

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

Marianna Pirone<sup>1</sup>, Luca Pagano<sup>1</sup>, Lucia Coppola<sup>1</sup>, Simona Guglielmi<sup>2</sup>, Nicola Amatucci<sup>1</sup>, Gianfranco Urciuoli<sup>1</sup>

1. Università degli Studi di Napoli 'Federico II', Via Claudio 21, 80125, Napoli  
marianna.pirone@unina.it; lupagano@unina.it; lucia.coppola@unina.it; nicola.amatucci@unina.it; gianurci@unina.it
2. Scuola Superiore Meridionale, Largo S. Marcellino, 10, 80138 Napoli NA  
simona.guglielmi@unina.it

Nel contesto geologico-geotecnico dell'Appennino, i pendii sono costituiti da argille a scaglie caratterizzate da un fitto reticolo di discontinuità che intersecandosi suddividono il materiale in scaglie di dimensioni variabili dal millimetro al centimetro. Tali pendii sono spesso soggetti a colate di terra che si riattivano in corrispondenza di prolungati eventi piovosi. In accordo con la letteratura esistente sull'argomento, una delle cause di riattivazione è la risalita della falda dovuta all'infiltrazione di acqua meteoriche [1,2]. Pertanto, è ben noto che il monitoraggio di grandezze idrauliche nei pendii a grana fine rappresenta un efficace strumento di mitigazione del rischio idrogeologico [3].

Nell'ambito del progetto MITIGO, saranno sviluppati sensori innovativi per lo studio dell'interazione sottosuolo-atmosfera, in particolare strumenti capaci di misurare la suzione di matrice e il contenuto d'acqua al di sopra del livello di falda. L'idea è quella di studiare come le grandezze idrologiche misurate nei primi metri del pendio e le relative oscillazioni legate alle variabili atmosferiche interagiscano con il livello di falda e con la cinematica del fenomeno franoso. Tale studio potrebbe consentire la valutazione del ruolo del sistema di fessure che interessa la coltre in frana, sulla risposta idrologica del pendio [3].

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. Il monitoraggio delle grandezze idrauliche, suzione di matrice e contenuto d'acqua, si svolgerà almeno per un anno idrologico per valutare gli effetti stagionali sul comportamento idraulico del pendio.

### Obiettivi

L'obiettivo del monitoraggio delle grandezze idrauliche nei primi due metri del pendio in argilla, consiste nel:

- valutare la suzione di matrice e le sue escursioni nei primi due metri del pendio in funzione delle variabili meteorologiche; analizzare i tempi di propagazione e l'intensità della risposta della coltre agli eventi di pioggia e la contestuale oscillazione del livello di falda.
- valutare il contenuto d'acqua alla stessa profondità della suzione di matrice, nella zona al di sopra della falda in funzione delle variabili meteorologiche. Infatti, dal momento che lo strato più superficiale regola l'infiltrazione delle acque meteoriche risulta utile conoscere il 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. Inoltre, l'installazione dei sensori di contenuto d'acqua su un'area più estesa, potrebbe consentire la valutazione del ruolo delle fessure sul comportamento idraulico della coltre in frana.

### Metodologie

Per la misura della suzione di matrice sarà utilizzato il **Tensioinclinometro**. Tale strumento è stato sviluppato presso il Dipartimento di Ingegneria Civile Edile Ambientale, Università degli Studi di Napoli Federico II, in collaborazione con la società IVM (Innovative Vibration Monitoring). 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 (Fig.1a, b). Entrambi 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. Saranno installate tre coppie di tensioinclinometri nella zona di nicchia, nella parte centrale e nella zona di valle.



Figura 1: a) schema del tensioinclinometro; b) foto del tensioinclinometro installato durante un sopralluogo

Per la misura del contenuto d'acqua è attualmente in fase di valutazione la prestazione di un **sistema impedenziometrico** che consente di associare l'impedenza di un circuito elettrico inserito nel sensore, al valore di contenuto d'acqua del mezzo in cui è installato (Fig.2). Rispetto alle tecnologie attualmente in uso per la misura del contenuto d'acqua nel sottosuolo, tale sistema è più economico e si presta bene alla prototipizzazione.

La tecnica di misura consiste nella spettroscopia di impedenza, basata sulla caratterizzazione delle proprietà elettriche del mezzo. In particolare, 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,  $\omega$  [4]. Il sistema sviluppato in versione prototipale combina un sensore (Figura 1a) con un circuito convertitore di impedenza (Figura 1b), munito di un generatore di frequenza on-board e un convertitore analog-to-digital (Analog device AD5934, 2017)[5]. La Figura 1c mostra il sensore durante l'esecuzione di una misura in un campione indisturbato di terreno. 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  $Z(\omega)$ .

Ai fini dell'utilizzo del sistema per la determinazione del contenuto d'acqua, è stata eseguita una caratterizzazione metrologica del dispositivo volta ad individuare una correlazione tra le misure di impedenza eseguite su campioni di terreno di contenuto d'acqua noto ed il contenuto d'acqua

degli stessi. Risultati preliminari permettono di identificare una correlazione monotona tra le misure di modulo e angolo di fase ed i contenuti d'acqua gravimetrici testati, con un adeguato grado di ripetibilità, al punto da configurare la metodologia descritta come una promettente alternativa alle tecniche di misura tradizionali.

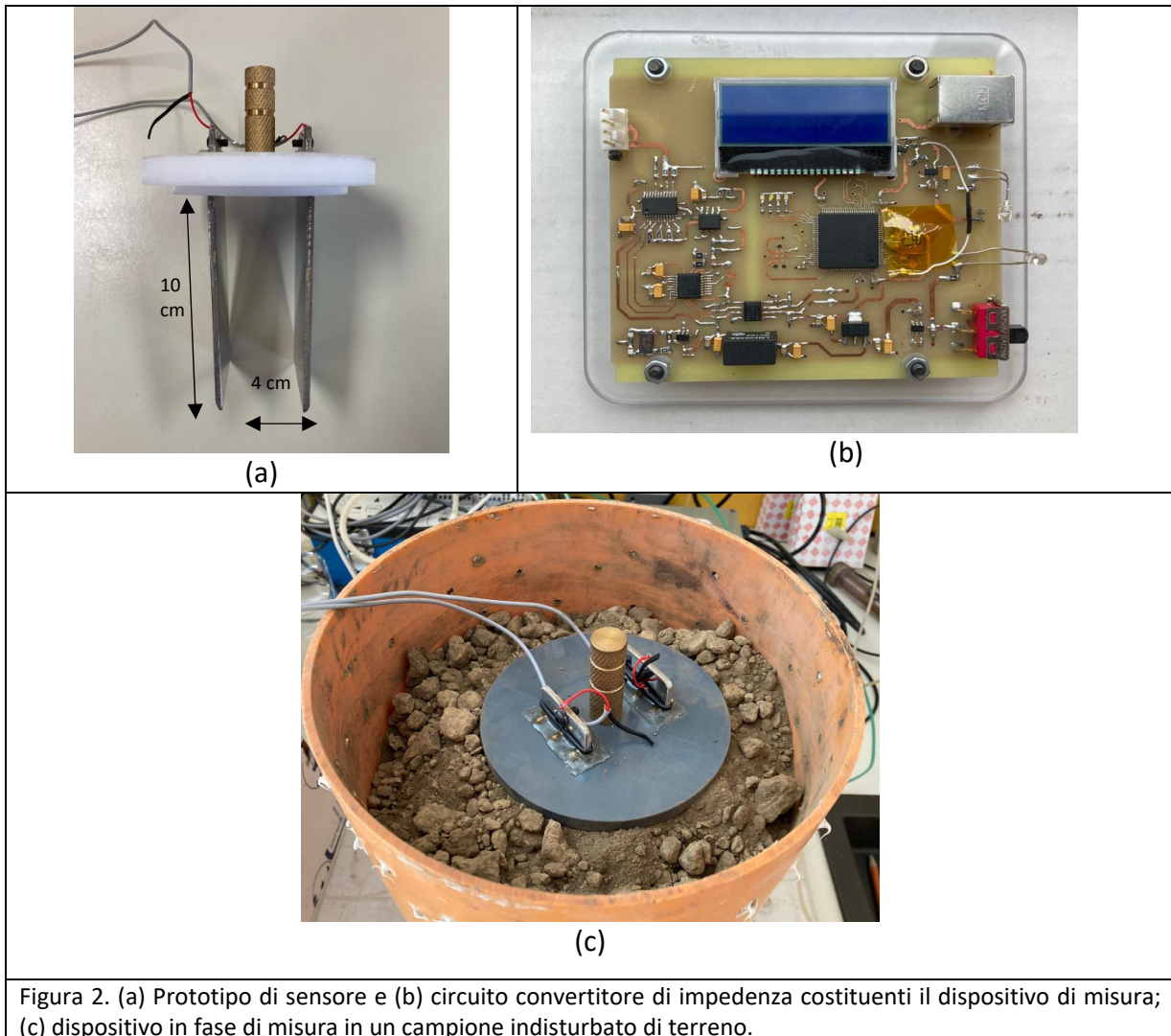


Figura 2. (a) Prototipo di sensore e (b) circuito convertitore di impedenza costituenti il dispositivo di misura; (c) dispositivo in fase di misura in un campione indisturbato di terreno.

## Referenze

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., Urciuoli G., Ramaondini M., Comegna L. (2005) – Main features of mudslides in tectonized highly fissured clay shales. Landslides, vol. II, n. 1, pp. 15-30.
3. 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.
4. Barsoukov E., Macdonald J.R. (2005). Impedance Spectroscopy. Theory, Experiment, and Applications. Second Edition. Wiley-Interscience.
5. 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.

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



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

[www.ponricerca.gov.it](http://www.ponricerca.gov.it)