NUMERO 121

IL GEOLOGO

PERIODICO UFFICIALE

SALTO DEL DIAVOLO, FORRA CARSICA NEL COMUNE DI CASTAGNETO C.CCI

Foto di L. Tinagli

MONTAGNE DI KHUMBU, HIMALAYA NEPALESE

Articolo a Pagina 26

ogt
ORDINE del GEOLOGI della TOSCANA

POSTE ITALIANE SPA / Spedizione in Abbonament Postale 70% - DCB FI - Contiene IP

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

Sottocontrollo

ARES II/10 è un ottimo georesistivimetro multicanale: studi ambientali, ricerca di inquinanti, rilievi di cavità e archeologici…

Strumenti – anche a noleggio – per:

monitoraggio ambientale

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

studio del sottosuolo

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

gallerie, ponti viadotti

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

Ares II

Seleziona il link!

CODEVINTEC

Tecnologie per le Scienze della Terra e del Mare

Codevintec rappresenta anche:

GF Instruments GSSI

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

CTD Logger multiparametrico
(conducibilità, temperatura, pressione)

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

Competenza nella idrologia

Unità di transmissione 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

KELLER Italy · Tel. 800 78 17 17 · officeitaly@keller-druck.com · www.keller-druck.com

N. 121
SOMMARIO

ILLUSTRAZIONE 3D DEGLI STRATI DEL TERRENO
Foto di @pe_jo (freepik.com)

CONVEGNO "LE BALZE DI VOLTERRA UN GEOSITO IN EVOLUZIONE"

07 EDITORIALE
RICCARDO MARTELLI
Presidente dell'ordine dei Geologi della Toscana

09 DALLA REDAZIONE
ALESSANDRO DANESI
Coordinatore di redazione

10 DALLA SEGRETERIA

12 NEWS DALL'ORDINE

17 PILLOLE DI GEOTECNICA
Oggi parliamo del coefficiente di permeabilità delle terre

26 TESI DI LAUREA
La rara paragenesi a cloritoide + biotite + granato nelle metapeliti della Lesser Himalayan Sequence (Himalaya Nepalese): petrografia, minero-chimica, reazioni metamorfiche e modellizzazione termodinamica

32 NEWS DALL'ORDINE

33 IN MEMORIA DI

COMUNICATO STAMPA – III°/2023

LABORATORI GEOTECNICI AUTORIZZATI DELLA TOSCANA

RUOLO DEI LABORATORI AUTORIZZATI

RAPPORTI CON: PROGETTISTI, CONSULENTI, DIREZIONE LAVORI E STAZIONI APPALTANTI – PARTE I

Le strutture autorizzate per l'esecuzione e certificazione di prove (Laboratori s.l.), secondo le intenzioni del normatore, sono preposte a collaborare con tutti gli Attori del *"Processo edilizio"* in attuazione a quanto previsto nelle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni, oggi D.M. 17.01.2018, e della relativa circolare applicativa.

Seguendo quanto richiamato più volte nel dettato delle circolari applicative "la valutazione della sicurezza delle costruzioni non può che realizzarsi mediante un adeguato processo basato sulla conoscenza". Conoscenza che riguarderà le caratteristiche fisiche e meccaniche dei terreni e delle rocce che interagiscono direttamente con le costruzioni, dei materiali da costruzione utilizzati per esse e di quegli stessi materiali che sono presenti nelle strutture e nelle costruzioni esistenti.

Tale processo è necessario per fornire e garantire massima credibilità ai parametri di progetto e non può prescindere da un sistema di controllo e certificazione, al quale il normatore sin dal 1971 (L. 1086/71) e con svariati successivi provvedimenti, ha conferito "Valore di legge".

Ultimo di tali provvedimenti in ordine temporale, relativo al sistema di certificazione della conoscenza dei materiali e delle strutture finora pienamente attuato per le nuove costruzioni, come previsto dal disposto comunitario e dal Regolamento 305/2011 (UE), è stato la circolare 633/STC del 2019 relativo a quanto richiamato al Capitolo 8 delle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni.

Di seguito si elencano e ricordano i diversi settori di autorizzazione previsti dal D.P.R. 380/2001:

a) Prove sui materiali da costruzione.

c) Prove di laboratorio su terre e rocce.

c-bis) Prove e controlli su materiali da costruzione su strutture e costruzioni esistenti".

E' obbligo di ciascun Attore, coinvolto a vario titolo in questo complesso processo conoscitivo, verificare il possesso e la conservazione dei requisiti di ciascuna struttura autorizzata in esso coinvolta.

La consultazione degli elenchi del MIT attraverso il sistema **"SICURNET.2"** consente di avere in tempo reale la verifica della sussistenza dei requisiti spesso riportati in modo fin troppo generico sui capitolati di gara.

"Laboratori di cui all'Art. 59 del DM 380/2001"

A tal proposito e riferendo in particolar modo a quanto attiene agli appalti pubblici, data la differente tipologia e regolamentazione delle strutture autorizzate previste dalla norma, la presenza per tali attività del divieto di intermediazione e, non ultima, la necessità di garanzia di indipendenza e terzietà per tutte le varie fasi di controllo e vigilanza previste, risulta evidente la necessità da parte delle stazioni appaltanti di procedere a gare di appalto e relativi affidamenti, attribuiti per singoli settori di prova.

L'approccio usuale, cioè di predisporre gare di appalto multiservizi senza tenere conto di quanto previsto dalla norma a garanzia della sicurezza del costruito, risulta in evidente contrasto con il fatto che, come riportato nella sentenza del Consiglio di Stato nr. 5975/2023 del giugno scorso, "Il processo di certificazione deve svolgersi secondo una sequenza procedimentale, che deve assicurare il rispetto dei principi che regolamentano la funzione pubblica che è deputato a perseguire".

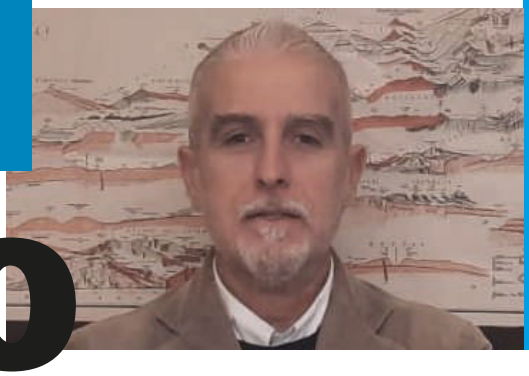
La.G.A.Tos.

Partecipano al gruppo di lavoro La.G.A.Tos. i laboratori autorizzati ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. 380/2001: Delta, Elleti, Igetecma, Next, Nuova Geotec, Laboter, Pangeo e Sigma.

ogt
ORDINE del GEOLOGI della TOSCANA

EDITORIALE

IL PUNTO



RICCARDO MARTELLI
PRESIDENTE DELL'ORDINE DEI GEOLOGI DELLA TOSCANA

Superare interessi di categoria e lavorare fianco a fianco con le altre categorie professionali dell'area tecnica è da diversi anni uno degli obiettivi strategici dell'Ordine dei Geologi della Toscana, secondo solo alla volontà di aprirsi alle iscritte ed agli iscritti della nostra regione.

Il paziente lavoro svolto in questi anni ha portato il nostro Ordine al centro delle iniziative maturate nell'ambito della Rete Toscana delle Professioni Tecniche e nella Commissione dei Soggetti Professionali: il primo, soggetto non istituzionale, il secondo soggetto istituzionale, definito con norma della Regione Toscana e parte del tavolo di concertazione.

È grazie all'ottimo lavoro svolto dal nostro Ordine con Agronomi, Architetti, Chimici e Fisici, Geometri, Ingegneri, Periti che la Rete Toscana delle Professioni Tecniche ha goduto negli ultimi anni di una sorta di istituzionalizzazione da parte della Regione Toscana, dato che sempre più frequentemente quest'ultima richiede il coinvolgimento attivo di Ordini e Collegi.

Non ultimo, quello relativo alle attività che si renderanno necessarie nelle fasi di superamento dell'emergenza provocata dagli eventi del 2 novembre, che hanno interessato una vasta porzione della nostra Regione. Nei giorni passati abbiamo avuto un incontro con l'ufficio di Protezione Civile Regionale per lavorare alla creazione di una struttura fatta da iscritte e iscritti a Ordini e Collegi, che possa supportare l'amministrazione centrale nelle fasi di emergenza e post-emergenza. Tale struttura sarebbe la naturale evoluzione dell'accordo quadro che è stato firmato

lo scorso anno fra Rete Toscana delle Professioni Tecniche e Regione Toscana sulle attività di protezione civile, promosso dal nostro Ordine. In precedenza, grazie alle continue interlocuzioni sul tema che portiamo avanti da anni con Regione Toscana, è stato richiesto al nostro Ordine un sopporto logistico per le attività di mappatura dei fenomeni franosi, nel corso dell'emergenza del Maggio scorso in Alto Mugello.

Ed aggiungo che nei mesi scorsi, l'ufficio del Commissario straordinario alla ricostruzione sul territorio delle Regioni Emilia Romagna, Toscana e Marche Gen. Francesco Paolo Figliuolo aveva coinvolto la Rete Nazionale Professioni e le reti locali dei professionisti, fra cui quella toscana, per dare vita alle ordinanze per il ristoro di imprese (già vigente), e famiglie (in fase di adozione).

Dunque, appare evidente come la tendenza generale della politica locale sia quella di cercare sempre più la sponda del mondo delle professioni, che riteniamo non debba mai mancare da parte nostra, se vogliamo ribadire una volta di più l'importanza sociale di quell'universo che stiamo rappresentando, fatto di tecnici che operano nei settori pubblici e privati.

Ed allora, potete immaginare quanta possa essere grande la soddisfazione di avere a coordinare la Rete Toscana delle Professioni Tecniche per i prossimi due anni un geologo, il consigliere del nostro Ordine Simone Frosini, che ha raccolto l'eredità della Dott.ssa For. Lara Roti, alla quale si deve un deciso cambio di passo nella gestione delle politiche interprofessionali. All'amico Simone ho avuto modo di dire, in sede di consiglio della Rete, che va ad assumere una grande responsabilità, ma anche che sono tranquillo, perché conosco le qualità dell'uomo e del professionista: lo attende un lavoro immane per il quale avrà il sostegno di tutte le colleghe e colleghi della nostra regione.

ALESSANDRO DANESI
COORDINATORE DI REDAZIONE

Care lettrici, cari lettori, anche questo numero vede la prosecuzione intrapresa per portare la nostra rivista ad essere un utile strumento per la vita lavorativa e per l'aggiornamento dei Geologi.

In particolare l'uscita 121 vede una nuova puntata della rubrica "pillole di geotecnica" che vuol rappresentare un utile compendio per gli aspetti geotecnici pensando che possa essere un utile spunto per approfondire temi geotecnici.

Questa uscita vede anche la pubblicazione di una Tesi di Laurea ritenuta meritevole di pubblicazione dalla commissione del premio di laurea David Giuntini, che parla di geologia strutturale Himalayana. Questo abstract porta il lettore su montagne lontane che tuttavia tratteggia un'orogenesi alpina che ricorda molto da vicino quello delle nostre catene montuose.

Trovano spazio anche alcune comunicazioni di servizio operative e la presentazione dell'evento sulle Balze di Volterra che ha visto la partecipazione di numerosi colleghi da molte province toscane.

In conclusione abbiamo voluto pubblicare il ricordo del Prof. Nardi, recentemente scomparso, scritto dal Dott. Barsanti e dal Dott. Sani, suoi allievi e amici.

Ci auguriamo di riceve da parte vostra segnalazioni, articoli, foto e tutto quanto vorreste vedere nella rivista dei Geologi toscani. Vi auguro una buona lettura.

TECNA Srl
CQOP SOA Costruttori Qualificati Opere Pubbliche OS 21 : II OS 20-B : I Attestazione : 65213 / 10 / 00
IMQ CERTIFIED QUALITY MANAGEMENT SYSTEM ISO 9001:2015
MORETTI TECNA
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

Micropali e pali di sottofondazione
Tiranti a trefoli ed in barre, ancoraggi
Prove scissometriche VBT
Pozzi per acqua
Prove permeabilità Lefranc
Prove permeabilità Lugeon
Prelievo campioni indisturbati
Installazione tubi inclinometrici
Installazione tubi per down-hole

anisig Associazione Nazionale Imprese Specializzate in Indagini Geognostiche

Numero Verde 800 102000

ogt
ORDINE dei GEOLOGI della TOSCANA

DALLA SEGRETERIA

La seguente guida cerca di andare incontro all'esigenza di molti colleghi di avere un solo indirizzo di posta elettronica, facendo confluire i messaggi inviati alla casella geologitoscana.net su una casella personale presidiata. In questo modo auspichiamo che le comunicazioni provenienti dalla segreteria abbiano una maggiore efficacia.

Se la casella di posta sul dominio geologitoscana.net risulta:

- piena;
- con un indirizzo di inoltro che non cancella automaticamente i messaggi sul server;
- con un indirizzo di inoltro non presidiato;
- con un indirizzo di inoltro che smista la posta in arrivo in spam.

La posta non viene consegnata per casella piena.

Invitiamo gli iscritti cortesemente a:

- verificare che l'indirizzo di inoltro presidiato non riconosca le mail in arrivo dal dominio geologitoscana.net come spam;
- collegarsi all'indirizzo: webmail.aruba.it (accedendo con le proprie credenziali: email e password);
- svuotare periodicamente (6 mesi) la casella dei messaggi più vecchi per non incorrere nel rischio di perdere informazioni.

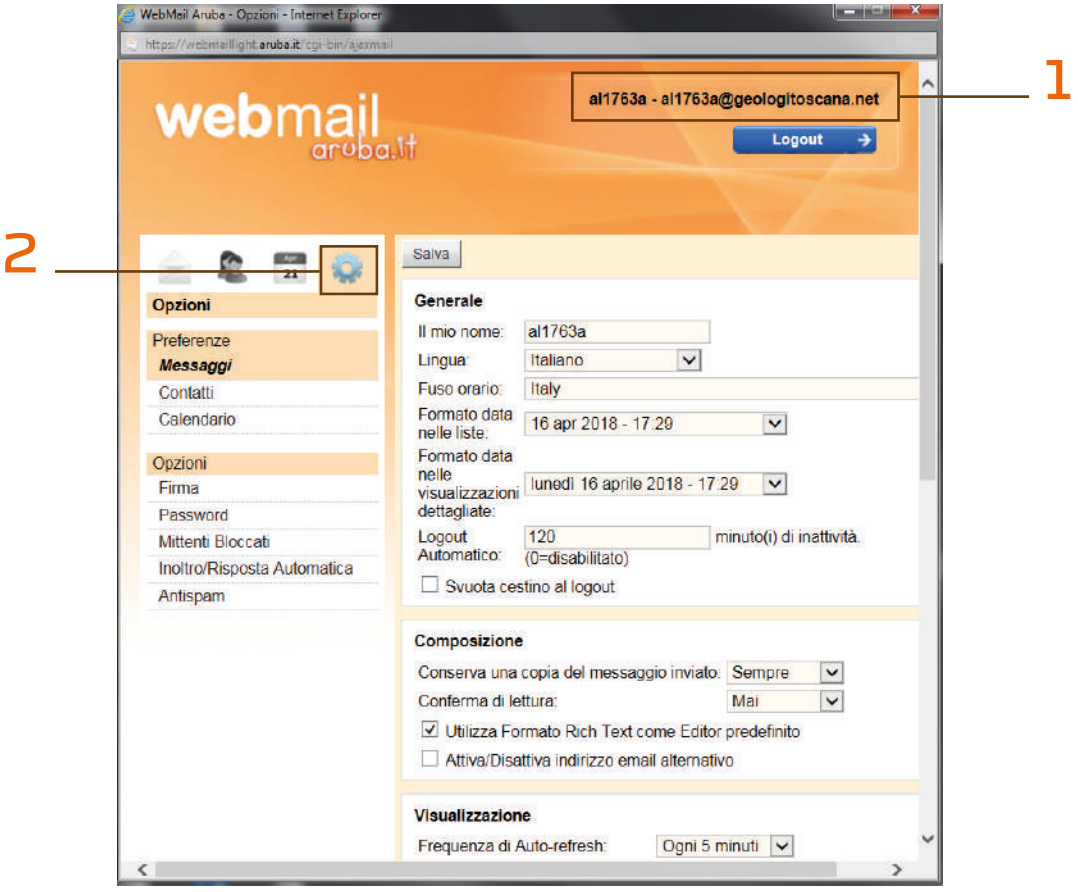
È consigliato inoltrare la posta in arrivo sull'account webmail aruba dell' OGT attraverso la funzione "Inoltro/Risposta Automatica".

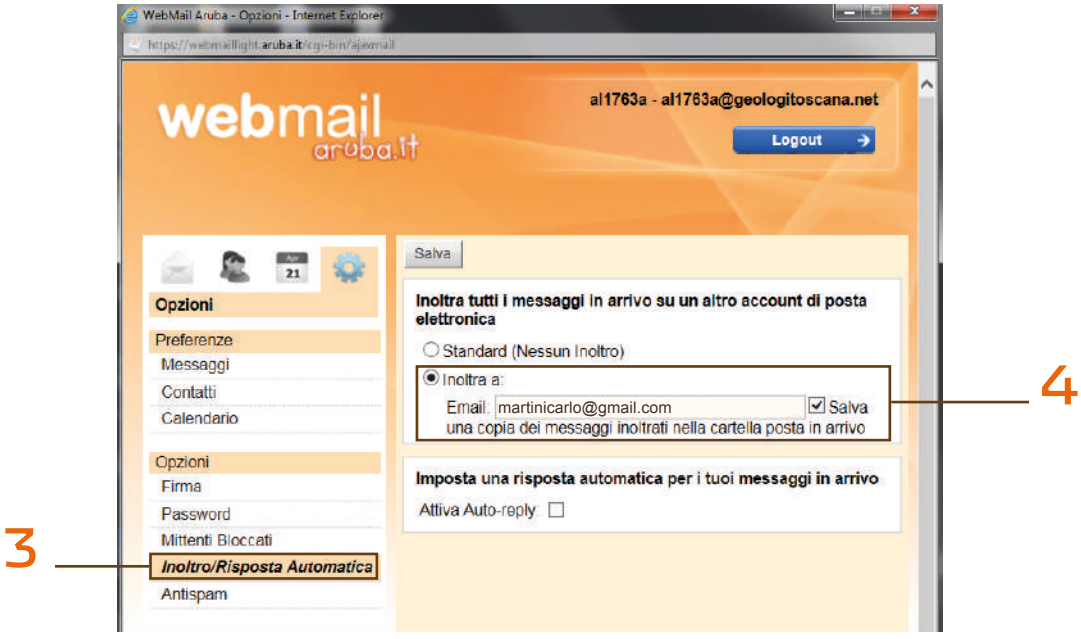
In questo modo sarà possibile gestire i messaggi di posta in arrivo dell'OGT attraverso il proprio account personale e/o lavoro di posta elettronica.

Consigliamo innanzitutto di procedere ad una pulizia della casella di posta cancellando i messaggi non più necessari. Questa operazione dovrebbe essere eseguita periodicamente per il corretto funzionamento della casella di posta.

Di seguito 4 semplici passi per attivare la funzione sul tuo account:

1. Accedi alla tua webmail su: geologitoscana.net ed esegui il login;
2. Clicca su "**Opzioni**"
3. Seleziona "**Inoltro/Risposta Automatica**"
4. Clicca su "**Inoltro a:**" e inserisci l'account di posta elettronica sul quale vuoi inoltrare tutti i messaggi in arrivo


WebMail Aruba - Opzioni - Internet Explorer
webmail aruba.it
al1763a - al1763a@geologitoscana.net
Logout
1
2
Opzioni
Preferenze
Messaggi
Contatti
Calendario
Opzioni
Firma
Password
Mittenti Bloccati
Inoltro/Risposta Automatica
Antispam
Salva
Generale
Il mio nome: al1763a
Lingua: Italiano
Fuso orario: Italy
Formato data nelle liste: 16 apr 2018 - 17:29
Formato data nelle visualizzazioni dettagliate: lunedì 16 aprile 2018 - 17:29
Logout Automatico: 120 minuto(i) di inattività. (0=disabilitato)
Svuota cestino al logout
Composizione
Conserva una copia del messaggio inviato: Sempre
Conferma di lettura: Mai
Utilizza Formato Rich Text come Editor predefinito
Attiva/Disattiva indirizzo email alternativo
Visualizzazione
Frequenza di Auto-refresh: Ogni 5 minuti


WebMail Aruba - Opzioni - Internet Explorer
webmail aruba.it
al1763a - al1763a@geologitoscana.net
Logout
Opzioni
Preferenze
Messaggi
Contatti
Calendario
Opzioni
Firma
Password
Mittenti Bloccati
Inoltro/Risposta Automatica
Antispam
3
Salva
Inoltra tutti i messaggi in arrivo su un altro account di posta elettronica
Standard (Nessun Inoltro)
Inoltra a:
Email: martinicarlo@gmail.com
Salva una copia dei messaggi inoltrati nella cartella posta in arrivo
4
Imposta una risposta automatica per i tuoi messaggi in arrivo
Attiva Auto-reply:

ALESSANDRO CORTOPASSI
Consigliere dell'Ordine dei Geologi della Toscana

NEWS DALL' ORDINE

GEOLOGI TRA VULNERABILITÀ E PARADOSSO

Se c'è un animale simbolo della conservazione e delle minacce perpetrate dall'uomo ai danni dell'ambiente, esso è indubbiamente il panda gigante. Questo strano mammifero bianco e nero appartenente all'Ordine dei carnivori, pur essendo erbivoro, è stato infatti vittima del costante degrado del suo habitat naturale e del bracconaggio, arrivando a un passo dall'estinzione. Ora, grazie ai molteplici sforzi condotti dalle istituzioni cinesi negli ultimi decenni, il panda gigante non è più considerata una specie in pericolo di estinzione, elevando il suo status a specie vulnerabile. La popolazione dei panda giganti selvatici in Cina è aumentata, passando da 1164 esemplari negli anni 80 a 1.864 esemplari, mentre il numero dei panda in cattività in tutto il mondo è giunto a 678, quasi il doppio rispetto a dieci anni fa. Secondo il direttore del China Research Center for the Giant Panda, tale aumento della popolazione è da attribuirsi allo sviluppo delle tecnologie di riproduzione artificiale.

Se c'è uno studioso simbolo dello sviluppo sostenibile per contrastare il cambiamento climatico mediante una progressiva transizione alle fonti energetiche rinnovabili, per contribuire ad azzerare il consumo di suolo netto entro il 2050, per tutelare il territorio e la risorsa idrica, per realizzare edifici sicuri mediante analisi di risposta sismica locale, esso è... il geologo? Proviamo a rispondere alla domanda.

Nel frattempo la popolazione dei geologi della Toscana è diminuita, passando da 1418 esemplari nel 2012 a 1188.

Il sentore che negli ultimi anni, il corso di scienze geologiche dei tre atenei toscani, come di molte altre regioni d'Italia venga pressoché disertato dagli studenti, dovrebbe essere giunto al naso di molti di noi. Crisi di vocazione alla geologia? Parlando con alcuni studenti universitari, intanto emerge una profonda incertezza nel futuro, avendo poco chiaro di che cosa si occuperanno da Geologi, con quali mansioni, con che ruolo e responsabilità. Un vero paradosso se confrontato con le opportunità di studio e di lavoro che gli obiettivi sopra citati dovrebbero offrire.

Il tema trattato parte quindi da una semplice analisi numerica, sia degli immatricolati al corso di Scienze Geologiche nelle Università Toscane, che degli iscritti all'Ordine dei Geologi della Toscana. Al momento possiamo disporre di dati completi relativi all'ateneo di Pisa, mentre per gli atenei di Firenze e Siena abbiamo ricevuto dati ufficiosi relativi all'anno accademico appena iniziato.

Sulla base quindi dei dati relativi agli immatricolati al corso di Scienze Geologiche dell'Università di Pisa relativi al periodo 2009-2022 ho

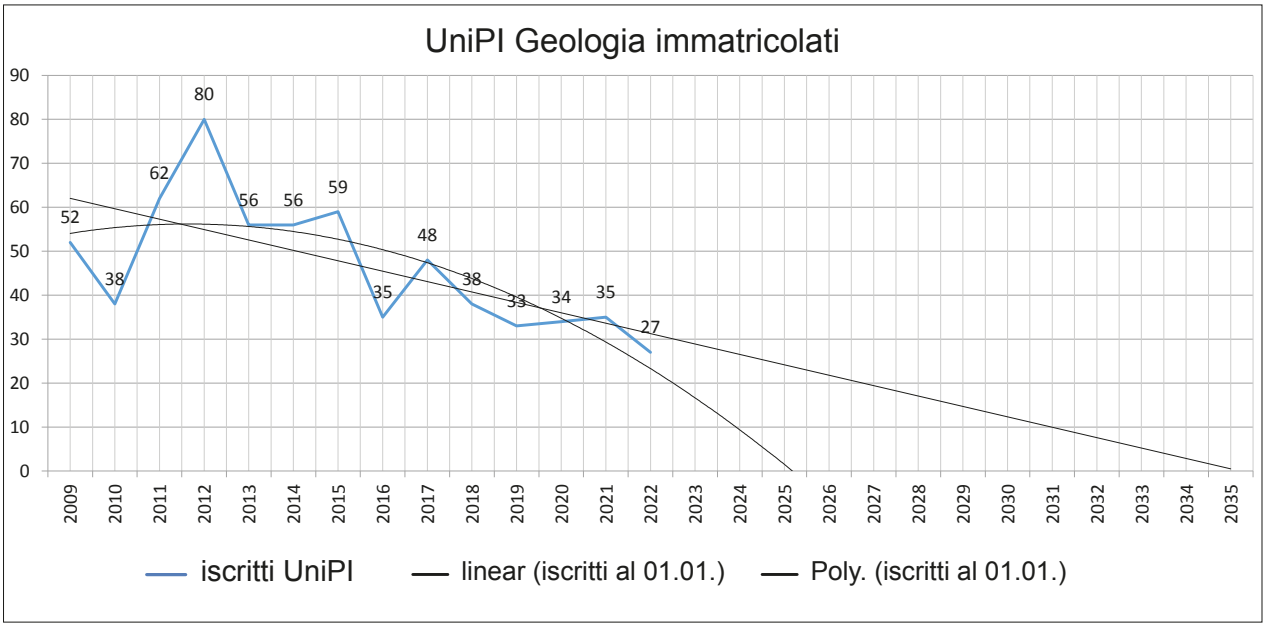


FIGURA 1
UniPI Geologia immatricolati.

praticato il semplice esercizio di comporre un grafico, verificare le linee di tendenza possibili e osservare che direzione esse ci indichino (Figura 1).

Come si osserva dai numeri riportati in etichetta sul grafico è chiaro il decremento nelle immatricolazioni che, da una media di 57 iscritti (picchi esclusi) nel primo periodo di 7 anni, si riduce a 35 iscritti (picchi esclusi) nel secondo periodo di 7 anni, con il minimo storico di soli 27 immatricolati registrato nell'ultimo anno accademico 2022-23.

Allo stato attuale, se non intervengono quindi variazioni sostanziali e strutturali (quanto meno dei piani di studio), le linee di tendenza applicate, sia lineare che quadratica, simulano una previsione di immatricolati tendente a zero nel breve periodo, che concretamente potrà essere raggiunta intorno all'anno 2030, anno più, anno meno.

Che tale previsione non sia una Cassandra, ma mera realtà, la si ha nel riscontro del numero ufficioso di immatricolati iscritti all'anno accademico appena iniziato presso l'ateneo di Siena e di Firenze (dati ufficiosi comunicatici il 22.09.2023):

Siena

- n. 4 immatricolati al corso di laurea triennale in Scienze Geologiche.
- n. 1 iscritto al 1° anno del corso di laurea magistrale in Scienze e Tecnologie Geologiche.

Firenze

- n. 18 immatricolati al corso di laurea triennale in Scienze Geologiche.
- n. 11 iscritti al 1° anno del corso di laurea magistrale in Scienze e Tecnologie Geologiche.

Pisa

- n. 24 immatricolati al corso di laurea triennale in Scienze Geologiche.
- n. 8 iscritti al 1° anno del corso di laurea magistrale in Scienze e Tecnologie Geologiche.

Il sospetto che al contrario del panda gigante il geologo (geologo minore) stia passando da specie vulnerabile a specie in estinzione purtroppo prende corpo.

Diamo quindi uno sguardo a cosa accade in casa OGT. Lo stesso tipo di esercizio, svolto per gli iscritti all'Ordine dei Geologi della Toscana (periodo 2008-2022), conduce alla previsione, sempre per l'anno 2030, di avvicinare quota 1000 iscritti complessivi (albo A + albo speciale). Attualmente ci attestiamo su 1188 iscritti con un trend in decrescita a partire dal 2013, anno successivo all'entrata in vigore delle regole APC (Figura 2).

Stimando che circa un 20% degli iscritti sarà impiegato negli enti, si prevede che intorno all'anno 2030 il numero di Geologi liberi professionisti iscritti all'Ordine in Toscana toccherà quota circa 800 unità.

Da osservare inoltre che una parte degli iscritti (10%?), non svolge la libera professione o la pratica marginalmente. Tra questi: insegnanti delle scuole medie e superiori, impiegati nelle imprese e pensionati.

Considerando che il territorio della Toscana sfiora i 23.000 Kmq, sempre intorno all'anno 2030, si prevede quindi che ciascun geologo libero professionista, forse alla stregua del

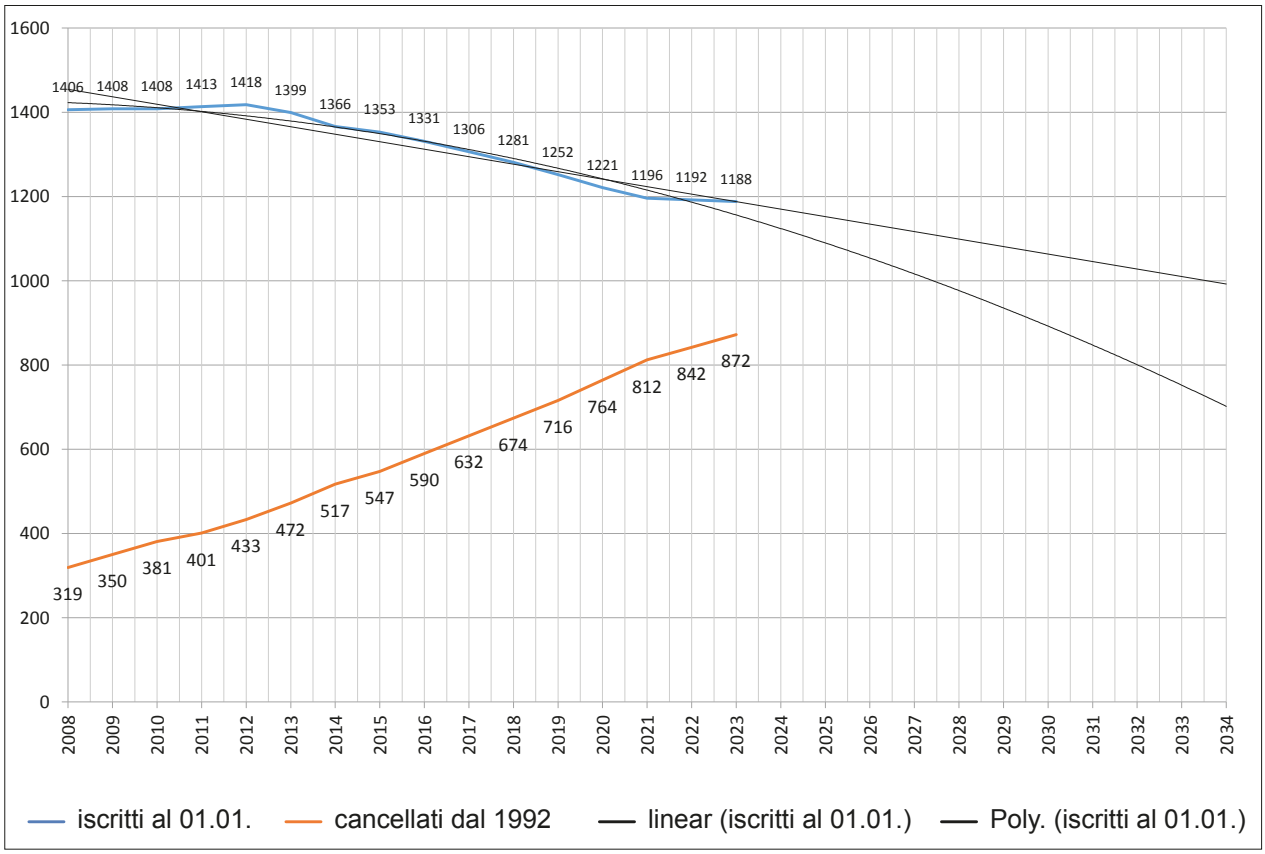


FIGURA 2
OGT grafico iscritti totali e cancellati.

medico condotto di un secolo fa, dovrà occuparsi in media approssimativamente di 33 Kmq di territorio (dica 33).
All'interno di questa vasta riserva il geologo del 2030, forse alla guida di moderne auto a zero emissioni, si sposterà occupandosi di dissesto idrogeologico, di risorse idriche, di cave, di ricerche minerarie, di geotermia a bassa entalpia, ovviamente di Geotecnica e di Geologia Ambientale.
Da osservare (Figura 3) che negli ultimi 2 anni è in atto un vistoso rallentamento del passivo tra nuovi iscritti e cancellati, passivo che si è ridotto ad un -4 unità, dopo che, negli 8 anni precedenti si attestava su una media di -25 unità/anno. Ciò è da attribuirsi principalmente a ragioni contingenti di mercato post-covid (superbonus, PNRR, ecc.), solo marginalmente agli sforzi messi in campo da questo consiglio, nel mantenere inalterate le quote d'iscrizione in controtendenza all'inflazione, nel seguire gli iscritti, offrire un aggiornamento continuo al passo con le norme, nel presentare un offerta formativa online e quando possibile gratuita, che sia non solo dovuta in termini acquisizione crediti APC, ma di concreto interesse formativo.
Tale passivo, ridotto a -4 geologi/anno per il 2021 e il 2022 non può essere consolatorio e di certo non può reggere alla drastica diminuzione del numero di immatricolati al primo anno del corso di laurea in scienze geologiche, che come abbiamo visto tende a zero nel breve termine, e che inevitabilmente si tradurrà, sempre a breve, in un deficit di geologi professionisti sul campo (Geologi condotti).
L'esperienza comune e la logica ci fanno comprendere della necessità di disporre di geologi professionisti e progettisti, evidentemente il riscontro analitico ci dice l'esatto contrario
In un contesto in cui la società civile sta prendendo coscienza dell'importanza e del ruolo del Geologo per occuparsi di dissesto idrogeologico, di tutela dell'ambiente, di gestione delle risorse, di crisi idrica, il mondo universitario e della formazione scolastica in genere sembra assistere impotente al declino dei numeri. I contenuti classici di cui si è nutrito lo studente del corso di laurea in scienze geologiche nel secolo scorso, non risultano più appetibili e in grado di sostenere il sistema. Migliorare e cambiare l'istituto "Scuola di Geologia" costa impegno e determinazione.
Sappiamo che per invertire la tendenza dobbiamo partire dalle scuole primarie e secondarie dove l'insegnamento

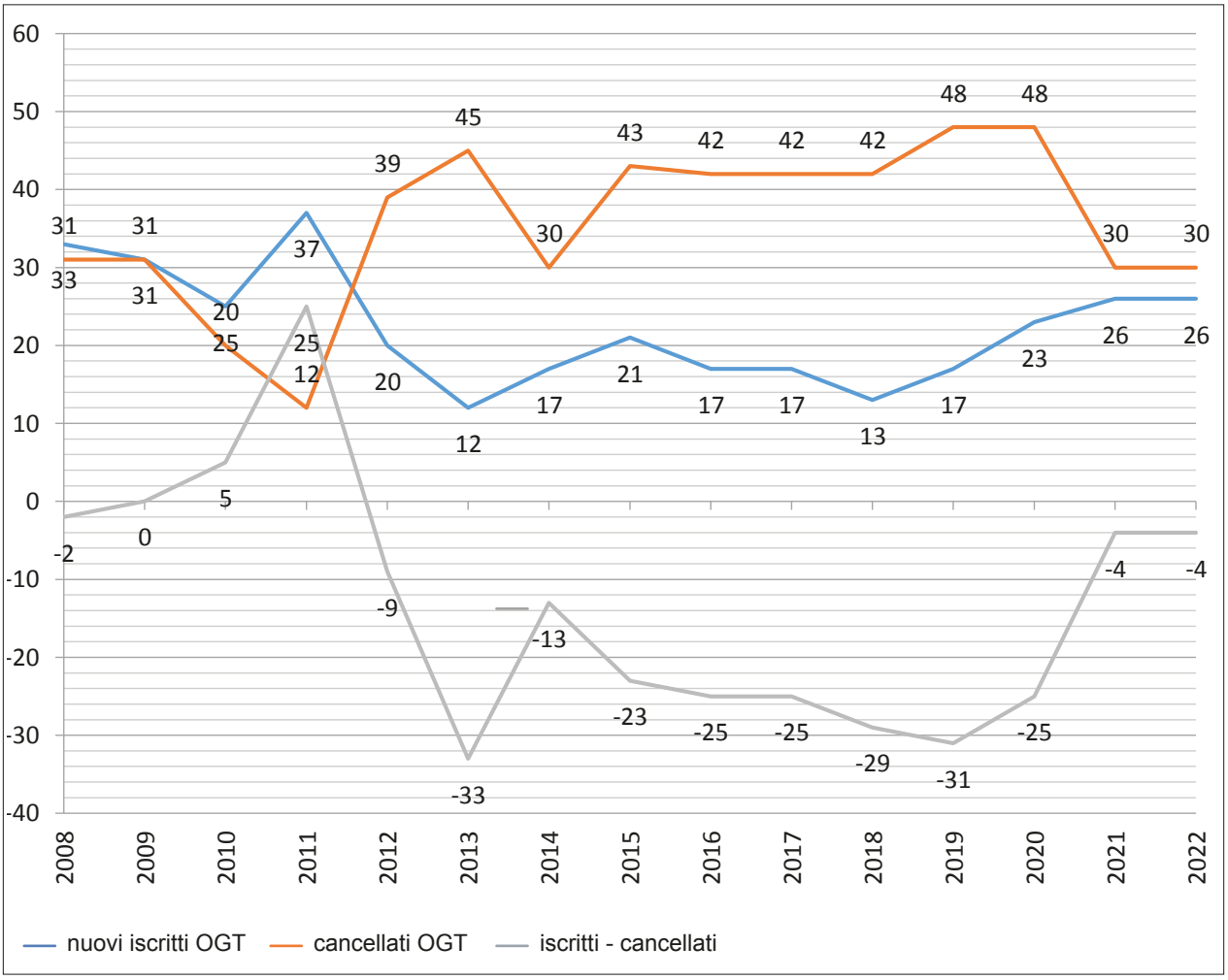


FIGURA 3
OGT grafico nuovi iscritti e cancellati per anno.

di geografia prima e alle scienze della terra poi sono scomparse, ma soprattutto, credo si debba inserire nel biennio di conseguimento della laurea magistrale un insegnamento aggiornato delle discipline geologiche applicative, in linea con le richieste del mondo professionale.
L'insegnamento delle materie base (rilevamento geologico, geologia strutturale, sedimentologia, mineralogia, petrografia, vulcanologia, paleontologia, ...), indispensabile per formare un buon geologo può occupare pienamente il triennio e parte del biennio successivo. Insistere troppo oltre, non affrontando le discipline della Geologia Applicata (Geotecnica e Geomeccanica, Sismica a rifrazione e riflessione, Geoelettrica, Geotermia, Idrogeologia e Geochimica, Giacimenti minerari, Geologia Ambientale, ecc.) lascia sconcertato e impreparato lo studente.
Gli ordini regionali dei geologi composti da liberi professionisti operativi quotidianamente nelle varie discipline della geologia possono, anche nel quadro del passaggio alle lauree abilitanti, fornire indicazioni agli atenei per strutturare piani di studio efficaci e moderni, che forniscano indirizzi agli studenti del corso magistrale. Cambiare il profilo attuale della geologia applicata rendendolo in concreto rispondente alle esigenze del settore, interessante e professionale è possibile.
Le tematiche in gioco sono molteplici e dinamiche, richiedono nuovi profili professionali, che possono essere individuati nell'ambito della stessa professione, laddove vi è confronto e contaminazione con molti punti di vista e con molte figure professionali.
Non possiamo avere successo rimanendo così indietro.

DATALOGGER E TELEMETRIE

LEVELOGGER 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 ±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.EGEOLAB.IT

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

PILLOLE DI GEOTECNICA

A CURA DEL PROF. PIERO FOCARDI

OGGI PARLIAMO DEL COEFFICIENTE DI PERMEABILITÀ DELLE TERRE

Nelle terre sono presenti vuoti in comunicazione tra loro che consentono il passaggio di liquidi. Darcy studiando sperimentalmente il flusso di acqua attraverso un elemento di terreno saturo individuò che la velocità del flusso di acqua è direttamente proporzionale alla perdita di carico e inversamente proporzionale alla lunghezza del percorso, definendo la nota relazione:

$$v = k \times i \qquad (1)$$

nella quale v è la velocità dell'acqua, equivalente al rapporto tra la portata e la sezione del flusso; k è il coefficiente di permeabilità o coefficiente di conducibilità idrica e i è il gradiente idraulico corrispondente al rapporto tra la differenza di carico piezometrico e la lunghezza del relativo percorso di filtrazione (fig. 1).

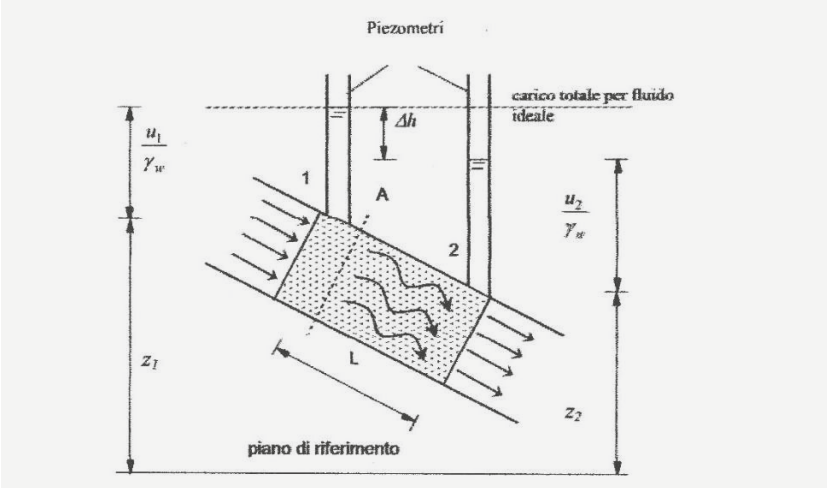


FIGURA 1

Disegno schematico di illustrazione della legge di Darcy, ripreso da Facciorusso et alii.

Il coefficiente di permeabilità ha<le dimensioni di una velocità e viene espresso in m/sec o cm/sec.

Vari Autori hanno dimostrato la validità della legge d Darcy per tutti i terreni per gradienti compresi tra 0,1 e 50.

La permeabilità nelle terre dipende da dimensioni e entità dei pori che sono condizionate dalla dimensione

dei grani e di conseguenza dalla distribuzione granulometrica.
Il coefficiente di permeabilità è una grandezza estremamente variabile come indicato nella tabella 1.
Nell'ambito di ogni classe granulometrica la permeabilità è condizionata dalla densità del materiale.

Ghiaia	$1\text{-}10^{-2}$
Sabbia	$10^{-2} - 10^{-5}$
Limo	$10^{-5}\text{-}10^{-8}$
Argilla	$10^{-8} - 10^{-12}$

TABELLA 1
Coefficiente di permeabilità K per vari terreni espresso in m/sec.

Prove di permeabilità in laboratorio

Esistono vari metodi per determinare il coefficiente di permeabilità. Il metodo più semplice consiste nel determinare k rifacendosi alla legge di Darcy e cioè determinando la velocità attraverso la misura della portata Q (quantità di acqua C, nel tempo t) che attraversa il campione di lunghezza "L"e sezione" A", sottoposto ad altezze piezometriche diverse.

$$k = \frac{C \times L}{h \times t} = \frac{Q}{A \times i} \qquad (2)$$

Il sistema, cosiddetto a carico costante è rappresentato nella figura 2-A tratta da Colombo e Colleselli.
Di regola si preferisce operare con un flusso ascendente per favorire l'espulsione di aria presente nei vuoti.
Il gradiente idraulico può essere modificato variando le altezze piezometriche o lo spessore del provino.

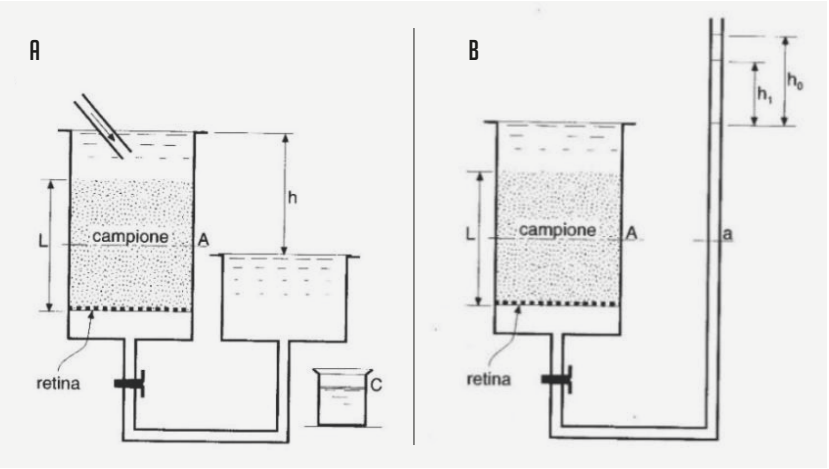


FIGURA 2
Esempio schematico di permeametro a carico costante (A) e a carico variabile (B) (Disegno ripreso da Colombo P., Colleselli F.,1996).

Se il coefficiente di permeabilità è inferiore a 10^{-5} m/sec, occorrono tempi molto lunghi per raccogliere quantità di acqua significativa. In questi casi si ricorre a prove di permeabilità a carico variabile consistente nella immissione di acqua nel provino mediante una buretta di sezione "a" secondo lo schema indicato nella figura 2 B.

Nel caso di campione saturo, la quantità di acqua che scorre nella buretta è pari a quella che attraversa il campione.
Applicando la legge di Darcy relativamente al tempo dt, abbiamo:

$$k \times i \times A \times dt = a \times dh \qquad (3)$$

Per integrazione si ottiene la relazione:

$$k = 2,3 \times \frac{a \times L}{A \times t} \times Log_{10} \frac{h_0}{h_1} \qquad (4)$$

In alternativa all'uso di permeametri, per materiali a bassa permeabilità che richiedono forti gradienti per contenere i tempi di prova possono essere effettuate misure del coefficiente di permeabilità usando l'apparecchiatura triassiale. Il provino inserito in cella viene sottoposto inizialmente a una pressione isotropa di contenimento e successivamente (a consolidazione avvenuta) viene soggetto a diverse pressioni alla base e alla testa del provino misurando il volume di acqua transitato in un determinato tempo.

La prova è condotta a carico costante e pertanto si determina il coefficiente di permeabilità con la formula di Darcy nella quale il gradiente idraulico è il rapporto tra la differenza tra le pressioni di ingresso e di uscita, e la lunghezza del provino e la velocità del flusso di acqua corrisponde al rapporto della portata del flusso e la sezione del provino.
A titolo di esempio una differenza di pressione tra l'entrata e uscita pari a 1 Atmosfera, corrispondente alla pressione di una colonna di acqua alta 10 metri, tra la testa e la base determina su un provino alto 8,00 centimetri un gradiente idraulico i=125.

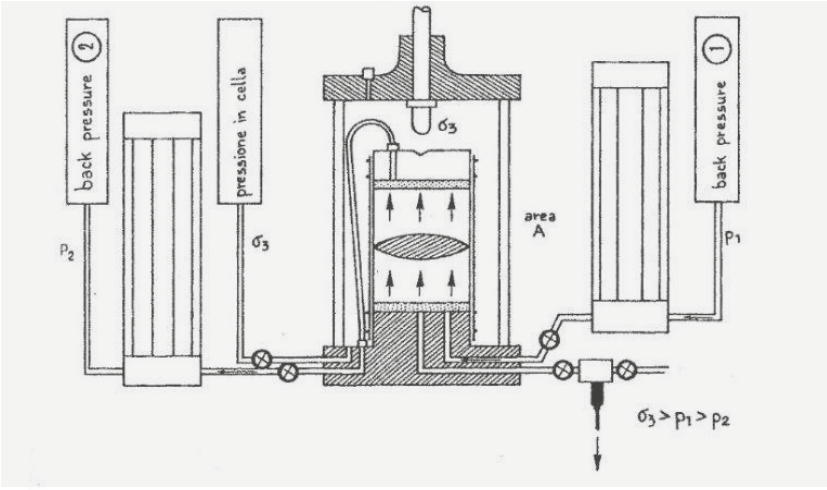


FIGURA 3

Prova di permeabilità in cella triassiale (Raviolo P.L.1993).

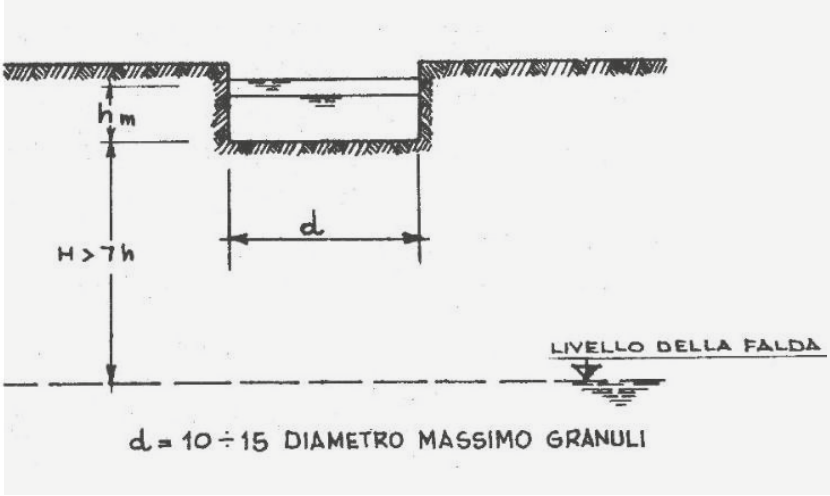


FIGURA 4

Prova di permeabilità in cella triassiale (Raviolo P.L.1993).

Nella figura 3 è rappresentato lo schema della prova con differenti pressioni alla base e alla testa del provino e con sistemi di misura del volume di acqua sia in entrata che in uscita dal provino.

Prove di permabilità in sito

Test di assorbimento

Le prove consistono nel determinare la permeabilirtà del terreno misurando i flussi di ingresso o da una cavità del terreno eseguita manualmente o con macchina operatrice.

Come nel caso di laboratorio possono essere condotte prove a carico costante, consistenti nel misurare la portata necessaria per mantenere stazionario il livello (carico idraulico) o a carico variabile misurando le differenze piezometriche a intervalli di tempo.

Il terreno deve essere preventivamente saturato e si deve stabilire un regime di flusso permanente, verificabile eseguendo una serie di misure a intervalli di tempo diversi fino al raggiungimento di valori di coefficienti di permeabilità costanti. Per materiali poco permeabili le prove possono durare alcuni giorni.

Nel caso che il pozzo di prova sia posto al disotto della falda freatica le altezze piezometriche vengono misurate rispetto al livello della falda, per pozzi di prova situati sopra il livello freatico le altezze piezometriche sono calcolate rispetto alla base dello scavo.

Le prove di assorbimento possono essere eseguite nelle seguenti modalità in relazione alla posizione dello scavo rispetto alla falda freatica:

PROVE A CARICO COSTANTE
con immissione (scavo sopra o sotto la falda)
con emungimento (solo scavo sotto la falda)
PROVE A CARICO VARIABILE
di abbassamento (scavo sopra o sotto la falda)
di risalita (scavo solo sottofalda)

Prove in pozzetto superficiale

Forniscono una valutazione della permeabilità dei terreni superficiali al di sopra del livello della falda idrica in terreni con permeabilità maggiori di 10-6 m/s.

Lo schema della prova è indicato in figura 4.

Il coefficiente di permeabilità viene calcolato con le seguenti relazioni per pozzetti con base quadrata o circolare.

	Pozzetto circolare	Pozzetto a base quadrata
Prova a carico costante	$k = \frac{Q}{dh_m} \times \frac{1}{\pi}$	$k = \frac{Q}{b^2} \times \frac{1}{27\frac{h}{b}+3}$
Prova a carico variabile	$k = \frac{d}{32} \times \frac{\Delta h}{\Delta t} \times \frac{1}{h_m}$	$k = \frac{\Delta h}{\Delta t} \times \frac{1+(\frac{2h_m}{b})}{(\frac{27h_m}{b})+3}$

Prove con infiltrometro

Per effettuare misure in sito su materiali con coefficiente di permeabilità inferiore a 1×10-5 m/s si può ricorrere a prove di assorbimento con infiltrometro.

L' apparecchiatura consiste in un cilindro di metallo vuoto chiuso nella parte superiore ma comunicante con l'esterno tramite una buretta graduata con la quale viene trasmesso il carico idraulico.

L'infiltrometro è inserito nel terreno preventivamente escavato conferendo ad esso una forma cilindrica con sezione uguale allo strumento, sigillando la zona di contatto periferico in modo da escludere scorrimento di acqua tra l'infiltrometro e il terreno in sito.

La strumentazione è illustrata nella figura 5.

Effettuato il riempiendo con acqua e le operazioni di spurgo dell'aria presente nella apparecchiatura si può procedere alla esecuzione delle prove di assorbimento a carico variabile effettuando a intervalli di tempo le letture di altezza di acqua nella buretta. Di seguito è riportata la formula indicata riportata nella norma ASTM D6391 nella quale è descritta l'apparecchiatura di riferimento e le procedure di prova:

$$k_1 = \frac{R_T \frac{\pi d^2}{11D}}{(t_2 - t_1)} ln\left(\frac{h_1}{h_2}\right) \quad (5)$$

Dove:
d è il diametro della buretta;
D è il diametro dell'infiltrometro
RT è un coefficiente correttivo per la temperatura per T=20 °C RT = 1,00)

La norma ASTM D6391 indica tre modalità di prova; interessante è il metodo A che prevede di ripetere la prova di assorbimento dopo aver provveduto ad approfondire il terreno per un tratto pari a 1-2 volte il diametro dell'infiltrometro in modo da ottenere una ulteriore superficie di terreno filtrante di forma cilindrica non confinata dalle pareti dello strumento.

Nella prima fase si determina un coefficiente di permeabilità k1 dovuto prevalentemente a un flusso di acqua in senso verticale filtrante dal fondo dello scavo mentre nella seconda fase il coefficiente di permeabilità k2 dipende essenzialmente dal percorso dell'acqua in senso orizzontale che infiltra sulle pareti libere del foro

Per i dettagli delle procedure di prova e le formule relative al calcolo della permeabilità si rimanda al lavoro di Isolani R. e Pandolfi T 2021 e alla norma già citata ASTM D6321.

Prove di assorbimento in profondità

Si possono fare misure di permeabilità in profondità operando in fori di sondaggio con pareti del foro di prospezione protette con tubazione per tutto il tratto non direttamente interessato dalla prova.

Anche per queste prove possiamo operare a carico variabile o a carico costante.

FIGURA 5

Infiltrometro Boutwell. (foto riprese dal lavoro di Isolani R.e Pandolfi T., 2021).

Prove di assorbimento a portata costante

Le prove consistono nella immissione di acqua nel foro di prospezione con portata costante e nel misurare innalzamento del livello dell'acqua rispetto al livello della falda. Nel caso di prove eseguite sopra il livello di falda Δh è misurato rispetto alla base del foro.

Il coefficiente di permeabilità è espresso dalla relazione:

$$k = \frac{Q}{CF \times \Delta h} \quad (6)$$

Dove Q è la portata e CF è un coefficiente di forma che tiene conto della forma della cavità nella quale avviene l'assorbimento.
Secondo vari Autori il coefficiente di forma è uguale a 2d se la forma è piatta; πd se è semisferica e 2πd se è sferica. Non conoscendo l'esatta configurazione della superficie di terreno lasciata dalla sonda si consiglia di adottare il valore 2,85d suggerito nelle raccomandazioni A.G.I.
Nel caso a) di figura 6 nel quale il foro di prospezione sia protetto fino ad una certa altezza e resti scoperta per la prova di assorbimento una cavità di forma cilindrica di altezza L nelle raccomandazioni AGI si suggerisce di adottare i seguenti valori:

Per L >> d CF =L
Per L≤ d CF=2 π d + L

Nella letteratura sono presenti varie formule più complesse che forniscono valori del coefficiente di forma per cavità di assorbimento cilindriche. Tra esse per terreni uniformi segnaliamo la seguente formula ripresa dal lavoro di Facciorusso ed Altri.
Il coefficiente di permeabilità è condizionato dalla permeabilità verticale quando la lunghezza del tratto filtrante "L" è trascurabile rispetto al diametro del foro mentre la permeabilità orizzontale diventa dominante nei risultati quando L/d è maggiore di 1,2.

Per approfondire l'argomento relativo ai coefficienti di forma che tengono conto anche di condizioni idrogeologiche complesse, si consiglia il lavoro di Celico P (1988) oltre al lavoro già citato di Facciorusso ed Altri.

$$CF = \frac{3\pi \times L}{ln\left[1{,}5\,\frac{L}{d} + \sqrt{1 + \left(1{,}5 + \frac{L}{d}\right)^2}\right]} \quad (7)$$

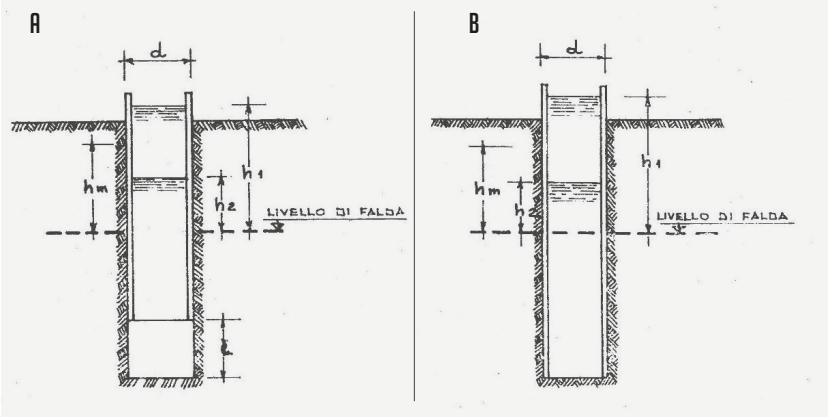


FIGURA 6
Schema di prova di permeabilità con immissione in fori di sondaggio (AGI 1977).

Una valutazione della qualità dei risultati può essere ottenuta eseguendo più prove con gradini di portata diversi; i valori di Δh riportati in diagramma in funzione di Q devono disporsi allineati lungo una retta.

Prove a carico variabile

Le prove a carico variabile di strati situati al di sotto del livello della falda vengono eseguite abbassando il livello dell'acqua di una altezza nota e misurando la velocità di risalita (prove di risalita) oppure riempiendo il foro d'acqua per una altezza nota misurando la velocità di abbassamento della falda (prove di abbassamento). Lo schema delle prove è indicato nella figura 6.

Nelle prove a carico variabile il coefficiente di permeabilità viene calcolato con la seguente relazione:

$$k = \frac{A}{CF \times (t_2 - t_1)} \times \ln \frac{h_1}{h_2} \quad (8)$$

Dove
A = area di base del foro di sondaggio
h_1 e h_2 altezza dei livelli di acqua nel foro rispetto al livello della falda indisturbata o in assenza di falda rispetto al fondo del foro stesso agli intervalli t_1 e t_2 .
C F = coefficiente di forma

Un più attendibile valore del coefficiente di permeabilità è fornito dalla media geometrica dei valori di permeabilità determinati con prove di risalita kr e prove di abbassamento ka.

$$k = \sqrt{kr \times ka} \quad (9)$$

Metodo Lugeon

Il metodo è molto usato per lo studio della tenuta idraulica dei terreni di imposta degli sbarramenti artificiali e consiste nell'iniettare acqua in pressione in fori di prospezione con pareti non rivestite su tronchi di lunghezza di 3,00-5,00 La prova viene eseguita durante la perforazione o al termine del sondaggio isolando i tratti da ispezionare mediante packer.
La prova viene articolata su tre quattro gradini di pressione (esempio 2; 4; 6; 8 atm riferite al baricentro del tratto di prova) mantenendo il carico costante per ogni livello di carico fino a raggiungere la stabilizzazione.
Il coefficiente di permeabilità K è espresso dalla formula:

$$K = \frac{Q \times ln\,\frac{z}{r}}{2\pi z P_t} \quad (10)$$

Dove:
Q = portata assorbita dalla roccia (in mc/s);

z = lunghezza del tratto di foro interessato dalla prova;
r = raggio del tratto di foro;
P_t= Pressione totale effettiva in corrispondenza del baricentro del tratto di prova. Viene espresso in metri come colonna piezometrica di acqua sommando alla pressione misurata al manometro in atm ×10 l'altezza piezometrica della colonna di acqua tra il manometro e il baricentro del tratto di prova e detraendo la perdita di carico da definire sperimentalmente o in base alle caratteristiche della tubazione (diametro, scabrezza e lunghezza).

Per approfondimenti sulla prova si consiglia il testo di Celico.P.

Test di pompaggio

La permeabilità del terreno in sito può essere determinata anche con prove di pompaggio eseguite in pozzi o in sondaggi geognostici opportunamente attrezzati.
Le prove consistono nel prelievo di acqua con portata costante, effettuando allo stesso tempo misurazione del livello dell'acqua nel foro e in piezometri collocati vicino al foro. Nel caso di 2 piezometri il primo sarà collocato a qualche metro dal foro ed il secondo ad una distanza alla quale gli effetti del pompaggio sono trascurabili (R = 50200 m) da stabilire in relazione alla permeabilità stimata. Come in tutte le prove di permeabilità le prove devono essere condotte per un tempo necessario perché si raggiunga la stabilizzazione idraulica.
Di seguito sono riportate le formule che forniscono il coefficiente di permeabilità per acquiferi liberi e confinati attraverso l'uso di 2 piezometri, di 1 piezometro e senza piezometro di controllo misurando solo l'abbassamento del livello del pozzo e la quota della falda indisturbata.
I simboli adottati nelle formule corrispondono a quelli indicati nella figura 7.

	FALDA LIBERA	FALDA CONFINATA
Pozzo + 2 piezometri	$k=\frac{Q\times ln\frac{r_2}{r_1}}{\pi\times(h_2^2-h_1^2)}$	$k=\frac{Q\times ln\frac{r_2}{r_1}}{2\pi\times D\times(h_2-h_1)}$
Pozzo + 1 piezometro	$k=\frac{Q\times ln\frac{r_1}{r}}{\pi\times(h_1^2-h^2)}$	$k=\frac{Q\times ln\frac{r_1}{r}}{2\pi\times D\times(h_1-h)}$
Solo pozzo	$k=\frac{Q\times ln\frac{R}{r}}{\pi\times(H^2-h^2)}$	$k=\frac{Q\times ln\frac{R}{r}}{2\pi\times D\times(H-h))}$

Dove r= raggio del pozzo e R = distanza alla quale non si risentono gli effetti del pompaggio. In base all'esperienza per l'espressione $\left(ln\frac{R}{r}\right)$ si possono assumere valori compresi tra 2 e 7.

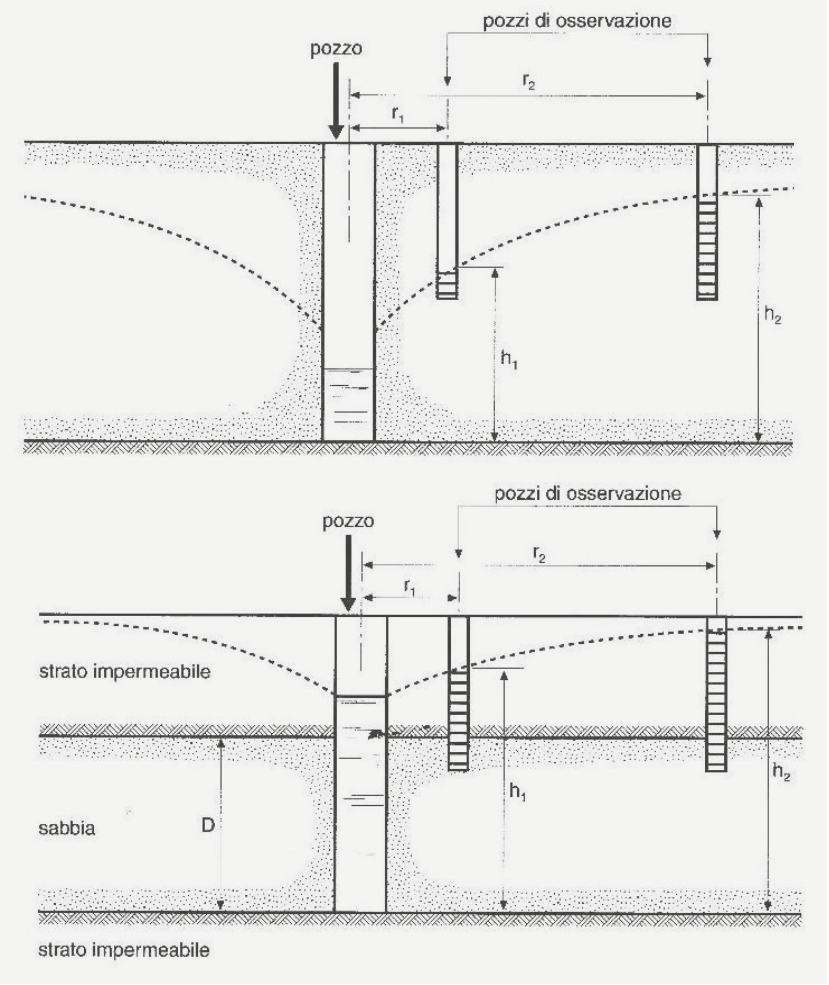


FIGURA 7
Esempio di prove di pompaggio in falda libera e confinata (da Colombo P. e Colleselli F.,1996).

PROVA EDOMETRICA

DETERMINAZIONE DEI CEDIMENTI NEL TEMPO

Pressione iniziale	98 kPa
Pressione durante la prova	196 kPa
Tempo di consolidazione	t_{50} = 968 sec
Altezza media del provino	H_M=19,50 mm
Coefficiente di consolidazione	$c_v = 0{,}00019\ cm^2$/sec
Coefficiente di permeabilità	$K = 3{,}0 \times 10^{-9}$cm/sec

tempo sec	lett mm	H mm
0	8,173	19,65
7,5	8,131	19,61
15	8,126	19,61
30	8,118	19,60
60	8,107	19,59
120	8,091	19,57
240	8,071	19,55
480	8,045	19,53
900	8,021	19,50
1800	7,985	19,47
3600	7,956	19,44
7200	7,926	19,41
13620	7,898	19,38
29220	7,879	19,36
87720	7,866	19,35

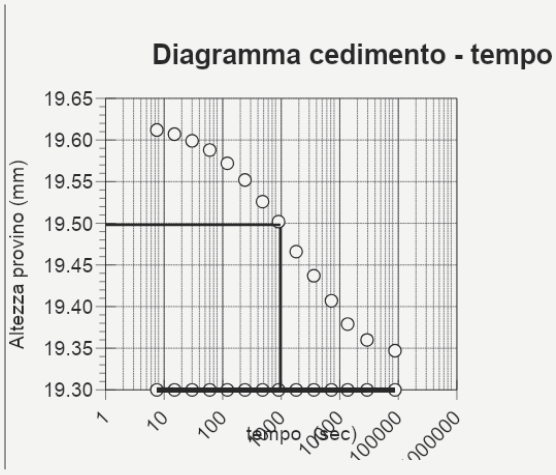


FIGURA 8

Determinazione del coefficiente di permeabilità da prova edometrica.

Metodi indiretti

La permeabilità può essere stimata con prove di laboratorio in modo indiretto.
Per sabbie uniformi il coefficiente di permeabilità è espresso dalla relazione:

$$k = 100 \times D_{10}^2 \qquad (11)$$

nella quale D_{10} corrisponde al diametro dei granuli al di sotto del quale passa il 10% del materiale. Esso è espresso in cm e di conseguenza anche k è in cm/sec.
Per materiale con coefficienti di permeabilità inferiori a 10^{-8} m/sec e per i quali i tempi di misura della permeabilità con i permeametri sono molto lunghi, si può ricorrere alla determinazione del coefficiente di permeabilità indirettamente con test di consolidazione nel corso di una prova edometrica.
La prova consiste nella individuazione del tempo t_{50} necessario per raggiungere il 50 % di consolidazione primaria attraverso la costruzione del diagramma dei cedimenti in funzione del logaritmo del tempo in un determinato intervallo di pressioni.

Il coefficiente di permeabilità è ottenuto dalla espressione:

$$k = c_v \times \gamma_w \times m_v \qquad (12)$$

Dove:
$c_v = \frac{0{,}197 \times H^2}{t_{50}}$ con H= metà del provino
m_v = coefficiente di compressibilità di volume relativo all'incremento di pressione adottato;
γ_w= peso di volume dell'acqua.

Nella figura 8 (ripresa da un certificato di prova) sono rappresentati i dati sperimentali consistenti nelle altezze del provino e nella relativa curva di consolidazione per un gradino di pressione da 98 a 196 kPa. Ai dati sperimentali corrispondono i valori: c_v=1,9.10^{-4} cmq/sec; m_v=1,56.10^{-2} cmq/Kg ed esprimendo γ_w=10^{-3} Kg/cmc si ottiene il valore del coefficiente di permeabilità k=3,0.10^{-9} cm/sec.

Conclusioni

Questa carrellata di tipologie di prove sulla permeabilità del terreno può essere di utilità per scegliere la metodologia più corretta in relazione alla natura del materiale e alla finalità delle prove con le seguenti considerazioni.

In primo luogo vanno distinte le prove di permeabilità in pozzi dalle altre prove in quanto le prime forniscono informazioni medie su tutto il pacco di materiale interessato dalla falda e sono la tipologia più opportuna di indagine per la stima della permeabilità sotto falda, mentre le altre danno indicazioni su uno specifico livello di materiale sia in caso di prove eseguite direttamente in sito (prove di assorbimento) sia di prove su campioni indisturbati prelevati con sondaggi geognostici o su campioni ricostituiti.
I terreni non sono mai omogenei soprattutto nel senso verticale; in natura le differenziazioni nascono dal fatto che il materiale si accumula stratificandosi per eventi successivi e anche per lo stesso evento per terreni alluvionali si hanno differenze granulometriche per i normali processi di sedimentazione. Differenze di permeabilità in senso verticale si hanno anche nelle terre messe in opera per il diverso grado di addensamento del materiale lungo l'altezza del singolo strato per i diversi effetti dell'azione di messa in opera.

La velocità di percorrenza dell'acqua attraverso i pori nel terreno in posto è generalmente maggiore in senso orizzontale rispetto al verso verticale e di conseguenza anche la permeabilità dell'insieme dovuta al contributo dei vari livelli di altezza H_i con permeabilità in senso verticale k_{vi} e orizzontale k_{hi} è notevolmente diversa come indicato dalle seguenti espressioni:

Flusso verticale (ortogonale agli strati)	$k_V = \frac{H}{\sum \frac{H_i}{k_{vi}}}$
Flusso parallelo (parallelo alla giacitura stratigrafica)	$k_H = \frac{\sum k_{hi} H_i}{H}$

La permeabilità del sistema in direzione normale agli strati tende ad assumere valori più bassi mentre viceversa per flusso orizzontale parallelo agli strati tende ad assumere i valori più alti.
Questo fatto incide anche sui resultati delle prove in quanto nei casi in cui il campione è chiuso in una fustella che impedisce il deflusso di acqua in senso orizzontale (prove di laboratorio in permeametri, in celle edometriche, e triassiali) dobbiamo attenderci valori di permeabilità più bassi che delle prove nelle quali questo fenomeno non è impedito (prove infiltrometriche, e pompaggio). A ciò va aggiunto il fatto che operando su superfici di assorbimento più ampie aumenta la possibilità di coinvolgere un maggior numero di percorsi più favorevoli al deflusso dell'acqua nei pori.

Ho avuto conferma di queste differenze tra metodologie diverse attraverso esperienze personali su misure di permeabilità per assorbimento in pozzetti e su provini dello stesso materiale testati in laboratorio. Le prove in situ eseguite su terreno di media-bassa permeabilità hanno generalmente fornito coefficienti di permeabilità maggiori anche di un ordine di grandezza rispetto a quelli ottenuti con test di laboratorio sugli stessi materiali.

Pertanto, nella esecuzione di opere nelle quali la conoscenza della permeabilità è importante (dighe in terra, discariche ecc.) è importante eseguire prove di assorbimento per infiltrazione durante la messa in opera delle terre e prove di assorbimento in fori di sondaggio nelle fasi di collaudo per controllare che la permeabilità del materiale messo in opera sia compatibile con quella di progetto.

Nel caso di messa in opera di materiale mediante costipamento si hanno valori di densità decrescente procedendo dall'alto verso il basso nell'ambito dello stesso strato per la diversa energia trasmessa dalle macchine operatrici.
Questo fatto determina una marcata differenziazione tra la parte superiore di ogni strato e la parte inferiore dello strato soprastante ed il contatto può costituire un livello preferenziale di scorrimento delle acque. Un modo per mitigare questo fenomeno può essere quello di frantumare la "crosta" superficiale di ogni strato costipato con un frangizolle prima di procedere alla messa in opera dello strato soprastante.

BIBLIOGRAFIA

A.G.I – Associazione geotecnica Italiana (1977) Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.

Celico P. (1986) Prospezioni idrogeologiche - Liguori Editore.

Colombo P., Colleselli F. (1998) Elementi di geotecnica – Zenichelli.

Facciorrusso J., Madiai C., Vannucchi G. – Dispense di geotecnica- Dipartimento di ingegneria civile Sezione geotecnica. Università degli studi di Firenze.

Isolani R. e Pandolfi T. (2021) "Prove di permeabilità Boutwell" -Scuola di alta specializzazione e Centro Studi per la manutenzione e conservazione dei centri storici in territori instabili – Ciclo di conferenze 2012.

Raviolo P.L. (1993) "Il laboratorio geotecnico: procedure, elaborazioni e acquisizione dati" – Controls.

MASSENZA DRILLING RIGS

100 YEARS SINCE 1921 MADE IN ITALY

Impianti di perforazione dal 1921

Mi4 per:

Pozzi d'acqua
Geotecnica
Geotermia

Personalizzazioni:

Martello idraulico
Pompe acqua e fango
Prolunga antenna
Radiocomando
Sistema di lavaggio incluso
Argano wire line

Via Emilia 58/E/F - 43012 Parola di Fontanellato (PR) | T +39 0521 825284 | www.massenzarigs.it

TESI DI LAUREA

LA RARA PARAGENESI A CLORITOIDE + BIOTITE + GRANATO NELLE METAPELITI DELLA LESSER HIMALAYAN SEQUENCE (HIMALAYA NEPALESE): PETROGRAFIA, MINERO-CHIMICA, REAZIONI METAMORFICHE E MODELLIZZAZIONE TERMODINAMICA

Candidata:
SARA NERONE

Relatore: Prof.ssa Chiara Groppo

Correlatore: Prof. Franco Rolfo

Introduzione

Le rocce metamorfiche del sistema pelitico sono le più utilizzate per lo studio petrologico finalizzato a stimare le condizioni di pressione (P) e temperatura (T) raggiunte da porzioni di crosta continentale. Esse, infatti, sviluppano in genere paragenesi caratterizzate da un elevato numero di fasi, che possono essere ben vincolate attraverso la modellizzazione termodinamica. È noto che, nel sistema pelitico, il cloritoide generalmente non è stabile per temperature (T) superiori alle condizioni di facies scisti verdi, mentre la biotite è un minerale indice di facies anfibolitica (Hoschek, 1969; Bushmin & Glebovitsky, 2008). In letteratura, sono tuttavia riportati alcuni casi in cui è stata riconosciuta la paragenesi cloritoide + biotite ± granato in rocce metapelitiche (eg., Wang & Spear, 1991; Droop & Harte, 1995; Sengupta, 2012; Saki et al., 2021). In particolare, questa associazione mineralogica è stata riportata in contesti di metamorfismo di contatto, in sequenze barroviane di bassa pressione e, ancora più sporadicamente, in sequenze barroviane di pressione intermedia. Questo studio si focalizza su questa paragenesi, riconosciuta per la prima volta in metapeliti provenienti dalla Upper Lesser Himalayan Sequence in Nepal orientale, una sequenza meta-sedimentaria caratterizzata da metamorfismo di tipo barroviano con condizioni di picco in facies anfibolitica. In questo lavoro di Tesi, è stato combinato lo studio petrografico, microstrutturale e minero-chimico di due campioni rappresentativi contenenti la paragenesi cloritoide + biotite ± granato, con uno studio di modellizzazione termodinamica. L'obbiettivo è duplice: (i) riconoscere quale tra le combinazioni di database termodinamici e modelli di soluzione solida disponibili per il calcolo termodinamico è la più adatta per studiare questo tipo di paragenesi; (ii) indagare l'influenza delle variabili intensive (P, T) ed estensive (X) sulla stabilità della paragenesi cloritoide + biotite + granato, per individuare quella più rilevante. Tra le variabili prese in considerazione in letteratura troviamo: le condizioni P-T, la composizione chimica del sistema, la composizione della fase fluida e la cinetica delle reazioni. In questa Tesi è stata indagata l'influenza dello stato di ossidazione del sistema (XFe_2O_3) e il grado di saturazione in acqua (XH_2O), nonché la possibilità di condizioni metastabili dovute a barriere cinetiche.

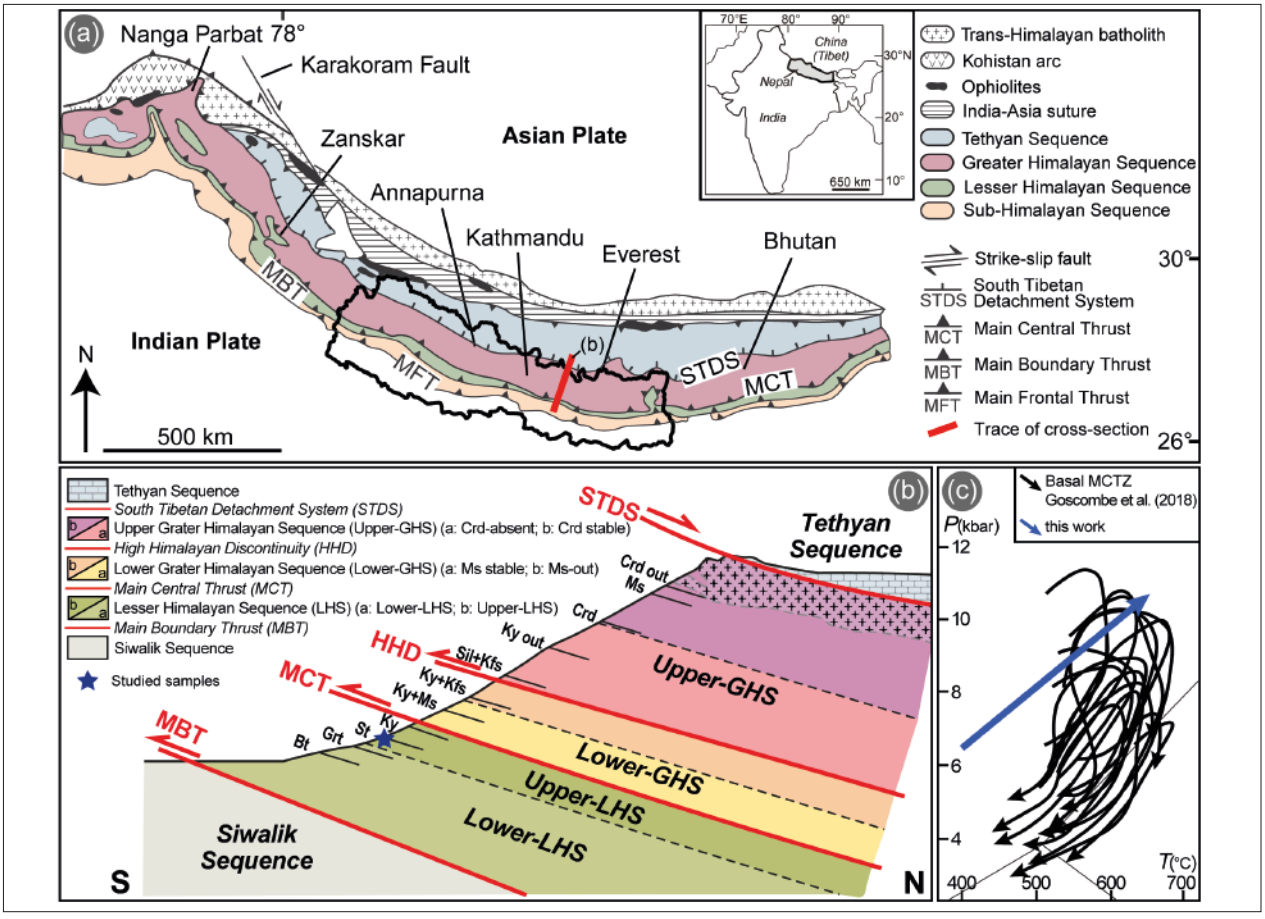


FIGURA 1

(a) Schema geologico semplificato della catena Himalayana in cui è evidenziato il confine politico del Nepal (modificato da Yakymchuk & Godin, 2012); (b) Sezione geologica semplificata non in scala lungo un transetto orientato circa N-S in Nepal centro-orientale. Sono evidenziate le isograde che segnano la comparsa o la scomparsa dei minerali indice di facies, che sottolineano un gradiente metamorfico inverso nella LHS; (c) Percorsi P-T per la MCTZ, caratterizzata da un metamorfismo progrado di tipo barroviano, tratti da Goscombe et al. (2018). La freccia blu rappresenta il gradiente termobarico preso in considerazione in questo lavoro per la modellizzazione termodinamica.

2. Inquadramento geologico

La catena Himalayana è il risultato della convergenza e successiva collisione continentale tra la placca Indiana e quella Euroasiatica (Le Pichon et al., 1992; Najman et al., 2010). In Himalaya vengono generalmente distinte quattro unità tettono-stratigrafiche principali (Fig. 1a; Gansser, 1964; Le Fort, 1975; Upreti, 1999), derivanti dall'originaria sequenza sedimentaria deposta sul margine settentrionale della placca Indiana. Dall'alto al basso strutturale, e da N a S, esse sono: la Tethyan Sedimentary Sequence, la Greater Himalayan Sequence, la Lesser Himalayan Sequence e la Sub-Himalayan Zone o Siwalik Sequence. La Lesser Himalayan Sequence (LHS) è delimitata a letto dal Main Boundary Thrust (MBT) e a tetto dal Main Central Thrust (MCT). La discontinuità tettonica che delimita a tetto la Upper-LHS (MCT) è in realtà una spessa zona di deformazione (Main Central Thrust Zone, MCTZ; e.g., Goscombe et al., 2006; Searle et al., 2008; Carosi et al., 2018), che coinvolge sia la parte alta della LHS (ovvero la Upper-LHS, da cui provengono i campioni studiati) sia la parte bassa della Greater Himalayan Sequence. La LHS è suddivisa su base litostratigrafica e metamorfica (Fig. 1b; Stöcklin, 1980) in Lower-LHS, costituita da rocce di basso grado metamorfico (Stöcklin & Bhattarai, 1977; Kohn et al., 2010; Martin et al., 2011), e in Upper-LHS, caratterizzata da metamorfismo di picco in facies anfibolitica (Stöcklin, 1980; Martin et al., 2011; Fig. 1c). L'aumento del grado metamorfico verso N e quindi verso l'alto strutturale definisce un tipico metamorfismo inverso (Fig. 1b; e.g., Searle et al., 2008).

3. Metodi

La paragenesi cloritoide + biotite + granato è stata riconosciuta attraverso uno studio petrografico e microstrutturale di dettaglio di quattro campioni al microscopio ottico in luce polarizzata. Si tratta di micascisti a due miche ± clorite con porfiroblasti di granato, cloritoide e staurolite. Tra i campioni studiati, sono stati selezionati due campioni (19a-2a e 19a-4), considerati maggiormente rappresentativi, per le successive indagini di dettaglio al microscopio elettronico a scansione (SEM) dotato di uno spettrometro a dispersione di energia (EDS), ubicato presso il Dipartimento di Scienze della Terra (Università degli Studi di Torino) e per la successiva modellizzazione termodinamica. Utilizzando il SEM-EDS, sono state eseguite mappe composizionali multispettrali ad alta risoluzione dell'intera sezione sottile, processate attraverso il software Multispec © per ricavare una stima modale (%vol) delle fasi mineralogiche. È stata poi svolta una caratterizzazione minero-chimica delle fasi principali, normalizzando le analisi con il software "NORM" (Ulmer, 1986), per evidenziare possibili variazioni composizionali nei minerali principali. La composizione dei minerali principali combinata con la percentuale modale delle fasi è servita a calcolare la composizione roccia totale utilizzata per la modellizzazione termodinamica.

Il successivo studio di modellizzazione termodinamica è stato svolto utilizzando il software Perple_X 6.9.0 (Connolly, 1990, 2009), testando tre combinazioni di database termodinamici e modelli di soluzione solida attraverso il calcolo di chemografie AFM ($A=Al_2O_3 - 3K_2O$; $F=FeO_{tot}$; $M=MgO$). Le chemografie sono state calcolate lungo un gradiente termo-barico compatibile con l'evoluzione metamorfica nota in letteratura per la Upper-LHS (Fig. 1c). L'influenza dei parametri intensivi (P, T) ed estensivi (X) sulla stabilità della paragenesi cloritoide + biotite è state indagata attraverso il calcolo di diagrammi di fase isochimici (pseudosezioni) P-T e P/T-X, queste ultime calcolate lungo lo stesso gradiente delle chemografie. Le pseudosezioni sono state calcolate considerando la composizione chimica dei due campioni, con pura H_2O come fase fluida. I due parametri estensivi presi in considerazione sono: a) lo stato di ossidazione del sistema (XFe_2O_3) e b) il contenuto in acqua del sistema (XH_2O, %mol), variabile da condizioni di sottosaturazione a condizioni di sovrasaturazione. Per tutte le tipologie di pseudosezioni sono state calcolate le isoplete composizionali delle fasi coinvolte nella paragenesi.

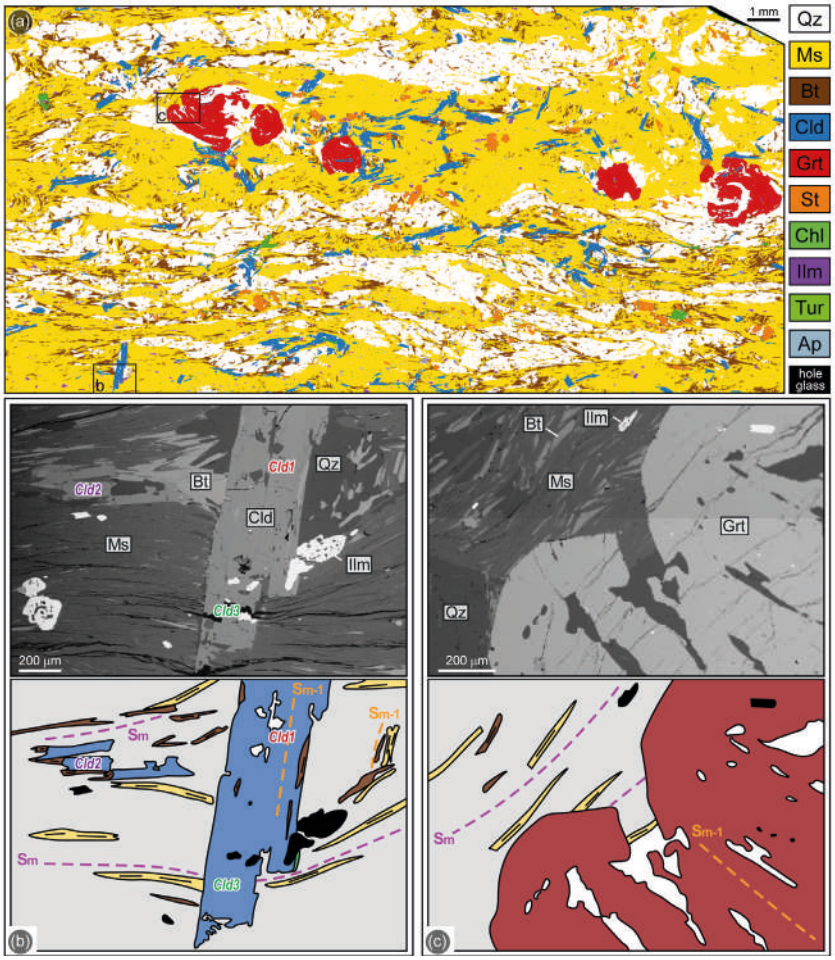


FIGURA 2

(a) Mappa multispettrale processata del campione 19a-4. Si noti staurolite e clorite prevalentemente statiche sulla foliazione principale; (b) Porfiroblasto di cloritoide che cresce da pre-cinematico (Cld1) a sin-cinematico (Cld2) e post-cinematico (Cld3) rispetto alla foliazione principale. Le generazioni pre- e sin-cinematiche sono in equilibrio con la biotite (Back Scattered Electron image, BSE, e sketch ridisegnato della microfotografia). (c) Porfiroblasto di granato che presenta un nucleo pre-cinematico rispetto alla foliazione principale e che include una foliazione precedente costituita da biotite e mica bianca (BSE image e sketch ridisegnato della microfotografia). Lo sfondo grigio in (b) e (c) indica la matrice e consiste prevalentemente di mica bianca. Le abbreviazioni dei minerali sono tratte da Whitney & Evans (2010).

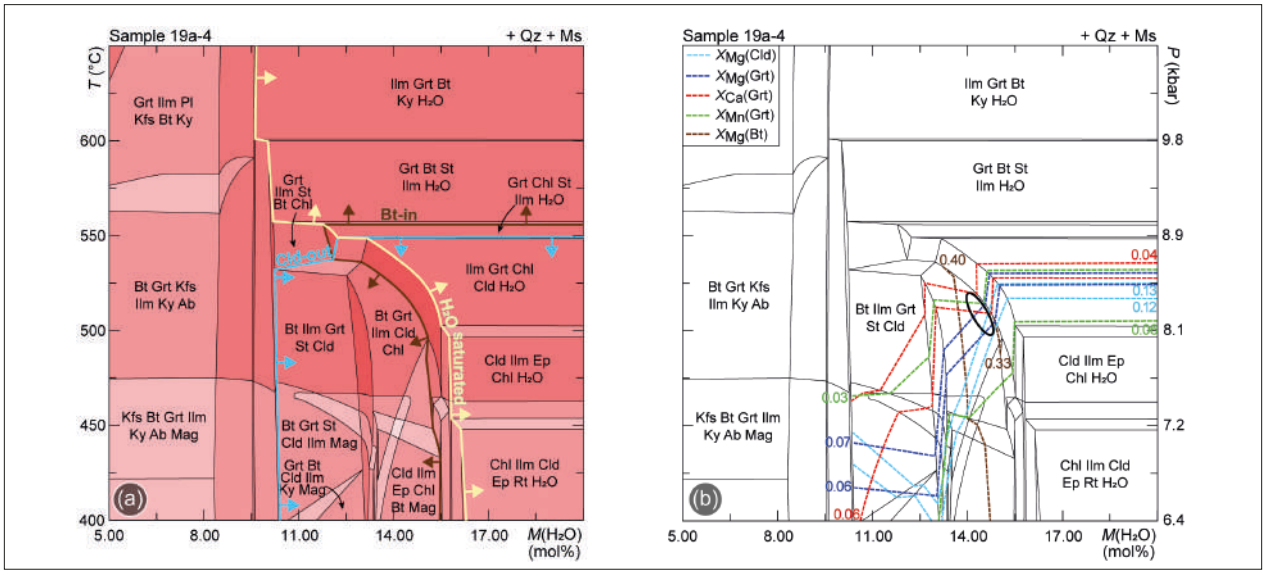


FIGURA 3

a) Pseudosezione P/T-X(H_2O) calcolata per il campione 19a-4 in cui si nota come condizioni di sottosaturazione in H_2O favoriscano la stabilità della paragenesi cloritoide + biotite; (b) La stessa pseudosezione con riportate le isoplete composizionali modellizzate per granato, cloritoide e biotite che permettono di vincolare lo sviluppo della paragenesi a condizioni di leggera sottosaturazione in H_2O (ellisse nero).

4. Risultati e discussioni

I quattro campioni studiati mostrano relazioni di equilibrio tra biotite, cloritoide e granato, e tra staurolite e clorite (Fig. 2). Staurolite e clorite generalmente sostituiscono i primi tre, crescendo statiche sulla foliazione principale. Per i due campioni selezionati per le analisi di maggior dettaglio, la composizione chimica delle fasi non varia particolarmente in funzione della posizione microstrutturale (Fig. 2e). L'unica eccezione è rappresentata dal granato del campione 19a-4 che risulta leggermente zonato.

Per comprendere quale combinazione di database termodinamico e modelli di soluzione solida fosse la più adatta per lo studio di questa paragenesi, sono state testate tre combinazioni. Tra queste, due sono state scartate perché le chemografie AFM non prevedevano campi a cloritoide + biotite + granato o perché questi erano limitati a composizioni del sistema troppo ferrifere rispetto a quelle dei campioni analizzati. L'unica combinazione che ha restituito risultati compatibili con la paragenesi osservata è quella che associa il database termodinamico di Holland & Powell (1998) (ds55) con il modello di soluzione solida per la biotite di White et al. (2007). Tutte le pseudosezioni discusse nella Tesi sono quindi state calcolate con questa combinazione.

Le pseudosezioni P-T evidenziano come la curva di scomparsa del cloritoide si trova a temperature minori rispetto alla curva di comparsa della biotite, non permettendo lo sviluppo di campi a cloritoide + biotite che rispecchiano la paragenesi osservata. Più in generale, all'aumentare della pressione le curve biotite-in e cloritoide-out si allontanano. L'andamento delle due curve spiega piuttosto bene come mai l'associazione a cloritoide + biotite sia stata riconosciuta principalmente in contesti di metamorfismo di contatto e in sequenze barroviane di bassa pressione (e.g. Wang & Spear, 1991; Saki et al., 2021), mentre in sequenze barroviane di media pressione essa è decisamente più rara (e.g. Sengupta, 2012). In questi ultimi casi, è quindi verosimile che la paragenesi cloritoide + biotite sia influenzata anche da altri fattori, oltre che dalle condizioni P-T.

Le pseudosezioni P/T-X(Fe_2O_3) sottolineano come all'aumentare dello stato di ossidazione del sistema, le curve di scomparsa del cloritoide e di ingresso della biotite tendono ad allontanarsi, con la conseguenza che, per qualunque condizione di X(Fe_2O_3), non vengono predetti campi a cloritoide + biotite. I risultati della modellizzazione mostrano che le pseudosezioni P/T-X(Fe_2O_3) falliscono nel predire la coesistenza di cloritoide, biotite e granato, che anzi è meno probabile all'aumentare dello stato di ossidazione del sistema.

Le pseudosezioni P/T-X(H_2O) (Fig. 3) mostrano come in condizioni di sovrasaturazione in H_2O (campi in cui compare H_2O come fase in eccesso), il

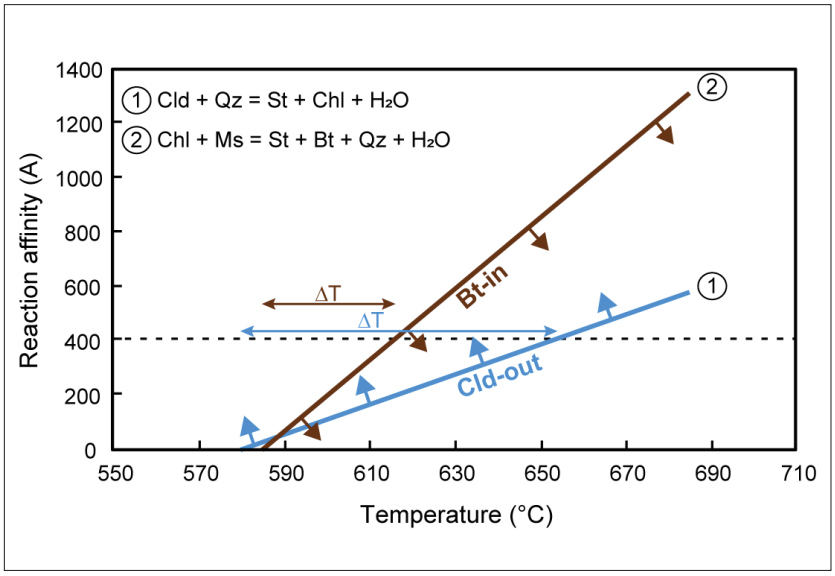


FIGURA 4

Grafico A-T che evidenzia come la reazione di scomparsa del cloritoide avvenga a temperature più alte rispetto a quella di scomparsa della biotite se non si considera un approccio all'equilibrio.

cloritoide viene consumato a temperature minori rispetto alla comparsa della biotite; in condizioni di sottosaturazione in H_2O (corrispondenti ai campi in cui non è presente H_2O come fase in eccesso), vengono modellizzati numerosi campi di coesistenza cloritoide + biotite (Fig. 3a). Per entrambi i campioni, le isoplete composizionali di cloritoide, biotite e granato convergono tutte nello stesso campo, in condizioni di leggera sottosaturazione in H_2O (Fig. 3b). Nel complesso, quindi, le pseudosezioni P/T-X(H_2O) riescono a predire la coesistenza di cloritoide, biotite e granato con composizioni prossime a quelle misurate, suggerendo che lo sviluppo di questa paragenesi è favorito da leggere condizioni di sottosaturazione in H_2O.

La presenza o l'assenza di una fase fluida libera in un sistema metamorfico ha importanti implicazioni per la cinetica delle reazioni (e.g. Pattison & Tinkham, 2009), poiché il fluido rimuove le barriere cinetiche alla nucleazione. È stato quindi investigato il parametro di affinità della reazione (A; ovvero la differenza nell'energia libera di Gibbs tra i prodotti stabili ma ancora non cristallizzati e i reagenti metastabili) seguendo il procedimento di Waters & Lovegroove (2002). Assumendo un valore di A = 400 J per moli di ossigeno nel porfiroblasto prodotto come la barriera energetica per la nucleazione di staurolite, che è un prodotto sia della reazione che consuma cloritoide sia di quella che produce biotite, si nota come la reazione di scomparsa del cloritoide avvenga a temperature superiori rispetto alla reazione di comparsa della biotite (Fig. 4).

5. Conclusioni

I risultati ottenuti integrando lo studio petrografico, microstrutturale e minero-chimico con uno studio di modellizzazione termodinamica hanno permesso di:

1. riconoscere in campioni provenienti dalla Upper-LHS del Nepal orientale i rapporti di equilibro tra cloritoide e biotite, riportati in letteratura in poche altre località;
2. identificare il database di Holland & Powell (1998) (ds55) unito al modello di soluzione solida per la biotite di White et al. (2007) come l'unica combinazione, tra quelle testate, adeguata allo studio della paragenesi cloritoide + biotite;
3. evidenziare come i parametri intensivi (P, T) influenzino in modo marginale lo sviluppo della paragenesi;
4. escludere che lo stato di ossidazione del sistema abbia giocato un ruolo rilevante nello sviluppo della paragenesi cloritoide + biotite e mostrare come, al contrario, condizioni ossidanti inibiscano la coesistenza di cloritoide e biotite;
5. evidenziare che il grado di saturazione in H2O è in grado di influenzare in modo significativo la stabilità della paragenesi cloritoide + biotite; in particolare, condizioni di leggera sottosaturazione in H2O favoriscono la stabilità di questa paragenesi, riuscendo a predire composizioni di cloritoide, biotite e granato prossime a quelle misurate;
6. individuare che anche fattori cinetici possono aver giocato un ruolo nello sviluppo di questa paragenesi; in particolare, l'efficienza della cinetica delle reazioni è intrinsecamente legata alla disponibilità di una fase fluida.

BIBLIOGRAFIA

Bushmin S. & Glebovitsky V.A. (2008) - Scheme of Mineral Facies of Metamorphic Rocks. Geology of Ore Deposits, 50, 659-669.

Carosi R., Montomoli C., Iaccarino S. & Visonà D. (2018) - Structural evolution, metamorphism and melting in the Greater Himalayan Sequence in central-western Nepal. Geological Society, London, Special Publications. 483, SP483.3.

Connolly J.A.D. (1990) - Multivariate phase diagrams: An algorithm based on generalized thermodynamics. American Journal of Science, 290, 666-718.

Connolly J.A.D. (2009) - The geodynamic equation of state: what and how. Geochemistry, Geophysics, Geosystems, 10, Q10014.

Droop G.T.R. & Harte B. (1995) - The effect of Mn on the phase relations of medium grade pelites: constraints from natural assemblages on petrogenetic grid topology. Journal of Petrology, 36, 1549-1578.

Gansser A. (1964) - Geology of the Himalayas. London, Interscience Publishers, p. 289.

Goscombe B., Gray D. & Hand M. (2006) - Crustal architecture of the Himalayan metamorphic front in eastern Nepal. Gondwana Research, 10, 232-255.

Goscombe B., Gray D. & Foster D.A. (2018) - Metamorphic response to collision in the Central Himalayan Orogen. Gondwana Research, 57, 191-265.

Holland T.J.B. & Powell R. (1998) - An internally-consistent thermodynamic dataset for phases of petrological interest. Journal of Metamorphic Geology, 16, 309-344.

Hoschek G. (1969) - The stability of staurolite and chloritoid and their significance in metamorphism of pelitic rocks. Contributions to Mineralogy and Petrology, 22, 208-232.

Kohn M.J., Paul S.K. & Corrie S.L. (2010) - The lower Lesser Himalayan sequence: a Paleoproterozoic arc on the northern margin of the Indian plate. Geological Society of America Bulletin, 122, 323-335.

Le Fort P. (1975) - Himalaya: the collided range. Present knowledge of the continental arc. American Journal of Science, 275A,1-44.

Le Pichon X., Fournier M. & Jolivet L. (1992) - Kinematics, topography, shortening, and extrusion in the India-Eurasia collision. Tectonics, 11, 1085-1098.

Martin A.J., Burgy K.D., Kaufman A.J. & Gehrels G.E. (2011) - Stratigraphic and tectonic implications of field and isotopic constraints on depositional ages of Proterozoic Lesser Himalayan rocks in central Nepal. Precambrian Research, 185, 1-17.

Najman Y., Appel E., Boudagher-Fadel M., Brown P., Carter A., Garzanti E., Godin L., Han J., Liebke U., Oliver G., Parrish R. & Vezzoli G. (2010) - Timing of India-Asia collision: geological, biostratigraphic, and palaeomagnetic constraints. Journal of Geophysical Research, 115, B12416.

Pattison D.R.M. & Tinkham D.K. (2009) - Interplay between equilibrium and kinetics in prograde metamorphism of pelites: an example from the Nelson aureole, British Columbia. Journal of Metamorphic Geology, 27, 249-279.

Saki A., Miri M. & Oberhänsli R. (2021) - Pseudosection modelling of the Precambrian meta-pelites from the Poshtuk area, NW Iran. Periodico di Mineralogia, 90, 325-340.

Searle M.P., Law R.D., Godin L., Larson K.P., Streule M.J., Cottle J.M & Jessup M.J. (2008) - Defining the Himalayan Main Central Thrust in Nepal. Journal of the Geological Society of London, 165, 523-534.

Sengupta N. (2012) - Stability of chloritoid+biotite-bearing assemblages in some meta-pelites from the Palaeoproterozoic Singhbhum Shear Zone, eastern India and their implications. Geological Society Special Publications, 365, 91-116.

Stöcklin J. (1980) - Geology of Nepal and its regional frame. Journal of the Geological Society of London, 137, 1-34.

Stöcklin J. & Bhattarai K.D. (1977) - Geology of Kathmandu area and Central Mahabharat range: Nepal Himalaya. In: Himalaya Report, Department of Mines and Geology, Kathmandu, Nepal, 86 p.

Ulmer P. (1986) - NORM - Program for cation and oxygen mineral norms. Computer Library, Institut für Mineralogie und Petrographie, ETH-Zentrum, ETH-Zentrum, Zürich, Switzerland.

Upreti B.N. (1999) - An overview of the stratigraphy and tectonics of the Nepal Himalaya. Journal of Asian Earth Sciences, 17 (special issue), 577-606.

Wang P. & Spear F.S. (1991) - A field and theoretical analysis of garnet+chlorite+chloritoid+biotite assemblages from the tristate (MA, CT, NY) area USA. Contributions to Mineralogy and Petrology, 106, 217-235.

Waters D.J. & Lovegrove D.P. (2002) - Assessing the extent of disequilibrium and overstepping of prograde metamorphic reactions in metapelites from the Bushveld Complex aureole, South Africa, Journal of Metamorphic Geology, 20, 135-149.

White R.W., Powell R. & Holland T.J.B. (2007) - Progress relating to calculation of partial melting equilibria for metapelites. Journal of Metamorphic Geology, 25, 511-527.

Whitney D.L. & Evans B.W. (2010) - Abbreviations for names of rock-forming minerals. American Mineralogist, 95, 185-187.

Yakymchuck C. & Godin L. (2012) - Coupled role of deformation and metamorphism in the construction of inverted metamorphic sequences: an example from far-northwest Nepal. Journal of Metamorphic Geology, 30, 513-535.

Mappo Geognostica

Geognostica e consolidamento terreni

www.mappogeognostica.it

Mappo Geognostica Srl

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

email: mappogeognostica@virgilio.it

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e Trasporti ad effettuare e certificare prove geotecniche sui terreni n. 5021 del 24 maggio 2011

NEWS DALL' ORDINE

LE BALZE DI VOLTERRA UN GEOSITO IN EVOLUZIONE

Si è tenuto il 24 novembre 2023 un interessante convegno riguardo alle "Balze" di Volterra affrontando i temi che riguardano il più famoso geosito della Val di Cecina dal punto di vista filosofico, naturalistico geologico e storico.

Moderatore della giornata è stato il collega Giancarlo Lari che ha tenuto le fila degli interventi legando i vari temi trattati.

A seguito dei saluti e dei Ringraziamenti del Sindaco di Volterra il Presidente dell'Ordine dei Geologi della Toscana Riccardo Martelli, ha tratteggiato il percorso legislativo della proposta di legge sui geositi (attualmente in revisione presso gli uffici legali regionali, ndr) evidenziando come il geosito Volterrano presenta plasticamente tutte le caratteristiche che necessitano di valorizzazione e tutela da parte delle istituzioni sia dal punto di vista naturalistico che culturale.

Alla giornata di studio erano presenti molti colleghi ed appassionati, rendendo il momento di incontro ancor più carico di interesse per i Geologi Toscani.

IN RICORDO DEL PROF. RAFFAELLO NARDI

Il 19 luglio scorso ci ha lasciato, dopo una breve malattia, il collega Prof. Raffaello Nardi, già docente di Geologia all'Università di Pisa e già Segretario dell'Autorità di Bacino del Serchio e dell'Arno, oltre che Presidente negli ultimi anni dell'Accademia Lucchese di Scienze, Lettere ed Arti.

Con passione e competenza ha contribuito allo sviluppo della geologia moderna, dando un un forte impulso prima come docente e poi come Segretario di Bacino, alla conoscenza ed alla tutela del territorio.

Presso il Dipartimento di Scienze Geologiche dell'Università di Pisa è stato un vero innovatore, promuovendo studi e tesi di geologia applicata fin dalla metà degli anni 70' e ponendo le basi della cartografia geomorfologica dell'Autorità di Bacino del F. Serchio e dell'Arno.

La sua scomparsa rappresenta non tanto e non solo una grave perdita per la geologia e per la cultura in generale, ma soprattutto la perdita del "Professore", un uomo dotato di grande umanità, sempre disponibile all'ascolto ed al confronto schietto per la ricerca di soluzioni a problematiche che affrontava con sagacia ed ironia.

E' triste pensare di non poterlo più incontrare - con la sua andatura un po' curva, mani congiunte dietro la schiena e sguardo attento - ed ironizzare, come sempre accadeva all'inizio, sugli acciacchi che affliggono gli uomini non più giovani.

Caro "Professore", il tuo ricordo ed i momenti di vita, anche quelli più lontani quando da docente indicavi a noi studenti, con il binocolo, i contatti stratigrafici sui versanti montuosi dei Monti d'Oltre Serchio – il contorno geologico ideale per la sua dimora a San Cerbone -, dell'Appenino e delle Apuane, ci accompagneranno però sempre.

i tuoi allievi Pietro Barsanti e Paolo Sani

ANNO XXXIV N°121 • NOVEMBRE 2023

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 Giannecchini, 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
www.geologitoscana.it

PUBBLICITÀ

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

CREATIVITÀ E GRAFICA

Agicom Graphic Ideas

STAMPA

Spadamedia Srl

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

Fatti salvo gli obblighi di legge, la redazione declina ogni responsabilita 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 e organo. Tutte le inserzioni pubblicitarie sono gestite dalla Agicom srl.
È espressamente vietata la riproduzione di testi e foto ai sensi e per gli aggetti dell'art. 65 della legge n. 633-22.4.1941.

VULCANISMO PRE-MIOCENICO. EROSIONE DIFFERENZIATA SU TUFI TRACHITICI (TERRITORIO COSTIERO DI BOSA – ORISTANO)

Foto di M. Folini

GECo

Geophysical Elements Co.

Deep Measurements Consulting

Indagini GEOFISICHE

Tomografia Elettrica 2D/3D/4D

Indagini Sismiche 2D/3D

Elettromagnetismo

Rilievi GPR

Un mare di soluzioni...

GECO-DMC Srl

Ordine Geologi Toscana STP-001

geco@geco-dmc.com

WWW.GECO-DMC.COM

instagram GECO-DMC