

stabilizzazione dei pendii mediante sistemi di drenaggio



Sebastiano Rampello



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

sistemi di drenaggio

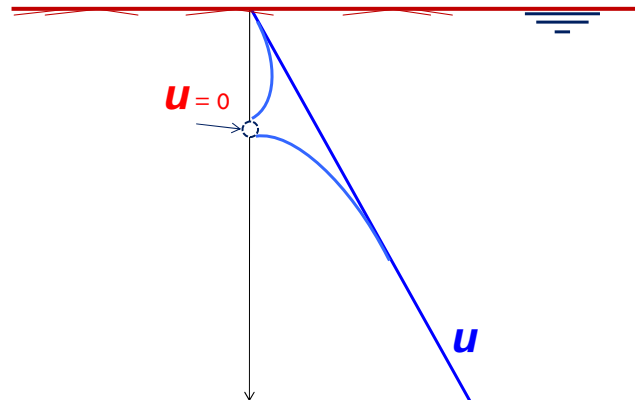
un sistema di drenaggio è costituito da un insieme di elementi di elevata permeabilità (trincee, fori, pozzi, gallerie)

l'elevata permeabilità dei materiali che costituiscono un sistema di drenaggio e la geometria del sistema consentono l'allontanamento dell'acqua drenata dal terreno circostante e garantiscono che l'aria e l'acqua presenti nel sistema rimangano in equilibrio con la pressione atmosferica esterna ($u = 0$).

in un terreno a grana fine sotto falda l'inserimento di elementi drenanti può ridurre significativamente il regime delle pressioni interstiziali

sistemi di drenaggio

in un terreno a grana fine sotto falda l'inserimento di elementi drenanti può ridurre significativamente il regime delle pressioni interstiziali



condizioni di stabilità di un pendio

le condizioni di stabilità di un pendio sono in genere espresse mediante il rapporto tra la resistenza al taglio disponibile ($\tau_f = c' + \sigma' \tan \varphi'$) e lo sforzo di taglio τ_m agenti sulla superficie di scorrimento effettiva o potenziale ...

- condizioni di stabilità di un pendio

$$\tau_f / \tau_m$$

condizioni di stabilità di un pendio

- un miglioramento delle condizioni di stabilità può essere ottenuto da un incremento della resistenza al taglio
- un incremento della resistenza al taglio è ottenibile da un incremento delle tensioni efficaci normali alla superficie di scorrimento
- una riduzione delle pressioni interstiziali produce un incremento delle tensioni efficaci

• riduzione u \rightarrow incremento $\sigma' = \sigma - u$

\downarrow

incremento $\tau_f = c' + \sigma' \tan \varphi'$

condizioni di stabilità di un pendio

la stabilizzazione di un pendio in terreni coesivi saturi può essere ottenuta mediante la realizzazione di un sistema di drenaggio con l'obiettivo di produrre una riduzione delle pressioni interstiziali lungo la superficie di scorrimento...

- obiettivo di un sistema di drenaggio:
ridurre le u

condizioni di stabilità di un pendio

- condizioni di stabilità di un pendio

$$\tau_f / \tau_m$$

- riduzione u \longrightarrow incremento $\sigma' = \sigma - u$

$$\text{incremento } \tau_f = c' + \sigma' \tan \varphi'$$

- obiettivo di un sistema di drenaggio:
ridurre le u

sistemi di drenaggio per la stabilizzazione dei pendii

l'utilizzazione di un sistema di drenaggio per la stabilizzazione di un pendio ha senso se le pressioni u giocano un ruolo importante nelle condizioni di stabilità del pendio

il progetto di un sistema di drenaggio può avvenire solo dopo aver ricostruito, con rilievi, misure, indagini in sito e in laboratorio un modello geotecnico del movimento franoso

il dimensionamento di un sistema di drenaggio presenta notevoli difficoltà e incertezze; la distribuzione delle pressioni interstiziali in un pendio è infatti influenzata dal regime delle piogge, dai livelli di infiltrazione ed evapotraspirazione, dalla presenza di superfici di discontinuità, dalla disomogeneità e anisotropia dei terreni nei riguardi della permeabilità, dalle condizioni idrauliche al contorno, ...

dimensionamento dei drenaggi spesso improntato da un sostanziale empirismo

sistemi di drenaggio per la stabilizzazione dei pendii

... introducendo delle ipotesi semplificative sulle condizioni di flusso e sulla geometria del problema, è possibile pervenire ad una progettazione razionale e cautelativa di un intervento di drenaggio, attraverso l'analisi del processo di filtrazione da esso indotto

elementi di dimensionamento teorico che partono dall'analisi del processo di filtrazione indotto dai drenaggi

efficienza di un sistema di drenaggio

- ... il funzionamento di un intervento di drenaggio non è necessariamente connesso con l'abbassamento della superficie libera della falda né tantomeno con il prosciugamento del terreno
- ... è sufficiente modificare le condizioni di flusso in modo che le pressioni interstiziali si riducano L'efficacia di un sistema drenante non è legata alla quantità di acqua allontanata, ma alle variazioni di pressioni interstiziali prodotte...

efficienza di un sistema di drenaggio

efficienza di un sistema di drenaggio

~~abbassamento falda~~

~~prosciugamento terreno~~

~~quantità di acqua allontanata~~

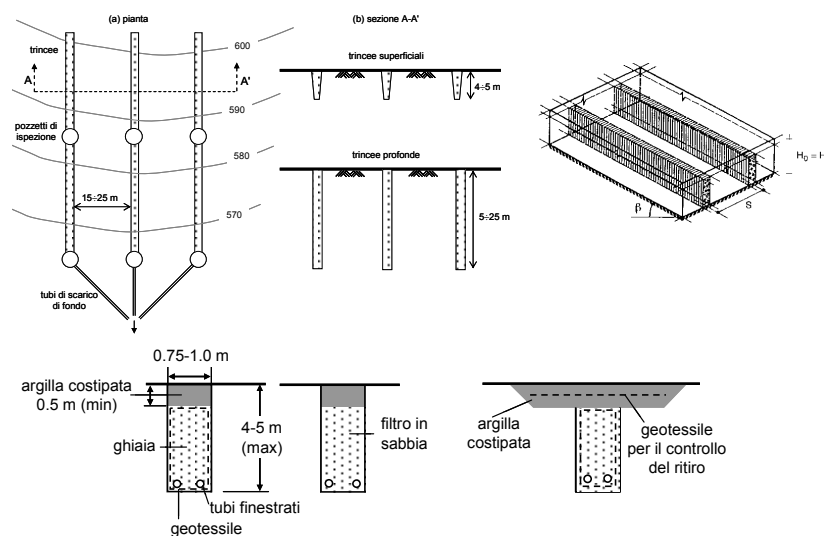
riduzione delle pressioni interstiziali

~~... The stability of slopes is clearly improved by lowering the water table, and possibly by reducing the moisture content, resulting in higher strength of the material.~~

**EFFICACI INTERVENTI DI DRENAGGIO NON PRODUCONO
NECESSARIAMENTE QUESTI EFFETTI**



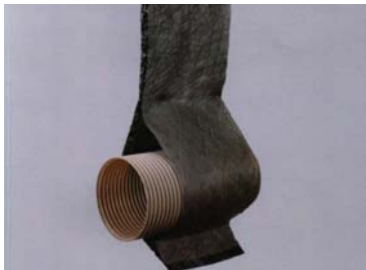
tipologie sistemi di drenaggio: trincee drenanti



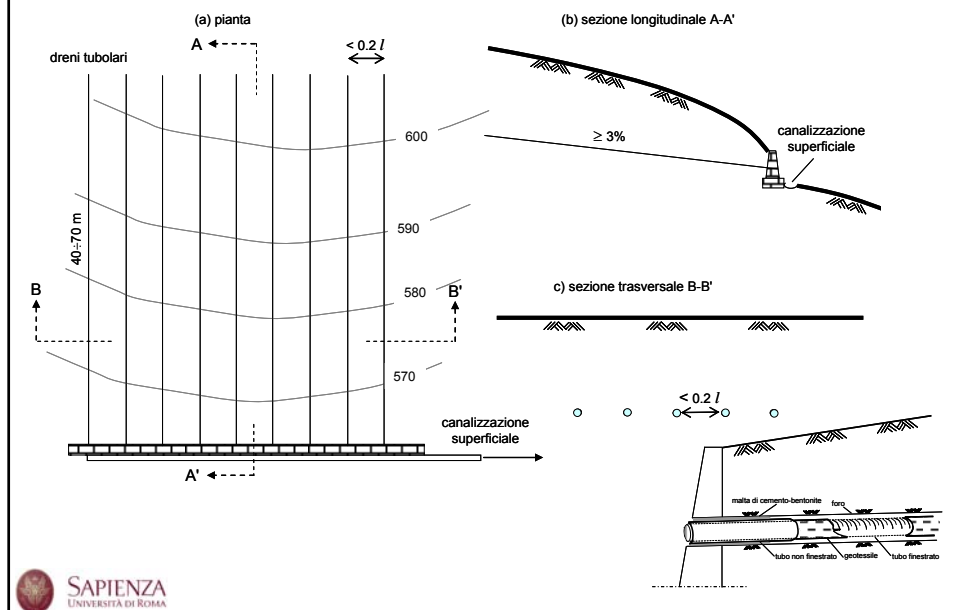
trincee drenanti



trincee drenanti



tipologie sistemi di drenaggio: dreni tubolari



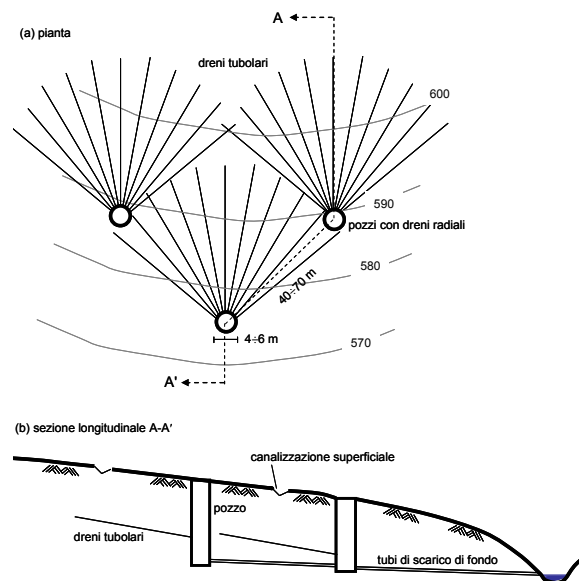
dreni tubolari



dreni tubolari



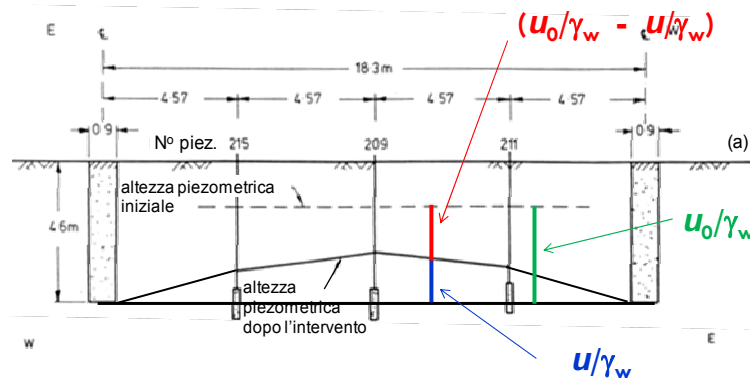
tipologie sistemi di drenaggio: dreni tubolari



dreni tubolari



efficienza idraulica



$$\text{efficienza idraulica } E_{idr} = \frac{u_0 - u}{u_0}$$

efficienza dei drenaggi

$$F_0 = \frac{\tau_{f0}}{\tau} = \frac{c' + (\sigma - u_0) \tan \varphi'}{\tau}$$

$$F = \frac{\tau_f}{\tau} = \frac{c' + (\sigma - u) \tan \varphi'}{\tau}$$

$$\Delta F = \frac{\tau_f - \tau_{f0}}{\tau} = \frac{(u_0 - u) \tan \varphi'}{\tau}$$

$$\Delta F_{\max} = \frac{\tau_f - \tau_{f0}}{\tau} = \frac{u_0 \tan \varphi'}{\tau}$$

$$\text{efficienza } E = \frac{\Delta F}{\Delta F_{\max}} = \frac{u_0 - u}{u_0} = E_{idr}$$

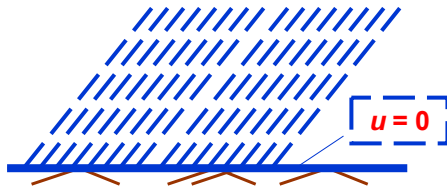
filtrazione indotta da un processo di drenaggio: equazione di governo

- supponendo trascurabili le variazioni di tensione totale $\sigma = \text{cost.}$
- soluzione disaccoppiata
- equazione della consolidazione di Terzaghi Rendulic

$$k_x \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + k_y \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} + k_z \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = \gamma_w \frac{3(1-\nu')}{E'} \frac{\partial h}{\partial t}$$

$$k_x \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + k_y \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} + k_z \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0$$

il processo di drenaggio: **condizioni al contorno**



pioggia intensa

$$q_{\text{pioggia}} > k_v$$

lama d'acqua

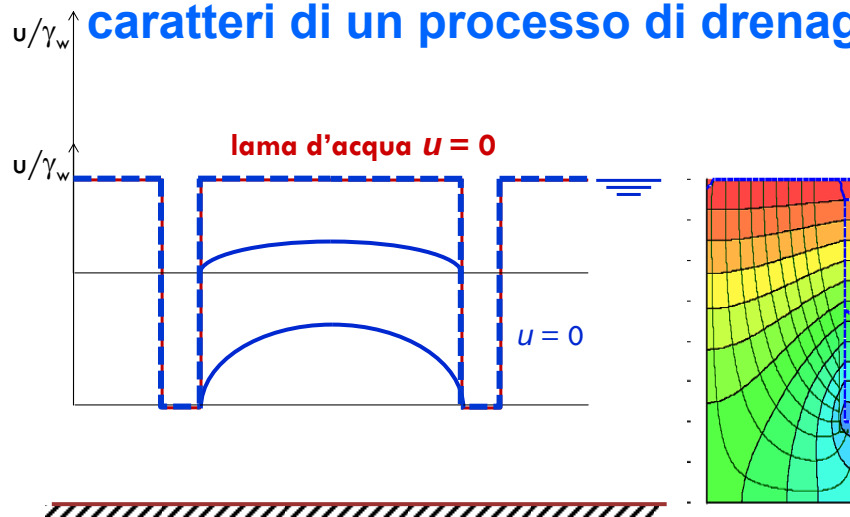


assenza di pioggia

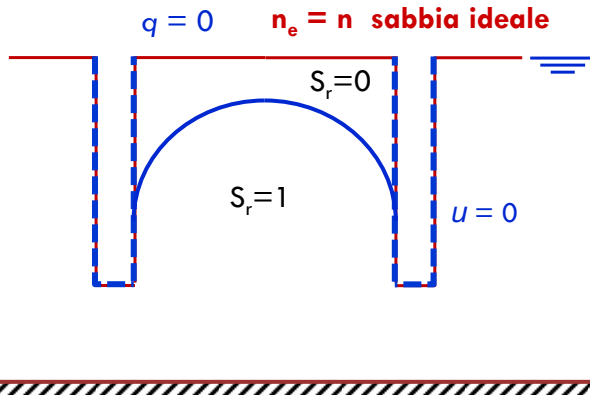
$$q = 0$$

porosità efficace n_e

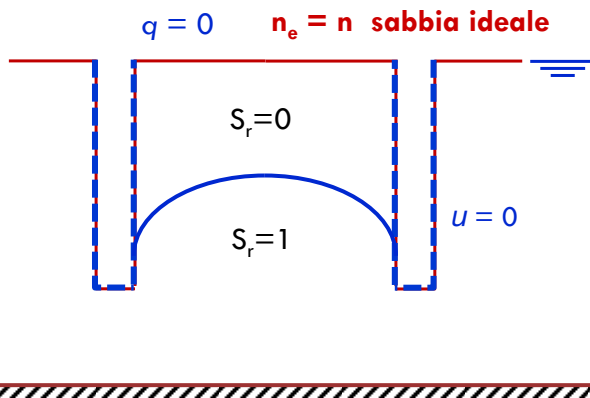
caratteri di un processo di drenaggio



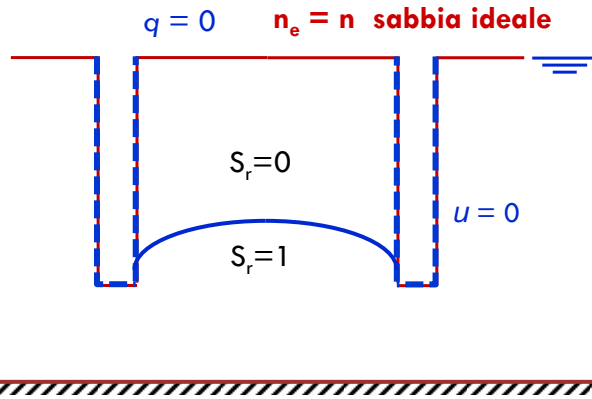
caratteri di un processo di drenaggio



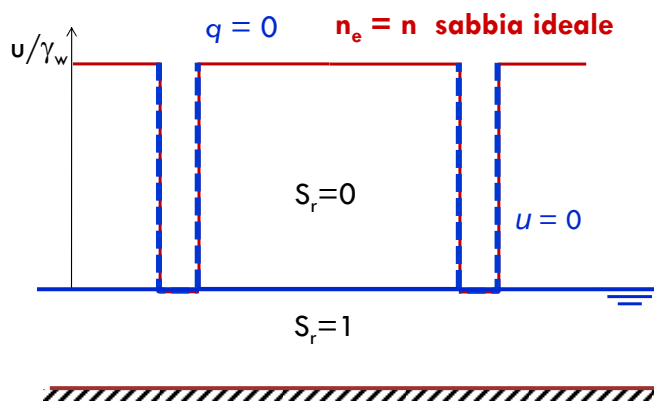
caratteri di un processo di drenaggio

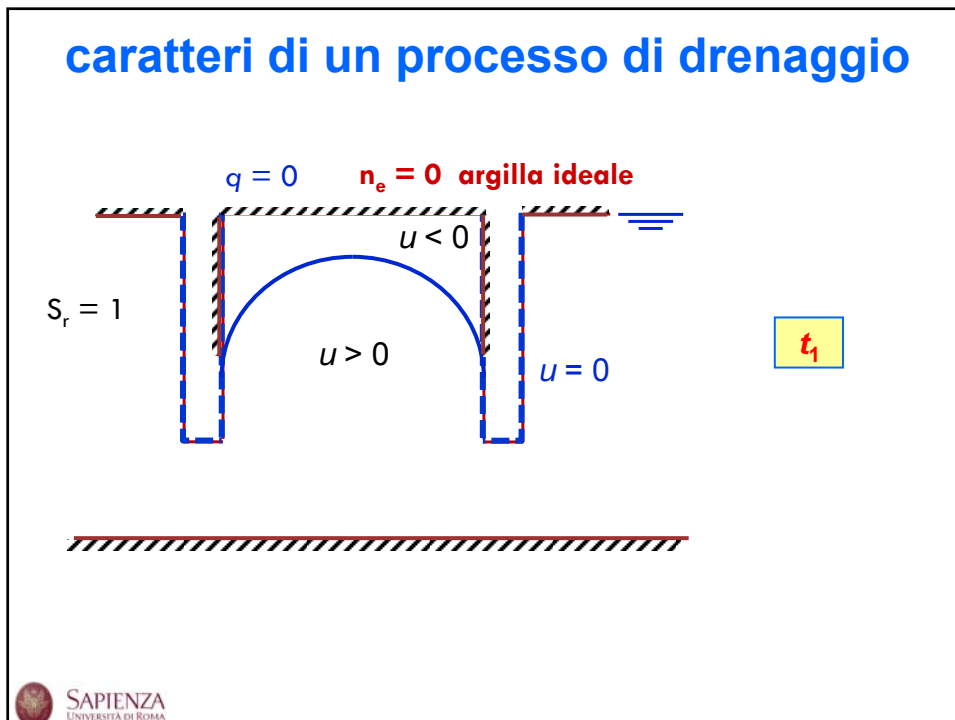
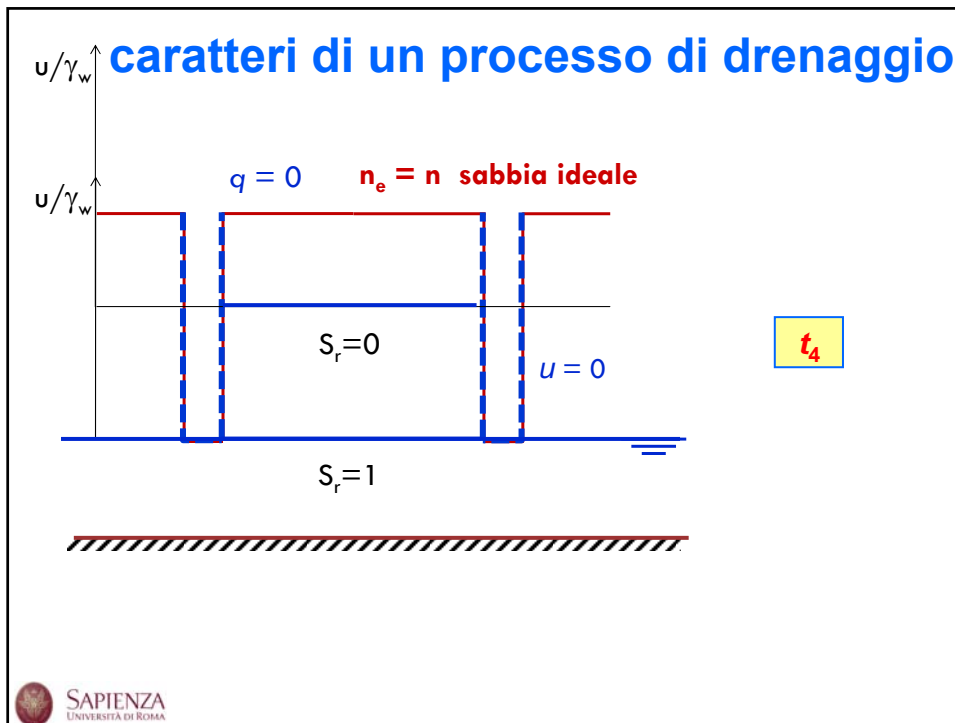


caratteri di un processo di drenaggio

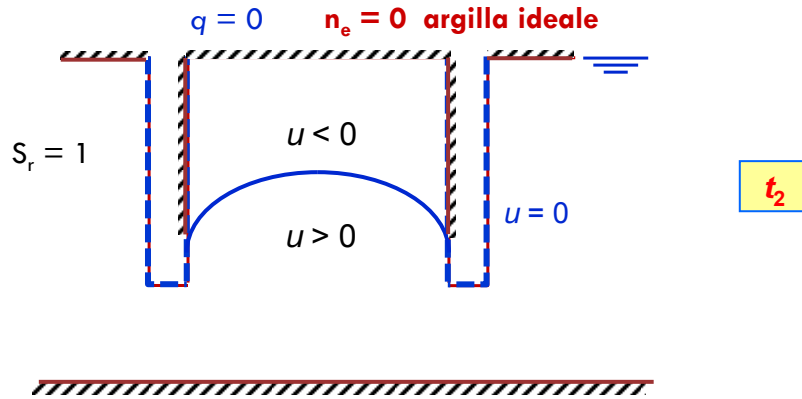


caratteri di un processo di drenaggio

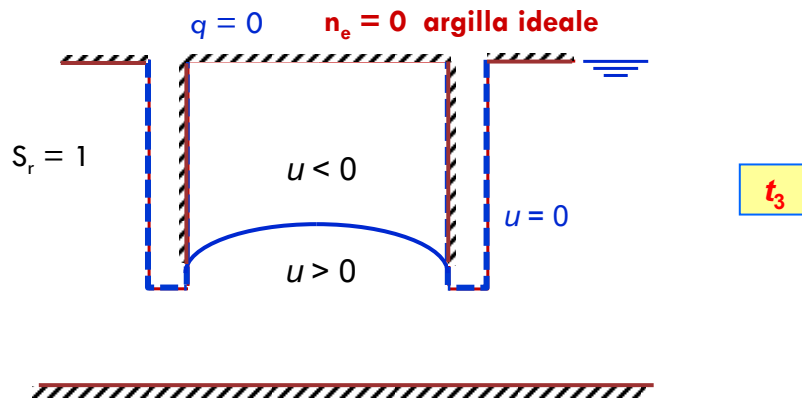




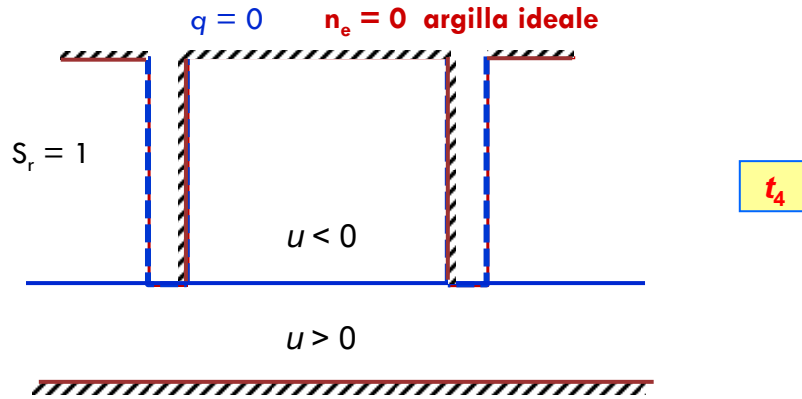
caratteri di un processo di drenaggio



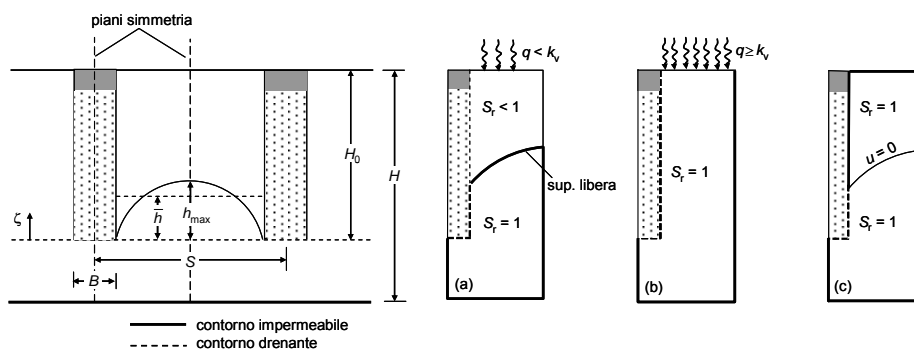
caratteri di un processo di drenaggio



caratteri di un processo di drenaggio

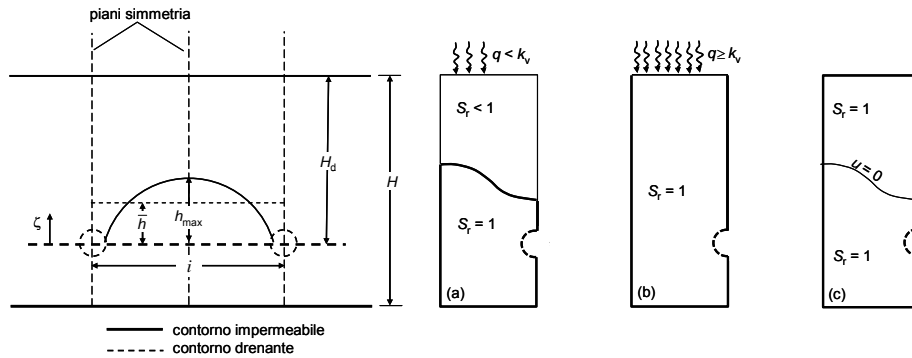


caratteri di un processo di drenaggio



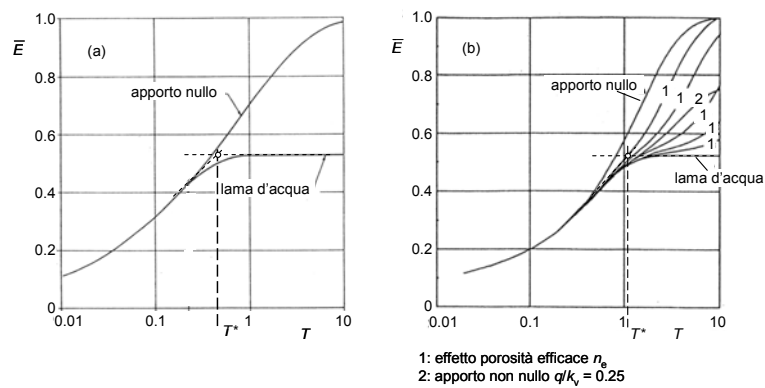
trincee drenanti

caratteri di un processo di drenaggio



dreni tubolari

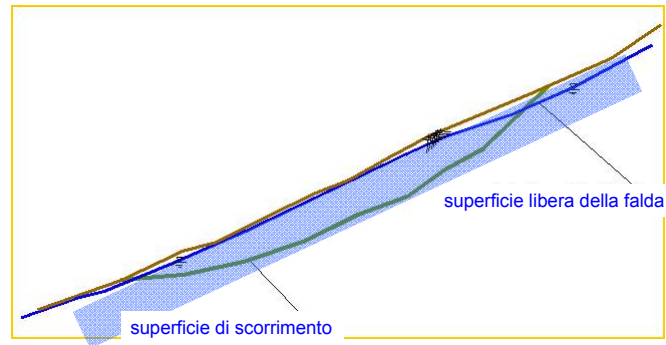
evoluzione temporale dell'efficienza



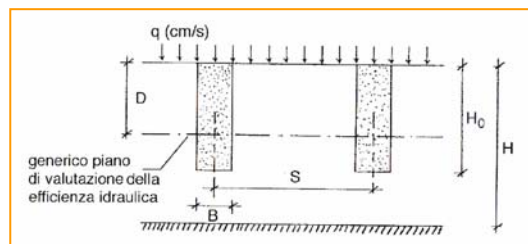
trincee drenanti
(Di Maio e Viggiani, 1987)

dreni tubolari
(Burghignoli e Desideri, 1987)

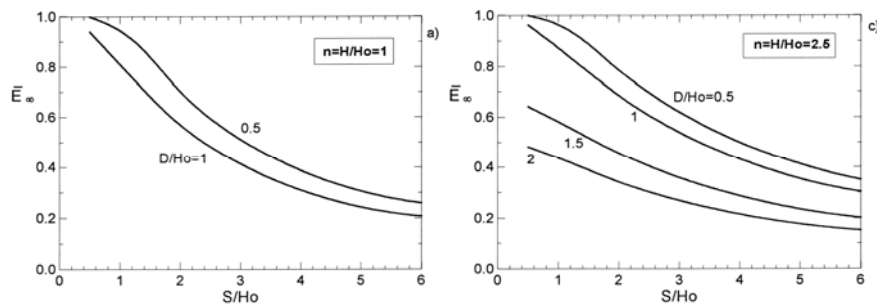
dimensionamento delle trincee drenanti



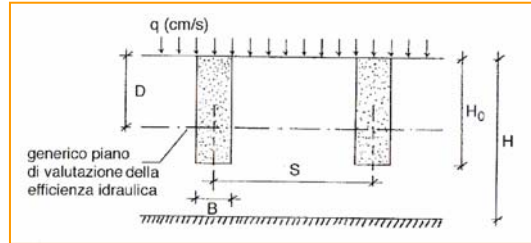
dimensionamento delle trincee drenanti



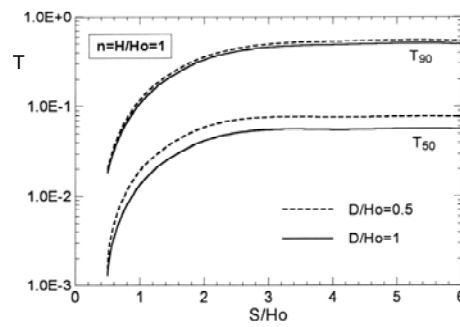
Desideri et al., 1997



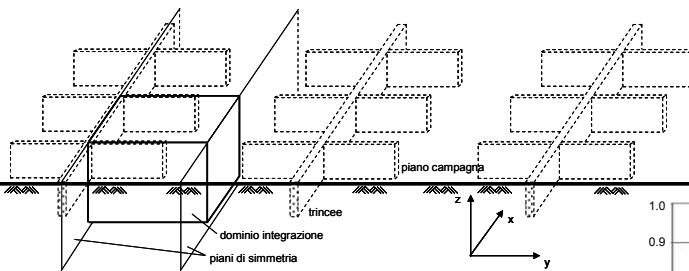
dimensionamento delle trincee drenanti



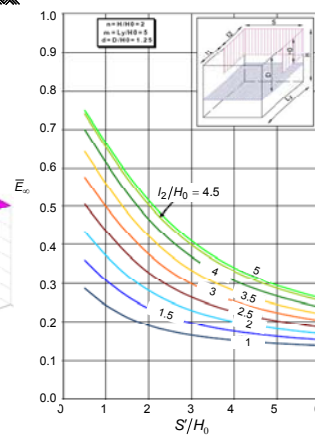
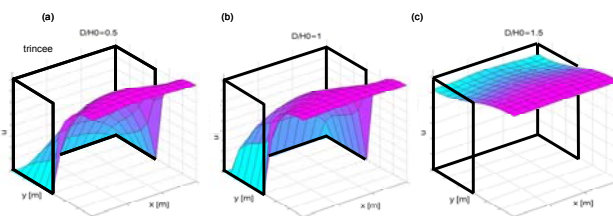
Desideri et al., 1997



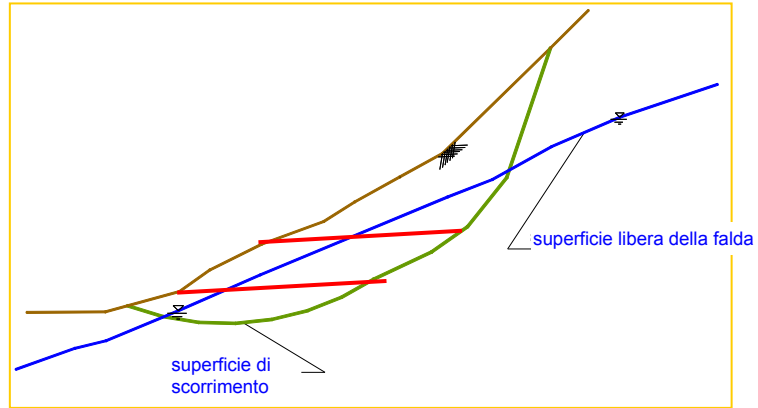
dimensionamento delle trincee drenanti



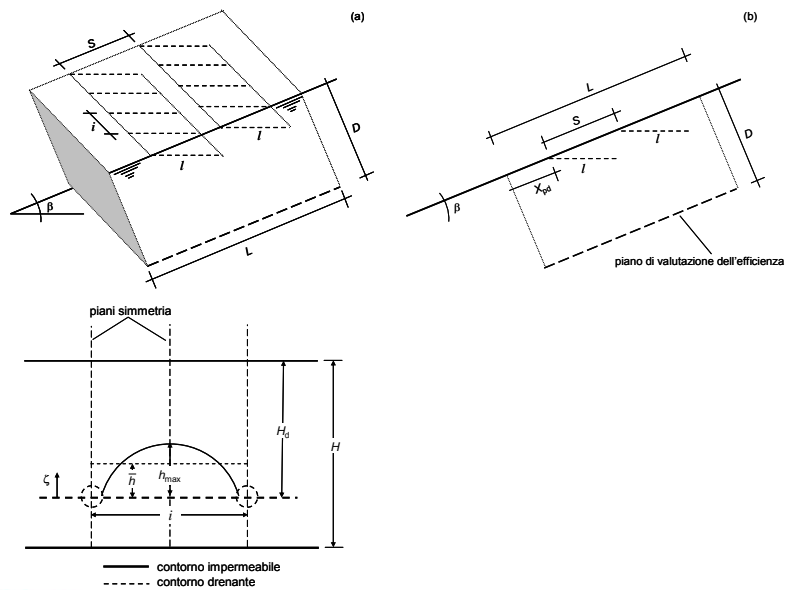
Pun e Urcioli, 2008



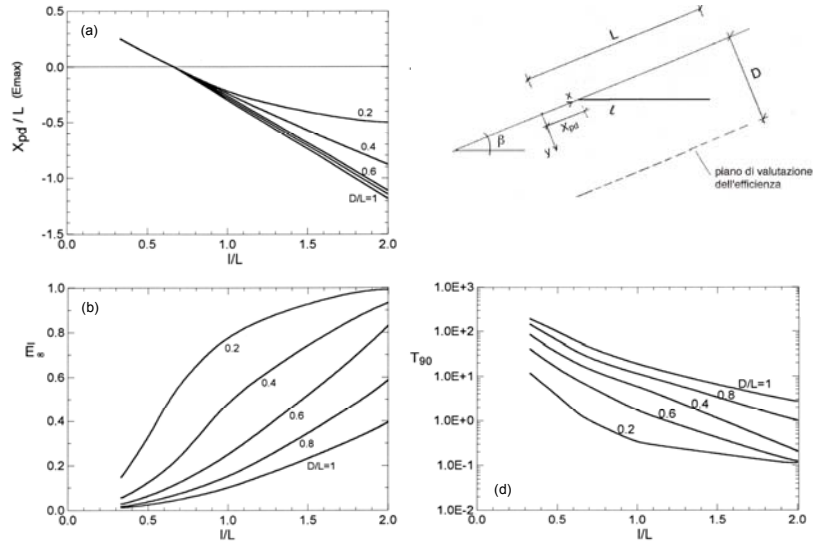
dimensionamento dei dreni tubolari



dimensionamento dei dreni tubolari



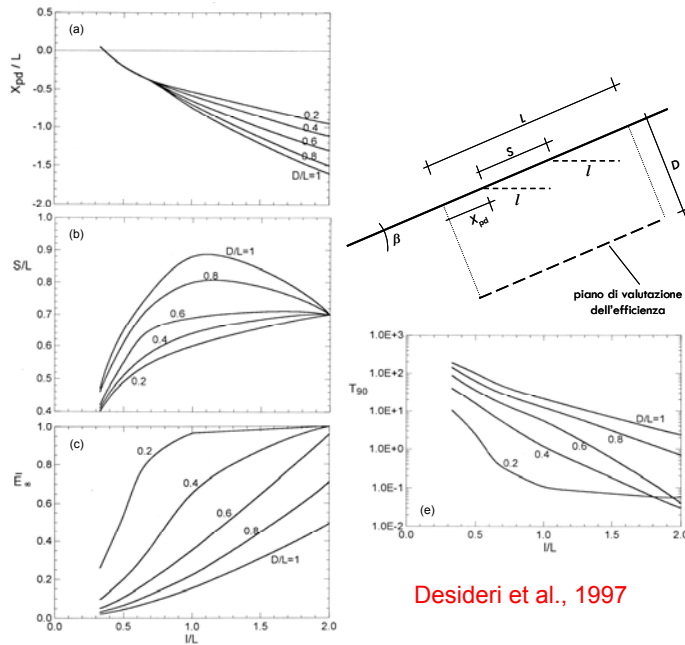
dimensionamento dei dreni tubolari



Desideri et al., 1997



dimensionamento dei dreni tubolari



Desideri et al., 1997

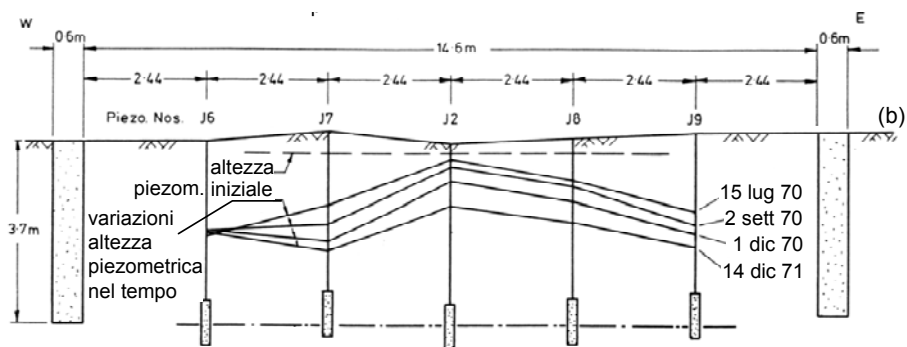


casi reali – trincee drenanti

comportamento osservato per sistemi di trincee drenanti
efficienza media riferita alla base delle trincee (Hutchinson, 1977)

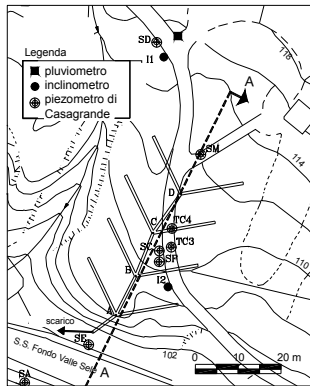
Sito	Geometria dell'intervento					Tempo (anni)	Valori osservati di \bar{E}		
	β (°)	B (m)	S (m)	H_0 (m)	S/H_0		\bar{E}	$H/H_0 = 1$	$H/H_0 = 1.5$
Bredon Hill	14	0.8	12.1	3.0	4.03	1.2	0.74	0.31	0.40
Sevenoaks	7	0.9	18.3	4.6	3.98	2.2	0.71	0.31	0.40
Guildford	7	0.8	16.1	5.0	3.22	10.5	0.55	0.38	0.49
Hodson	5	0.6	9.10	3.7	2.46	1.5	0.57	0.48	0.58
Hodson	5	0.6	9.10	3.7	2.46	1.5	0.70	0.48	0.58
Burderop Wood	6	0.6	12.2	3.7	3.30	1.6	0.55	0.38	0.49
Burderop Wood	6	0.6	25.6	3.7	6.92	1.6	0.35	0.20	0.28
Boulby	14	0.5	11.5	5.2	2.21	5.8	0.60	0.52	0.63
Boulby	15	0.5	6.50	5.5	1.18	5.9	0.74	0.74	0.83
Barnsdale	11	0.7	12.0	3.5	3.43	0.7	0.70	0.37	0.48
Barnsdale	7	0.7	12.0	5.0	2.40	0.4	0.34	0.49	0.61

casi reali – trincee drenanti

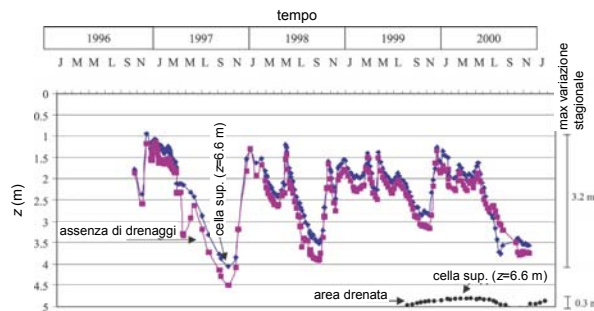


(Hutchinson, 1977)

trincee drenanti – frana di Contursi

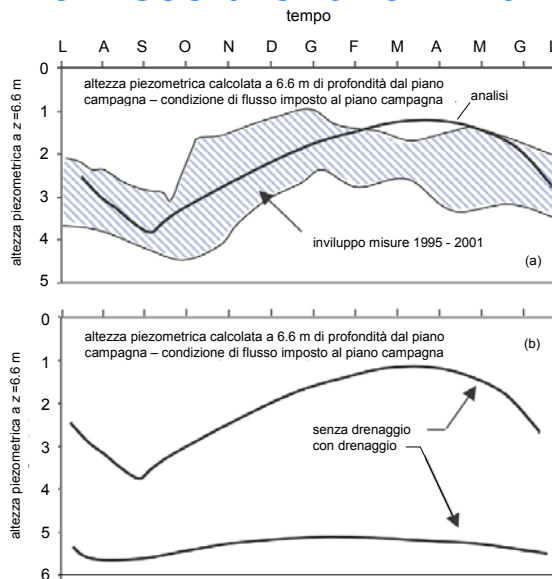


(Pellegrino et al., 2004)



complesso argilloso-marnoso delle Argille Varicolori

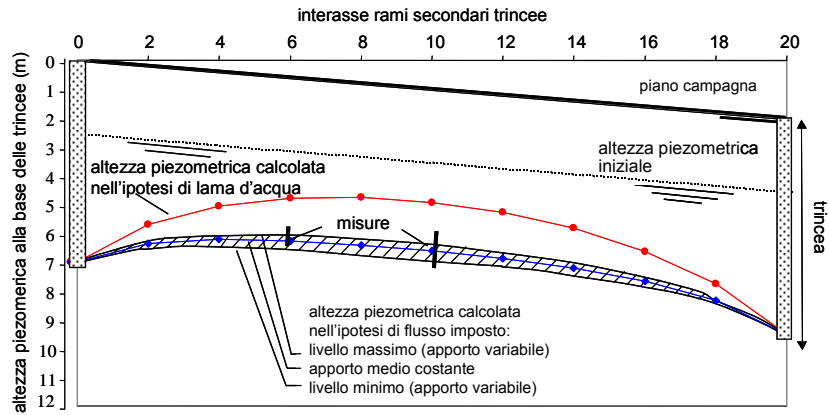
trincee drenanti – frana di Contursi



D'Acunto e Urcioli, 2006

trincee drenanti – frana di Contursi

D'Acunto e Urcioli, 2006

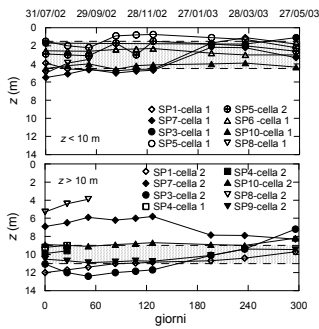
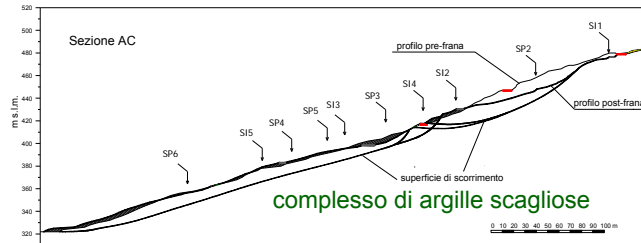
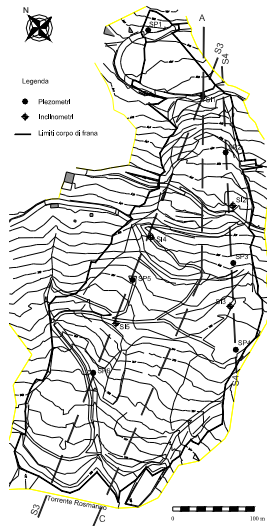


dreni tubolari – frana di Alcara Li Fusi



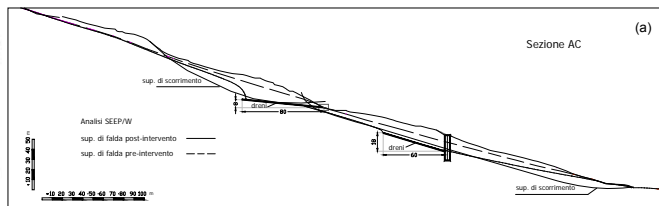
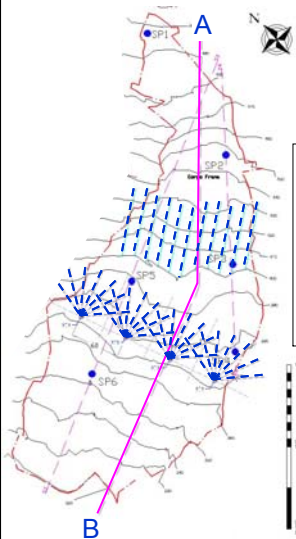
Rampello e Sciotti, 2004

dreni tubolari – frana di Alcara Li Fusi



Rampello e Sciotti, 2004

dreni tubolari – frana di Alcara Li Fusi



Rampello e Sciotti, 2004

elementi di sintesi

- il progetto di un sistema di drenaggio non può prescindere da una accurata ricostruzione del movimento franoso e del regime delle pressioni interstiziali
- obiettivo di un sistema di drenaggio è la riduzione delle pressioni interstiziali
- l'efficienza idraulica coincide con l'efficienza in termini di incremento del coefficiente di sicurezza
- lo studio del problema idraulico permette di stimare l'efficienza del sistema di drenaggio nella stabilizzazione del pendio
- in letteratura sono presenti i risultati di studi parametrici che, con forti ipotesi semplificative, analizzano il processo di drenaggio indotto da sistemi di diversa geometria
- i risultati di questi studi possono essere utilizzati per dimensionamenti di massima di un sistema di drenaggio



Analisi, Valutazione e Mitigazione del Rischio Idrogeologico (AVAMIRI)
Master Universitario di II livello
Università degli Studi di Udine – Facoltà di Ingegneria

stabilizzazione dei pendii mediante sistemi di drenaggio



Sebastiano Rampello

