

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II



FACOLTÀ DI INGEGNERIA

CORSO DI LAUREA IN

INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO

(CLASSE DELLE LAUREE IN INGEGNERIA CIVILE E AMBIENTALE – N. 8)

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA IDRAULICA, GEOTECNICA E AMBIENTALE

ELABORATO DI LAUREA

**UN MODELLO FISICO PER LO STUDIO
DELL'INFILTRAZIONE NEI PENDII**

**RELATORE
PROF. GIANFRANCO URCIUOLI**

**CANDIDATO
OLIVIERO MICHELE
518/000499**

**CORRELATORE
ING. RAFFAELE PAPA**

ANNO ACCADEMICO 2010/2011

INTRODUZIONE

L'obiettivo della tesi consiste nel valutare il ruscellamento superficiale, nonché l'infiltrazione, che si verifica su un pendio di materiale piroclastico al variare della pioggia.

In particolare è stato realizzato un modello fisico di pendio in scala ridotta, per il quale è facilmente possibile variare l'inclinazione, al cui interno è stata inserita un'opportuna strumentazione per la misura sia del contenuto d'acqua sia della suzione. A piano campagna sono stati disposti due micrometri per la misura del cedimento provocato dall'infiltrazione della pioggia e dall'addensamento del terreno.

Su tale modello è inoltre possibile misurare il ruscellamento superficiale ed il drenaggio alla base del provino.

Di seguito sarà illustrata la procedura di messa in opera del modello nonché saranno presentati i primi risultati ottenuti dalla suddetta sperimentazione.

SPERIMENTAZIONE DI LABORATORIO

La sperimentazione è stata suddivisa in più fasi ed in particolare :

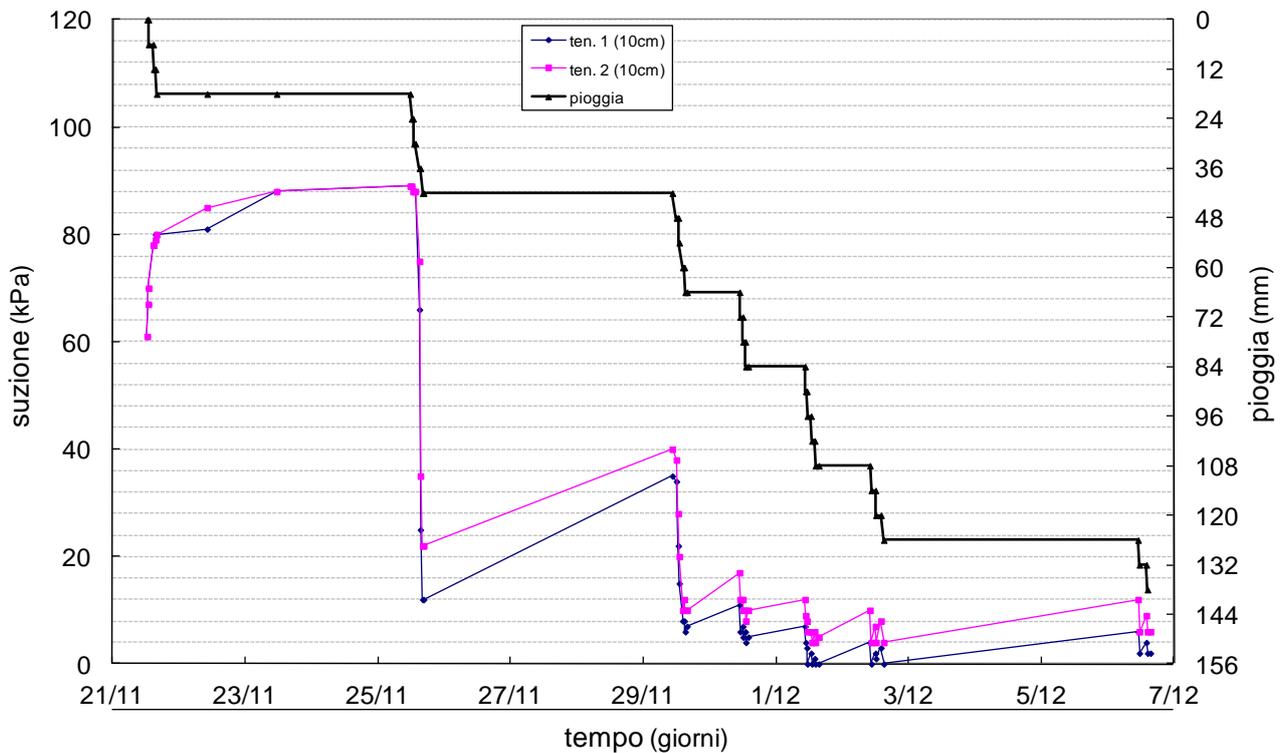
- 1) Realizzazione del modello fisico :
- 2) Preparazione del materiale scelto per la sperimentazione:
- 3) Installazione della strumentazione:
- 4) Scelta dell'inclinazione;
- 5) Esecuzione della prova;
- 6) Risultati della sperimentazione;

Risultati della sperimentazione

Tutti i risultati ottenuti dalla sperimentazione vengono riportati di seguito sotto forma di diagrammi. In particolare si riporta l'andamento della suzione nel tempo al variare delle piogge nonché la variazione di contenuto di acqua e del grado di saturazione sempre al variare delle piogge. Inoltre si riportano anche i primi risultati ottenuti dalla misura del ruscellamento e dalla misura dell'acqua drenata alla base.

Il primo diagramma in esame riporta il confronto tra i valori di suzione misurati ai tensiometri di valle (ten 1) e di monte (tens2), posti alla stessa profondità (10cm), al variare della pioggia nel tempo.

diagramma 1

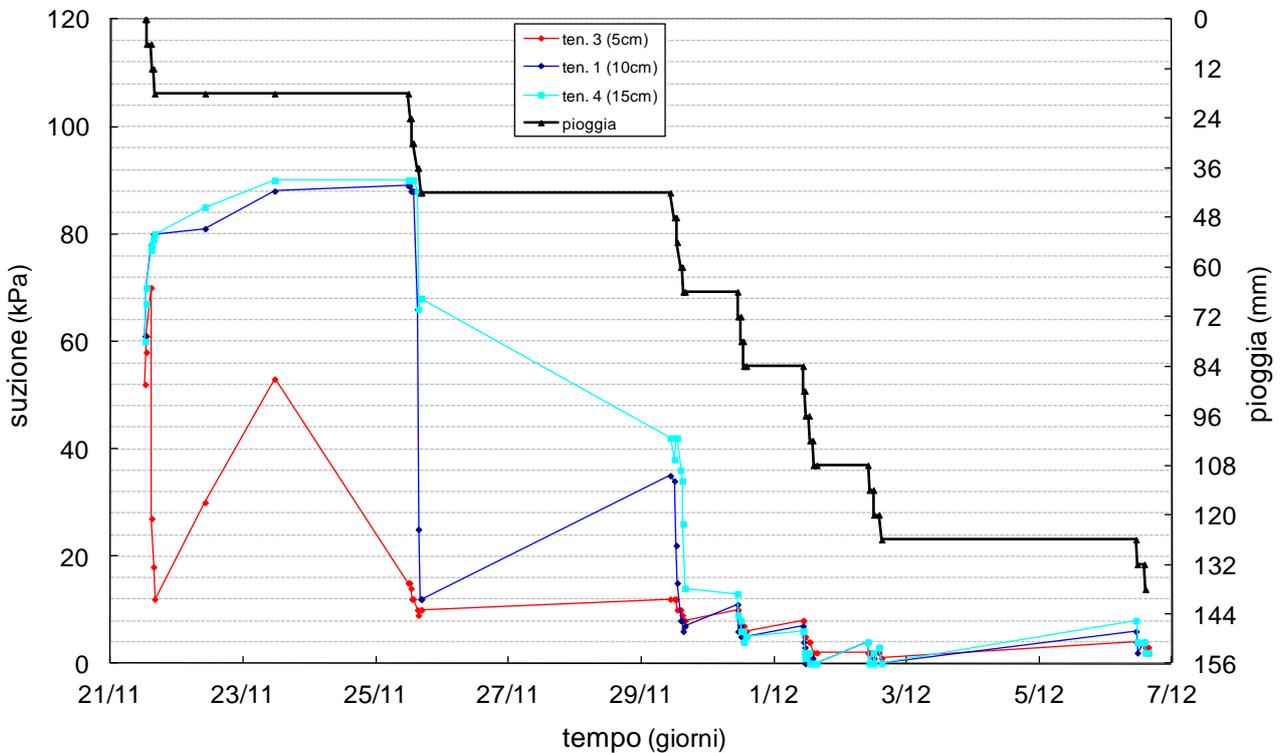


Nelle prime misure (fino al 25/11) i tensiometri erano ancora in fase di equalizzazione (andamento della suzione non veritiero). Successivamente, all'aumentare della pioggia si osserva una brusca riduzione della suzione fino al raggiungimento di valori nulli (inizio ruscellamento). Si nota inoltre come, durante la pausa prolungata, con assenza di pioggia, i valori di suzione ricominciano a crescere a causa del processo di evaporazione.

L'annullamento della suzione si è avuto dopo 108 mm di pioggia. Inoltre si evince che il tensiometro a valle ha valori di suzione sempre minori di quello di monte, a causa dell'inclinazione del modello che convoglia acqua verso il tensiometro 1.

Nel seguente diagramma si riportano invece i valori delle suzioni misurate ai tensiometri posti rispettivamente alla profondità di 5, 10 e 15 cm.

diagramma2



Il tensiometro più superficiale (ten.3) risente per primo delle piogge, e dopo soli 24 mm ha una repentina diminuzione del valore di suzione fino a 10 kPa, inoltre è anche il più veloce a risentire dell'evaporazione tra un giorno e l'altro, risalendo fino a 50 kPa (con un'escursione di 40 kPa).

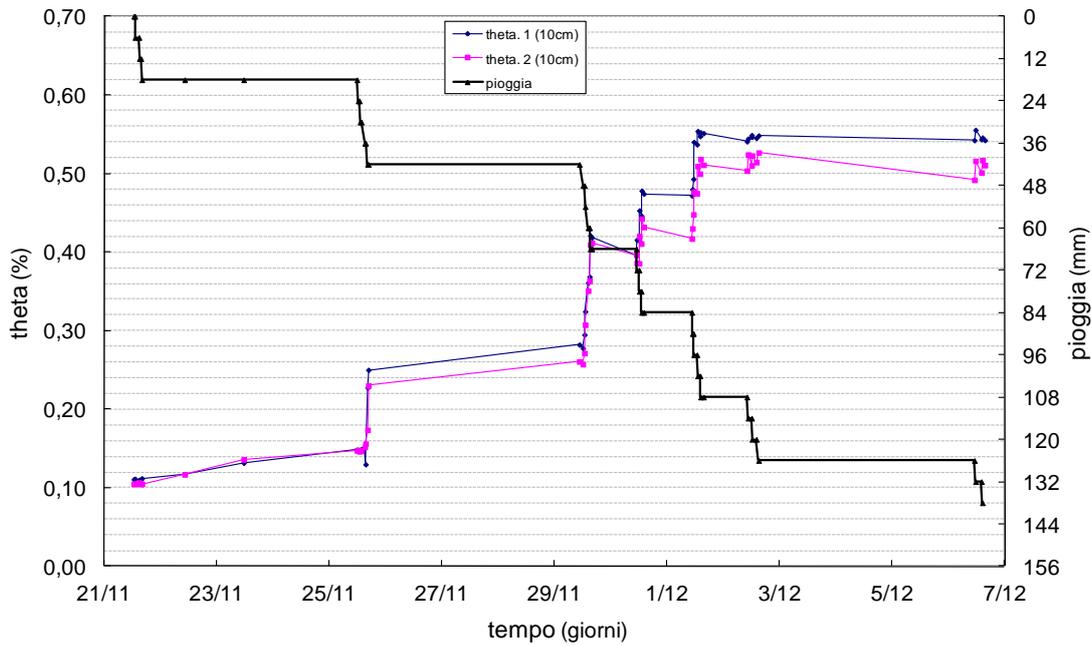
Il tensiometro più profondo (ten.4) è quello che per ultimo avverte la diminuzione di suzione. Da notare che nel giorno di pausa la suzione invece di aumentare per l'evaporazione continua a diminuire a causa del defluire dell'acqua dall'alto verso il basso, con conseguente apporto di acqua dagli strati di terreno superiori.

Il tensiometro 1 ha un comportamento intermedio fra quelli descritti in precedenza.

Da notare che tutti i tensiometri raggiungono lo 0 dopo 108 mm di pioggia, e che il tensiometro 4 registra una diminuzione di suzione tra una pioggia e l'altra, a causa del drenaggio.

Nel diagramma che segue si riporta il contenuto d'acqua volumetrico Θ (ottenuto dalle sonde TDR) al variare della pioggia nel tempo.

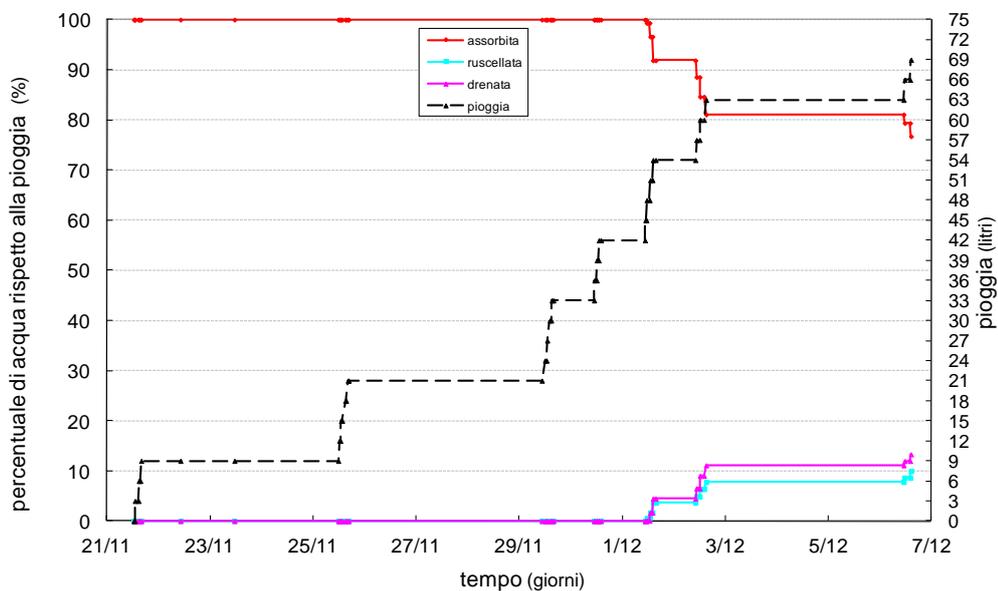
diagramma 3



Si nota che Θ aumenta all'aumentare della pioggia in modo coerente con la diminuzione di suzione riscontrata alla stessa profondità. Da notare che la sonda di valle (tdr1) misura valori di Θ maggiori di quella di monte (tdr2), questo sempre a causa dell'inclinazione del pendio che fa muovere l'acqua verso valle.

A questo punto si esamina quanto in percentuale di acqua di pioggia caduta si divide in: ASSORBITA, RUSCELLATA e DRENATA.

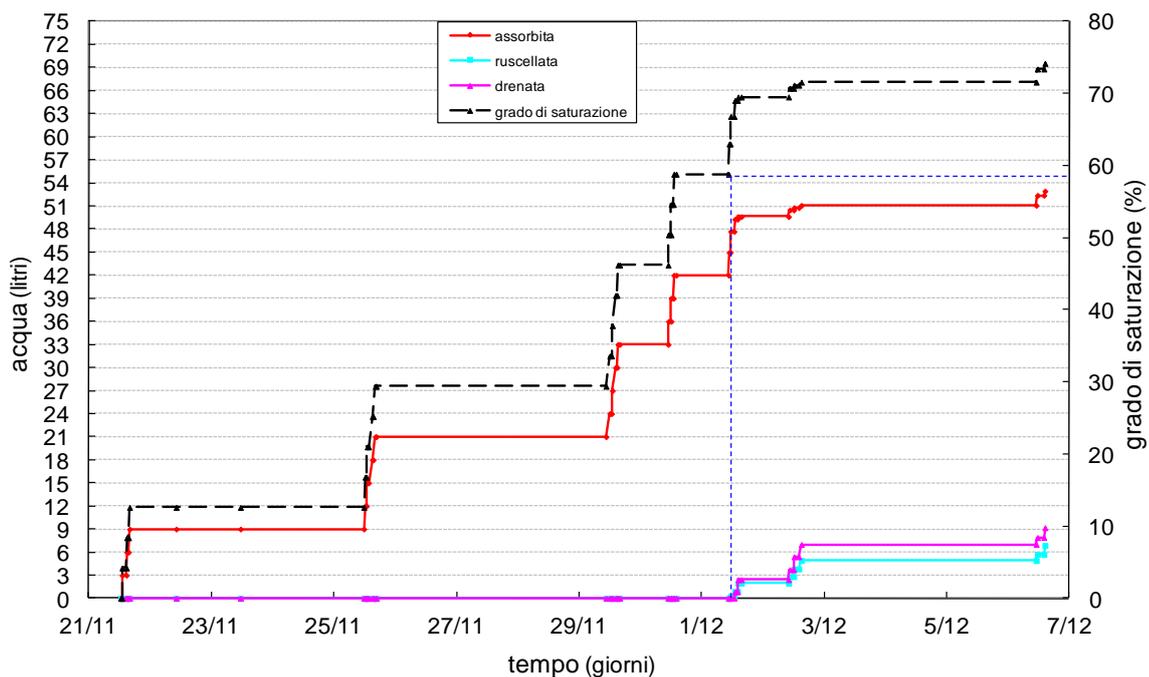
diagramma4



Vediamo che fino ai circa 60 litri di pioggia immessi (giorno 1/12) si verifica il 100% di assorbimento, in quanto il pendio è stato ricostruito con terreno essiccato in stufa. Solo dopo questo valore inizia ad aversi il ruscellamento con un modesto drenaggio. Successivamente, all'aumentare delle piogge si ha un progressivo aumento sia del ruscellamento che del drenaggio, i quali diventano sempre più significativi, al punto tale da superare il quantitativo di acqua che si infiltra. Questo è dovuto al fatto che il terreno non riesce più ad assorbire acqua perché lo strato superficiale si è saturato mentre lo strato inferiore si conserva ancora parzialmente saturo e funge da barriera all'infiltrazione di acqua che, pertanto, ruscella. Solo quando anche lo strato inferiore si satura si osserva il drenaggio che, infatti, risulta sfalsato nel tempo rispetto al ruscellamento superficiale.

Nel diagramma 5 vediamo come variano assorbimento, ruscellamento e drenaggio in base al grado di saturazione S_r .

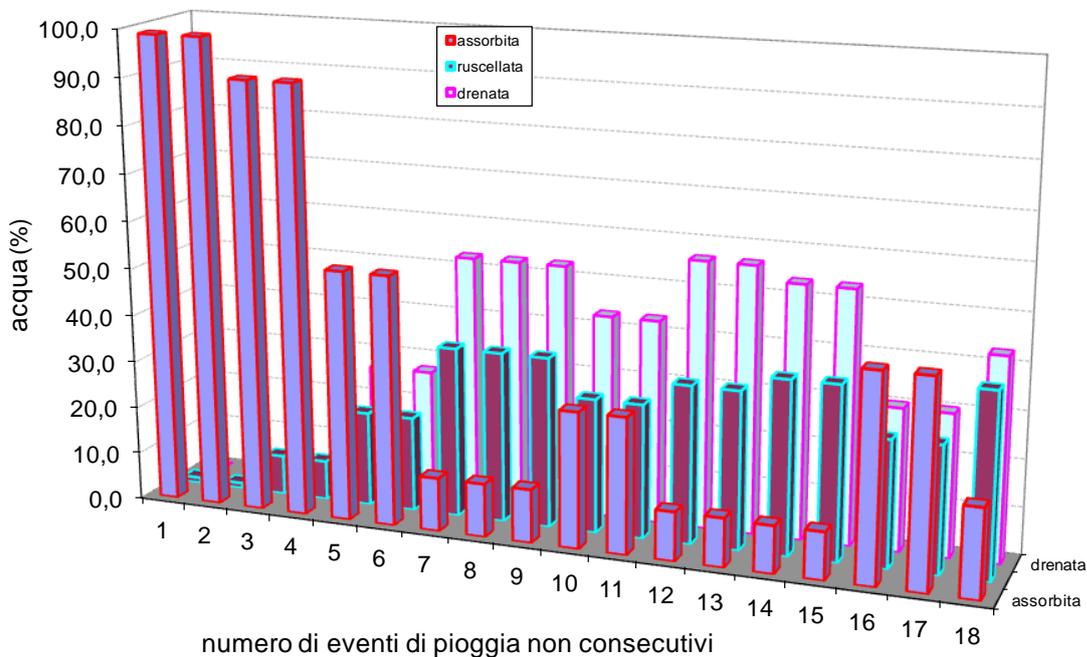
diagramma5



Notiamo che con un S_r intorno al 50% iniziano i fenomeni di ruscellamento e infiltrazione, per i motivi descritti in precedenza.

Nell' ultimo diagramma ad istogrammi si rappresentano gli effetti degli ultimi 18 eventi di pioggia non consecutivi in termini di % di acqua assorbita, ruscellata e drenata.

diagramma6



Dall'analisi del diagramma si nota quanto detto in precedenza ed in particolare che, al variare della pioggia cresce sempre più l'aliquota di acqua ruscellata e drenata rispetto all'acqua infiltrata in quanto il terreno, anche se non perfettamente saturo, non riesce più ad assorbire il quantitativo di acqua che viene fornito sotto forma di pioggia. In particolare, nei primi 4 eventi abbiamo 90% assorbita e 10 % ruscellata, senza drenaggio. Dopo l'ottavo evento abbiamo che più della metà dell'acqua immessa viene drenata, la restante ruscella con solo 10% di assorbimento, con un progressivo incremento della % drenata all'aumentare della pioggia. Da notare che gli eventi 16-17, effettuati quattro giorni dopo rispetto agli eventi 13-14-15, sono affetti dall'evaporazione avuta in quei giorni di pausa, nel senso che cambiano momentaneamente le grandezze idrauliche del terreno. Infatti, come verificatosi nella fase iniziale, la maggior parte dell'acqua viene assorbita con un modesto valore sia di acqua drenata che ruscellata. Dopo questi due eventi il terreno riprende la configurazione saturo riportandosi alle condizioni avute per gli eventi 7,8 e 9 con la maggior parte d'acqua che viene drenata insieme ad una quantità significativa di acqua ruscellata.

CONCLUSIONI

La sperimentazione eseguita ha consentito di testare un nuovo modello fisico di pendio in terreni piroclastici. In particolare è stato realizzato un modello in scala ridotta con un notevole numero di strumenti al suo interno attraverso i quali è stato possibile conoscere le condizioni iniziali e finali del pendio durante un evento meteorico. Le grandezze misurate sono state il contenuto d'acqua volumetrico e la suzione.

Lo scopo della sperimentazione era anche quello di misurare il ruscellamento superficiale, l'infiltrazione ed il drenaggio, al variare dell'inclinazione del pendio, valutandone anche gli effetti in termini di collasso. A tale scopo le varie prove eseguite hanno fornito risultati molto incoraggianti dai quali sarà possibile studiare, in futuro, gli effetti per assegnate sequenze di pioggia ed assegnate inclinazioni. In tal modo si potranno dimensionare interventi superficiali capaci di ridurre gli effetti dannosi delle piogge. Infatti, è ben noto che gli eventi meteorici sono i responsabili delle frane di colata rapida in terreni piroclastici in quanto l'infiltrazione riduce la resistenza del materiale e ne induce la rottura. Pertanto, eventuali interventi superficiali capaci di ridurre tali effetti non potranno che essere benefici.

Nello specifico della sperimentazione si è osservato che il fenomeno del ruscellamento inizia per S_r (grado di saturazione) $> 50-55\%$ e con suzioni $< 5\text{KPa}$.

La quantità d'acqua che si infiltra diminuisce all'aumentare del grado di saturazione (di conseguenza aumenta quella che ruscella).

Queste informazioni sono fondamentali per la valutazione :

Degli effetti della pioggia sulla stabilità (legata all'infiltrazione).

Degli effetti della pioggia sulle portate di piena nel reticolo di drenaggio (torrenti) dovuti al ruscellamento.