



# L'ORDINE DEI GEOLOGI DELLE MARCHE

in collaborazione con



organizza il **CONVEGNO CONGIUNTO** in

**OPERE GEOTECNICHE E MATERIALI GEOSINTETICI  
NEL CONTRASTO ALL'EROSIONE COSTIERA, FLUVIALE E DI VERSANTE**

**14 LUGLIO 2023**

Cosmopolitan Business Hotel, via De Gasperi n. 2, Civitanova Marche

*Ing. Maurizio Ponte*

*Pannelli drenanti prefabbricati per la mitigazione del dissesto idrogeologico:  
approccio dimensionale e caso applicativo*

## Interventi di stabilizzazione: generalità

*Supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale", n. 42 del 20 febbraio 2018 - Serie generale*

*Spediz. abb. post. - art. 1, comma 1  
Legge 27-02-2004, n. 46 - Filiale di Roma*

**GAZZETTA**  **UFFICIALE**  
**DELLA REPUBBLICA ITALIANA**

*PARTE PRIMA*

Roma - Martedì, 20 febbraio 2018

SI PUBBLICA TUTTI I  
GIORNI NON FESTIVI

DIREZIONE E REDAZIONE PRESSO IL MINISTERO DELLA GIUSTIZIA - UFFICIO PUBBLICAZIONE LEGGI E DECRETI - VIA ARENULA, 70 - 00186 ROMA  
AMMINISTRAZIONE PRESSO L'ISTITUTO POLIGRAFICO E ZECCA DELLO STATO - VIA SALARIA, 691 - 00138 ROMA - CENTRALINO 06-85081 - LIBRERIA DELLO STATO  
PIAZZA G. VERDI, 1 - 00198 ROMA

### MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI

DECRETO 17 gennaio 2018.

**Aggiornamento delle «Norme tecniche per  
le costruzioni».**

## Interventi di stabilizzazione: generalità

### **CAPITOLO 6 - PROGETTAZIONE GEOTECNICA**

---

- 6.3. STABILITÀ DEI PENDII NATURALI**
- 6.3.1. PRESCRIZIONI GENERALI**
- 6.3.2. MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL PENDIO**
- 6.3.3. MODELLAZIONE GEOTECNICA DEL PENDIO**
- 6.3.4. VERIFICHE DI SICUREZZA**
- 6.3.5. INTERVENTI DI STABILIZZAZIONE**
- 6.3.6. CONTROLLI E MONITORAGGIO**

## Interventi di stabilizzazione: generalità

### 6.3.4. VERIFICHE DI SICUREZZA

Le verifiche di sicurezza devono essere effettuate con metodi che tengano conto del tipo di frana e dei possibili cinematismi, considerando forma e posizione della eventuale superficie di scorrimento, le proprietà meccaniche dei terreni e degli ammassi rocciosi e il regime delle pressioni interstiziali.

Nel caso di pendii in frana le verifiche di sicurezza devono essere eseguite lungo le superfici di scorrimento che meglio approssimano quella/e riconosciuta/e con le indagini.

Negli altri casi, la verifica di sicurezza deve essere eseguita lungo superfici di scorrimento cinematicamente possibili, in numero sufficiente per ricercare la superficie critica alla quale corrisponde il grado di sicurezza più basso.

Quando sussistano condizioni tali da non consentire una agevole valutazione delle pressioni interstiziali, le verifiche di sicurezza devono essere eseguite assumendo le condizioni più sfavorevoli che ragionevolmente si possono prevedere.

La valutazione del coefficiente di sicurezza dei pendii naturali, espresso dal rapporto tra la resistenza al taglio disponibile ( $\tau_f$ ) e la tensione di taglio agente ( $\tau$ ) lungo la superficie di scorrimento, deve essere eseguita impiegando sia i parametri geotecnici, congruenti con i caratteri del cinematismo atteso o accertato, sia le azioni presi con il loro valore caratteristico.

L'adeguatezza del margine di sicurezza ritenuto accettabile dal progettista deve comunque essere giustificata sulla base del livello di conoscenze raggiunto, dell'affidabilità dei dati disponibili e del modello di calcolo adottato in relazione alla complessità geologica e geotecnica, nonché sulla base delle conseguenze di un'eventuale frana.

## Interventi di stabilizzazione: generalità

### 6.3.5. INTERVENTI DI STABILIZZAZIONE

Il progetto degli interventi di stabilizzazione deve comprendere la descrizione completa dell'intervento, l'influenza delle modalità costruttive sulle condizioni di stabilità, il piano di monitoraggio e un significativo piano di gestione e controllo nel tempo della funzionalità e dell'efficacia dei provvedimenti adottati. In ogni caso devono essere definiti l'entità del miglioramento delle condizioni di sicurezza del pendio e i criteri per verificarne il raggiungimento.

La scelta delle più idonee tipologie degli interventi di stabilizzazione deve tener conto delle cause promotrici della frana, del meccanismo di collasso ipotizzato o in atto, dei suoi caratteri cinematici e del regime delle pressioni interstiziali nel sottosuolo. Il progetto degli interventi deve essere basato su specifici modelli geotecnici di sottosuolo.

L'adeguatezza del margine di sicurezza raggiunto per effetto degli interventi di stabilizzazione deve essere giustificato dal progettista.

Oltre alla valutazione dell'incremento di sicurezza indotto dagli interventi di stabilizzazione nei confronti del meccanismo di collasso più critico, è necessario verificare le condizioni di sicurezza connesse con altri, diversi, meccanismi di collasso, compatibili con gli interventi ipotizzati

***Valutazione (numerica) del miglioramento di FS ⇔ intervento di «stabilizzazione»***

***Nessuna valutazione del miglioramento di FS ⇔ intervento di «mitigazione»***

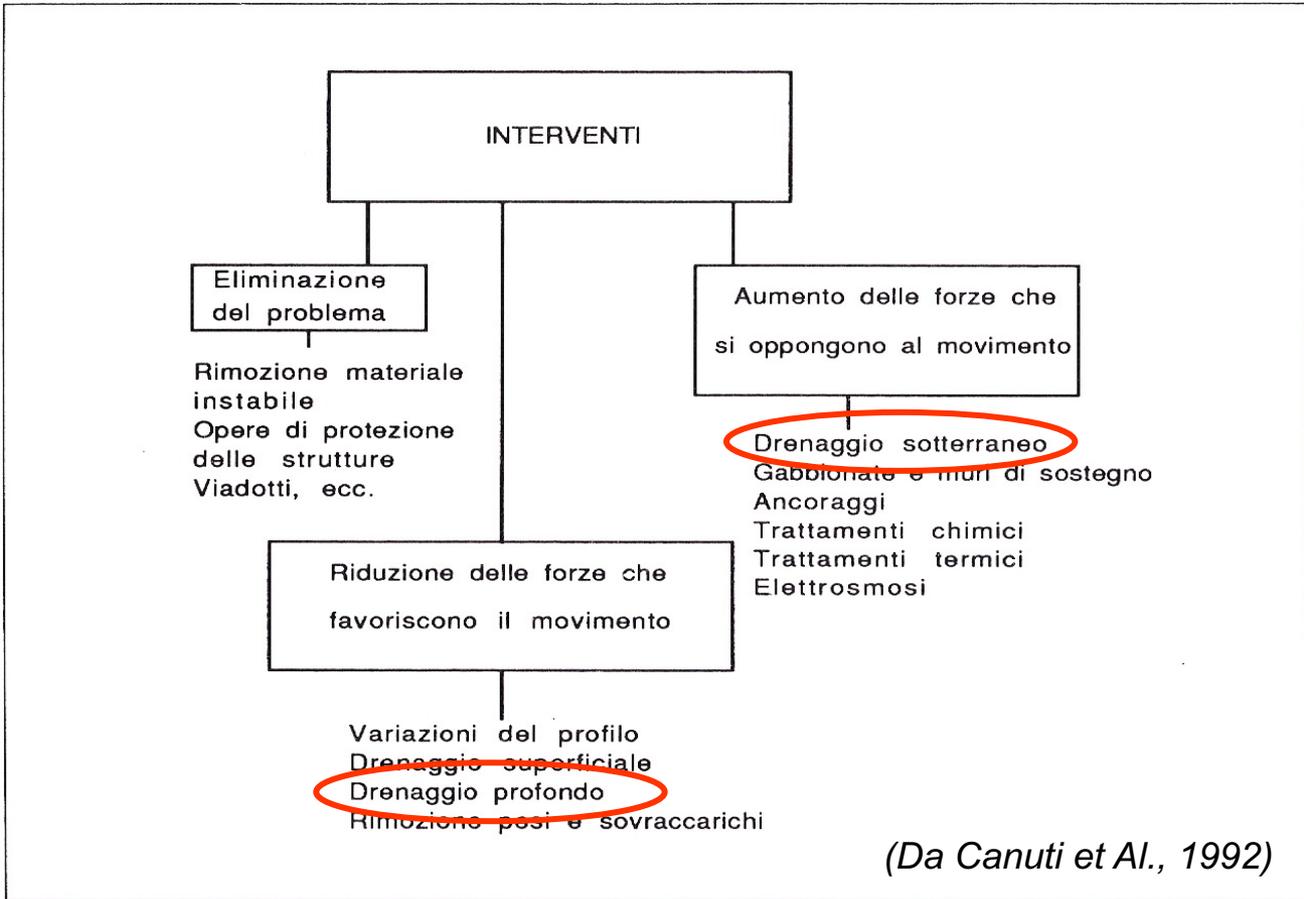
## Interventi di stabilizzazione: generalità

***La più frequente causa di innesco dei fenomeni franosi è la pioggia***

<b>CAUSE D'INCREMENTO DELLO STATO DI SOLLECITAZIONE</b>	<b>CAUSE DI RIDUZIONE DELLA RESISTENZA</b>
- <b>carichi esterni</b> , quali manufatti, <b>acqua</b> , neve	- <b>aumento delle pressioni interstiziali</b> - deformazioni
- <b>aumento del peso in seguito all'aumento del contenuto d'acqua</b>	- rigonfiamento (argille) - deterioramento della matrice
-rimozione di una parte della massa in seguito a scavo	- disgelo di terreno congelato o di lenti di ghiaccio
-shock provocati da terremoti o esplosioni	
- erosione - <b>acqua nelle fessure di trazione</b>	

***Un intervento di drenaggio (profondo) agisce simultaneamente riducendo lo stato di sollecitazione e aumentando la resistenza***

# Interventi di stabilizzazione: generalità



## Interventi di stabilizzazione: generalità

*Il coefficiente di sicurezza dei pendii naturali è espresso dal rapporto tra la resistenza al taglio disponibile ( $\tau_f$ ) e la tensione di taglio agente lungo la superficie di scorrimento ( $\tau$ ):*

$$FS = \tau_f / \tau$$

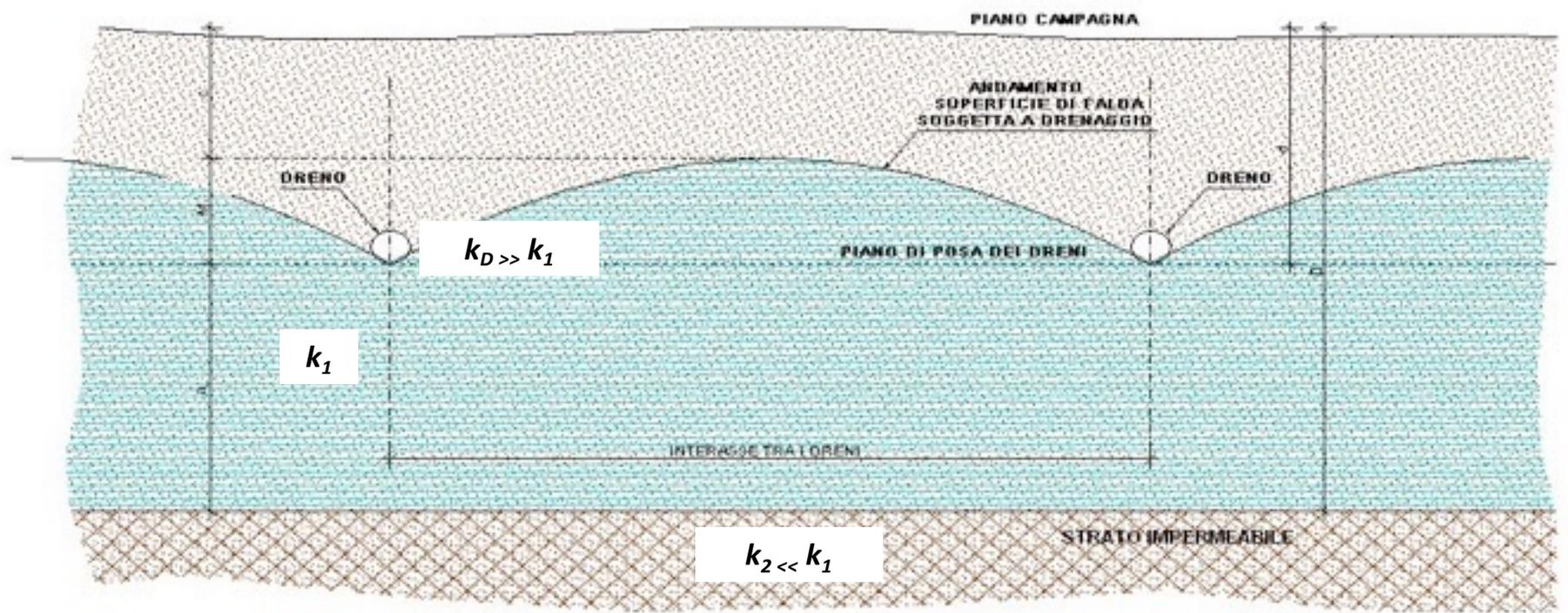
***qualunque circostanza che dia luogo a diminuzione della resistenza al taglio e/o ad aumento della tensione di taglio agente contribuisce all'instabilità***

$$INSTABILITÀ \Leftrightarrow FS = 1$$

# Trincee drenanti: principio di funzionamento

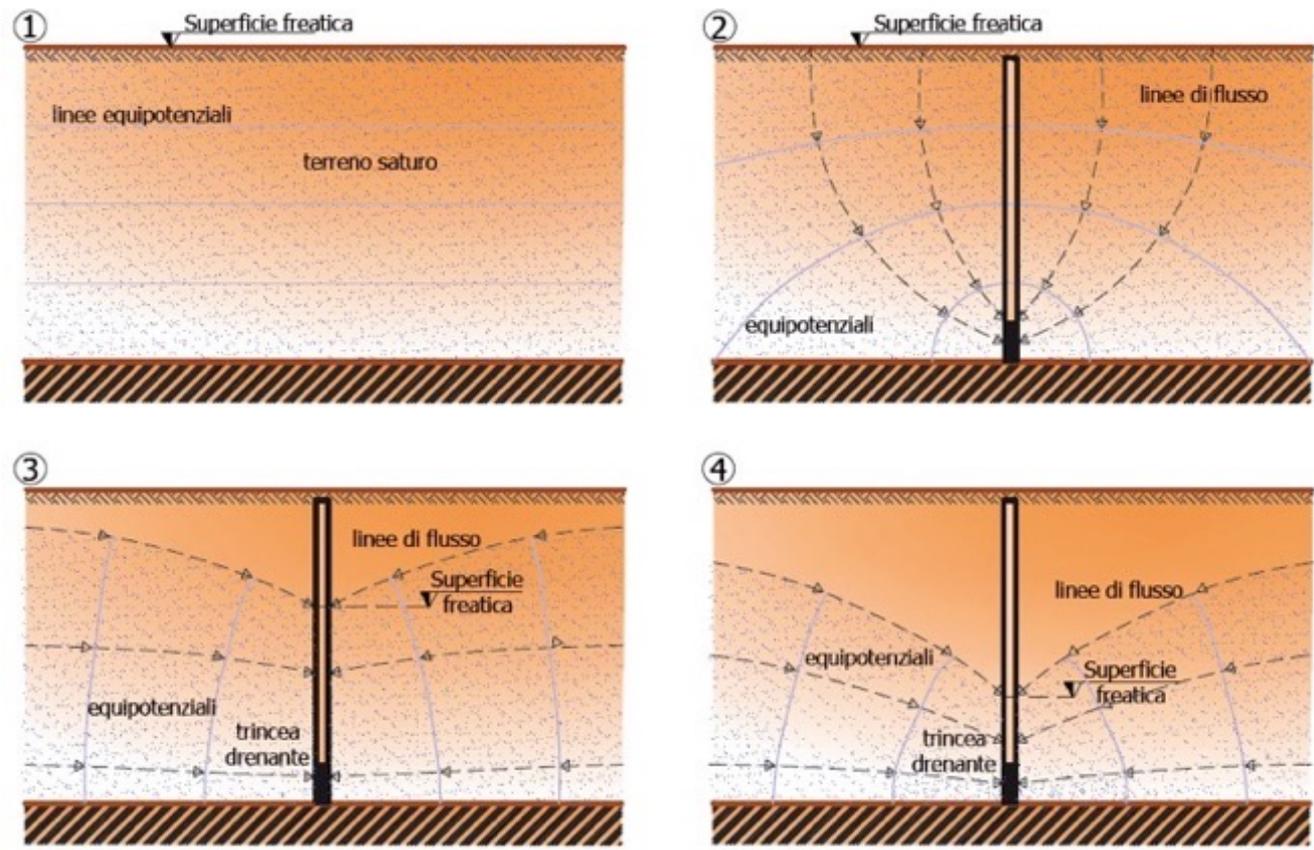
Un «dreno» è, sostanzialmente, un corpo dotato di una permeabilità di diversi ordini di grandezza maggiore rispetto a quella del terreno in cui è immerso.

Le trincee drenanti rientrano nella categoria dei drenaggi «a gravità», all'interno dei quali la pressione è uguale alla pressione atmosferica



# Trincee drenanti: principio di funzionamento

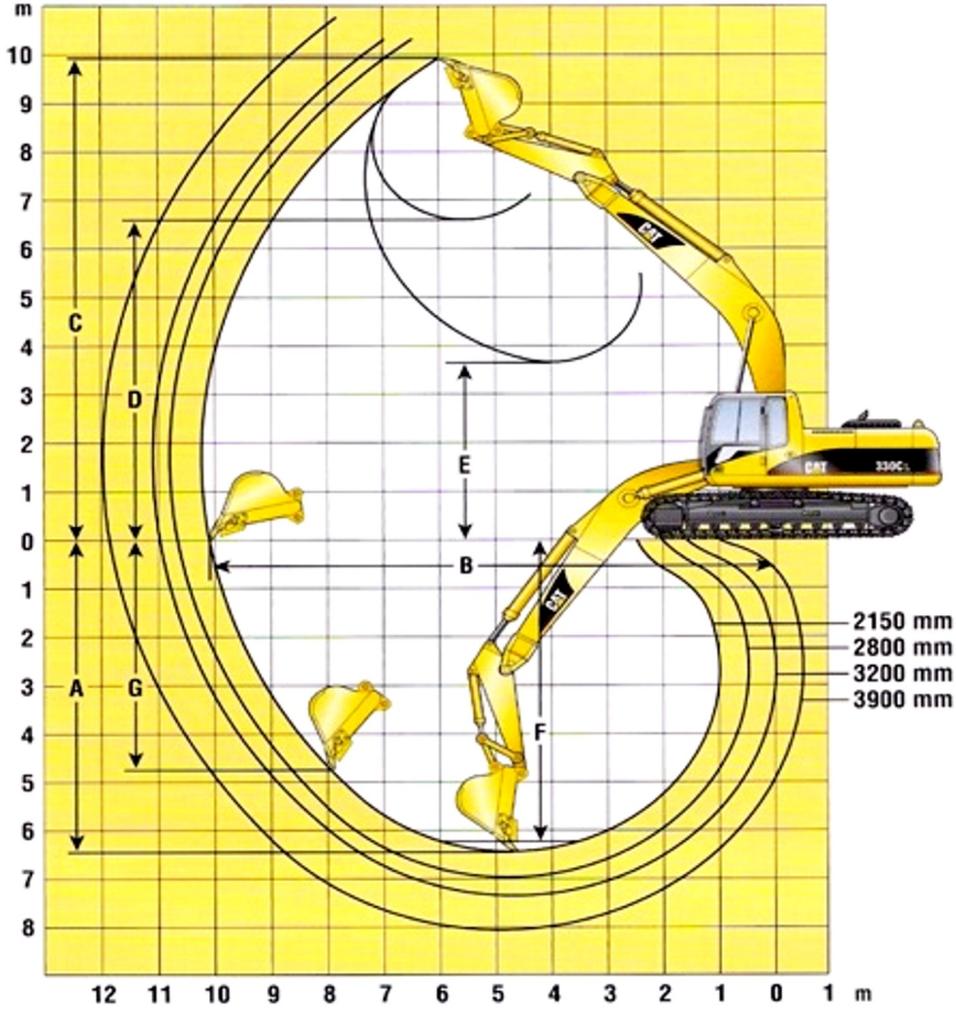
*L'annullamento della pressione interstiziale innesca all'interno del terreno ( $k_1$ ) un moto di filtrazione verso il dreno ( $k_D \gg k_1$ ). Si ottiene così una riduzione della pressione interstiziale dal valore iniziale  $u_0$  ad un nuovo valore  $u$ .*



# Trincee drenanti: limiti di impiego

*I limiti di impiego sono legati principalmente a:*

- *impossibilità di raggiungere profondità elevate con normali mezzi di scavo*
- *accessibilità del sito*

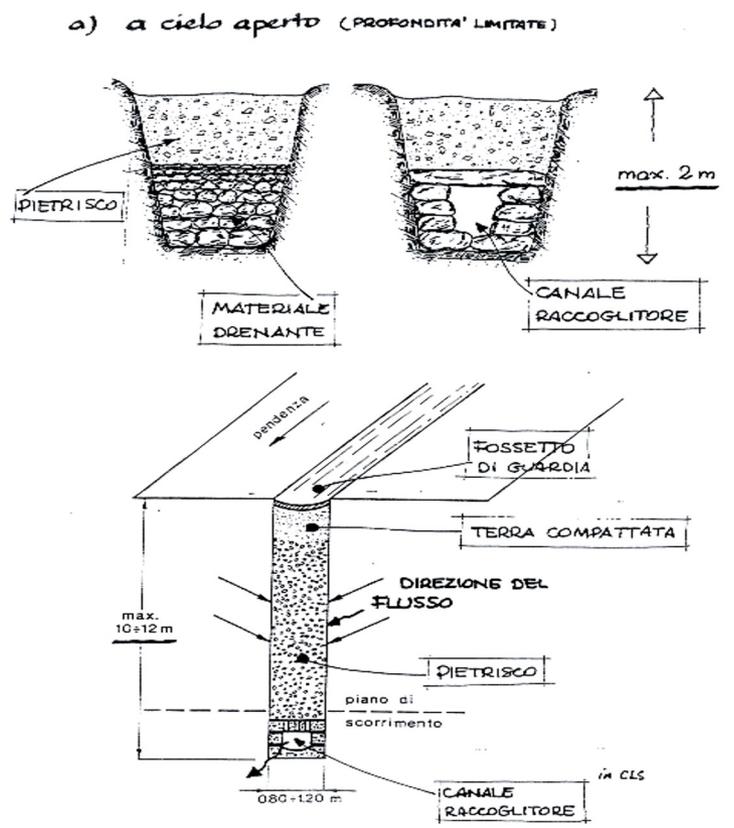
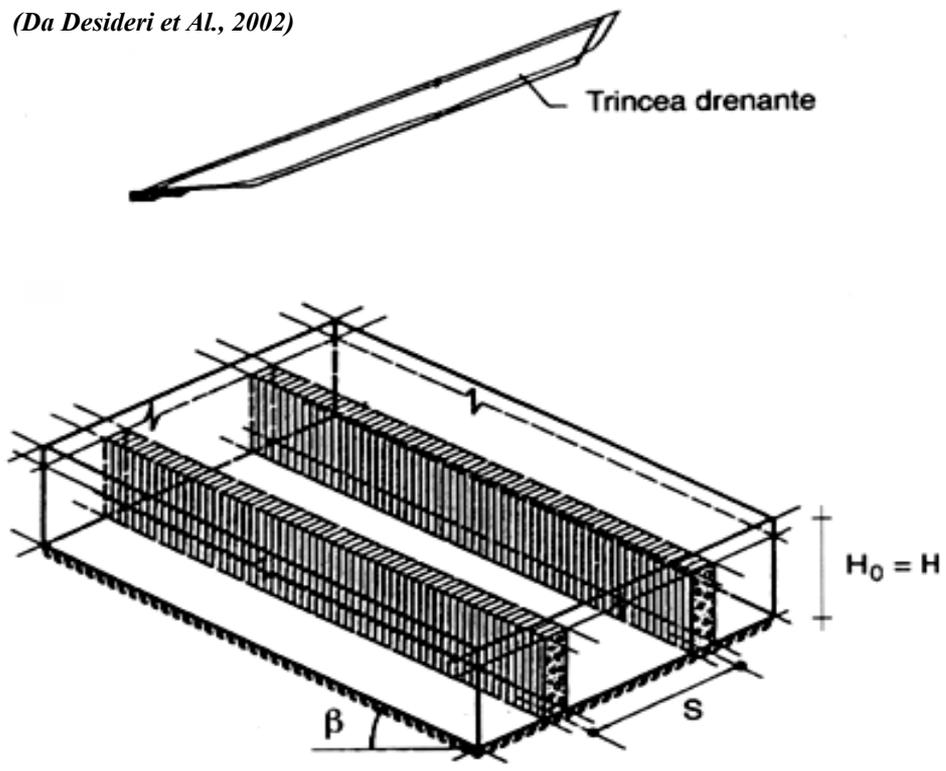


# Trincee drenanti: tipologie

## In pietrame

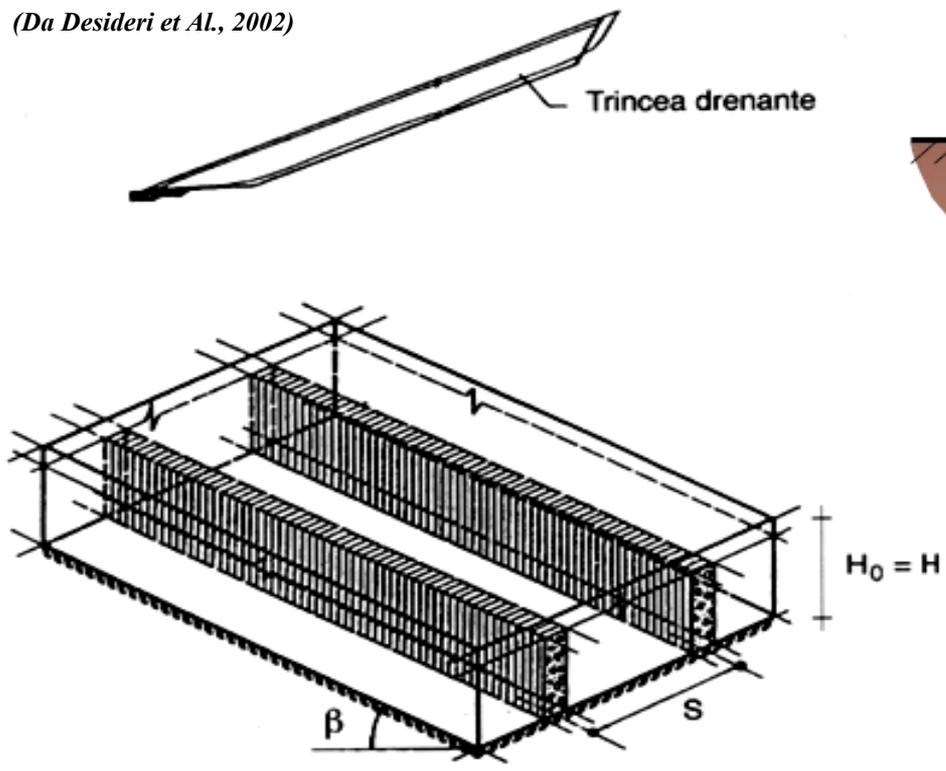
### DRENAGGI PROFONDI

(Da Desideri et Al., 2002)

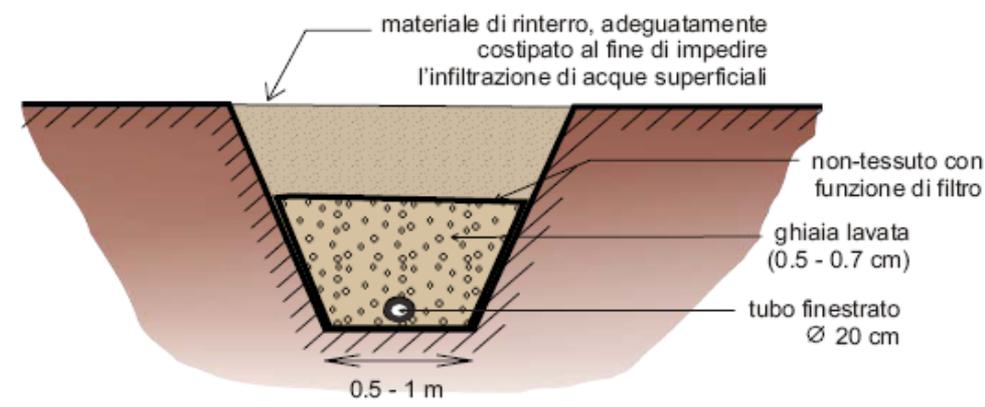


# Trincee drenanti: tipologie

(Da Desideri et Al., 2002)



## Tubo + ghiaia + TNT



(Da ANPA, 2001)

## Trincee drenanti: tipologie

### *Pannelli drenanti prefabbricati ad alte prestazioni idrauliche (Tipo Drenar T)*

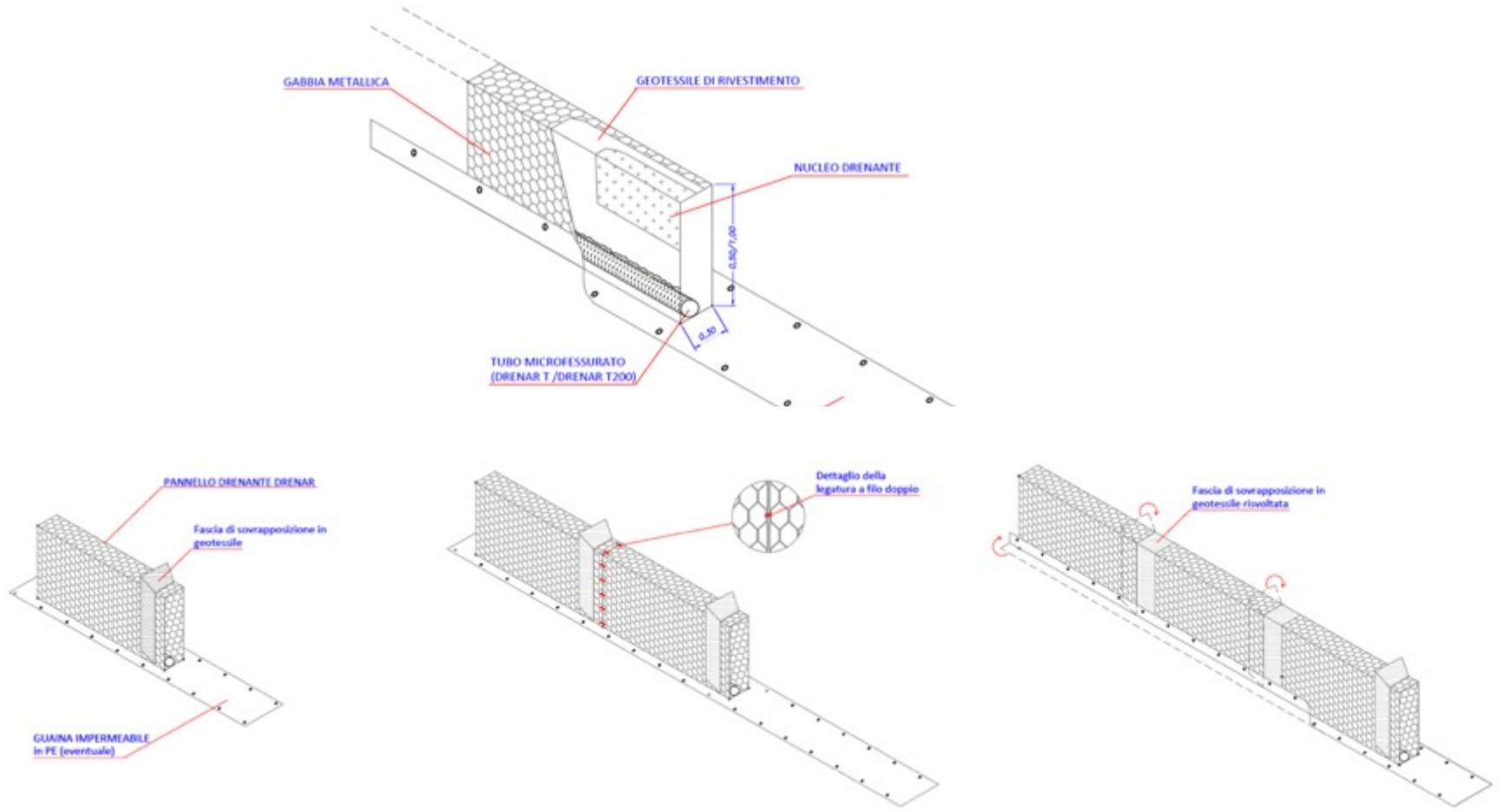
*Il pannello drenante è costituito da uno scatolare metallico esterno di contenimento in rete a doppia torsione, rivestito internamente con un geotessile.*

*Il nucleo drenante ad alta permeabilità può essere costituito da "trucioli" di polistirolo o di polietilene ad alta densità. Può essere presente o meno un tubo di raccolta in HDPE alla base.*



# Trincee drenanti: tipologie

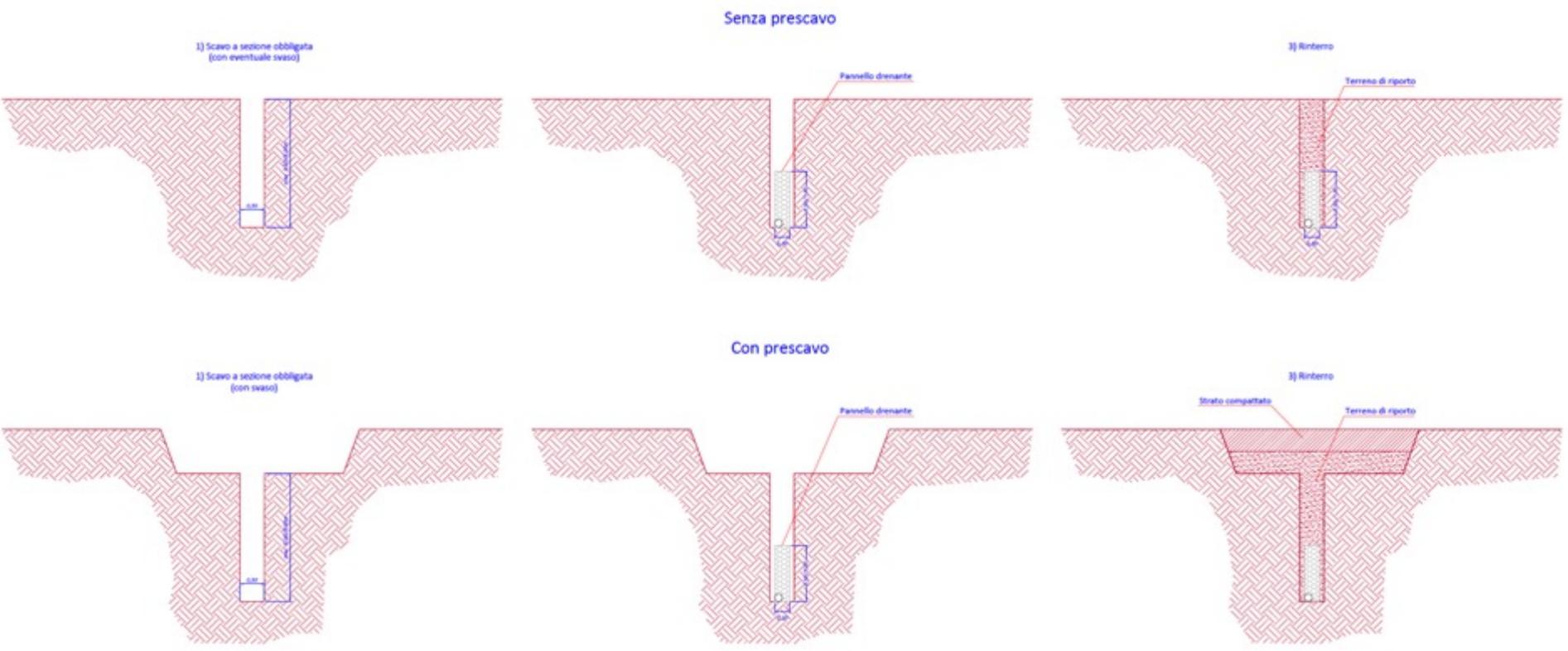
## *Pannelli drenanti prefabbricati ad alte prestazioni idrauliche (Tipo Drenar T)*



# Trincee drenanti: tipologie

## *Pannelli drenanti prefabbricati ad alte prestazioni idrauliche (Tipo Drenar T)*

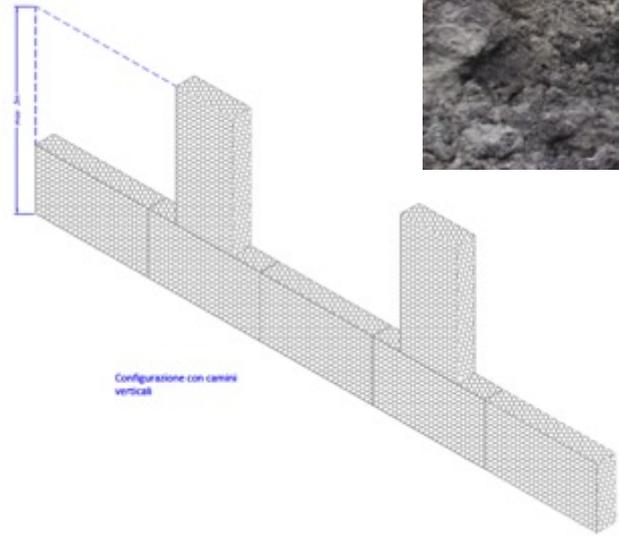
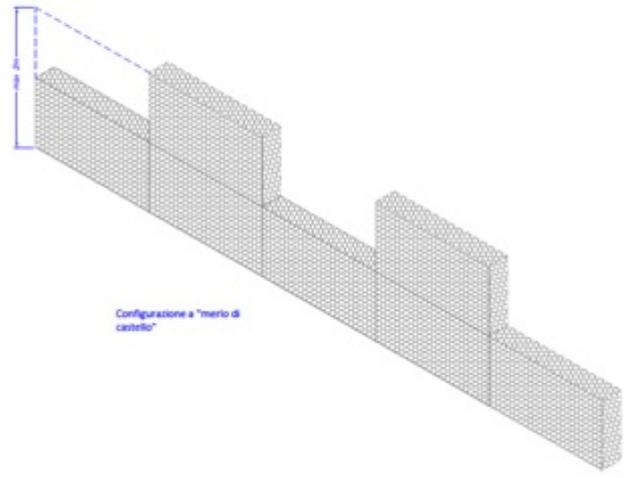
### Fasi di posa



# Trincee drenanti: Sistema Drenar

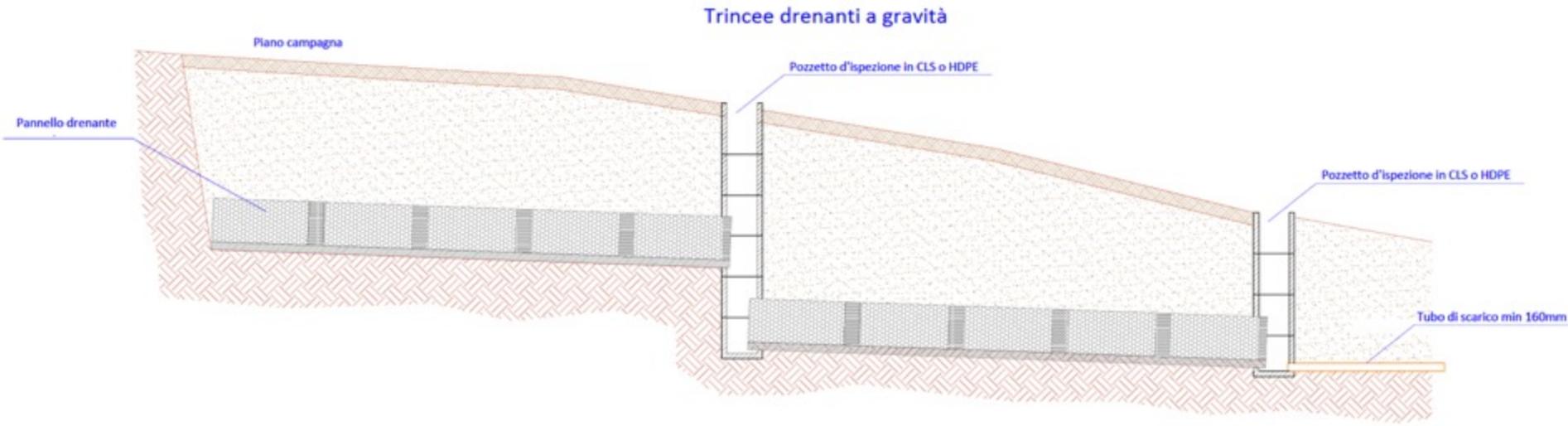
*Pannelli drenanti prefabbricati ad alte prestazioni idrauliche (Tipo Drenar T)*

Particolare della posa  
con camini drenanti



# Trincee drenanti: Sistema Drenar

*Pannelli drenanti prefabbricati ad alte prestazioni idrauliche (Tipo Drenar T)*



## Trincee drenanti: Sistema Drenar

*Pannelli drenanti prefabbricati ad alte prestazioni idrauliche (Tipo Drenar T)*

*Vantaggi:*

- ***maggiore sicurezza delle maestranze***
- *grande facilità di movimentazione*
- *migliore gestione del cantiere*
- *maggiore velocità di posa*
- *minore movimento terra*
- *possibilità di intervento in zone difficili*



# Trincee drenanti: geotessili

## *Studi sull'intasamento dei geotessili*

Geotextiles and Geomembranes 49 (2021) 109–121



Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

### Geotextiles and Geomembranes

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/geotextmem](http://www.elsevier.com/locate/geotextmem)



## Experimental study on vacuum preloading consolidation of landfill sludge conditioned by Fenton's reagent under varying filter pore size

Yajun Wu<sup>a</sup>, Yang Xu<sup>a</sup>, Xudong Zhang<sup>a,\*</sup>, Yitian Lu<sup>a,\*\*</sup>, Guang Chen<sup>b</sup>, Xiaodong Wang<sup>a</sup>, Binjie Song<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Department of Civil Engineering, Shanghai University, 99 Shangda Road, Shanghai, 200444, PR China

<sup>b</sup> Shanghai Chengtong Wastewater Treatment Co., Ltd, Shanghai, 201203, China

# Trincee drenanti: geotessili

## *Studi sull'intasamento dei geotessili*



Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

**Ain Shams Engineering Journal**

journal homepage: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)



Civil Engineering

**Experimental study on the hydraulic performance of nonwoven geotextile as subsurface drain filter in a silty loam area**

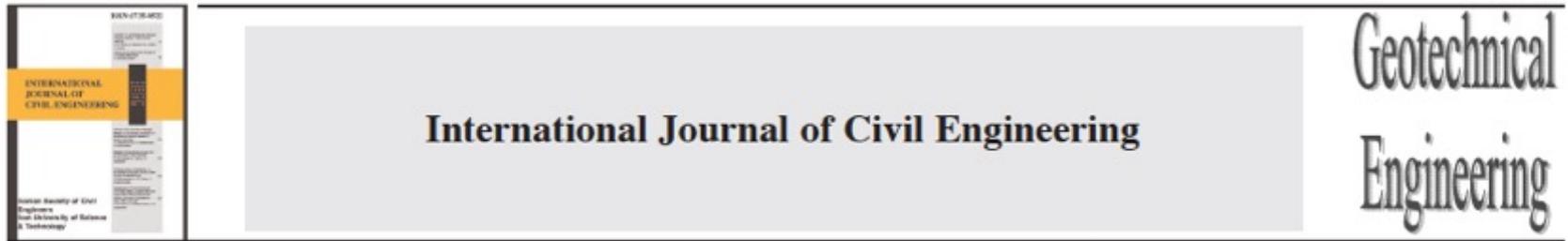
**Mohamed Monir Elzoghby<sup>a,b</sup>, Zhonghua Jia<sup>a,\*</sup>, Wan Luo<sup>a</sup>**

<sup>a</sup> College of Hydraulic Science and Engineering of Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225009, China

<sup>b</sup> Egyptian Ministry of Water Resources and Irrigation (MWRI), Egypt

## Trincee drenanti: geotessili

### *Studi sull'intasamento dei geotessili*



## **Experimental study of geotextile's drainage and filtration propertis under different hydraulic gradients and confining pressures**

**Ali Pak\*, Zahra Zahmatkesh**

Received: March 2009, Revised: July, 2010, Accepted: October 2010



## Trincee drenanti: progettazione del sistema

*Il dimensionamento di un sistema di trincee drenanti da intendersi come intervento di «stabilizzazione» richiede una procedura alquanto complessa, che presuppone la conoscenza di una serie di parametri:*

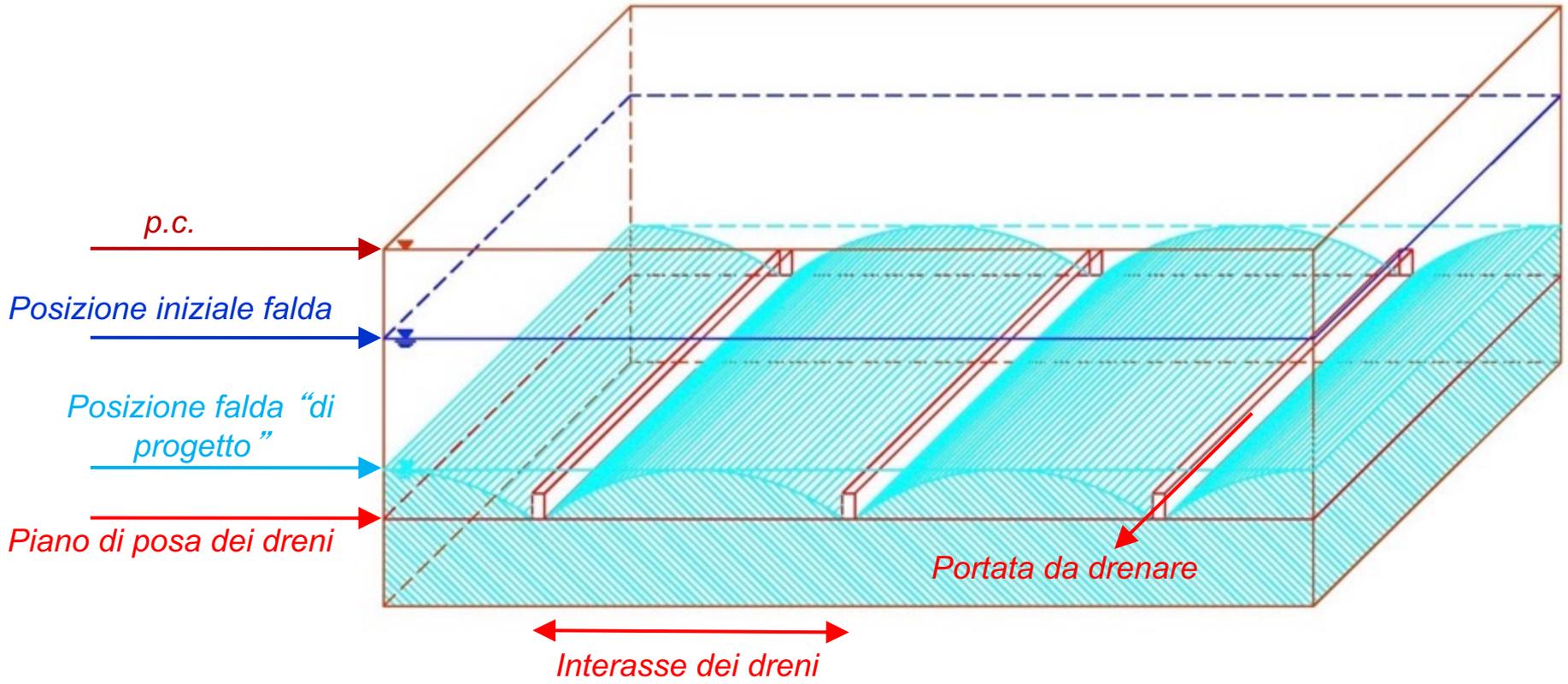
- *Stratigrafia*
- *Parametri geotecnici del terreno da drenare*
- *Permeabilità del terreno da drenare*
- *Valutazione delle portate da drenare*
- *Verifica idraulica del dreno*

*In assenza di tali valutazioni, il sistema potrà intendersi come intervento di «mitigazione», poiché, indiscutibilmente, esso produrrà effetti benefici, anche se non quantificabili, sulla stabilità del pendio.*

## Trincee drenanti: progettazione del sistema

- 1) *Determinazione della profondità falda “necessaria e sufficiente” per ottenere l’incremento di FS desiderato*
- 2) *Determinazione della profondità di installazione dei dreni*
- 3) *Determinazione dell’interasse dei dreni*
- 4) *Determinazione della portata da drenare*
- 5) *Stima del transitorio per l’instaurarsi della nuova condizione di equilibrio idrodinamico*

# Trincee drenanti: progettazione del sistema



## Trincee drenanti: progettazione del sistema

*Si definisce EFFICIENZA IDRAULICA PUNTUALE il rapporto tra la riduzione delle pressioni interstiziali conseguita in un punto e quella massima ottenibile:*

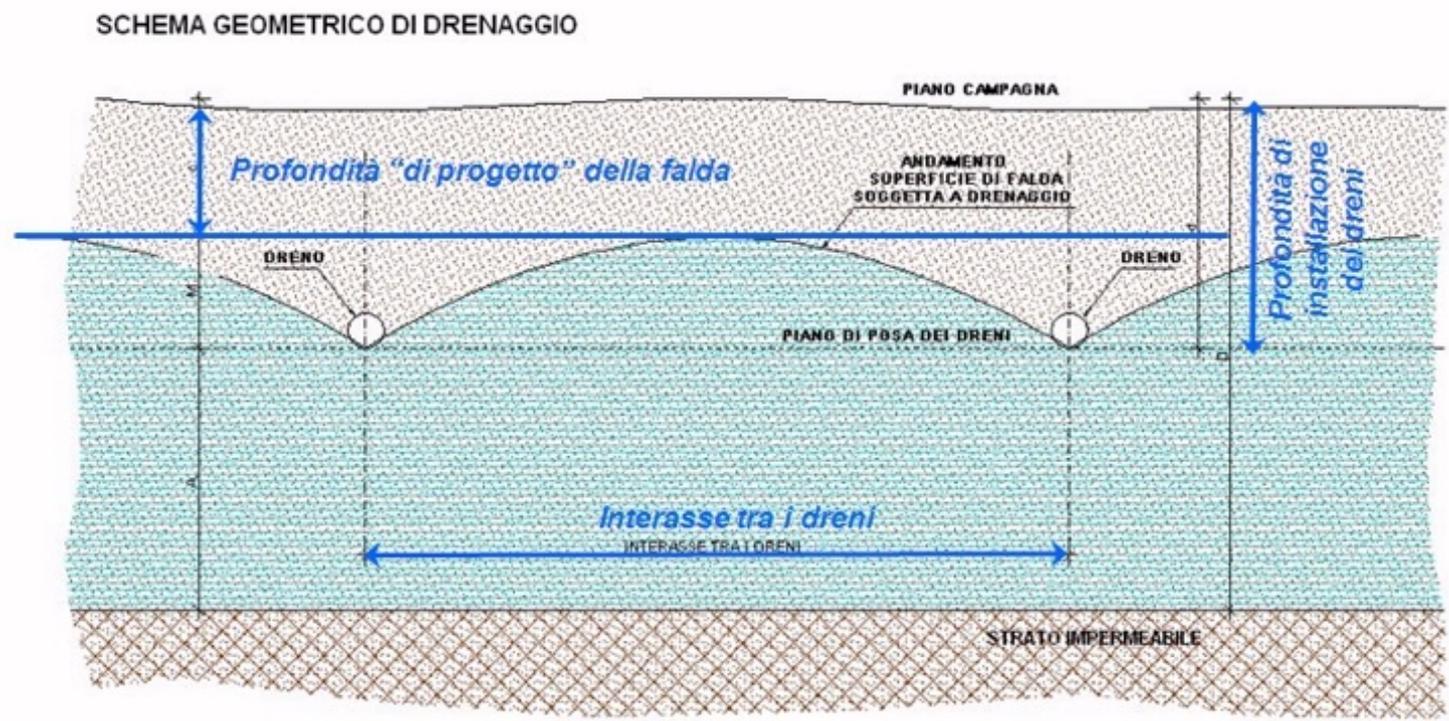
$$E = \frac{-\Delta u}{u_0} = \frac{u_0 - u}{u_0}$$

*Si definisce EFFICIENZA IDRAULICA MEDIA del sistema di drenaggio il rapporto tra l'incremento del coefficiente di sicurezza raggiunto e quello massimo ottenibile:*

$$E_D = \frac{\Delta FS}{\Delta FS_{max}}$$

# Trincee drenanti: progettazione del sistema

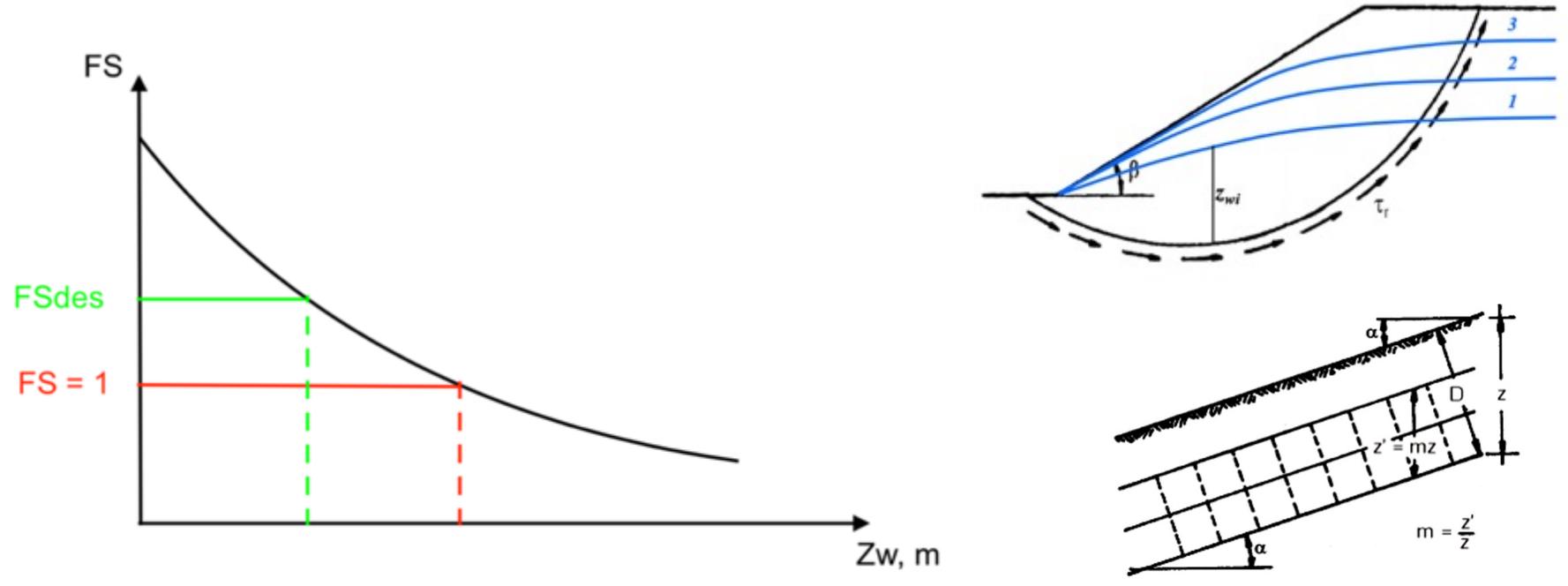
1) *Determinazione della profondità falda “necessaria e sufficiente” per ottenere l’incremento di FS desiderato*



# Trincee drenanti: progettazione del sistema

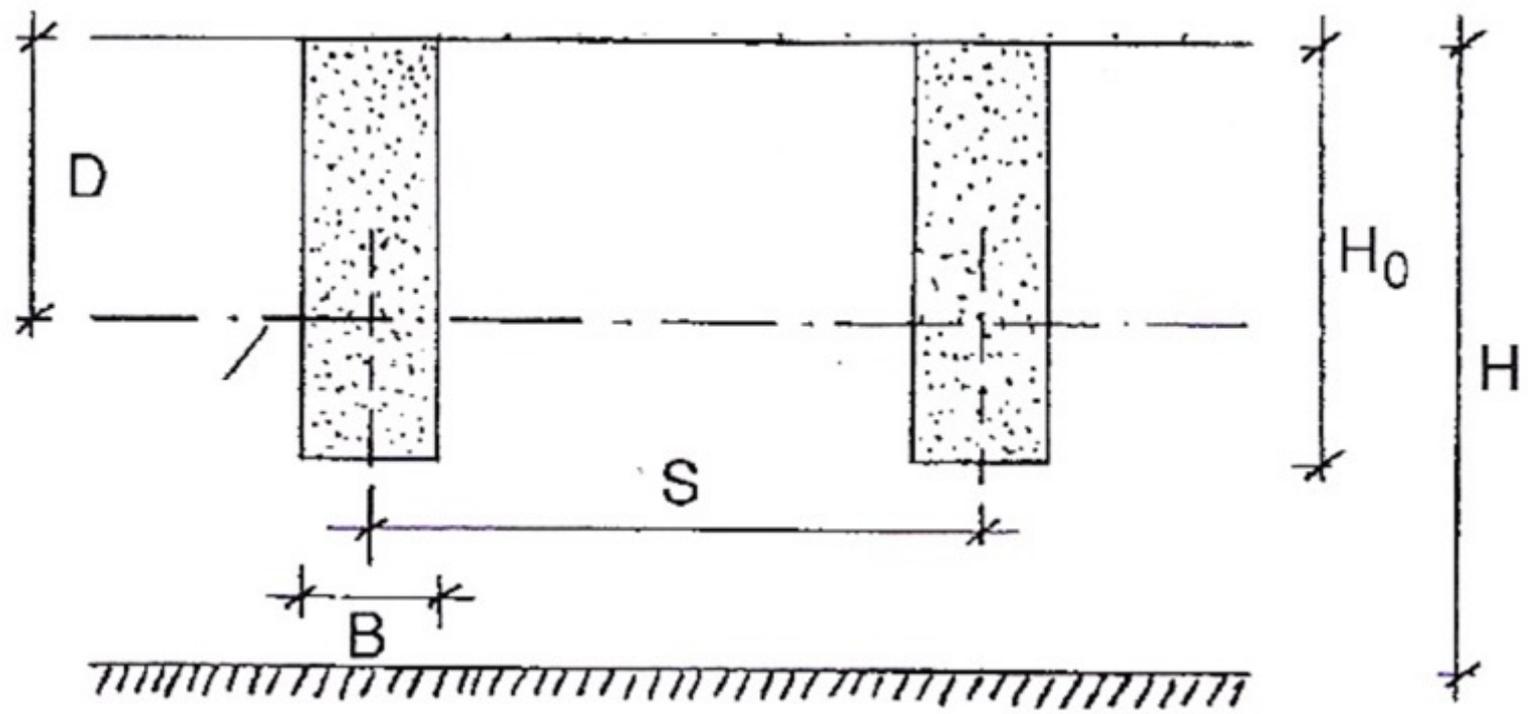
1) *Determinazione della profondità falda “necessaria e sufficiente” per ottenere l’incremento di FS desiderato*

*Tale input si ottiene da verifiche di stabilità del versante condotte, sia in condizioni statiche che sismiche, individuando la posizione alla quale compete il coefficiente di sicurezza desiderato (analisi di sensitività).*



# Trincee drenanti: progettazione del sistema

## 2) Determinazione della profondità di installazione dei dreni

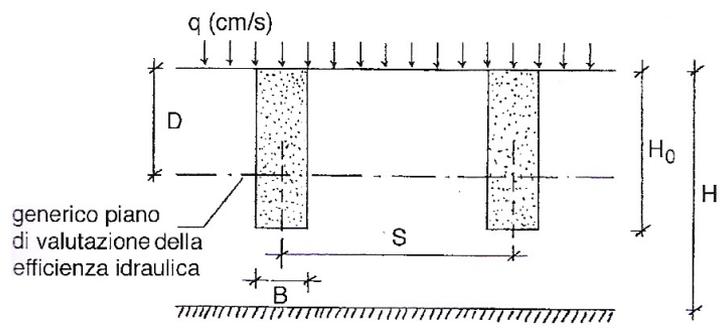
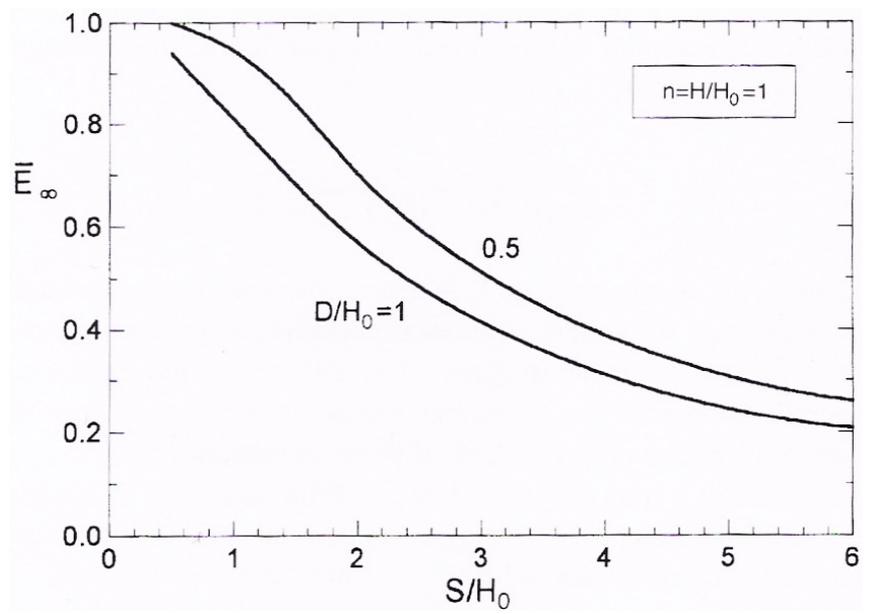


# Trincee drenanti: progettazione del sistema

## 3) Determinazione dell'interasse dei dreni: metodi semplificati

### Metodo semplificato (Hutchinson, 1977)

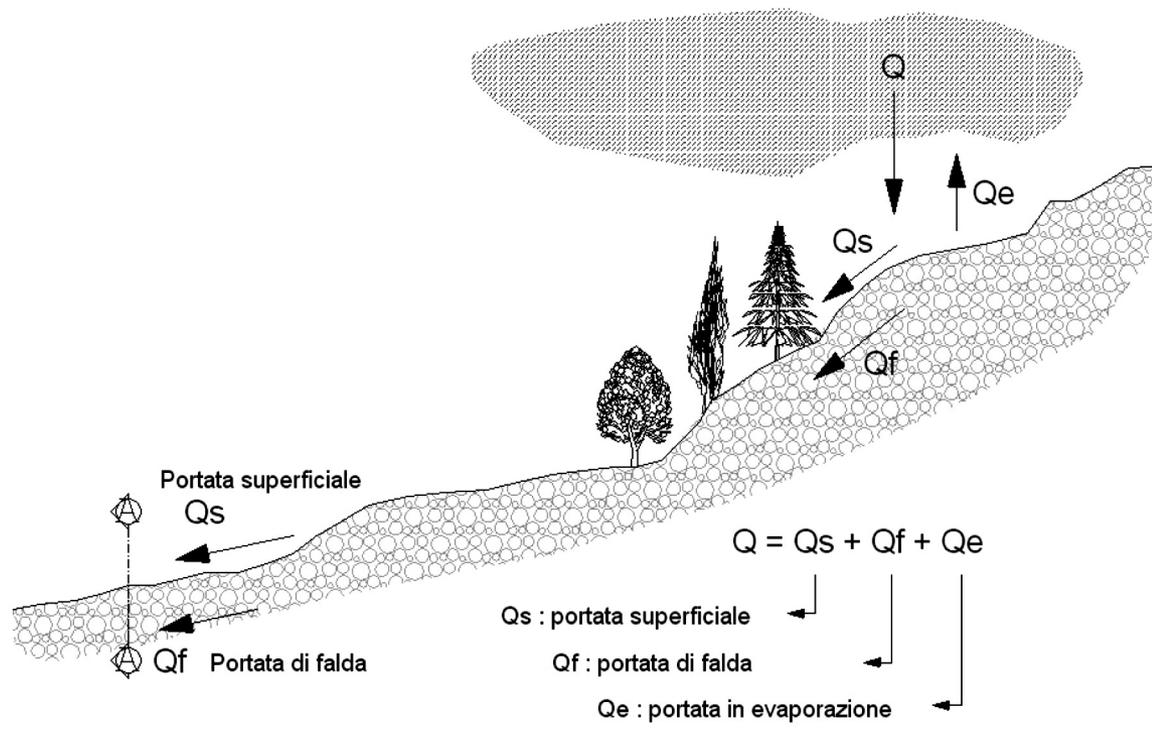
Determinati i valori del rapporto  $n$  tra la profondità di installazione dei dreni  $H_0$  e lo spessore  $H$  del pendio e del rapporto tra la profondità di progetto della falda  $D$  ed  $H_0$ , si entra in un abaco con il valore dell'efficacia idraulica  $E$



# Trincee drenanti: progettazione del sistema

## 4) Determinazione della portata da drenare

*Attraverso relazioni analitiche relative al bilancio idrologico dell'area, o attraverso soluzioni empiriche, occorre determinare il volume d'acqua che deve essere smaltito dal singolo dreno.*



## Trincee drenanti: progettazione del sistema

### 4) Determinazione della portata da drenare

*È possibile eseguire una stima delle portate afferenti ad una generica sezione di un bacino utilizzando alcuni semplici modelli di idrologia e di infiltrazione, basandosi per gli aspetti di piovosità locale sui classici parametri idrologici.*

*La piovosità dell'area può essere descritta mediante la curva di possibilità climatica:*

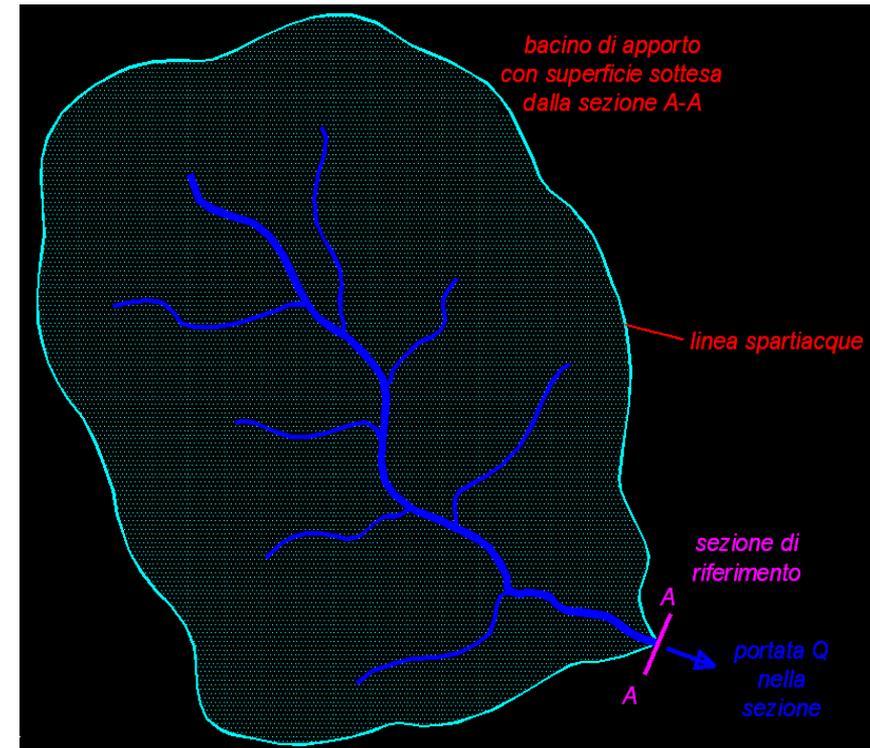
$$h = a t^n$$

*h = altezza di pioggia*

*t = durata*

*a, n = parametri locali*

*Dall'altezza di pioggia si può determinare la portata complessiva che perviene sull'area. La porzione che si infiltra nel terreno dipende dalla geometria degli strati, dalla morfologia, dalla permeabilità, dall'utilizzo del suolo*



## Trincee drenanti: progettazione del sistema

### 4) Determinazione della portata da drenare

*Il volume infiltrato può essere valutato nel modo seguente:*

$$F = \frac{(P - I_a) S}{(P - I_a + S)} \text{ (mm)}$$

*Dove:*

*P = precipitazione in mm*

*I<sub>a</sub> = perdite iniziali per unità di superficie = 0,05 S*

*S = capacità massima di immagazzinamento:*

$$S = 254 \left( \frac{100}{CN} - 1 \right) \text{ (mm)}$$

**CN** = Curve Number (0 ÷ 100) dipende dalla potenzialità di deflusso e dall'uso del suolo

## Trincee drenanti: progettazione del sistema

### 4) Determinazione della portata da drenare

CLASSE	DESCRIZIONE
A	<p><i>Scarsa potenzialità di deflusso.</i> Racchiude sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla, anche ghiaie profonde, molto permeabili.</p>
B	<p><i>Potenzialità di deflusso moderatamente bassa.</i> Racchiude la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.</p>
C	<p><i>Potenzialità di deflusso moderatamente alta.</i> Racchiude suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se in minor misura rispetto al gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.</p>
D	<p><i>Potenzialità di deflusso molto alta.</i> Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressochè impermeabili in vicinanza della superficie.</p>



Classi di suolo (Da Mendicino, 1993)

## Trincee drenanti: progettazione del sistema

### 4) Determinazione della portata da drenare

	Classifica terreni e utilizzo	A	B	C	D
1	Terreno coltivato - senza trattamenti di conservazione	72	81	88	91
2	Terreno coltivato - con trattamenti di conservazione	62	71	78	81
3	Terreno da pascolo - cattive condizioni	68	79	86	89
4	Terreno da pascolo - buone condizioni	39	61	74	80
5	Praterie - buone condizioni	30	58	71	78
6	Terreno sottile, sottobosco povero senza foglie	45	66	77	83
7	Sottobosco e copertura buoni	25	55	70	77
8	Buone condizioni con almeno il 75% di copertura erbosa	39	61	74	80
9	Condizioni normali con il 50% di copertura erbosa	49	69	79	84
10	Aree commerciali (impermeabilità 85%)	89	92	94	95
11	Distretti industriali (impermeabilità 72%)	81	88	91	93
12	Impermeabilità media del 65%	77	85	90	92
13	Impermeabilità media del 38%	61	75	83	87
14	Impermeabilità media del 30%	57	72	81	86
15	Impermeabilità media del 25%	54	70	80	85
16	Impermeabilità media del 20%	51	68	79	84
17	Parcheggi impermeabilizzati, tetti	98	98	98	98
18	Pavimentate con cordoli e fognature	98	98	98	98
19	Inghiaiate o selciate con buche	76	85	89	91
20	In terra battuta	72	82	87	89

Curve Number CN (Da Mendicino, 1993)



# Trincee drenanti: progettazione del sistema

## 4) Determinazione della portata da drenare

*In alternativa, può farsi ricorso a metodi semplificati che valutano la portata entrante all'interno della trincea attraverso le superfici verticali di scavo.*

CASO 1

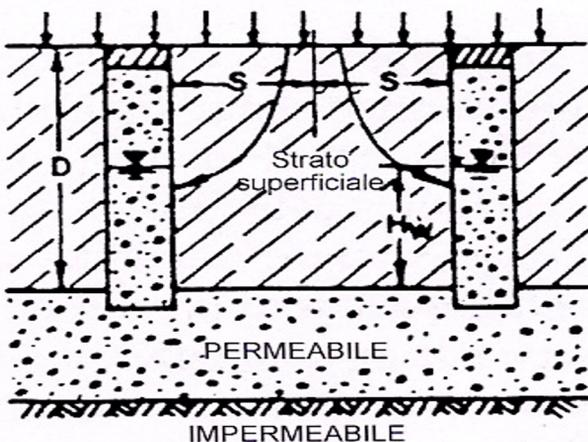
$$Q = K \cdot S \cdot F$$

Q = Massima portata drenata dalla trincea per unità di lunghezza

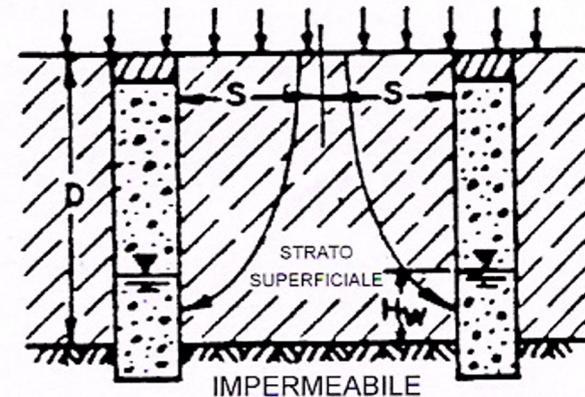
K = Permeabilità dello strato superficiale

2S = Spaziatura delle trincee

F = Coefficiente di flusso



*Metodo semplificato  
(NAVFAC - Naval Facilities  
Engineering Command)*



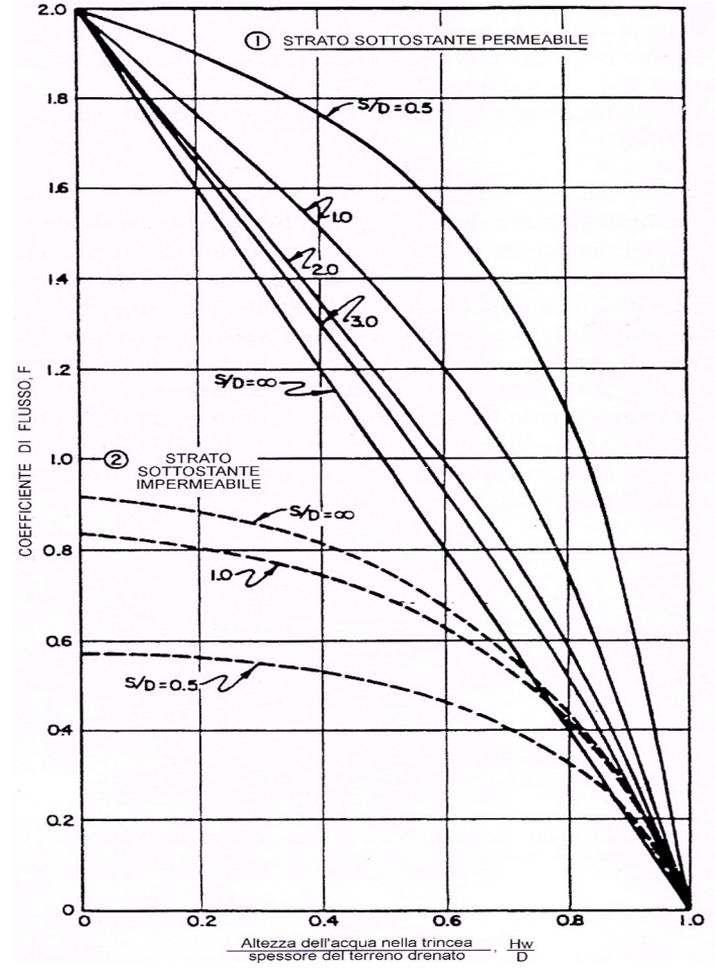
CASO 2

$$Q = \left( \frac{16 DK}{\pi^2} \right) F$$

# Trincee drenanti: progettazione del sistema

## 4) Determinazione della portata da drenare

*Metodo semplificato  
 (NAVFAC - Naval Facilities  
 Engineering Command)*

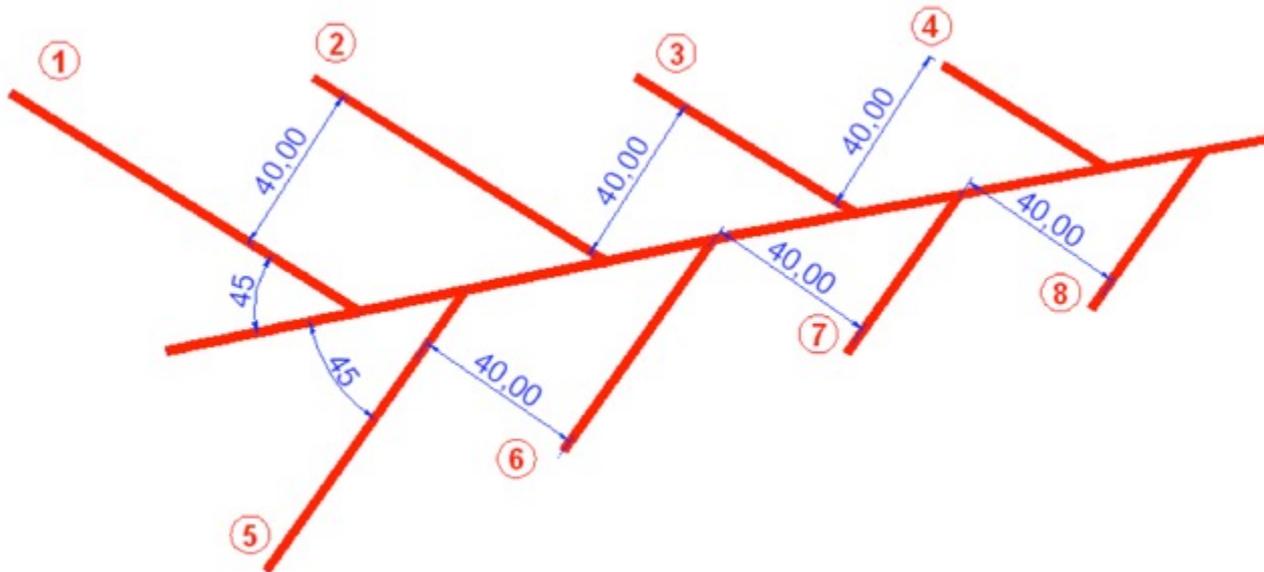


## Trincee drenanti: progettazione del sistema

### 4) Determinazione della portata da drenare

*Le portate determinate sono da intendersi per unità di lunghezza del dreno.*

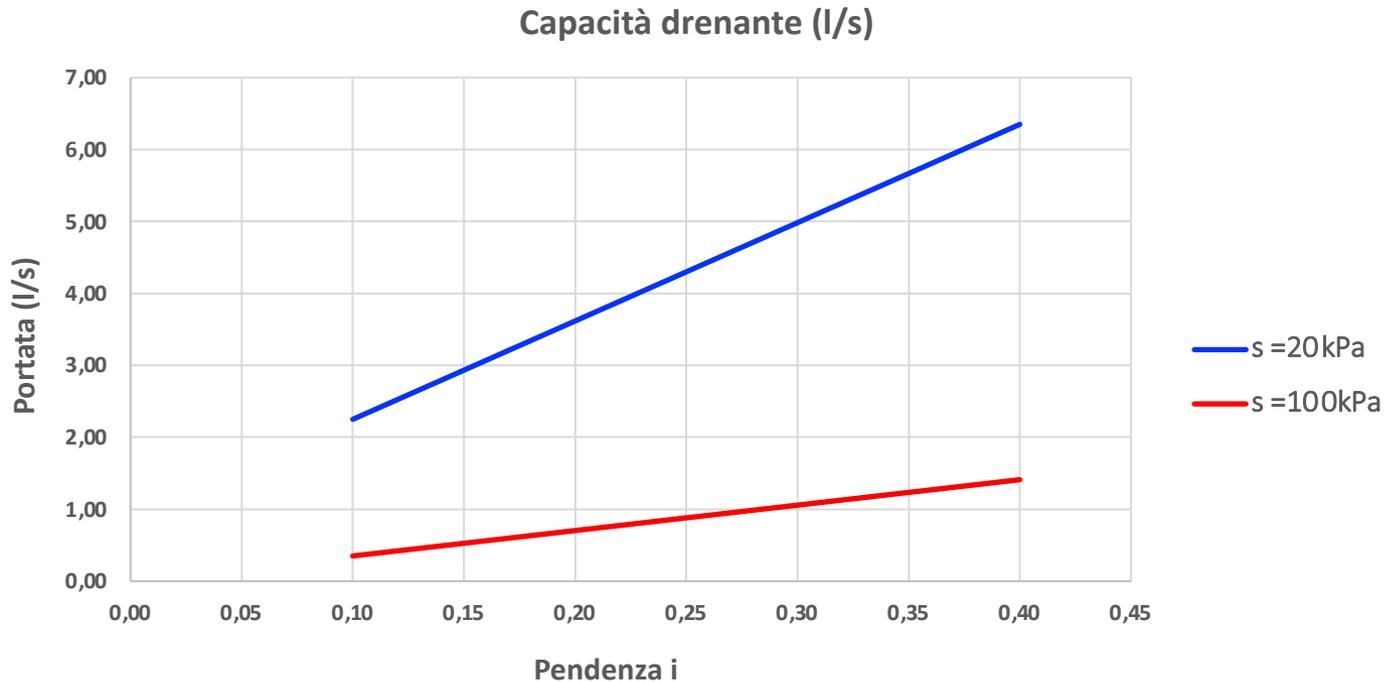
*La portata all'uscita del dreno si otterrà moltiplicando la portata unitaria per la lunghezza della trincea, eventualmente considerando anche gli apporti di dreni secondari (sistema a «spina di pesce»)*



## Trincee drenanti: progettazione del sistema

### 4) Determinazione della portata da drenare

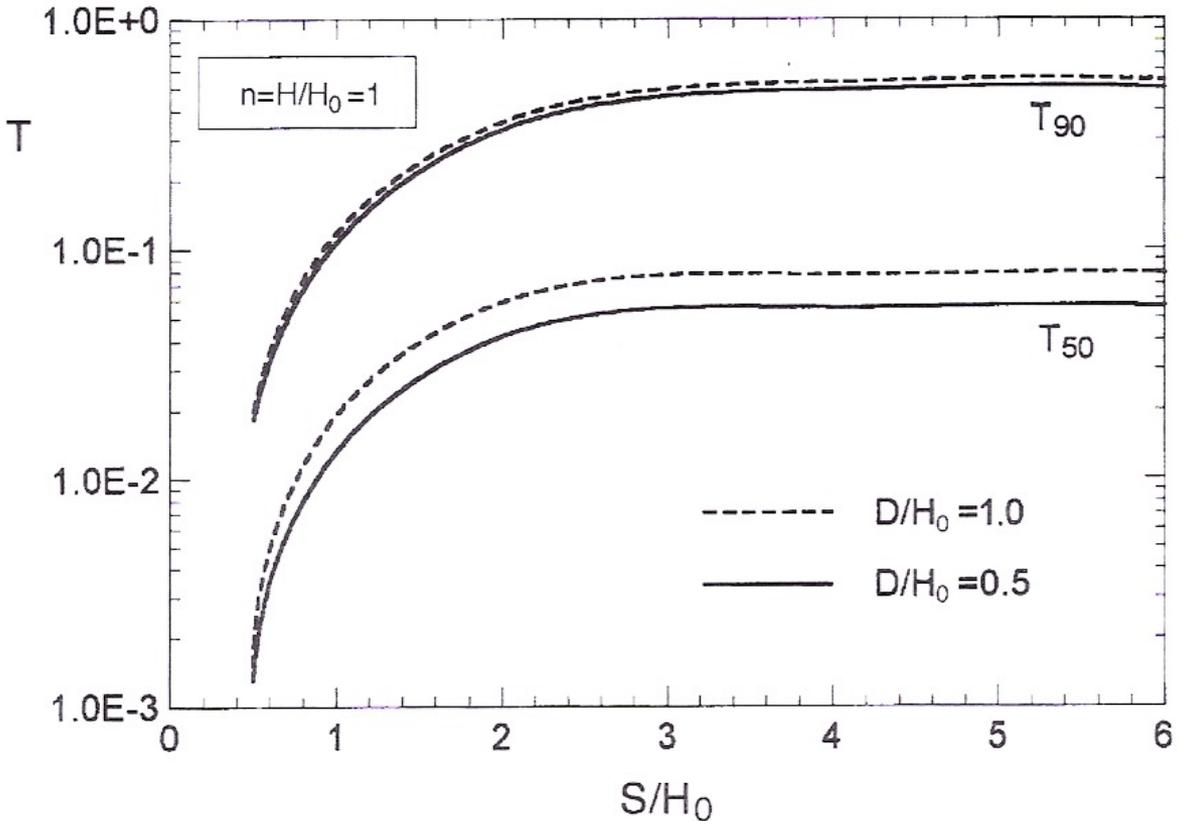
*In caso di dreni «deformabili», la capacità drenante è funzione, oltre che della pendenza, anche dello stato di sollecitazione (tensione orizzontale)*



*Curve sperimentali*

# Trincee drenanti: progettazione del sistema

## 5) Stima del transitorio per l'equilibrio idrodinamico



$$t = \frac{\gamma_w H_0^2 2 (1 + \nu') (1 - 2\nu')}{k_v E'} T$$

$T_{50}$  = tempo necessario per raggiungere il 50% dell'efficienza

$T_{90}$  = tempo necessario per raggiungere il 90% dell'efficienza

## Trincee drenanti: progettazione del sistema

Quanto precedentemente visto vale nel caso di terreno omogeneo ( $k=cost$ ).

Ma quale valore di permeabilità utilizzare?

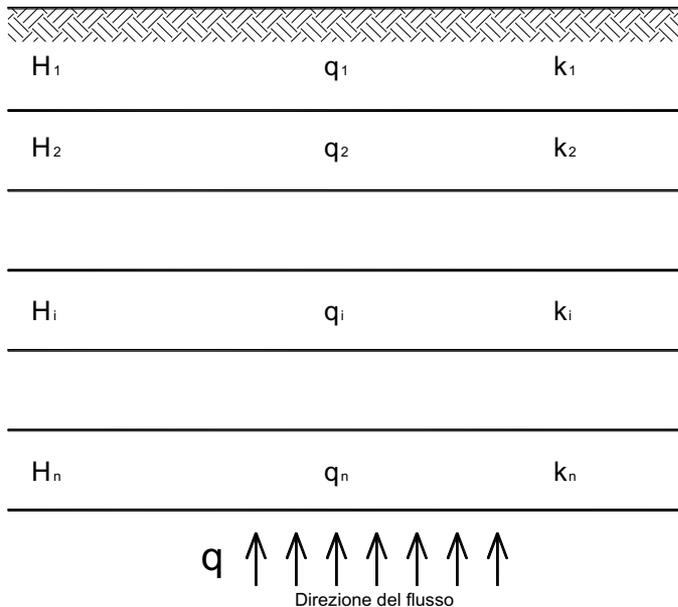
TIPO DI TERRENO	$k$ (m/s)
Ghiaia pulita	$10^{-2} - 1$
Sabbia pulita, sabbia e ghiaia	$10^{-5} - 10^{-2}$
Sabbia molto fine	$10^{-6} - 10^{-4}$
Limo e sabbia argillosa	$10^{-9} - 10^{-5}$
Limo	$10^{-8} - 10^{-6}$
Argilla omogenea sotto falda	$< 10^{-9}$
Argilla sovraconsolidata fessurata	$10^{-8} - 10^{-4}$
Roccia non fessurata	$10^{-12} - 10^{-10}$

VALORI TIPICI DEL COEFFICIENTE DI PERMEABILITA' DEI TERRENI

## Trincee drenanti: progettazione del sistema

*Se i terreni sono stratificati occorrerà riferirsi a dei valori “equivalenti” di permeabilità.*

*Se il terreno è costituito da  $n$  strati, ognuno dei quali caratterizzato da uno spessore  $H$  e da un certo valore della permeabilità  $k$ , nel caso in cui il flusso della portata “ $q$ ” avvenga **perpendicolarmente** agli strati (strati in “serie”), è possibile definire la permeabilità equivalente in direzione verticale:*



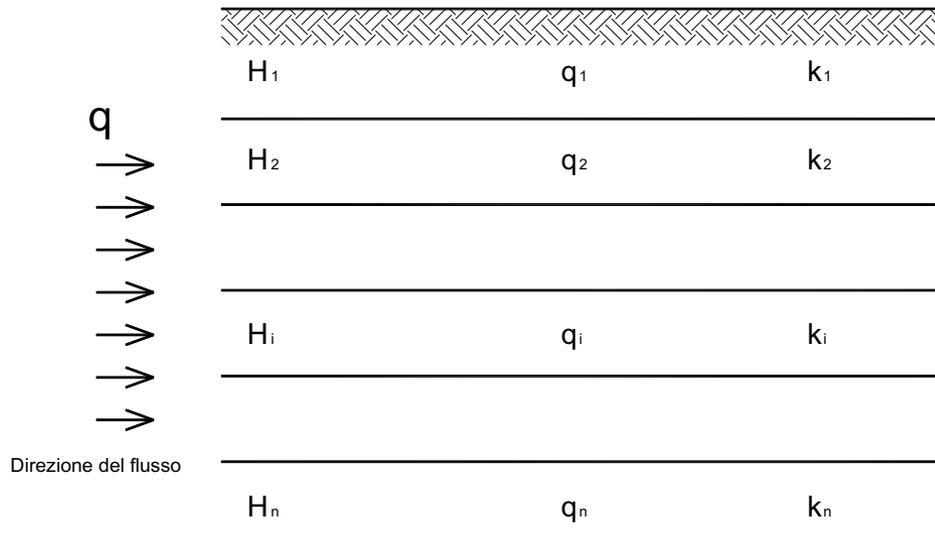
$$K_{eq_v} = \Sigma H_i / \Sigma (H_i / k_i)$$

*In questo caso la permeabilità equivalente ha lo stesso ordine di grandezza della più bassa permeabilità.*

# Trincee drenanti: progettazione del sistema

*Se i terreni sono stratificati occorrerà riferirsi a dei valori “equivalenti” di permeabilità.*

*Se il terreno è costituito da  $n$  strati, ognuno dei quali caratterizzato da uno spessore  $H$  e da un certo valore della permeabilità  $k$ , nel caso in cui il flusso della portata “ $q$ ” avvenga **parallelamente** agli strati (strati in “parallelo»), è possibile definire la permeabilità equivalente in direzione orizzontale:*



$$K_{eq_v} = \Sigma(H_i k_i) / \Sigma H_i$$

*In questo caso la permeabilità equivalente ha lo stesso ordine di grandezza della più alta permeabilità.*

## Trincee drenanti: progettazione del sistema

*Supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale,, n. 42 del 20 febbraio 2018 - Serie generale*

*Spediz. abb. post. - art. 1, comma 1  
Legge 27-02-2004, n. 46 - Filiale di Roma*



**GAZZETTA UFFICIALE**  
**DELLA REPUBBLICA ITALIANA**

*PARTE PRIMA*

**Roma - Martedì, 20 febbraio 2018**

**SI PUBBLICA TUTTI I  
GIORNI NON FESTIVI**

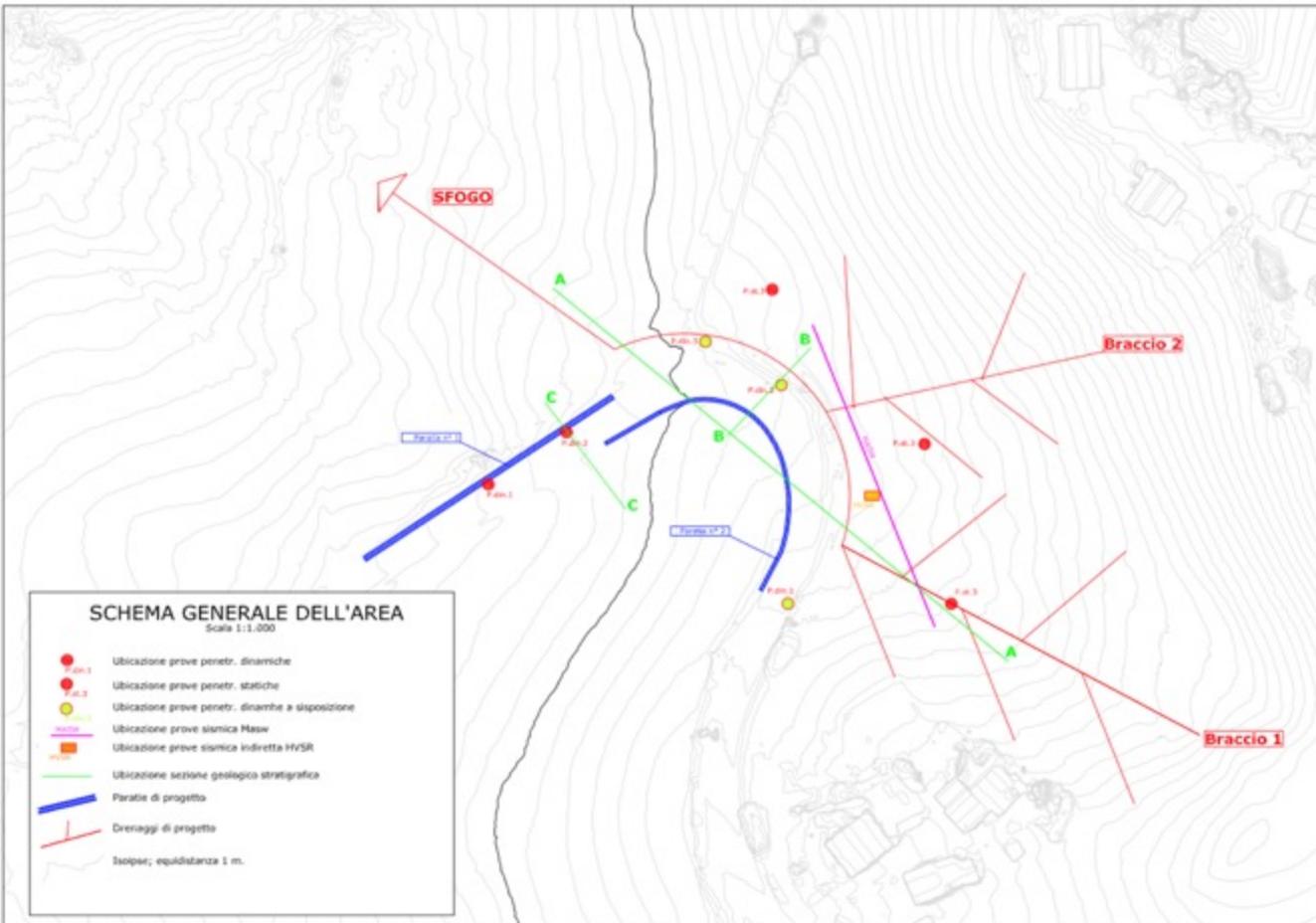
DIREZIONE E REDAZIONE PRESSO IL MINISTERO DELLA GIUSTIZIA - UFFICIO PUBBLICAZIONE LEGGI E DECRETI - VIA ARENULA, 70 - 00186 ROMA  
AMMINISTRAZIONE PRESSO L'ISTITUTO POLIGRAFICO E ZECCA DELLO STATO - VIA SALARIA, 691 - 00138 ROMA - CENTRALINO 06-85001 - LIBRERIA DELLO STATO  
PIAZZA G. VERDI, 1 - 00198 ROMA

### **6.7.6. CONTROLLO E MONITORAGGIO**

Il monitoraggio deve permettere di verificare la validità delle previsioni progettuali in relazione al comportamento dell'opera in fase di costruzione e in esercizio, per il periodo di tempo indicato in progetto. Esso deve essere predisposto in modo da permettere la valutazione del comportamento del terreno o dell'ammasso roccioso interessato, delle strutture di rivestimento per ogni fase di scavo e costruzione e a opera ultimata, nonché del comportamento dei manufatti esistenti. In presenza di fenomeni franosi, potenziali o in atto, il monitoraggio deve riguardare le grandezze significative (tensioni, spostamenti e pressioni interstiziali) e gli effetti sulle opere per il controllo del fenomeno.

Nel caso di applicazione del metodo osservazionale, il monitoraggio deve essere specificamente progettato per consentire il controllo delle grandezze rappresentative del comportamento del complesso opera-terreno ai fini della scelta fra le soluzioni alternative previste.

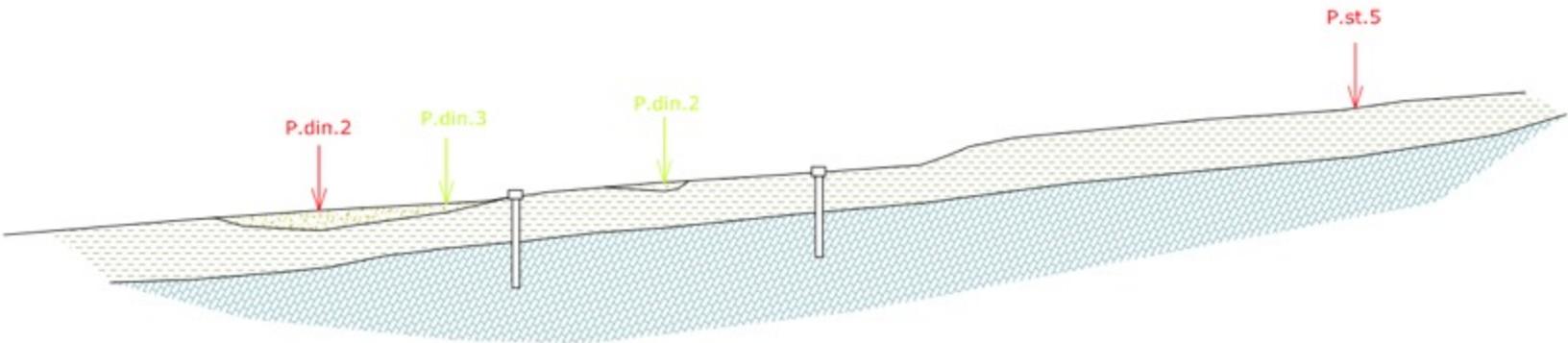
Caso applicativo



**EX S.S. 424 "Della Val Cesano» (PU)**  
**Lavori di sistemazione della sovrastruttura stradale in frana al km 47+800**

# Caso applicativo

Sezione geologico stratigrafica A --- A  
Scala 1:500



- Legenda:
-  Materiali di riporto eterogeneo
  -  Coltre eluvio colluviale limo argillosa e/o argilloso limosa
  -  Substrato marnoso di base

**EX S.S. 424 "Della Val Cesano» (PU)**  
**Lavori di sistemazione della sovrastruttura stradale in frana al km 47+800**

## Caso applicativo

Nel caso in esame, essendo la coltre di frana costituita da terreni limo-argillosi, si è assunto un valore di permeabilità  $k$  pari a  $10^{-6}$ m/s.

Tensione verticale totale media pannello $\sigma_v$ (kPa)	59,50
Pressione neutra media pannello $u$ (kPa)	35,00
Tensione verticale effettiva media pannello $\sigma'_v$ (kPa)	24,50
Coefficiente laterale di spinta attiva	0,53
Altezza critica (m)	0,00
Tensione orizzontale effettiva media pannello $\sigma'_h$ (kPa)	12,93
Sollecitazione sul pannello $2 \times \sigma'_h$ (kPa)	25,87

Dalle prove sperimentali, in corrispondenza di un carico statico pari a 25,87kPa e di un gradiente idraulico pari a 0,12, dalle prove sperimentali tabella sottostante si ottiene (per interpolazione lineare) una portata “smaltibile” dal dreno (di altezza pari a 0,5m) valutabile in:

$$Q_{dreno} = 2,04 \text{ l/s}$$

**EX S.S. 424 "Della Val Cesano» (PU)**  
**Lavori di sistemazione della sovrastruttura stradale in frana al km 47+800**

# Caso applicativo



Comune di TORTORETO frazione di Cavatassi (TE) -  
Interventi per la riduzione del rischio lirogeologico del versante Est

## Caso applicativo



Comune di TORTORETO frazione di Cavatassi (TE) -  
Interventi per la riduzione del rischio litogeologico del versante Est

## Caso applicativo



Comune di TORTORETO frazione di Cavatassi (TE) -  
Interventi per la riduzione del rischio litogeologico del versante Est

What's new?



**ARRIGO GABBIONI ITALIA S.R.L.**

***WebApp SDS  
(Soil Drainage System)***

# GRAZIE PER L'ATTENZIONE

*Ing. Maurizio Ponte*

*Ingegnere Civile Geotecnico - Ricercatore Universitario SSD GEO/05 – Geologia Applicata*

*Dipartimento di Biologia, Ecologia e Scienze della Terra - Università della Calabria.*

*Professore Incaricato di Geomeccanica e Geologia Applicata - CDL Magistrale in Scienze Geologiche*

*E-mail: maurizio.ponte@unical.it*



**ARRIGO GABBIONI ITALIA S.R.L.**

**<https://www.arrigogabbioni.com>**

**E-mail: [arrigogabbioni@gmail.com](mailto:arrigogabbioni@gmail.com)**

- GABBIONI E MATERASSI RENO
- RETI PARASASSI
- TRINCEE DRENANTI DRENAR
- TERRE RINFORZATE PREASSEMBLATE
- GEOCOMPOSITI ANTIEROSIVI
- SISTEMI PER LA DIFESA DEL SUOLO
- SISTEMI PROTEZIONE ARGINALE ANTINUTRIA



# L'ORDINE DEI GEOLOGI DELLE MARCHE

in collaborazione con



organizza il **CONVEGNO CONGIUNTO** in

**OPERE GEOTECNICHE E MATERIALI GEOSINTETICI  
NEL CONTRASTO ALL'EROSIONE COSTIERA, FLUVIALE E DI VERSANTE**

**14 LUGLIO 2023**

Cosmopolitan Business Hotel, via De Gasperi n. 2, Civitanova Marche

*Ing. Maurizio Ponte*

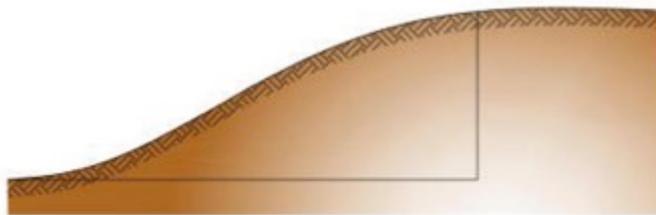
*Stabilizzazione di versanti e rilevati mediante l'utilizzo di terre rinforzate preassemblate: metodologia dimensionale e caso applicativo*

## Opere di sostegno: generalità

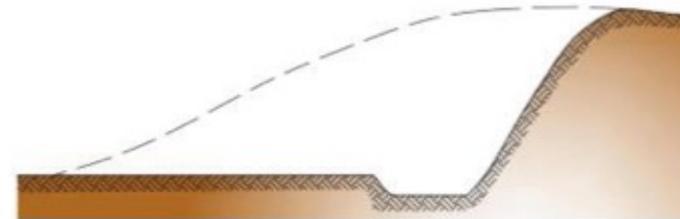
I muri di sostegno hanno lo scopo di assicurare la stabilità di pendii naturali ripidi o di di pendii artificiali sagomati con pendenze superiori alla pendenza di equilibrio naturale.

Le tipologie di muri possono variare a seconda della forma, o delle caratteristiche strutturali, e si distinguono in:

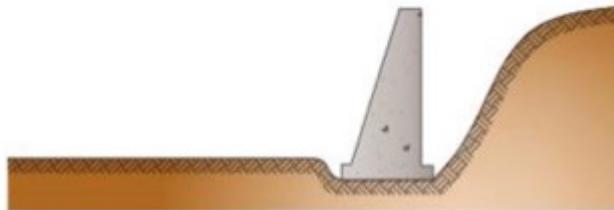
**Muri a gravità:** sono strutture in **calcestruzzo**, **pietrame** o in **terra**, che risultano stabili in virtù del peso proprio.



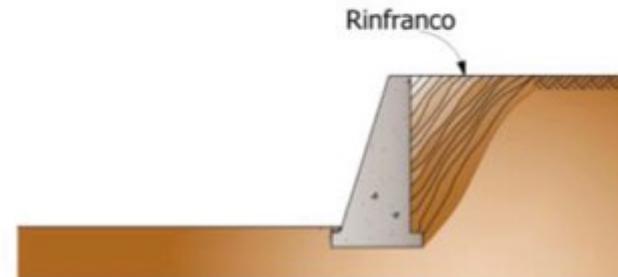
(a)



(b)



(c)



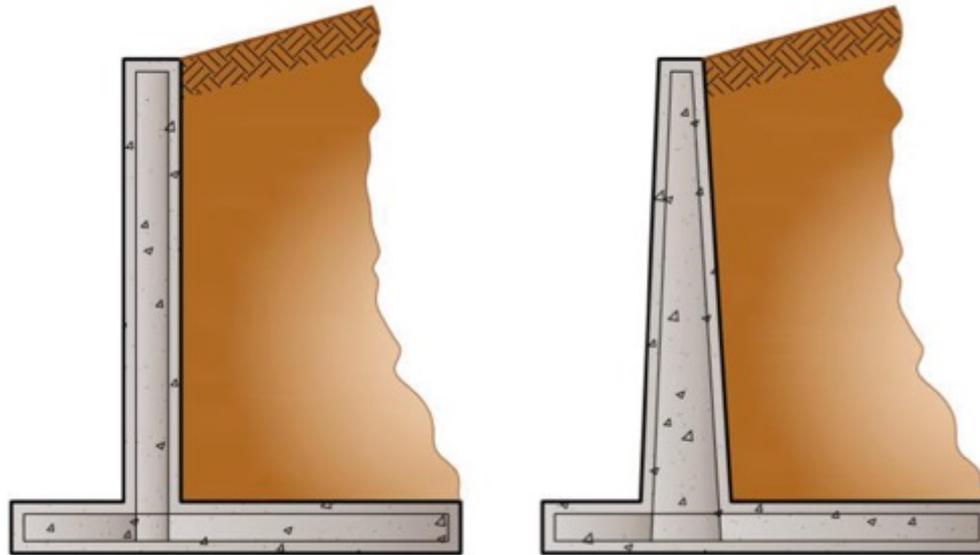
(d)

## Opere di sostegno: generalità

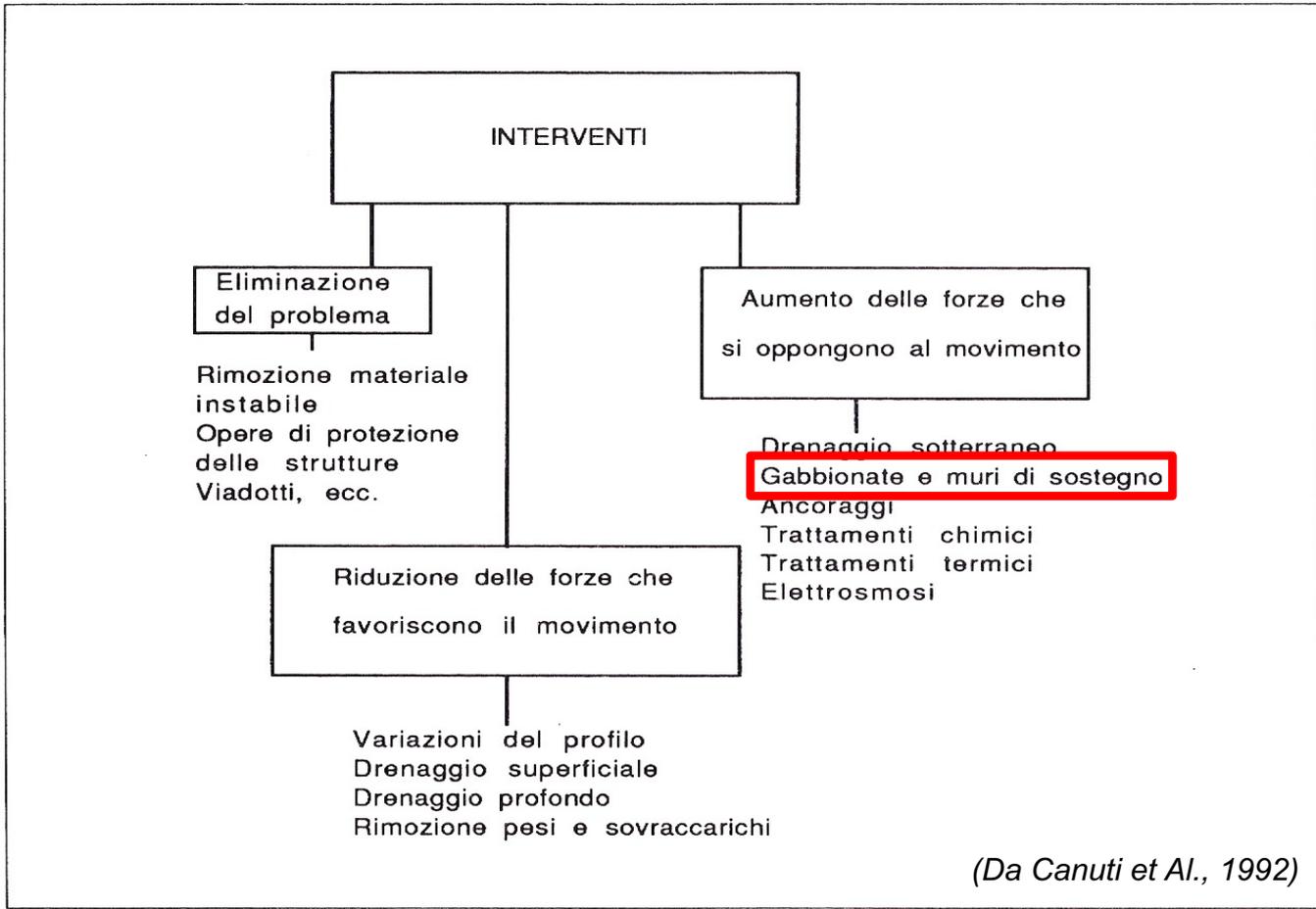
I muri di sostegno hanno lo scopo di assicurare la stabilità di pendii naturali ripidi o di di pendii artificiali sagomati con pendenze superiori alla pendenza di equilibrio naturale.

Le tipologie di muri possono variare a seconda della forma, o delle caratteristiche strutturali, e si distinguono in:

**Muri a mensola:** in **calcestruzzo**, sono caratterizzati da una suola di fondazione, in cui è inserita una parete verticale, che permette di sfruttare il peso del rinterro che si scarica su tale suola per aiutare ad equilibrare la spinta del terreno.



# Opere di sostegno: generalità



## Opere di sostegno: tipologie

Muri a gravità a comportamento «rigido»: muri in calcestruzzo



## Opere di sostegno: tipologie

Muri a gravità a comportamento «**deformabile**»: **gabbionate**



## Opere di sostegno: tipologie

Muri a gravità a comportamento «**deformabile**»: **terre rinforzate**



## Opere di sostegno: tipologie

Muri «rigidi» e «deformabili»: vantaggi vs svantaggi

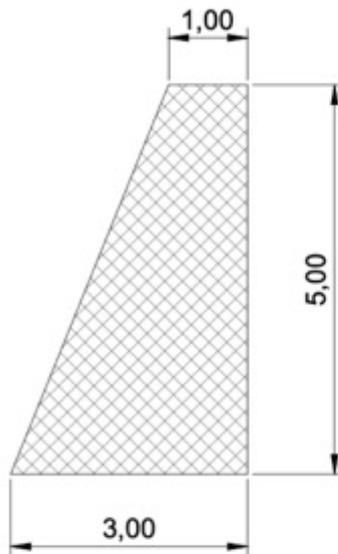
I muri a comportamento «**deformabile**» (gabbionate e terre rinforzate) presentano, rispetto ai muri rigidi i seguenti principali vantaggi:

- sono in grado di sopportare deformazioni anche di grande entità mantenendo la loro capacità statica;
- sono realizzabili spesso utilizzando materiale reperibile in loco;
- presentano una migliore «inseribilità» nel contesto ambientale (sono rinverdibili).

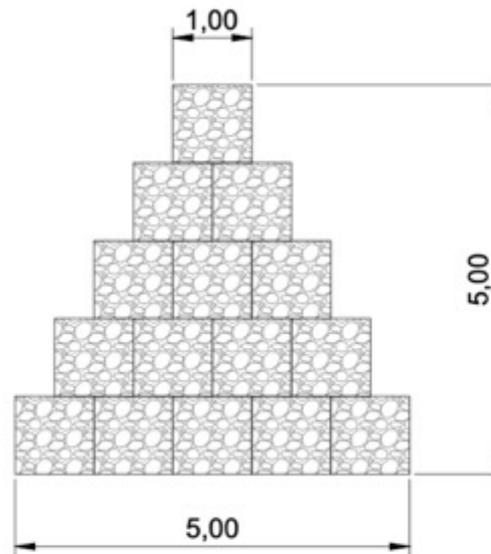
## Opere di sostegno: tipologie

Muri «rigidi» e «deformabili»: vantaggi vs svantaggi

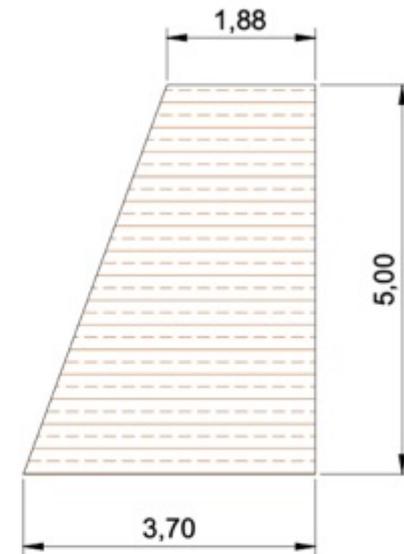
Il principale svantaggio risiede nel fatto che essendo costituiti da materiali più «leggeri» rispetto al calcestruzzo, a parità di efficacia statica, risultano più «ingombranti»



$g = 25 \text{ kN/mc}$



$g = 16 \text{ kN/mc}$



$g = 18 \text{ kN/mc}$

## Terre rinforzate

Le terre rinforzate sono un sistema geotecnico spesso utilizzato nella realizzazione di rilevati in terra, per opere di stabilizzazione e contenimento di controripa e sottoscampa di versanti, negli ambiti stradali, ferroviari ed idraulici; su piste da sci; valli paramassi ed opere di «ingegneria naturalistica».

Consentono di ottenere inclinazioni del paramento esterno maggiori di quella di “natural declivio”.



*Nuovo rilevato stradale per accesso ospedale di Fermo*



*Opera terminata e rinverdit*

## Terre rinforzate «ArrTerr»

Rispetto agli elementi tradizionali di un manufatto in terra rinforzata, che prevedono la posa disgiunta degli elementi costitutivi quali il paramento frontale, il ritentore di fino ed i rinforzi planari, il sistema ARR TERR è già preassemblato, a paramento inclinato fra i 50° ed i 70°, unendo già insieme:

- I rinforzi planari strutturali in rete metallica esagonale a doppia torsione polimerica;
- Il ritentore di fino in biorete antierosiva 100% naturale, biodegradabile a maglia aperta;

- Il paramento frontale ed alla base sono in rete elettrosaldata in lega ZnAl, bordati ed incernierati per punti, in modo da formare un elemento frontale rigido e snodato.

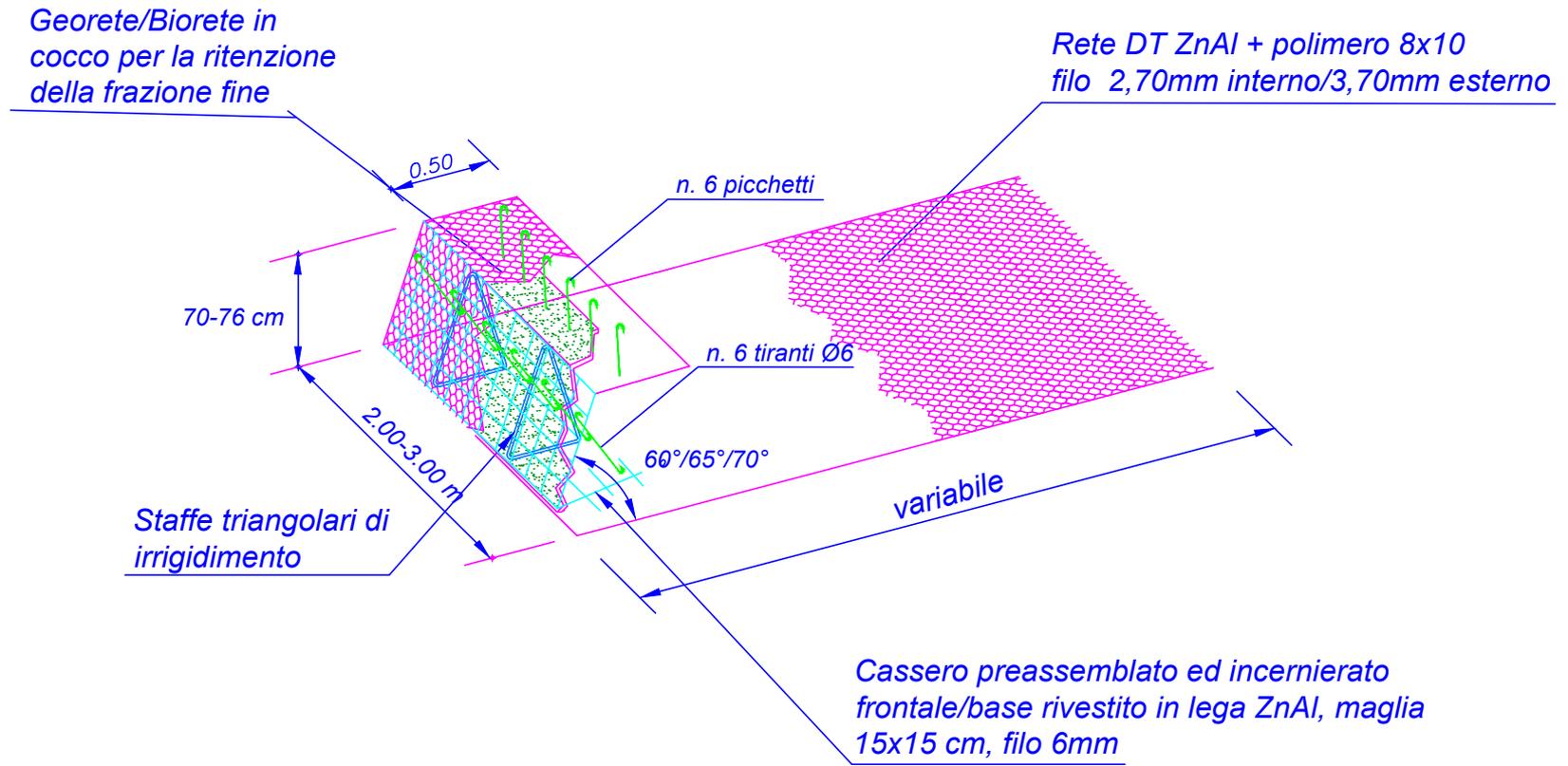


*Terre Rinforzate «ArrTerr» Arrigo Gabbioni Italia*

## Terre rinforzate «ArrTerr»

- I rinforzi planari in rete metallica a doppia torsione garantiscono elevati standard di rigidità ed al contempo assenza di deformazioni per creep;
- I paramenti frontali essendo rivestiti in lega ZnAl hanno elevata durabilità ed un buon impatto visivo;
- ARR TERR è preassemblato e concepito in "sicurezza", per evitare lesioni o tagli alle maestranze in cantiere;
- Il ritentore di fino a in biorete a maglia aperta consente una efficace trattenimento antierosivo e contemporaneamente risulta efficace nel consentire all'idrosemina o ad altre tecniche di rinverdimento di attecchire;
- Il sistema ARR TERR viene fornito presagomato ed a misura secondo le specifiche di progetto, con angoli predeterminati da progetto mediante l'inserimento di staffe triangolari;
- Essendo preassemblato, il sistema ARR TERR consente di abbattere i tempi, i costi ed i rischi di lavorazione;
- La modularità geometrica predeterminata rende ARR TERR idoneo anche alla realizzazione di opere miste con altre tecniche (ad esempio insieme ai gabbioni in rete esagonale);
- Le terre rinforzate ARR TERR sono realizzate in conformità a quanto prescritto dalla Linea Guida Cons. Sup. LL.PP. 69/2013 e sono dotate di marcatura CE.

# Terre rinforzate «ArrTerr»

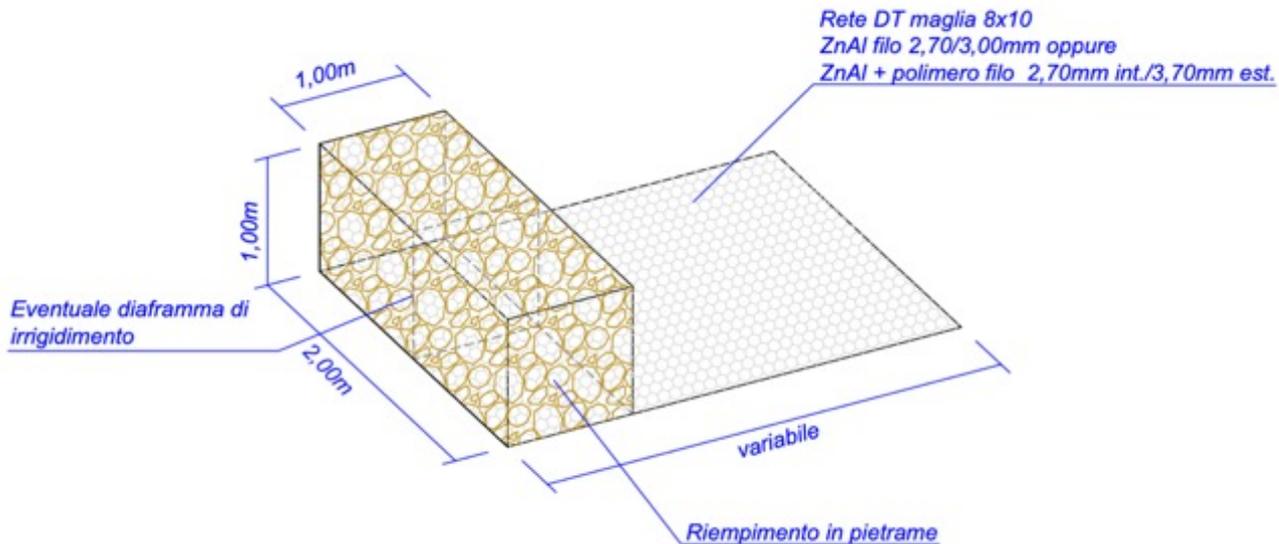


Terre Rinforzate «ArrTerr» Arrigo Gabbioni Italia

## Terre rinforzate «ArrSystem»

Esistono sistemi preassemblati di terre rinforzate “miste” (che unisce le caratteristiche dei gabbioni in rete metallica esagonale e quella delle terre rinforzate preassemblato a paramento inclinato).

Il sistema è costituito da una struttura frontale a gabbione (riempita con pietrame) a paramento verticale in rete metallica a doppia torsione, preassemblata con un elemento planare di rinforzo avente le medesime caratteristiche.



Terre Rinforzate «ArrSystem» Arrigo Gabbioni Italia

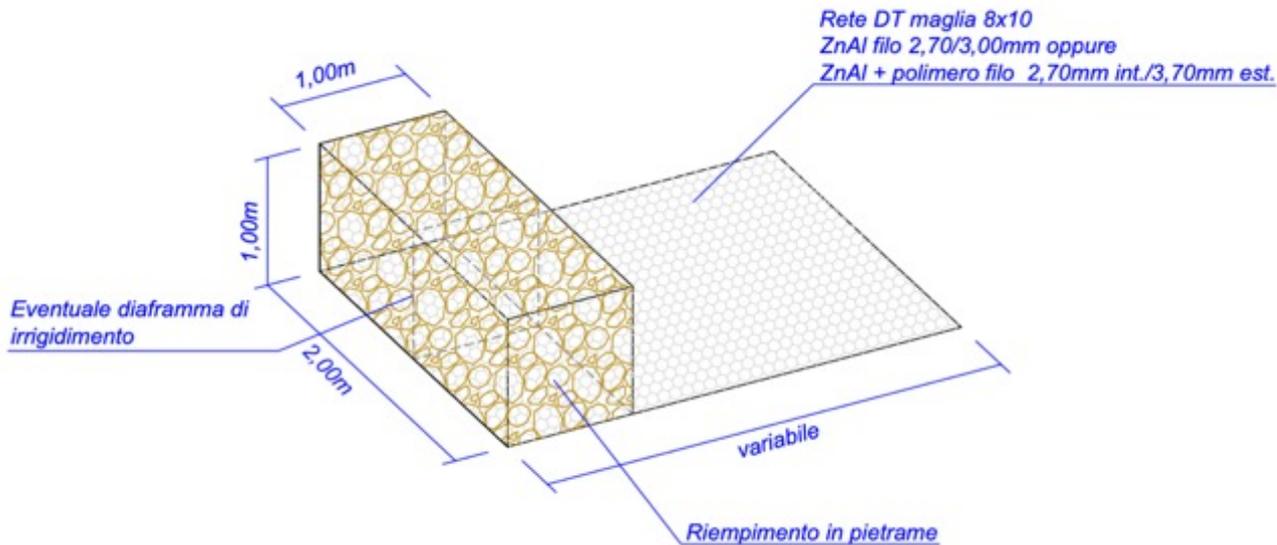


## Terre rinforzate «ArrSystem»

QUANDO SI UTILIZZANO:

nella realizzazione di muri, rilevati, terrapieni di contenimento e stabilizzazione per la protezione geoidrologica e di opere strutturali (strade, pilastri di ponti, massicciate ferroviarie).

In particolare, in quegli interventi dove sia fondamentale ridurre gli spazi sfruttando la verticalità e disporre di un sistema drenante efficace.



*Terre Rinforzate «ArrSystem» Arrigo Gabbioni Italia*

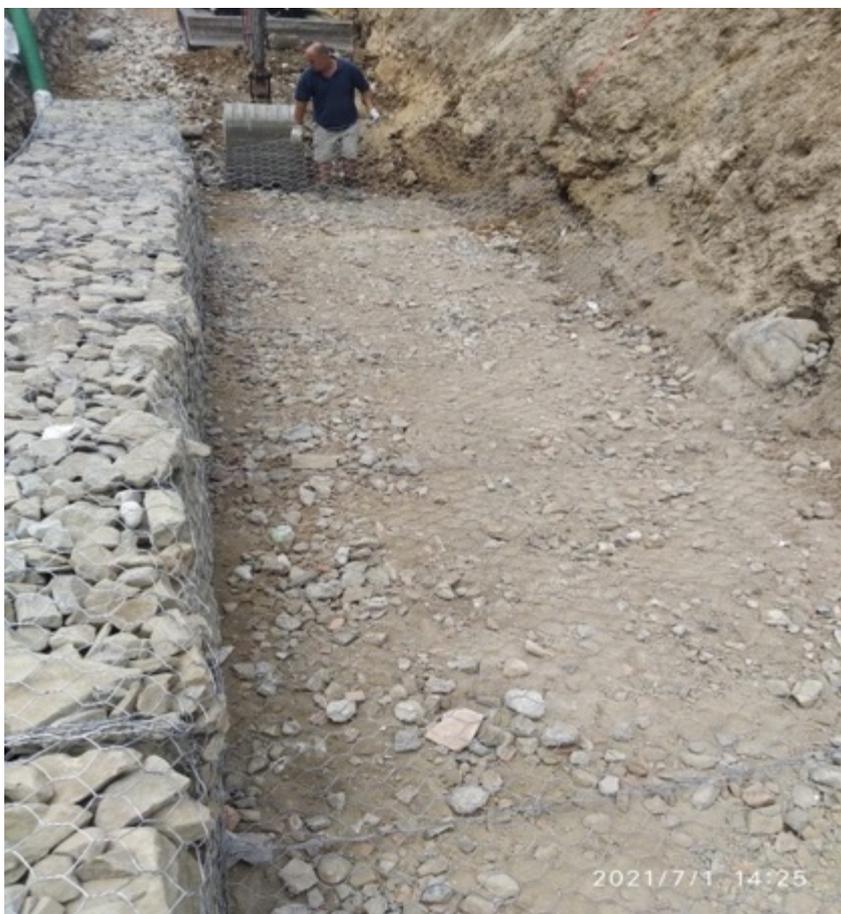


## Terre rinforzate «ArrSystem»

I principali vantaggi applicativi delle terre rinforzate a paramento verticale ARRSYSTEM:

- La verticalità del gabbione frontale consente di ridurre gli ingombri dell'opera rispetto ad una terra rinforzata classica a paramento inclinato;
- Il gabbione frontale consente di svolgere una buona azione di drenaggio grazie alla presenza del pietrame;
- La presenza del gabbione frontale consente di trattenere il terreno posto a tergo come riempimento del rilevato, senza necessitare di idrosemina o rinverdimento dell'opera (nel caso si può prevedere di inserire delle tasche vegetative o delle talee nel gabbione);
- Il fatto di essere un sistema preassemblato e modulare consente di ridurre i tempi, i costi ed i rischi di posa in opera;
- Il sistema ARRSYSTEM viene fornito presagomato ed a misura secondo le specifiche di progetto;
- La modularità geometrica predeterminata rende il sistema ARRSYSTEM idoneo anche alla realizzazione di opere miste con altre tecniche;
- Le terre rinforzate ARRSYSTEM sono dotate di marcatura CE.

# Terre rinforzate «ArrSystem»

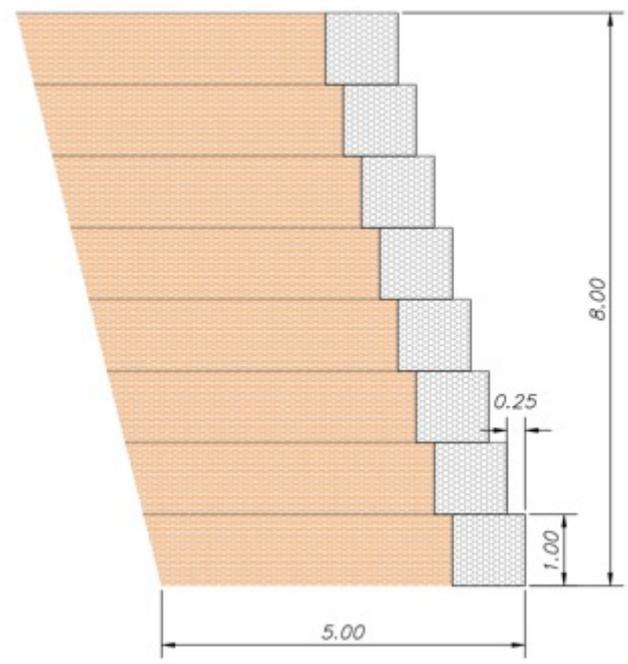
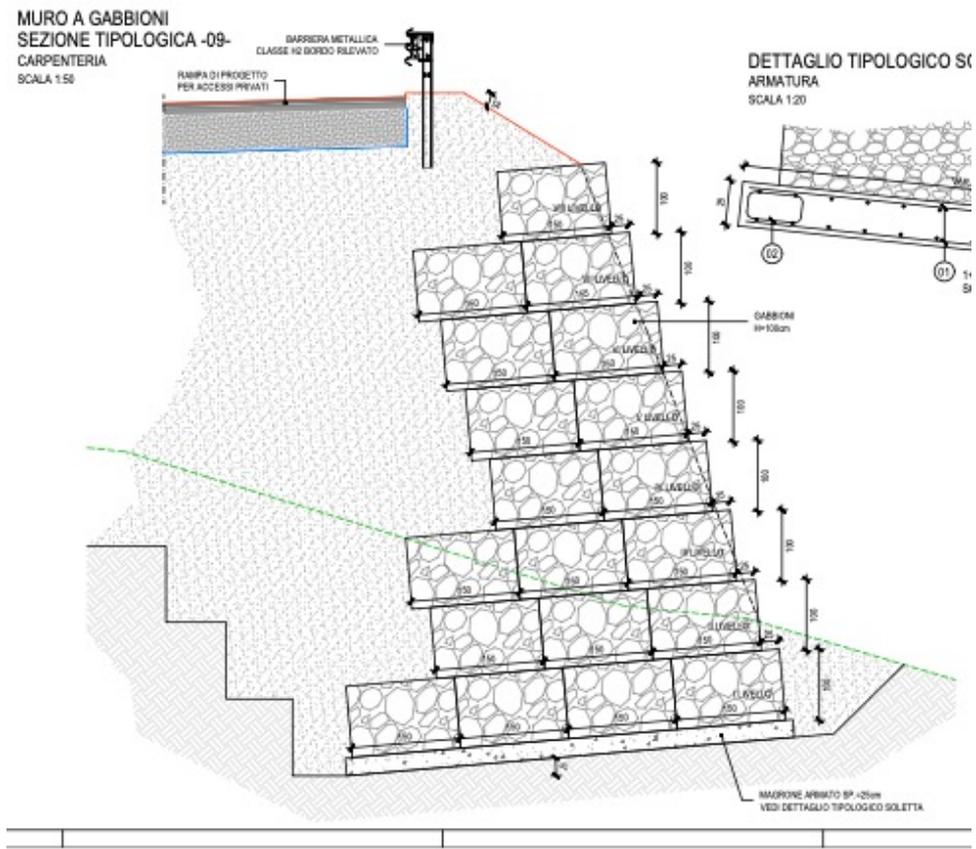


## Terre rinforzate «ArrSystem»



tasca vegetativa preassemblata.

# Terre rinforzate «ArrSystem»



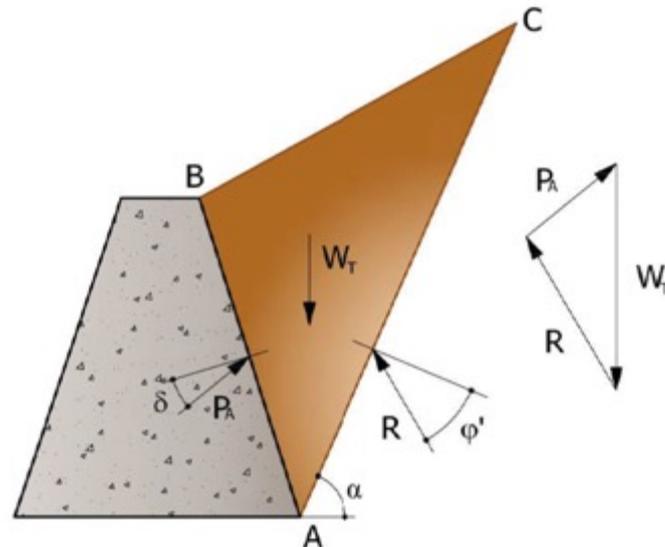
## Terre rinforzate: criteri di calcolo

Per quanto riguarda il **terreno**, le ipotesi sono:

- modello di tipo rigido – plastico, con criterio di rottura alla Mohr – Coulomb;
- condizioni drenate.

Per quanto concerne la **configurazione geometrica**, le ipotesi prevedono:

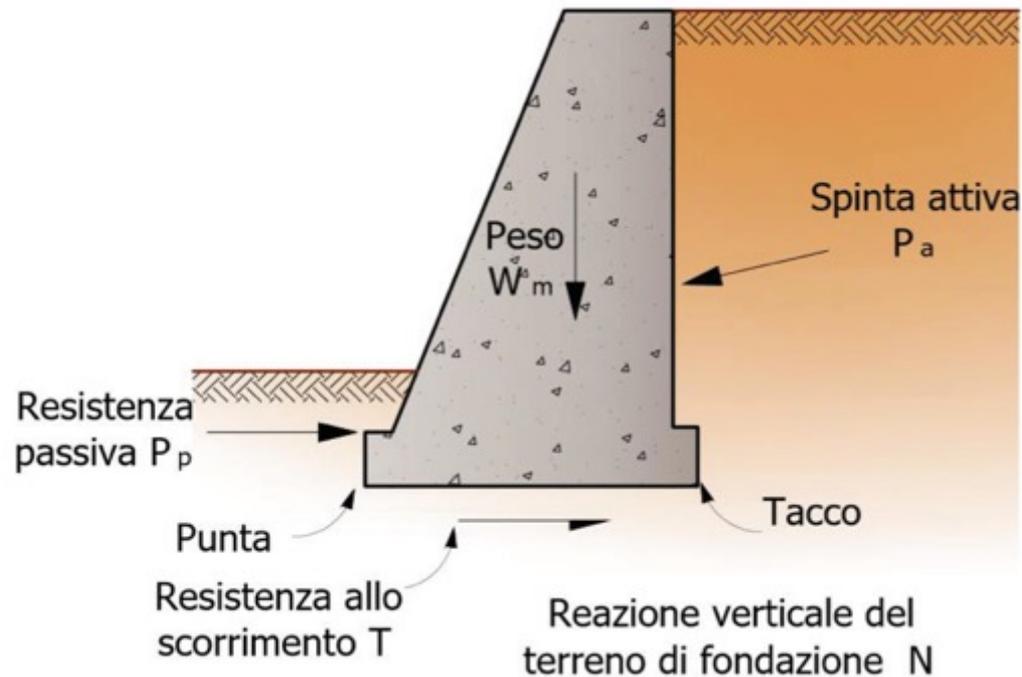
- paramento interno del muro piano o comunque inclinato;
- una superficie delimitante il terrapieno piana o comunque inclinata.
- la superficie, delimitante inferiormente il cuneo, piana e passante per il «tacco» del muro.



## Terre rinforzate: criteri di calcolo

Per quanto riguarda il cinematismo del sistema muro-terreno:

- il muro può traslare lungo il piano di posa o ruotare intorno allo spigolo di valle, portando il terreno in una condizione di stato limite «attivo» sotto l'azione delle forze statiche e dei carichi pseudostatici.



## Terre rinforzate: criteri di calcolo

### NTC 2018

#### 6.5.3.1.1 Muri di sostegno

Per i muri di sostegno o per altre strutture miste ad essi assimilabili devono essere effettuate le verifiche con riferimento almeno ai seguenti stati limite, accertando che la condizione [6.2.1] sia soddisfatta per ogni stato limite considerato:

- *SLU di tipo geotecnico (GEO)*
  - scorrimento sul piano di posa;
  - collasso per carico limite del complesso fondazione-terreno;
  - ribaltamento;
  - stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno;
- *SLU di tipo strutturale (STR)*
  - raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

Per tali verifiche bisogna sempre accertare che le forze instabilizzanti *Ed* siano minori delle grandezze che contrastano il fenomeno *Rd*:

$$Ed \leq Rd$$



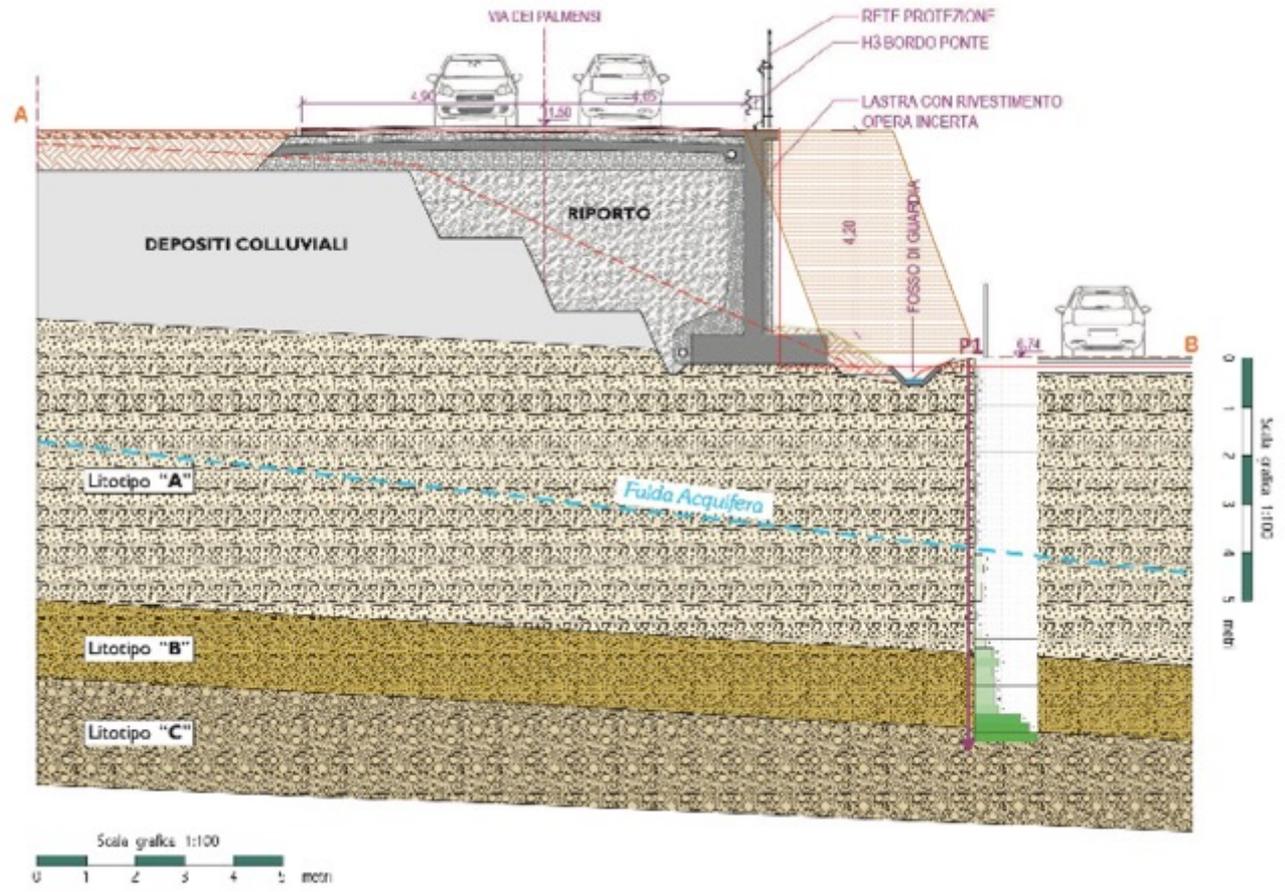
# Terre rinforzate: criteri di calcolo

## WebApp Geostru Terre Rinforzate

### RISULTATI

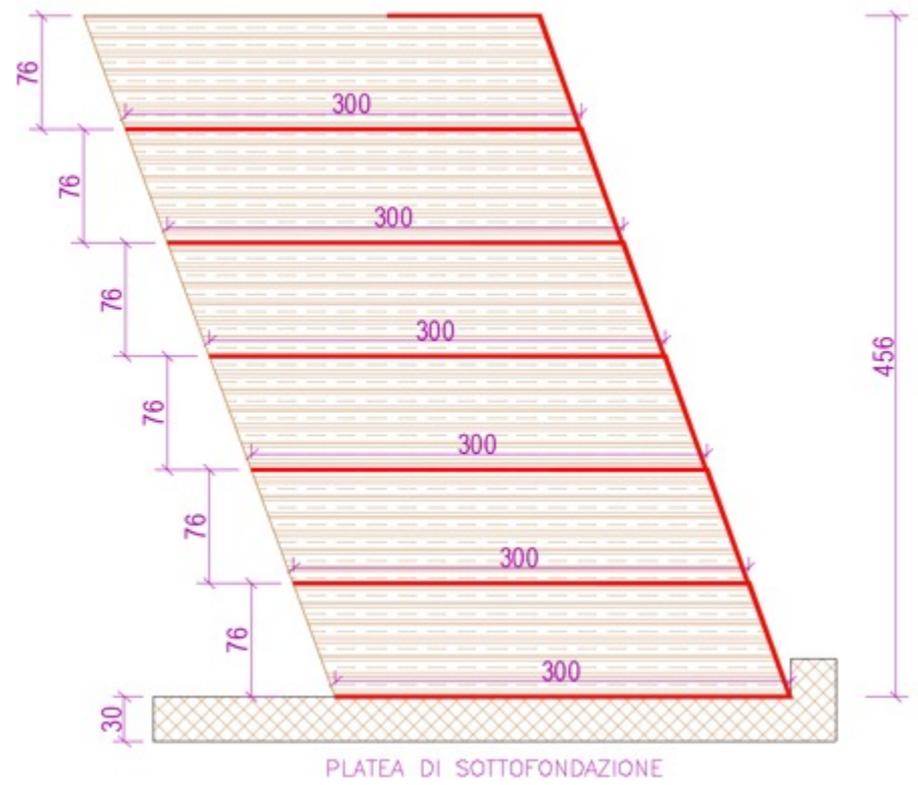
	N. Rinforzo	Quota m	Azione kN	Lunghezza efficace m	Resistenza di sfilamento kN	Resistenza di calcolo kN	Fattore di sicurezza	
<b>Carico Limite (Hanse)</b>								
Fattori di capacità portan								
Carico limite	1	0.76	9.85	0.74	12.05	12.05	5.08	
Carico verticale agente	2	1.52	13.85	1.19	32.08	32.08	3.61	m
Fattore di sicurezza	3	2.28	16.25	1.63	59.18	50.00	3.08	m
<b>Ribaltamento</b>								
Momento ribaltante	4	3.04	18.42	2.08	94.07	50.00	2.71	kN/m
Momento stabilizzante	5	3.80	20.66	2.53	137.16	50.00	2.42	--
Fattore di sicurezza	6	4.56	23.04	2.98	188.71	50.00	2.17	--
<b>Scorrimento</b>								
Azione orizzontale	8	6.08	28.19	3.87	317.91	50.00	1.77	
Resistenza	9	6.84	30.94	4.32	395.78	50.00	1.62	
Fattore di sicurezza	10	7.60	33.77	4.76	482.56	50.00	1.48	kN/m
	11	8.36	36.67	5.21	578.30	50.00	1.36	

# Caso applicativo



**REALIZZAZIONE DI UNA ROTATORIA ALL' INCROCIO TRA LA S.S. 16 "ADRIATICA" (KM 362 + 550), LA S.P. 84 "TORRE DI PALME" E LA STRADA COMUNALE "VIA DEI PALMENSIS"**

# Caso applicativo



*REALIZZAZIONE DI UNA ROTATORIA ALL' INCROCIO TRA LA S.S. 16 "ADRIATICA" (KM 362 + 550), LA S.P. 84 "TORRE DI PALME" E LA STRADA COMUNALE "VIA DEI PALMENSIS"*

# Caso applicativo

## GEOMETRIA ↑

Altezza terra rinforzata	H	<u>4.57</u>	m
Base terra rinforzata	B	<u>3</u>	m
Inclinazione paramento esterno terra rinforzata		<u>70</u>	°
Angolo inclinazione terrapieno	$\beta$	<u>0</u>	°
Profondità piano posa fondazione	D	<u>0</u>	m

## GEOTECNICA ↑

**Normativa**

NTC 2018 (A1+M1+R3) ▼

**Terreno Rinforzato**

Peso unità di volume	$\gamma_t$	<u>18</u>	kN/m <sup>3</sup>
Angolo resistenza a taglio	$\phi_t$	<u>35</u>	°
Angolo di attrito terreno-rinforzo	$\delta$	<u>23</u>	°

**Terreno Spingente**

Peso unità di volume	$\gamma_t$	<u>18</u>	kN/m <sup>3</sup>
Angolo resistenza a taglio	$\phi_t$	<u>35</u>	°

**Terreno Fondazione**

Peso unità di volume	$\gamma_t$	<u>19</u>	kN/m <sup>3</sup>
Angolo resistenza a taglio	$\phi_t$	<u>22</u>	°
Angolo resistenza a taglio terreno-fondazione	$\gamma_f$	<u>22</u>	°

**WebApp Geostru «Terre Rinforzate»**

# Caso applicativo

**SOVRACCARICO**
+

Sovraccarico	q	50	kN/m <sup>2</sup>
Ascissa iniziale sovraccarico	x <sub>in</sub>	1	m
Ascissa finale sovraccarico	x <sub>fin</sub>	10	m

**AZIONI (A)**
+

Peso muro	1
Spinta terreno	1.3
Spinta falda	1.5
Spinta sismica	1
Carichi	1.5

**COEFFICIENTI GEOTECNICI (M)**
+

Tangente angolo resistenza taglio	1
Coesione efficace	1
Resistenza non drenata	1

**RESISTENZA (R)**
+

Capacità portante	1.4
Scorrimento	1.1
Ribaltamento	1.15

**SISMA**
+

[GeoStru\\_PS](#)

Coefficiente sismico orizzontale	0.098
Coefficiente sismico verticale	0.049

**RINFORZI**
+

Cliccare su una tipologia per renderla attiva

**GEOSINTETICI**

Lunghezza	l	3	m
Passo	s	0.76	m
Resistenza a rottura	R <sub>d</sub>	50	kN/m

**WebApp Geostru «Terre Rinforzate»**

# Caso applicativo

## RISULTATI

### Carico Limite (Hansen)

Fattori di capacità portante (Nq   Nc   Ng)	9.42   20.84   5.10	
Carico limite	$q_{lim}$	103.90 kN/m <sup>2</sup>
Carico verticale agente	$F_y$	246.78 kN
Fattore di sicurezza	$FS_{q_{lim}}$	1.26

### Ribaltamento

Momento ribaltante	$M_r$	97.31 kNm
Momento stabilizzante	$M_s$	524.48 kNm
Fattore di sicurezza	$FS_{rib}$	5.39

### Scorrimento

Azione orizzontale	$F_x$	89.68 kN/m
Resistenza	$R$	90.64 kN/m
Fattore di sicurezza	$FS_{scorr}$	1.01

Le quote sono riferite alla sommità della terra rinforzata

N. Rinforzo	Quota m	Azione kN	Lunghezza efficace m	Resistenza di sfilamento kN	Resistenza di calcolo kN	Fattore di sicurezza
1	0.76	20.79	0.89	28.10	28.10	2.41
2	1.52	26.84	1.31	61.06	50.00	1.86
3	2.28	28.68	1.73	98.49	50.00	1.74
4	3.04	29.72	2.15	142.67	50.00	1.68
5	3.80	30.69	2.57	194.57	50.00	1.63
6	4.56	31.77	2.99	254.71	50.00	1.57

**WebApp Geostru «Terre Rinforzate»**

# Caso applicativo



***Rotatoria SS16***

# Caso applicativo



***Rotatoria SS16***

What's new?



**ARRIGO GABBIONI ITALIA S.R.L.**

***WebApp ASP  
(ArrSystem Project)***

# GRAZIE PER L'ATTENZIONE

*Ing. Maurizio Ponte*

*Ingegnere Civile Geotecnico - Ricercatore Universitario SSD GEO/05 – Geologia Applicata*

*Dipartimento di Biologia, Ecologia e Scienze della Terra - Università della Calabria.*

*Professore Incaricato di Geomeccanica e Geologia Applicata - CDL Magistrale in Scienze Geologiche*

*E-mail: maurizio.ponte@unical.it*



**ARRIGO GABBIONI ITALIA S.R.L.**

**<https://www.arrigogabbioni.com>**

**E-mail: [arrigogabbioni@gmail.com](mailto:arrigogabbioni@gmail.com)**

- GABBIONI E MATERASSI RENO
- RETI PARASASSI
- TRINCEE DRENANTI DRENAR
- TERRE RINFORZATE PREASSEMBLATE
- GEOCOMPOSITI ANTIEROSIVI
- SISTEMI PER LA DIFESA DEL SUOLO
- SISTEMI PROTEZIONE ARGINALE ANTINUTRIA