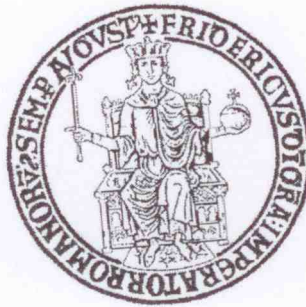


**Università degli studi di Napoli Federico II**

**Scuola Politecnica e delle Scienze di base**

*Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale*



**TESI DI LAUREA:**

**SPERIMENTAZIONE IN MODELLO FISICO SULL'INNESCO DI  
FRANE DI COLATA RAPIDA**

*Relatore:*

*Ch.mo Prof. G. Urciuoli*

*Correlatore:*

*Dott. Ing. R. Papa*

*Candidata:*

*Alessia Cardaropoli*

**MATR. N49/2**

Anno accademico 2013-2014

## *Obiettivo della presentazione*

Analisi del comportamento idraulico e meccanico di un pendio parzialmente saturo ricostruito in laboratorio



Effetti di eventi di pioggia particolarmente intensi responsabili dell'innescò di fenomeni di colata rapida sui versanti naturali



Inquadramento della regione Campania rispetto alle zone ad alto rischio di dissesto idrogeologico

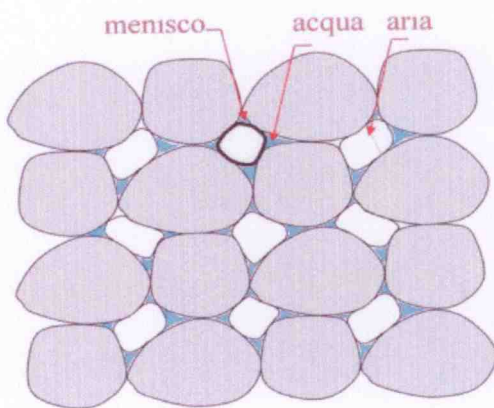
## *Contenuti della presentazione*

- 1) I terreni parzialmente saturi
- 2) Le colate di fango
- 3) Il modello sperimentale e gli strumenti di misura
- 4) Prove in laboratorio
- 5) Conclusioni

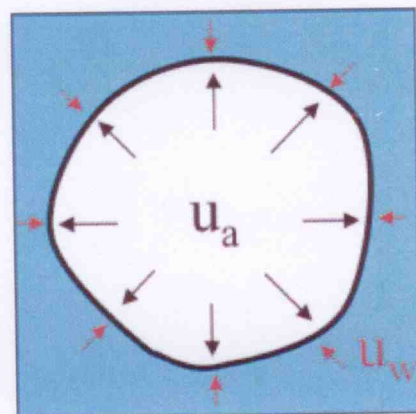
## *I terreni parzialmente saturi*

- ❖ Mezzi trifase costituiti da fase solida, liquida e gassosa ( particelle di terreno, acqua e aria).
- ❖ La differenza di pressione tra l'aria e l'acqua è detta suzione di matrice →  $u_a - u_w = s$

- ❖ I due mezzi sono separati da sottili membrane chiamate menischi, costituite da molecole d'acqua, in grado di sopportare sforzi di trazione; ciò consente l'instaurarsi di tale differenza di pressione.



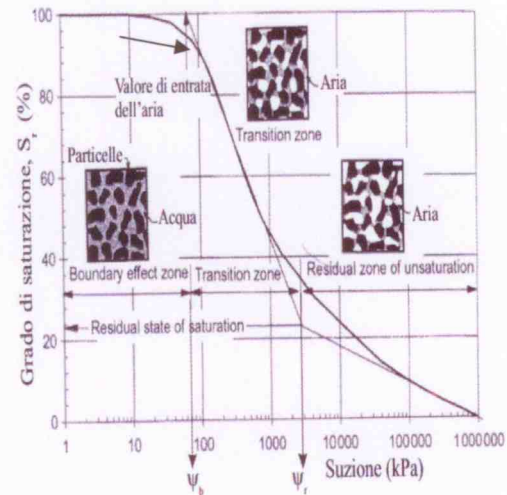
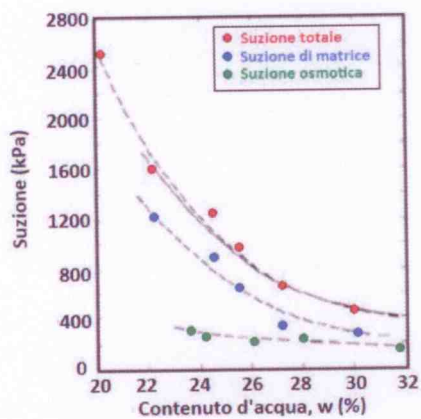
rappresentazione dei menischi



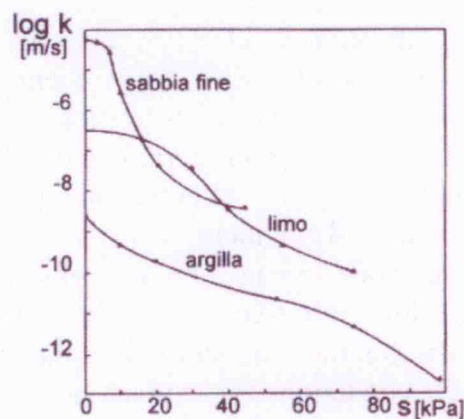
pressione all'interno dei menischi

## I terreni parzialmente saturi

- ❖ L'esperienza mostra che, nei terreni parzialmente saturi, ad una variazione del contenuto d'acqua corrisponde una variazione della suzione in un rapporto di inversa proporzionalità



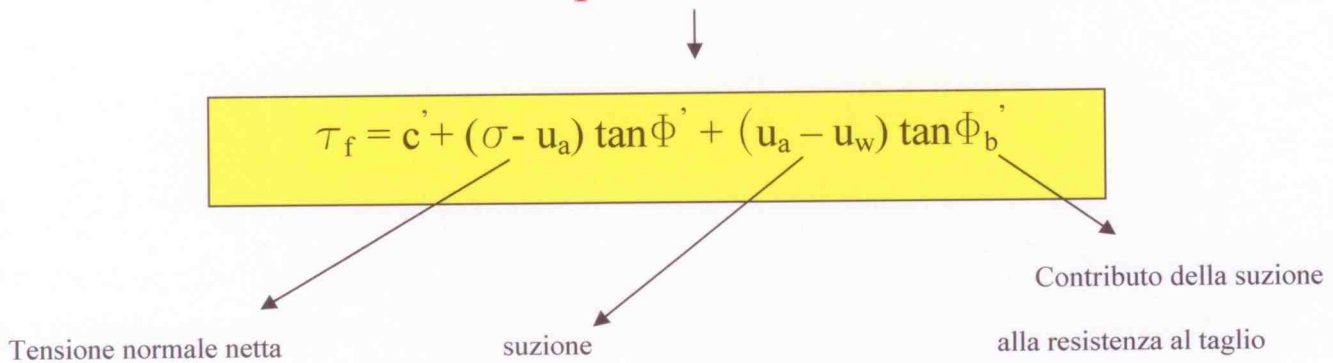
- ❖ La permeabilità del mezzo è legata in primis al contenuto d'acqua ed in subordine alla porosità, in quanto il liquido non occupa tutto il volume disponibile dei pori. All'aumentare della suzione, diminuisce il contenuto d'acqua e con esso il valore della permeabilità.



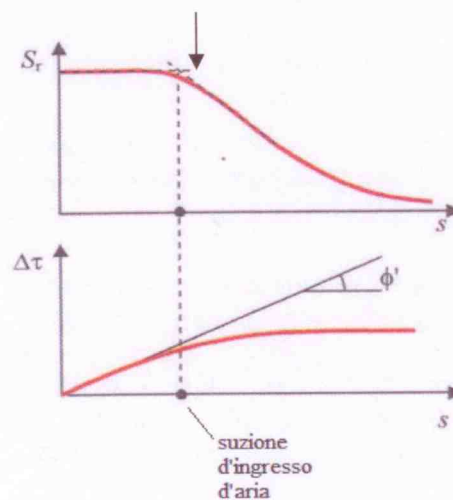
## *I terreni parzialmente saturi*

- ❖ La presenza di acqua sottoforma di menischi capillari produce un aumento degli sforzi normali al contatto tra le particelle, tanto più grande quanto maggiore è la suzione. Ciò comporta un incremento di resistenza a taglio.

### Estensione del criterio di rottura di Mohr-Coulomb ai terreni parzialmente saturi



### Andamento della resistenza a taglio in funzione della suzione.



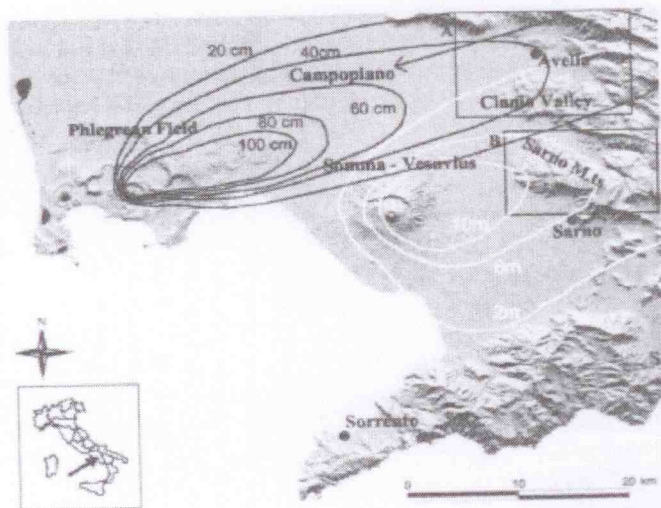
## *Le colate di fango*

- ❖ Movimenti di versante, che esibiscono un comportamento simile a quello dei fluidi viscosi, a causa di deformazioni interne alla massa in movimento, che risultano predominanti rispetto ad eventuali scorrimenti lungo superfici di taglio.
- ❖ Complessi fenomeni di liquefazione e fluidificazione hanno origine già nella zona di distacco del corpo di frana.
- ❖ Sono particolarmente propensi a questo tipo di dissesto i terreni granulari relativamente fini, sottoposti a eventi di pioggia molto intensi.

↓

Depositi piroclastici dell'attività vulcanica del Somma- Vesuvio

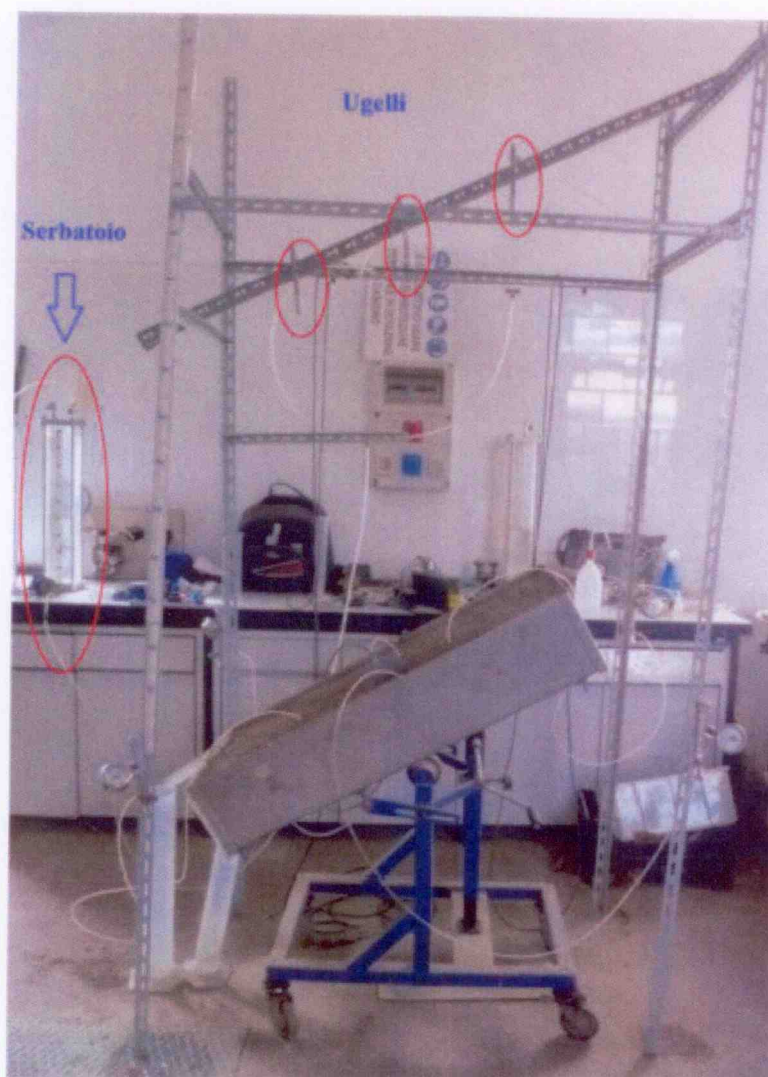
↓



isopache indicative dei depositi piroclastici

## *Il modello sperimentale e gli strumenti di misura*

- ❖ Il modello consiste in un campione di terreno sabbio-limoso di origine piroclastica, posto all'interno di un cassone opportunamente inclinato, che sottoposto a cicli di pioggia artificiale, simula il comportamento di un pendio parzialmente saturo.



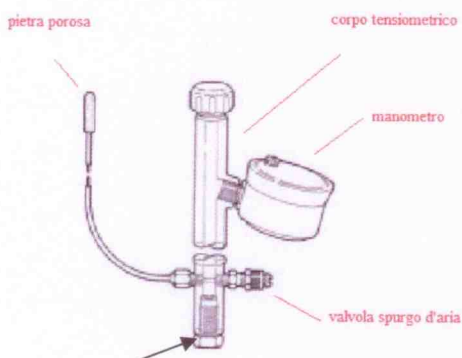


## *Il modello sperimentale e gli strumenti di misura*

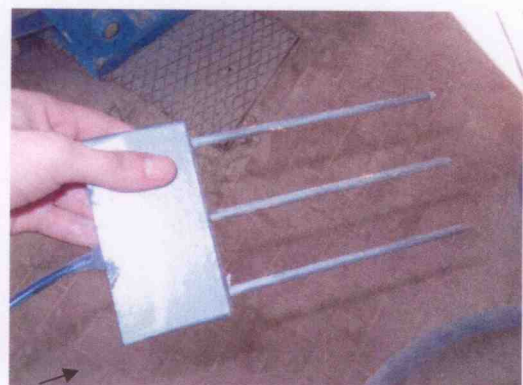
- ❖ Ruscellamento e drenaggio → becker graduati
- ❖ Suzione → tensiometri
- ❖ Contenuto d'acqua → sonde TDR

**Sonda TDR:** strumento che permette di stimare indirettamente il contenuto d'acqua di un terreno a partire dalla permittività dielettrica relativa ( $\epsilon_r$ ) dello stesso. L'onda elettromagnetica creata da un generatore si propaga all'interno del terreno con una velocità inversamente proporzionale alla radice quadrata di  $\epsilon_r$

**Tensiometro:** strumento dotato di una punta di ceramica ad elevato valore di ingresso d'aria (quando satura d'acqua) ed un dispositivo per la misura della pressione regnante in una riserva d'acqua contenuta in un tubo piezometrico chiuso superiormente. La punta ceramica viene posta a contatto col terreno e consente la determinazione della pressione dell'acqua di porosità per effetto del raggiungimento della condizione di equilibrio tra la quota piezometrica nella riserva e quella dell'acqua di porosità.



Tensiometro



Sonda TDR

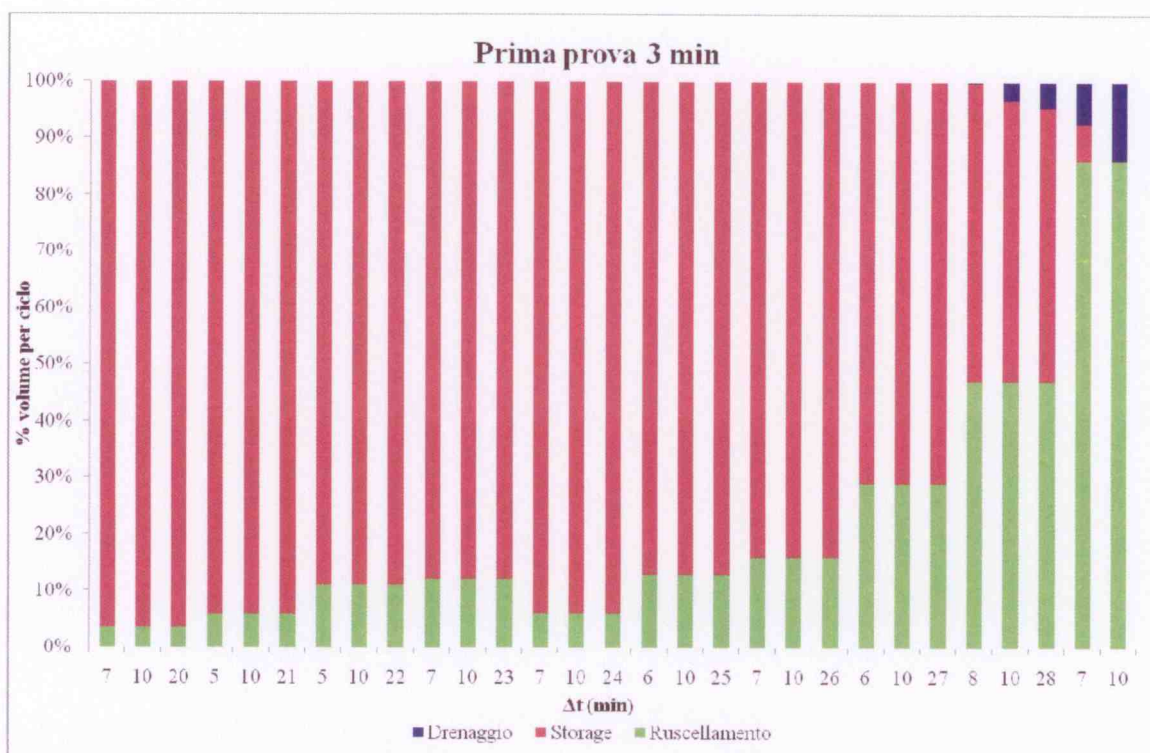
## *Prove in laboratorio*

E' stata eseguita la seguente procedura:

1. misure di suzione ai tensiometri, permittività dielettrica dalle sonde TDR, ruscellamento e drenaggio dai becker e volume di inizio prova dal serbatoio, segnando l'ora in cui è stata effettuata la misura
2. apertura dei rubinetti degli ugelli nebulizzatori
3. rubinetti aperti per 3 minuti; al termine chiusura dei rubinetti con la stessa sequenza d'apertura
4. finita la pioggia esecuzione di misure di suzione, permittività dielettrica, ruscellamento, drenaggio; svuotamento dei becker e misura del volume d'acqua nel serbatoio a fine prova , segnando l'orario in cui le misure sono state prese
5. 10 minuti dopo la chiusura dei rubinetti ripetizione del passo 4
6. ripetizione dell'intera procedura 30 minuti dopo la fine della pioggia

La procedura viene ripetuta per un numero di cicli necessario al verificarsi della colata.

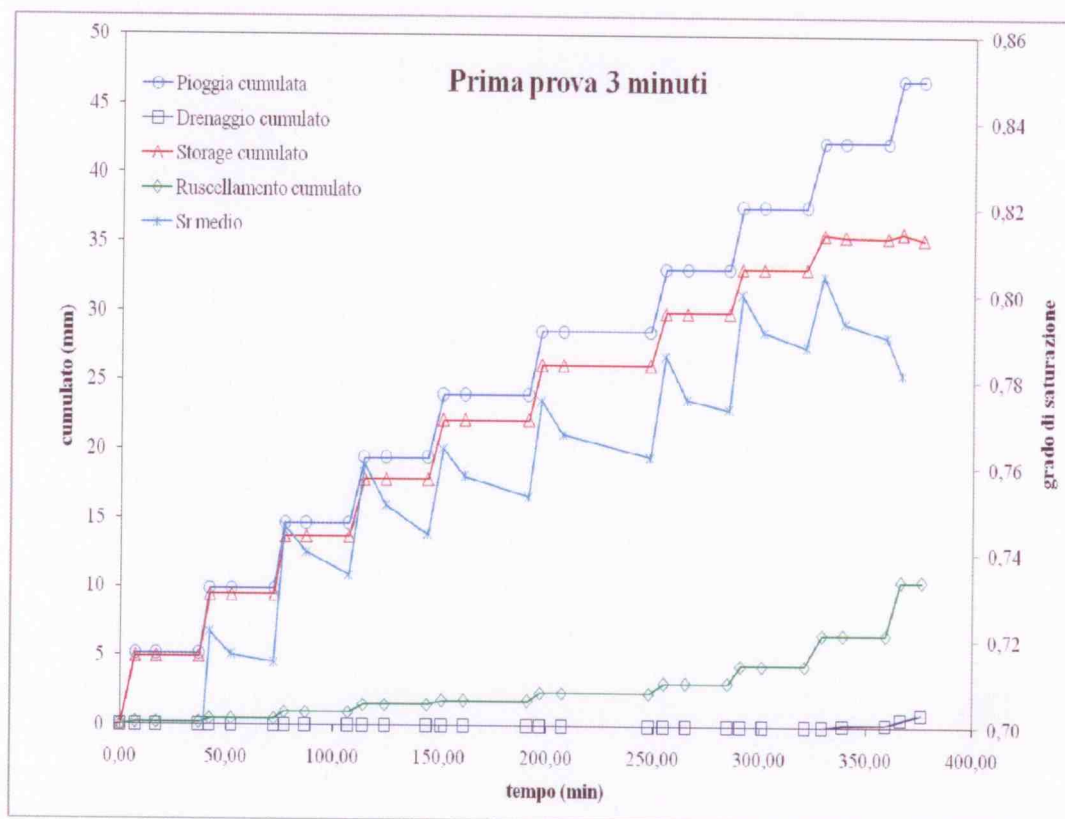
## Prove in laboratorio



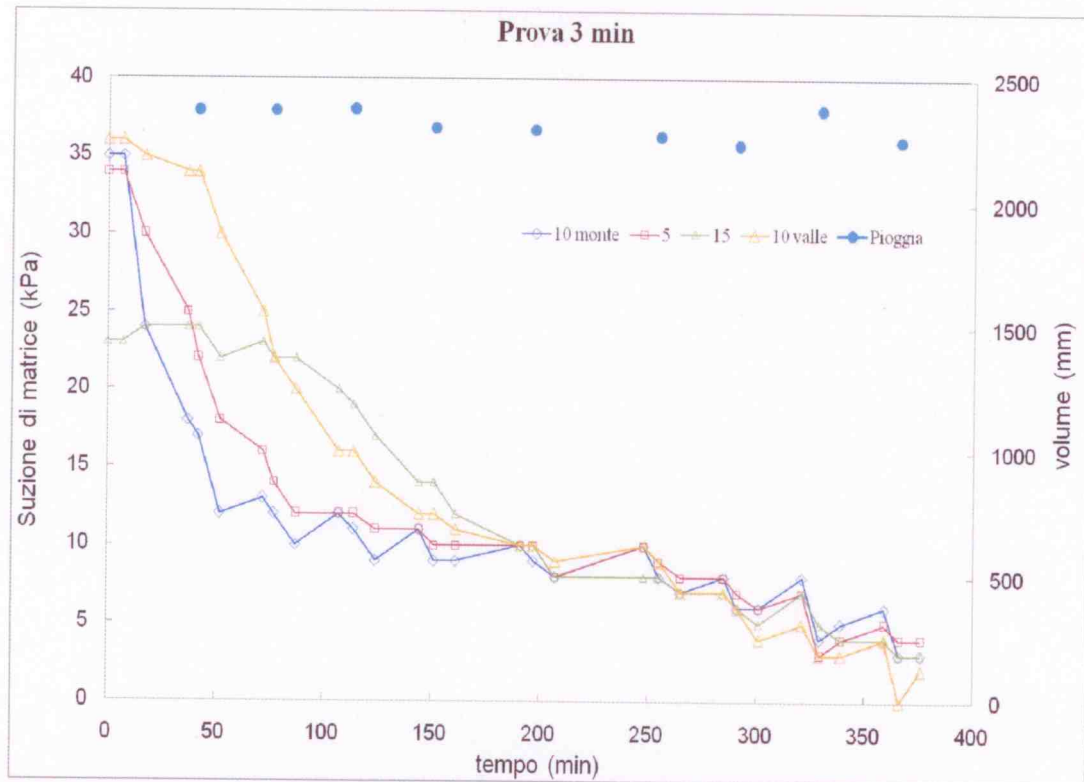
- ❖ L'aliquota di ruscellamento tende ad aumentare ad ogni ciclo a discapito dell'immagazzinamento di acqua. Solo nel ciclo numero 5 si osserva una riduzione del ruscellamento, dovuta ad una breve interruzione della prova, che ha comportato una lieve evaporazione.

## Prove in laboratorio

❖ Per poter confrontare meglio le varie aliquote si riporta in seguito un confronto tra i valori cumulati di pioggia, drenaggio, immagazzinamento, ruscellamento e grado di saturazione.

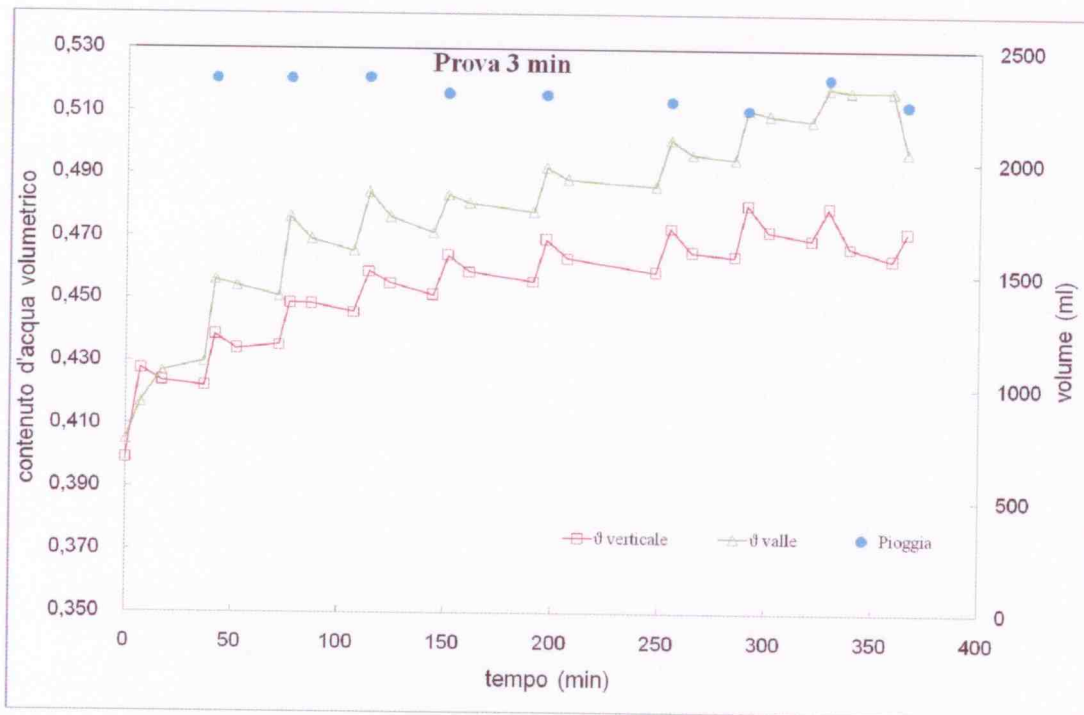


## Prove in laboratorio



❖ La suzione risulta essere tanto maggiore quanto minore è il contenuto d'acqua; dunque bisogna aspettarsi dei valori oscillanti tra i diversi cicli di pioggia, come i risultati sperimentali confermano.

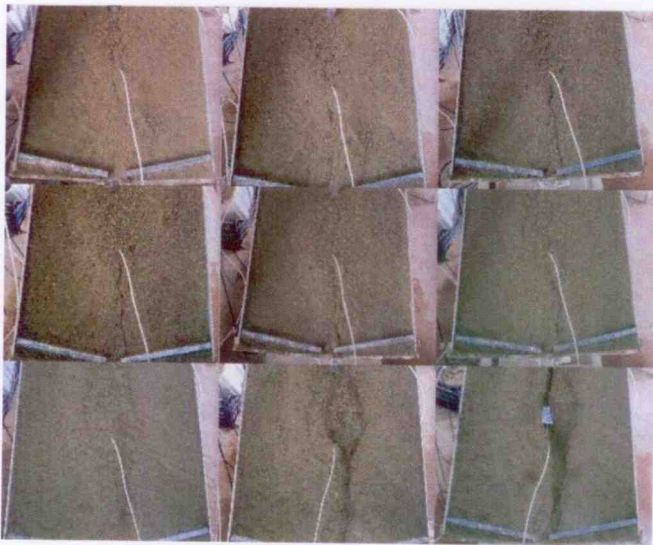
## Prove in laboratorio



- ❖ Negli ultimi due passi parte dell'acqua infiltratasi inizialmente comincia a fuoriuscire dal terreno ed infatti il contenuto d'acqua si riduce a discapito del drenaggio, che inizia a comparire soltanto nelle ultime prove.

## *Prove in laboratorio*

Dopo i primi 4 eventi di pioggia si nota che è stato asportato solo il materiale più superficiale, a causa dell'azione erosiva del ruscellamento; soltanto al termine del sesto ciclo si può notare la formazione di una superficie di scorrimento preferenziale e l'inizio di un piccolo drenaggio in concomitanza con l'aumento del ruscellamento e della sua attività erosiva. Soltanto nell'ultimo ciclo in corrispondenza di un grado di saturazione abbastanza elevato (circa 80%) ed un ruscellamento del 80%, si verifica la colata.



## *Conclusioni*

- ❖ La simulazione dell'evento meteorico ha permesso di rilevare visibilmente il fenomeno di colata, dimostrando come l'incremento del grado di saturazione di un terreno inizialmente non saturo, provochi una diminuzione della suzione e di conseguenza della resistenza al taglio, che provoca la rottura.