



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI

FEDERICO II

SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE E AMBIENTALE

CORSO DI LAUREA IN

INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO

TESI DI LAUREA

**Calibrazione di sensori per la misura di grandezze idrauliche
nel sottosuolo**

RELATORE

Prof. Ing. Gianfranco Urciuoli

CANDIDATA

Antonella Nocerino

N49/478

ANNO ACCADEMICO 2016/2017

Sommario

Il presente elaborato di tesi, dal titolo *“Calibrazione di sensori per la misura di grandezze idrauliche nel sottosuolo”*, costituisce una fase indispensabile delle attività di monitoraggio del rischio da frana, nella fattispecie in terreni costituiti da piroclastiti non sature.

L’obiettivo del suddetto lavoro consiste, in particolare, nel tarare e calibrare strumenti necessari per la misura delle grandezze idrauliche che regolano l’innesco delle colate rapide di fango, fenomeni franosi caratterizzati da elevata propagazione sul versante e quindi da elevata capacità di danno. Il principale fattore innescante risulta essere quello meteorico, in primo luogo il verificarsi di eventi piovosi prolungati, seguiti da scrosci finali particolarmente intensi.

Nondimeno occorre tener ben presente che esistono fattori predisponenti che giocano un ruolo fondamentale nell’innesco di questi fenomeni. Risulta quindi necessario disporre di misure corrette delle condizioni iniziali che caratterizzano il sottosuolo ed il suo stato, ovvero suzione e contenuto d’acqua, per conoscere le condizioni iniziali prima dell’accadimento della pioggia critica e valutarne la pericolosità.

Attraverso attività di sperimentazione, svolte presso il laboratorio di Ingegneria Geotecnica, è stato possibile effettuare operazioni in grado di correggere le misure effettuate in sito, nel campo sperimentale del Monte Faito, ove viene studiato l’innesco delle colate rapide.

La prima parte del lavoro è consistita nella calibrazione di tensiometri, strumenti utilizzati per la misura della suzione all’interno del terreno. Sono stati sottoposti a prova diversi tipi di tensiometri, di tipo “Jet Fill” e di tipo “SDEC”, in grado di fornire misure di suzione mediante manometro analogico e trasduttore elettrico, rispettivamente. Lo scopo principale della sperimentazione è stato di confrontare i risultati ottenuti dai due strumenti con la suzione imposta attraverso una colonna di acqua ed ottenere la calibrazione delle misure digitali in quanto, nelle esperienze svolte in sito, ci si avvale spesso di trasduttori elettrici. Nella prima delle suddette prove, in particolare, i valori di pressione misurati dal manometro e dal trasduttore sono stati confrontati con quelli imposti.

Ogni prova è stata eseguita tre volte, ottenendo gli stessi risultati.

Si riportano, di seguito, quelli relativi alla prima tra queste.

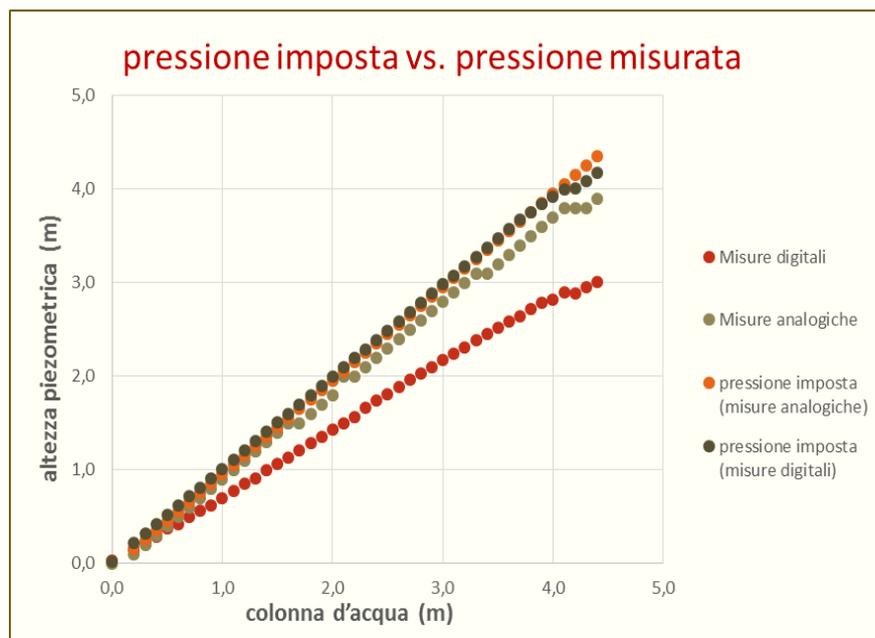


Figura 1 – confronto tra misure analogiche e digitali

Entrambe le misure risultano sottostimare il valore il valore di pressione imposto dalla colonna d'acqua esterna al sistema. Tuttavia, l'errore commesso mediante misure analogiche risulta trascurabile a causa della natura della misura che presuppone la presenza nello strumento di una colonna di aria.

Dopo aver constatato l'accuratezza delle misure effettuate mediante tensiometri di tipo Jet Fill, è stata effettuata la calibrazione del trasduttore elettrico. I valori di pressione misurati dallo strumento sono stati confrontati con i valori imposti dalla colonna d'acqua esterna. L'operazione è stata ripetuta per le tre prove effettuate. Mediante la regressione lineare dei dati raccolti (Figura 2), è stato possibile ottenere l'equazione di calibrazione delle misure digitali, di estrema importanza nell'attività svolta in sito:

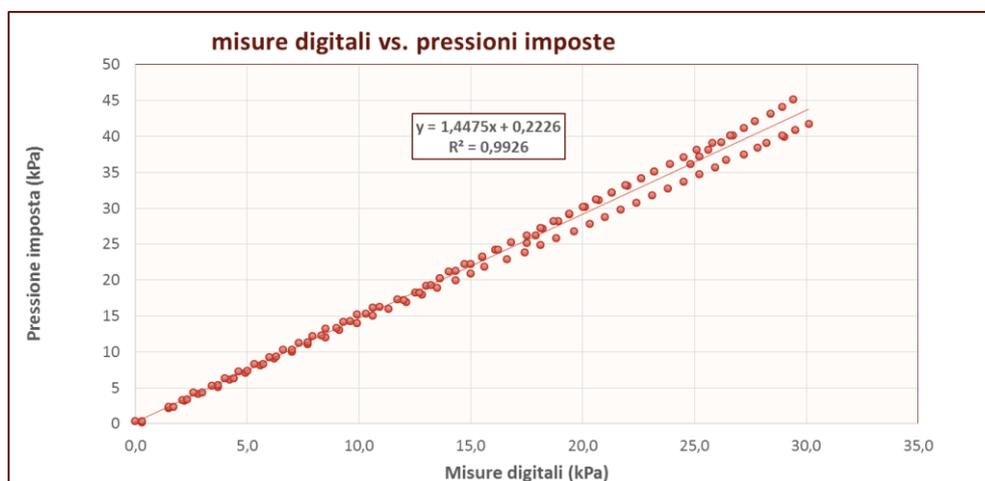


Figura 2 - regressione lineare dei dati raccolti

La seconda parte del lavoro è consistita nella taratura delle sonde TDR (time domain reflectometry), strumento di misura del contenuto d'acqua nel sottosuolo.

La riflettometria nel dominio del tempo è una tecnica che consente la misura del contenuto (volumetrico) d'acqua mediante sensori che misurano la permittività dielettrica del terreno.

Il software che fornisce la curva di riflessione del segnale lungo le aste è impostato sulla relazione contenuto volumetrico d'acqua-costante dielettrica, introdotta da Topp et al. nel 1980:

$$\theta_{Topp} = -0,0053 + 0,0292 \cdot K_r - 0,00054 \cdot K_r^2 + 0,0000043 \cdot K_r^3$$

Con la presente sperimentazione è stato verificato che la formulazione di Topp, per la determinazione del contenuto d'acqua, non può essere utilizzata per i terreni di origine vulcanica, in quanto questi presentano caratteristiche che gli conferiscono comportamenti dielettrici atipici. In particolare, presentano una densità molto bassa, porosità e superficie specifica elevate. Sono inoltre caratterizzati da una forte presenza di argille allofane a forma di sferule cave le quali, avendo una grande affinità con l'acqua ed una elevata superficie di scambio, caratterizzano i terreni in cui si trovano. La presente esperienza ha interessato gli strati superficiali dei terreni piroclastici presenti nel sito sperimentale del Monte Faito, denominati A1 e A2. Dopo aver confrontato i valori empirici con quelli forniti dalla curva di Topp, è risultato evidente che, in entrambi i casi, quest'ultima risulta sottostimare la misura del contenuto volumetrico d'acqua del terreno (Figura 3.a, Figura 3.b).

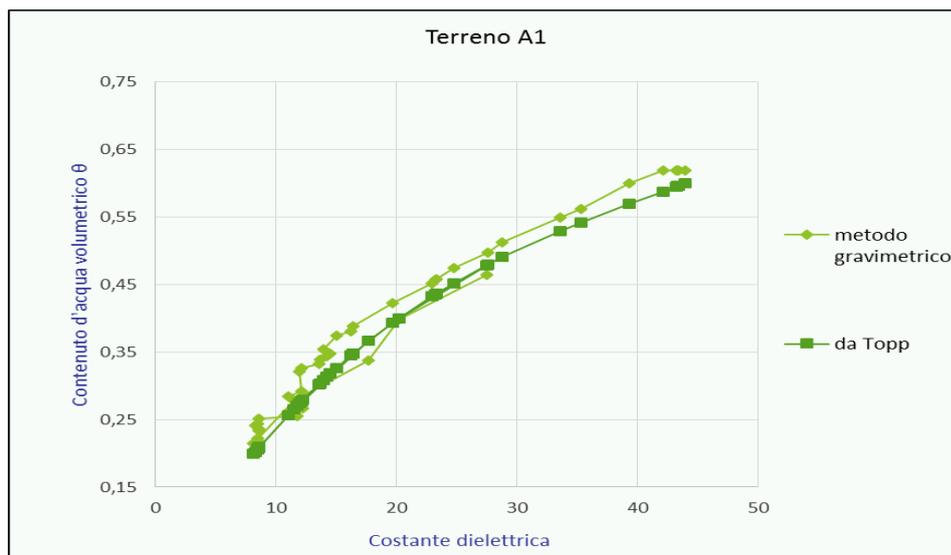


Figura 3 a) dati relativi al terreno A1

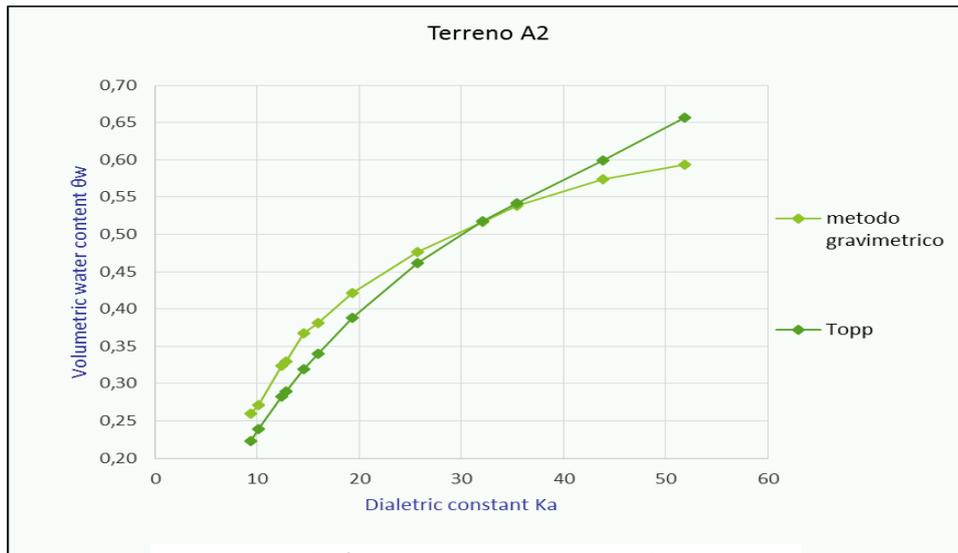


Figura 3 b) dati relativi al terreno A2

Tracciando la linea di tendenza dei dati sperimentali è stato ugualmente possibile determinare il contenuto d'acqua dei terreni esaminati inserendo una propria curva di calibrazione (Figura 4. a), (Figura 4.b).

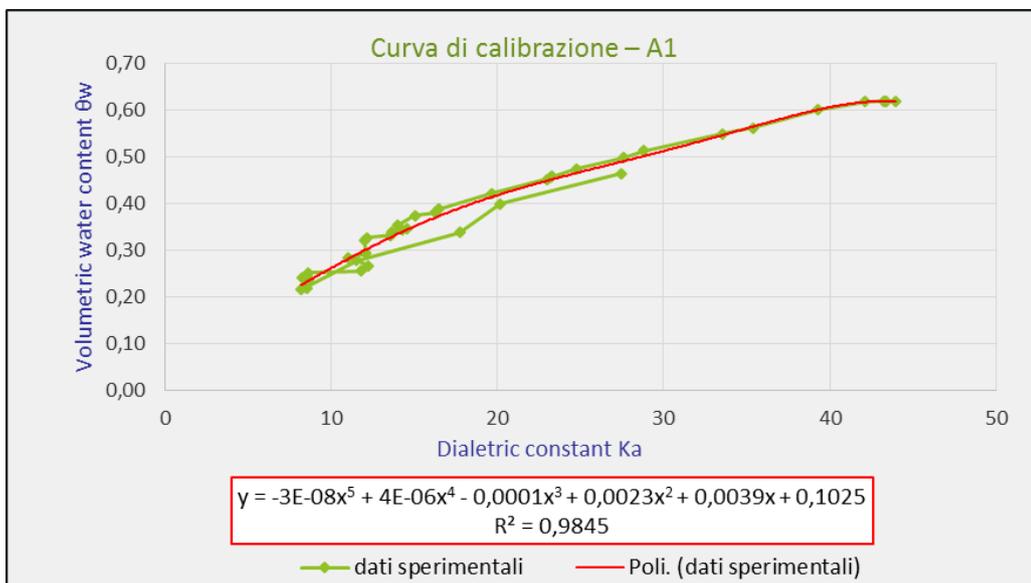


Figura 4 a) - Curva di calibrazione per il terreno A1

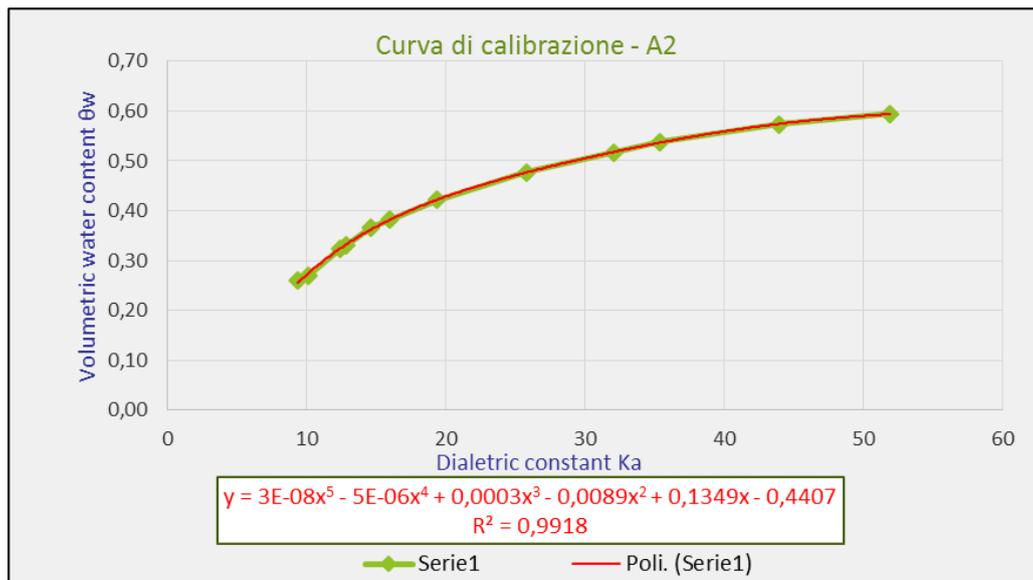


Figura 4 b) - Curva di calibrazione per il terreno A2

Quindi, utilizzando i coefficienti delle due curve, sono stati determinati due polinomi di quinto grado per il calcolo del contenuto d'acqua, per i terreni in esame:

$$\theta_{wA1} = -3 \cdot 10^{-8} \cdot K_a^5 + 4 \cdot 10^{-6} \cdot K_a^4 - 0,0001 \cdot K_a^3 + 0,0023 \cdot K_a^2 + 0,0039 \cdot K_a + 0,1025$$

$$\theta_{wA2} = -3 \cdot 10^{-8} \cdot K_a^5 + 5 \cdot 10^{-6} \cdot K_a^4 - 0,0003 \cdot K_a^3 + 0,0089 \cdot K_a^2 + 0,1349 \cdot K_a + 0,4407$$

Conclusioni

L'attività di monitoraggio rappresenta uno strumento indispensabile nella previsione delle colate rapide di fango caratterizzate da assenza di fenomeni precursori ed elevata propagazione sul versante. L'infiltrazione di acque meteoriche rappresenta il principale fattore innescante. Tuttavia occorre innanzitutto valutare le condizioni pregresse che regnano nel pendio, in quanto la misura di umidità nel sottosuolo prima dell'evento di pioggia critica risulta determinante nell'innescare del fenomeno. Le grandezze idrauliche che occorre monitorare sono il contenuto d'acqua e la suzione del terreno. Quest'ultima, in particolare, concorre ad aumentare la resistenza meccanica in quanto entra nel criterio di resistenza mediante il contributo (positivo) della coesione apparente. All'aumentare del contenuto d'acqua, all'interno del terreno, corrisponde una diminuzione di suzione che predispone il pendio al collasso.

Nel valutare le condizioni iniziali, occorre quindi predisporre adeguatamente gli strumenti affinché le misure ottenute risultino accurate e consentano di dare un giudizio sulle condizioni di sicurezza del versante.

Il lavoro svolto assume, pertanto, un ruolo di estrema importanza in quanto consente di eseguire correttamente misure delle grandezze idrauliche che regolano l'innescò delle colate rapide, nel sito sperimentale del Monte Faito, nell'ottica di previsione del rischio da frana.