



MITIGAZIONE DEI RISCHI NATURALI PER LA SICUREZZA E LA
MOBILITA' NELLE AREE MONTANE DEL MEZZOGIORNO



Convegno 4-5 aprile 2022

Aula Magna dell'Università della Basilicata

CUGRI - UNINA

***Sviluppo di sensori innovativi per
il monitoraggio di grandezze
idrauliche nei terreni a grana fine***

Università degli Studi di Napoli 'Federico II'

Team UNINA: N. Amatucci, L. Coppola, S. Guglielmi, L. Pagano, M. Pirone, G. Urciuoli



Estratto da: Convegno di presentazione del progetto MITIGO e dei primi risultati - 4-5 Aprile 2022 –
Sommarî degli interventi e presentazioni

© 2022 Università degli Studi della Basilicata

Editrice Universosud – Potenza

ISBN 9788899432850



9 788899 432850

Pubblicazione realizzata con il cofinanziamento dell'Unione Europea – FESR, PON Ricerca e Innovazione 2014-2020.

www.ponricerca.gov.it

Nel contesto geologico-geotecnico dell'Appennino, i pendii sono spesso soggetti a **colate di terra** che si riattivano in corrispondenza di prolungati eventi piovosi. Una delle cause di riattivazione è la risalita della falda dovuta all'infiltrazione di acqua meteoriche.

Pertanto, è ben noto che il monitoraggio di grandezze idrauliche nei pendii a grana fine rappresenta un efficace strumento di mitigazione del rischio idrogeologico [1, 2, 3, 4, 5]



Obiettivi della ricerca

Studiare come le grandezze idrologiche misurate *al di sopra del livello di falda* e le relative oscillazioni legate alle variabili atmosferiche interagiscano con il livello di falda e con la cinematica del fenomeno franoso.

➤ misura della suzione di matrice nei primi metri del pendio

analizzare i tempi di propagazione fino alla profondità della superficie di scorrimento, l'intensità della risposta della coltre agli eventi di pioggia e la contestuale oscillazione del livello di falda.

➤ misura del contenuto d'acqua nei primi metri del pendio

Valutazione del profilo di contenuto d'acqua nello strato più superficiale. Tale grandezza consente di stimare la quantità d'acqua che s'infiltra e la quantità che eventualmente provoca la risalita della falda.

[1] Urciuoli G, Comegna L, Di Maio C, Picarelli L. Rivista Italiana di Geotecnica. Volume 50, Issue 1, January-March 2016, Pages 71-90

[2] Picarelli L, Di Maio C, Tommasi P, Urciuoli G, Comegna L, (2022) Pore water pressure measuring and modeling in stiff clays and clayey flysch deposits: A challenging problem, Engineering Geology, Volume 296, 2022, 106442, ISSN 0013-7952.

[3] Cotecchia, F., Vitone, C., Santaloia, F., Pedone, G., Bottiglieri, O., 2015. Slope instability processes in intensely fissured clays: case histories in the Southern Apennines. Landslides 12 (5), 877–893.

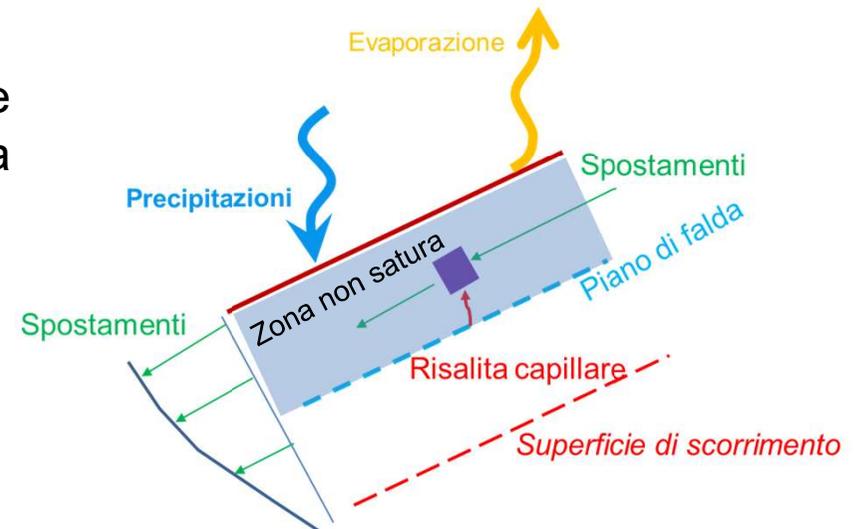
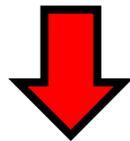
[4] Pedone G, Tsiampousi A, Cotecchia F, Zdravkovic L (2022) Coupled hydro-mechanical modelling of soil-vegetation-atmosphere interaction in natural clay slopes. Canadian Geot. J. 59: 272-290.

Obiettivi della ricerca

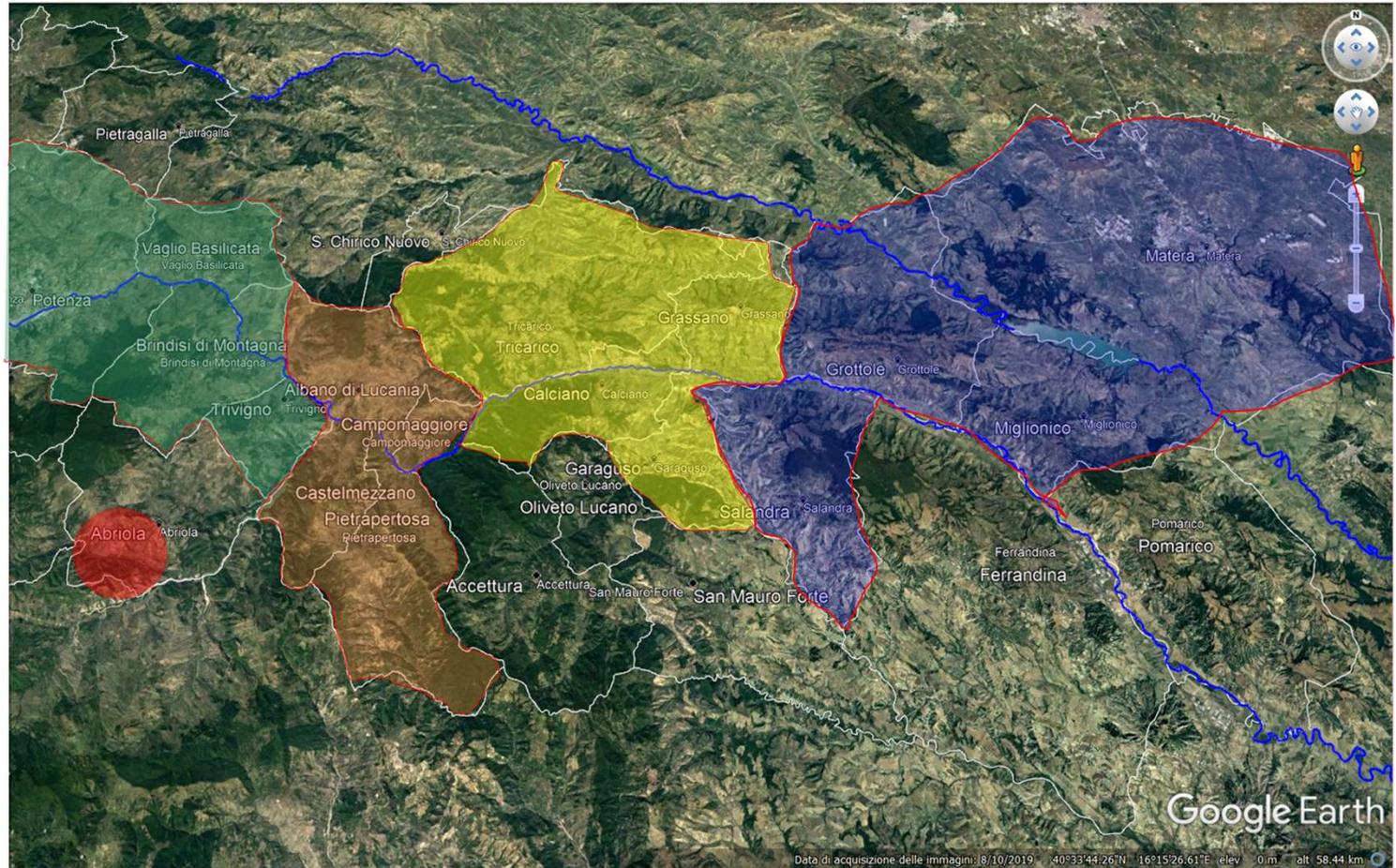
Effetto delle variabili idrologiche misurate nella zona superficiale non satura sulla superficie di scorrimento.



Colate di terra profonde dai 5 ai 10 metri che si riattivano con frequenza stagionale.

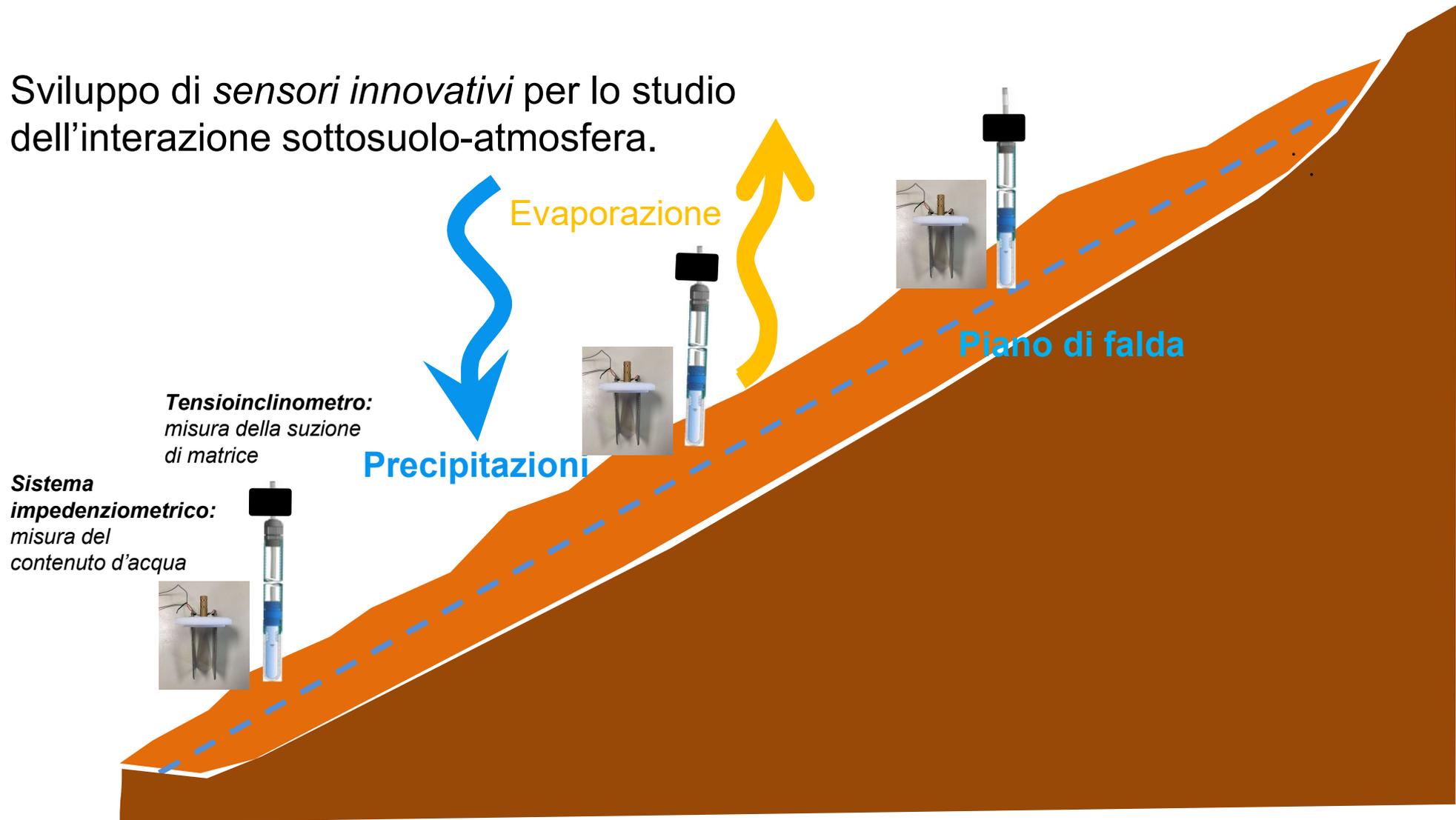


Le attività di monitoraggio saranno svolte presso un'area ubicata tra Castelmezzano e Pietrapertosa in provincia di Potenza, dove si è recentemente attivata una colata lenta di lunghezza pari a 300 m e larghezza massima di 100 m.



Metodologia

Sviluppo di *sensori innovativi* per lo studio dell'interazione sottosuolo-atmosfera.



Metodologia

Sviluppo di *sensori innovativi* per lo studio dell'interazione sottosuolo-atmosfera.

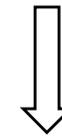
Sistema impedenziometrico:

- Sviluppo di un sistema per la determinazione del contenuto d'acqua di un terreno attraverso la **spettroscopia di impedenza**, basata sulla caratterizzazione delle proprietà elettriche del mezzo, in collaborazione con la società BioAge.
- Tale tecnica consiste nella misura della impedenza complessa $Z(\omega)$, che rappresenta la forza di opposizione del mezzo al passaggio di una corrente elettrica alternata e dipende dalla frequenza, ω (Barsoukov & Macdonald, 2005)[3]. Essa pertanto generalizza la legge di Ohm ai circuiti funzionanti in regime sinusoidale ed in coordinate rettangolari è espressa come:

$$\frac{V(\omega)}{I(\omega)} = Z(\omega) = Z' + jZ''$$

$$Re(Z) = Z' = |Z| \cos \theta$$

$$Im(Z) = Z'' = |Z| \sin \theta$$



$$\text{Fase} \rightarrow \theta = \tan^{-1} \left(\frac{Z''}{Z'} \right)$$

$$\text{Modulo} \rightarrow |Z| = \sqrt{(Z')^2 + (Z'')^2}$$

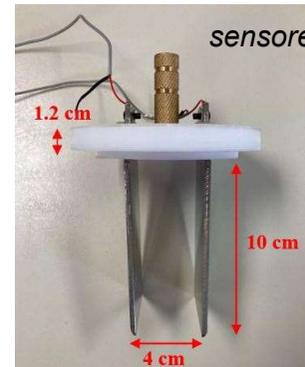
[3] Barsoukov E., Macdonald J.R. (2005). Impedance Spectroscopy. Theory, Experiment, and Applications. Second Edition. Wiley-Interscience.

Metodologia

Sviluppo di *sensori innovativi* per lo studio dell'interazione sottosuolo-atmosfera.

Sistema impedenziometrico:

- Il sistema sviluppato in versione prototipale combina un *sensore* con un *circuito convertitore di impedenza*, munito di un generatore di frequenza on-board e un convertitore analog-to-digital (Analog device AD5934, 2017)[4].
- Il generatore di frequenza permette di eccitare il campione di terreno tra gli elettrodi con un *segnale sinusoidale in tensione di frequenza nota*. Il range e la risoluzione delle frequenze operative sono stabiliti dall'operatore all'interno del range $\omega_{\min}=500$ Hz e $\omega_{\max}=50$ kHz. Il segnale di risposta in corrente viene processato e digitalizzato dal circuito, quindi convertito in modulo e angolo di fase di $Z(\omega)$.



*circuito convertitore di impedenza
costituenti il dispositivo di misura*



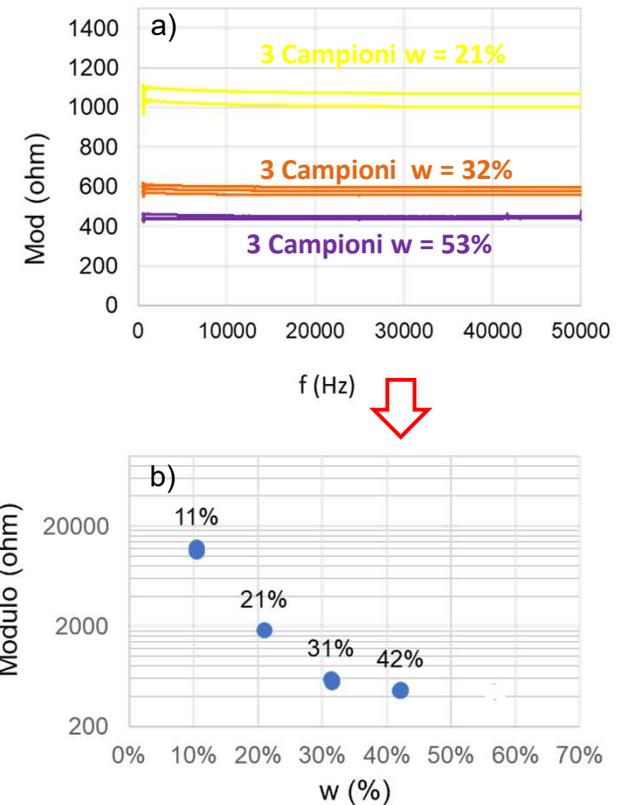
[4] AD5934 (2017). 250 kSPS, 12-Bit Impedance Converter, Network Analyzer, Data sheet. One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.

Metodologia

Sviluppo di *sensori innovativi* per lo studio dell'interazione sottosuolo-atmosfera.

Sistema impedenziometrico:

- Presso il laboratorio del DICEA, è in fase di svolgimento una *caratterizzazione metrologica* del dispositivo volta a:
 - investigare la *ripetibilità* della misura;
 - l'esistenza di una *robusta correlazione* tra le misure di impedenza eseguite su campioni di terreno di contenuto d'acqua noto ed il contenuto d'acqua degli stessi.
- E' stata misurata l'impedenza in quattro terne di campioni di terreno ricostituiti a contenuti d'acqua differenti. Dalla figura a) è evidente:
 - la ripetibilità della misura a parità di contenuto d'acqua;
 - l'indipendenza del modulo dell'impedenza dalla frequenza.
- Dalla figura b), si evince che sussiste una relazione tra il modulo dell'Impedenza ed il contenuto d'acqua delle terne investigate è monotona decrescente e non lineare.



Metodologia

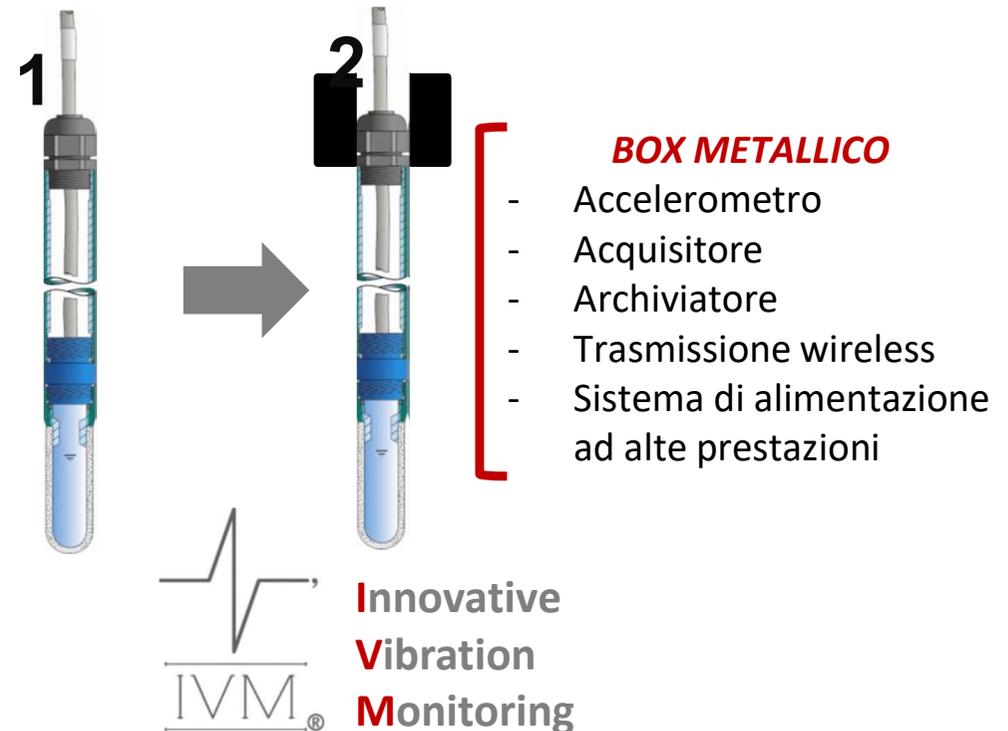
Sviluppo di *sensori innovativi* per lo studio dell'interazione sottosuolo-atmosfera.

Tensio –inclinometro:

Tale strumento è stato sviluppato presso il Dipartimento di Ingegneria Civile Edile Ambientale, Università degli Studi di Napoli Federico II con il coordinamento del prof. Pagano, in collaborazione con la società IVM (Innovative Vibration Monitoring).

E' uno strumento che permette di misurare **la suzione di matrice** mediante la pietra porosa disposta alla punta e la rotazione della testa mediante un accelerometro triassiale.

Si tratta di un tensiometro commerciale che è dotato di una camera di misura di piccole dimensioni posta a tergo della pietra porosa e che misura valori di suzione fino a 80 kPa e pressioni positive fino a 100 kPa. Tale strumento è stato equipaggiato con una scatola integrativa che digitalizza localmente il segnale in uscita del tensiometro e lo associa ad una misura di inclinazione fornita da un accelerometro triassiale.



Metodologia

Sviluppo di *sensori innovativi* per lo studio dell'interazione sottosuolo-atmosfera.

Tensio –inclinometro:

I segnali wireless sono trasmessi fino ad una distanza in campo libero di circa 300 m. L'alimentazione è garantita da una batteria con un'autonomia di circa 1 anno se la frequenza di acquisizione è settata su circa 10 minuti. Il tensioinclinometro consente di effettuare il monitoraggio contestuale della suzione di matrice e di una variabile cinematica, il gradiente di spostamenti in direzione parallela al pendio, pertanto è capace di cogliere l'eventuale interconnessione tra la risposta idraulica e meccanica del pendio.

Lo strumento è interessante perché consente di effettuare un monitoraggio totalmente privo di cavi.

Saranno installate tre coppie di tensioinclinometri nella *zona di nicchia, nella parte centrale e nella zona di valle.*



Grazie per l'attenzione.....