

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II



FACOLTA' DI INGEGNERIA

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO

(CLASSE DELLE LAUREE IN INGEGNERIA CIVILE ED AMBIENTALE, CLASSE N. L-7)

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA IDRAULICA, GEOTECNICA E AMBIENTALE

TESI DI LAUREA

SOGLIE PLUVIOMETRICHE PER LA PREVISIONE DELL'INNESCO DI FRANE METEO-INDOTTE IN TERRENI PARZIALMENTE SATURI

RELATORI:

Ch.mo Prof. G. Urcioli

Dott. Ing . Marianna. Pirone

CANDIDATO

Manuel D'Avanzo Matr.N49/26

ANNO ACCADEMICO 2010/2011

CONTENUTI DELLA PRESENTAZIONE

1. LE FRANE

•CLASSIFICAZIONE	3
FRANE METEO INDOTTE	4

2. MONITRAGGIO-ANALISI-PREVISIONE

•STRUMENTI DI MISURA	5
•ANALISI DEI DATI	5
•PREVISIONE	5

3. SOGLIE PREVISIONALI PER L'INNESCO DI FRANE METEO INDOTTE

•SOGLIE EMPIRICHE	7
•SOGLIE FISICAMENTE BASATE	9

4. APPLICAZIONE AL SITO DI MONTEFORTE IRPINO

•SOGLIE EMPIRICHE	11
•SOGLIE FISICAMENTE BASATE	12

<u>CONCLUSIONI</u>	18
---------------------------	----

LE FRANE METEOINDOTTE:

frane innescate da precipitazioni meteoriche

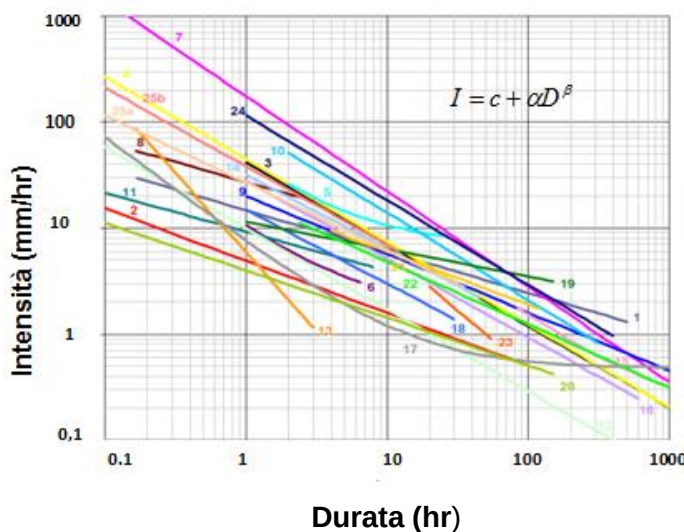
INTERVENTI

NON STRUTTURALI

- **Soglie pluviometriche**
- Limitazione d'uso del suolo
- Pianificazione territoriale

STRUTTURALI

- Vasche di raccolta
- Rimodellamento
- Briglie



1. LE FRANE: CLASSIFICAZIONE



Figura 1- Frana per crollo

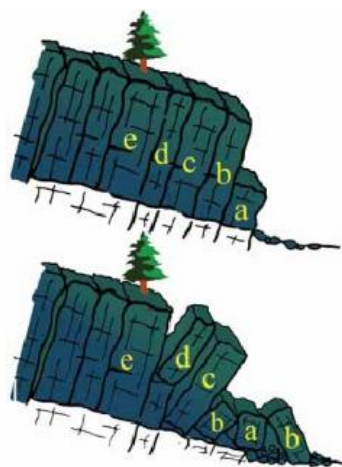


Figura 2-Frana per ribaltamento



Figura 3-Frana per scorrimento rotazionale

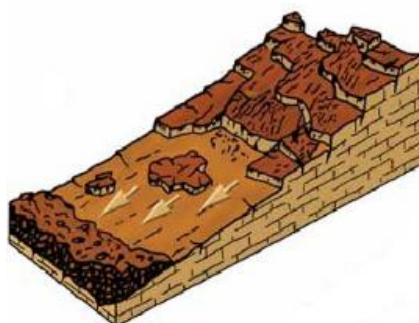


Figura 4-Frana per scorrimento traslazionale

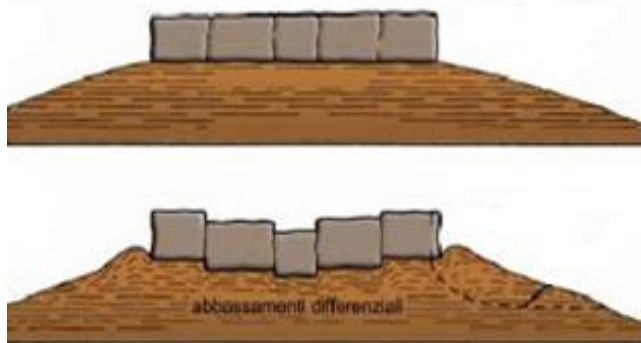


Figura 5-Frana per espansione laterale

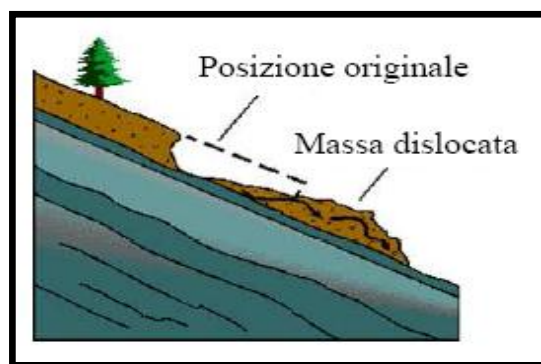


Figura 6-Colate

Colate lente:
•Colate di terra

Colate rapide:
•Colate di detriti
•Colate di fango

1.1 FRANE METEOINDOTTE: es. COLATE RAPIDE



Figura 7- Sarno (1998)



Figura 8- Sarno (1998)



Figura 9- Ischia (2006)



Figura 10- Nocera Inferiore (2004)

FATTORI PREDISPONENTI:

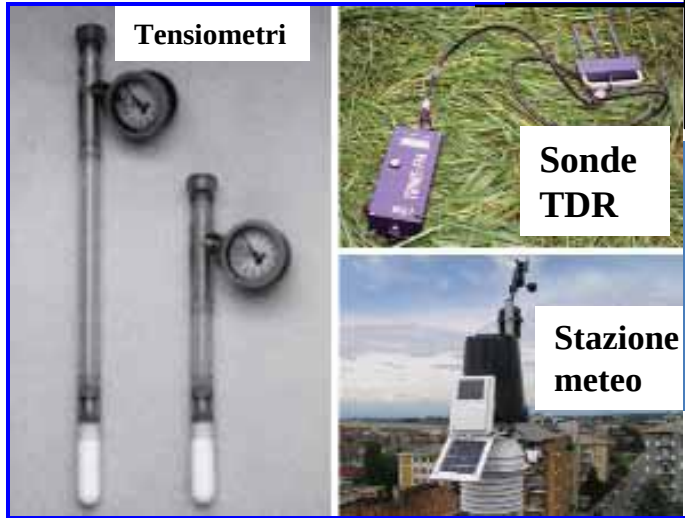
- Geometria del pendio
- Irregolarità topografiche(es. tagli stradali)
- Piogge antecedenti

FATTORI INnescanti:

- Altre perturbazioni(es. crolli)
- Evento di pioggia principale

2. MONITORAGGIO , ANALISI E PREVISIONE DELL'EVENTO

MONITORAGGIO



MEDIANTE

- Sonde TDR
- Tensiometri
- Stazione meteo

FINALITÀ

- Acquisizione delle grandezze significative

Figura 11- Strumentazione utilizzata per il monitoraggio

ANALISI

MEDIANTE

- Elaborazione dei dati monitorati

FINALITÀ

- Comprensione del fenomeno
- Studio dell'interazione sottosuolo atmosfera

PREVISIONE

MEDIANTE

- Soglie pluviometriche (integrate con piani di emergenza)

FINALITÀ

- Predizione di eventi critici nello spazio e nel tempo

3. SOGLIE PREVISIONALI PER L'INNESCO DI FRANE METEO -INDOTTE

TIPOLOGIA DI SOGLIE

SOGLIE EMPIRICHE

Consentono di determinare i valori limite di pioggia in base all'elaborazione statistica delle condizioni meteorologiche di eventi franosi passati:

- Eventi di pioggia critici

SOGLIE FISICAMENTE BASATE

Consentono di determinare i valori limite di pioggia considerando tutte le variabili in gioco e le loro interazioni:

- Stratigrafia;
- Piogge antecedenti;
- Proprietà idrauliche dei terreni;
- Proprietà meccaniche dei terreni;
- Contenuto d'acqua nel sottosuolo antecedente l'evento

3. 1 SOGLIE EMPIRICHE: CLASSIFICAZIONE

1) IN BASE ALL' AREA DI APPLICAZIONE

- **Globali**: validità generale
- **Regionali**: aree con condizioni climatiche simili
- **Locali**: specifici assetti geofisici e climatici

2) IN BASE ALLE VARIABILI CONSIDERATE

- **Durata di pioggia**
- **Intensità media di pioggia**
- **Pioggia totale**
- **Pioggia antecedente**

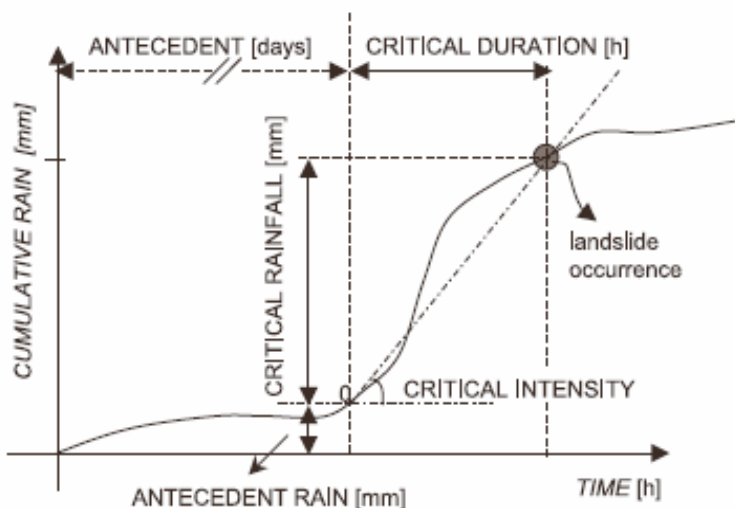


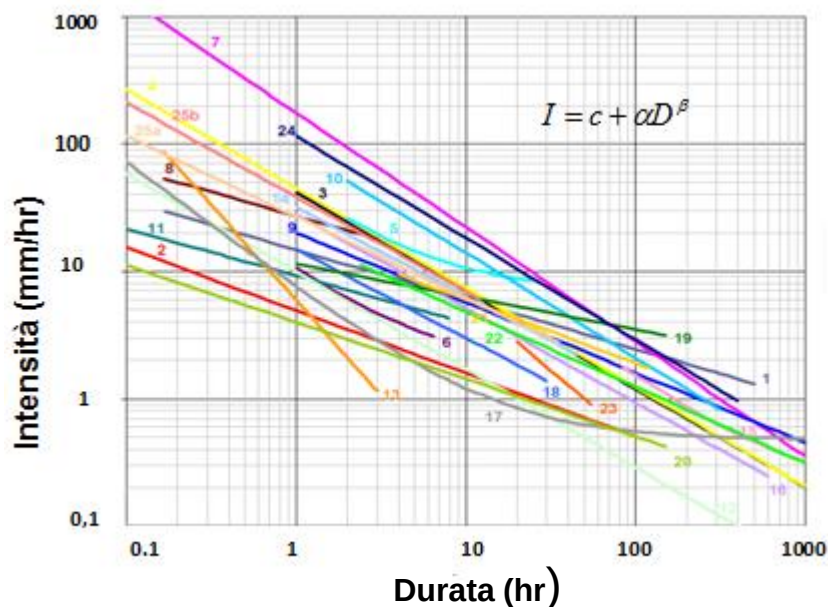
Figura 12- Principali parametri usati nella definizione di soglie pluviometriche.

3) IN BASE AL TIPO DI FRANA METEO INDOTTA

es.

- **Frane da scorrimento** (Cancelli e Nova, 1985; Clarizia et al., 1996)
- **Colate** (Innes, 1983; Cannon and Ellen, 1985)
- **Frane superficiali** (Crosta e Frattini, 2000; Ahmad 2003; Baum, 2005)

3.2 SOGLIE I-D (INTENSITA'-DURATA)



• *Per durate crescenti l'intensità critica decresce;*

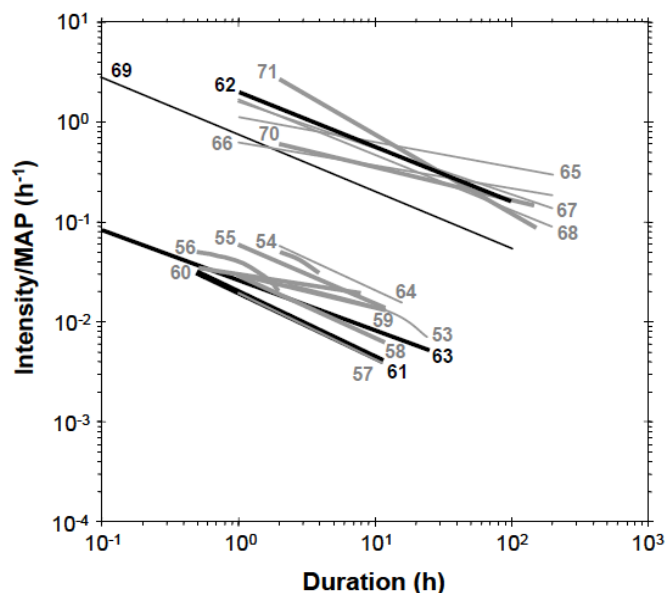
• *Si riscontrano differenze tra soglie costruite per medesime regioni;*

• *Le soglie globali si posizionano nella parte inferiore del grafico;*

Figura 13- Principali soglie I-D esistenti in letteratura

Per rendere comparabili soglie costruite per regioni differenti, vengono introdotte le :

SOGLIE I-D NORMALIZZATE RISPETTO AL MAP



MAP : Piooggia totale media annua

• *Indice di dispersione ridotto attribuibile alla normalizzazione e alle similitudini climatiche e geomorfologiche delle regioni prese in considerazione.*

Figura 14- Soglie I-D normalizzate

3.3 SOGLIE FISICAMENTE BASATE

Le soglie fisicamente basate derivano dall'analisi della risposta del sottosuolo alla sequenza di eventi atmosferici. La loro determinazione comporta, una volta noti i dati di ingresso, l'adozione di un :

MODELLO IDROLOGICO

- Analisi del regime delle pressioni neutre

MODELLO DI STABILITÀ

- Analisi di stabilità del pendio

Lo stato tensionale lungo la superficie di scorrimento è calcolabile in modo rigoroso o approssimato, con uno dei seguenti metodi:

1)METODO DELLE TENSIONI

- utilizzano equazioni di equilibrio e di congruenza, dopo aver fissato una legge costitutiva per il terreno che costituisce il pendio.

2)METODO ALL'EQUILIBRIO LIMITE

- utilizza equazioni di equilibrio e posizioni semplificative;

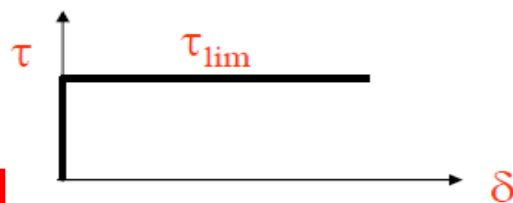


Figura15- Terreno rigido plastico

$$\sigma_n = \gamma \cdot Z \cdot \cos^2 \alpha$$
$$\tau_{nt} = \gamma \cdot Z \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha$$

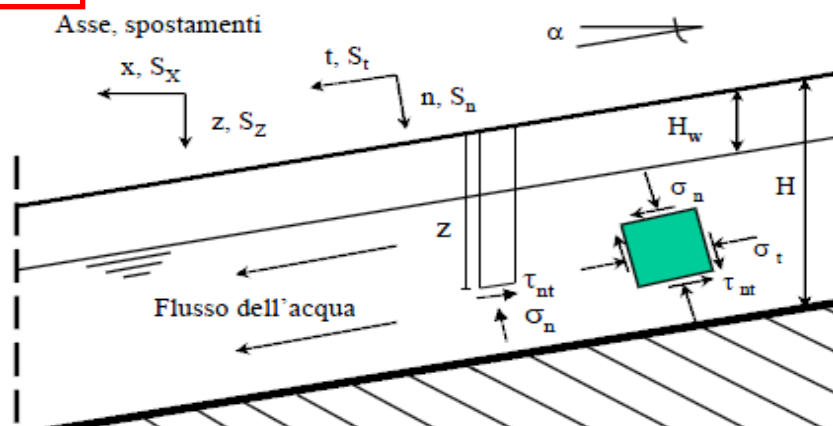


Figura 16- Modello di pendio indefinito

Tabella1: Peculiarità degli approcci dei metodi fisicamente basati studiati

AUTORI	SCALA	MODELLO IDROLOGICO	MODELLO DI STABILITÀ	TIPO DI FRANA	INPUT	OUTPUT
Terlien 1996 (a)	Locale/ Regionale	monodimensionale	Pendio indefinito	Frane superficiali	Pendenza, K, c', ϕ' , piogge,	Soglia I-D, in funzione di α e $\mathcal{I}_{antecedente}$
Terlien 1996 (b)	Locale/ Regionale	tridimensionale	Pendio indefinito	Frane profonde	Geometria K, c', ϕ' , piogge	Mappe di probabilità di rottura
Fratini P, Crosta G., (2004)	Regionale	Modello di flusso sub-superficiale e modello di flusso verticale	Pendio indefinito	Frane superficiali	Pendenza K, c', ϕ' piogge	Mappa di stabilità dei versanti in termini di fattore di sicurezza
A.Evangelista, A. Scotto di Santolo (2007)	Locale	Modello di infiltrazione monodimensionale		Frane superficiali	K, z_c pioggia	Soglia $p - t_c$

4. APPLICAZIONE AL SITO DI MONTEFORTE IRPINO: SOGLIE EMPIRICHE

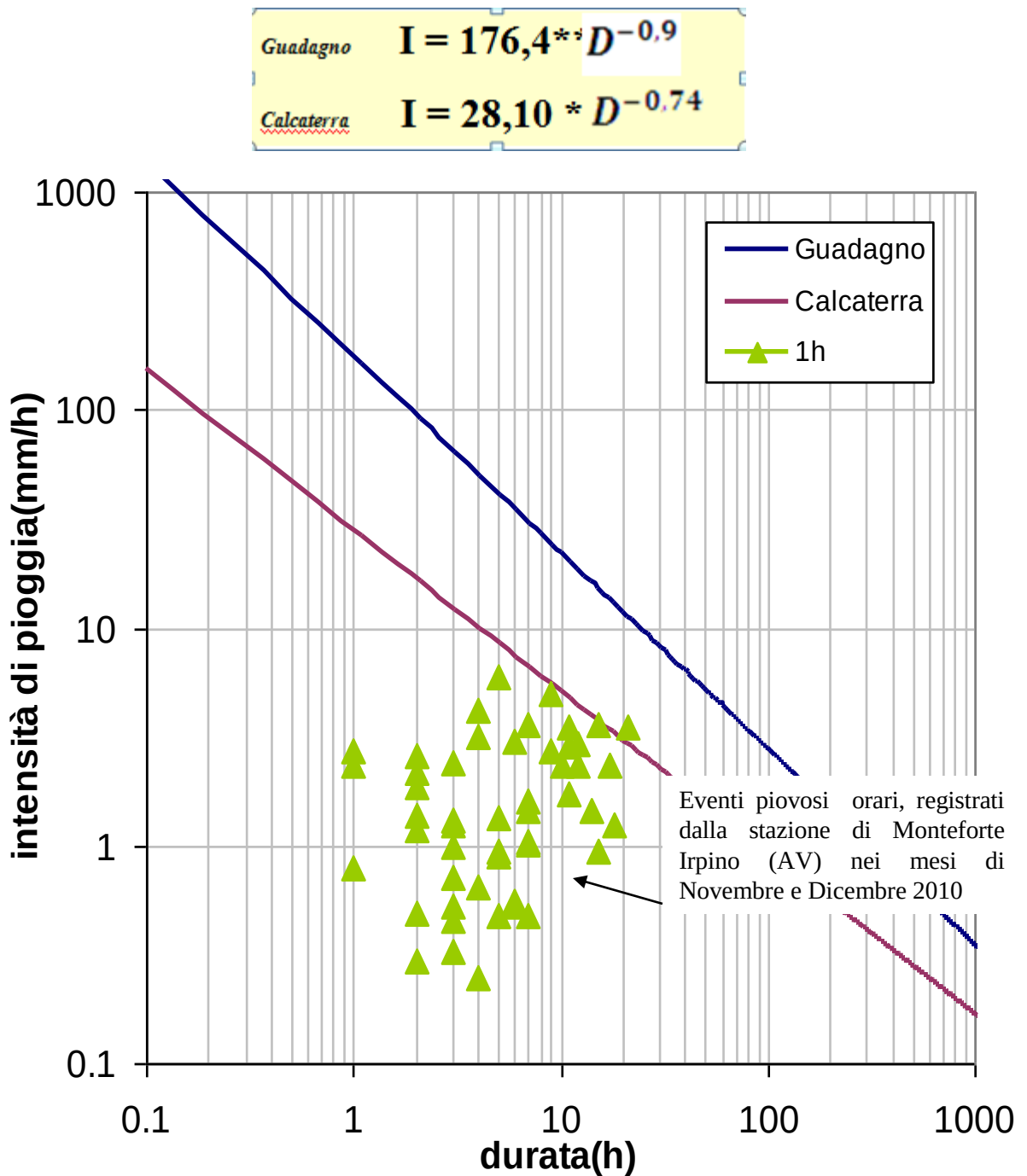


Figura 17- Soglie empiriche per la Campania

4. APPLICAZIONE AL SITO DI MONTEFORTE IRPINO: SOGLIE FISICAMENTE BASATE

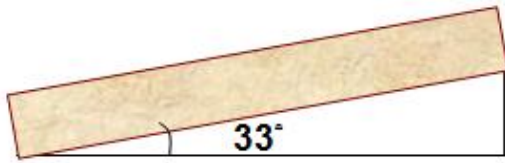


Figura 18: Profondità di infissione strumenti

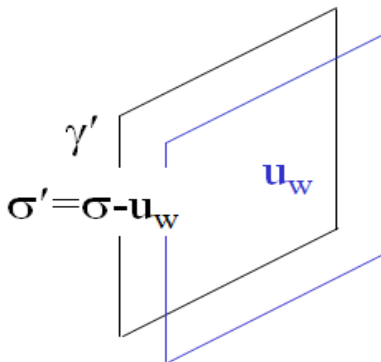
1	0.25 m
2	0.45 m
3	
4	1.66 m
	1.76 m
5	
6	3.33 m
7	
8	3.67 m

• PENDIO INDEFINITO

• CRITERIO DI RESISTENZA DI MOHR COULOMB

TERRENI SATURI

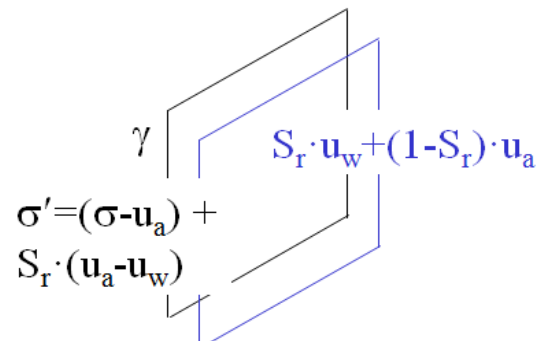
$$\tau_{\text{lim}} = c' + (\sigma - u_w) \operatorname{tg} \varphi'$$



TERRENI PARZIALMENTE SATURI

$$\tau_{\text{lim}} = c' + [(\sigma - u_a) + S_r(u_a - u_w)] \operatorname{tg} \varphi'$$

Approccio tensionale alla Bishop



$$FS = \frac{\tau_{\text{lim}}}{\tau} = \frac{c' + [(\sigma - u_a) + S_r(u_a - u_w)] \operatorname{tg} \varphi'}{\gamma z \operatorname{sen} \alpha \cos \alpha}$$

Coefficiente di sicurezza globale del pendio indefinito

terreno	G_s	γ (kN/m ³)	γ (kN/m ³)	n	S_r
1	2.68	7.99	11.91	0.69	0.58
2	2.72	7.43	12.29	0.72	0.70
4	2.61	7.07	11.94	0.72	0.68
6	2.65	7.11	12.51	0.72	0.77
7	2.46	7.93	12.18	0.67	0.65
8	2.72	10.83	15.65	0.59	0.83

Tabella 2- Proprietà fisiche adottate nella modellazione

terreno	c' [KPa]	ϕ' [°]
1		36.9
2		36.2
4		36.9
6	15	35
8	10	36

Tabella 3- Proprietà meccaniche adottate nella modellazione



$$FS = \frac{c' + [(\sigma - u_a) + Sr(u_a - u_w)] \tan \phi'}{\gamma s \sin \alpha \cos \alpha}$$

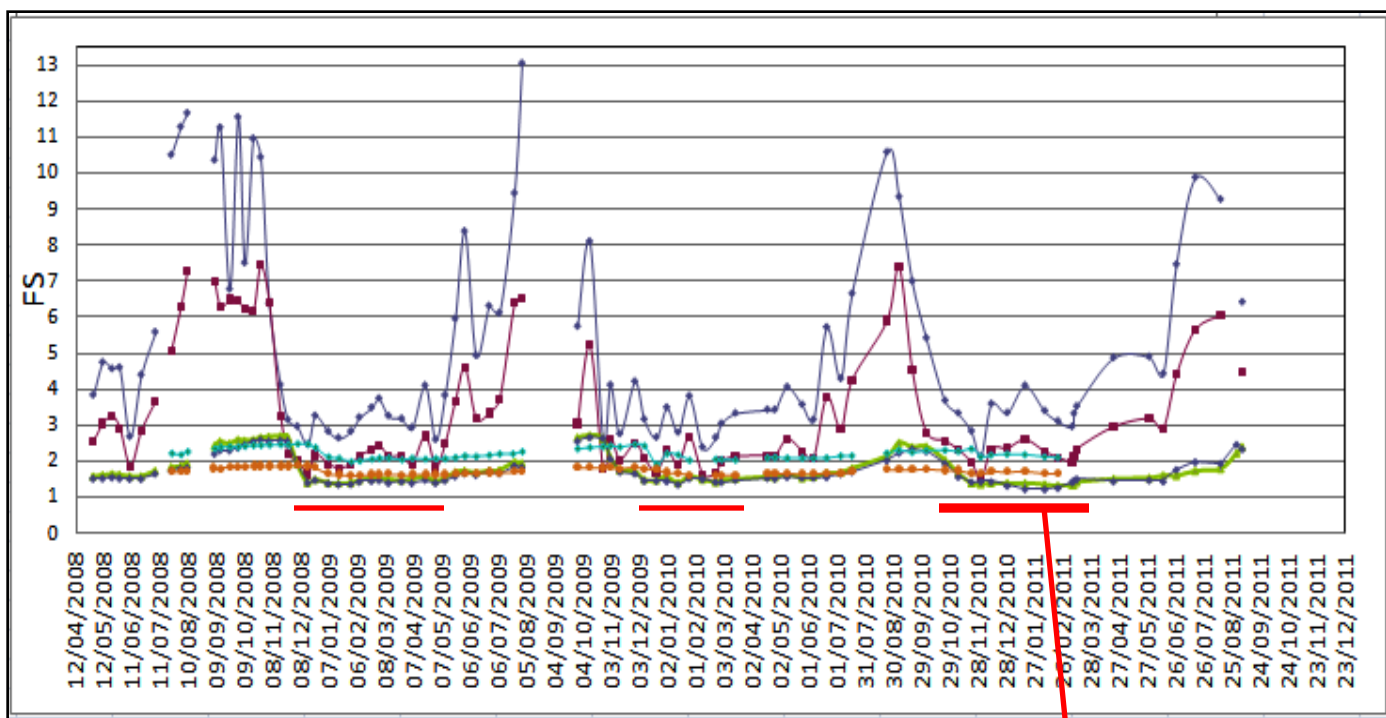


Figura 18- (FS- Tempo)

FS MIN: 1,23
06/02/2011



$$FS1 = \frac{c' + [(\sigma - u_a)] \tan \varphi'}{\gamma z \sin \alpha \cos \alpha}$$

**È PRESENTE
COESIONE**

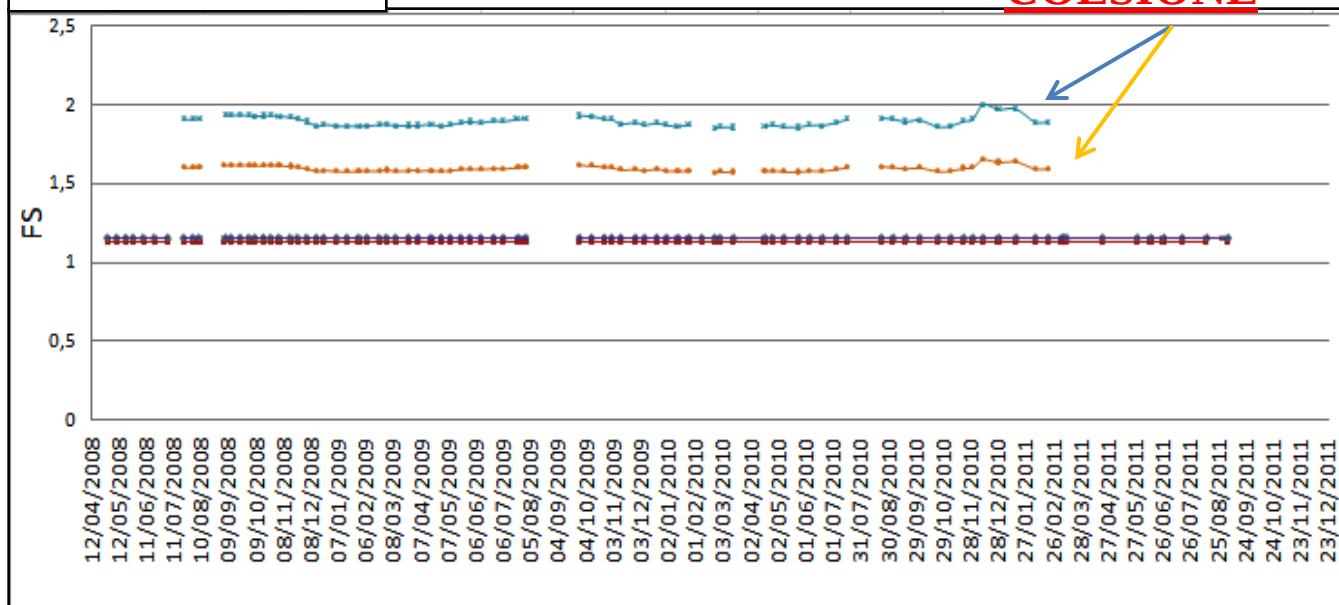


Figura 19- (FS1-Tempo)



$$FS2 = \frac{[Sr(u_a - u_w)] \tan \varphi'}{\gamma z \sin \alpha \cos \alpha}$$

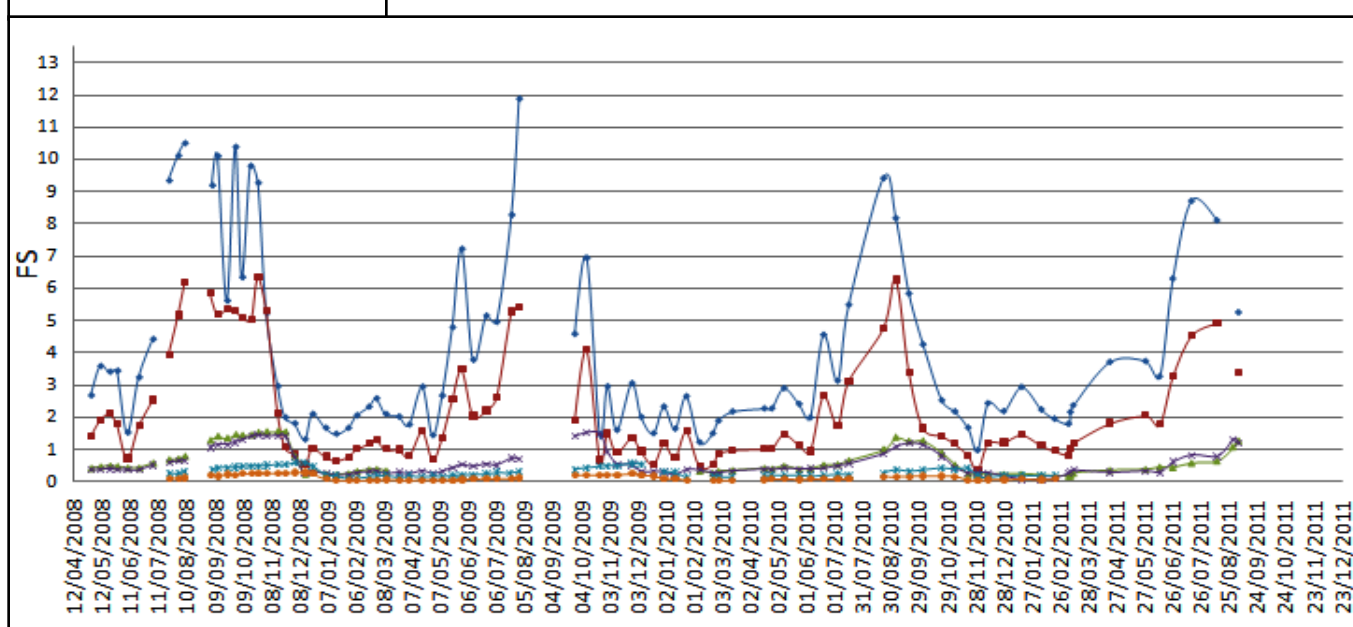


Figura 20- (FS2-Tempo)

FS- α
06/02/2011

CONDIZIONE INIZIALE

- $\alpha=33^\circ$
- FS=1,23

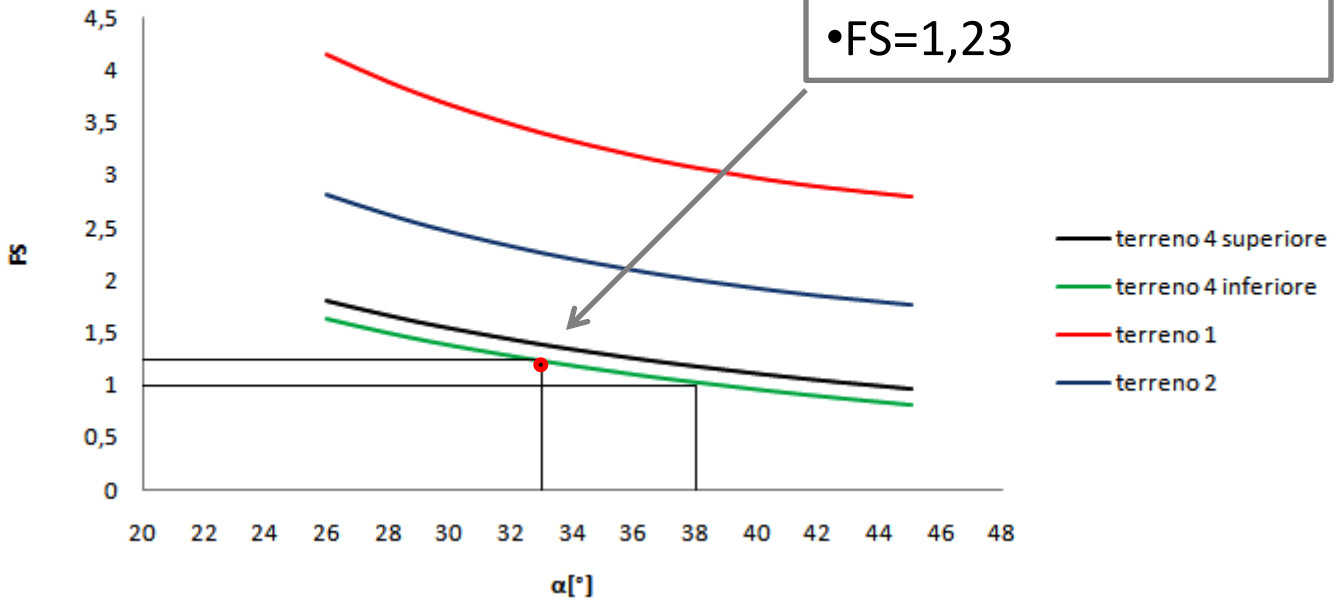


Figura 21- (FS- α)

Per $\alpha= 38^\circ$ il coefficiente di sicurezza FS, attinge il valore unitario nel terreno 4 inferiore posto a Z=1,76 m.

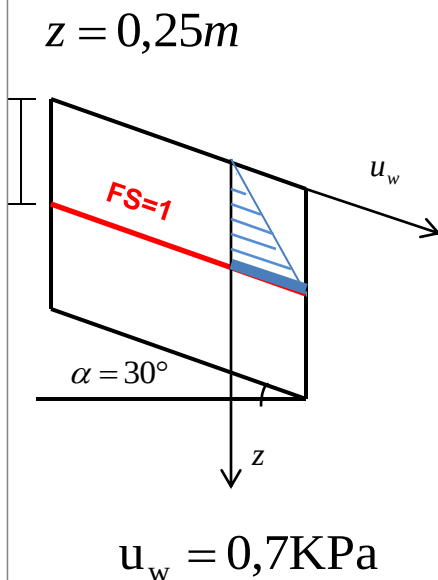
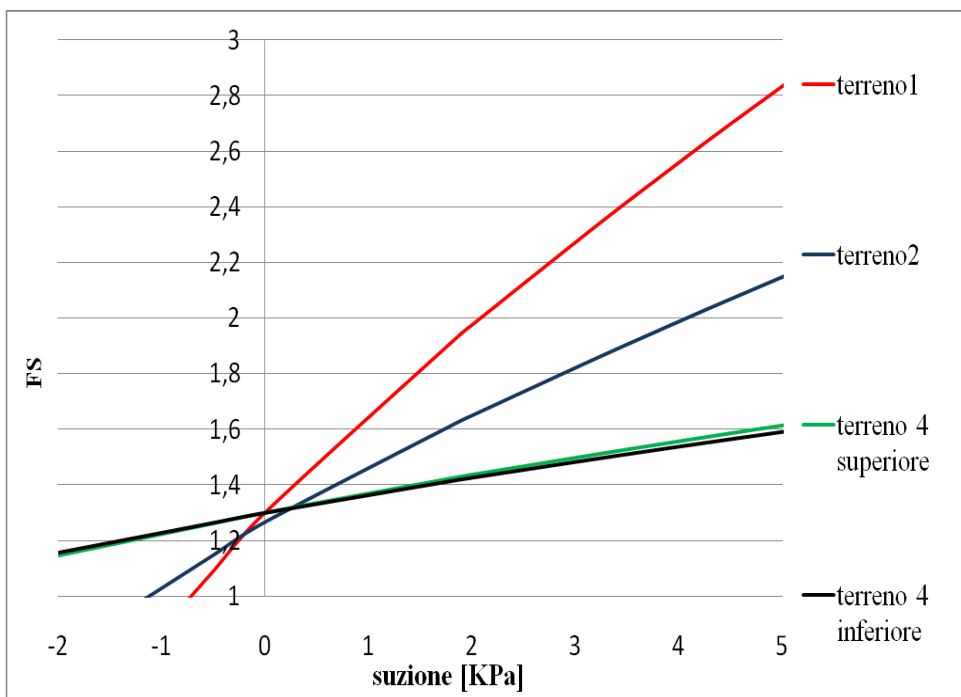


Figura 22- (FS – suzione) ; $\alpha = 30^\circ$

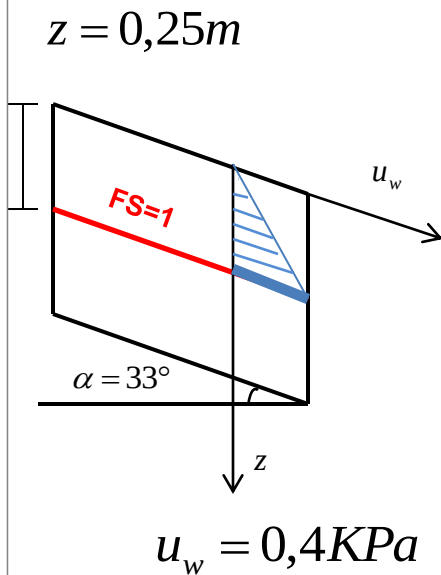
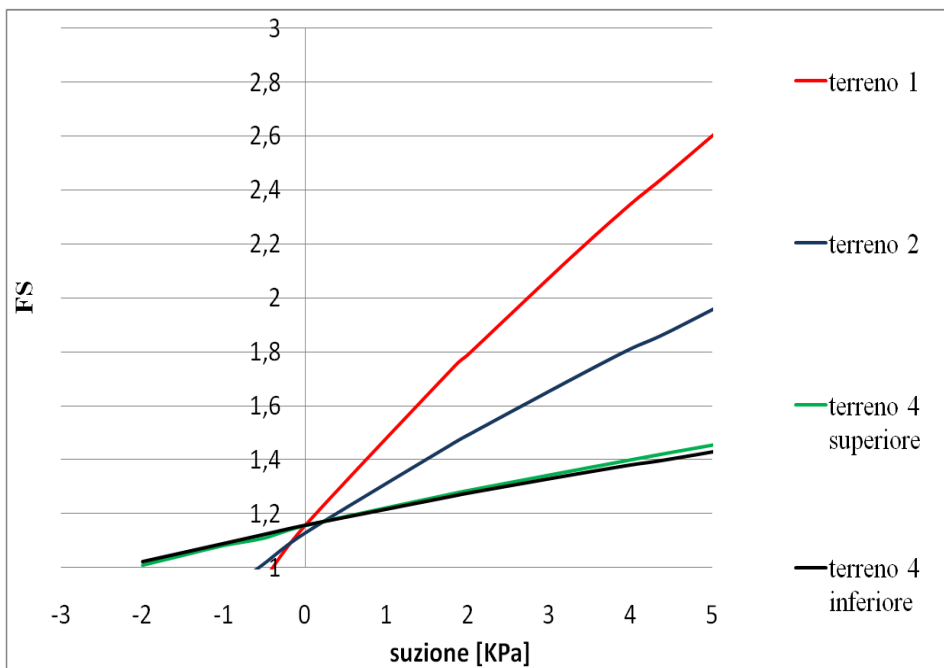
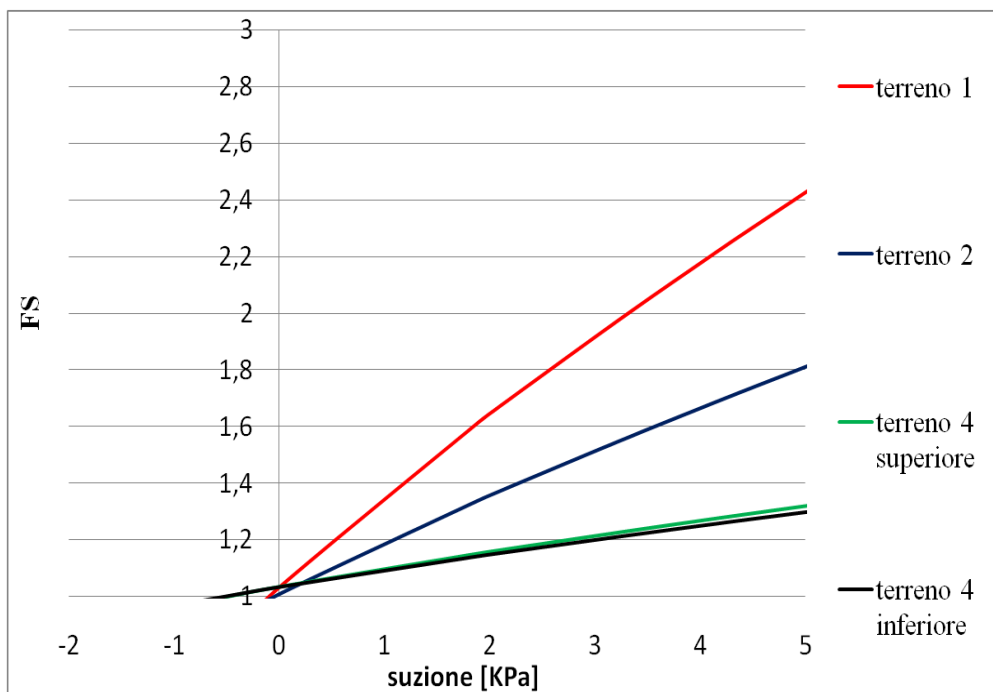
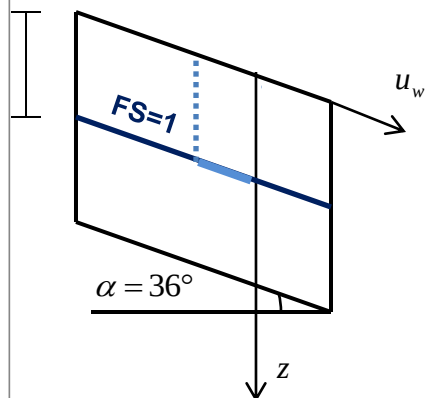


Figura 23- (FS -suzione) ; $\alpha = 33^\circ$

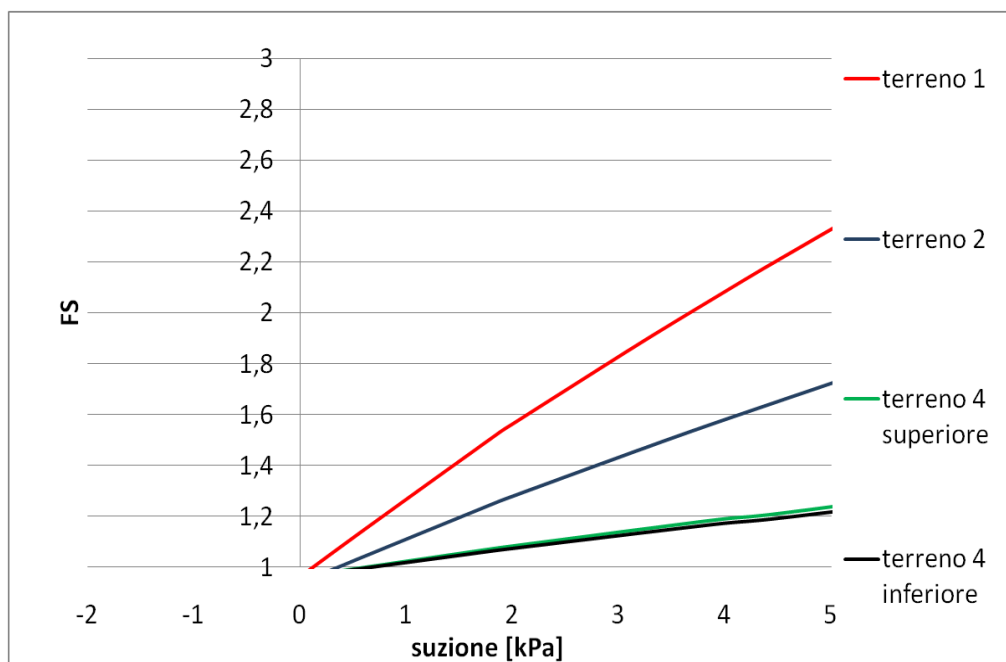


$z = 0,45m$

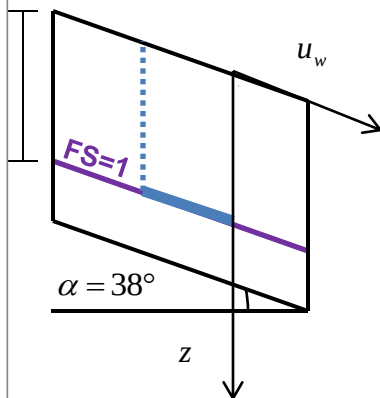


$$u_a - u_w = 0,1 KPa$$

Figura 24- (FS -suzione) ; $\alpha=36^\circ$



$z = 1,76m$



$$u_a - u_w = 0,6 KPa$$

Figura 25- (FS -suzione) ; $\alpha=38^\circ$

CONCLUSIONI

Le soglie derivanti da modelli su base fisica sono un'alternativa alle soglie empiriche che rappresentano il criterio per la previsione di frane meteo-indotte maggiormente diffuso.

• SVANTAGGI

Estremamente complesse da determinare poiché richiedono conoscenze dettagliate su tutte le variabili in gioco e sulle loro interazioni.

• VANTAGGI

Tendono in prospettiva all'analisi completa del fenomeno fisico



Sono un'opzione per le aree densamente popolate sotto la minaccia costante di frane.

PROSPETTIVE FUTURE:

Messa a punto di soglie semplificate come quelle empiriche ma che tengano conto di tutte le proprietà del terreno che influenzano l'innesco di frana.