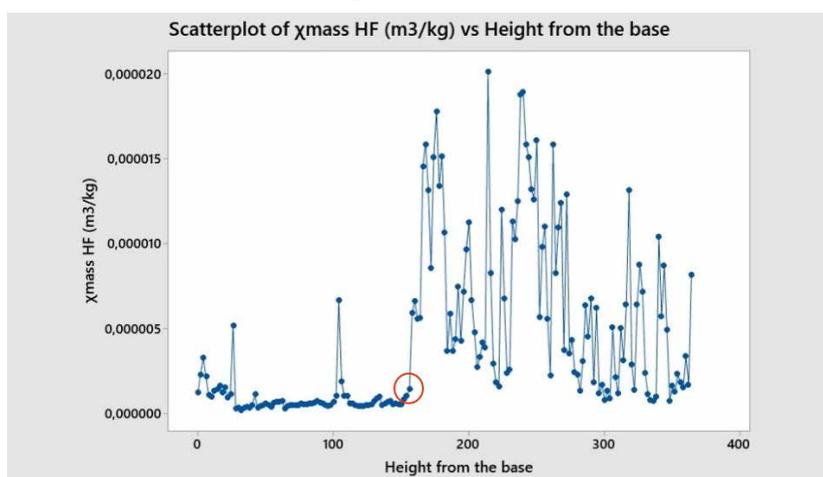


FIGURA 5

Scatterplot dei valori di suscettività magnetica misurata in HF.

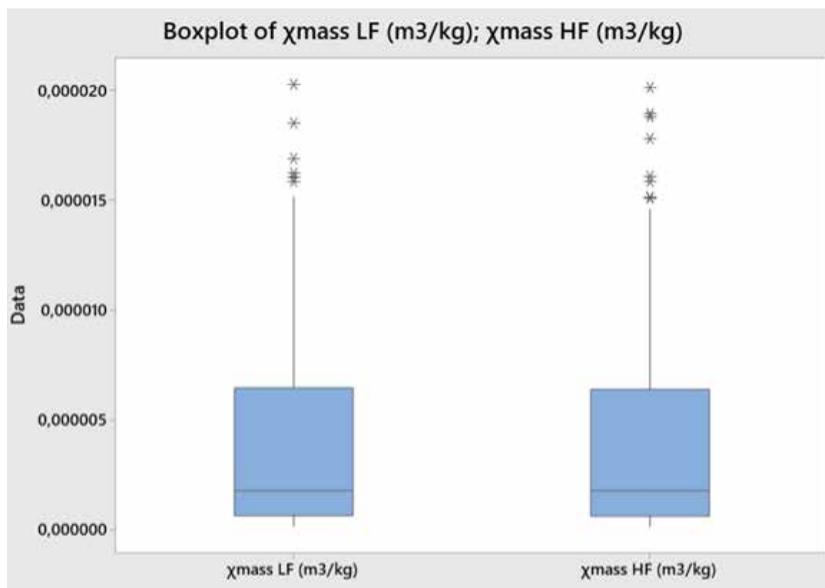
## 5. Analisi dei dati

### 5.1 Analisi dei dati raw della successione

Per entrambe le popolazioni dei dati "raw" di  $\chi_{mass}$  in LF e HF, gli scatterplots (Figura 4,5) mostrano una grande variazione di valori all'altezza del campione SA79, quindi: nella prima parte della successione i valori sono coerenti e relativamente stabili; dal campione SA80 i valori iniziano a fluttuare. Tenendo conto di ciò, la successiva analisi si focalizzerà sulla parte inferiore della successione, mentre della parte superiore non verranno indicati i limiti individuati in quanto questi sono influenzati dall'inquinamento.

Per entrambe le popolazioni dei dati "raw" di  $\chi_{mass}$  in LF e HF, i boxplots (Figura 6) mostrano: cinque outliers per la popolazione  $\chi_{massLF}$ ; sette outliers per la popolazione  $\chi_{massHF}$  e tutti gli outliers sono collocati nella parte sommitale della successione e, quindi, non hanno rilevanza ai fini di questo studio.

Seguendo l'approccio proposto da Ellwood et al. (2008) è possibile individuare,



**FIGURA 6**  
Scatterplot dei valori di suscettività magnetica misurata in HF.

Intervallo Campioni	Altezza da base successione (cm)	Valore medio ( $\mu$ ) LF ( $m^3/Kg$ )	Valore medio ( $\mu$ ) HF ( $m^3/Kg$ )	Significato paleoclimatico secondo Ellwood et al. (2008)	Corrispondenza alla sequenza archeologica
SA1-SA14	0-26	1,83E-06	1,80E-06	caldo e umido	62-35 cm sotto US900
SA15-SA51	28-100	5,18E-07	5,01E-07	freddo e arido	35 cm sotto US900 - 35 cm sopra US900
SA52-SA56	102-110	2,45E-06	2,31E-06	caldo e umido	35 cm sopra US900 - 45 cm sopra US900
SA57-SA77	112-152	6,04E-07	5,85E-07	freddo e arido	45-87 cm sopra US900
SA78-SA79	154-156	1,25E-06	1,23E-06	caldo e umido	87-91 cm sopra US900

**FIGURA 7**  
Intervalli con probabile significato paleoclimatico riportati in ordine stratigrafico.

nella parte di successione compresa tra i campioni SA1-79, cinque intervalli con probabile significato paleoclimatico sia nella popolazione LF che in quella HF e che mostrano i limiti in corrispondenza degli stessi campioni. Gli intervalli identificati sono riportati in ordine stratigrafico in Figura 7.

Le mediane dell'intervallo analizzato sono di  $6,00E-07$  ( $m^3/kg$ ) per

$\chi_{mass}LF$  e di  $5,80E-07$  ( $m^3/kg$ ) per  $\chi_{mass}HF$ , per cui il supposto significato paleoclimatico di questi intervalli non cambia applicando il "metodo della mediana" proposto da Fanti (2020).

### 5.2 Analisi dei dati fit della successione

Anche per entrambe le popolazioni dei dati "fit" di  $\chi_{mass}$  in LF e HF, gli scatterplots (Figura 8,9) mostrano una

grande variazione di valori all'altezza del campione SA78, quindi: nella prima parte della successione i valori sono coerenti e relativamente stabili; dal campione SA79 i valori iniziano a fluttuare (causa inquinamento) e non sono ritenuti attendibili. Per entrambe le popolazioni dei dati "fit" di  $\chi_{mass}$  in LF e HF, i boxplots (Figura 10) mostrano: due outliers per la popolazione FIT $\chi_{mass}LF$ ; quattro outliers per la popolazione FIT $\chi_{mass}HF$ . In entrambi i

casì gli outliers sono collocati nella parte superiore della successione e quindi la loro eliminazione non influenza l'analisi paleoclimatica nella porzione inferiore della successione. Applicando il metodo di Ellwood et al. (2008) è possibile riconoscere, nella parte di successione compresa tra i campioni SA1-78, cinque intervalli che presentano un probabile significato paleoclimatico, sia nella popolazione fit in LF che in quella HF. Le due popolazioni presentano i medesimi limiti degli intervalli, riportati in ordine stratigrafico in Figura 11.

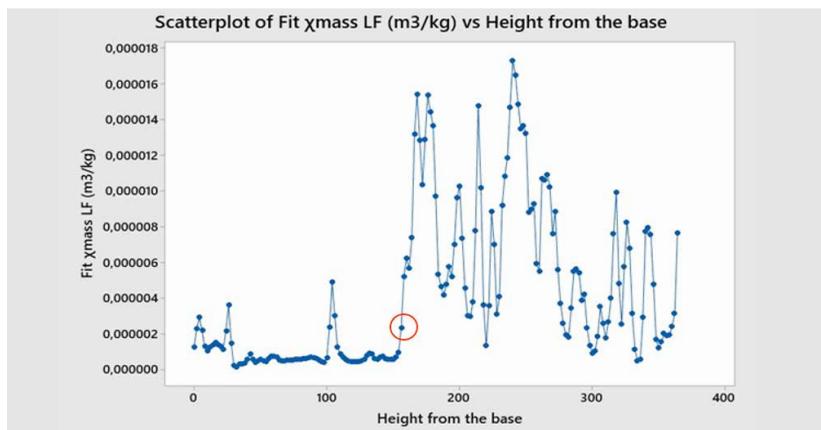
Applicando il metodo della mediana Fanti (2020): è evidente, confrontando le medie degli intervalli dei dati fit in LF e HF con le rispettive mediane, che ci sia un cambiamento del significato paleoclimatico degli intervalli rispetto a quello attribuito ad essi utilizzando il metodo di Ellwood et al., (2008), come emerge in Figura 12.

L'ultimo intervallo preso in considerazione (SA55-SA78) nonostante presenti una media che è di poco superiore alla mediana, viene interpretato come espressione di un clima "freddo e arido" poiché la media dell'intervallo è di un ordine di grandezza inferiore rispetto ai valori medi tipici degli intervalli interpretati espressione di clima "caldo e umido".

### 5.3 Inquinamento

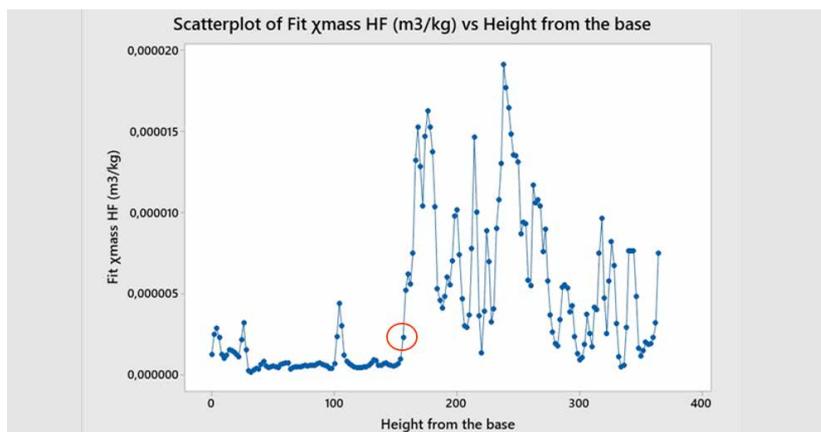
Al fine di identificare le fasi mineralogiche che hanno portato a questi valori alti e fluttuanti di suscettività magnetica nella parte alta della successione, sono stati selezionati i due campioni che mostravano i valori più alti di suscettività. Su questi due campioni sono stati eseguiti dei diffrattogrammi per analizzare sia il bulk sia la frazione ferromagnetica estratta dai campioni con l'ausilio di una calamita.

Per entrambi i bulk dei campioni, i diffrattogrammi non mostrano evidenze di fasi mineralogiche ferromagnetiche probabilmente perché esse sono disperse all'interno di minerali non ferromagnetici (e.g.



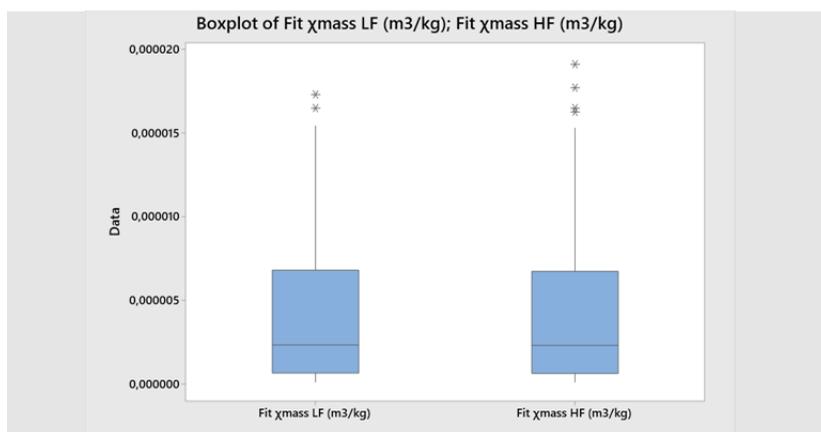
**FIGURA 8**

Scatterplot dei valori fit di suscettività magnetica misurata in LF.



**FIGURA 9**

Scatterplot dei valori fit di suscettività magnetica misurata in HF.



**FIGURA 10**

Boxplots dei valori fit di suscettività magnetica misurata in LF e HF.

Intervallo Campioni	Altezza da base successione (cm)	Valore medio ( $\mu$ ) FIT LF ( $m^3/Kg$ )	Valore medio ( $\mu$ ) FIT HF ( $m^3/Kg$ )	Significato paleoclimatico secondo Ellwood et al. (2008)	Corrispondenza alla sequenza archeologica
SA1-SA4	0-6	2,16E-06	2,20E-06	caldo e umido	62-55 cm sotto US900
SA5-SA15	8-28	1,58E-06	1,54E-06	freddo e arido	55-33 cm sotto US900
SA16-SA51	30-100	5,20E-07	5,00E-07	caldo e umido	33 cm sotto US900 - 35 cm sopra US900
SA52-SA54	102-106	3,42E-06	3,24E-06	freddo e arido	35-51 cm sopra US900
SA55-SA78	108-154	6,50E-07	6,30E-07	caldo e umido	41-89 cm sopra US900



FIGURA 11

Intervalli con probabile significato paleoclimatico riportati in ordine stratigrafico.

Intervallo Campioni	Valore medio ( $\mu$ ) FIT LF ( $m^3/Kg$ )	Valore medio ( $\mu$ ) FIT HF ( $m^3/Kg$ )	Significato paleoclimatico secondo Ellwood et al. (2008)	Significato paleoclimatico secondo Fanti (2020)
SA1-SA4	2,16E-06	2,20E-06	caldo e umido	caldo e umido
SA5-SA15	1,58E-06	1,54E-06	freddo e arido	caldo e umido
SA16-SA51	5,20E-07	5,00E-07	caldo e umido	freddo e arido
SA52-SA54	3,42E-06	3,24E-06	freddo e arido	caldo e umido
SA55-SA78	6,50E-07	6,30E-07	caldo e umido	freddo e arido



FIGURA 12

Confronto del significato paleoclimatico ottenuto applicando il metodo di Ellwood et al (2008) e il "metodo della mediana" proposto da Fanti (2020).

quarzo, calcite etc.) molto abbondanti che nascondono i picchi degli stessi minerali ferromagnetici (Figura 13) Per la frazione ferromagnetica, i diffrattogrammi mostrano sia dei picchi di minerali non ferromagnetici (e.g. quarzo, calcite, feldspato etc.) che suggeriscono l'esistenza di aggregati di minerali, sia picchi tipici della magnetite (Figura 14).

## 6. Discussioni e conclusioni

Per valutare la bontà dei risultati paleoclimatici della suscettività magnetica, sono stati utilizzati due proxies indipendenti come i dati faunistici e le datazioni al 14C. La risoluzione di questi dati non è tuttavia così buona da permettere un confronto preciso con i dati di suscettività magnetica riscontrati. Le datazioni indicano che la successione si è deposta nel MIS3, una fase con clima

temperato, in particolar modo nel picco di raffreddamento chiamato l'H5 (Figura 15). Le faune indicano, invece, che la successione si è deposta in un clima complessivamente più caldo e umido, in ambienti principalmente forestati.

L'analisi dei bar logs mostra una netta dominanza degli intervalli con possibile significato paleoclimatico freddo e arido per tutta la successione indagata, ad eccezione della parte basale della successione (Figura 16). Questo va in contrasto con il proxy delle faune e, per questo motivo, saranno importanti ulteriori studi. Rimane, inoltre, da dare un significato alla piccola oscillazione caldo-umida al centro dei bar logs attraverso successivi studi su datazioni e microfaune.

Infine, è importante notare come l'inquinamento della successione sia dovuto a magnetite che caratterizza

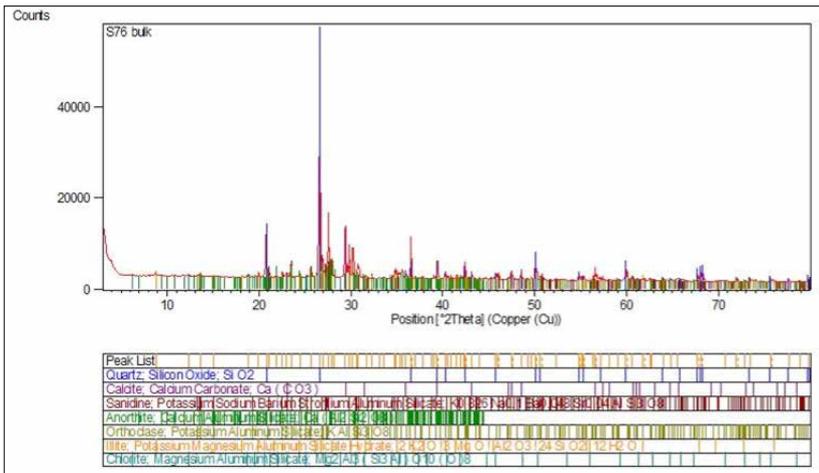


FIGURA 13

Diffattogramma della frazione bulk del campione SA108.

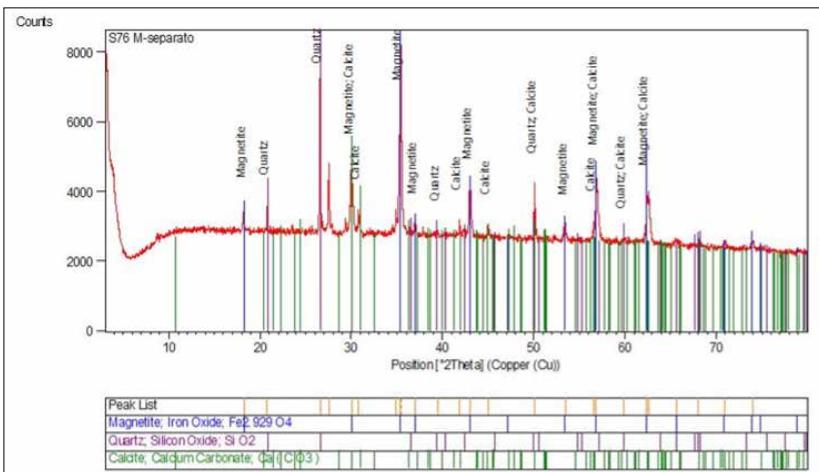


FIGURA 14

Diffattogramma della frazione ferromagnetica del campione SA108.

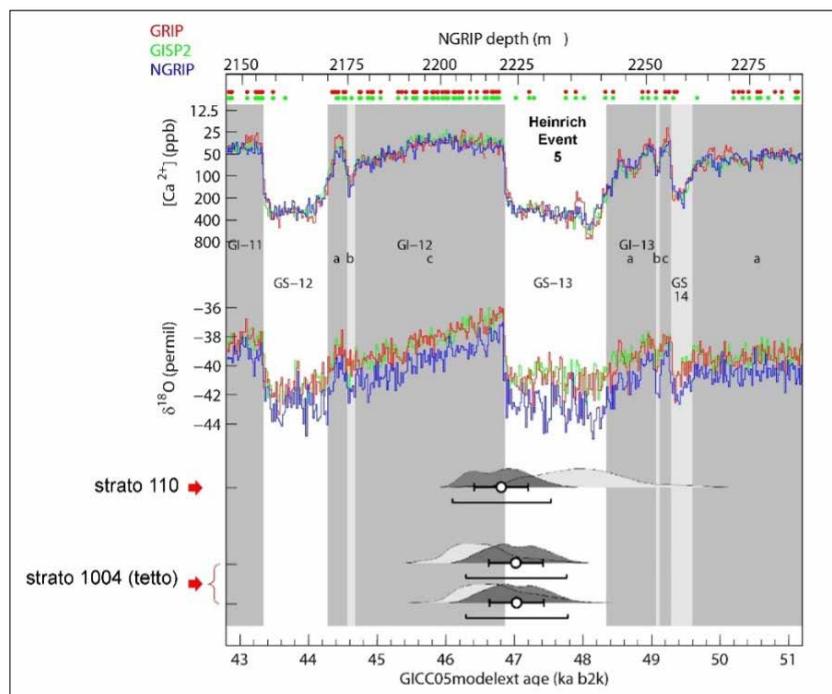
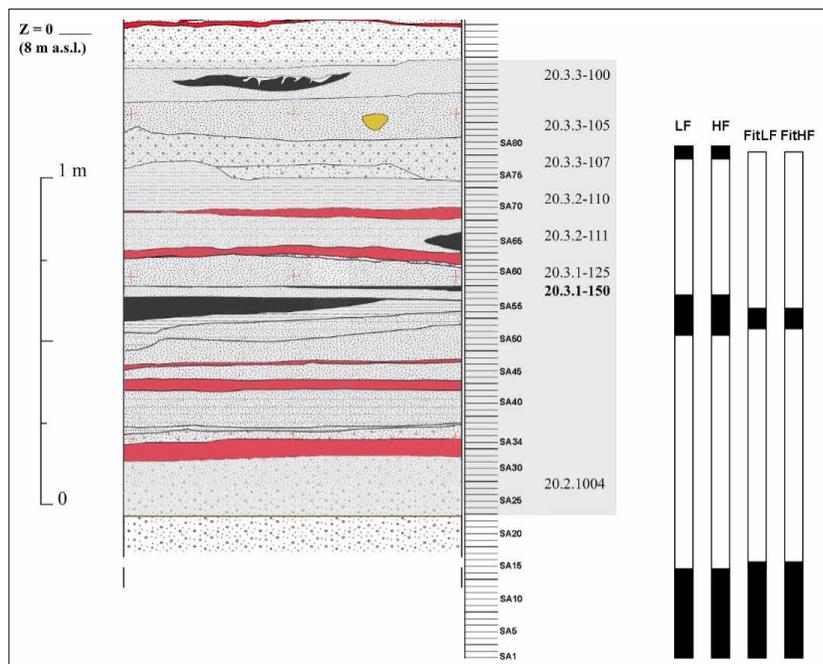


FIGURA 15

Corrispondenza tra le datazioni assolute [14C] e la curva delle oscillazioni paleoclimatiche per l'intervallo indagato secondo Rasmussen et al. (2014).

depositi litoranei nelle vicinanze della grotta. Questo avvalorava l'ipotesi di Segre (1959), che sosteneva come i sedimenti sommitali della successione (sterili dal punto di vista archeologico) potessero essere considerati come sedimenti litoranei che, una volta in posto, avevano provocato la chiusura della grotta impedendo alle faune e all'uomo di accedervi.



**FIGURA 16**

Correlazione tra la colonna stratigrafica, strati archeologici e i bar logs derivanti dai dati di  $\chi_{mass}$  ottenuti sia dai dati raw che dai valori lisciati ("fit"). Nei bar logs sono perciò evidenziati i diversi intervalli con supposto significato paleoclimatico: in bianco quelli indicativi di un clima freddo e arido, in nero quelli di un clima caldo e umido.

## BIBLIOGRAFIA

Ellwood B.B., Petruso K.M., Harrold F.B., Schuldenrein J. (1997). High-resolution paleoclimatic trends for the Holocene identified using magnetic susceptibility data from archaeological excavations in caves. *Journal of Archaeological Science*, 24(6), 569-573.

Ellwood B.B., Harrold F.B., Benoist S.L., Thacker P., Otte M., Bonjean D., Longe G.J., Shahine M.A., Hermann P.R., Grandjean F. (2004). Magnetic susceptibility applied as an age-depth-climate relative dating technique using sediments from Scladina Cave, a Late Pleistocene cave site in Belgium. *Journal of Archaeological Science*, 31(3), 283-293.

Ellwood B.B., (2007). Magnetic Susceptibility (MS), Low-Field. In: Gubbins D., Herrero Bervera E. (Eds.) *Encyclopedia of geomagnetism and paleomagnetism*. Springer Science & Business Media, 566-571.

Fanti S., (2020). Suscettività magnetica come proxy paleoambientale: studio metodologico su successioni di grotta di interesse archeologico. Tesi di Laurea Magistrale, Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente dell'Università di Siena, 94 pp.

Martini I., Baucon A., Boschin F. (2020). Depositional processes and environmental settings in rock shelters: the case of the prehistoric Oscuruscuito site (Southern Italy). *Geological Magazine*, 158(5), 891-904.

Moroni, A., Boschian, G., Crezzini, J., Montanari-Canini, G., Marciani, G., Capecchi, G., Arrighi, S., Aureli, D., Berto, C., Freguglia, M., Araujo, A., Scaramucci, S., Hublin, J.J., Lauer, T., Benazzi, S., Parenti, F., Bonato, M., Ricci, S., Talamo, S., Segre, A.G., Boschin, F., Spagnolo, V., (2019). Late Neandertals in Central Italy. High-resolution chronicles from Grotta dei Santi (Monte Argentario - Tuscany). *Quaternary Science Reviews*, 217, 130-151.

Rasmussen S.O., Bigler M., Blockley S.P., Blunier T., Buchardt S.L., Clausen H.B., Cvijanovic I., Jensen D., Johnsen S.J., Fischer H., Gkinis V., Guillevic M., Hoek W.Z., Lowe J.J., Pedro J.B., Popp T., Seierstad I.K., Peder Steffensen J., Svensson A.M., Vallelonga P., Vinther B.M., Walker M.J.C., Wheatley J.J., Winstrup M. (2014). A stratigraphic framework for abrupt climatic changes during the Last Glacial period based on three synchronized Greenland ice-core records: refining and extending the INTIMATE event stratigraphy. *Quaternary Science Reviews*, 106, 14-28.

Segre A.G., (1959). Giacimenti pleistocenici con fauna e industria litica a Monte Argentario (Grosseto). *Rivista di Scienze Preistoriche*, XIV, 1-18 pp.

DATALOGGER E  
TELEMETRIE

# LEVELLOGGER 5

LA QUINTA GENERAZIONE  
DEI DATALOGGER  
SOLINST®



NOVITÀ

SENSORE LIVELLO  
TEMPERATURA  
MODBUS • SDI-12



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

#### Caratteristiche\*

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

#### Applicazioni

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

\*Le caratteristiche variano in base al modello.

Da sempre impegnati nell'offrire le soluzioni tecnologiche più avanzate e affidabili per misure e monitoraggio di livello, campionamenti low-flow e indisturbati, analisi qualitative delle acque sotterranee o di superficie. Abbiamo selezionato i migliori prodotti disponibili sul mercato internazionale per soddisfare le esigenze dei professionisti del settore.



MISURE DI LIVELLO



CAMPIONAMENTO  
LOW-FLOW



PROFILAZIONE  
MULTILIVELLO



BONIFICA  
IDROCARBURI

## Solinst®

DISTRIBUTORI UFFICIALI PER L'ITALIA E RIVENDITORI PER CROAZIA,  
SLOVENIA E SVIZZERA DEI PRODOTTI SOLINST®

Una partnership di successo che dura da oltre trent'anni.

EGEO +lab

WWW.EGEO.LAB.IT

GRUPPO EGEO S.R.L. | VIA OVIDIO, 11 - 20026 NOVATE MILANESE (MI) | TEL. +39 02 36 577 830 | EMAIL: EGEO@EGEO.LAB.IT

## PILLOLE DI GEOTECNICA



A CURA DEL PROF. PIERO FOCARDI

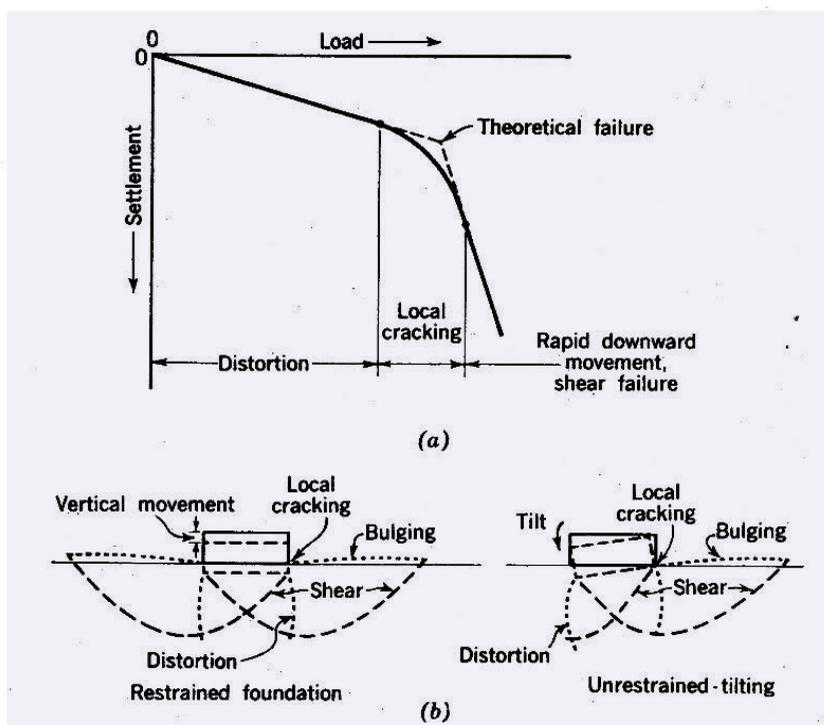
# OGGI PARLIAMO DI ROTTURA GENERALE E LOCALE (GENERAL E LOCAL SHEAR)

**P**er la progettazione delle fondazioni è necessario determinare la capacità portante o carico limite che corrisponde alla pressione massima che una fondazione può trasmettere al terreno fino al raggiungimento della rottura del terreno stesso.

Se facciamo una prova di carico sul terreno con una piastra e riportiamo in diagramma i cedimenti in funzione delle pressioni applicate si osserva che per carichi piccoli i cedimenti sono contenuti e direttamente proporzionali ai carichi; oltre un certo carico i cedimenti crescono più rapidamente disponendosi lungo una retta a pendenza maggiore.

L'intersezione tra le tangenti ai tratti rettilinei definisce il punto teorico di rottura del terreno corrispondente al carico massimo che il terreno può tenere prima di manifestare cedimenti rilevanti.

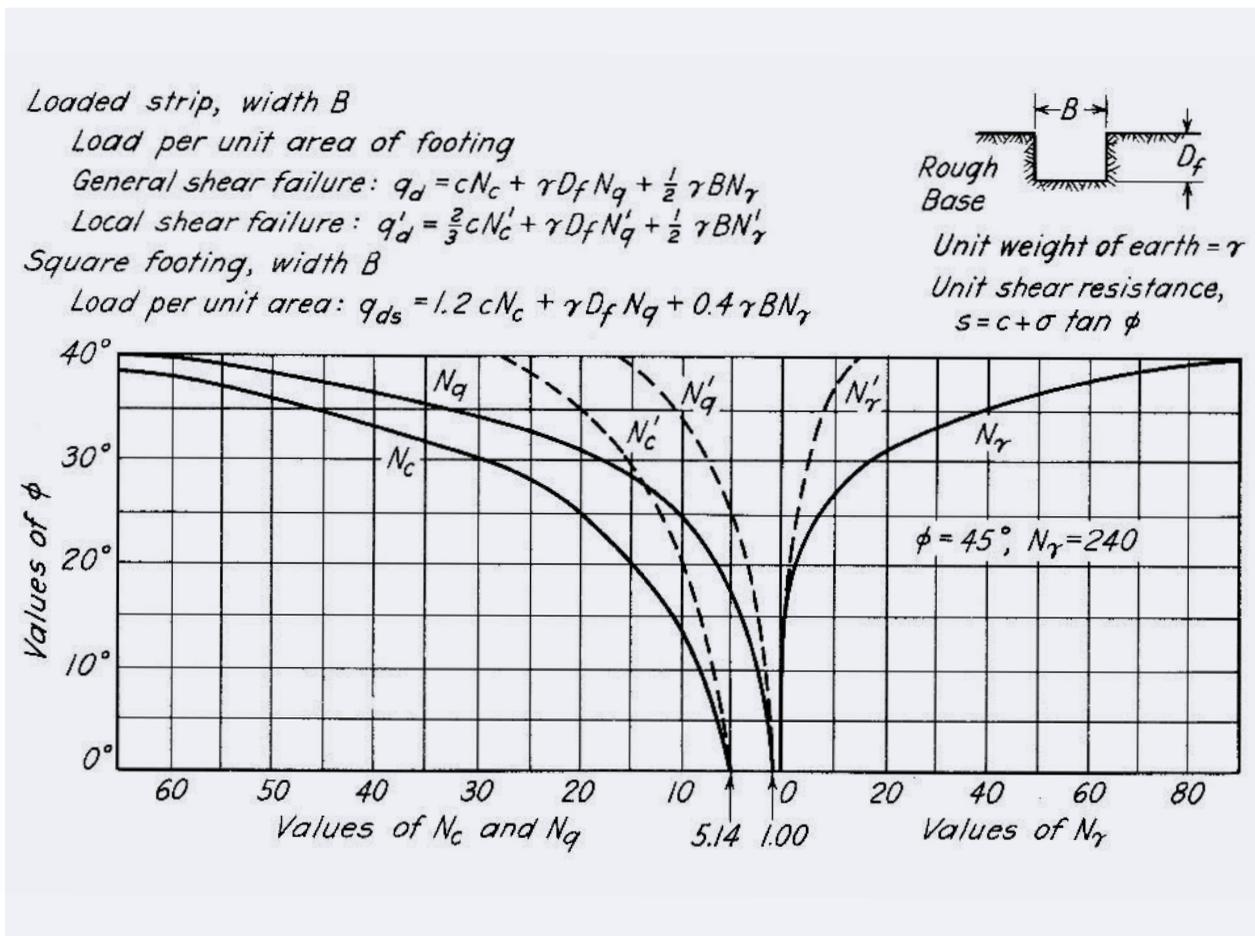
Analisi sul comportamento del terreno nelle prove di carico hanno evidenziato



**FIGURA 1**

Fasi di rottura per superamento della resistenza del terreno.





**FIGURA 4**

Fattori di capacità portante per rottura generale e locale.

geotecnici assumendo i seguenti valori di coesione e angolo di attrito interno:

$$c_{corr} = \frac{2}{3}c$$

$$\tan \phi_{corr} = \frac{2}{3} \tan \phi$$

Nella figura 4 sono riportati in diagramma i fattori di capacità portante per la rottura totale e i fattori di capacità portante per rottura locale ricalcolati con le correzioni sopra indicate.

Ma esistono anche condizioni di consistenza e densità per le quali è difficile individuare il comportamento del terreno a rottura e in questi

casi alcuni autori (Sowers, 1962) suggeriscono di assumere fattori di capacità portanti intermedi tra quelli di rottura generale e locale in relazione ai valori della densità relativa nel caso di terreni incoerenti e del grado di sensibilità nel caso di argille.

Questo criterio di riduzione dei parametri geotecnici in relazione alla deformabilità del terreno e che in sostanza corrisponde all'applicazione di un coefficiente di sicurezza nell'interno della formula, non ha una base scientifica ed è probabilmente per questo motivo che in molti testi di geotecnica moderni il problema non viene adeguatamente trattato.

Ma Karl Terzaghi, che oltre ad essere un ottimo scienziato aveva anche il senso pratico della meccanica delle terre, aveva introdotto questo criterio di calcolo per la rottura locale proprio in virtù della sua esperienza professionale su terreni poco consistenti e poco addensati che entrano in crisi prima che si sviluppino le condizioni di rottura generale come evidenziato dalla curva della figura 3.

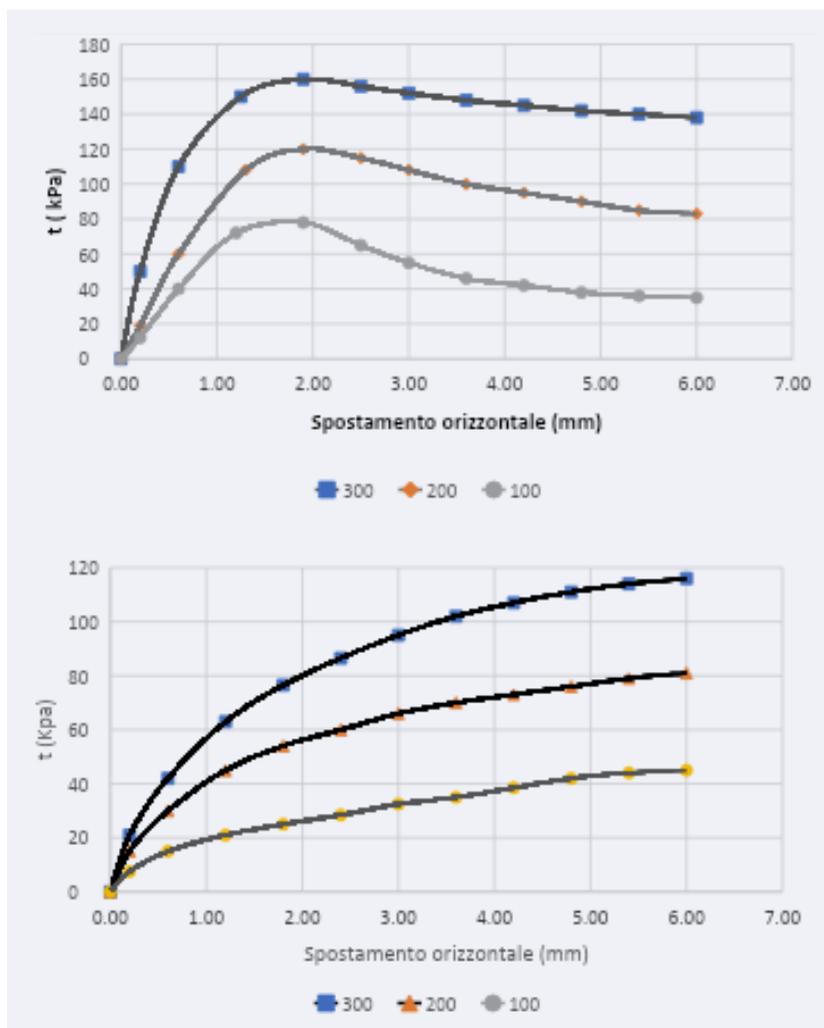
La prova di carico in sito è diversa dalle prove di taglio e triassiale eseguite in laboratorio in quanto nelle prime si misurano le deformazioni al crescere delle pressioni, nell'altre le resistenze a deformazioni controllate e le superfici

lungo le quali avviene la rottura del terreno sono completamente diverse ma in tutti i casi si determina la resistenza al taglio che progredisce con l'avanzamento della prova fino a raggiungere il valore massimo con interessanti analogie con le curve di resistenza delle prove di carico in sito.

Le resistenze al taglio diretto al variare delle deformazioni ottenute da campioni di argilla sovraconsolidata o di sabbia addensata presentano un picco di resistenza per una deformazione corrispondente al 40-50% della deformazione orizzontale dei provini; diversamente i grafici di argille poco consistenti e di sabbie poco addensate evidenziano un progressivo incremento di resistenza al taglio fino al valore massimo di deformazione consentito dalla apparecchiatura di prova (Fig.5)

La configurazione delle curve di resistenza al taglio con raggiungimento della resistenza massima per deformazioni di 2-3 mm ovvero con crescita progressiva fino alle deformazioni massime di prova può essere utile per orientarsi sulla scelta dei fattori relativi alla rottura generale o locale.

Nel caso di soluzioni incerte sul comportamento del materiale in sito sottoposto a carico assiale, in alternativa al criterio di Terzaghi, si potrebbe ricorrere alla determinazione dei parametri di resistenza al taglio dalla retta di Coulomb utilizzando i valori di resistenza ottenuti per livelli di deformazione di 2-3 mm corrispondenti al 33 e 50% dell'intero percorso di prova.



**FIGURA 5**

Diagrammi di resistenza al taglio di 2 campioni di diversa consistenza.

A titolo di esempio, nella prova di taglio su materiale di bassa consistenza indicata in figura 5, l'angolo di attrito interno ottenuto con la retta di Coulomb, corrispondente alla deformazione di 2 mm è  $15,5^\circ$  e a fine prova (percorso 6 mm) è  $22,5^\circ$ .

A questi dati corrispondono le tangenti 0,277 e 0,414 e il loro rapporto coincide col rapporto  $2/3$  suggerito da Terzaghi per passare dai fattori di capacità portante per rottura generale a quella per rottura locale.

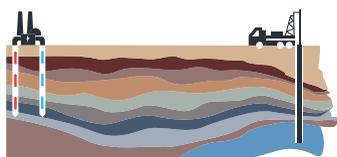
## BIBLIOGRAFIA

Sowers G.F. (1962) "Shallow foundations" da Foundation Engineering, Edited G.A. Leonards-McGraw-Hill Book Company Inc. - New York.

Terzaghi K., Peck R.B. ((1967) "Soil Mechanics in Practice"-John Wiley & Sons - New York.

## NEWS DALL' ORDINE

# GRAZIE A TUTTI PER LA PARTECIPAZIONE



**ASSEMBLEA  
GENERALE DEGLI ISCRITTI**  
Ordine dei Geologi della Toscana



25 OTTOBRE 2024 | Firenze

**I**l 25 ottobre 2024 si è svolta a Firenze l'Assemblea Generale degli Iscritti, che l'Ordine dei Geologi della Toscana ha organizzato presso l'Auditorium Cosimo Ridolfi, confermando l'obiettivo a confermarla come un incontro stabile, per fare formazione, informazione e fare comunità.

Il tema della Giornata è stato: LA TOSCANA DELLE RISORSE. L'evento ha visto la partecipazione in presenza di molti iscritti e chi non è riuscito ad esserci ha potuto seguire in streaming.

L'evento è stato un importante momento di riflessione scientifica con lavori e interventi articolati intorno ai temi legati alle risorse geologiche del territorio toscano e alla loro valorizzazione e gestione. Strategico il tema del ruolo del geologo sulla Sostenibilità e l'analisi della condizione geologica locale nell'ottica dell'interazione tra ambiente, siti, sviluppo green e dello studio delle risorse del territorio e delle attività da promuovere per una crescita sostenibile.

**SFOGLIA  
LA GALLERIA  
SU FACEBOOK**







**ogt**  
ORDINE dei  
GEOLOGI della  
TOSCANA



ANNO XXXV N°124 • GENNAIO 2025

Periodico d'informazione dell'Ordine dei Geologi della Toscana

#### **DIRETTORE RESPONSABILE**

Riccardo Martelli

#### **COORDINAMENTO EDITORIALE**

Alessandro Danesi

#### **CONSIGLIO DELL'ORDINE**

Alessandro Cortopassi, Alessandro Danesi, Daria Duranti, Simone Frosini, Chiara Lapira, Elisa Livi, Gaddo Mannori, Riccardo Martelli, Samuel Medoro, Iacopo Parenti, Monica Salvadori

#### **COMMISSIONE SCIENTIFICA**

Massimo Baglione, Gianluca Cornamusini, Lorella Francalanci, Roberto Gianecchini, Brunella Raco, Simone Sartini, Enrico Tavarnelli

#### **COMITATO DI REDAZIONE**

Giancarlo Lari, Guido Lavorini, Stefano Farinelli, Donato Merola, Maria Chiara Piccardi, Massimo Della Schiava, Luciano Sergiampietri

#### **EDITORE**

Ordine dei Geologi della Toscana,  
Via Vittorio Fossombroni, 11, 50136 Firenze

#### **DIREZIONE E REDAZIONE CENTRALE**

Via Vittorio Fossombroni, 11 - 50136 Firenze  
Tel. 055 2340878 - fax 055 2269589  
email: [il\\_geologo@geologitoscana.it](mailto:il_geologo@geologitoscana.it)  
[www.geologitoscana.it](http://www.geologitoscana.it)

#### **PUBBLICITÀ**

Agicom srl  
Viale Caduti in Guerra, 28 - 00060 Castelnuovo di Porto (RM)  
Tel. 069078285 - fax 069079256  
[agicom@agicom.it](mailto:agicom@agicom.it)  
[www.agicom.it](http://www.agicom.it)

#### **CREATIVITÀ E GRAFICA**

Agicom Graphic Ideas

#### **STAMPA**

Spadamedia Srl

**POSTE ITALIANE SPA** - Spedizione in Abbonamento Postale 70% - DCB FI  
Autorizzazione Tribunale di Lucca N. 531 del 17/09/90

Fatti salvo gli obblighi di legge, la redazione declina ogni responsabilità riguardo ai contenuti degli spazi pubblicitari, che non possono in alcun modo essere considerati rappresentativi, prossimi o indicativi della politica dell'ordine di cui la rivista è organo. Tutte le inserzioni pubblicitarie sono gestite dalla Agicom srl. È espressamente vietata la riproduzione di testi e foto ai sensi e per gli effetti dell'art. 65 della legge n. 633-22.4.1941.



# DIAPIRO NEI PRESSI DI AL WUSTA (OMAN)

Foto di Alessandro Danesi





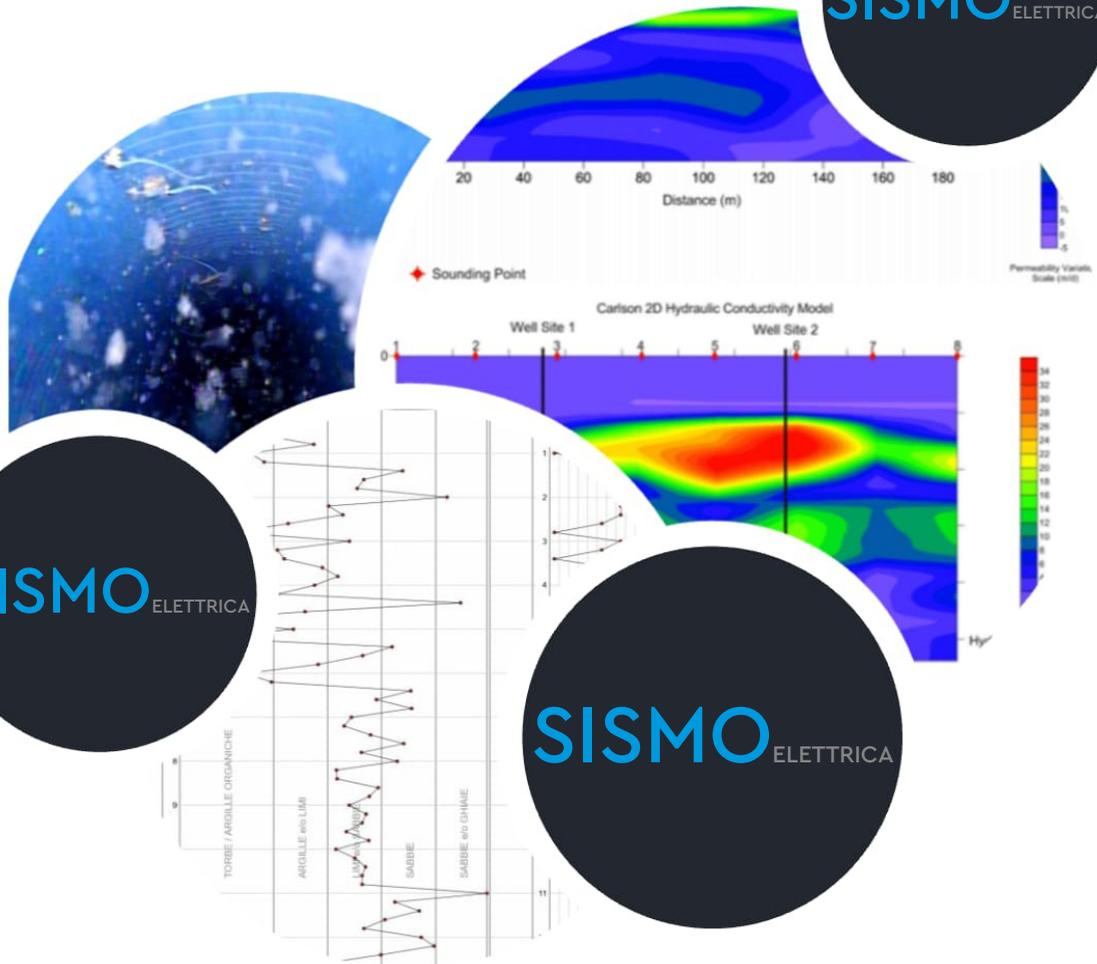
SISMO ELETTRICA



SISMO ELETTRICA



SISMO ELETTRICA



SERVIZI DI GEOFISICA E GEOGNOSTICA APPLICATI ALL'AMBIENTE