



▶
**SCORIE
METALLURGICHE
ETRUSCHE**

Foto di Alessandro Da Mommio

**TROMOGRAFO DIGITALE
UTILIZZATO NELLA
CAMPAGNA DI MISURE
DI SISMICA PASSIVA**

Articolo a Pagina 27
▼



ogt
ORDINE del
GEOLOGI della
TOSCANA

NUMERO 123

IL GEOLOGO

PERIODICO UFFICIALE

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.



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

Sismica

attiva e passiva



Sismografo Geode



È ancora il riferimento più alto per la sismica professionale. Per microzonazione, riflessione, rifrazione, downhole...

Foto: Progeo-Forli

Sensori e acquisitori sismici



Gli strumenti Nanometrics sono i più performanti al mondo. Solo per chi vuole dati di altissima qualità e affidabilità.

Sismografo wireless Atom



Ultra compatto, leggero, passivo, senza cavi sismici! Il sismografo a 3 canali per Vs a profondità di oltre 1 km.



Seleziona il link!



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. 123

SOMMARIO



VENA FIBROSA ANTITASSIALE OSSERVATA A NICOL X
Foto di Francesca Amabile



APPARATO DI ACQUISIZIONE DEL SEGNALE
Foto di Moira Pippi

- 07 **EDITORIALE**
RICCARDO MARTELLI
Presidente dell'Ordine dei Geologi della Toscana
- 09 **DALLA REDAZIONE**
ALESSANDRO DANESI
Coordinatore di redazione
- 10 **NEWS DALL'ORDINE**
Assemblea Generale degli Iscritti
- 12 **PILLOLE DI GEOTECNICA**
Oggi parliamo della prova SPT Standard Penetration Test
- 18 **TESI DI LAUREA**
Vene e mineralizzazioni nelle torbiditi delle Unità Liguri Interne (App. Sett.): analisi isotopica e geologico - strutturale
- 27 **TESI DI LAUREA**
Determinazione dello spessore di alterazione saprolitica nei versanti di Abbadia San Salvatore (Monte Amiata, SI) mediante tecniche di indagine sismica attiva e passiva

SONDE MULTIPARAMETRICHE

SONDE MULTIPARAMETRICHE AQUAREAD FINO A 17 PARAMETRI IN CONTEMPORANEA.



AQUAREAD
water monitoring instruments



Ampia gamma di sonde multiparametriche da utilizzare in acque di falda o acque libere. Realizzate con materiali resistenti alle condizioni chimico-fisiche più aggressive. Le sonde **AquaProbe** di **Aquaread** sono disponibili in configurazione "Package" ossia con un pacchetto completo che comprende tutto il necessario per i rilievi in campo. Il palmare GPS **Aquameter** permette una gestione completa della sonda, tutte le letture sono georeferenziate e memorizzabili in modalità manuale o automatica. Disponibili con cavi di varie lunghezze per attività di profilazione verticale. Utilizzabili anche in cella di flusso per la stabilizzazione dei parametri durante le attività di campionamento. Grazie al data-converter **BlackBox** possono essere integrate in datalogger, PLC, SCADA di terze parti o nella nostra piattaforma in cloud di monitoraggio "TICHE".

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.



**DATALOGGER
E TELEMETRIE**



**CAMPIONAMENTO
LOW-FLOW**



**PROFILAZIONE
MULTILIVELLO**



MISURE DI LIVELLO

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



ogt
 ORDINE del
 GEOLOGI della
 TOSCANA

EDITORIALE

IL PUNTO



IL GEOLOGO | EDITORIALE

RICCARDO MARTELLI

PRESIDENTE DELL'ORDINE DEI GEOLOGI DELLA TOSCANA

Care iscritte e cari iscritti, finalmente ci siamo, a breve avremo la possibilità di incontrarci all'Assemblea generale degli iscritti 2024, che si terrà a Firenze, e che questa volta punterà l'obiettivo sulla Toscana delle Risorse, fra storia e prospettive. Sarà una giornata di confronto su temi molto attuali come quello delle materie prime strategiche, della pianificazione delle attività estrattive, della tutela e pianificazione della risorsa idrica e lo faremo con un panel molto qualificato, che saprà fornirci spunti per arricchire ed orientare la nostra professionalità negli anni a venire. Sarà anche una giornata diversa dagli altri momenti

di confronto o formazione, perché avrà un forte connotato identitario, sarà un momento di incontro di tutte le geologhe e di tutti i geologi della nostra Regione, un ritrovarsi tutti insieme per cementare una comunità. I risultati della nostra giornata di confronto saranno portati all'attenzione delle colleghe e dei colleghi che parteciperanno al secondo atto del Congresso Nazionale dei Geologi, che si terrà a Genova nel mese di novembre, per condividere con loro un'esperienza, quella della Toscana, fatta di metodo e di qualità nella proposta amministrativa e tecnica. Una lunga tradizione, che mettiamo al servizio di tutta la comunità geologica italiana, per

proiettarci verso le sfide che la nostra categoria andrà ad affrontare nei prossimi anni, quando vi sarà un significativo ricambio normativo che interesserà leggi fondamentali per la nostra professione. In quei frangenti la comunità dei geologi italiani dovrà farsi trovare pronta, con un'adeguata preparazione nella proposta normativa che deciderà di portare avanti e con un peso politico altrettanto adeguato. Sicuro del fatto che la proposta normativa che la nostra comunità saprà portare avanti sarà adeguata e guarderà al bene dei cittadini e degli iscritti, il peso politico che si renderà necessario presupporrà uno sforzo nuovo da parte di tutte le



ogt
 ORDINE dei
 GEOLOGI della
 TOSCANA

anime che compongono il nostro piccolo e variegato universo. Sarà richiesta forte unità, dovranno essere abbandonati personalismi, si dovrà guardare ad un sistema unico, e chi ci rappresenterà a livello nazionale dovrà sentire in ogni momento la spinta che viene da tutti gli elementi che compongono questo sistema.

Nel rapporto con la politica dovremo essere fermi su aspetti non negoziabili, come la valorizzazione del nostro lavoro, la necessità di perseguire un maggior grado di sicurezza per i cittadini rispetto ai rischi naturali, lo sviluppo sostenibile delle attività che

utilizzano risorse naturali, attraverso il continuo approfondimento nella conoscenza del territorio e delle sue dinamiche. Allo stesso modo, dovremo interagire con la politica attraverso una dialettica franca e propositiva, perché solo così facendo saremo in grado di rendere fluido un rapporto che ha evidenti vantaggi per amministrazioni, imprese, cittadini, oltre che per la nostra categoria. Così facendo, in questi anni siamo stati capaci di attivare circuiti virtuosi nella nostra regione, con evidenti risultati come la presenza dell'Ordine dei Geologi della Toscana nell'Osservatorio sui consumi Idrici

dell'Autorità di Bacino Distrettuale Appennino Settentrionale, la presenza dell'Ordine dei Geologi della Toscana nel Comitato Tecnico Scientifico della Regione Toscana sul Rischio Sismico, il coordinamento della Rete Toscana delle Professioni Tecniche, la proposta di Legge sulla Tutela del Patrimonio Geologico della Toscana, solo per fare alcuni esempi.

È grande il lavoro che ci attende sia a livello regionale che nazionale, ma so che la competenza e l'entusiasmo delle geologhe e dei geologi della Toscana è anche maggiore, e questo mi fa sentire ottimista.

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

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 trifoli 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





ALESSANDRO DANESI
COORDINATORE DI REDAZIONE

Care lettrici e cari lettori, questa uscita propone numerosi interessanti articoli estratti dalle tesi dei “nostri” ragazzi che hanno partecipato al premio di laurea “David Giuntini” e altri interessanti articoli.

In particolare sono state inserite in questo numero due tesi di candidati al premio Giuntini, che in questi anni è stato un momento di arricchimento culturale e scientifico irrinunciabile sia

per la comunità dei Geologi, sia per la nostra rivista che ha beneficiato di lavori scientifici innovativi ed interessanti. Ci preme ricordare che siamo alle porte dell'assemblea generale che quest'anno si terrà a Firenze all'auditorium della Cassa di Risparmio di Firenze in via Cosimo Ridolfi, il 25 ottobre prossimo. Quest'anno il programma propone il tema delle risorse affrontato da molti punti di vista e dai più autorevoli relatori in ambito regionale e nazionale.

Ci auguriamo che in quella occasione ci siano ulteriori spunti per pubblicazioni della nostra rivista e che il tema delle risorse che sarà centrale in quest'assemblea possa essere foriero di temi e proposte nuove.

Come di consueto sollecitiamo l'intervento di chiunque abbia materiale da pubblicare sia esso fotografico, testuale o multimediale.

Vi auguriamo una buona lettura.

ERRATA CORRIGE

Nel numero 120 a pagina 12 sono state pubblicate una figura non corrispondente alla didascalia e una didascalia invertita, ci scusiamo per l'errore.

La figura 4 corretta con la sua didascalia e la didascalia corretta di figura 5 alla pagina 12 dell'uscita 120:

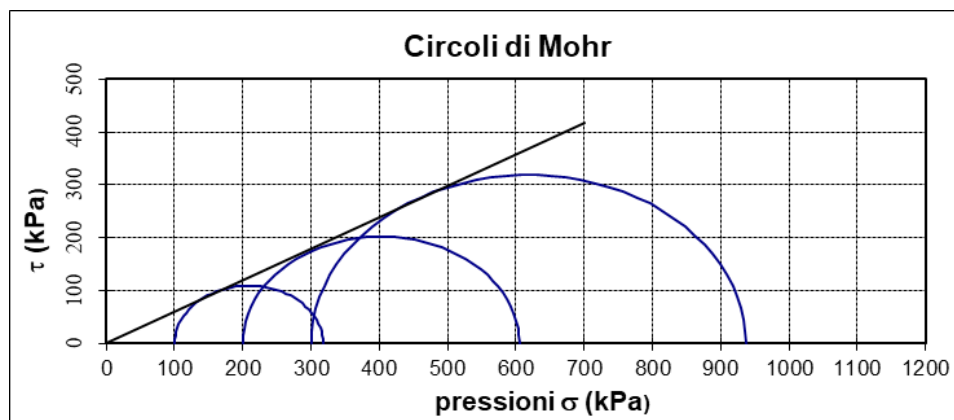


FIGURA 4

Esempio di rappresentazione della prova triassiale TxCD. Le pressioni efficaci sono uguali a quelle totali.

Didascalia della figura 5 corretta:

Figura 5 - Esempio di rappresentazione della prova triassiale TxCIU con determinazione dei parametri in termini di pressioni totali ed efficaci.

ASSEMBLEA GENERALE DEGLI ISCRITTI Ordine dei Geologi della Toscana 25 OTTOBRE 2024 | Firenze

La Toscana delle risorse



ogt
ORDINE dei
GEOLOGI della
TOSCANA

NEWS DALL' ORDINE

ASSEMBLEA GENERALE DEGLI ISCRITTI ORDINE DEI GEOLOGI DELLA TOSCANA

L'Ordine dei Geologi della Toscana torna ad organizzare l'Assemblea degli Iscritti dell'Ordine dei Geologi della Toscana.

L'atteso appuntamento si terrà quest'anno a Firenze il 25 ottobre dalle 9:00 alle 17:30, presso l'Auditorium Cosimo Ridolfi Banca Intesa San Paolo, Via Carlo Magno, 7.

L'evento sarà l'occasione per ritrovarsi in presenza, confermando l'obiettivo di un incontro stabile, per fare formazione, fare informazione e fare comunità.

Il tema della Giornata sarà: **TOSCANA DELLE RISORSE.**

L'evento si svolgerà in un'unica giornata, il 25 ottobre con un momento conviviale di chiusura durante il quale saranno conferiti riconoscimenti ai colleghi con maggiore anzianità di iscrizione e a quelli che si siano distinti per particolari meriti.

Sono stati richiesti i crediti formativi APC, che saranno riconosciuti in base all'effettiva frequenza.

In attesa di incontrarci, per tutte le informazioni invitiamo a consultare www.geoligitoscana.it

DATALOGGER LEVELINE

La serie **Leveline di Aquaread**, di cui Smart Geo srl è distributore ufficiale per l'Italia, offre a tecnici e professionisti datalogger assoluti e compensati per il monitoraggio del livello, della temperatura e, in opzione della conducibilità, delle acque sotterranee e di superficie.

Sono quindi lo strumento ideale da utilizzare nei test di pompaggio, nelle barriere idrauliche, nei contesti di bonifica e nei monitoraggi in generale.

Caratteristiche formidabili:

Corpo in titanio, memoria da 500.000 dati, durata della batteria 10 anni, nessuna manutenzione, estremamente preciso (0.05% F.S.), garanzia 5 anni, possibilità di trasmissione dati in remoto.

Sempre in pronta consegna!



Servono altri parametri? Le sonde multiparametriche Aquaread consentono di misurare e monitorare anche pH, ossigeno disciolto, conducibilità, redox, TDS, resistività, salinità, SSG, e un'ampia gamma di parametri addizionali (clorofilla, nitrati, torbidità etc...)



SMART GEO SRL offre anche un ampio catalogo di prodotti per il campionamento delle acque e del suolo e per la geotecnica (CASSETTE CATALOGATRICI PER TERRENI), POMPE SOMMERSE (Grundfos, Lowara, Franklin), TESTE POZZO, POZZETTI, STAZIONI METEO PER LA RICERCA E L'AGRICOLTURA, POMPE PER CAMPIONAMENTO 12V IN PLASTICA ED IN ACCIAIO (DISTRIBUTORE UNICO PER L'ITALIA DEL LEADER MONDIALE "PROACTIVE®").



SMART GEO SRL - Via Madonna del Prato 119 - Arezzo 52100
Telefono e Whatsapp: 392-7577735 email: info@smartgeosrl.com
www.smartgeosrl.com



A CURA DEL PROF. PIERO FOCARDI

PILLOLE DI GEOTECNICA

OGGI PARLIAMO DELLA PROVA SPT STANDARD PENETRATIONTEST

Prove penetrometriche “rudimentali” venivano eseguite anche in tempi remoti per “saggiare” la portanza del terreno di fondazione. Dai documenti storici raccolti nell’archivio dell’Opera di Santa Maria del Fiore (Guasti 1857) sappiamo che per la esecuzione delle fondazioni delle cappelle Visdomini (lato Nord della cupola di Santa Maria del Fiore) si ebbero dei problemi perché alla quota di imposta (circa 8,50 m al di sotto dell’attuale piano stradale) la ghiaia era più minuta di quella rinvenuta sotto le fondazioni delle altre 2 cappelle eseguite negli anni precedenti.

Il Guasti riporta infatti “la ghiaia era molto sottile, intanto, che tentando essa ghiaia e cum verghe di ferro e cum pali di castagnuoli per tutto il decto fondamento per la sottile decta ghiaia e cum non molti in essa ciottoli essa vergha e pali penetravano in decta ghiaia, si che si rievocava in

dubbio se fosse sufficiente a fondarvi su”.

Queste prove penetrometriche “ante litteram” fecero molto discutere gli esperti delle 3 commissioni nominate al tempo per supportare l’opera; una di esse espresse il parere di effettuare una consolidazione del terreno mediante infissione dei pali ma l’intervento non fu effettuato per parere negativo delle altre 2 commissioni.

La modalità di stimare la capacità del terreno in base all’energia necessaria alla infissione di strutture di fondazione corrisponde in tempi moderni alla valutazione della portanza dei pali battuti applicando le cosiddette formule dinamiche.

La prima prova penetrometrica normalizzata è la Standard Penetration Test (SPT) definita per la prima volta nel testo Soil Mechanics in Engineering Practice di Terzaghi Peck (1967).

La prova SPT consiste nel misurare il numero di colpi necessari alla infissione di un campionatore di forma e dimensioni standard per un tratto di 30 centimetri.

Per le caratteristiche del campionatore, la massa e caduta del maglio e le procedure di prova prescritte dalla normativa si rimanda alle raccomandazioni AGI e ai vari testi di geotecnica che trattano l’argomento.

La prova penetrometrica SPT nasce come esigenza di testare i materiali che non possono essere soggetti ad analisi di laboratorio perché difficilmente campionabili in quanto incoerenti ed è particolarmente indirizzata alle sabbie.

Proprio in riferimento alle sabbie Terzaghi e Peck (1967) hanno proposto un diagramma nel quale si riporta, in funzione del numero dei colpi della prova SPT, la pressione ammissibile per fondazioni di

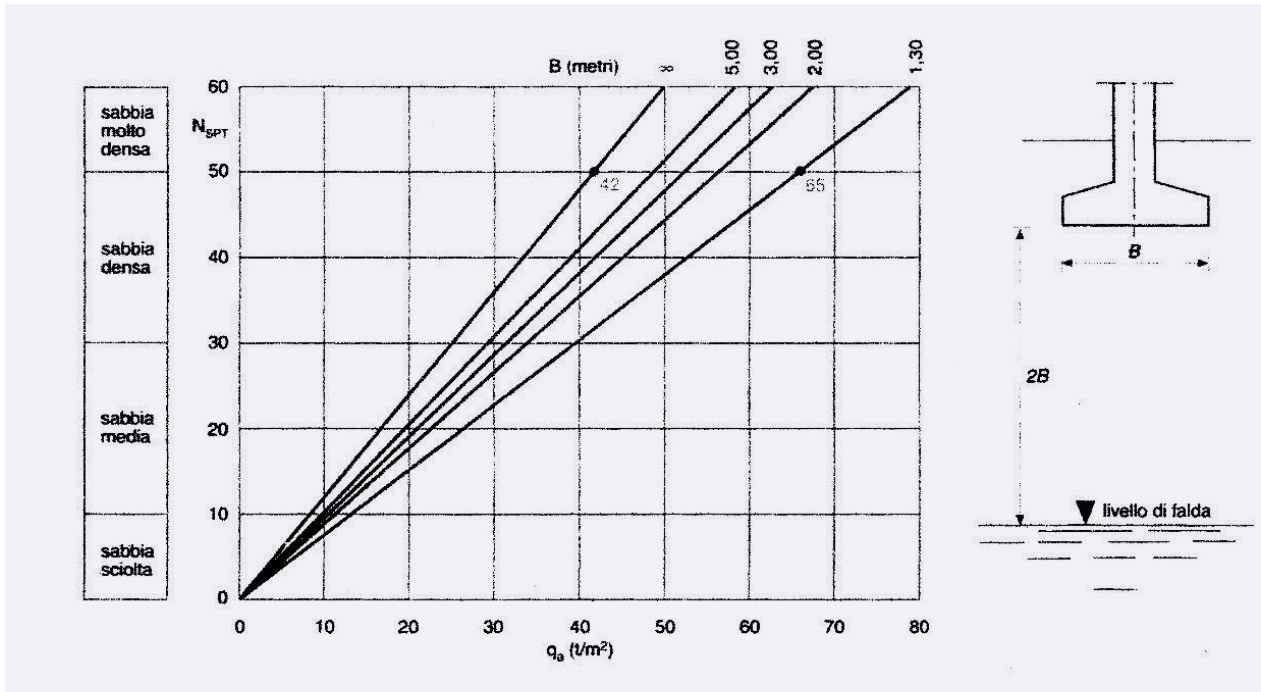


FIGURA 1

Pressione ammissibile (cedimento di 2,5 cm) per fondazioni di diversa ampiezza in funzione di N_{spt} (Colombo e Colleselli, 1974).

larghezza variabile B nell'ipotesi di cedimenti di 2,5 cm.

Il diagramma in forma diversa dall'originale e ripreso dal lavoro Colombo e Colleselli (1974) è riportato nella figura 1 e si riferisce al caso di sabbie asciutte. Per sabbie sature gli Autori propongono di ridurre a metà i valori della pressione ammissibile se il rapporto tra la profondità del piano di posa della fondazione e la sua larghezza è molto piccolo e a 2/3 se detto rapporto è dell'ordine di 1.

In tempi successivi alle esperienze di Terzaghi, vari autori hanno studiato relazioni che intercorrono tra la resistenza penetrometrica SPT in terreni incoerenti e la resistenza al taglio. Per questa operazione è opportuno effettuare correzioni delle misure in sito per il fatto che le misure penetrometriche in profondità risentono degli effetti delle

pressioni litostatiche efficaci agenti in corrispondenza nel punto di prova.

La resistenza al taglio delle terre incoerenti dipende prevalentemente dalla granulometria e dalla densità relativa del materiale Dr che è definita dal rapporto tra la differenza dell'indice massimo dei vuoti e l'indice dei vuoti effettivo e la differenza tra l'indice dei vuoti massimo e quello minimo.

Nella letteratura esistono varie formule che correggono il valore di N_{spt} in funzione della pressione litostatica efficace del livello di prova.

Tra le correlazioni più usate vi è quella di Skempton (1986) che per la stima della Densità relativa attraverso N_{spt} propone la seguente relazione sperimentale operando una distinzione tra sabbie fini e grosse.

$Dr^2 = \frac{N_{cor}}{60}$	$Cn = \frac{3}{2 + \frac{\sigma'}{pa}}$	Skempton - sabbie grosse
$N_{cor} = Cn \times N_{spt}$	$Cn = \frac{2}{1 + \frac{\sigma'}{pa}}$	Skempton - sabbie fini

Pressione litostatica efficace (KPa)	Skempton- Sabbie fini	Skempton- Sabbie grosse
20	1,29	1,17
50	1,15	1,10
100	1,00	1,00
150	0,89	0,93
200	0,82	0,87


TABELLA 1

Coefficienti di correzione di N_{spt} per alcuni valori della pressione litostatica efficace.

Dove $\frac{\sigma'}{p_a}$

è il rapporto tra la pressione litostatica efficace alla profondità di prova e la pressione atmosferica.

Alla profondità alla quale la pressione litostatica efficace è 100 kPa (circa 5 metri per terreni asciutti)

$$C_n = 1,$$

$$N_{cor} = N_{spt}$$

e

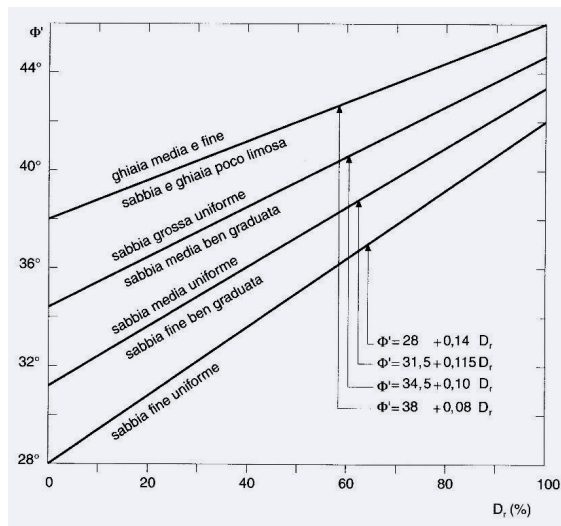
$$D_r = \sqrt{\frac{N_{spt}}{60}}$$

L'effetto di tale correzione di fatto riduce il valore di N_{spt} (e quindi di D_r) per profondità superiori a quella corrispondente a 100 kPa mentre lo incrementa al di sopra.

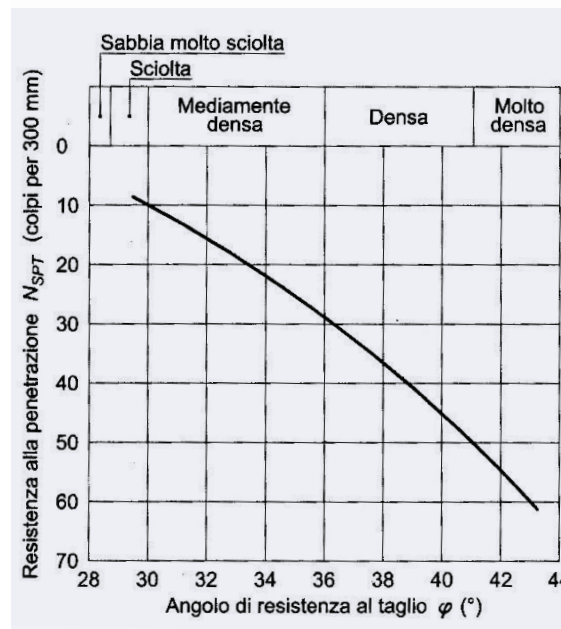
Nella tabella 1 sono indicati i coefficienti di correzione di N_{spt} in funzione della pressione litostatica efficace (e quindi della profondità di prova).

Esistono vari metodi per determinare l'angolo di attrito delle sabbie attraverso la D_r e la resistenza SPT.

Calcolata la D_r attraverso la N_{spt} si può stimare l'angolo di attrito interno in relazione anche alle caratteristiche granulometriche del materiale usando le correlazioni di Schmertmann, 1977 indicate nella figura 2 ripresa dal testo di Colombo e Colleselli.


FIGURA 2

Valori dell'angolo di attrito interno in funzione della Densità relativa e della granulometria del terreno (Schmertmann, 1977).


FIGURA 3

Determinazione diretta dell'angolo di attrito interno in funzione di N_{spt} (Peck e altri, 1974).

Nella figura 3 è indicata una correlazione grafica tra l'angolo di attrito delle sabbie e N_{spt} proposta da Peck, Hanson e Thornburn (1974).

Nella figura 4 è invece riportata un

diagramma che consente di stimare l'angolo di attrito interno in funzione della pressione litostatica efficace e di N_{spt} (Schmertmann 1975).

Di seguito sono riportate altre

espressioni che si trovano in letteratura.

$$\phi'(^{\circ}) = \sqrt{20 \times N_{corr}} + 20$$

Hatanaka e Uchida (1996)

$$\phi'(^{\circ}) = 27,1 + 0,3 \times N_{corr} - 0,00054 \times N_{corr}^2$$

Wolf (1989)

$$\phi' = \arctan \left[\frac{N_{SPT}}{12,2 + 20,3 \times \left(\frac{\sigma'_{v0}}{P_a} \right)^{0,34}} \right]$$

Kulhawy e Mayne (1980)

Dove

$$N_{corr} = C_n \times N_{spt}$$

σ'_{v0} = Pressione litostatica efficace alla profondità di prova

P_a = Pressione atmosferica

Nella tabella 1 sono confrontati i valori dell'angolo di attrito interno ottenuto dalle formule sopraindicate per varie resistenze penetrometriche. I risultati si riferiscono a misure eseguite alla profondità alla quale la pressione litostatica efficace corrisponde alla pressione atmosferica (circa 5 metri per sabbie in assenza di falda) e la resistenza penetrometrica corretta equivale alla resistenza misurata ($N_{corr} = N_{spt}$).

Le differenze non devono stupire in quanto i valori derivano da esperienze fatte in luoghi diversi con la presenza di sabbie che ovviamente differivano per natura forma, granulometria, uniformità ecc.

A questo proposito viene riportata la tabella 3 dove sono pesati i vari parametri che concorrono alla determinazione dell'angolo di attrito.

Gli errori dovuti alla discrepanza tra misure reali e quelli ottenuti da espressioni analitiche crescono ovviamente quando si fanno correlazioni a cascata del tipo $y = F(x)$, $z = F(y) \rightarrow z = F(F(x))$.

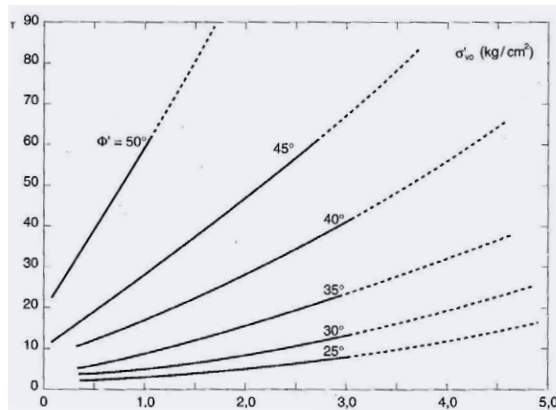


FIGURA 4

Stima dell'angolo di attrito interno in funzione della pressione litostatica efficace e di N_{spt} .

N_{spt}	Wolf (1989)	Hatanaka, Uchida (1996)	Kulhawy, Mayne (1980)
5	29	30	28
10	30	34	34
15	31	37	38
20	33	40	40
25	34	42	42
30	36	44	44
35	37	46	46
40	38	48	47
45	40	50	48



TABELLA 2

Angoli di attrito interno ottenuto da varie formule in funzione di N_{spt} rilevati alla pressione litostatica efficace pari alla pressione atmosferica.

FI = 36° + F1 + F2 + F3 + F4			
POROSITÀ	F1	Sciolta	-6
		Media	0
		Densa	+6
FORMA, RUGOSITÀ	F2	Molto arrotondati	-5
		Arrotondati	-3
		Media	0
		Spigoli vivi	+1
DIMENSIONI	F3	Sabbia	0
		Ghiaia fine	+1
		Ghiaia grossa	+2
DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA	F4	Uniforme	-3
		Media	0
		Distribuita	+3



TABELLA 3

Incidenza dei fattori fisici delle sabbie che influiscono sui valori dell'angolo di attrito interno.

La sostituzione dal carotiere standard con la punta e l'esecuzione con questa di prove penetrometriche continue (vedi prove DPSH), pur mantenendo la stessa energia del penetrometro standard, fornisce evidentemente risultati diversi che pertanto non consentono di fare un uso corretto delle relazioni sperimentali ottenute dalla prova Standard Penetration Test.

Le espressioni analitiche descritte si riferiscono a sabbie e non possono essere applicate a materiali coesivi (limi e argille) e pertanto a termine della prova SPT è essenziale analizzare il materiale contenuto nel campionario. Inoltre l'analisi granulometrica e la

determinazione del grado di uniformità possono servire come orientamento della scelta dell'angolo di attrito interno utilizzando l'abaco della figura 2 e le informazioni indicate nella tabella 3.

In considerazione delle modalità di esecuzione della prova (eseguita con velocità che non consente la dissipazione delle pressioni neutre) la prova SPT non può fornire la resistenza in condizioni drenate nei terreni a grana fine (limi, argille).

Le prove penetrometriche puntuali SPT e le prove penetrometriche continue (DPSH) forniscono utili informazioni necessarie alla

ricostruzione del profilo tecnico del terreno evidenziando i passaggi tra le varie unità con informazioni indirette su consistenza e compattezza; tuttavia in considerazione della difficoltà di adottare valori dei parametri geotecnici di progetto dai risultati delle prove penetrometriche per le discrepanze tra le diverse formule proposte dai vari Autori si consiglia di ricorrere a prove dirette di laboratorio ogni qual volta sia possibile prelevare campioni indisturbati.

Le figure sono state riprese dai seguenti lavori ai quali si rimanda per approfondimenti sull'argomento trattato.

BIBLIOGRAFIA

Colombo P., Colleselli F. (1996) - Elementi di geotecnica. Zanichelli.

Facciorusso J., Madiati C., Vannucchi G. - Dispense di geotecnica- Dipartimento di Ingegneria Civile - Sezione Geotecnica, Università degli studi di Firenze.

Lancellotta R., Calavera J. (1999) - Fondazioni - McGraw-Hill.



**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





**Specializzati
nella Trivellazione**

**Pozzi per Acqua - Pali - Geotermia
Sondaggi Ambientali e Geognostici**

 tecnopozzi2002.it

TESI DI LAUREA

VENE E MINERALIZZAZIONI NELLE TORBIDITI DELLE UNITÀ LIGURI INTERNE (APP. SETT.): ANALISI ISOTOPICA E GEOLOGICO - STRUTTURALE



Candidata:
FRANCESCA AMABILE

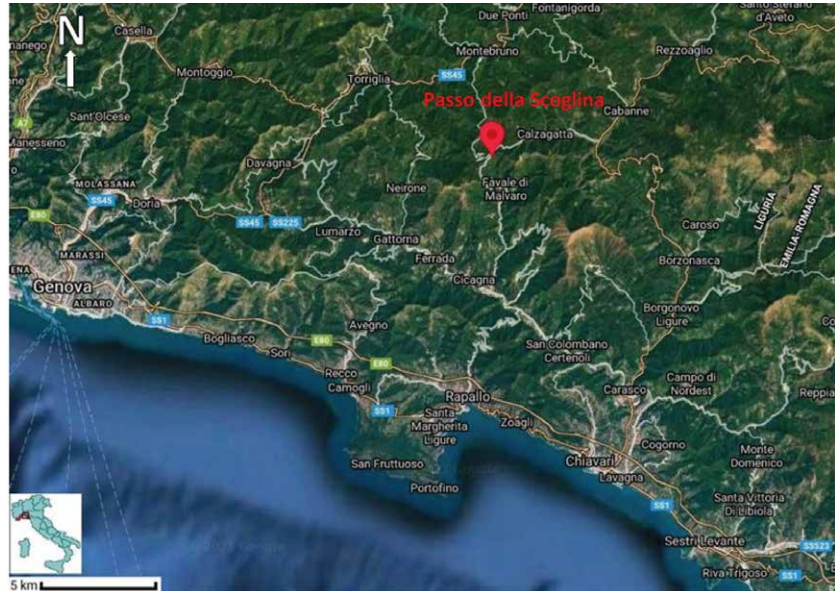
in collaborazione con
Ilaria Baneschi

Relatrice: Dott.ssa Francesca Meneghini

Correlatrice: Dott.ssa Chiara Boschi

1. Introduzione

La tesi ha avuto come obiettivo lo studio geologico - strutturale e geochimico delle vene di calcite e di quarzo del Passo della Scogliana (GE). Il Passo della Scogliana (Fig.1) è un valico dell'Appennino Ligure situato a 926 m s.l.m., posto tra la val d'Aveto a NE, la val Trebbia a NW, la val Sturla a SE e la val Fontanabuona a SW. Dal punto di vista geologico è caratterizzato dalla Formazione degli Scisti Zonati, ovvero torbiditi a composizione prevalentemente silicoclastica del Cretaceo Superiore, appartenente al Dominio Ligure Interno (Marroni et al., 2010). Data la consistente quantità di frazione fine pelitica questo litotipo possiede una scarsa permeabilità la quale causa numerosi eventi franosi. I meccanismi di movimento di queste frane sono complessi, ma in generale la zona di distacco è interessata da uno scivolamento rotazionale che coinvolge la parte superficiale del substrato roccioso e/o la coltre di alterazione sovrastante; mentre le



▲
FIGURA 1

Nell'immagine il contrassegno rosso indica l'area di studio (da Google Earth. Modificata).

porzioni inferiori della frana sono caratterizzate da scivolamenti traslativi o da colamenti di terra e di detrito. Nelle formazioni più resistenti si

instaurano frane di crollo, i cui detriti vengono trasportati verso il basso tramite scivolamenti traslativi di detrito (Elter et al., 2015).

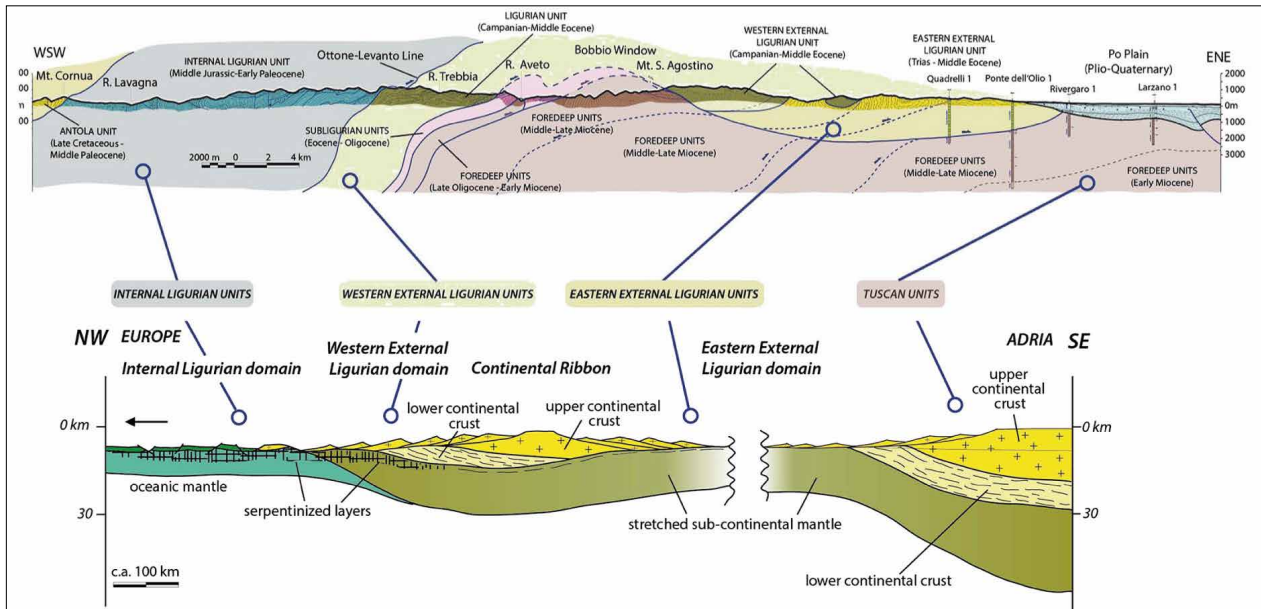


FIGURA 2

Schema geologico delle unità tettoniche che costituiscono l'Appennino Settentrionale (da Marroni et al., 2017. Modificata).

2. Inquadramento geologico dell'Appennino Settentrionale

L'Appennino Settentrionale è una catena montuosa che si estende lungo la penisola italiana con un'orientazione NW-SE, ed è delimitata a NW dalla linea Sestri-Voltaggio e a SE dalla linea Ancona-Anzio. (Elter et al., 1960). L'Appennino Settentrionale è una catena orogena di età alpina (Mesozoica) che si è originata dalla chiusura del bacino oceanico Ligure-Piemontese situato tra i margini continentali della placca Sardo-Corsa e la microplacca Adria. Le fasi di rifting e di apertura del bacino oceanico risalgono al Giurassico. A seguito del cambio del movimento relativo tra le due placche, dal Cretaceo Superiore fino all'Eocene Medio si sviluppa una subduzione intraoceanica associata alla chiusura del bacino Ligure-Piemontese; seguita da una fase di collisione continentale (Eocene Medio - Oligocene Inferiore). La catena

appenninica ha una struttura a falde costituita da unità tettoniche impilate l'une sulle altre appartenenti a diversi domini paleogeografici (Marroni et al., 2017); in particolare dall'alto verso il basso troviamo (Fig.2):

► **UNITÀ LIGURI INTERNE (IL)**, derivano dal dominio oceanico del bacino Ligure-Piemontese e sono caratterizzate da sequenze ofiolitiche giurassiche con le relative coperture sedimentarie pelagiche del Giurassico-Paleocene (Bortolotti et al., 1991).

► **UNITÀ LIGURI ESTERNE (EL)**, rappresentano la transizione oceano-continentale Adria e sono caratterizzate da potenti successioni di Flysch del Cretaceo-Eocene Medio.

► **UNITÀ SUBLIGURI (SL)**, rappresentano la parte più esterna del margine continentale dell'Adria. Sono caratterizzate da depositi carbonatici e argillitici del Cretaceo-Eocene sopra ai quali si sono depositi i Flysch. (Elter et al., 1991).

► **UNITÀ TOSCANE (TU)**, sono rappresentative del settore interno del margine continentale passivo della placca Adria e sono costituite da un

basamento Varisico (Paleozoico) e da una successione tardo Paleozoica-Miocenica.

► **UNITÀ UMBRO-ROMAGNOLE**, derivano dal margine continentale dell'Adria e sono costituite da successioni Mesozoiche-Terziarie.

3. Le Unità del Gottero

L'Unità del Gottero rappresenta l'unità più bassa del Dominio Ligure ed è delimitata dall'Unità Antola a W, dalle Unità della Val d'Aveto e della Val Trebbia a N e dalla linea tettonica Levanto - Ottone a E. La successione che caratterizza l'Unità del Gottero contiene solo parte della successione stratigrafica ricostruita delle Unità Liguri Interne, essendo priva della sequenza ofiolitica, con la Formazione delle Argille a Palombini che costituisce l'unità più giovane. Al di sopra di queste è presente la spessa successione torbiditica cretacea del Gruppo degli Scisti della Val Lavagna (Scisti Manganesiferi, Ardesie del Monte Verzi, Scisti Zonati e Arenarie del Gottero) e i depositi clastici della

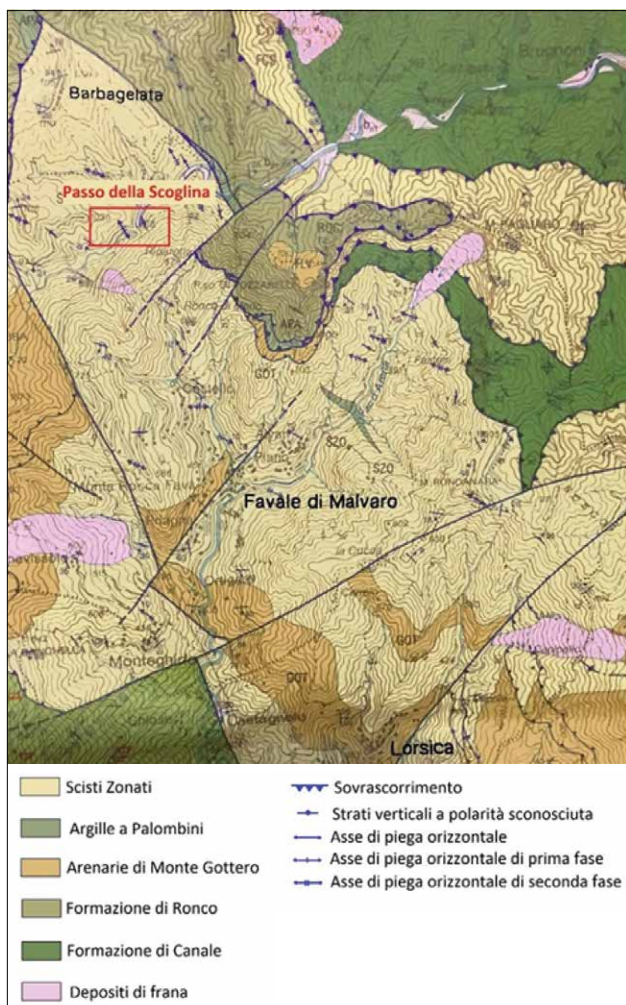


FIGURA 3

Dettaglio della carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000 del foglio 214 Bargagli (Modificata).



FIGURA 4

In alto: piega aperta F2 in Scisti Zonati. La linea rossa marca il piano assiale. In basso: piega parassita di tipo M.

Formazione degli Scisti del Bocco (Paleocene Inferiore) (Marroni et al., 2004).

4. Il Passo della Scogliina

Al Passo della Scogliina (Fig. 3) (Favale di Malvaro, GE) affiora esclusivamente la Formazione degli Scisti Zonati (Maastrichtiano Inferiore), costituita da torbiditi prevalentemente a composizione silicoclastica, caratterizzate da livelli pelitici alternati a livelli arenitici.

4.1. Analisi strutturale del Passo della Scogliina

Alla scala dell'affioramento dominano pieghe aperte, simmetriche o asimmetriche, non cilindriche, con cerniere da sub - arrotondate a sub - angolose, con piani assiali sub-orizzontali, E vergenti e con orientazione di N140,30SW/N160,22SW. L'asse sub - orizzontale ha un'orientazione N130,20NW. Sono visibili due sistemi di foliazioni di piano assiale S1 ed S2 entrambi continui, penetrativi e distribuiti in modo omogeneo in tutto il corpo roccioso osservato. La S1, classificabile come

uno slaty cleavage, è parallela alla stratificazione, mentre la S2 è ad alto angolo o perpendicolare alla S0=S1. Dalla relazione spaziale tra S0=S1 e la S2, si evince che l'affioramento osservato rappresenta la cerniera di una mega struttura di seconda fase. Inoltre sono osservabili numerose pieghe parassite di tipo M, S e Z (Fig.4). Sono visibili shear zone di dimensioni centimetriche, con geometria da faglia normale, che tagliano le pieghe descritte in precedenza. I piani di taglio che delimitano la shear zone sono piani a basso angolo leggermente piegati, marcati da cataclasiti e orientati



FIGURA 5
Shear zone a basso angolo con senso di taglio top-to-E.

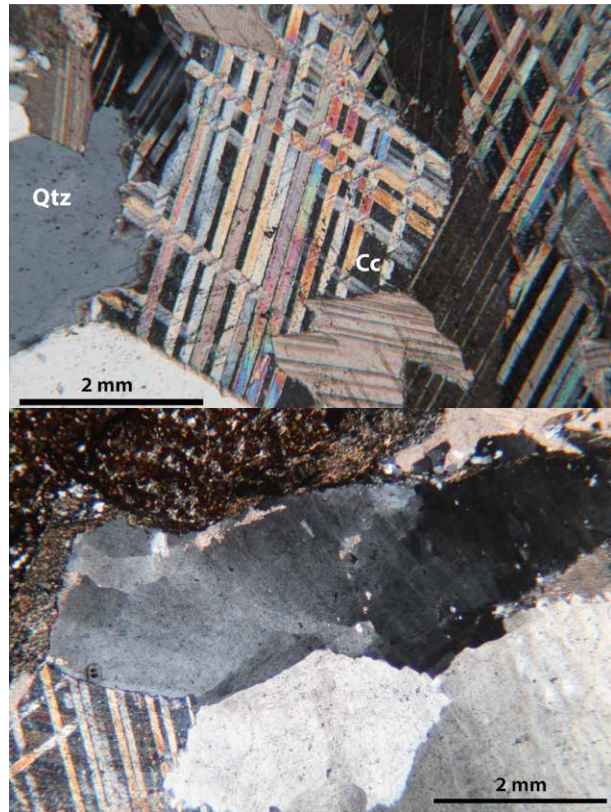


FIGURA 6
In alto: geminazioni di tipo II in un cristallo di calcite. In basso: Estinzione ondulata tipica del quarzo.

N128,08 NE. Le deboli evidenze di trascinalamento indicano un senso di taglio top-to-E. Le pieghe sono tagliate anche da faglie normali orientate circa N140,30NE, non sono piegate e a volte assumono una geometria listrica (Fig.5).

4.2. Sistemi di vene e mineralizzazioni

In tutto l'affioramento sono visibili almeno tre sistemi di vene costituite da quarzo e calcite. Il primo sistema di vene è rappresentato da vene spesse 1-6 cm parallele alla $S_0=S_1$, hanno una buona continuità laterale e sono deformate dalle pieghe e dalle faglie descritte in precedenza. Hanno un aspetto massivo. Il secondo set di vene è costituito da vene spesse circa 2/3 cm, perpendicolari alla $S_0=S_1$. In

genere, sono disposte in due sistemi coniugati che formano un angolo di $30^\circ - 50^\circ$ in un piano perpendicolare alla S_0 . Hanno un aspetto massivo e sono piegate dalle pieghe descritte in precedenza. L'ultimo sistema di vene è caratterizzato da vene millimetriche o centimetriche, perpendicolari alla stratificazione. Hanno un aspetto fibroso.

Per ciascun sistema, sono stati raccolti circa dieci campioni orientati, utilizzando come superficie di riferimento la stratificazione. Le sezioni sottili di 15 campioni sono state confrontate successivamente con le sezioni sottili dei campioni di vene del Passo della Forcella campionate precedentemente da Meneghini et al. (2007). Alla scala microscopica, i sistemi di vene sono stati suddivisi in quattro classi in base alle caratteristiche tessiturali e in base alla relazione con la stratificazione/slaty cleavage (S_1).

► **Vene parallele alla S_0/S_1 con tessitura a mosaico** (Fig.6): paragonabili al primo set di vene del Passo della Forcella descritte da Meneghini et al. (2007). Sono caratterizzate da una tessitura a mosaico definita da cristalli eudrali di calcite a grana medio-fine e cristalli subeudrali di quarzo a grana medio-grossa. La calcite mostra una geminazione di Tipo I e di Tipo II (Ferill et al., 2004), le quali suggeriscono un possibile range di T di formazione della calcite tra 150° e 300°C . I cristalli di quarzo mostrano un'estinzione ondulata ed evidenze di ricristallizzazione dinamica come bande di deformazione e sub-grain. La relazione tra i cristalli di calcite e di quarzo suggerisce una possibile cristallizzazione contemporanea. Sono presenti frammenti di roccia incassante. Dal momento

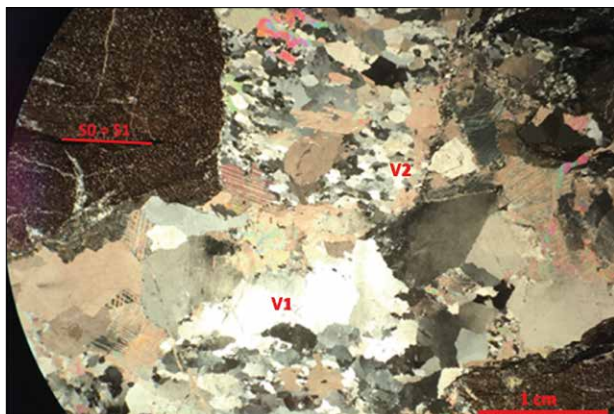


FIGURA 7

Continuità ottica tra la vena V2 (perpendicolare alla $SO = S1$) e la vena V1 (parallela).

che i cristalli e le inclusioni hanno un orientamento casuale rispetto alla foliazione principale e risultano piegate dalle pieghe F1, queste vene sono pre-piegamento di prima fase.

► **Vene perpendicolari alla $SO/S1$ con tessitura a mosaico** (Fig.7): comparabili al secondo sistema di vene del Passo della Forcella descritte da Meneghini et al. (2007). Sono costituite da cristalli di calcite di dimensioni centimetriche con tessitura a mosaico, di forma tipicamente a losanga o tabulare. Sono assenti le inclusioni di host rock. Considerando la continuità ottica con le vene di tipo I, si deduce che anche queste vene siano pre-piegamento di prima fase.

► **Vene fibrose di calcite** (Fig.8): paragonabili al terzo sistema di vene del Passo della Forcella descritte da Meneghini et al. (2007). Sono vene estensionali con tessitura antitassiale definita da fibre di calcite. La linea mediana è costituita da particelle di host rock. Le fibre di calcite lungo i bordi della vena sono delimitate da fibre di quarzo a granulometria molto fine che mostrano una crescita sintassiale dalla roccia incassante. Queste vene tagliano le vene parallele alla stratificazione.

► **Vene fibrose di quarzo** (Fig.9): riconosciute e campionate solo al Passo della Scogliana, si sviluppano perpendicolari alla $SO=S1$. La tessitura fibrosa, antitassiale o atassiale, è data da fibre di quarzo a grana medio/grossa, delimitate ai bordi da fibre di calcite a grana media. La vena può contenere frammenti di roccia incassante e non sempre è presente la linea mediana. A volte la disposizione tra le fibre di calcite e di quarzo è invertita. La tessitura fibrosa non è l'unico fabric di queste vene, infatti sono presenti anche aggregati di quarzo, il quale mostra un'estinzione ondulata, sub grain e bande di deformazione; e aggregati di calcite a grana media/grossa. La calcite mostra geminazioni di Tipo I e di Tipo II (Ferill et al., 2004). Le fibre sono orientate parallelamente alla $SO=S1$ quindi sono sin-piegamento di prima fase.

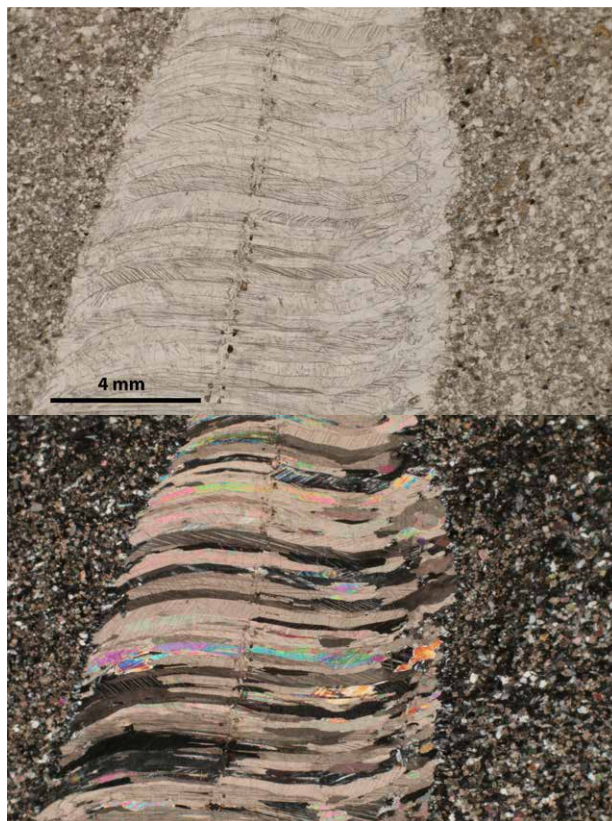


FIGURA 8

Vena fibrosa antitassiale osservata rispettivamente a nicol // e a nicol X dove è ben visibile la linea mediana.



FIGURA 9

Vena fibrosa di quarzo e calcite. Notare la disposizione centrale delle fibre di quarzo rispetto alle fibre di calcite.

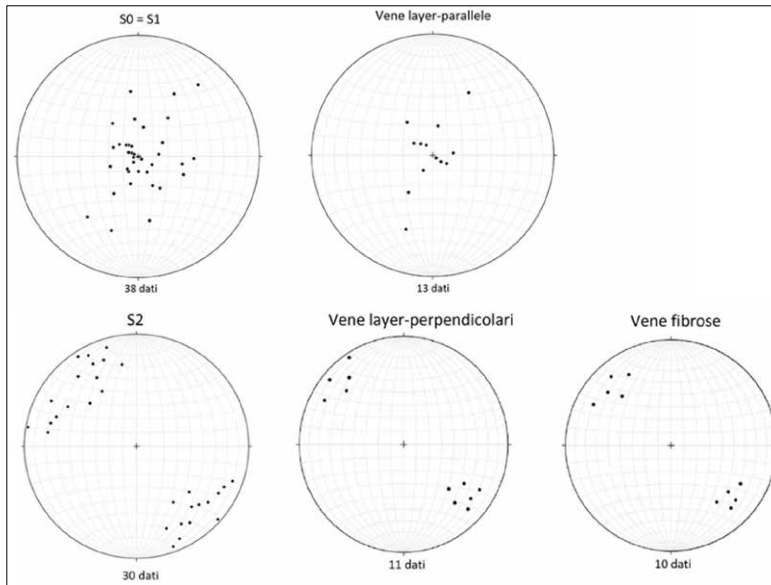


FIGURA 10

Stereonet con misure delle superfici geologiche principali.

4.3 Discussioni

Dalle relazioni tra le strutture osservate alla scala dell'affioramento e dall'analisi microstrutturale, si evince che la storia deformativa visibile al Passo della Scogliana è caratterizzata principalmente da due fasi deformative D1, D2, ciascuna suddivisibile in piccoli step:

- ▶ **D1a:** è una subfase in cui si sviluppano le vene estensionali di quarzo e calcite con tessitura a mosaico, rispettivamente parallele e perpendicolare alla stratificazione (Fig.10).
- ▶ **D1b:** in questa subfase si sviluppa la prima fase di piegamento F1 che genera le pieghe isoclinali, non cilindriche, boudinate e con assi sub-orizzontali. Da questo piegamento si genera la foliazione di piano assiale S1. In associazione e sin-cinematicamente a queste pieghe, si ha la formazione delle vene fibrose antitassiali di calcite e di quarzo perpendicolari alla S0 = S1.
- ▶ **D2a:** è caratterizzata da pieghe asimmetriche, E-vergenti con assi e piani assiali sub-orizzontali. La foliazione di piano assiale S2 associata è continua e penetrativa che può crenulare debolmente la S1. In affioramento sono osservabili numerose pieghe parassite. Dal momento che le due fasi di piegamento generano pieghe con assi paralleli e piani assiali perpendicolari tra loro, si verifica un'interferenza di tipo 3. Le shear zone a basso angolo con senso di movimento top-to-E sono associate a questa fase di piegamento.
- ▶ **D2b:** di questa subfase fanno parte le faglie dirette a basso angolo che tagliano tutte le strutture precedenti ben visibili al Passo della Scogliana.

5. Analisi geochemica degli isotopi stabili di O e C: metodi

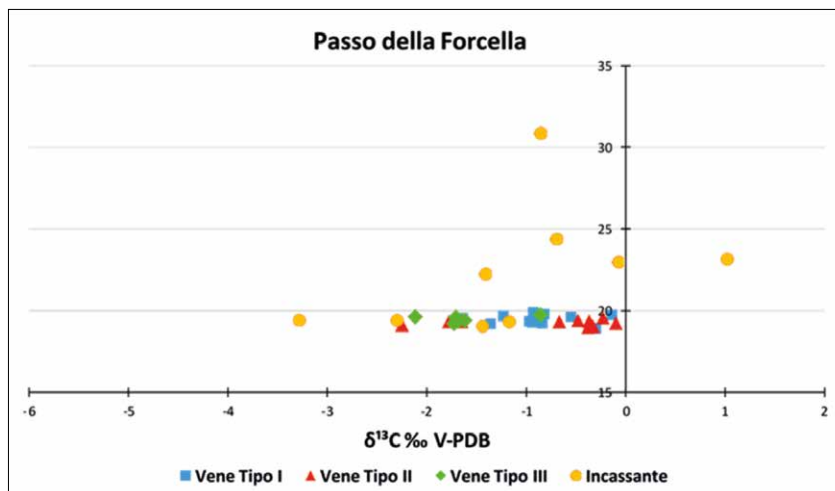
Una volta concluso il campionamento, i campioni del Passo della Scogliana e della Forcella, sono stati preparati e analizzati presso il laboratorio Isotopi Stabili dell'Istituto di Geoscienze e Georisore dell'Area di Ricerca del CNR di Pisa (IGG-CNR) al fine di effettuare analisi isotopiche di ossigeno e carbonio ($\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^{13}\text{C}$) su carbonati. Ogni vena è stata campionata tramite un trapano DREMEL 3000. Per ogni campione di roccia selezionato si sono effettuati tante perforazioni quanti i sistemi di vene individuate. Di tutti i campioni è stata perforata anche la roccia matrice. Le polveri prodotte dei diversi set di vene e di rocce incassanti sono state successivamente pesate con una bilancia di precisione. Il peso delle polveri deve essere compreso in un range di 0,10 - 0,15 mg oppure di 0,50 - 0,60 mg per i calcari impuri. Per ogni campione si sono preparati due vials per avere il replicato di ogni analisi. L'ultima operazione da compiere è la pesatura dei quattro standard MS, NBS 18, NEW 12 e MOM. Per ogni standard si sono effettuate cinque pesature e il peso deve essere compreso tra 0,09 - 0,10 mg oppure 0,50 - 0,60 mg per i calcari impuri. Le polveri prodotte vengono analizzate mediante Gasbench II (Finnigan) interfacciato ad uno spettrometro di massa Finnigan MAT Delta Plus.

6. Analisi geochemica degli isotopi stabili di O e C: risultati

I risultati vengono plottati su un grafico $\delta^{13}\text{C}$ ‰ V-PDB / $\delta^{18}\text{O}$ ‰ V-SMOW (Fig.11). Si nota che i tre sistemi di vene hanno una distribuzione omogenea con valori pressoché simili di $\delta^{18}\text{O}$ ‰ V-SMOW e con $\delta^{13}\text{C}$ ‰ V-PDB compresi


FIGURA 11

Il grafico mostra la distribuzione dei dati suddivisi in Vene Tipo I, Vene Tipo II, Vene di Tipo III ed Incassante in base ai $\delta^{13}\text{C}$ ‰ V-PDB (asse x) e $\delta^{18}\text{O}$ ‰ V-SMOW (asse y).



in un intervallo di $-2,25$ ‰ / $-0,10$ ‰. In particolare, il primo sistema di vene ha un valore massimo e minimo del $\delta^{13}\text{C}$ ‰ V-PDB di $-0,14$ ‰ e $-1,65$ ‰, con un valore medio di $-0,94$ ‰. I valori di $\delta^{18}\text{O}$ ‰ V-SMOW, invece, sono compresi in un range di $19,89$ ‰ - $18,90$ ‰, con un valore medio di $19,45$ ‰. Il secondo sistema di vene ha valori di $\delta^{13}\text{C}$ ‰ V-PDB più ampi rispetto al primo sistema (max $-0,10$ ‰, min $-2,25$ ‰), mentre i valori di $\delta^{18}\text{O}$ ‰ V-SMOW sono simili ($19,57$ ‰ - $18,97$ ‰) e con valori medi rispettivamente di $-0,82$ ‰ e $-19,27$ ‰. I $\delta^{13}\text{C}$ ‰ V-PDB del terzo sistema di vene sono compresi tra $-2,12$ ‰ / $-0,86$ ‰, con un valore medio di $-1,62$ ‰. I $\delta^{18}\text{O}$ ‰ V-SMOW, invece, hanno un valore massimo e minimo rispettivamente di $19,74$ ‰ e $19,04$ ‰, con una media di $19,48$ ‰. I campioni di roccia incassante hanno una distribuzione più eterogenea rispetto ai tre sistemi di vene.

Per quanto riguarda il Passo della Scogliana, si nota che i quattro sistemi di vene hanno una distribuzione abbastanza omogenea con valori pressoché simili di $\delta^{18}\text{O}$ ‰ V-SMOW. In particolare, il primo sistema di vene ha un valore massimo e minimo di $\delta^{13}\text{C}$ ‰ V-PDB di $-0,27$ ‰ e $-2,83$ ‰, con un valore medio di $-0,95$ ‰. I valori di $\delta^{18}\text{O}$ ‰ V-SMOW sono compresi in un intervallo di $19,91$ ‰ - $18,61$ ‰, con un valore medio di $19,09$ ‰. Il secondo sistema di vene ha valori di $\delta^{13}\text{C}$ ‰ V-PDB che varia da $-0,63$ ‰ a $-5,74$ ‰. I valori di $\delta^{18}\text{O}$ ‰ V-SMOW, al contrario, sono omogenei ($19,57$ ‰ - $18,27$ ‰). Il valore medio di quest'ultimi è pari a $19,19$ ‰. Il terzo sistema di vene mostra valori di $\delta^{13}\text{C}$ ‰ V-PDB più alti rispetto agli altri sistemi: $\delta^{13}\text{C}$ ‰ V-PDB varia da $-1,17$ ‰ / $-0,62$ ‰, con un valore medio di $-0,97$ ‰. I valori di $\delta^{18}\text{O}$ ‰ V-SMOW hanno un valore massimo e minimo di $19,00$ ‰ e $18,65$ ‰, con una media di $18,84$ ‰. Il quarto sistema di vene ha un valore massimo e minimo di $\delta^{13}\text{C}$ ‰ V-PDB di $-0,53$ ‰ e $-3,38$ ‰, con un valore medio di $-1,48$ ‰. I valori del $\delta^{18}\text{O}$ ‰ V-SMOW sono compresi in un range di $19,99$ ‰ - $18,79$ ‰, il valore medio è pari

a $19,20$ ‰. I campioni di roccia incassante hanno una distribuzione più eterogenea rispetto ai quattro sistemi di vene [Fig.12].

7. Discussioni

Le analisi isotopiche dei sistemi di vene affioranti al Passo della Forcella e al Passo della Scogliana mostrano valori simili e suggeriscono che i sistemi di vene, nonostante si siano depositate in fasi successive, abbiano un'origine comune. Visto che il valore del rapporto isotopico di un carbonato dipende dal fluido responsabile della sua precipitazione e dalla temperatura di formazione, si può ipotizzare che i differenti set di vene si sono originate da un fluido composizionalmente uguale a temperature simili. I dati isotopici di $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$ delle rocce incassanti presentano un range variabile con un rapporto di proporzionalità diretta tra $\delta^{13}\text{C}$ - $\delta^{18}\text{O}$, riconducibile probabilmente a processi diagenetici di grado variabile che portano ad un impoverimento progressivo di $\delta^{13}\text{C}$ e di $\delta^{18}\text{O}$. Si può ipotizzare che la circolazione dei fluidi sia stata locale in un sistema relativamente chiuso rispetto all'ingresso di fluidi esterni. L'analisi geologico-strutturale di dettaglio delle vene sin-tettoniche suggerisce una forte interazione tra deformazione, diagenesi e litificazione. Il primo set di vene sembra registrare l'espulsione di fluidi a seguito della litificazione e della compattazione dei sedimenti che progressivamente vanno in subduzione (Meneghini et al., 2007). Il secondo set di vene si sviluppa perpendicolarmente alla stratificazione e taglia esclusivamente gli strati arenitici (Fig.13). Sono interpretate come vene pre-piegamento. Le vene del primo e del secondo sistema hanno la stessa età e sono rappresentative di un cambio di direzione della circolazione dei fluidi da orizzontale a verticale. Questo set di vene potrebbe essere sin- diagenetico e il loro sviluppo è associato ad un cambio dello stato di litificazione dell'host

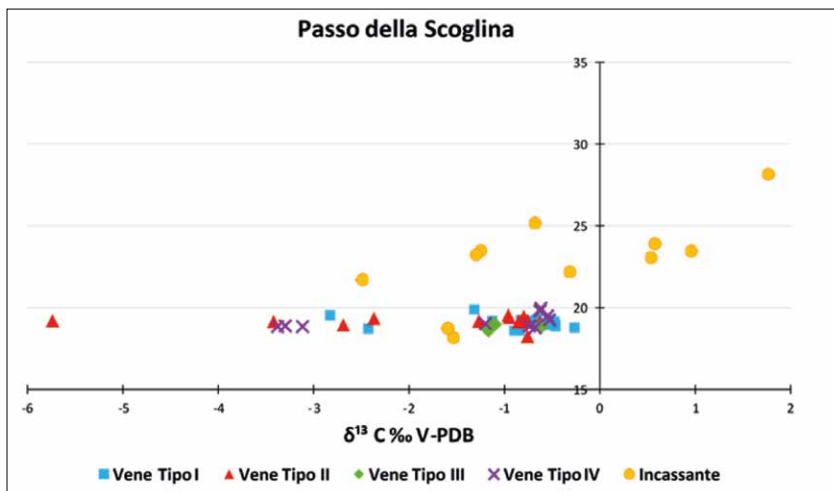


FIGURA 12

Il grafico mostra la distribuzione dei dati suddivisi in Vene Tipo I, Vene Tipo II, Vene di Tipo III, Vene di Tipo IV ed Incassante in base ai $\delta^{13}\text{C} \text{ ‰ V-PDB}$ (asse x) e $\delta^{18}\text{O} \text{ ‰ V-SMOW}$ (asse y).

rock: con il procedere della diagenesi le arenarie litificano più velocemente delle argilliti facendo da barriera ai fluidi che si accumulano all'interno di quest'ultime. Il sistema di vene perpendicolare alla stratificazione si forma quando i fluidi raggiungono una pressione tale da rompere, per fratturazione fragile, i sovrastanti layers arenitici più competenti causando la risalita verso l'alto dei fluidi e una migrazione di fluidi con traiettorie ramp-flat (Meneghini et al., 2007). Il terzo e il quarto sistema di vene fibrose si sviluppano durante la prima fase di piegamento. Al momento del piegamento le arenarie erano completamente litificate, creandosi un contrasto di competenza con i livelli argillitici. Questo contrasto favorisce la formazione di fratture all'interno degli strati arenitici. A differenza delle vene con tessitura a mosaico la cui apertura è istantanea, la tessitura fibrosa del terzo e del quarto sistema di vene indica che la loro apertura non è immediata ed avviene in un regime di progressiva estensione (Meneghini et al., 2007). In conclusione, durante la fase di pre-piegamento si verificano fluttuazioni della pressione dei fluidi durante il progressivo

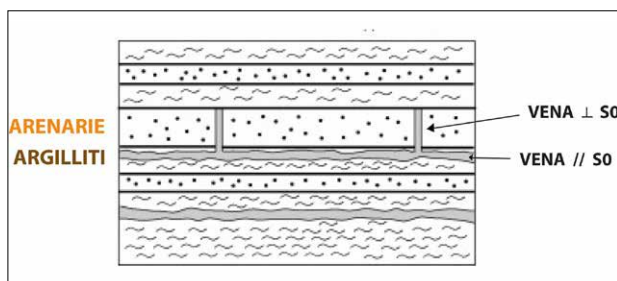


FIGURA 13

Schema sulla formazione delle vene.

seppellimento che potrebbe aver prodotto occasionalmente un istantaneo e ciclico cambiamento dei principali assi dello stress che ha portato alla formazione di due differenti set di vene ad alto angolo tra di loro.

BIBLIOGRAFIA

BORTOLOTTI, V., MARTIN, S., PRINCIPI, G., TARTAROTTI, P., & VAGGELLI, G. (1991) - Le sequenze ofiolitiche dell'Elba orientale: aspetti geologici e petrografici. *Atti Tic. Sc. della Terra*, 34, 71-74.

ELTER, P. (1960) - I lineamenti tettonici dell'Appennino a Nord Ovest delle Apuane. *Boll. Soc. Geol. It.*, 79(2), 273-312.

ELTER, P., & MARRONI, M. (1991) - Le Unità Liguri dell'Appennino Settentrionale: sintesi dei dati e nuove interpretazioni. *Mem. Descr. Carta Geol. d'It.*, 46, 121-138.

ELTER, P., MARRONI, M., & PANDOLFI, L. (2015) - Note illustrative del Foglio 214" Bargagli" della Carta Geologica d'Italia in scala 1: 50.000.

FERRILL, D. A., MORRIS, A. P., EVANS, M. A., BURKHARD, M., GROSHONG JR, R. H., & ONASCH, C. M. (2004) - Calcite twin morphology: a low-temperature deformation geothermometer. *Journal of Structural Geology*, 26(8), 1521-1529.

MARRONI, M., MENEGHINI, F., & PANDOLFI, L. (2004) - From accretion to exhumation in a fossil accretionary wedge: a case history from Gottero Unit (Northern Apennines, Italy). *Geodinamica Acta*, 17(1), 41-53.

MARRONI, M., MENEGHINI, F., & PANDOLFI, L. (2010) - Anatomy of the Ligure-Piemontese subduction system: evidence from Late Cretaceous-middle Eocene convergent margin deposits in the Northern Apennines, Italy. *International Geology Review*, 52(10-12), 1160-1192.

MARRONI, M., MENEGHINI, F., & PANDOLFI, L. (2017) - A revised subduction inception model to explain the Late Cretaceous, double-vergent orogen in the precollisional western Tethys: Evidence from the Northern Apennines. *Tectonics*, 36(10), 2227-2249.

MENEGHINI, F., MARRONI, M., & PANDOLFI, L. (2007) - Fluid flow during accretion in sediment-dominated margins: Evidence of a high-permeability fossil fault zone from the Internal Ligurian accretionary units of the Northern Apennines, Italy. *Journal of Structural Geology*, 29(3), 515-529.

RIPRISTINO DELLA SEDE STRADALE DELLA SS64 PORRETTANA, SAMBUCA PISTOIESE - LOCALITÀ PAVANA (PT), TOSCANA, ITALIA

Dott. Geol. Massimo Salmi, Geol. Michele Azzarone, PhD – Hydrogeo S.r.l.

Premesse

A seguito delle intense piogge verificatesi tra la fine di gennaio e l'inizio di febbraio 2019, si sono innescati fenomeni franosi a carico del versante collinare su cui è impostata la sede stradale della Statale Porrettana, in prossimità del KM 30+200. Gli eventi meteorici hanno causato forti dilavamenti delle scarpate a monte della strada, contribuendo ad innescare un meccanismo gravitativo a carico della scarpata di valle. Questa frana ha causato il crollo di una porzione della carreggiata, come richiamo da valle, del generale dissesto franoso a carico del versante.

Soluzione

La stabilità generale della porzione di versante che interessa il rilevato di appoggio della carreggiata stradale è stata consolidata attraverso un muro fondato su micropali tirantati.

A tergo di questa prima opera di sostegno è stata realizzata una ricostruzione del pendio con Terre Rinforzate preassemblate a paramento rinverdibile. L'opera presenta un' altezza di oltre 12 metri.

La riprofilatura con Terre Rinforzate ha consentito la realizzazione di un idoneo piazzale di lavoro, al fine di realizzare il definitivo consolidamento della sede stradale con pali di grosso diametro, realizzati immediatamente a valle della carreggiata.

Il pendio naturale a valle di queste opere, anch'esso oggetto di profondo dissesto, è stato ricostruito attraverso il terrazzamento con cinque ordini di Terre Rinforzate per un'altezza complessiva di circa 35m. Tutte le opere sono state debitamente drenate con drenaggi tradizionali o geocompositi drenanti, al fine di controllare le acque di infiltrazione e mantenere inalterate le caratteristiche geotecniche dei terreni compattati.

Si è quindi realizzata una completa regimazione delle acque meteoriche attraverso il rifacimento e potenziamento del reticolo idrografico superficiale.

A monte della carreggiata sono stati realizzati rinforzi corticali mediante posa e chiodatura di reti metalliche a doppia torsione geocomposite, abbinate a bioreti in cocco. I rinforzi corticali hanno avuto lo scopo di consolidare le coltri superficiali della porzione di versante che insiste immediatamente a monte della SS64.

I lavori sono stati svolti dall'Appaltatore VARIA Costruzioni SRL di Lucca, in collaborazione con l'impresa esecutrice e subappaltatrice SANDRETTI Strade Srl di Vaiano.

Scheda intervento

Cliente: ANAS S.p.A.

Struttura Territoriale Toscana – Dipartimento Firenze

Progettista/Consulente: ANAS Firenze

Appaltatore: Varia Costruzioni SRL di Lucca

Subappaltatore: Sandretti Strade Srl di Vaiano

Data di costruzione: 06/2019 - 06/2024

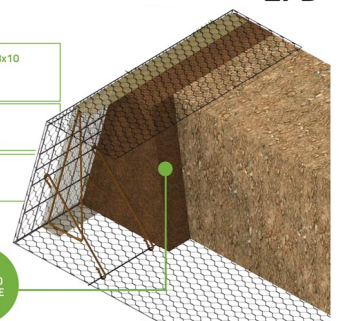


PANNELLO FRONTALE	RETE METALLICA A DOPPIA TORSIONE 6x10 GEOCOMPOSITO PER IL CONTROLLO DELL'EROSIONE PANNELLO ELETROSALDATO
DIMENSIONE DELL'UNITÀ	FINO A 3 m DI LARGHEZZA PER UNITÀ FINO A 0,76 m DI ALTEZZA PER UNITÀ
PARAMENTO	TERRENO VEGETALE FINO A 70°

Il TerraMesh™ Verde è costituito da una rete metallica continua a doppia torsione rivestita in PoliMac; non richiede connessioni interne, riducendo al minimo il rischio di errori in cantiere.

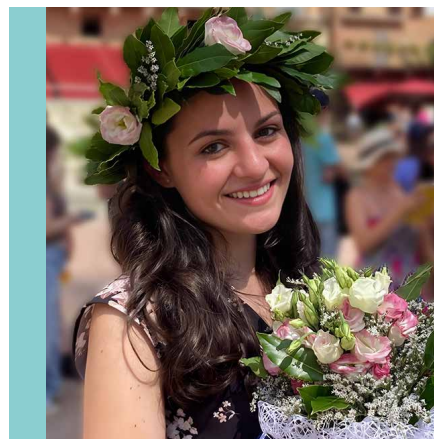
TerraMesh Green
Rise to the challenge
MACCAFERRI

TERRENO VEGETALE



TESI DI LAUREA

DETERMINAZIONE DELLO SPESSORE DI ALTERAZIONE SAPROLITICA NEI VERSANTI DI ABBADIA SAN SALVATORE (MONTE AMIATA, SI) MEDIANTE TECNICHE DI INDAGINE SISMICA ATTIVA E PASSIVA



Candidata:
MOIRA PIPPI

Relatore: Prof. Pier Lorenzo Fantozzi

Correlatore: Dr. Michele Amaddii

Introduzione

Lo studio delle superfici di alterazione delle formazioni geologiche riveste una elevata importanza in numerosi contesti geologico applicativi, principalmente legati ai fenomeni di erosione e di instabilità dei versanti. L'alterazione superficiale delle formazioni geologiche prende il nome di "alterazione saprolitica". Dato il verificarsi di eventi meteo sempre più intensi e frequenti, a causa del cambiamento climatico in atto, la conoscenza dello spessore di tale alterazione è utile per avere informazioni riguardanti la mobilizzazione di tale materiale nel caso di fenomeni franosi, colate detritiche o per valutare gli effetti di un eventuale terremoto di elevata magnitudo (liquefazione). L'obiettivo di questo lavoro di tesi è quello di determinare tali spessori sui versanti prospicienti le zone dell'abitato di Abbadia S. S. (SI) che nella notte tra il 27 e il 28 Luglio 2019 ha subito un violento nubifragio che ha causato colate detritiche e allagamenti.

L'alterazione che si ritrova nell'area dell'abitato, si presenta sotto forma di sabbia con colori giallastri, rossastri ed è generata per effetto della disgregazione fisica delle vulcaniti (Figura 1).



FIGURA 1

Alterazione saprolitica.



FIGURA 2

In rosso viene evidenziata l'area oggetto di studio. Google Earth.

Per la determinazione dello spessore di alterazione saprolitica è stato fatto uso combinato di tecniche di sismica passiva (HVSr) e attiva (MASW). Le caratteristiche di rapidità, economicità e adeguata precisione di queste tecniche hanno permesso la realizzazione di una campagna di misure estensiva consentendo di effettuare, in tempi relativamente rapidi, rilievi vasti e attendibili.

Inquadramento dell'area di studio

L'area oggetto di studio è situata nel Comune di Abbadia San Salvatore (SI), nel versante senese del Monte Amiata (1738m s.l.m.) un vulcano del Quaternario (Doveri et al., 2012) attualmente estinto situato nella Toscana Meridionale tra le Province di Siena e Grosseto (Figura 2). Le caratteristiche climatiche della zona del Monte Amiata sono regolate dalla sua distanza dal mare, dalla sua altitudine e dal fatto che è un rilievo isolato.

Il Monte Amiata, localizzato nel margine interno dell'Appennino Settentrionale, può essere considerato uno strato-vulcano il cui edificio è costituito prevalentemente da lave acide (Delcroix, 2006). Una delle caratteristiche morfologiche più evidenti è la presenza di vari ordini di colate laviche eruttate sempre dalla stessa bocca o da bocche eruttive vicine riconducibili, comunque, allo stesso sistema di alimentazione. Si tratta quindi di un vulcano

formato dalla sovrapposizione di strati di lave alternati a materiale piroclastico. L'estremità orientale del Monte Amiata (Abbadia San Salvatore e Piancastagnaio) e quella più a Nord (Vivo D'Orcia) sono aree a bassa pendenza che corrispondono a zone di intensa alterazione dei depositi dell'attività vulcanica. Quest'ultimi si presentano disgregati in un sabbione saprolitico che va a costituire una discontinuità tra il Sintema Bagnore e quello Monte Amiata (Principe et al., 2017). Questo tipo di alterazione procede principalmente lungo le fratture della roccia, lasciando isolate porzioni poco alterate di lave. I risultati di questo processo di alterazione, avvenuta in posto sulle lave del Sintema Bagnore, variano da:

- Trasformazione della roccia in un sabbione che conserva l'aspetto delle tessiture delle lave;
- Formazione di una pseudo-breccia composta da blocchi della roccia poco alterati, con dimensioni da decimetriche a metriche, immersi in una matrice sabbiosa;
- Formazione di accumuli di blocchi arrotondati di lava non molto alterata, che rappresentano i residui della precedente tessitura a pseudo-breccia dove la matrice sabbiosa è stata asportata a causa di processi erosivi superficiali e i blocchi residuali sono collassati su sé stessi.

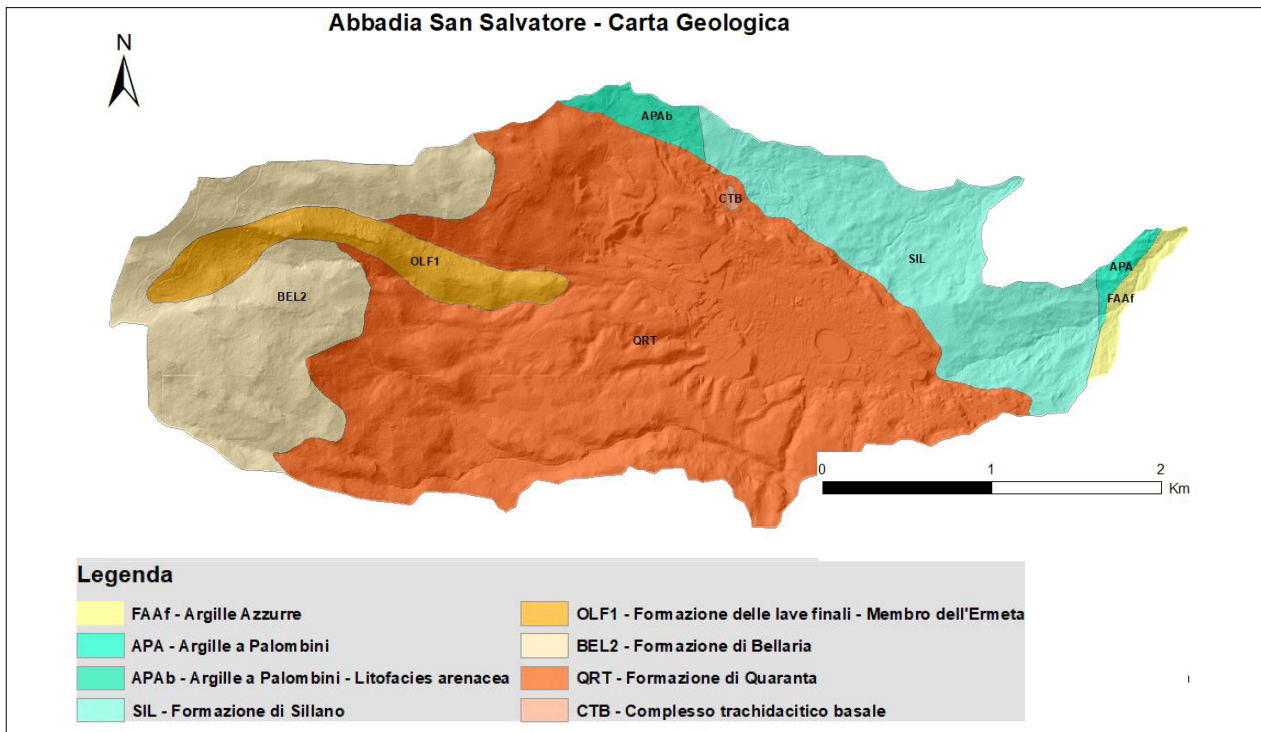


FIGURA 3

Carta geologica della zona oggetto di studio. Sono state riconosciute due principali fasi eruttive (Giordano et al., 2017). La prima fase ha dato origine a numerose colate di lava di composizione trachidacitica raggruppate nel Sintema Bagnore (SBN) e di questa fase ne fanno parte CTB e QRT; mentre la seconda fase, che prende il nome di Sintema Monte Amiata (SMA), comprende BEL2 e OLF1.

A causa del contatto tra terreni molto fratturati con discreta permeabilità e formazioni poco permeabili, le vulcaniti del Monte Amiata ospitano uno dei più importanti corpi idrici sotterranei della Toscana.

Come si vede in Figura 3, le rocce vulcaniche del complesso dell'Amiata (le quali occupano circa l'85% della zona oggetto di studio) poggiano sulle unità del Dominio Ligure rappresentate in questa zona dalla Formazione di Sillano - S. Fiora (SIL), dalla Formazione delle Argille a Palombini (APA) e dalla sua litofacies arenacea (APAb). Nell'area di studio affiorano anche i depositi marini pliocenici (FAAf).

Materiali e metodi

Ai fini della realizzazione della carta degli spessori di alterazione saprolitica sono state consultate: la carta geologica, le foto aeree, DEM e LiDAR della zona oggetto di studio, dati pregressi di Microzonazione Sismica (MS) dell'abitato di Abbadia San Salvatore e la carta dell'alterazione delle vulcaniti redatta dal Laboratorio di Geomatica del Dipartimento di Scienze Fisiche della Terra e dell'Ambiente (UNISI). La carta dello spessore di alterazione saprolitica è stata realizzata utilizzando tecniche di indagine

di tipo geofisico superficiale di sismica passiva (HVSr) e attiva (MASW). Si tratta di due metodologie di esplorazione indiretta delle proprietà del sottosuolo (Figura 4).

La decisione di adottare la tecnica HVSr deriva dal fatto che essa permette di fare una campagna estensiva in un periodo di tempo abbastanza ridotto in modo economico, non invasivo ed è inoltre caratterizzata da ingombri piccoli e da bassi costi di esplorazione. La prova HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratio), nota anche il termine H/V, è stata resa popolare da Nakamura (1989) e si basa sull'analisi dei rapporti di ampiezza spettrale fra le componenti orizzontali (H) e la componente verticale (V) delle vibrazioni ambientali sulla superficie del terreno in quel determinato punto. L'esito di questa prova è una curva sperimentale che mette in relazione il valore del rapporto tra le ampiezze spettrali medie delle vibrazioni del terreno con la loro relativa frequenza di risonanza. Questa prova, oltre a mettere in luce la presenza di fenomeni di risonanza sismica e quindi situazioni sismo-stratigrafiche potenzialmente pericolose, in casi semplici (coperture soffici al disopra di un substrato rigido), permette di ottenere anche informazioni sulle caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo. La



FIGURA 4

A e B: Tromografo digitale utilizzato nella campagna di misure di sismica passiva; C: stendimento della MASW; D: collegamento dei geofoni al cavo coassiale; E: apparato energizzante e Trigger; F: apparato di acquisizione del segnale.

strumentazione utilizzata per le misure HVSR è il Tromografo digitale o Tromino, un dispositivo digitale coperto da brevetto internazionale e prodotto da MICROMED S.p.a. Attualmente il Tromino è dotato di tre sensori elettrodinamici orientati N-S, E-W e verticalmente, è alimentato a batterie ed è fornito di GPS interno. Questo dispositivo è inoltre sufficientemente sensibile da essere in grado di rilevare segnale anche nei punti più silenziosi della superficie terrestre. La tecnica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) ha invece consentito di ottenere la velocità media delle onde di Rayleigh (VR) che si propagano nel materiale sottostante al punto di misura. In questa tecnica, le onde superficiali sono generate da una sorgente artificiale (martello sismico) e vengono registrate da geofoni disposti lungo la direzione di propagazione delle onde.

Acquisizione dei dati

Nella campagna di misura HVSR sono state effettuate circa 120 misure, in tutta l'area di studio (Figura 5), attraverso l'utilizzo del Tromino. La scelta dei punti di misura è stata effettuata cercando di campionare in modo omogeneo le 4 situazioni di alterazione del substrato individuate dalla carta dell'alterazione delle vulcaniti. Al fine di ottimizzare la campagna di misure è stata realizzata, in ambiente ArcGIS, una griglia di dimensioni 100 x 100 m, i cui centroidi sono stati selezionati considerando un buffer massimo di 50 metri rispetto

a strade carrabili e sentieri. Questa procedura ha permesso di avanzare più velocemente, dal punto di vista logistico, nella raccolta di misure HVSR. Invece la campagna di misure di sismica attiva, ha visto lo svolgimento di sette MASW campionando i 4 diversi tipi di alterazione considerando anche la logistica, ovvero mantenendosi vicino alle strade (Figura 6).

Per le misure MASW numero 2, 3, 4, 5, 6, 7 sono stati utilizzati 24 geofoni, mentre per la MASW numero 1 ne sono stati utilizzati 18 poiché le condizioni geomorfologiche e la grande presenza di vegetazione non consentivano stendimenti di lunghezza maggiore (Tabella 1).

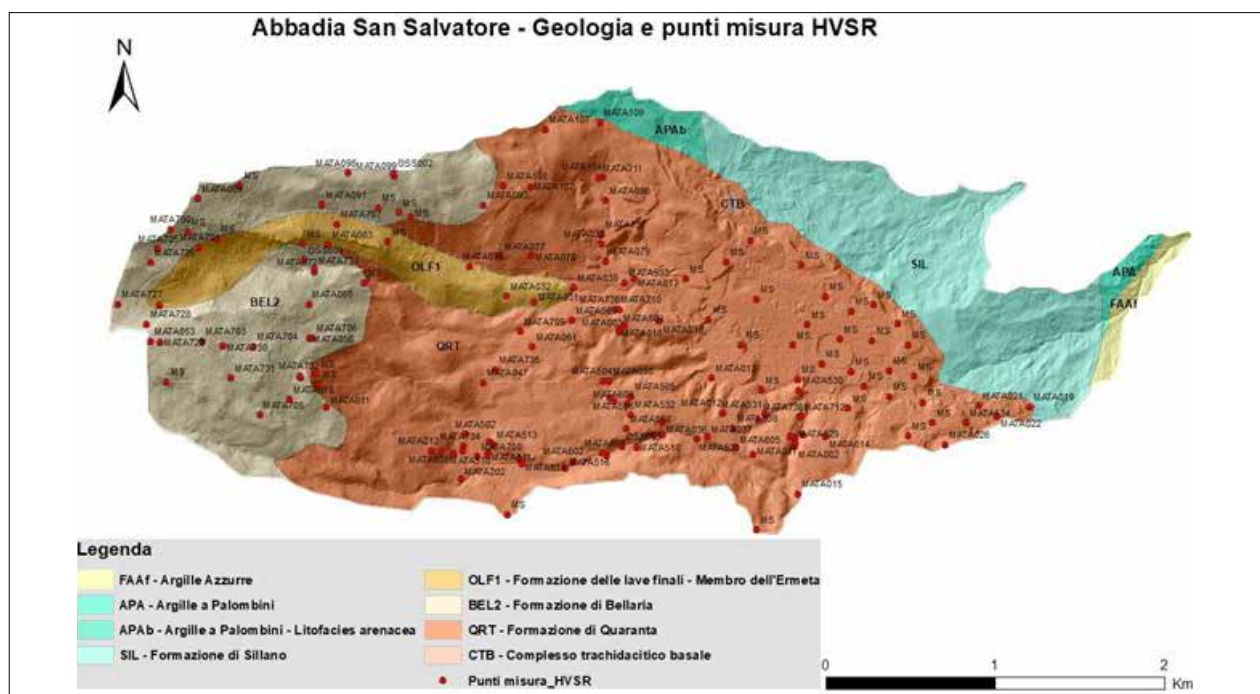


FIGURA 5

Siti di misura HVSR. Con la sigla MATA sono riportate le misurazioni effettuate durante la campagna di sismica passiva, mentre quelle denominate MS sono state riprese dallo studio pregresso di Microzonazione Sismica del 2018.

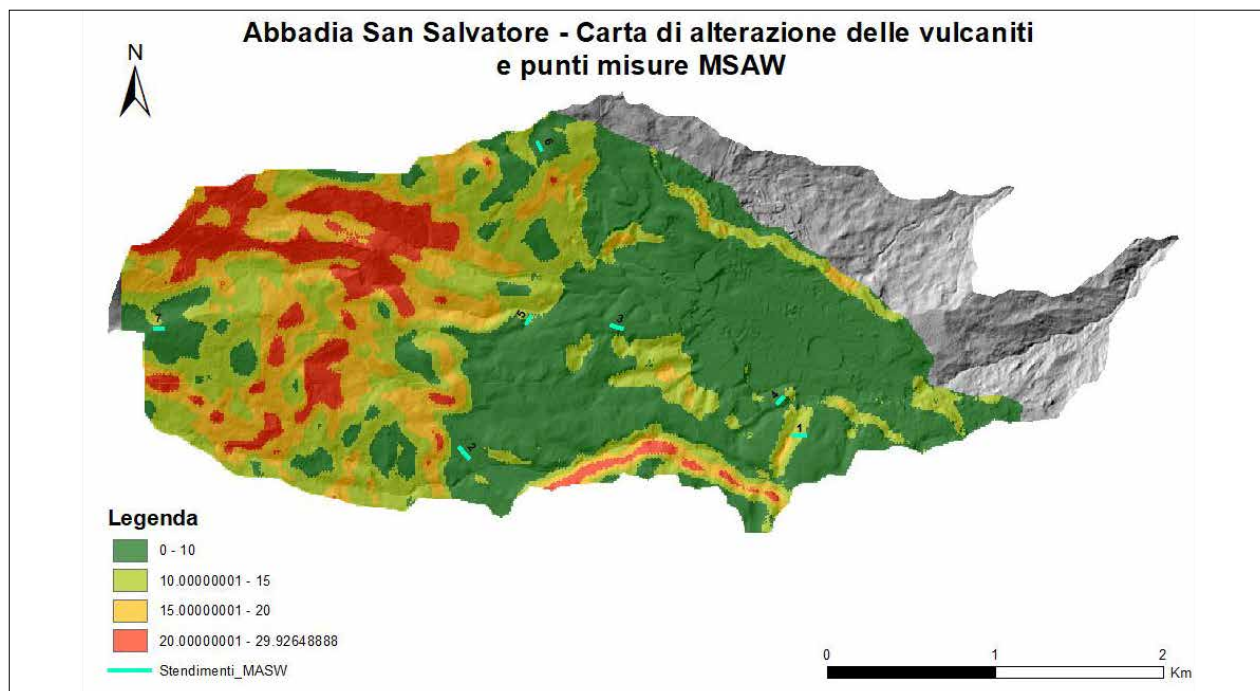


FIGURA 6

Carta di alterazione delle vulcaniti con siti di misura MASW. Con il colore verde scuro sono rappresentate le zone caratterizzate da indice di rimbalzo R compreso tra 0 e 10, con il colore verde chiaro sono rappresentate le zone caratterizzate da indice R compreso tra 10 e 15, in giallo sono rappresentate le zone caratterizzate da indice R compreso tra 15 e 20, mentre in arancione le zone caratterizzate da valori di R maggiori di 20.

MASW	Lunghezza stendimento (m)	Interdistanza tra geofoni (m)	Numero geofoni
1	51	3	18
2	69	3	24
3	69	3	24
4	23 o 69	1 e 3	24
5	46	2	24
6	46	2	24
7	46	2	24


TABELLA 1

Schema riassuntivo dei vari stendimenti MASW.

Elaborazione dei dati

I dati ottenuti durante le due campagne di misurazione sono stati elaborati attraverso l'utilizzo di due diversi software: Grilla (Micromed S.p.a) per l'analisi delle misure HVRS e EasyMasw (GeoStru) per l'analisi delle MASW.

L'elaborazione dei dati ottenuti mediante le tecniche di sismica passiva ha visto i seguenti step:

1. Importazione delle tracce all'interno dei software Grilla;
2. Classificazione di tutte le singole misure utilizzando i criteri di SESAME (2004) integrati e rielaborati da Albarello et al. (2011);
3. Interpretazione delle curve HVSR e scelta dei picchi di interesse con la loro relativa frequenza di risonanza e ampiezza.

L'elaborazione delle MASW ha visto invece i seguenti steps:

1. Importazione dei dati di Input: importazione delle tracce dei file standard SEG-2, impostazione dell'interdistanza tra i geofoni e da quale parte dello stendimento è stato effettuato lo scoppio, eventuale operazione di scarto dei geofoni non funzionanti;
2. Analisi spettrale del segnale: ottenimento della curva di dispersione sperimentale;
3. Procedura di Picking: ottenimento delle coordinate dei punti (frequenza Hz e velocità m/s) che individuano la curva del modo fondamentale;
4. Ottenimento dei valori puntuali di profondità dello spessore di alterazione saprolitica mediante la procedura proposta da Paolucci et al. (2015).

Risultati e discussione

La realizzazione della carta dello spessore di alterazione del substrato è stata possibile grazie alla raccolta e analisi dei dati acquisiti durante le campagne di rilevamento sismico, ai dati pregressi di MS utilizzati come punti di riferimento dai quali partire per questo studio e alla carta dell'alterazione delle vulcaniti. Confrontando i luoghi dove sono state effettuate le misurazioni di sismica attiva e passiva con quella che è la carta dell'alterazione delle vulcaniti, si nota che le misurazioni sono state realizzate in luoghi aventi diverso grado di alterazione saprolitica. Le MASW 2, 3, 4 e 6 sono state effettuate in zone caratterizzate dalla presenza di sabbie sciolte, mentre le MASW 1 ed 5 in zone caratterizzate da alternanze di sabbia sciolta/addensata con la presenza di alcuni blocchi di substrato roccioso. La MASW 7, poiché ricade nella zona di passaggio tra quelle che sono le due categorie di alterazione saprolitica precedentemente citate, non è stata considerata nello studio. Per estrapolare la profondità di alterazione nei vari punti di misura HVSR è stato necessario per prima cosa

vedere da quale grado di alterazione è caratterizzata la zona e poi utilizzare la giusta velocità VR (precedentemente ottenuta attraverso l'elaborazione delle MASW) in modo da ottenere il valore dello spessore di alterazione saprolitica in quel determinato punto. Inserendo poi all'interno del software ArcGIS di ESRI i valori dello spessore di alterazione è stata ottenuta una carta con all'interno dei valori puntuali che rappresentano lo spessore di alterazione saprolitica. Infine, è stato necessario effettuare una operazione di spazializzazione dei valori puntuali (metodo Inverse Distance Weight) in modo da ottenere la carta dello spessore di alterazione delle vulcaniti del Monte Amiata (Figura 7).

Da questa carta si può notare che lo spessore di alterazione varia da 0 m, presente principalmente nella zona della Vetta del M. Amiata e nei versanti ad elevata pendenza dove in genere affiora il substrato roccioso integro, a circa 43 m nella zona centrale dell'abitato di Abbadia San Salvatore.

La morfologia del territorio va ad influenzare il valore oggetto di studio. Infatti, nelle zone contraddistinte da versanti molto acclivi si registra uno spessore di alterazione saprolitica molto ridotto o assente (zona Vetta Monte Amiata e zona a monte della tombinatura del Torrente Risola in Via Fosso Canali), nelle zone con versanti più dolci si registrano spessori di alterazione medi e nelle zone più pianeggianti essi arrivano a superare i 40 m (zona del centro abitato di Abbadia San Salvatore). Il motivo per il quale sui versanti più acclivi si trovano conservate le porzioni di ammasso roccioso di buona qualità rimane tutt'oggi un quesito a cui non è facile rispondere. Quello che è ragionevole dedurre è che nelle zone a debole pendenza e pianeggianti, prevalgono i fenomeni di alterazione chimica dovuti per esempio al ristagno di acqua che potrebbe contribuire ai processi di disgregazione delle vulcaniti. Queste zone potevano un tempo

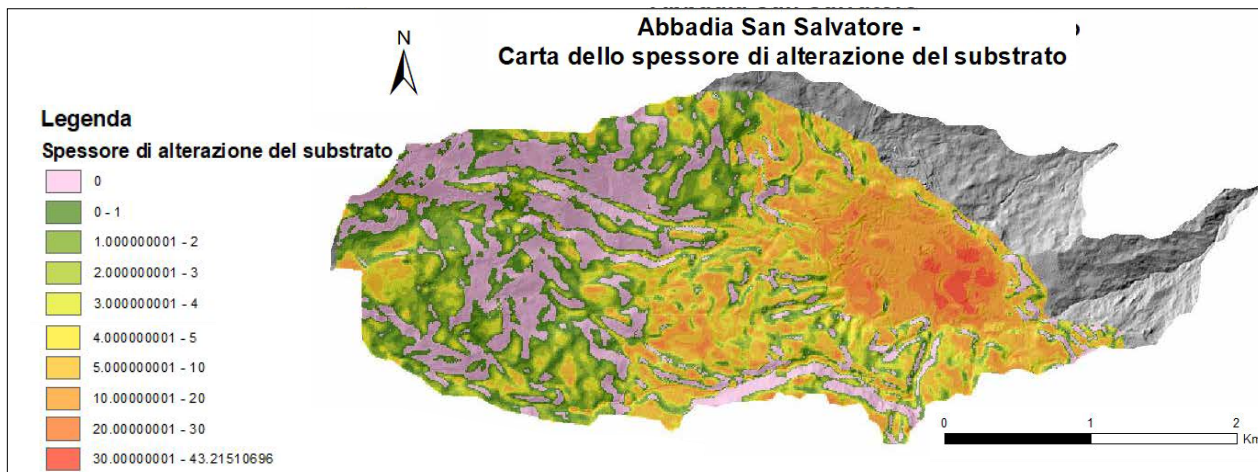


FIGURA 7

Carta dello spessore di alterazione saprolitica.

corrispondere, prima della messa in posto dell'apparato vulcanico, a delle paleo-valli successivamente riempite, entro le quali i processi di alterazione si sono concentrati nel corso degli anni.

Conclusioni

Questo lavoro di tesi ha visto come l'applicazione delle tecniche di indagine di sismica passiva ed attiva possano essere utili anche per altri scopi oltre agli studi di microzonazione sismica, come ad esempio nel caso di valutazioni inerenti al rischio idrogeologico.

Nel presente studio, attraverso tecniche di indagine di sismica attiva (MASW) e passiva (HVSr), sono stati ricavati dati utili alla realizzazione, in ambiente

ArcGIS (Esri), di una carta dove sono riportati i diversi valori dello spessore di alterazione saprolitica nelle diverse zone del Comune di Abbadia San Salvatore (SI).

I risultati ottenuti nella carta dello spessore di alterazione delle vulcaniti sono coerenti rispetto a ciò che si può riscontrare visivamente nelle zone oggetto di studio. Questo consente di affermare che i dati raccolti e le metodologie utilizzate siano adeguate e che permettano una ragionevole ricostruzione dello spessore di alterazione saprolitica e quindi della quantità di questo materiale che si può mobilitare in caso di fattori innescanti quali, oltre alle intense precipitazioni, gli scuotimenti del suolo causati dai terremoti. Ciò nonostante, trattandosi di uno studio sperimentale effettuato in una zona in cui questi aspetti non erano ancora mai stati investigati, sarebbero auspicabili altre campagne di studi nelle quali ampliare il numero di misure (HVSr e MASW) in modo da avere una visione di insieme più completa.

Essendo sia l'area del Monte Amiata che quella dell'abitato di Abbadia San Salvatore delle zone ad intensa attività sismica e visto il verificarsi degli eventi calamitosi che si ripetono con frequenza maggiore rispetto al passato (ad esempio l'alluvione verificatasi nel 2019), questo studio consente di avere uno strumento utile alle valutazioni di rischio idrogeologico e sismico.

BIBLIOGRAFIA

D. Albarello, S. Castellaro; Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola, Supplemento alla rivista di ingegneria sismica Anno XXVIII - n. 2 (2011)

Carlo Delcroix, Karl Brown, Andrea Borgia; Rilievo geostrutturale preliminare dell'apparato vulcanico del Monte Amiata, EDRA - 2006.

Marco Doveri, Barbara Nisi¹, Andrea Cerrina Feroni, Alessandro Ellero, Matia Menichini, Matteo Lelli, Giulio Masetti, Simone Da Prato, Claudia Principe, Brunella Raco; Geological, hydrodynamic and geochemical Features of the volcanic aquifer of mt. Amiata (tuscany, central italy): an overview, Acta Vulcanologica Vol. 23 (1-2), 2011 / 24 (1-2), 2012: 51-72.

Daniele Giordano, Sonia La Felice, Fabio Arzilli, Serena Pia De Cristofaro, Liza Polo, Matteo Masotta; Il vulcanismo effusivo acido del Monte Amiata: stima delle condizioni pre- e sin-eruttive ed implicazioni vulcanologiche, Il Vulcano di Monte Amiata (2017).

Nakamura, Y. (1989) A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. Quarterly Report of Railway Technical Research, 30, 25-33.

Enrico Paolucci, Dario Albarello, Sebastiano D'Amico, Enrico Lunedei, Luca Martelli, Marco Mucciarelli, Domenico Pileggi; A large scale ambient vibration survey in the area damaged by May-June 2012 seismic sequence in Emilia Romagna, Italy. Bull Earthquake Eng (2015).

Claudia Principe e Luigina Vezzoli; Facies vulcaniche e meccanismi di messa in posto delle vulcaniti del Monte Amiata, Il Vulcano di Monte Amiata (2017).

Claudia Principe, Luigina Vezzoli, Sonia La Felice, Enrico Pandeli, Federico Marini, Riccardo Giusti; Note alla carta geologica del settore meridionale del vulcano di Monte Amiata, Il Vulcano di Monte Amiata (pp.103-129) (2017).

SESAME Project (2004) - Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations. Measurements, processing and interpretation, WP12, deliverable no. D23.12.



ogt
ORDINE dei
GEOLOGI della
TOSCANA



ANNO XXXIV N°123 • OTTOBRE 2024

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
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

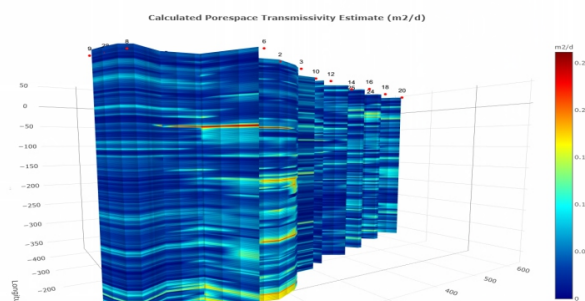
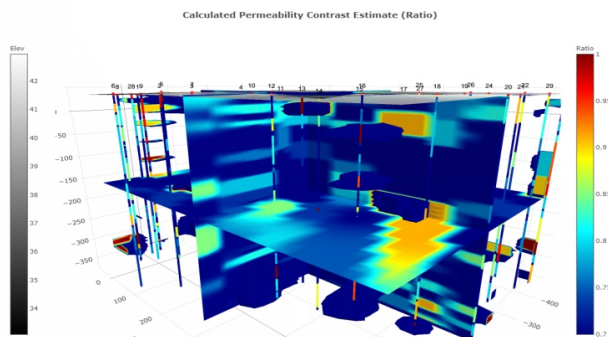
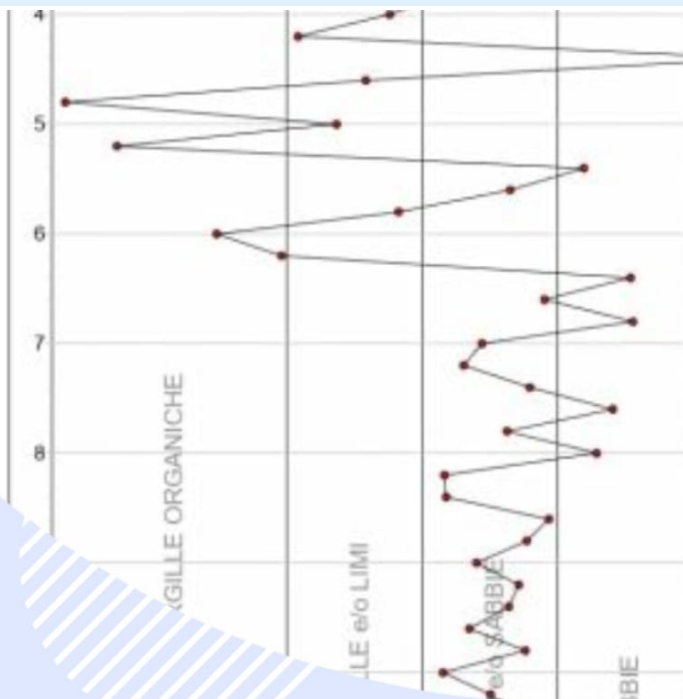
POSTE ITALIANE SPA - Spedizione in Abbonamento Postale 70% - DCB FI
Autorizzazione Tribunale di Lucca N. 531 del 17/09/90

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 aggetti dell'art. 65 della legge n. 633-22.4.1941.

MINIERA DI RAME, VAL DI CECINA

Foto di Luca Tinagli





SISMO ELETTRICA

Le nostre attività

Indagini sismiche di superficie a 48 canali (MASW, Tomografie sismiche a rifrazione e riflessione, ESAC/Remi);

Indagini sismiche in foro tipo Down-Hole;

Rilievi sismici passivi a stazione singola con sensori a 2Hz e 4,5 Hz;

Arrays elettromagnetici VLF e TDEM (loop 20*20 m, 40*40 m e 100*100 m);

Soundings sismoelettrici finalizzati al riconoscimento di serbatoi acquiferi ad alta profondità;

Stendimenti geoelettrici a 96 canali (tomografia 2D, 3D e SEV);

Indagini geognostiche in situ (prove penetrometriche CPT/DPSH, CPTe, CPTu);

Rilievi geofisici in foro (Well Logs) e video ispezioni fino a profondità comprese da 0 a 500 m.

www.sismoelettrica.it