

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI “FEDERICO II”



Scuola Politecnica e delle Scienze di Base
Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale

CORSO DI LAUREA IN

INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO

(Classe delle Lauree in Ingegneria Civile ed Ambientale, Classe N.L-7)

SINTESI DELL' ELABORATO DI LAUREA TRIENNALE

Interpretazione di prove su modello fisico per lo studio delle colate di fango

Relatore

Ch.mo Prof. Gianfranco Urciuoli

Correlatore

Dott. Ing. Marianna Pirone

Candidato

Marco Durante

Matricola

N49/000392

ANNO ACCADEMICO
2013/2014

OBIETTIVO

Calibrazione e validazione di un modello capace di prevedere gli effetti delle piogge critiche su pendii con copertura piroclastica in condizioni di parziale saturazione.



METODO

Utilizzo del software agli elementi finiti SEEP/W per simulare prove sperimentali svolte precedentemente su un modello fisico costituito dai terreni superficiali del sito sperimentale di Monteforte Irpino (AV) disponibile nel laboratorio del Dipartimento di Ingegneria Civile Edile ed Ambientale

In particolare nell'ambito di questo elaborato l'obiettivo è stato:

- Calibrare le analisi sulla base delle prove di laboratorio a disposizione (curve di ritenzione e permeabilità);
- Analizzare la corretta condizione da assegnare al bordo inferiore per riprodurre i drenaggi misurati durante la prova;

INDICE

1. Le colate di fango

2. I terreni parzialmente saturi

3. Modello fisico

4. Analisi numeriche

5. Conclusioni

1. LE COLATE DI FANGO

Caratteristiche:

- Assenza di una superficie di taglio
- Elevate velocità
- Il terreno assume le caratteristiche di un fluido viscoso



Causa:

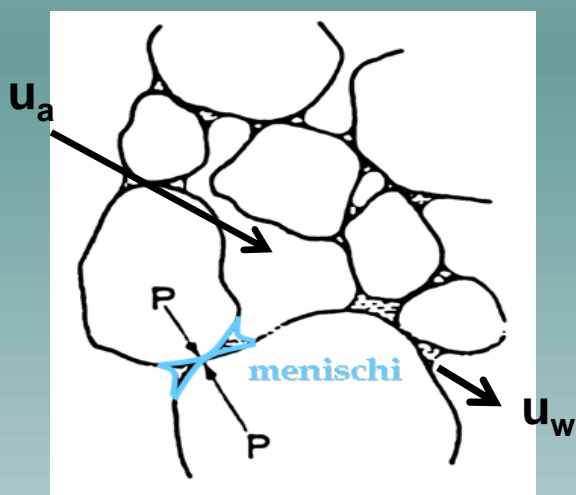


2. I TERRENI PARZIALMENTE SATURI

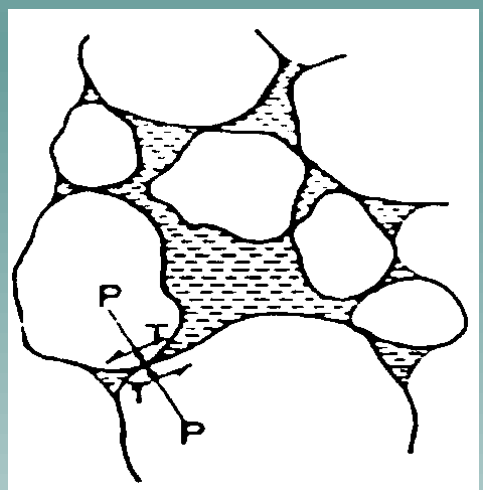
MEZZO TRIFASE



Terreno parzialmente saturo

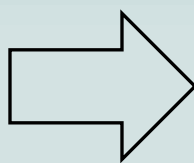


Terreno saturo



$$S = U_a - U_w$$

Fenomeni legati alla suzione:



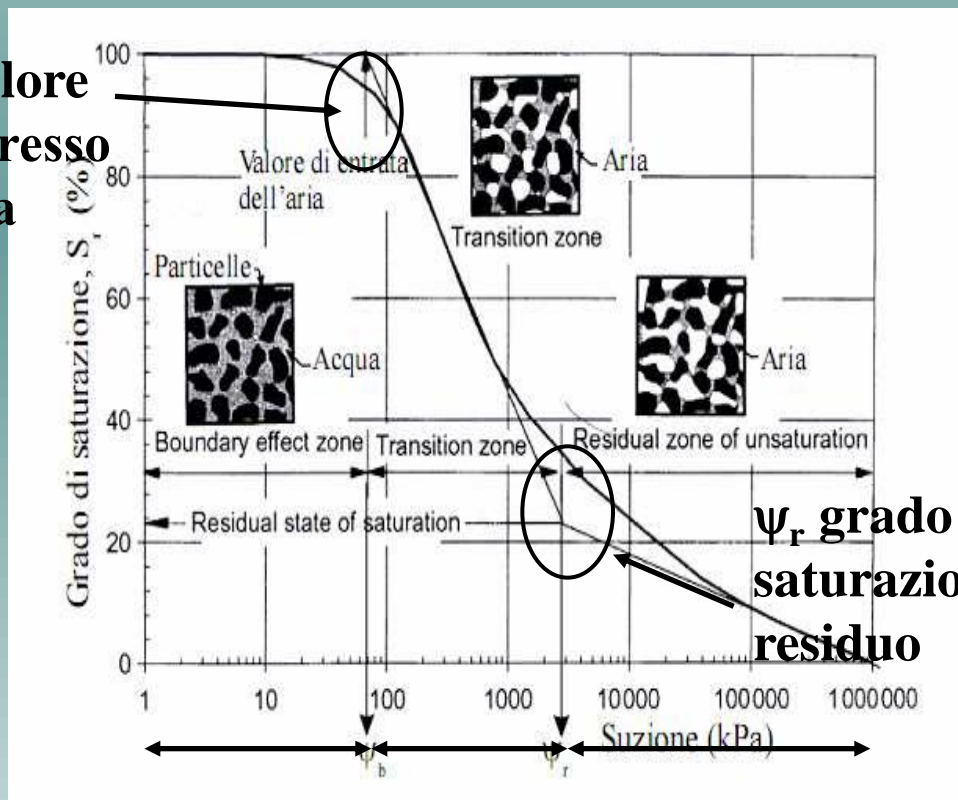
1. Aumento della resistenza a taglio
2. Incremento degli sforzi normali fra le particelle
3. Riduzione della possibilità di scorrimento

2. I TERRENI PARZIALMENTE SATURI

CURVA DI RITENZIONE IDRICA:

Definisce la relazione fra la suzione di matrice e la quantità di acqua presente nel terreno

ψ_b valore d'ingresso d'aria



ψ_r grado di saturazione residuo

Zona di saturazione Zona di transizione Zona residua di non saturazione

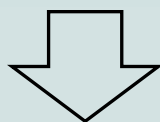
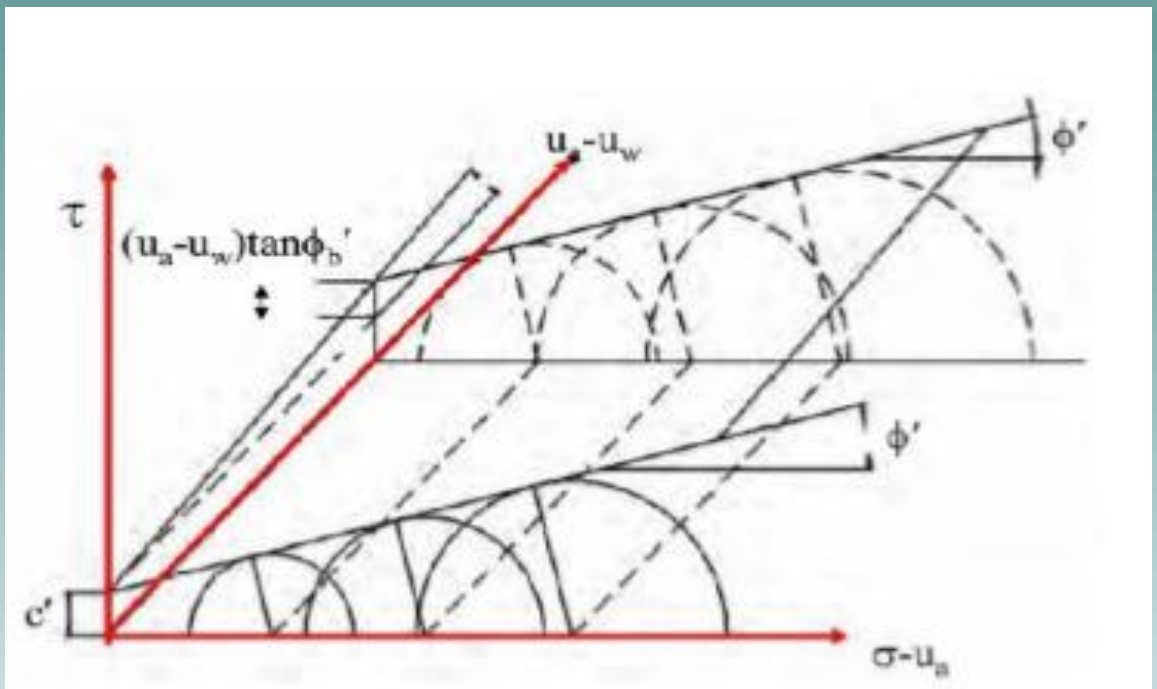
2. I TERRENI PARZIALMENTE SATURI

TENSIONE EFFICACE
(BISHOP,1959)



$$\sigma'_{ij} = (\sigma_{ij} - u_a) + X(u_a - u_w)$$

RESISTENZA A TAGLIO
(FREDLUND,1990)



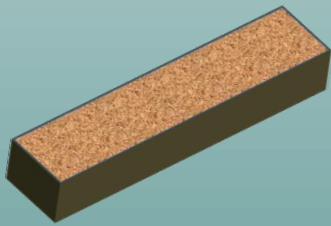
$$\tau = c' + (\sigma - u_a) \tan \phi' + (u_a - u_w) \tan \phi'_b$$

3. MODELLO FISICO

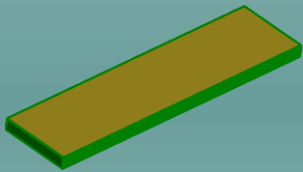
Composizione:

Dimensioni:

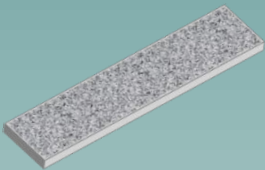
1m x 0,2m x 0,5m



Piroclastiti di Monteforte Irpino



Geotessile




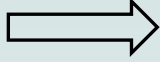


Ghiaia



Misure:

Strumenti:

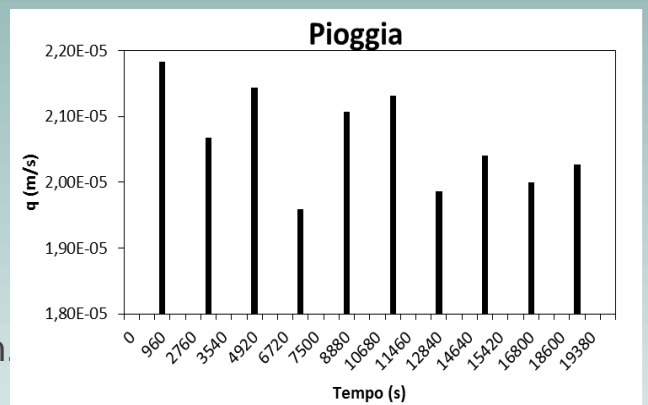
- Suzione  Tensiometri small tip
- Contenuto d'acqua  Sonda TDR
- Ruscellamento e drenaggio  Becker graduati
- Volume d'acqua precipitato  Serbatoio graduato

3. MODELLO FISICO

Esecuzione di una prova tipo

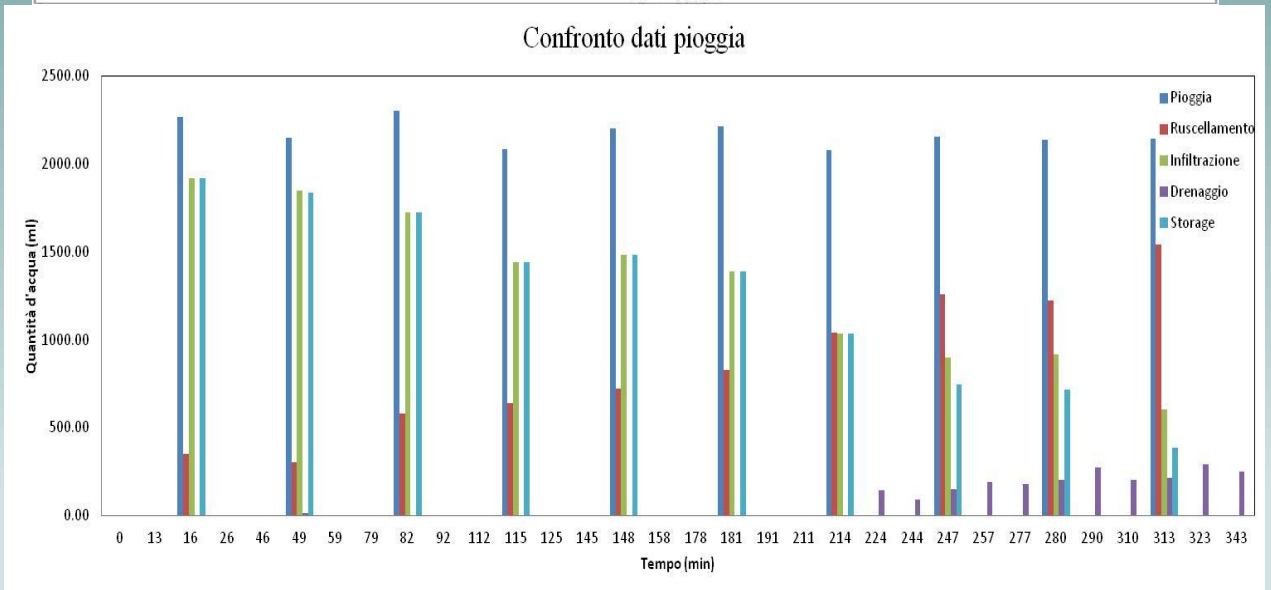
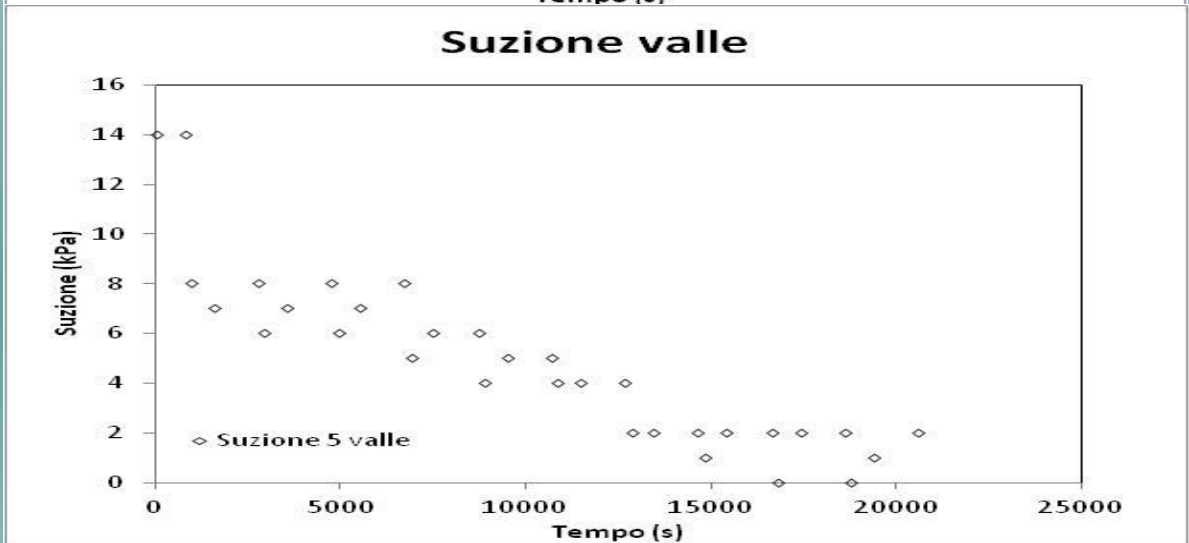
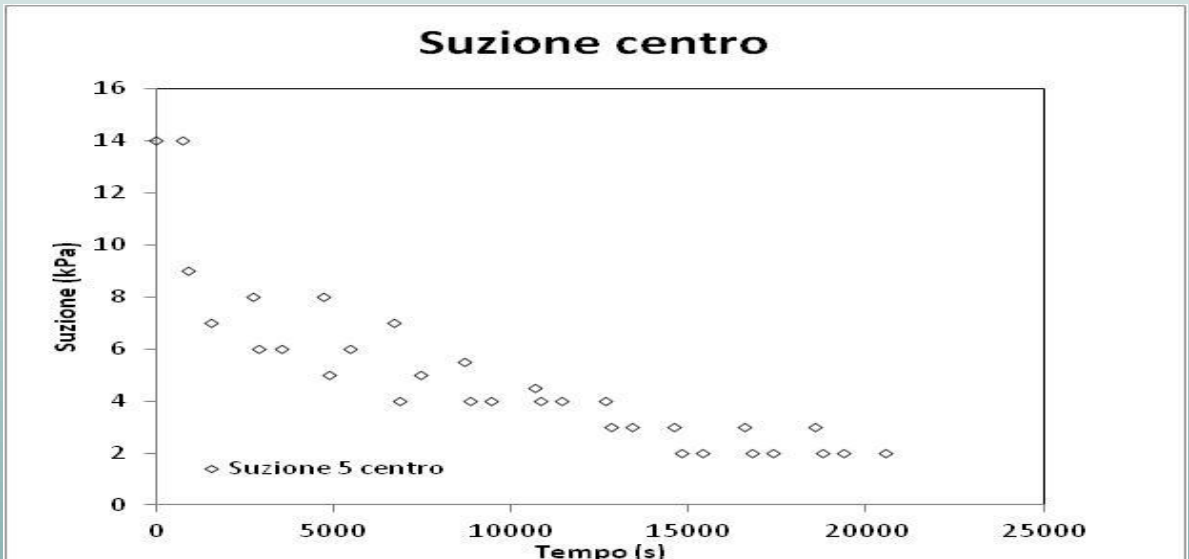


Durata della pioggia: 3 minuti
Volume precipitato: ~ 2,7 litri
Volume caduto sul pendio: ~ 2,3 litri
Intensità media: 78 mm/h
Intervallo tra eventi di pioggia: 30 min.



Con tale intensità di pioggia sono in genere necessari 10 cicli per l'innescò della colata

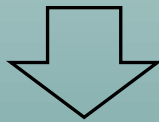
3. MODELLO FISICO



Si noti come il ruscellamento aumenta con il passare del tempo a sfavore dell'infiltrazione che diminuisce. Il drenaggio viene misurato dopo un certo periodo di tempo

4. ANALISI NUMERICA

Le analisi sono state svolte con il software SEEP/W del pacchetto GEOSTUDIO capace di riprodurre la circolazione delle acque in terreni parzialmente saturi



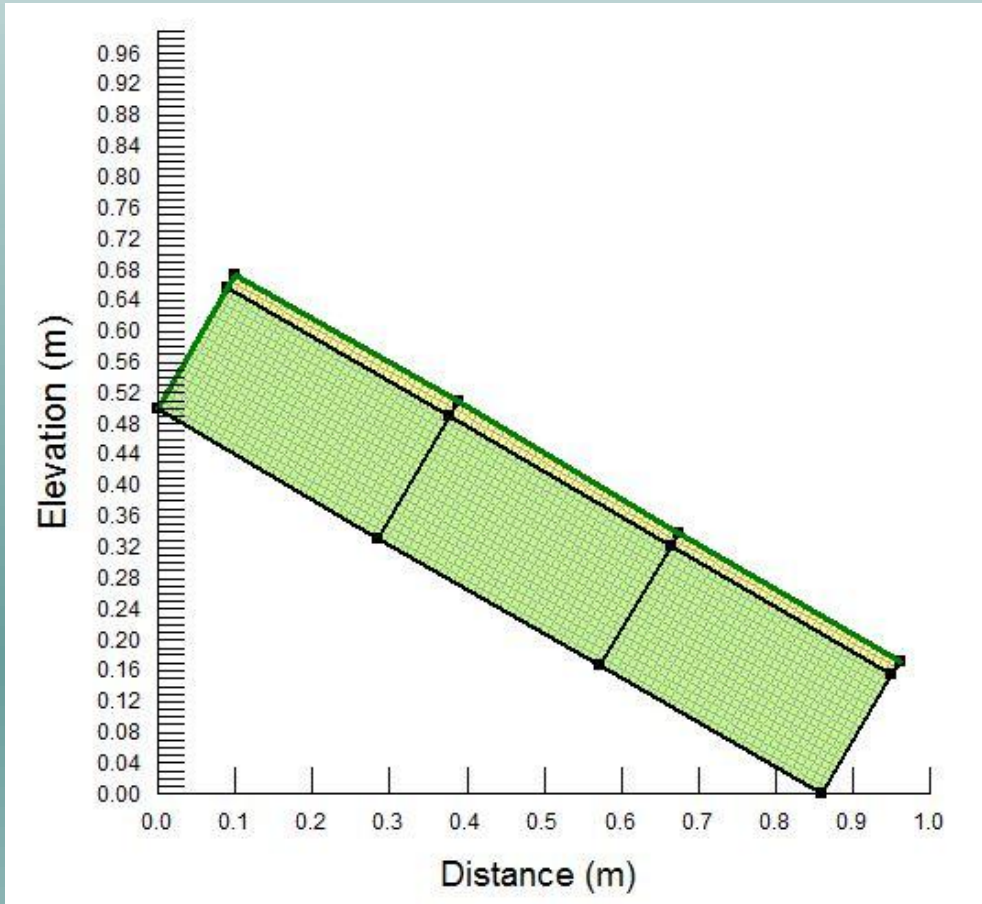
- **Discretizzazione del dominio (generazione della mesh)**
- **Caratterizzazione idraulica del mezzo (curva di ritenzione e di permeabilità)**
- **Definizione della condizione iniziale (o condizione stazionaria)**
- **Definizione delle condizioni nel tempo (o condizione transitoria)**

L'obiettivo è stato:

- Calibrare le analisi sulla base delle prove di laboratorio a disposizione (curve di ritenzione e permeabilità);
- Analizzare la corretta condizione da assegnare al bordo inferiore per riprodurre i drenaggi misurati durante la prova;

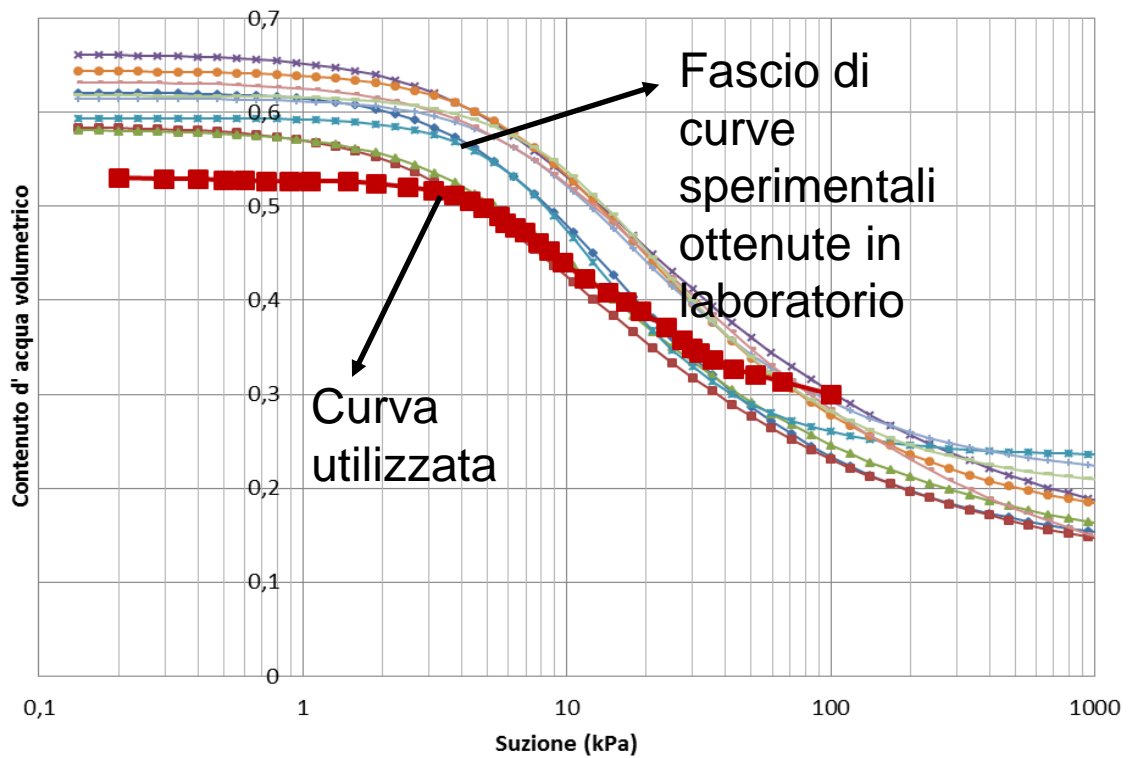
4. ANALISI NUMERICA

Mesh:

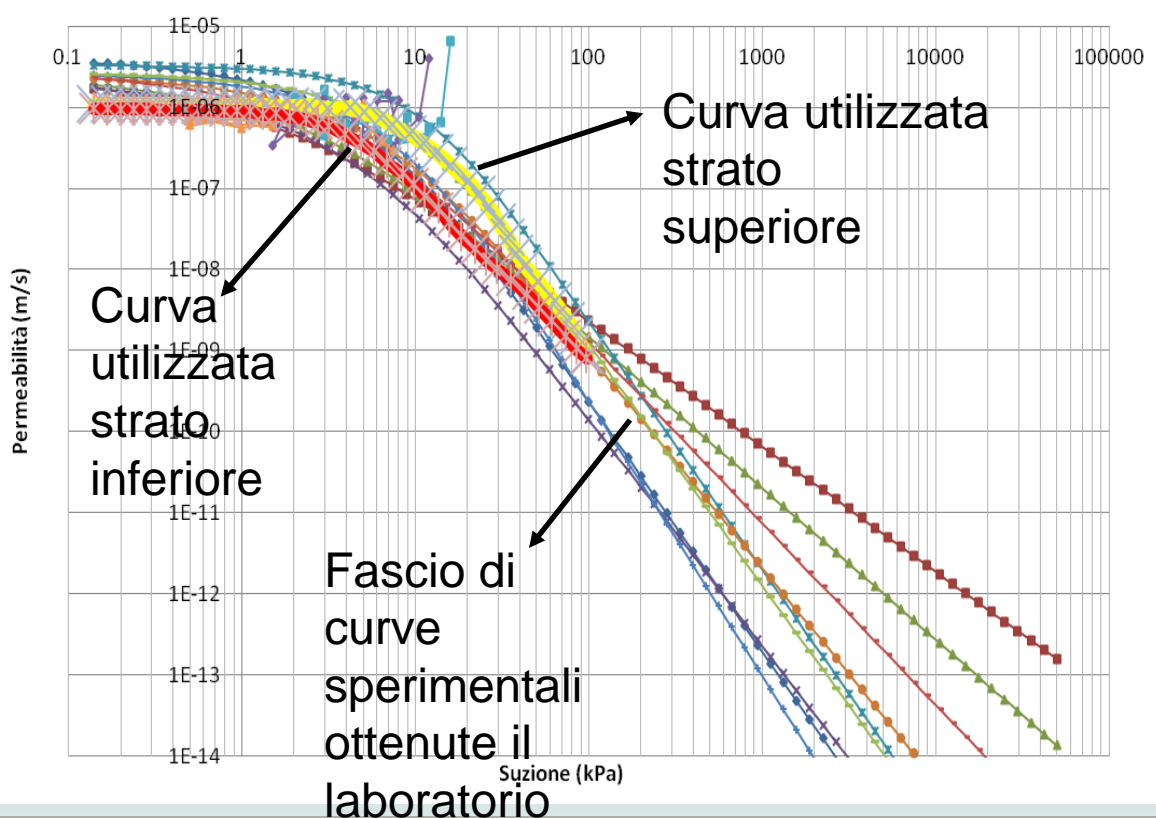


4. ANALISI NUMERICA

CURVA DI RITENZIONE

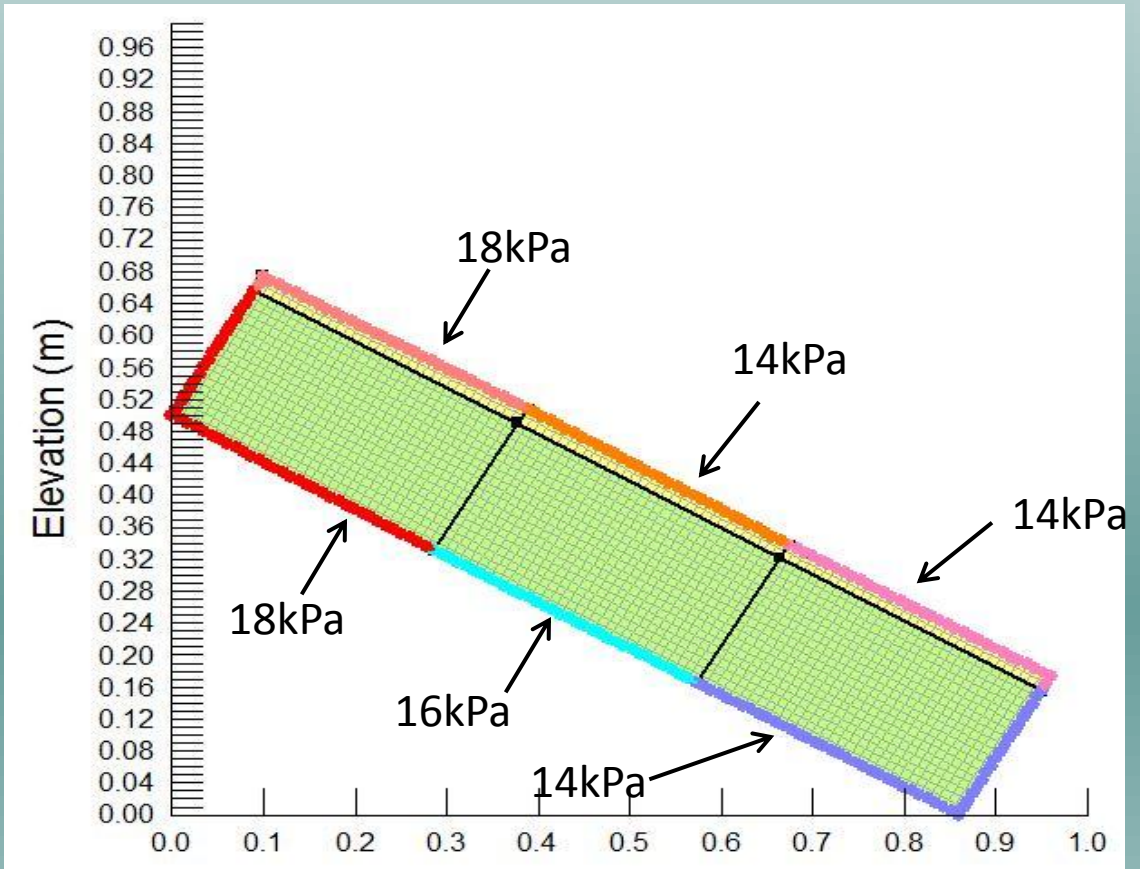


CURVA DI PERMEABILITA'



4. ANALISI NUMERICA

ANALISI STAZIONARIA

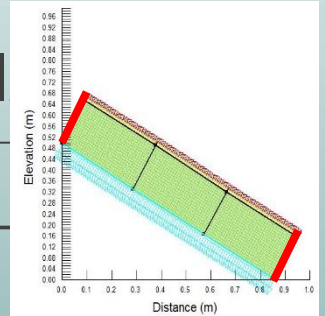


La condizione iniziale è calcolata assegnando i valori di suzione misurati nel modello fisico all'istante $t=0$ a 5 ed a 15 cm dal bordo superiore.

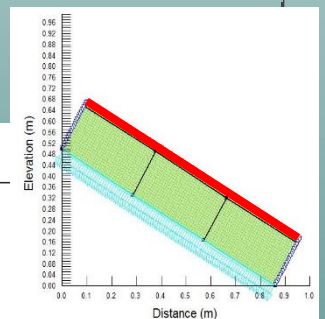
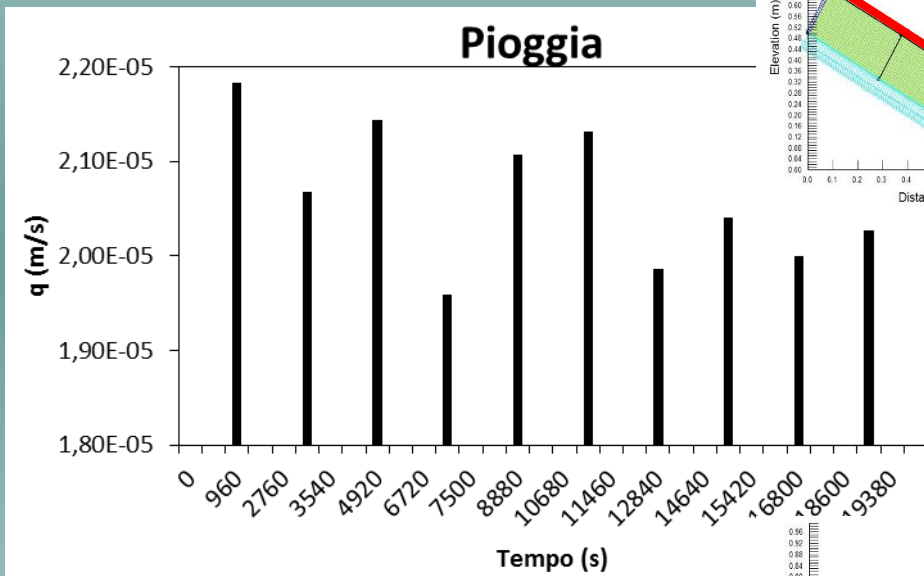
4. ANALISI NUMERICA

ANALISI TRANSITORI

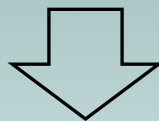
- Bordo Laterale: $q = 0 \text{ m/s}$



- Bordo Superiore: q di pioggia applicata

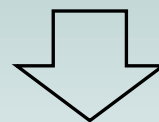


- Bordo Inferiore:

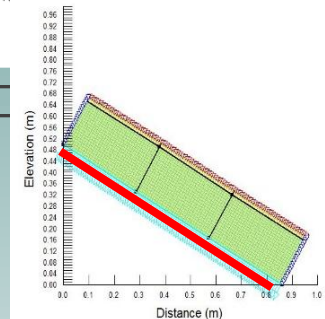


Prima del drenaggio:

Dopo il drenaggio



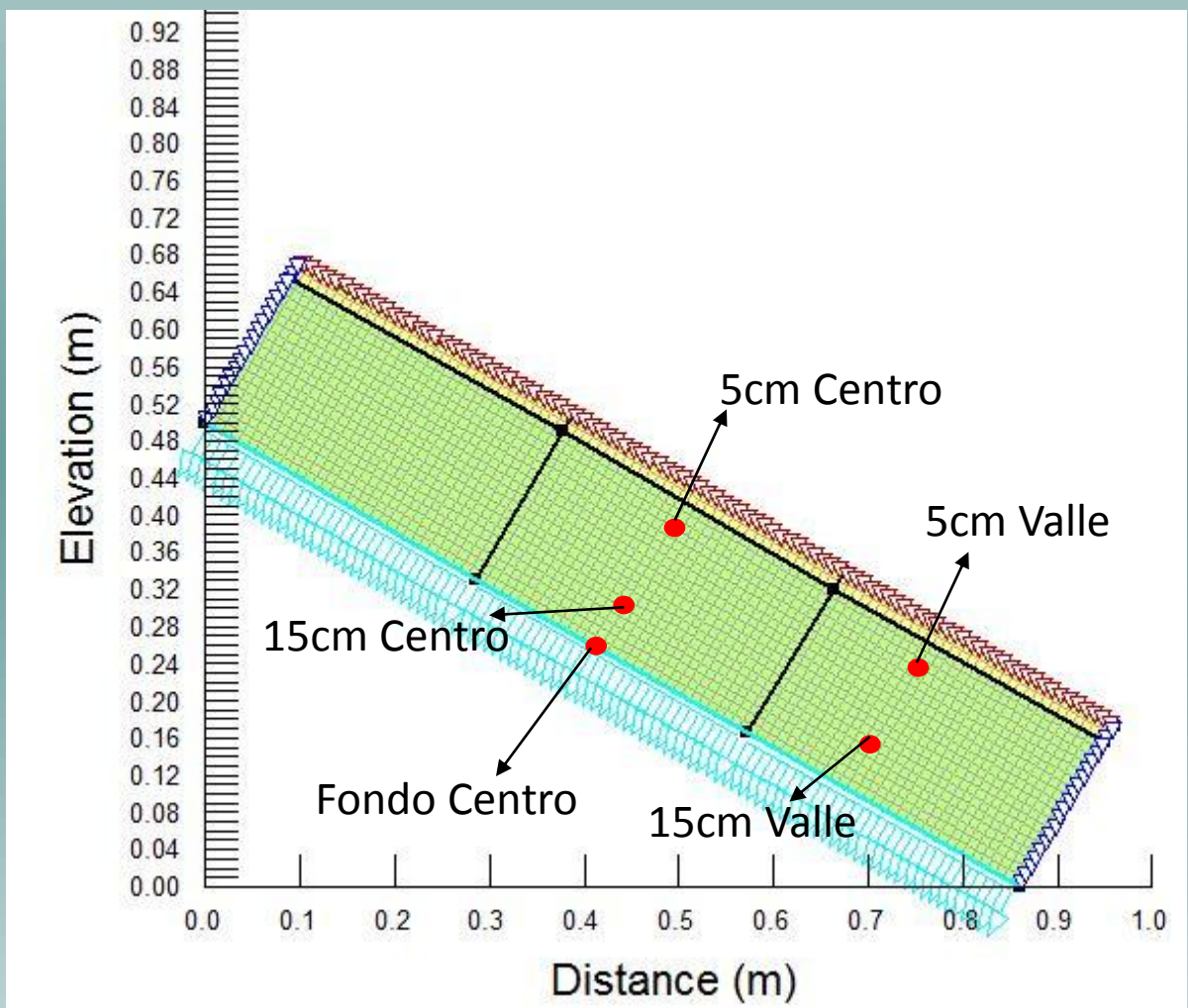
- $q = 0,2 \text{ mm/g}$
- A) q pari al drenaggio misurato in laboratorio
- B) suzione costante $s = 5 \text{ kPa}$
- C) suzione costante $s = 4 \text{ kPa}$
- D) suzione costante $s = 5,4,3 \text{ kPa}$



4. ANALISI NUMERICA

ANALISI TRANSITORIA

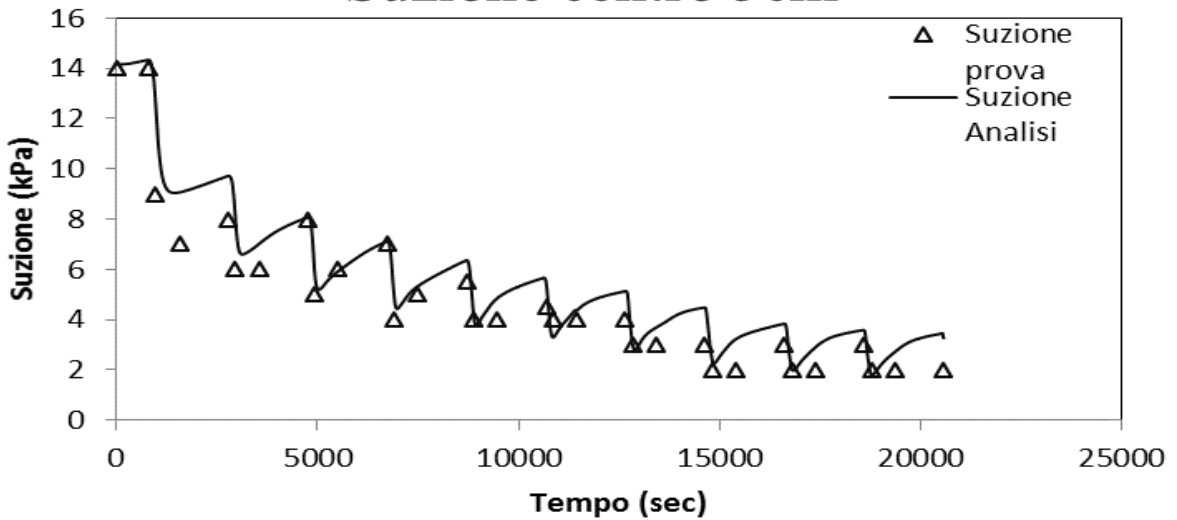
Localizzazione dei punti in cui si visualizzano i risultati di suzione



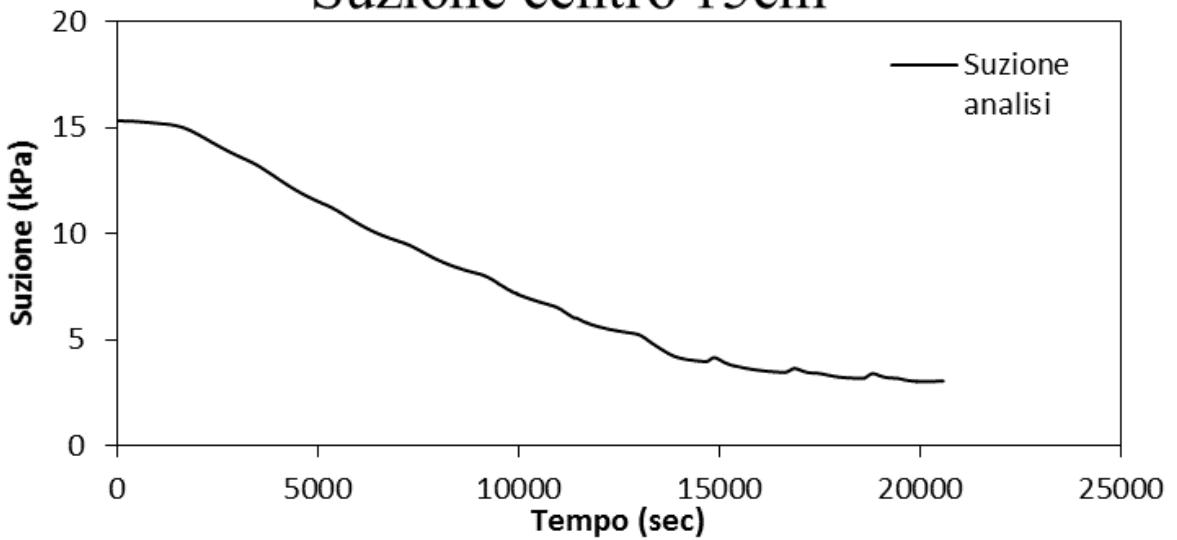
4. ANALISI NUMERICA

FASE DI CALIBRAZIONE A

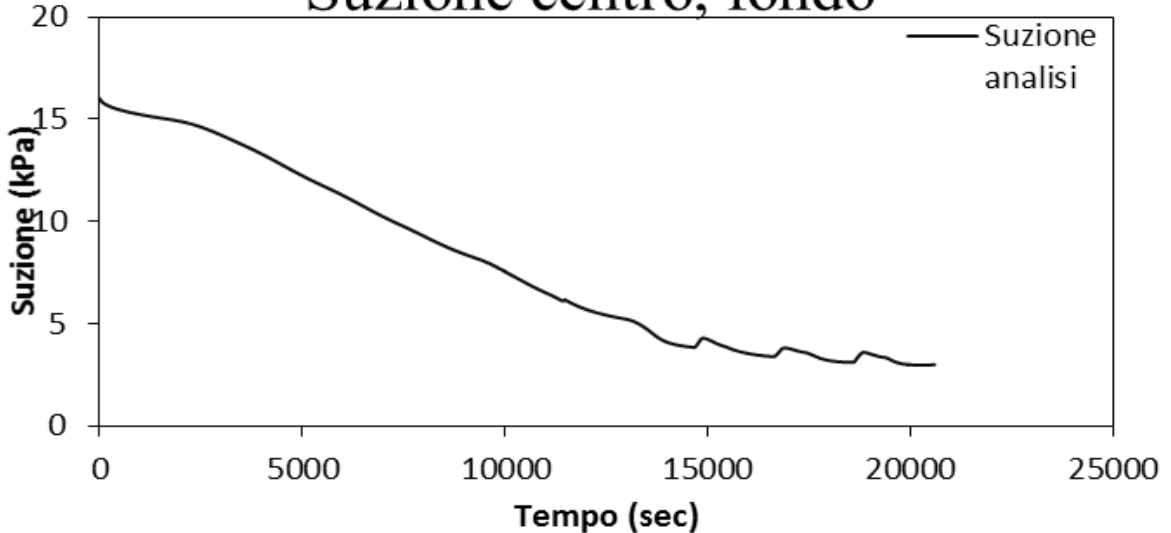
Suzione centro 5cm



Suzione centro 15cm

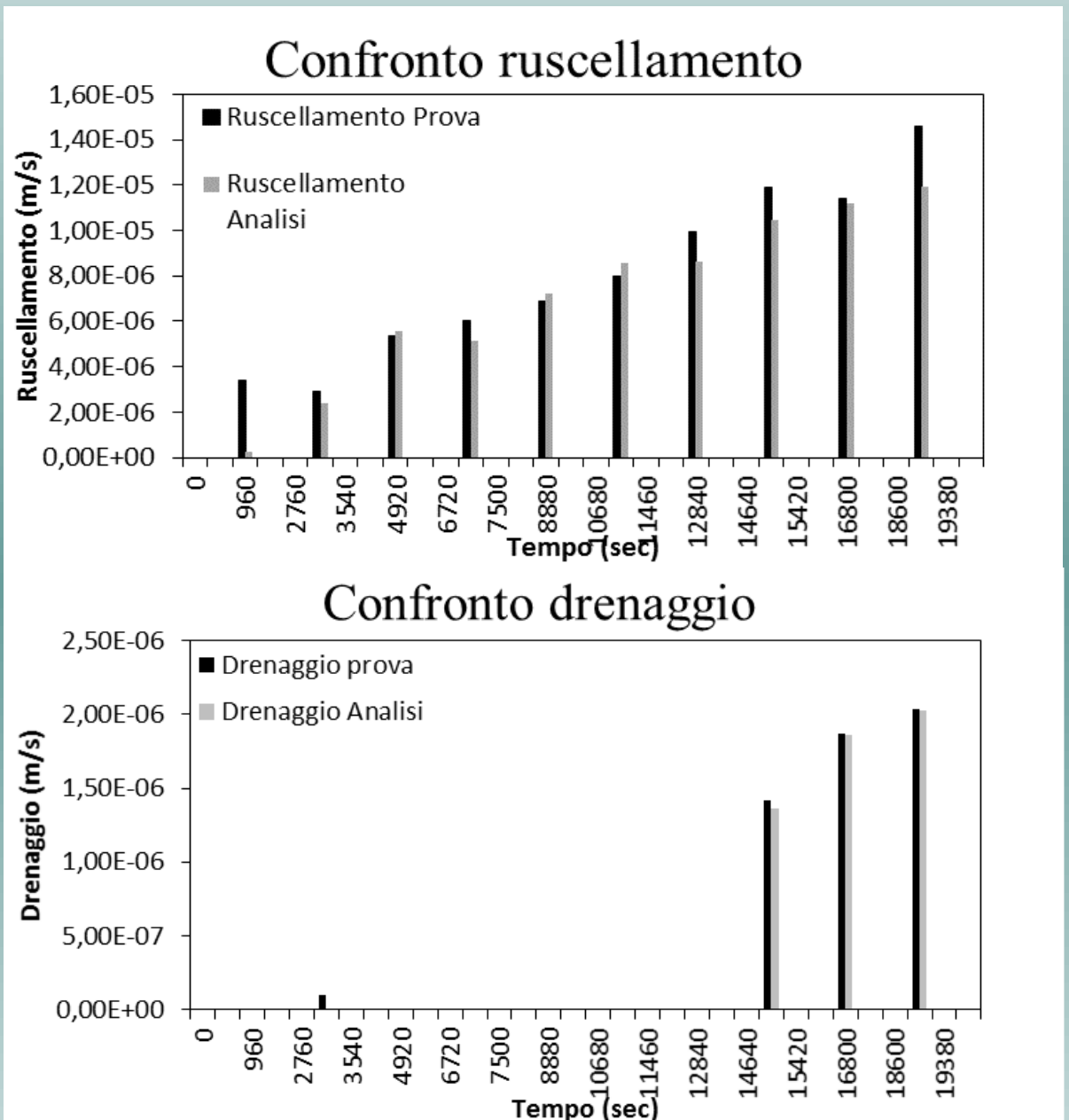


Suzione centro, fondo



4. ANALISI NUMERICA

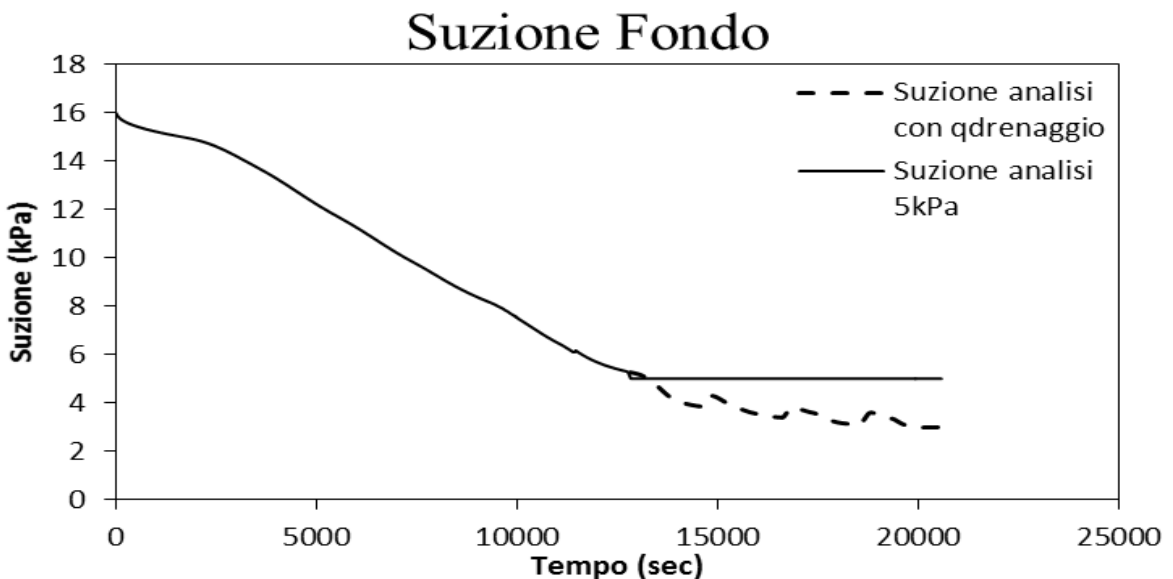
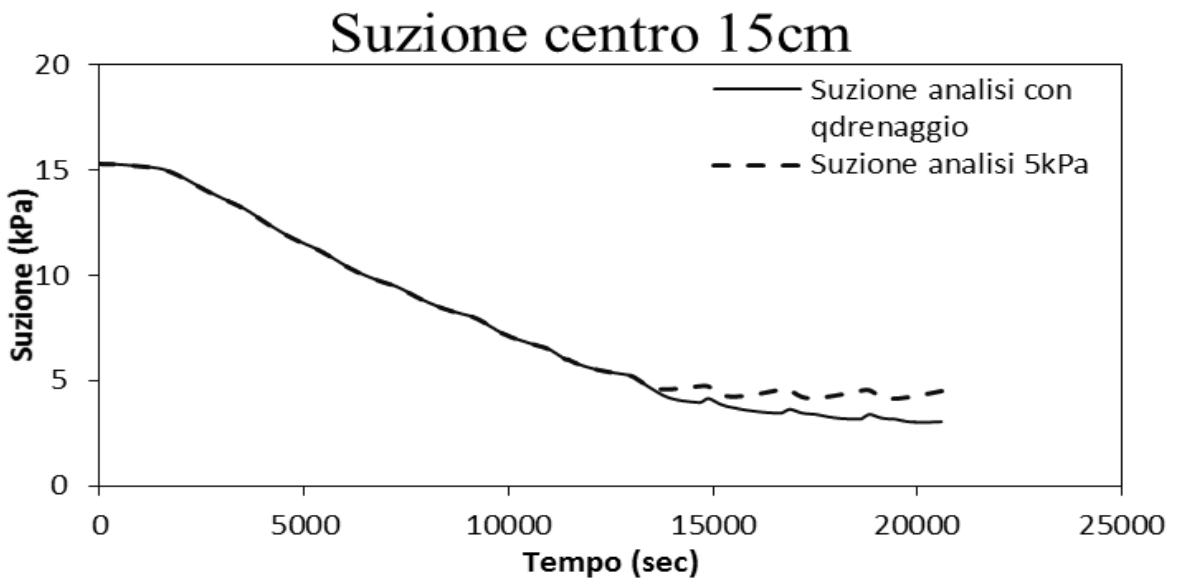
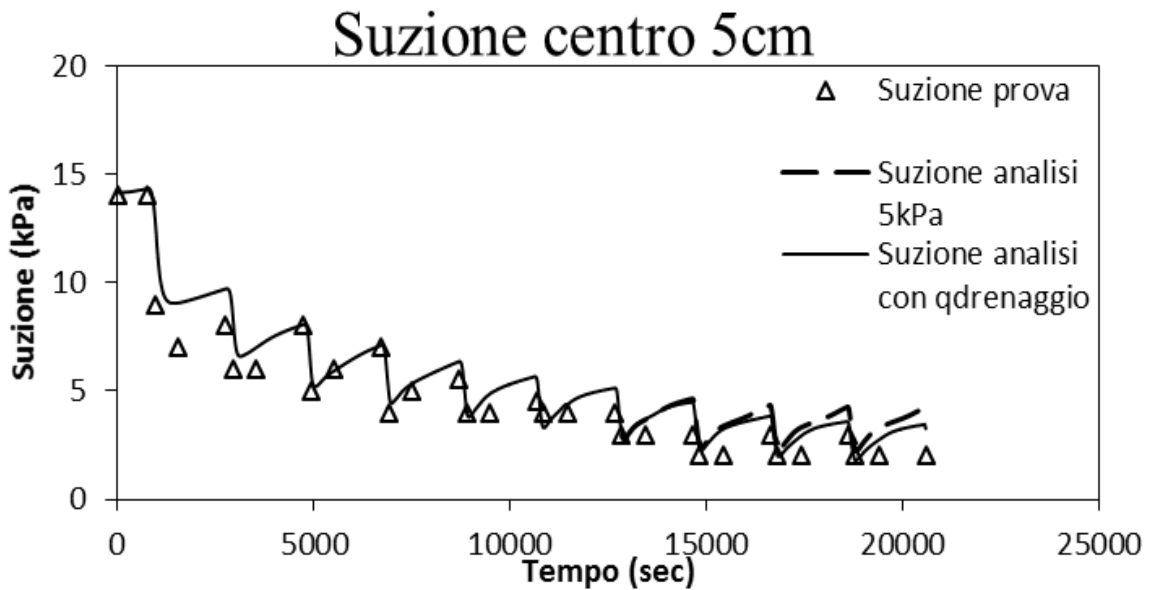
FASE DI CALIBRAZIONE A



Al bordo superiore il ruscellamento è quasi uguale a quello misurato in laboratorio

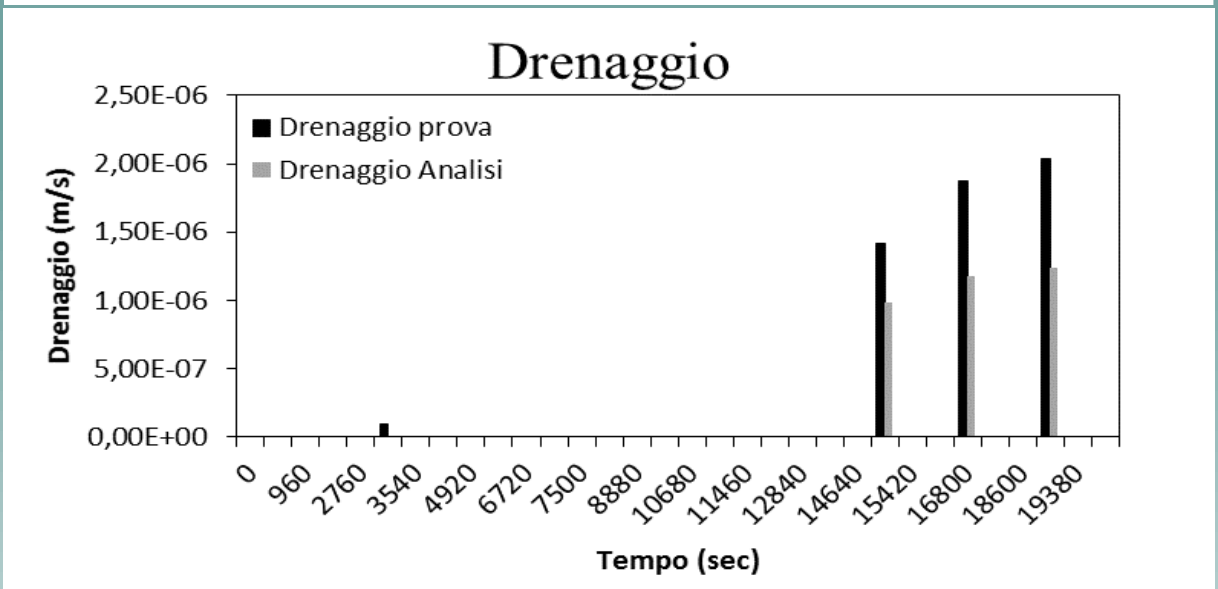
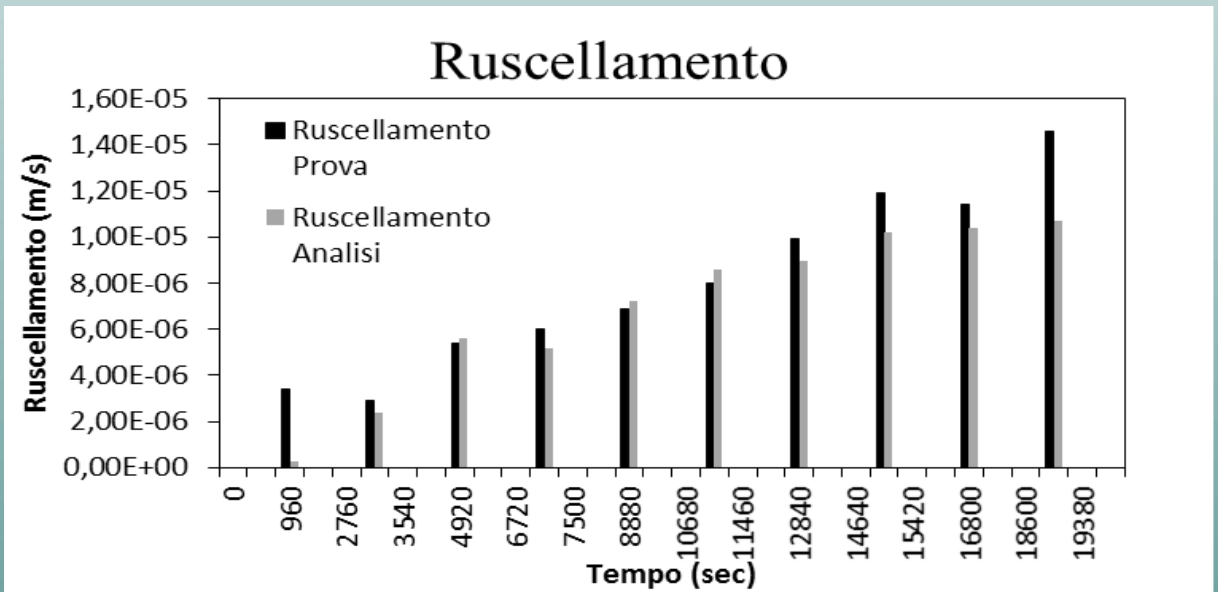
4. ANALISI NUMERICA

FASE DI CALIBRAZIONE B



4. ANALISI NUMERICA

FASE DI CALIBRAZIONE B

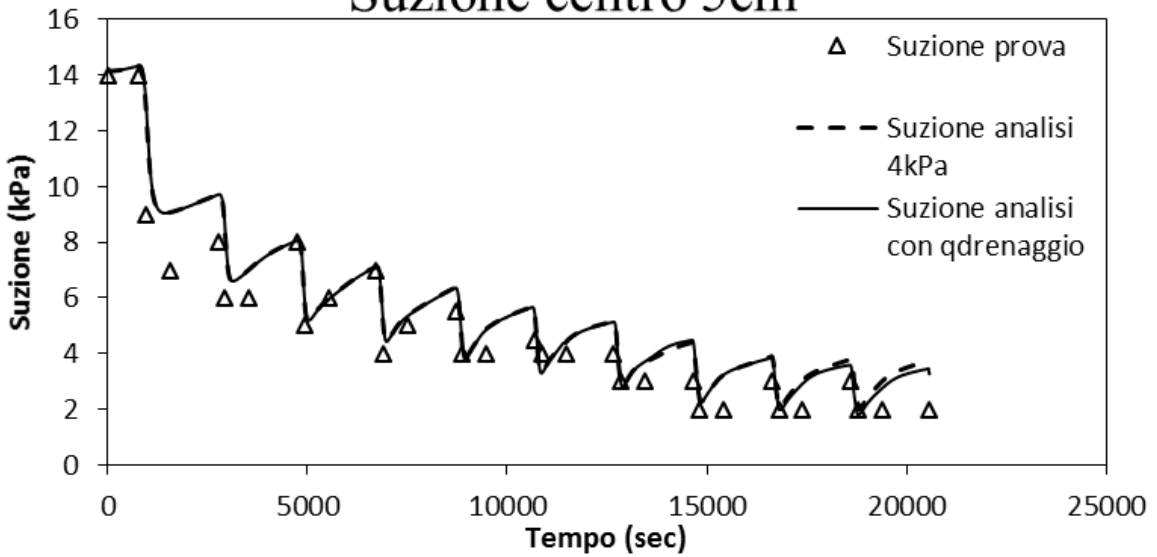


Il drenaggio imponendo 5kPa al bordo inferiore risulta sottostimato.

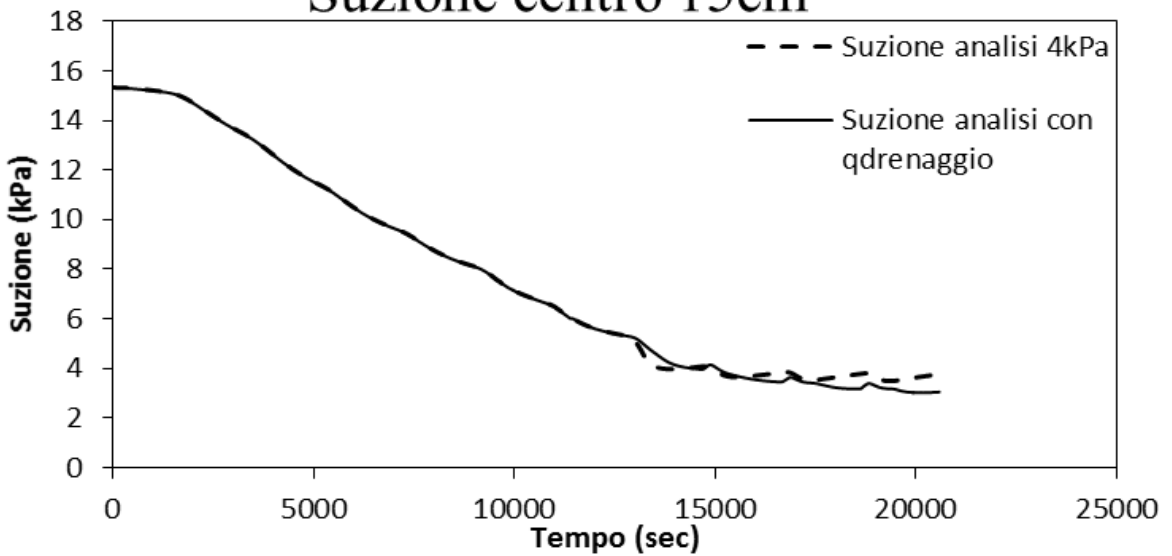
4. ANALISI NUMERICA

FASE DI CALIBRAZIONE C

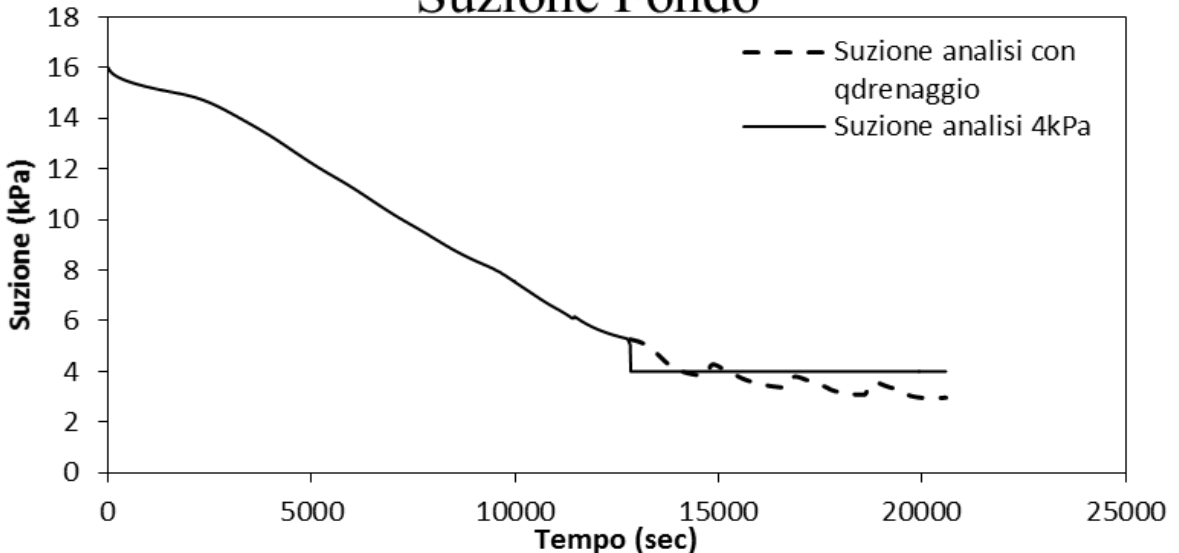
Suzione centro 5cm



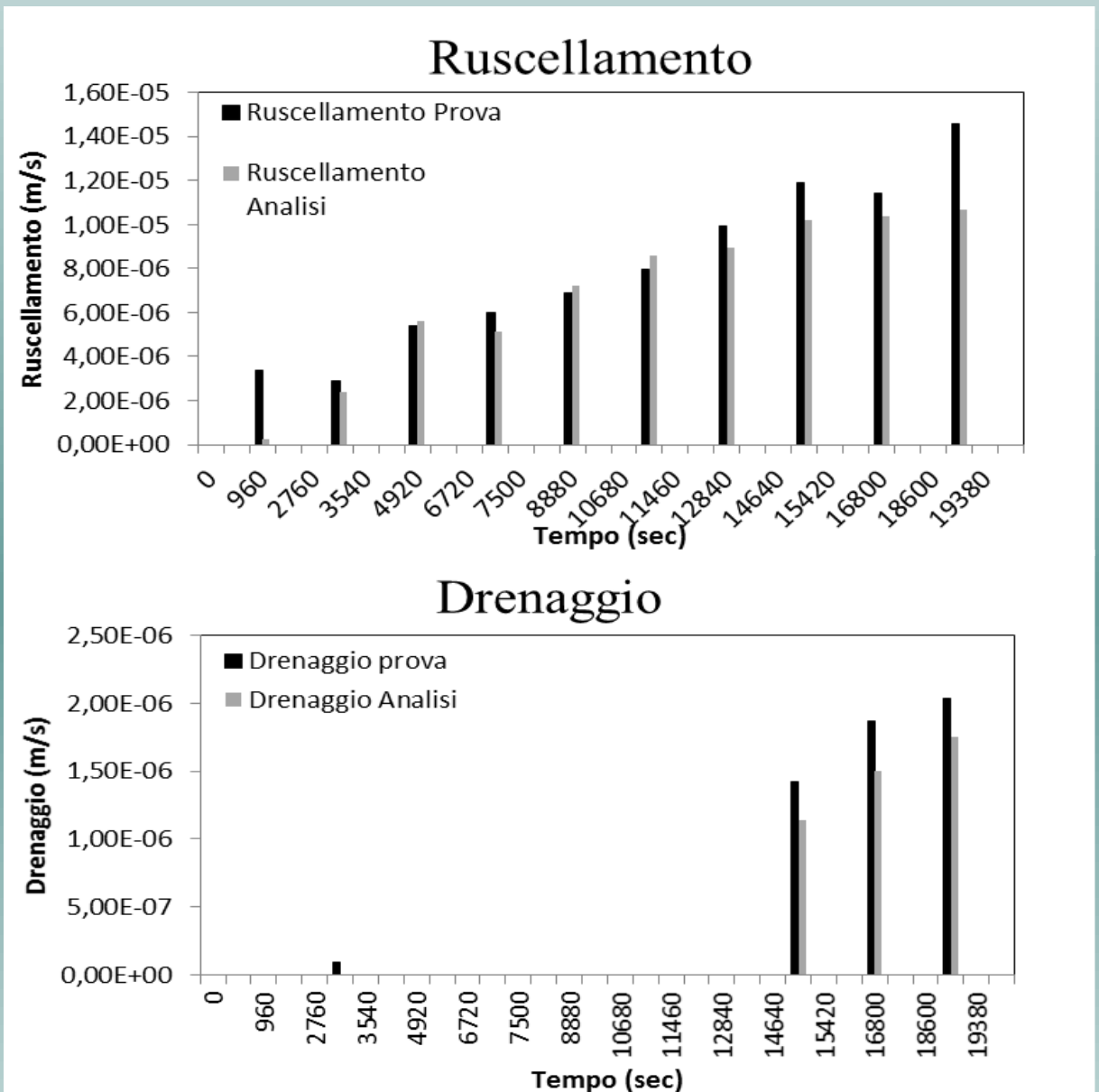
Suzione centro 15cm



Suzione Fondo



4. ANALISI NUMERICA FASE DI CALIBRAZIONE C

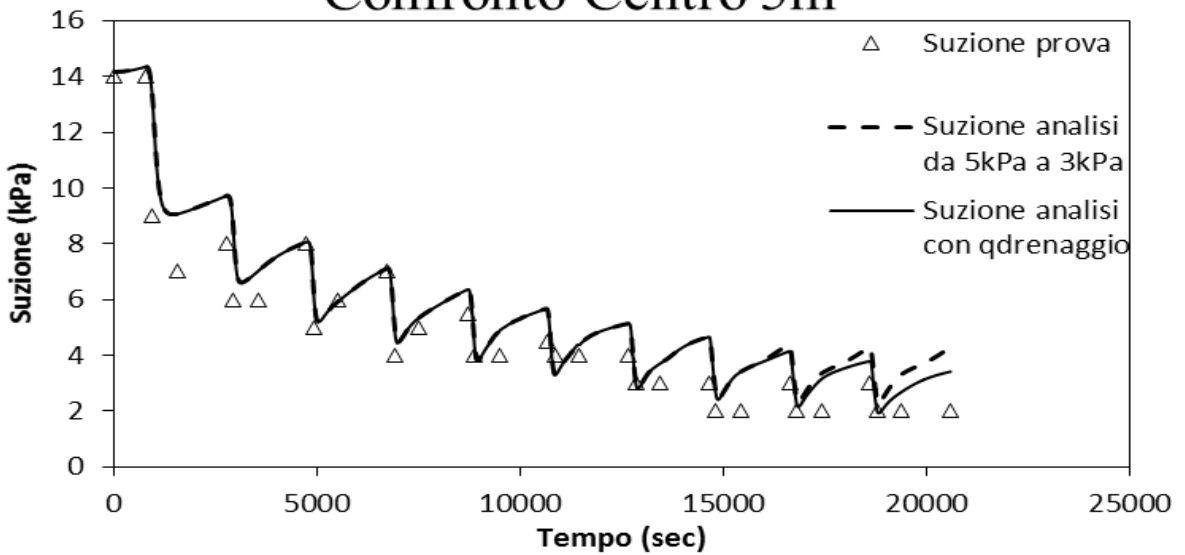


Il drenaggio, imponendo 4kPa al bordo inferiore, migliora rispetto alla prova precedente ma ancora risulta sottostimato.

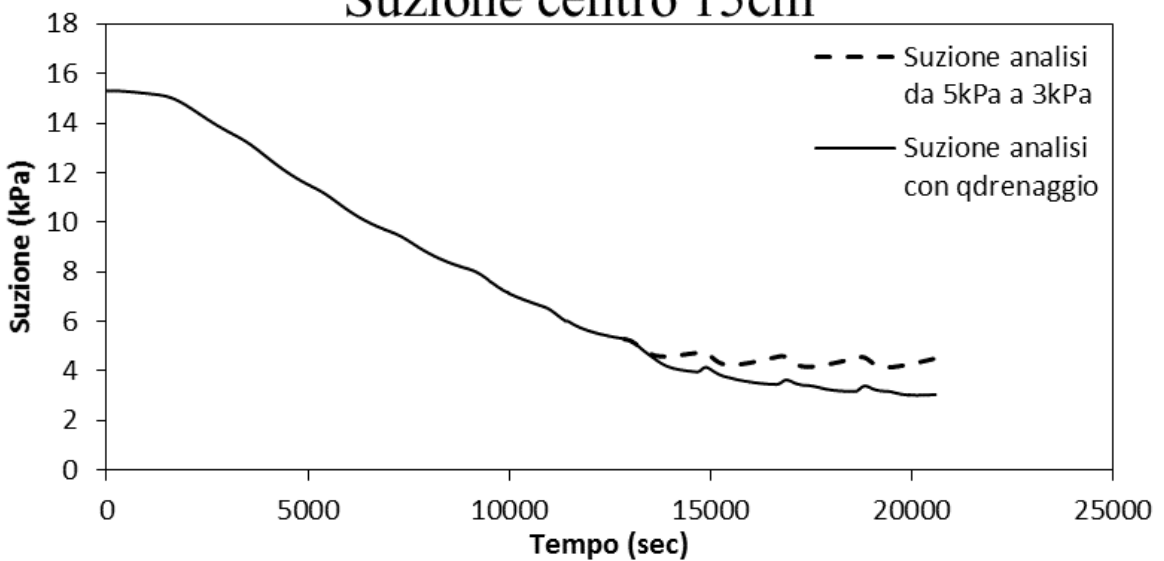
4. ANALISI NUMERICA

FASE DI CALIBRAZIONE D

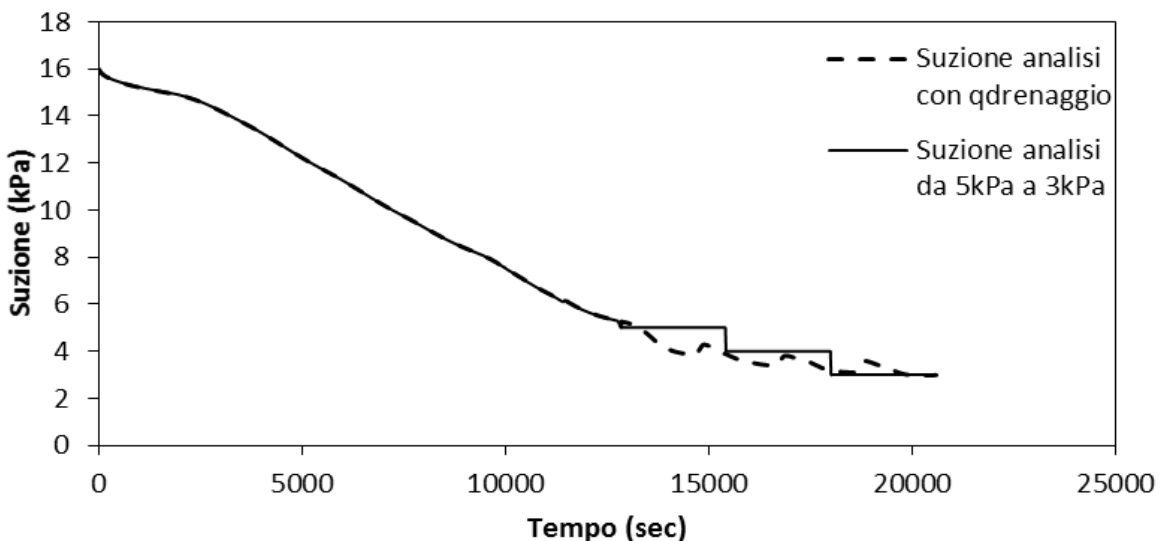
Confronto Centro 5m



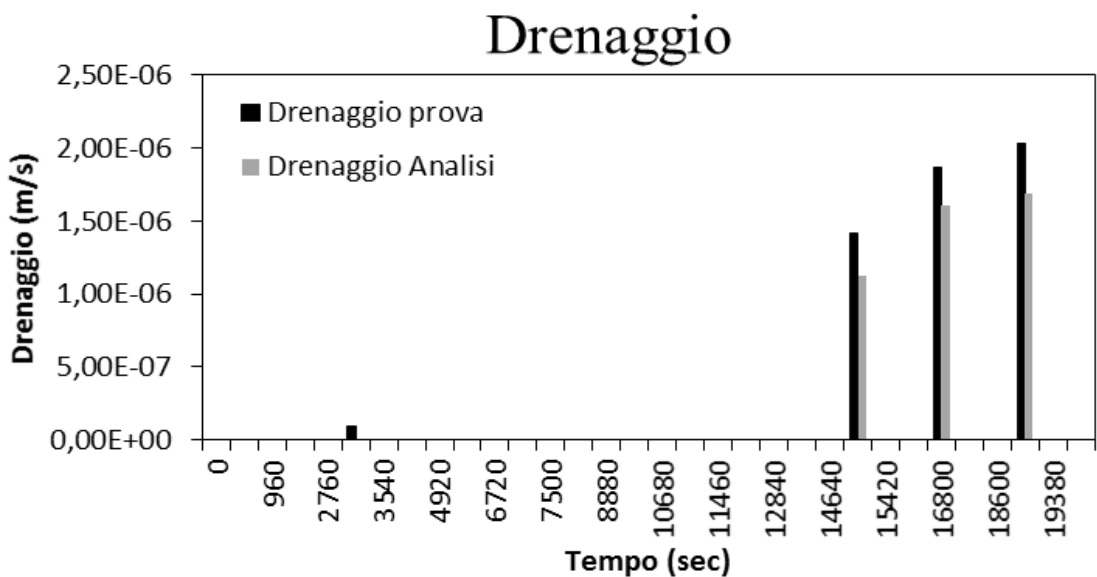
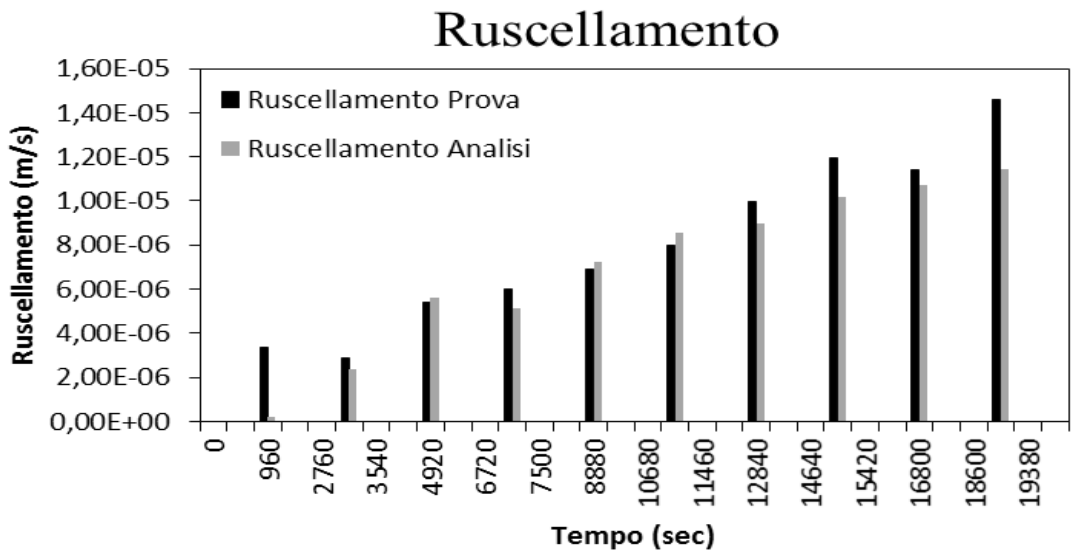
Suzione centro 15cm



Suzione fondo



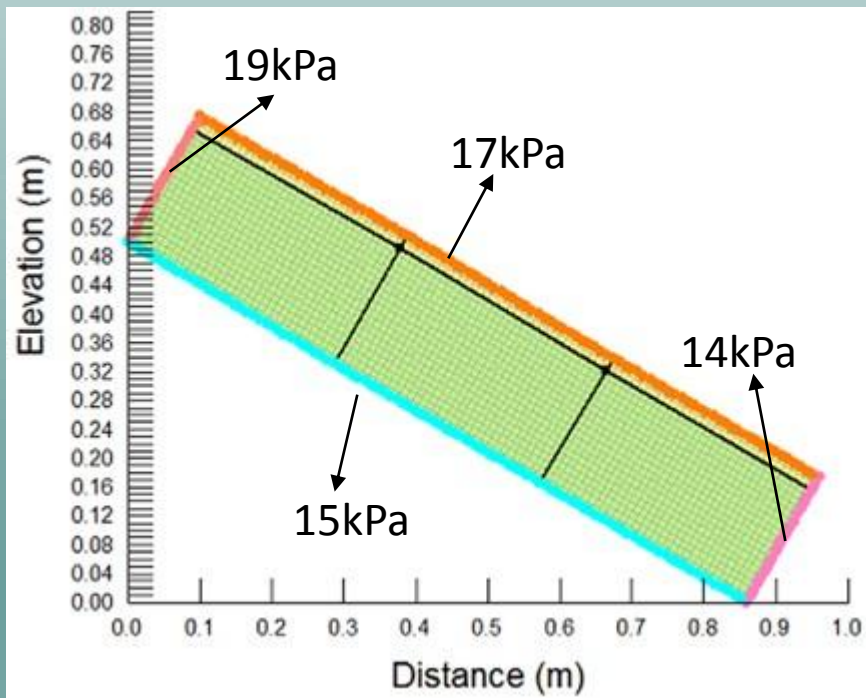
4. ANALISI NUMERICA FASE DI CALIBRAZIONE D



Imponendo sul bordo inferiore una suzione che varia nel tempo da 5kPa a 3kPa, il drenaggio al fondo è chiaramente più simile a quello misurato, ciò conferma che la corretta condizione al bordo inferiore non può essere una suzione costante.

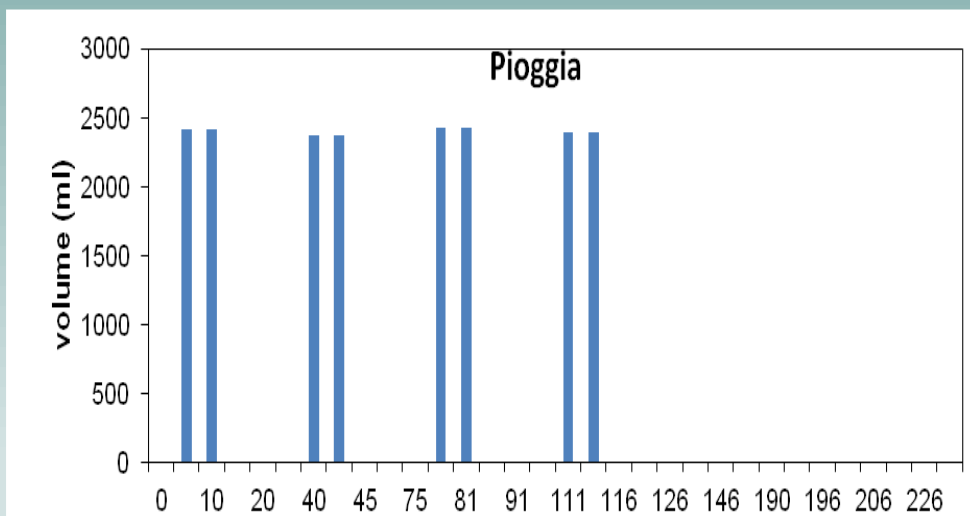
4. ANALISI NUMERICA FASE DI VALIDAZIONE

ANALISI STAZIONARIA



ANALISI TRANSITORIA

Al bordo superiore è stata applicata una pioggia pari a:



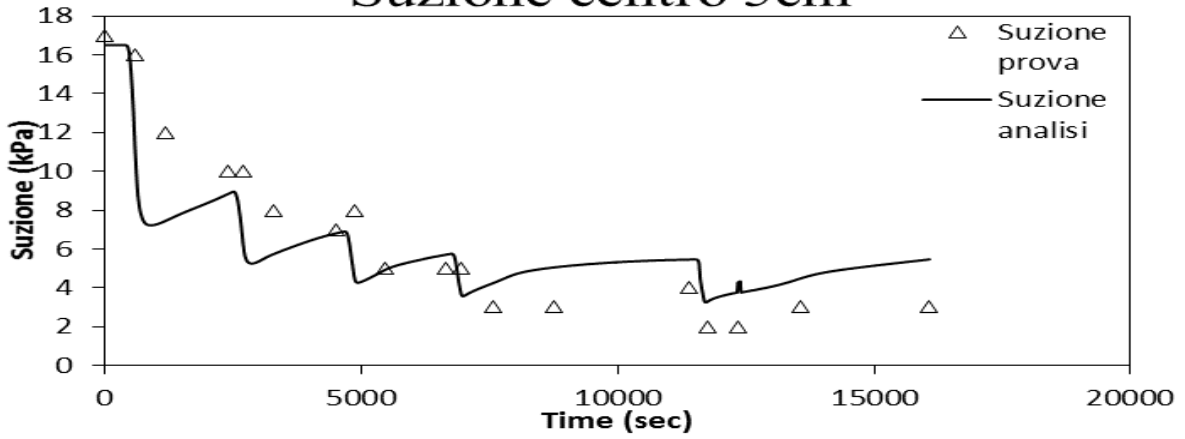
Ai bordi laterali è stato applicato un flusso nullo

Al bordo inferiore è stata imposta un flusso pari 0,2 mm/g fino a che non si raggiunge al fondo una suzione di 5kPa, dopodiché è stata imposta una suzione costante di 5kPa.

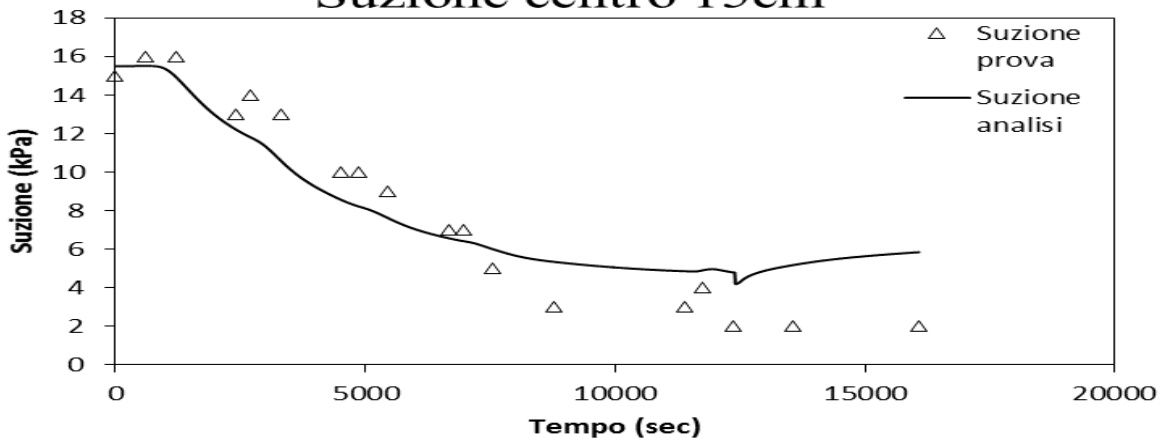
4. ANALISI NUMERICA

FASE DI VALIDAZIONE

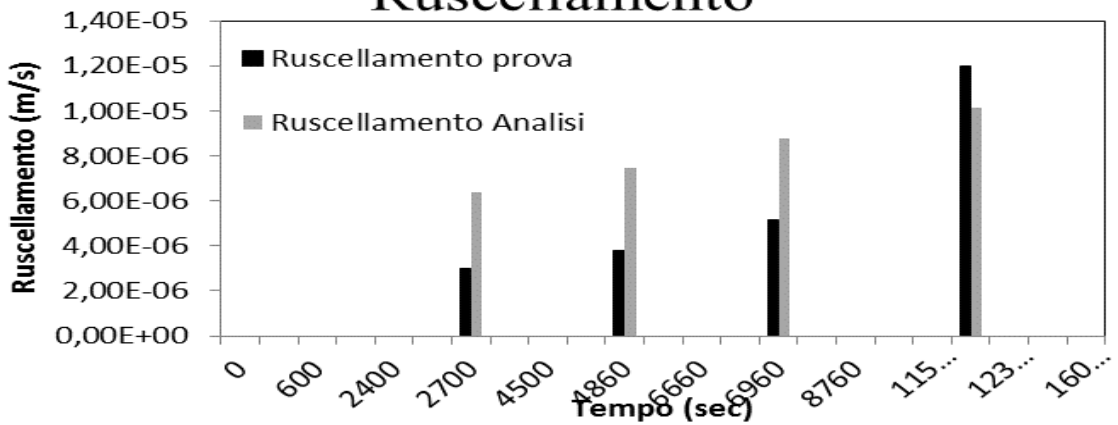
Suzione centro 5cm



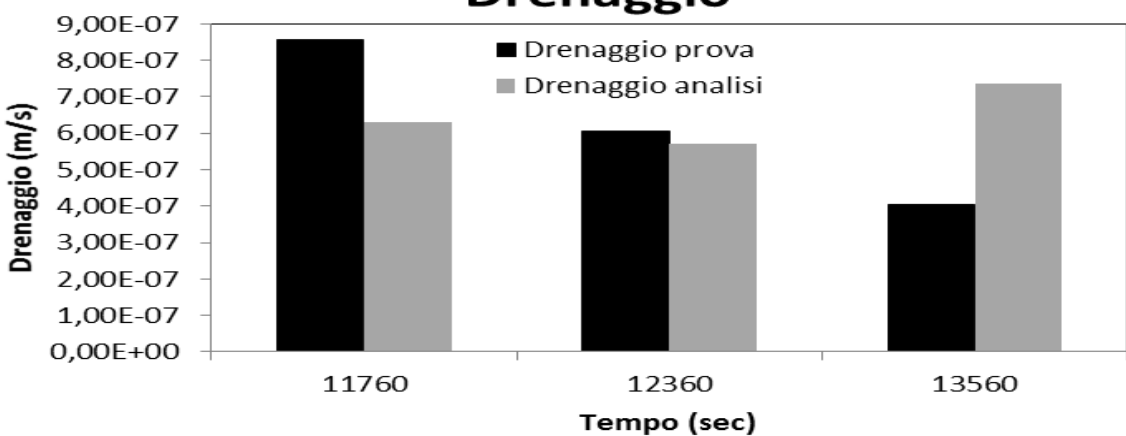
Suzione centro 15cm



Ruscellamento



Drenaggio



5. CONCLUSIONI

1. È stato trovato il set di curve (ritenzione e permeabilità) che meglio riproduce le prove sperimentali, in particolare queste sono in accordo con la sperimentazione eseguita in laboratorio;
2. Al bordo inferiore imporre un flusso pari a quello di vapore è un'ottima condizione prima che inizi il drenaggio perché l'acqua che arriva dall'alto contribuisce soltanto alla variazione di contenuto d'acqua del modello;
3. Il drenaggio inizia per suzioni pari a quelle del gomito della curva di ritenzione, ossia pari al valore di ingresso d'aria;
4. Il drenaggio al fondo può essere colto soltanto applicando una suzione al fondo variabile, funzione della pendenza del tratto della curva di ritenzione a destra del gomito e dell'infiltrazione.

Nel prosieguo degli studi si cercherà di definire dei valori soglia di pioggia per l'innesco delle colate di fango.