

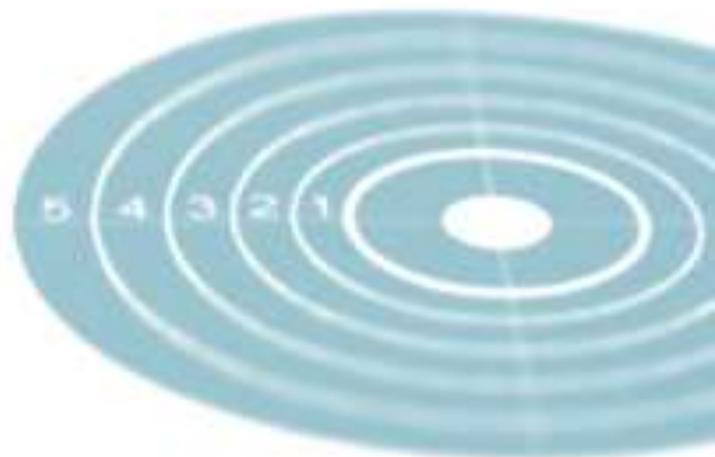


**GEOSINTETICI  
TIPOLOGIE E CRITERI DI SELEZIONE  
NELL'AMBITO DI OPERE  
INFRASTRUTTURALI  
E DI SISTEMAZIONE DEI VERSANTI**

## OBIETTIVI DELL'INCONTRO ODIERNO:

- DEFINIRE IL RAPPORTO TRA GEOSINTETICO E FUNZIONE
- DEFINIRE ALCUNI CRITERI DI SCELTA PER IL GEOSINTETICO ADATTO AL PROBLEMA TECNICO CHE SI STA AFFRONTANDO

10 9 8 7 6



TRATTO DA - EN ISO 10318:2000

## GEOSINTETICO:

“TERMINE GENERICO PER DESCRIVERE UN PRODOTTO NEL QUALE ALMENO UN COMPONENTE È REALIZZATO CON **POLIMERO** NATURALE O SINTETICO, SOTTO FORMA DI LASTRA, STRISCIA O STRUTTURA TRIDIMENSIONALE, USATO A CONTATTO CON TERRENI E/O ALTRI MATERIALI IN APPLICAZIONI DI GEOTECNICA ED INGEGNERIA CIVILE.”

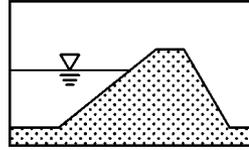
## GEOSINTETICI - DEFINIZIONE

## TRATTO DA - ISO 1043/1

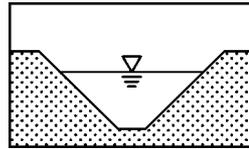
CA – Acetato di cellulosa	PEK – Polieterchetone	PS – Polistirene
CAB – Acetobutirrato di cellulosa	PEEK – Polietereterchetone	PSU – Polisolfone
CN – Nitrato di cellulosa	PES – Polietersolfoni	PT – Politiofene
CP – Propionato di cellulosa	PET – Polietilentereftalato	PTFE – Politetrafluoroetilene (Teflon)
EP – Epossidi	PF – Fenolfomaldeide	PUR – Poliuretano
MF – Melammina-formaldeide	PI – Poliimmide	PVB – Polivinilbutirrale
PA – Poliammidi	PIB – Poliisobutilene	PVC – Polivinilcloruro
PAI – Poliammidimmide	PMI – Polimetacrilimmide	PVC-C – Polivinilcloruro clorurato
PAN – Poliacrilonitrile	PMMA – Polimetilmetacrilato	PVDC – Polivinildencloruro
PB – Polibutene-1	PMP – Poli-4-metilpentene-1	PVDF – Polivinidenfluoruro
PBT – Polibutilentereftalato	POM – Poliossimetilene, Poliformaldeide, Poliacetale	PVF – Polivinilfluoruro
PC – Policarbonato	PP – Polipropilene	RC – Cellulosa rigenerata
PCTFE – Policlorotrifluoroetilene	PPE – Polifenilettere	SI – Siliconi
PDAP – Polidiallilftalato	PPO – Polifenilenossido	UF – Urea-formaldeide
PE – Polietilene	PPS – Polifenilensolfuro	UP – Poliesteri insaturi
PE-C – Polietilene clorurato	PEI – Polieterimmide	PDMS – Poldimetilsilossano

## GEOSINTETICI - POLIMERI

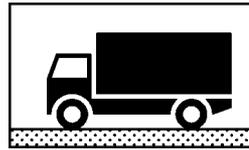
BACINI E DIGHE



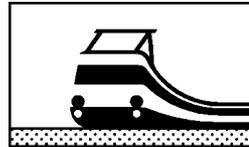
CORSI D'ACQUA



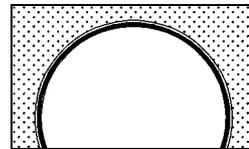
STRADE



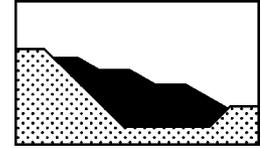
FERROVIE



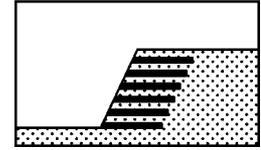
GALLERIE



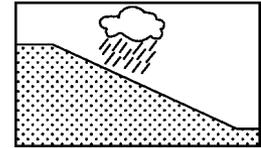
DISCARICHE



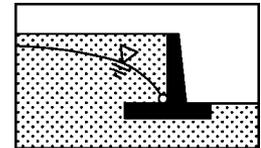
STRUTTURE DI SOSTEGNO



EROSIONE SU PENDII

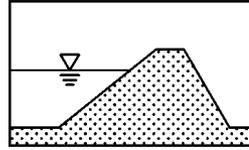


SISTEMI DI DRENAGGIO

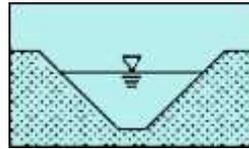


**GEOSINTETICI - I PIU' COMUNI CAMPI DI APPLICAZIONE**

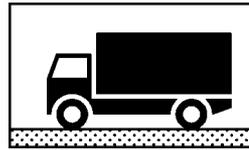
BACINI E DIGHE



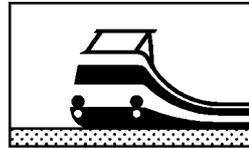
CORSI D'ACQUA



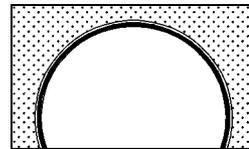
STRADE



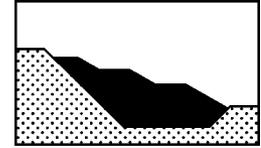
FERROVIE



GALLERIE



DISCARICHE



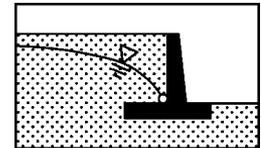
STRUTTURE DI SOSTEGNO



EROSIONE SU PENDII



SISTEMI DI DRENAGGIO



**GEOSINTETICI - I PIU' COMUNI CAMPI DI APPLICAZIONE**



TABELLA III: CARATTERISTICHE DI DURABILITA' DEL LEGNAME

Specie legnosa	Resistenza all'attacco di Funghi	Resistenza all'attacco di Insetti	Idoneità all'uso nelle opere di I.N.
Abete bianco	PD	NR	no
Abete rosso	PD	NR	no
Larice	ED	R	sì
Pino silvestre	D	NR	sì
Castagno	MD	R	sì

*Durabilità naturale di vari legni e possibilità di impiego*  
 PD = poco durabile;  
 D = durabile;  
 MD = molto durabile;  
 ED = estremamente durabile;  
 NR = non resistente;  
 R = resistente;  
 MR = molto resistente

[Tratto da: "Le opere in legno nella sistemazione dei torrenti montani", A.R.P.A.V. 2000, modificato]

## GEOSINTETICI – INGEGNERIA NATURALISTICA

# GEOSINTETICI

## PERMEABILI

GEOTESSILI

PRODOTTI  
GEOSINTETICI  
CORRELATI

GEOCOMPOSITI

*NON TESSUTI*

*GEOGRIGLIE*

*TESSUTI*

*GEORETI*

*BIOTESSILI*

*GEOCELLE*

*GEOSTUOIE*

## IMPERMEABILI

GEOSINTETICI  
BENTONITICI

GEOMEMBRANE

TRATTO DA - EN ISO 10318:2000

# GEOSINTETICI - CLASSIFICAZIONE

# GEOSINTETICI

## PERMEABILI

## IMPERMEABILI

GEOSINTETICI

GEOSINTETICI  
BENTONITICI

GEOMEMBRANE

PERMEABILI

IMPERMEABILI

GEOTESSILI

PRODOTTI  
GEOSINTETICI  
CORRELATI

GEOCOMPOSITI

GEOSINTETICI  
BENTONITICI

GEOMEMBRANE

NON TESSUTI

GEOGRIGLIE

TESSUTI

GEORETI

BIOTESSILI

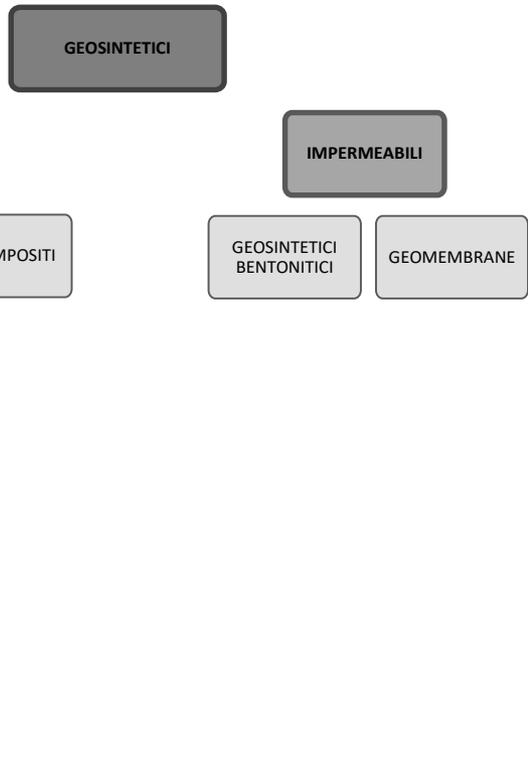
GEOCELLE

GEOSTUOIE

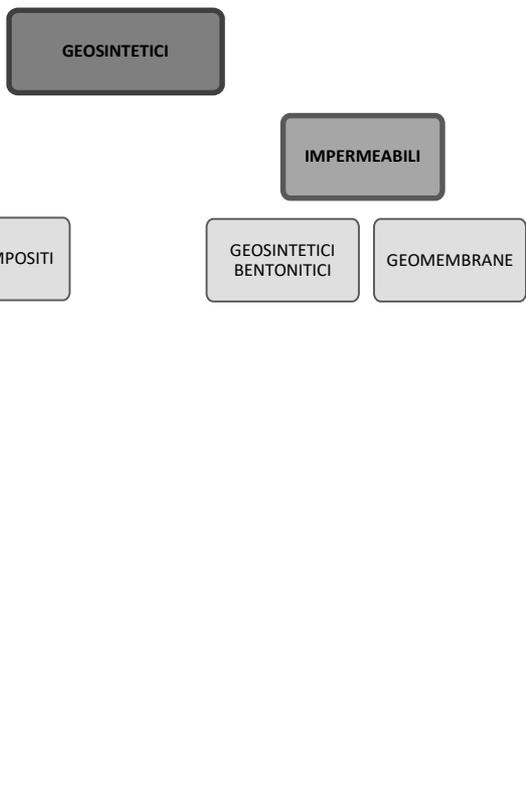
GEOSTUOIE

TRATTO DA - EN ISO 10318:2000

# GEOSINTETICI - CLASSIFICAZIONE



## GEOSINTETICI – NON TESSUTI



## GEOSINTETICI – TESSUTI

**GEOSINTETICI**

**PERMEABILI**

**IMPERMEABILI**

GEOTESSILI

PRODOTTI  
GEOSINTETICI  
CORRELATI

GEOCOMPOSITI

GEOSINTETICI  
BENTONITICI

GEOMEMBRANE

NON TESSUTI

GEOGRIGLIE

TESSUTI

GEORETI

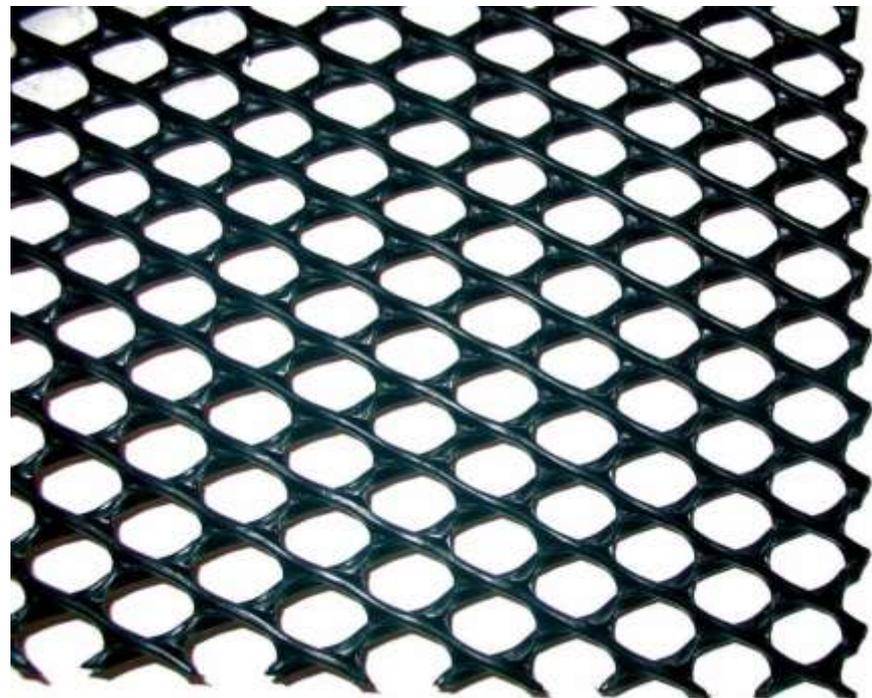
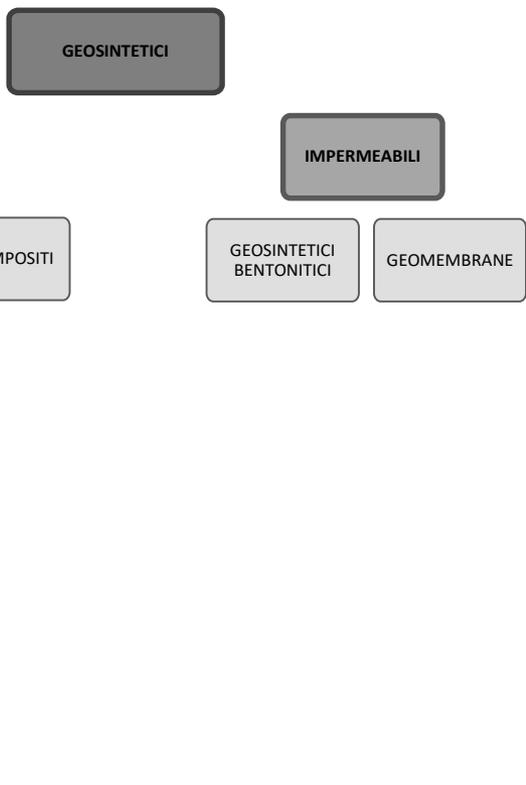
BIOTESSILI

GEOCELLE

GEOSTUOIE



## GEOSINTETICI – GEOGRIGLIE

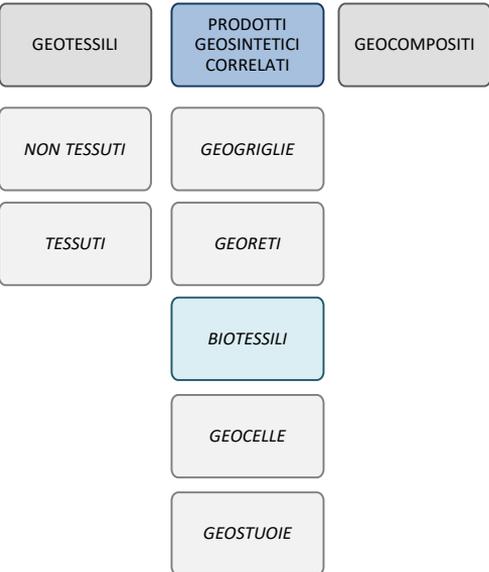


## GEOSINTETICI – GEORETI

**GEOSINTETICI**

**PERMEABILI**

**IMPERMEABILI**



# GEOSINTETICI – BIOTESSILI

**GEOSINTETICI**

**PERMEABILI**

**IMPERMEABILI**

GEOTESSILI

PRODOTTI  
GEOSINTETICI  
CORRELATI

GEOCOMPOSITI

GEOSINTETICI  
BENTONITICI

GEOMEMBRANE

NON TESSUTI

GEOGRIGLIE

TESSUTI

GEORETI

BIOTESSILI

**GEOCELLE**

GEOSTUOIE



## GEOSINTETICI – GEOCELLE

**GEOSINTETICI**

**PERMEABILI**

**IMPERMEABILI**

GEOTESSILI

PRODOTTI  
GEOSINTETICI  
CORRELATI

GEOCOMPOSITI

GEOSINTETICI  
BENTONITICI

GEOMEMBRANE

NON TESSUTI

GEOGRIGLIE

TESSUTI

GEORETI

BIOTESSILI

GEOCELLE

**GEOSTUOIE**



## GEOSINTETICI – GEOSTUOIE

**GEOSINTETICI**

**PERMEABILI**

**IMPERMEABILI**

**GEOCOMPOSITI**

**GEOSINTETICI BENTONITICI**

**GEOMEMBRANE**

**GEOTESSILI**

**PRODOTTI GEOSINTETICI CORRELATI**

**NON TESSUTI**

**GEOGRIGLIE**

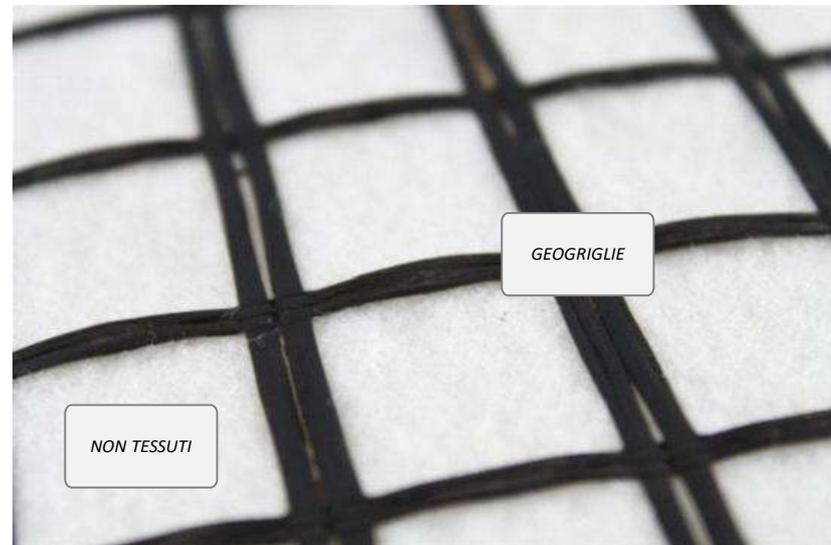
**TESSUTI**

**GEORETI**

**BIOTESSILI**

**GEOCELLE**

**GEOSTUOIE**



## GEOSINTETICI – GEOCOMPOSITI

**GEOSINTETICI**

**PERMEABILI**

**IMPERMEABILI**

GEOTESSILI

PRODOTTI  
GEOSINTETICI  
CORRELATI

GEOCOMPOSITI

GEOSINTETICI  
BENTONITICI

GEOMEMBRANE

NON TESSUTI

GEORIGLIE

TESSUTI

GEORETI

BIOTESSILI

GEOCELLE

GEOSTUOIE



## GEOSINTETICI – GEOCOMPOSITI BENTONITICI

**GEOSINTETICI**

**PERMEABILI**

**IMPERMEABILI**

GEOTESSILI

PRODOTTI  
GEOSINTETICI  
CORRELATI

GEOCOMPOSITI

GEOSINTETICI  
BENTONITICI

GEOMEMBRANE

NON TESSUTI

GEOGRIGLIE

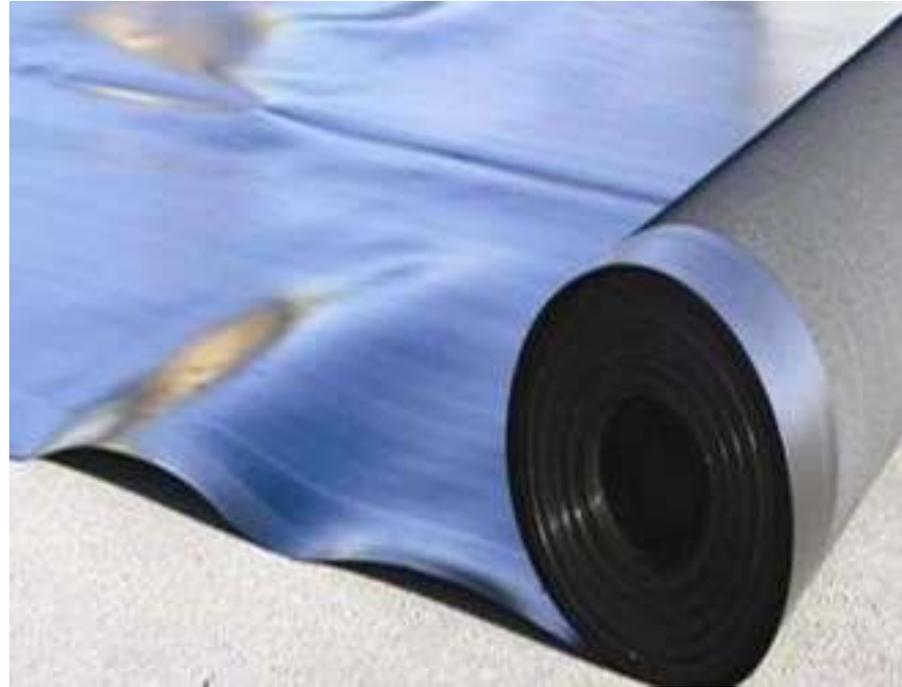
TESSUTI

GEORETI

BIOTESSILI

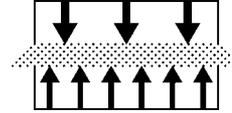
GEOCELLE

GEOSTUOIE

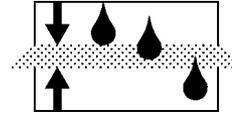


## GEOSINTETICI – GEOMEMBRANE

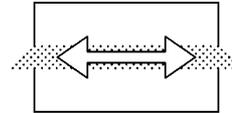
SEPARAZIONE



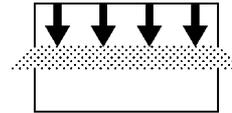
FILTRAZIONE



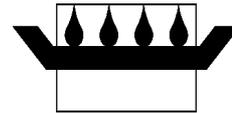
RINFORZO



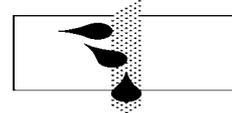
PROTEZIONE



BARRIERA



DRENAGGIO



CONTROLLO EROSIONE



## GEOSINTETICI - FUNZIONI



FUNZIONI – SEPARAZIONE



FUNZIONI – FILTRAZIONE



## FUNZIONI – BARRIERA



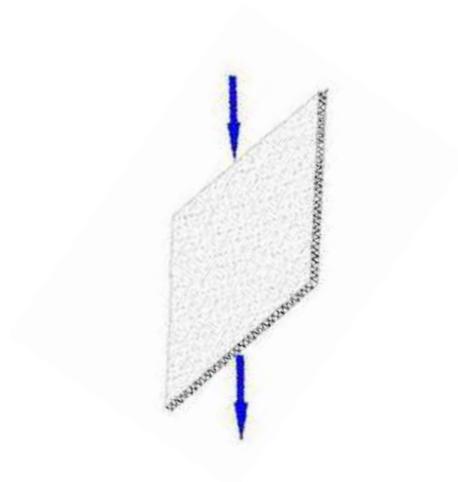
FUNZIONI – RINFORZO



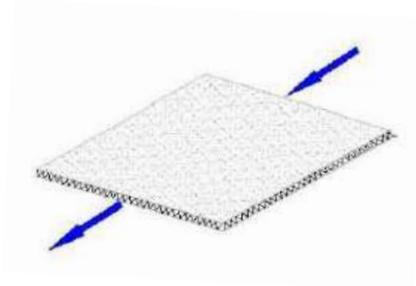
**FUNZIONI – PROTEZIONE**



## FUNZIONI – PROTEZIONE



## FUNZIONI – DRENAGGIO



## FUNZIONI – DRENAGGIO



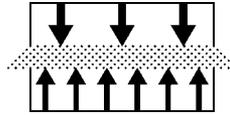
<i>Livello di erosione</i>	<i>Intensità annua</i>		<i>Attributo erosione</i>	<i>Tempo teorico occorrente per erodere 20 cm di suolo (in anni)</i>
	<i>mm</i>	<i>mc/ha</i>		
1	< 0.05	< 0.5	Nulla o trascurabile	> 4000
2	0.05 - 0.5	0.5 - 5	Leggera	4000-400
3	0.5 - 1.5	5 - 15	Moderata	400 - 133
4	1.5 - 5	15 - 50	Severa	133 - 40
5	5 - 20	50 - 200	Molto severa	40 - 10
6	> 20	> 200	Catastrofica	< 10

## FUNZIONI – CONTROLLO DELL'EROSIONE

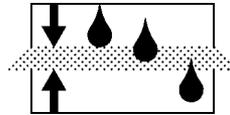
	SEPARAZIONE	FILTRAZIONE	RINFORZO	PROTEZIONE MECCANICA	IMPERMEABILIZZAZIONE	DRENAGGIO	CONTROLLO DELL'EROSIONE
NON TESSUTI	✓	✓		✓			
TESSUTI	✓	✓	✓				
GEOGRIGLIE			✓				
BIOSTUOIE							✓
GEOSTUOIE							✓
GEOCELLE							✓
GEORETI				✓			
GEOCOMPOSITI PER DRENAGGIO						✓	
GEOSINTETICI BENTONITICI					✓		
GEOMEMBRANE					✓		

GEOSINTETICI ↔ FUNZIONE

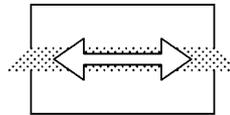
SEPARAZIONE



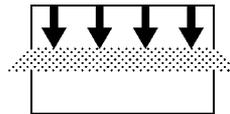
FILTRAZIONE



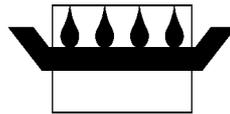
RINFORZO



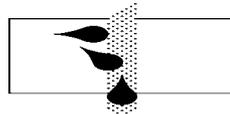
PROTEZIONE



BARRIERA



DRENAGGIO



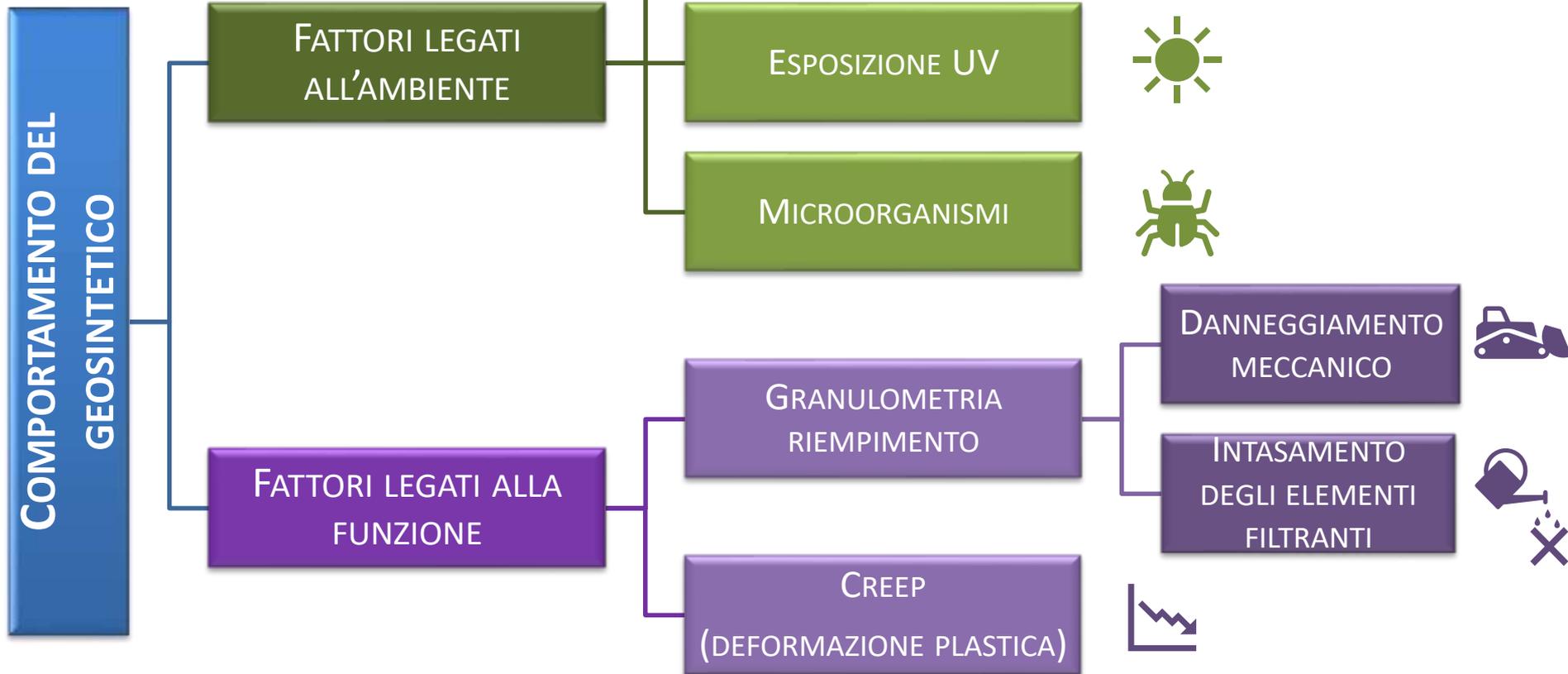
CONTROLLO EROSIONE



GEOSINTETICI – FUNZIONE ↔ CE



GEOSINTETICI – FATTORI CHE INFLUENZANO IL COMPORTAMENTO



## GEOSINTETICI – FATTORI CHE INFLUENZANO IL COMPORTAMENTO



## GEOSINTETICI – FATTORI CHE INFLUENZANO IL COMPORTAMENTO

$$P_{\text{lungo term.}} = P_{\text{nom.}} / (FR_A * FR_B * FR_C * \dots * FR_X)$$

	POLIETILENE AD ALTA DENSITA' (HDPE)	POLIPROPILENE (PP)	POLIESTERE (PET)	POLIAMMIDE (PA)
Densita' (Kg/mc)	950	910	1380	1140
Tasso di ripresa d'umidita' (%)	< 0,05	< 0,05	0,4	6,5
Temperatura di fusione (°C)	125	165	250	250
Temperatura di rammollimento (°C)	110	140	220 – 240	230
Tenacita' (N/Tex)	0,4 – 0,6	0,4 – 0,65	0,4 – 0,8	0,4 – 0,8
Allungamento a trazione per fibre non ritorte (%)	20 – 50	15 – 50	10 – 25	20 – 40
Resistenza a:				
- Acidi	Eccellente	Eccellente	Buona	Sufficiente
- Basi	Eccellente	Eccellente	Sufficiente	Buona
- Solventi clorurati ed aromatici	Sufficiente	Sufficiente	Buona	Buona
- Agenti ossidanti	Scarsa	Buona	Buona	Sufficiente
- Raggi UV	Scarsa	Scarsa	Sufficiente	Sufficiente
- Funghi	Eccellente	Buona	Sufficiente	Buona
- Insetti	Eccellente	Sufficiente	Sufficiente	Sufficiente
- Vermi	Eccellente	Sufficiente	Sufficiente	Sufficiente
- Riscaldamento secco	Sufficiente	Sufficiente	Buona	Sufficiente
- Riscaldamento umido	Sufficiente	Sufficiente	Sufficiente	Buona
- Abrasione	Buona	Buona	Eccellente	Eccellente

## FATTORI AMBIENTALI DI SCELTA DEL POLIMERO

	POLIETILENE AD ALTA DENSITA' (HDPE)	POLIPROPILENE (PP)	POLIESTERE (PET)	POLIAMMIDE (PA)
Densita' (Kg/mc)	950	910	1380	1140
Tasso di ripresa d'umidita' (%)	< 0,05	< 0,05	0,4	6,5
Temperatura di fusione (°C)	125	165	250	250
Temperatura di rammollimento (°C)	110	140	220 - 240	230
Tenacita' (N/Tex)	0,4 - 0,6	0,4 - 0,65	0,4 - 0,8	0,4 - 0,8
Allungamento a rottura (%)	20 - 50	15 - 50	10 - 25	20 - 40



Resistenza a:				
- Acidi	Eccellente	Eccellente	Buona	Sufficiente
- Basi	Eccellente	Eccellente	Sufficiente	Buona
- Basi	Eccellente	Eccellente	Sufficiente	Buona
- Solventi clorurati ed aromatici	Sufficiente	Sufficiente	Buona	Buona
- Agenti ossidanti	Scarsa	Buona	Buona	Sufficiente
- Raggi UV	Scarsa	Scarsa	Sufficiente	Sufficiente
- Funghi	Eccellente	Buona	Sufficiente	Buona
- Insetti	Eccellente	Sufficiente	Sufficiente	Sufficiente
- Vermi	Eccellente	Sufficiente	Sufficiente	Sufficiente
- Riscaldamento secco	Sufficiente	Sufficiente	Buona	Sufficiente
- Riscaldamento umido	Sufficiente	Sufficiente	Sufficiente	Buona
- Abrasione	Buona	Buona	Eccellente	Eccellente

## FATTORI AMBIENTALI DI SCELTA DEL POLIMERO

	POLIETILENE AD ALTA DENSITA' (HDPE)	POLIPROPILENE (PP)	POLIESTERE (PET)	POLIAMMIDE (PA)
Densita' (Kg/mc)	950	910	1380	1140
Tasso di ripresa d'umidita' (%)	< 0,05	< 0,05	0,4	6,5
Temperatura di fusione (°C)	125	165	250	250
Temperatura di rammollimento (°C)	110	140	220 – 240	230
Tenacita' (N/Tex)	0,4 – 0,6	0,4 – 0,65	0,4 – 0,8	0,4 – 0,8
Allungamento a trazione per fibre non ritorte (%)	20 – 50	15 – 50	10 – 25	20 – 40
Resistenza a:				
- Acidi	Eccellente	Eccellente	Buona	Sufficiente
- Basi	Eccellente	Eccellente	Sufficiente	Buona
- Solventi clorurati ed aromatici	Sufficiente	Sufficiente	Buona	Buona
- Raggi UV	Scarsa	Scarsa	Sufficiente	Sufficiente
- Funghi	Eccellente	Buona	Sufficiente	Buona
- Insetti	Eccellente	Sufficiente	Sufficiente	Sufficiente
- Vermi	Eccellente	Sufficiente	Sufficiente	Sufficiente
- Riscaldamento secco	Sufficiente	Sufficiente	Buona	Sufficiente
- Riscaldamento umido	Sufficiente	Sufficiente	Sufficiente	Buona
- Abrasione	Buona	Buona	Eccellente	Eccellente



## FATTORI AMBIENTALI DI SCELTA DEL POLIMERO

	POLIETILENE AD ALTA DENSITA' (HDPE)	POLIPROPILENE (PP)	POLIESTERE (PET)	POLIAMMIDE (PA)
Densita' (Kg/mc)	950	910	1380	1140
Tasso di ripresa	< 0,05	< 0,05	0,4	6,5

Temperatura di fusione (°C)	125	165	250	250
-----------------------------	-----	-----	-----	-----



Temperatura di rammollimento (°C)	110	140	220 – 240	230
Tenacita' (N/Tex)	0,4 – 0,6	0,4 – 0,65	0,4 – 0,8	0,4 – 0,8
Allungamento a trazione per fibre non ritorte (%)	20 – 50	15 – 50	10 – 25	20 – 40
Resistenza a:				
- Acidi	Eccellente	Eccellente	Buona	Sufficiente
- Basi	Eccellente	Eccellente	Sufficiente	Buona
- Solventi clorurati ed aromatici	Sufficiente	Sufficiente	Buona	Buona
- Agenti ossidanti	Scarsa	Buona	Buona	Sufficiente
- Raggi UV	Scarsa	Scarsa	Sufficiente	Sufficiente
- Funghi	Eccellente	Buona	Sufficiente	Buona
- Insetti	Eccellente	Sufficiente	Sufficiente	Sufficiente
- Vermii	Eccellente	Sufficiente	Sufficiente	Sufficiente
- Riscaldamento secco	Sufficiente	Sufficiente	Buona	Sufficiente
- Riscaldamento umido	Sufficiente	Sufficiente	Sufficiente	Buona
- Abrasione	Buona	Buona	Eccellente	Eccellente

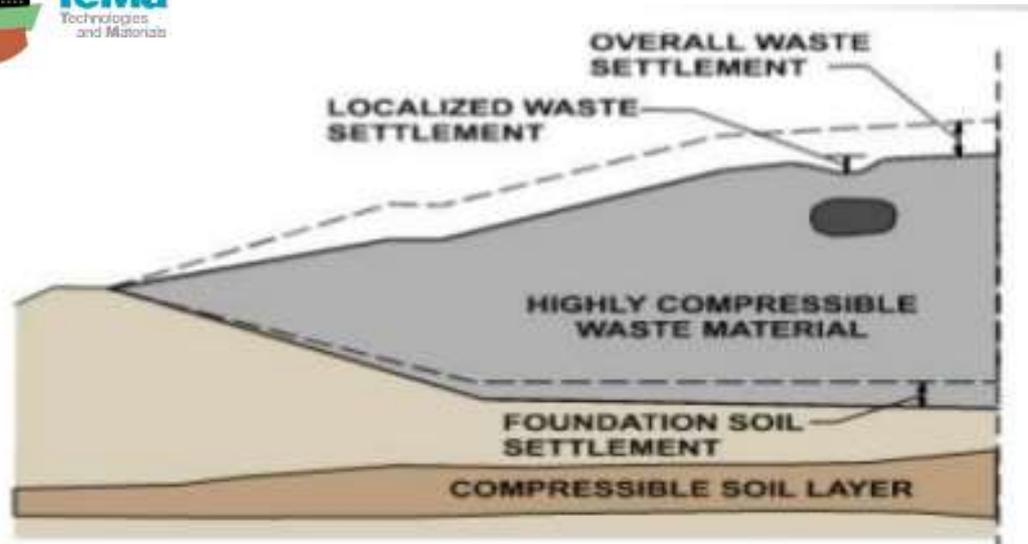
## FATTORI AMBIENTALI DI SCELTA DEL POLIMERO

Nome	Densità	Punto di fusione	Resistenza a trazione	Allungamento a rottura
-	[Kg/dm <sup>3</sup> ]	[°C]	[MPa]	[%]
Polipropilene (PP)	0,91	150-170	13-55	15-200
Polietilene (LDPE)	0,93	110-120	9-27	20-60
Polietilene (HDPE)	0,96	130-140	32-65	10-45
Poliestere (PET)	1,37	230	95-130	8-20
Fibra di vetro	2,5	850	175-300	2-5

## FATTORI LEGATI ALLA FUNZIONE

Nome	Densità	Punto di fusione	Resistenza a trazione	Allungamento a rottura
-	[Kg/dm <sup>3</sup> ]	[°C]	[MPa]	[%]
Polipropilene (PP)	0,91	150-170	13-55	15-200
Polietilene (LDPE)	0,93	110-120	9-27	20-60
Polietilene (HDPE)	0,96	130-140	32-65	10-45
Poliestere (PET)	1,37	230	95-130	8-20
Fibra di vetro	2,5	850	175-300	2-5

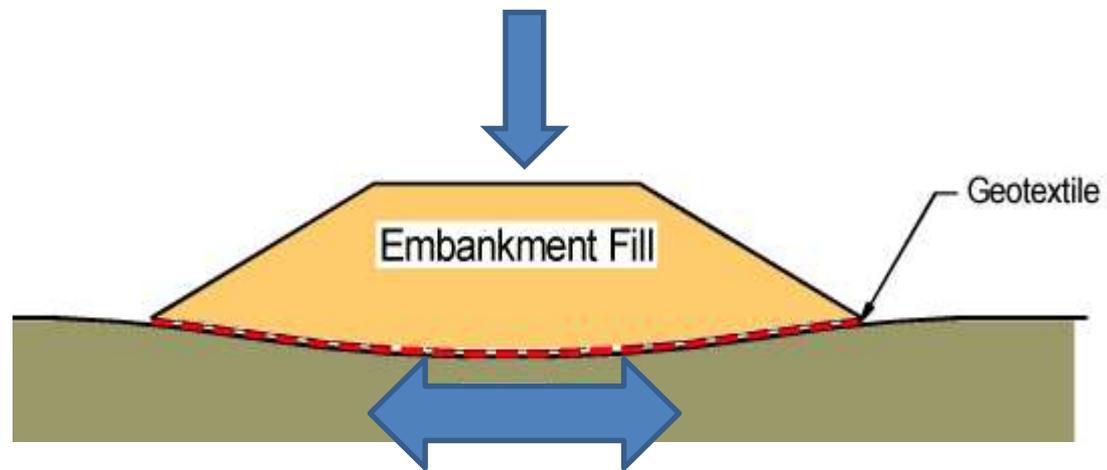
## FATTORI LEGATI ALLA FUNZIONE



ASSESTAMENTI IN DISCARICA



FINO AL 40%



FATTORI LEGATI ALLA FUNZIONE



FATTORI LEGATI ALLA FUNZIONE

**POLIESTERE (PET)** – LAVORA BENE A BASSE TEMPERATURE, BUONI VALORI DI CREEP, MA E' SENSIBILE ALL'IDROLISI IN AMBIENTI AD ALTO PH ( $\text{PH} > 10.0$ )

**POLIPROPILENE (PP)** – LAVORA BENE IN AMBIENTI CON ALTO PH, MA HA ELEVATI VALORI DI CREEP E QUINDI UN COMPORTAMENTO SCADENTE A LUNGO TERMINE

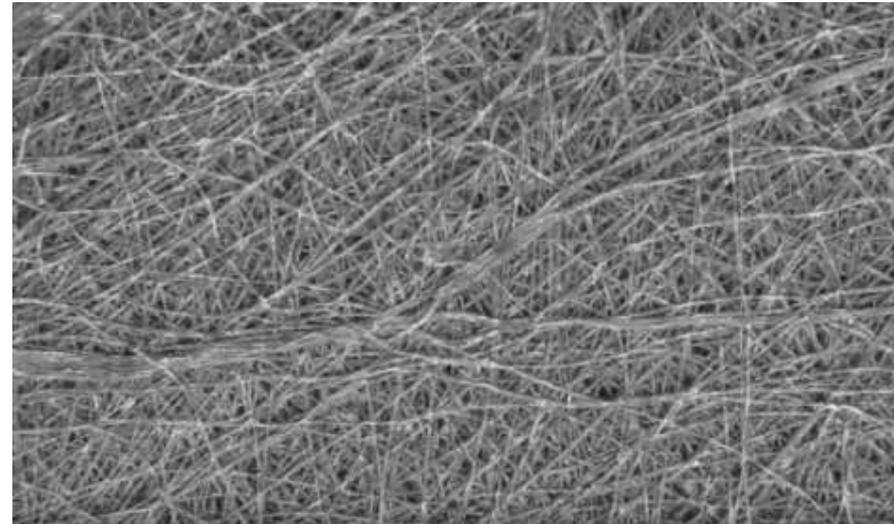
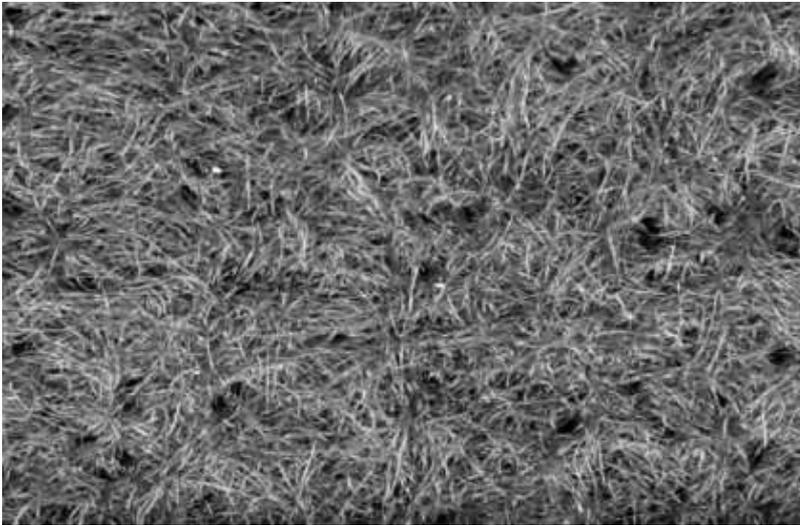
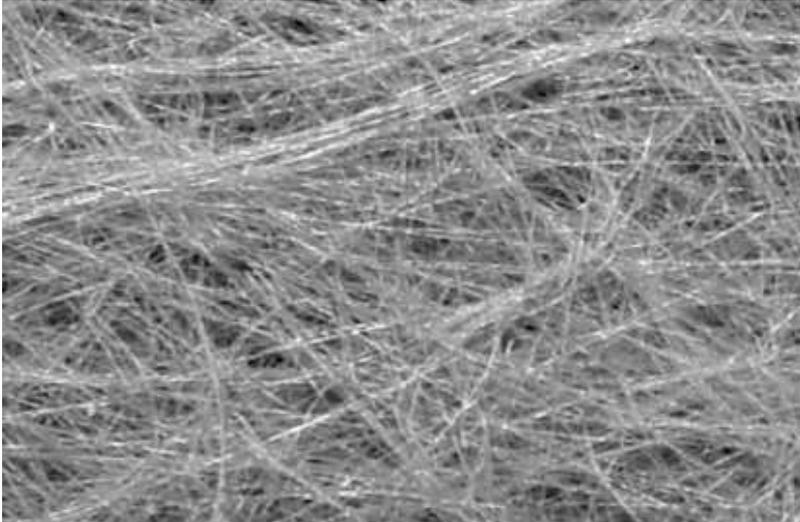
**POLIETILENE (HDPE)** - HA ELEVATI VALORI DI CREEP E QUINDI UN COMPORTAMENTO SCADENTE A LUNGO TERMINE , MA BUONA RESISTENZA A PH ELEVATI E A DANNI DA INSTALLAZIONE

**POLIAMMIDE (PA)** – COMPORTAMENTO SCADENTE IN AMBIENTI ACIDI ( $\text{PH} < 3.0$ ), MA BUONA RESISTENZA AGLI UV

## CRITERI GENERALI DI SCELTA DEL POLIMERO



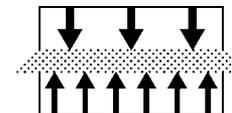
## TESSUTI NON TESSUTI - TIPOLOGIE



## TESSUTI NON TESSUTI - TIPOLOGIE



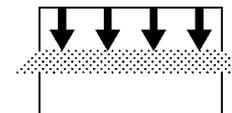
SEPARAZIONE



FILTRAZIONE



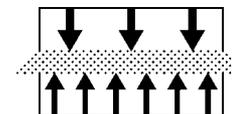
PROTEZIONE



## TESSUTI NON TESSUTI - FUNZIONI



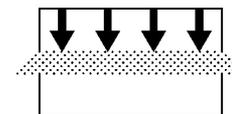
**SEPARAZIONE**



**FILTRAZIONE**



**PROTEZIONE**



Materia prima (+ st.UV)

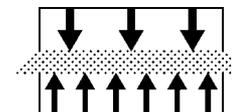
**Polipropilene**

Massa areica	EN ISO 9864	g/m <sup>2</sup>	<b>400</b>	<b>±10</b>
Spessore	EN ISO 9863-1	mm	<b>2</b>	<b>±0,2</b>
Resistenza a trazione MD/CMD	EN ISO 10319	kN/m	<b>28/28</b>	<b>-3</b>
Allungamento a carico max MD/CMD	EN ISO 10319	%	<b>100/45</b>	<b>±30/±14</b>
Resistenza a punzonamento statico CBR	EN ISO 12236	N	<b>4670</b>	<b>-500</b>
Resistenza a punzonamento dinamico	EN ISO 13433	mm	<b>14</b>	<b>+2,8</b>
Permeabilità perpendicolare al piano	EN ISO 11058	mm/s	<b>55</b>	<b>-16,5</b>
Porometria	EN ISO 12956	micron	<b>90</b>	<b>±27</b>

**TESSUTI NON TESSUTI – CRITERI SCELTA**



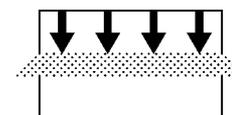
SEPARAZIONE



FILTRAZIONE



PROTEZIONE



Materia prima (+ st.UV)

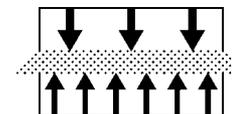
Polipropilene

Massa areica	EN ISO 9864	g/m <sup>2</sup>	<b>400</b>	<b>±10</b>
Spessore	EN ISO 9863-1	mm	<b>2</b>	<b>±0,2</b>
Resistenza a trazione MD/CMD	EN ISO 10319	kN/m	<b>28/28</b>	<b>-3</b>
Allungamento a carico max MD/CMD	EN ISO 10319	%	<b>100/45</b>	<b>±30/±14</b>
Resistenza a punzonamento statico CBR	EN ISO 12236	N	<b>4670</b>	<b>-500</b>
Resistenza a punzonamento dinamico	EN ISO 13433	mm	<b>14</b>	<b>+2,8</b>
Permeabilità perpendicolare al piano	EN ISO 11058	mm/s	<b>55</b>	<b>-16,5</b>
Porometria	EN ISO 12956	micron	<b>90</b>	<b>±27</b>

TESSUTI NON TESSUTI – CRITERI SCELTA



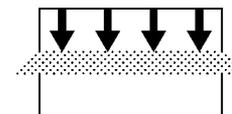
SEPARAZIONE



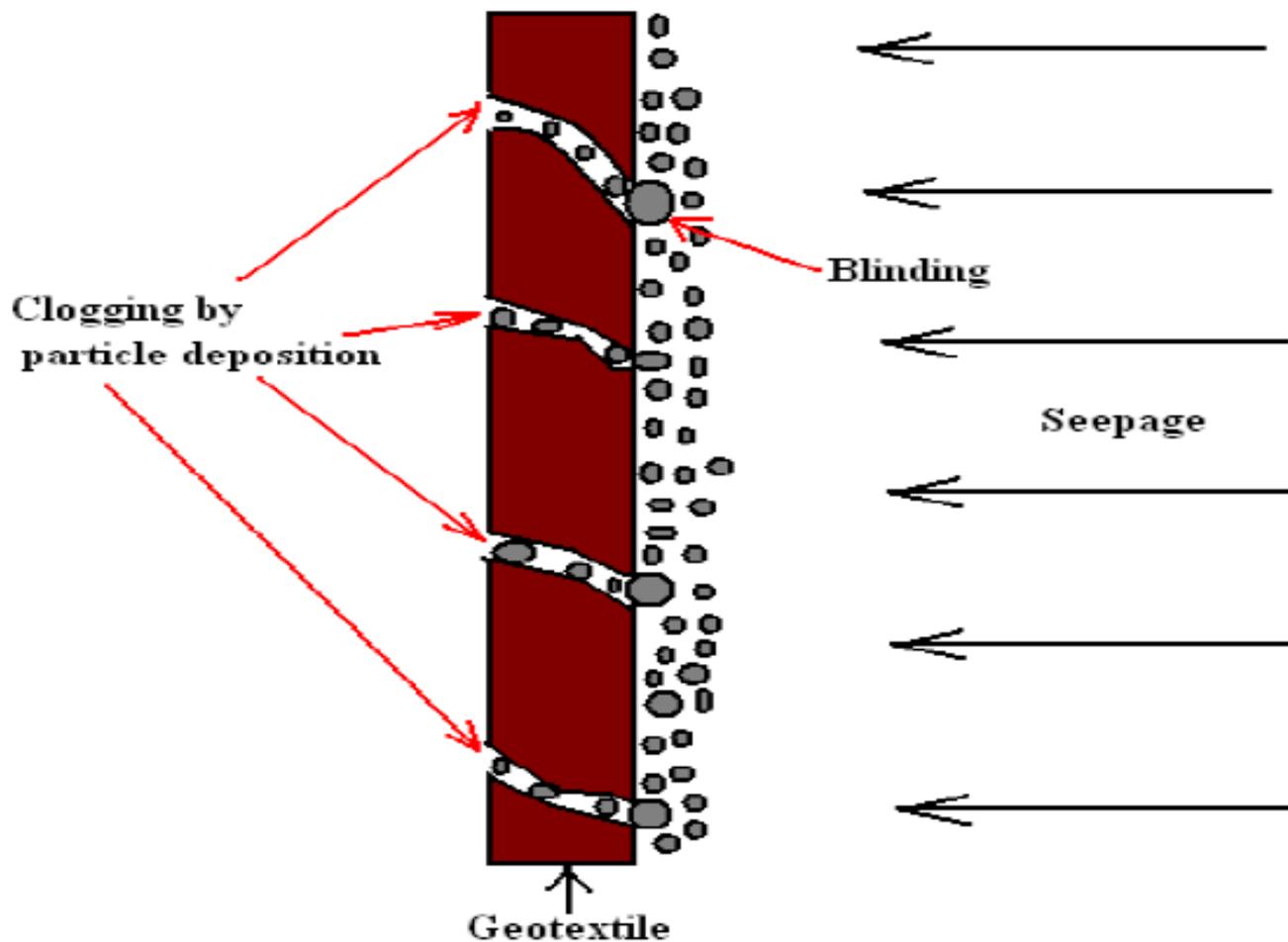
FILTRAZIONE



PROTEZIONE



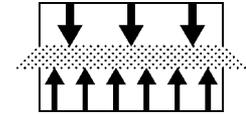
TESSUTI NON TESSUTI – CRITERI SCELTA



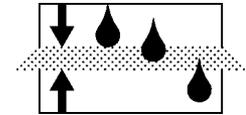
## TESSUTI NON TESSUTI – CRITERI SCELTA



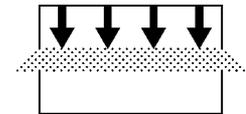
SEPARAZIONE



FILTRAZIONE



PROTEZIONE



## I geotessili con funzione di filtro a contatto con terreni granulari: criteri e parametri di progetto

Nicola Moraci,\* Maria Clorinda Mandaglio,\*\* Daniele Cazzuffi\*\*\*

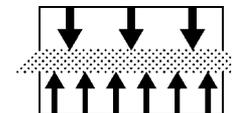
**CENTRO SPERIMENTALE STRADALE ANAS: APPROCCIO ANALITICO AI  
“GEOSINTETICI” ATTRAVERSO TEST DI LABORATORIO. - VALUTAZIONE SPECIFICA  
PER I GEOTESSILI**

Ing. Eleonora Cesolini, Ing. Gabriele Camomilla, Ing. Pierluigi Bernardinetti

**TESSUTI NON TESSUTI - CRITERI SCELTA - LETTERATURA**



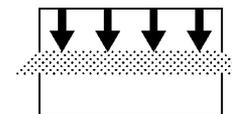
SEPARAZIONE



FILTRAZIONE



PROTEZIONE



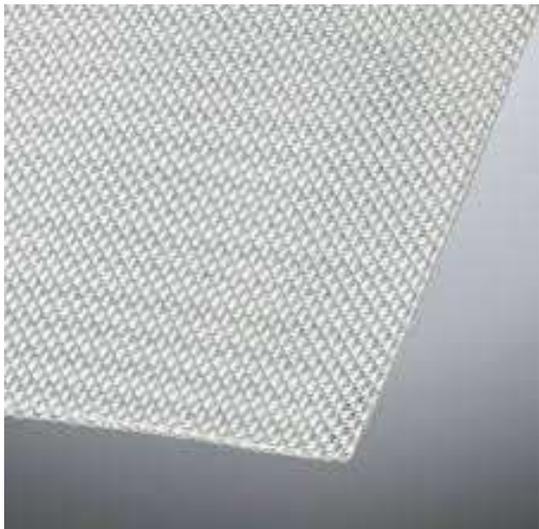
## Geotextiles in Embankment Dams

### Status Report on the Use of Geotextiles in Embankment Dam Construction and Rehabilitation

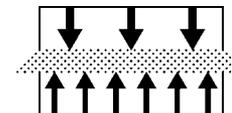
Federal Emergency Management Agency

April, 2008

TESSUTI NON TESSUTI - CRITERI SCELTA - LETTERATURA



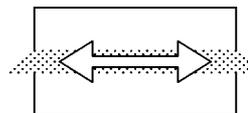
SEPARAZIONE



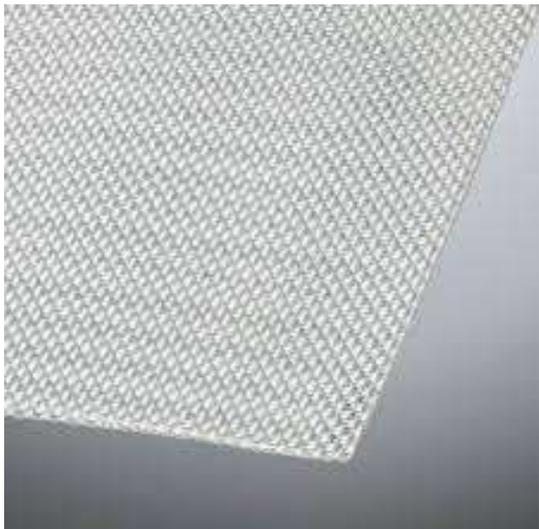
FILTRAZIONE



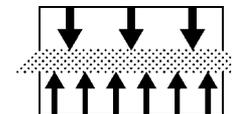
RINFORZO



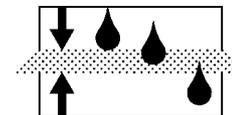
TESSUTI TESSUTI - FUNZIONI



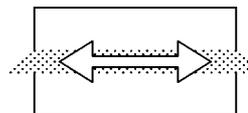
SEPARAZIONE



FILTRAZIONE



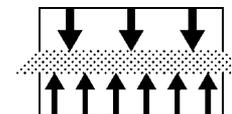
**RINFORZO**



TESSUTI TESSUTI - FUNZIONI



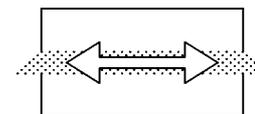
SEPARAZIONE



FILTRAZIONE

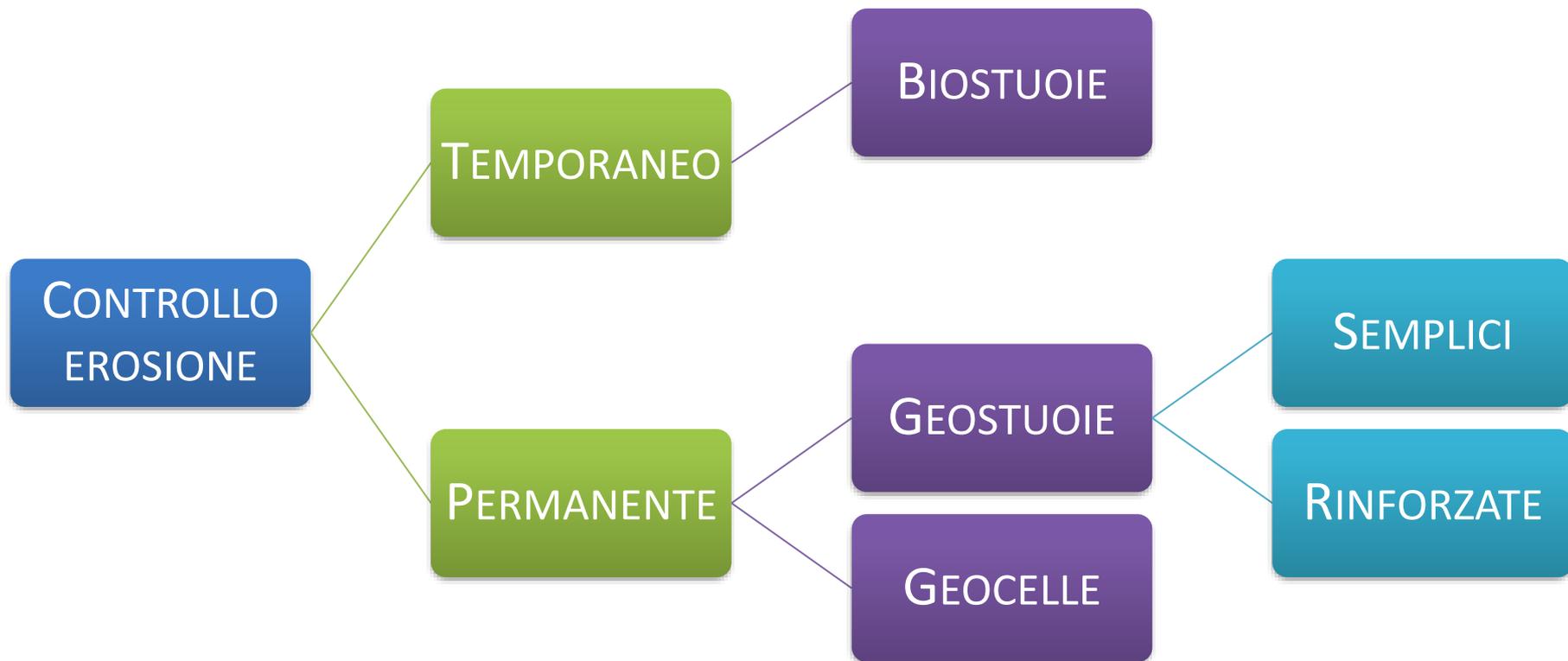


**RINFORZO**

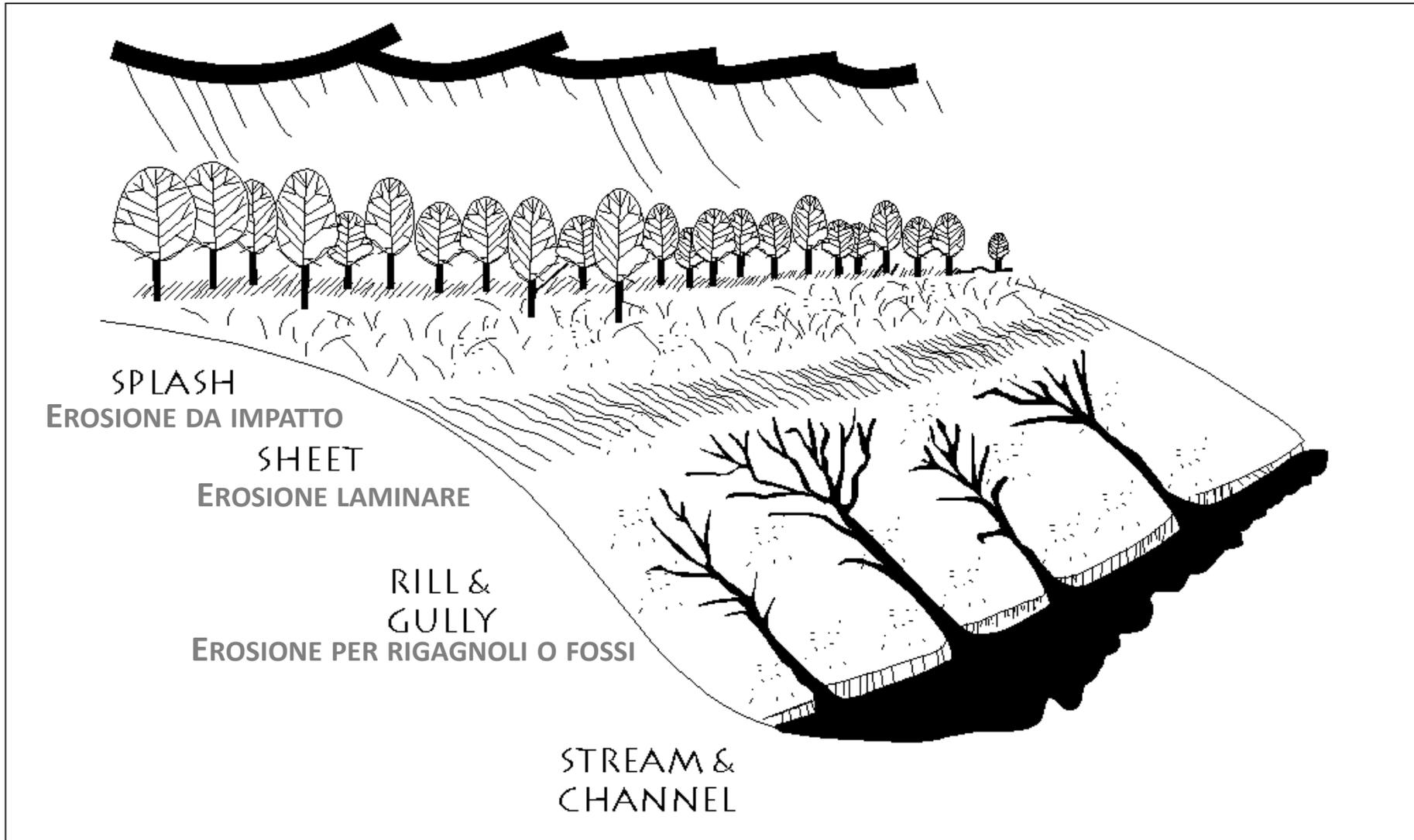


Resistenza a trazione MD	EN ISO 10319	kN/m	110
Resistenza a trazione CMD	EN ISO 10319	kN/m	50
Allungamento a carico max MD	EN ISO 10319	%	10
Allungamento a carico max CMD	EN ISO 10319	%	12

TESSUTI TESSUTI - RINFORZO - QUALI PARAMETRI?



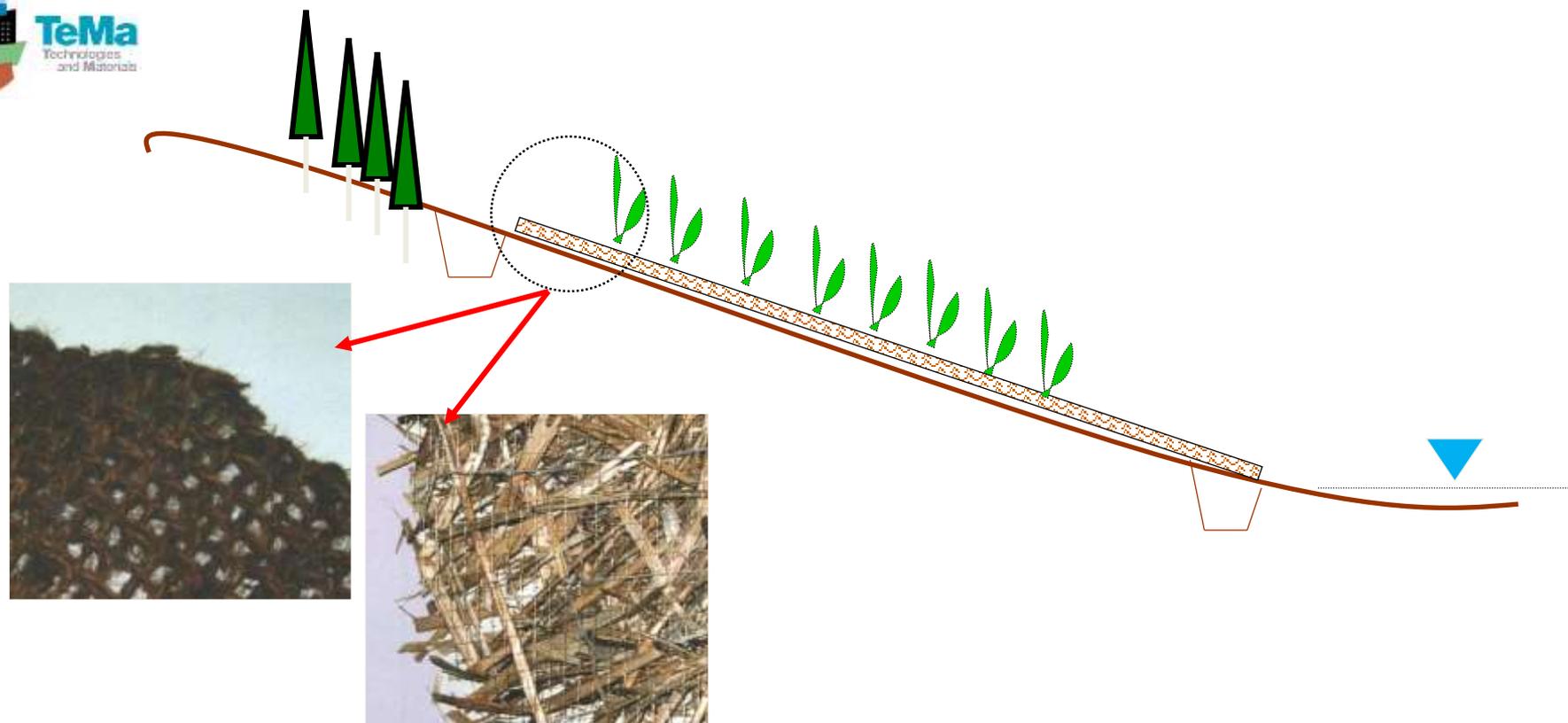
CONTROLLO DELL'EROSIONE - QUALE PRODOTTO SCEGLIERE?



## TIPOLOGIE DI EROSIONE

Materiali	Massa areica (g/m <sup>2</sup> )	Durabilità (anni)		Resistenza alla trazione (kN/m)	
		Minima	Massima	Minima	Massima
Biorete juta	200 ÷ 500	1	2	1	2
Biorete cocco	400 ÷ 900	5	8	5	10
Biostuoia cocco	300 ÷ 400	0,5	1	0,3	0,5
Biostuoia paglia	300 ÷ 400	0,3	0,5	0,3	0,4
Biostuoia in legno	500 ÷ 800	1	2	1,8	2,2
Geostuoia tridimensionale	500 ÷ 800	> 5		1,3	1,8
Geostuoia tridimensionale rinforzata	1.500 ÷ 2.500	> 5		38	200

## GEOSTUOIE E BIOSTUOIE - DURATA



- ✓ EROSIONE POCO ACCENTUATA
- ✓ PENDENZE PRESSOCHÉ NULLE
- ✓ PRESENZA D'ACQUA TALVOLTA LIMITATA NEL TEMPO

## CONTROLLO DELL'EROSIONE - BIOSTUOIE



BIOSTUOIE - APPLICAZIONE CORRETTA



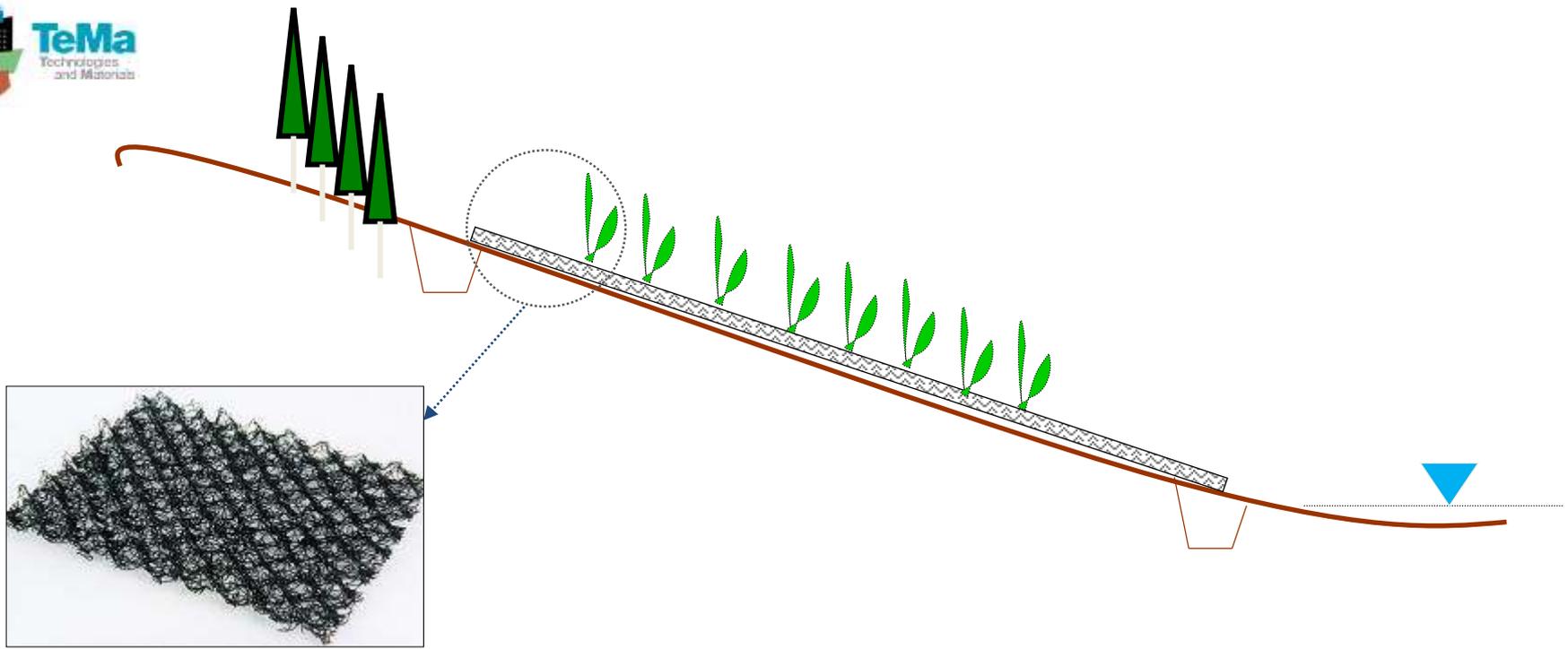
BIOSTUOIE - APPLICAZIONE CORRETTA



BIOSTUOIE - APPLICAZIONE CORRETTA



BIOSTUOIE - APPLICAZIONE "DISCUTIBILE"



- ✓ EROSIONE ACCENTUATA
- ✓ PENDENZE MEDIE (<35%)
- ✓ PRESENZA D'ACQUA SALTUARIA

## CONTROLLO DELL'EROSIONE - GEOSTUOIE



- ✓ EROSIONE ACCENTUATA
- ✓ PENDENZE MEDIE (<35%)
- ✓ PRESENZA D'ACQUA SALTUARIA

## CONTROLLO DELL'EROSIONE - GEOSTUOIE



GEOSTUOIE - APPLICAZIONE CORRETTA



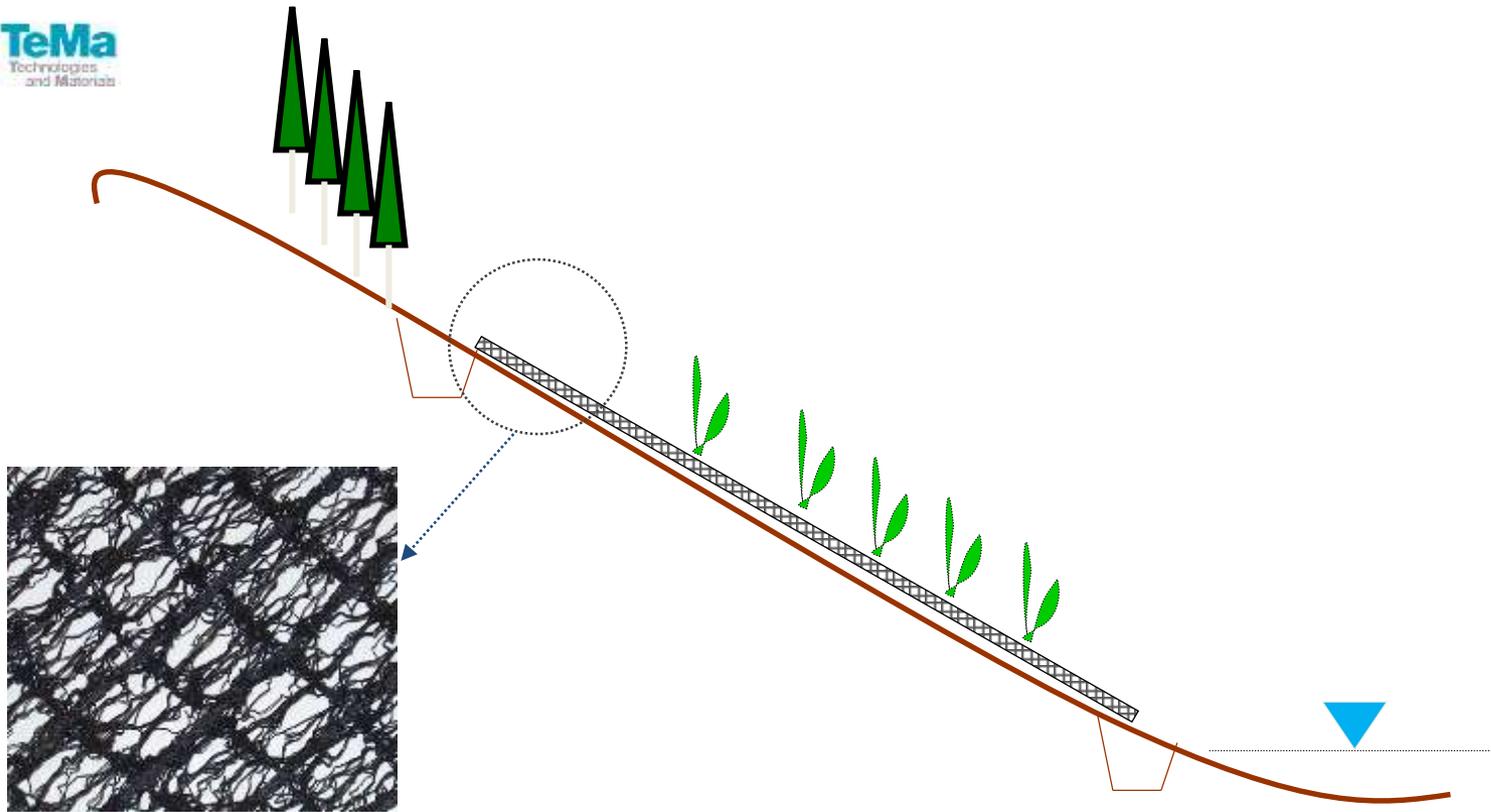
GEOSTUOIE - APPLICAZIONE CORRETTA



GEOSTUOIE - APPLICAZIONE CORRETTA



GEOSTUOIE - APPLICAZIONE ERRATA



- ✓ EROSIONE ACCENTUATA
- ✓ PENDENZE ELEVATE (>35%)
- ✓ PRESENZA D'ACQUA SALTUARIA

## CONTROLLO DELL'EROSIONE – GEOSTUOIE RINFORZATE



GEOSTUOIE - APPLICAZIONE CORRETTA



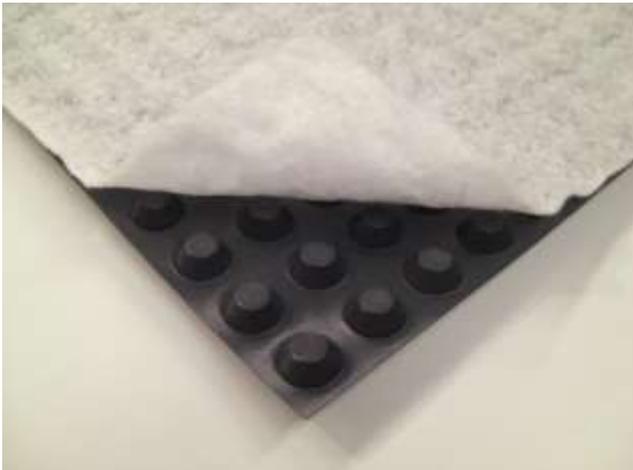
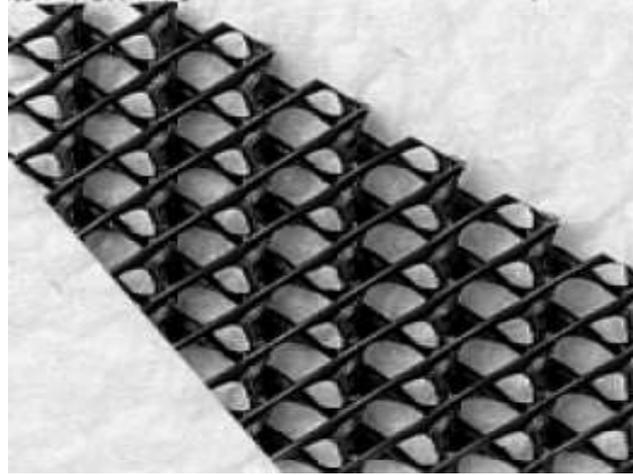
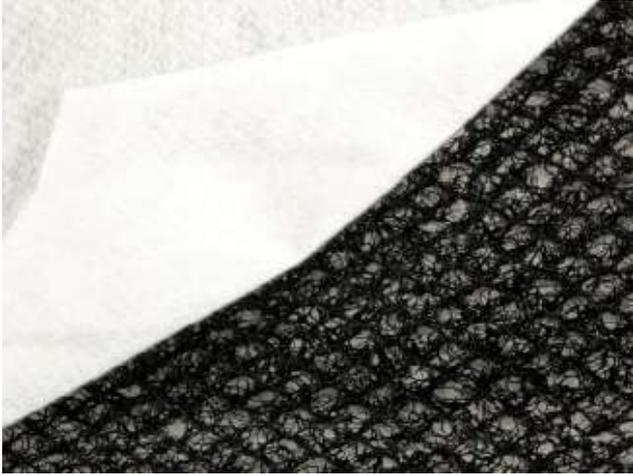
GEOSTUOIE - APPLICAZIONE CORRETTA



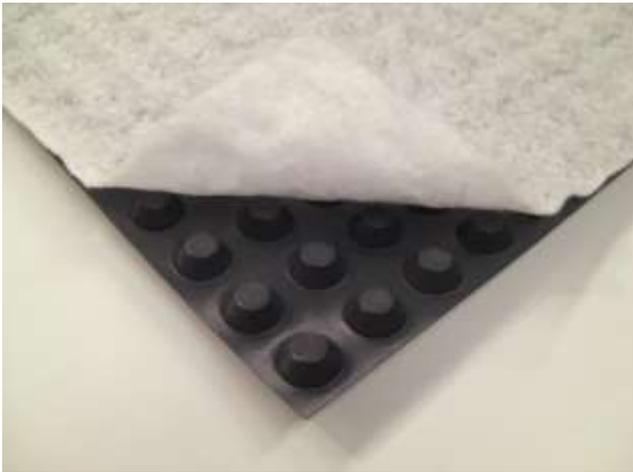
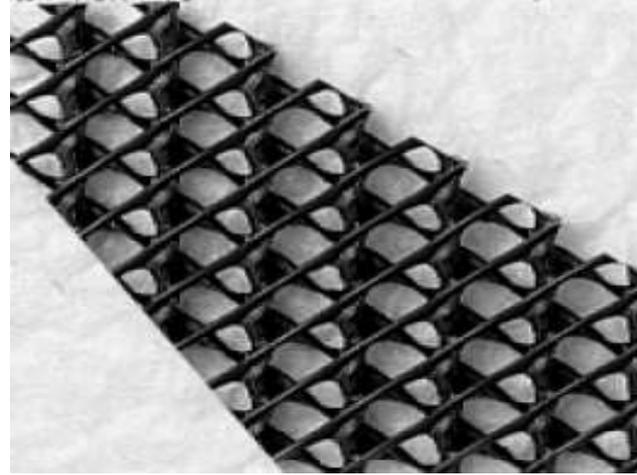
GEOSTUOIE - APPLICAZIONE CORRETTA



GEOSTUOIE - APPLICAZIONE CORRETTA



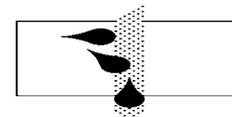
## GEOCOMPOSITI DRENANTI - TIPOLOGIE



## GEOCOMPOSITI DRENANTI - TIPOLOGIE



## DRENAGGIO



### CARATTERISTICHE IDRAULICHE

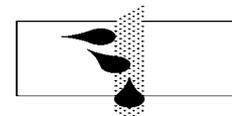
Capacità drenante nel piano MD (20kPa, M/M, i=1)	EN ISO 12958	l/(m·s)	<b>4</b>			-0,8
Capacità drenante nel piano MD	EN ISO 12958	l/(m·s)				-20%
	<i>Gradiente idraulico</i>	<i>Contatto</i>	<i>i = 0,04</i>	<i>i = 0,10</i>	<i>i = 1</i>	
	<i>Carico 20 kPa</i>	M/R	0,85	1,50	4,00	
	" 50 kPa	M/R	0,30	0,45	1,65	
	" 100 kPa	M/R	0,10	0,15	0,60	

M/M: Contatto Morbido/Morbido - M/R: Contatto Morbido/Rigido - R/R: Contatto Rigido/Rigido

## GEOCOMPOSITI DRENANTI - FUNZIONE



## DRENAGGIO



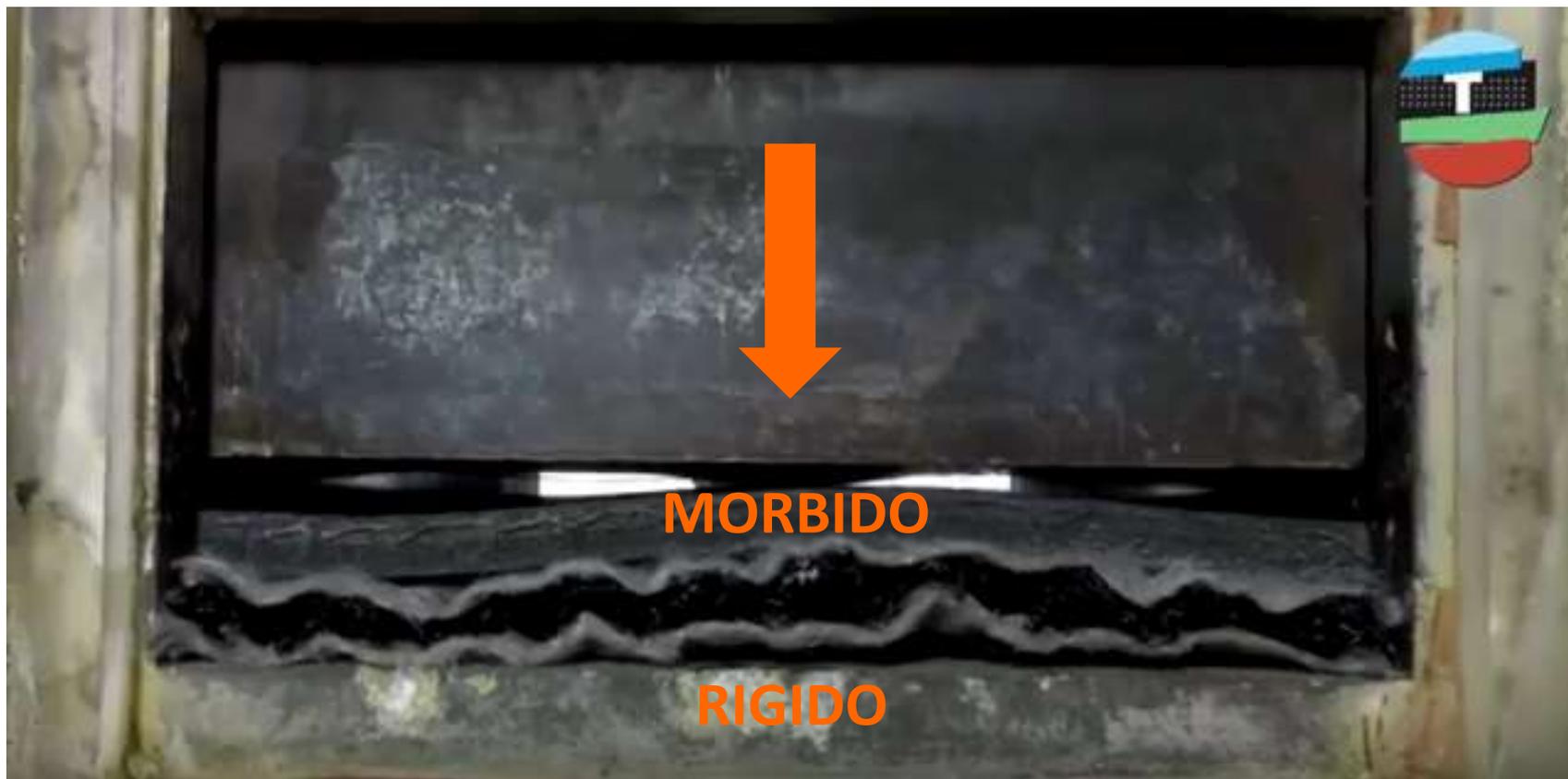
CARATTERISTICHE IDRAULICHE					
Capacità drenante nel piano MD (20kPa, M/M, i=1)	EN ISO 12958		l/(m·s)	<b>4</b>	-0,8
Capacità drenante nel piano MD	EN ISO 12958		l/(m·s)		-20%
	<i>Gradiente idraulico</i>	<b>Contatto</b>	<i>i = 0,04</i>	<i>i = 0,10</i>	<i>i = 1</i>
	<i>Carico 20 kPa</i>	M/R	0,85	1,50	4,00
	" 50 kPa	M/R	0,30	0,45	1,65
	" 100 kPa	M/R	0,10	0,15	0,60

M/M: Contatto Morbido/Morbido - M/R: Contatto Morbido/Rigido - R/R: Contatto Rigido/Rigido

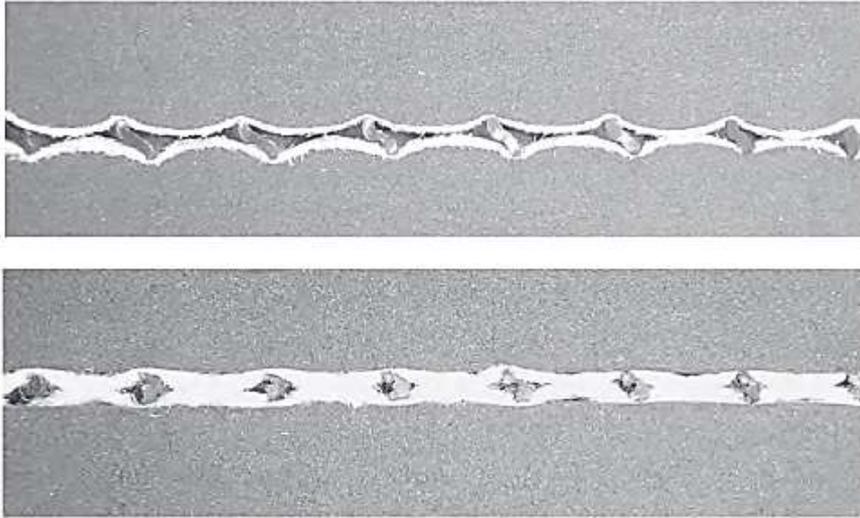
## GEOCOMPOSITI DRENANTI - FUNZIONE



## GECOMPOSITI DRENANTI – TIPO DI CONTATTO



## GECOMPOSITI DRENANTI – TIPO DI CONTATTO



**Figure 1** Soft platen test and geotextile intrusion into various types of geonet based geocomposite drainage sheets at 35kPa pressure (a typical landfill cap loading).

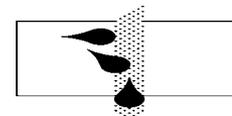


**Figure 3** Soft platen test and cusped geocomposite drainage sheets at 35kPa

## GECOMPOSITI DRENANTI – TIPO DI CONTATTO



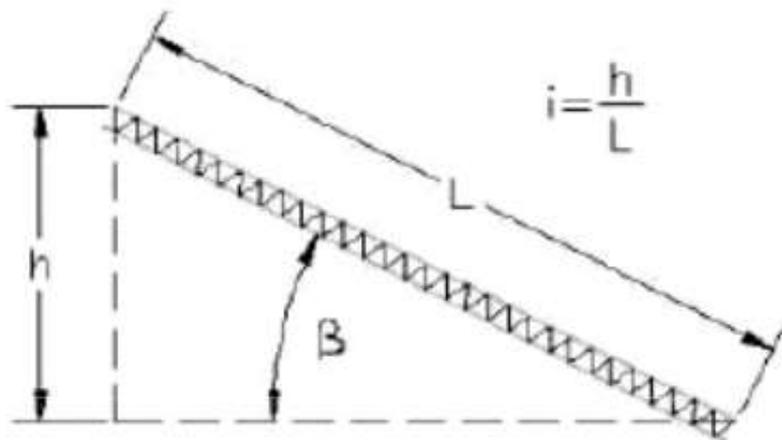
## DRENAGGIO



CARATTERISTICHE IDRAULICHE					
Capacità drenante nel piano MD (20kPa, M/M, i=1)	EN ISO 12958	l/(m·s)	<b>4</b>		-0,8
Capacità drenante nel piano MD	EN ISO 12958	l/(m·s)			-20%
	<i>Gradiente idraulico</i>	<i>Contatto</i>	<b><i>i = 0,04</i></b>	<b><i>i = 0,10</i></b>	<b><i>i = 1</i></b>
	<i>Carico 20 kPa</i>	M/R	0,85	1,50	4,00
	" 50 kPa	M/R	0,30	0,45	1,65
	" 100 kPa	M/R	0,10	0,15	0,60
M/M: Contatto Morbido/Morbido - M/R: Contatto Morbido/Rigido - R/R: Contatto Rigido/Rigido					

## GEOCOMPOSITI DRENANTI - FUNZIONE

$$i = \frac{\Delta h}{l}$$



$$i = \text{sen}(\beta)$$

$$i = 0,04$$

$$\beta = 2^\circ$$

$$i = 0,1$$

$$\beta = 5^\circ$$

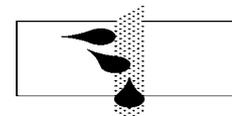
$$i = 1$$

$$\beta = 90^\circ$$

## GEOCOMPOSITI DRENANTI – GRADIENTE IDRAULICO



## DRENAGGIO



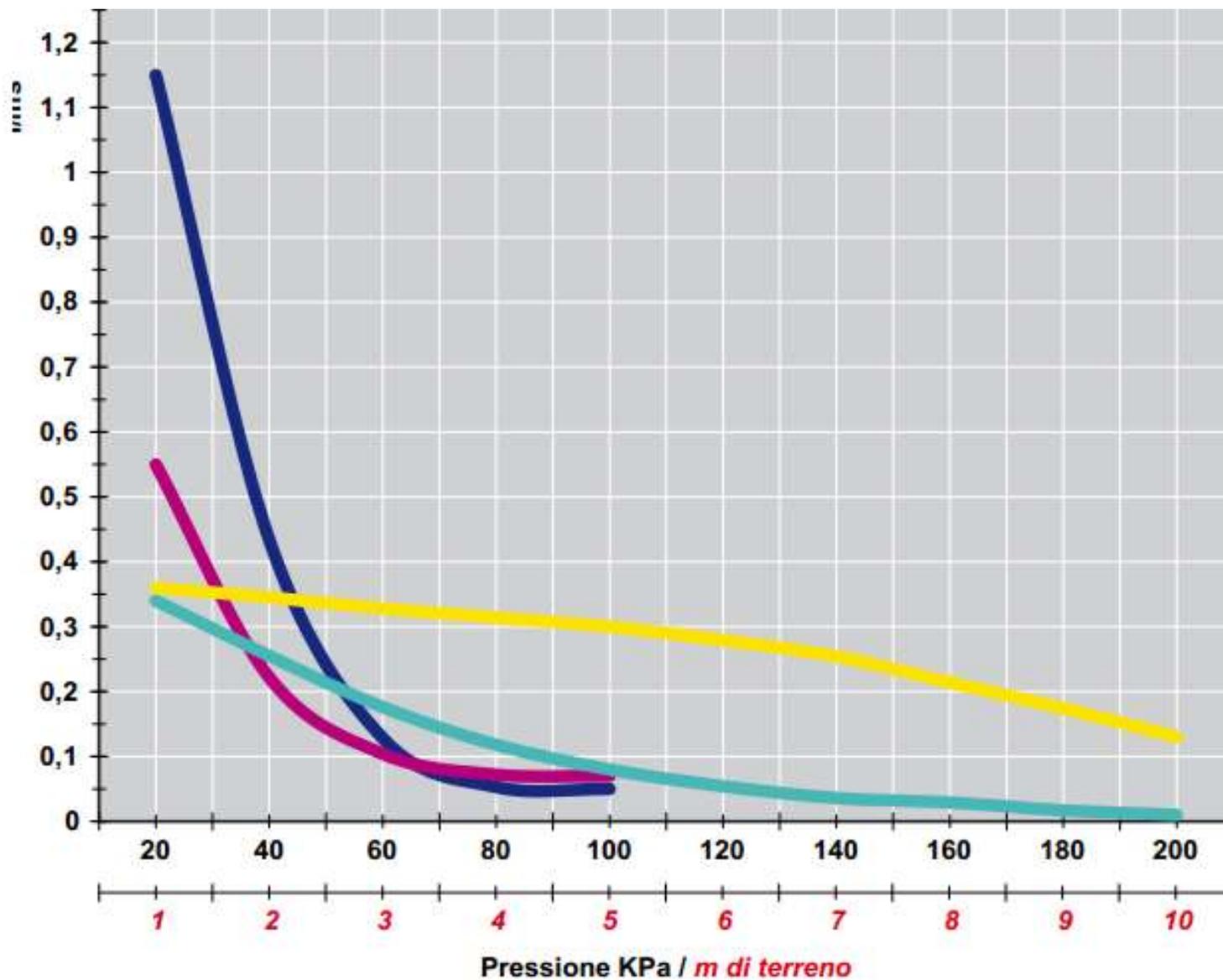
CARATTERISTICHE IDRAULICHE					
Capacità drenante nel piano MD (20kPa, M/M, i=1)	EN ISO 12958	l/(m·s)	<b>4</b>	-0,8	
Capacità drenante nel piano MD	EN ISO 12958	l/(m·s)	-20%		
	<i>Gradiente idraulico</i>	<i>Contatto</i>	<i>i = 0,04</i>	<i>i = 0,10</i>	<i>i = 1</i>
	Carico 20 kPa	M/R	0,85	1,50	4,00
	" 50 kPa	M/R	0,30	0,45	1,65
	" 100 kPa	M/R	0,10	0,15	0,60

M/M: Contatto Morbido/Morbido - M/R: Contatto Morbido/Rigido - R/R: Contatto Rigido/Rigido

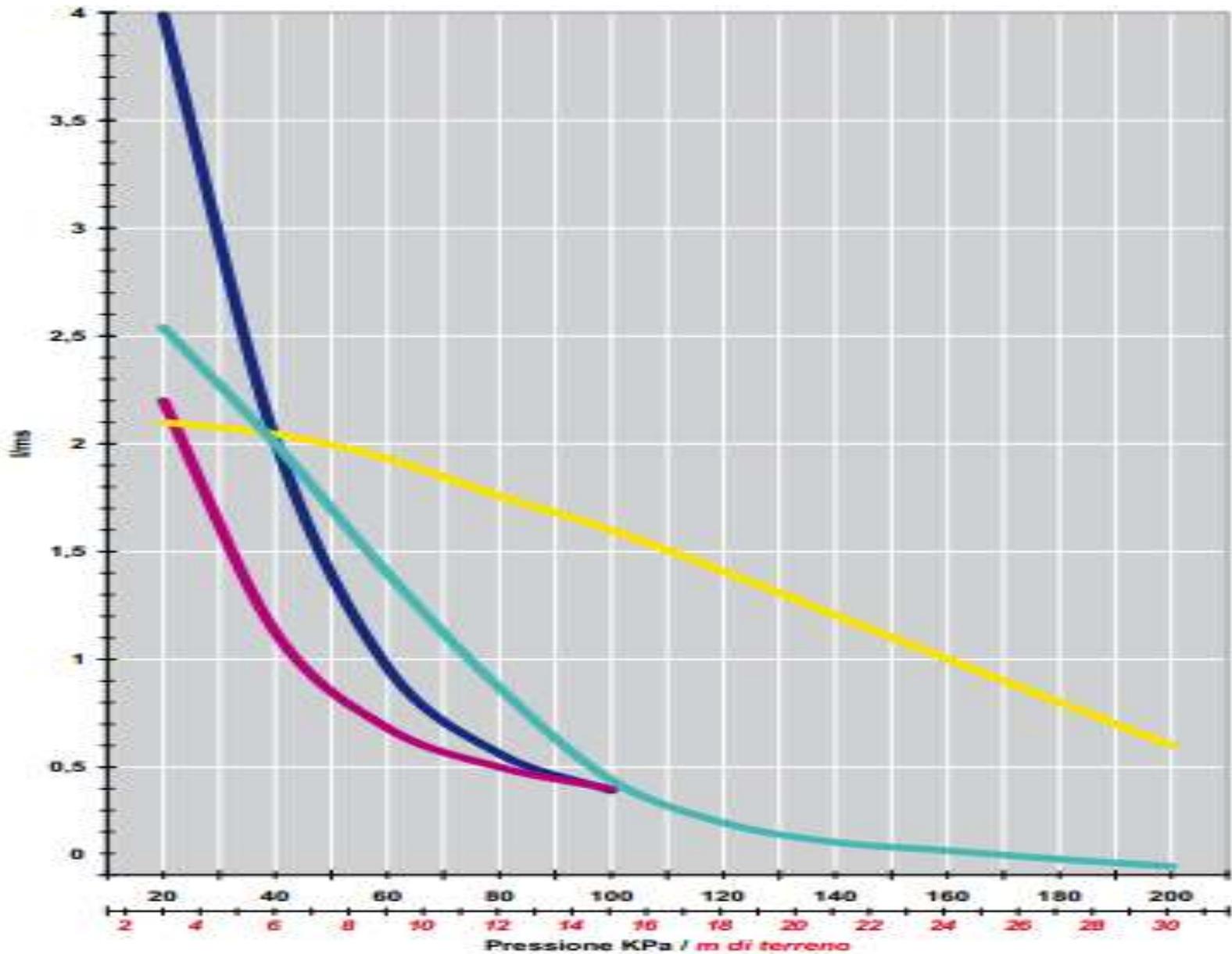
## GEOCOMPOSITI DRENANTI - FUNZIONE



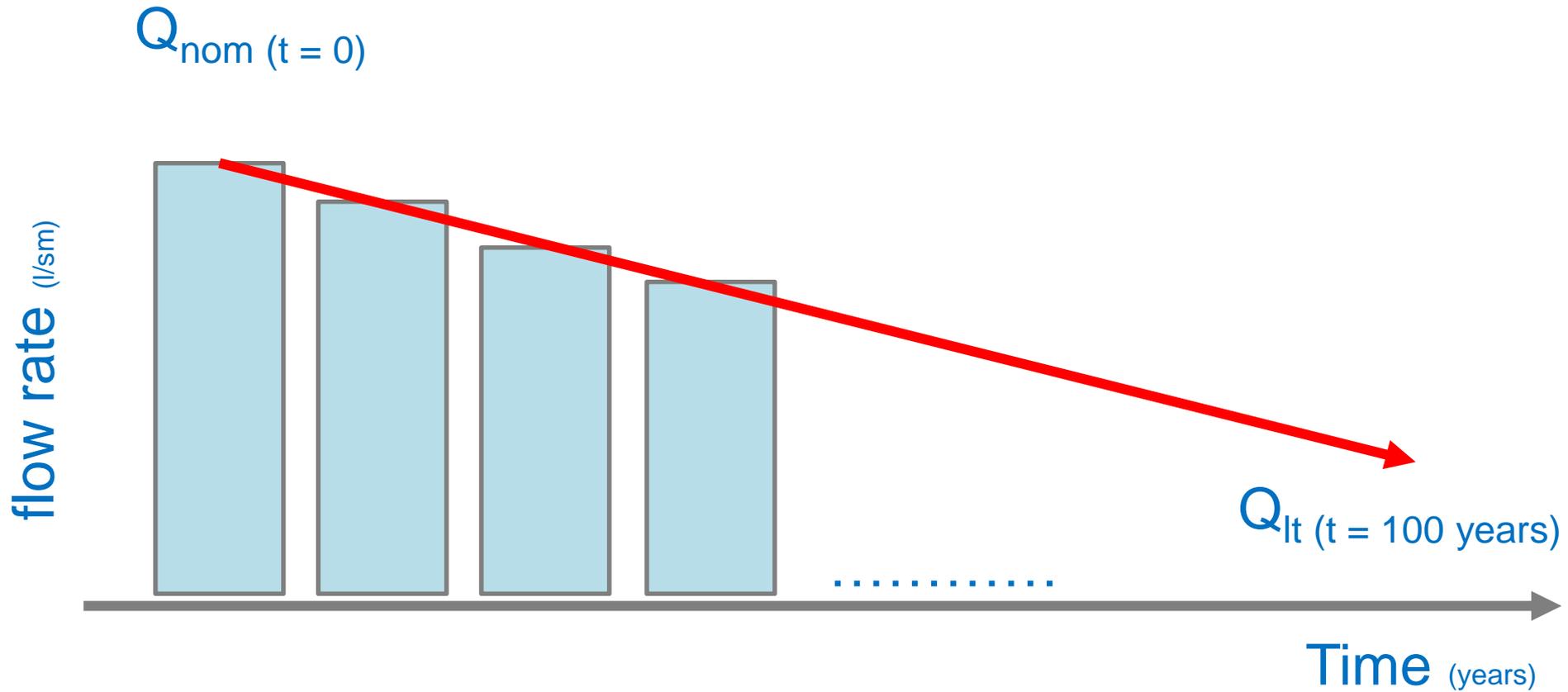
## GEOCOMPOSITI DRENANTI – FUNZIONE



## GECOMPOSITI DRENANTI – DRENAGGIO ORIZZONTALE



## GEOCOMPOSITI DRENANTI – DRENAGGIO VERTICALE



GECOMPOSITI DRENANTI – DRENAGGIO A LUNGO TERMINE

### **CAPACITA' DRENANTE DEL GEOCOMPOSITO**

*toll*

Capacità drenante nel piano MD (*)	EN ISO 12958		$i = 1$
<i>Gradiente idraulico</i>			
	Carico 20 kPa	R/F (**)	$l/(m \cdot s) \geq 2,5$
	" " 50 kPa	R/F (**)	$l/(m \cdot s) > 1,1$

(\*): MD: DIREZIONE LONGITUDINALE

(\*\*): F/F: Contatto Morbido/Morbido - R/F: Contatto Rigido/Morbido - R/R: Contatto Rigido/Rigido

### **CAPACITA' DRENANTE DEL GEOCOMPOSITO nel tempo** (dopo 100 anni di esercizio) (\*\*\*)

Capacità drenante nel piano MD (*)	EN ISO 12958		$i = 1$
<i>Gradiente idraulico</i>			
	Carico 20 kPa	R/F (**)	$l/(m \cdot s) \geq 2,1$

(\*\*\*): creep test a lungo termine eseguito presso laboratori accreditati internazionali

## GEOCOMPOSITI DRENANTI – DRENAGGIO A LUNGO TERMINE

LEGGE DI DARCY

$$Q = K \times I \times A$$

GHIAIA :

$$K = 1 \times 10^{-3} \text{ m/s} - i = 0,04 - A = 1\text{m} \times 1\text{m}$$



FLUSSO ATTRAVERSO UNA SEZIONE DI GHIAIA LARGA 1m E DI SPESSORE 1m:

$$F_T = 0,04 \text{ l}/(\text{m s})$$

GEOCOMPOSITI DRENANTI – CAPACITÀ DRENANTE

LEGGE DI DARCY

$$Q = K \times I \times A$$

GHIAIA :

$$K = 1 \times 10^{-3} \text{ m/s} - i = 0,04 - A = 1\text{m} \times 1\text{m}$$



FLUSSO ATTRAVERSO UNA SEZIONE DI GHIAIA LARGA 1m E DI SPESSORE 1m:

$$F_T = 0,04 \text{ l/(m s)}$$

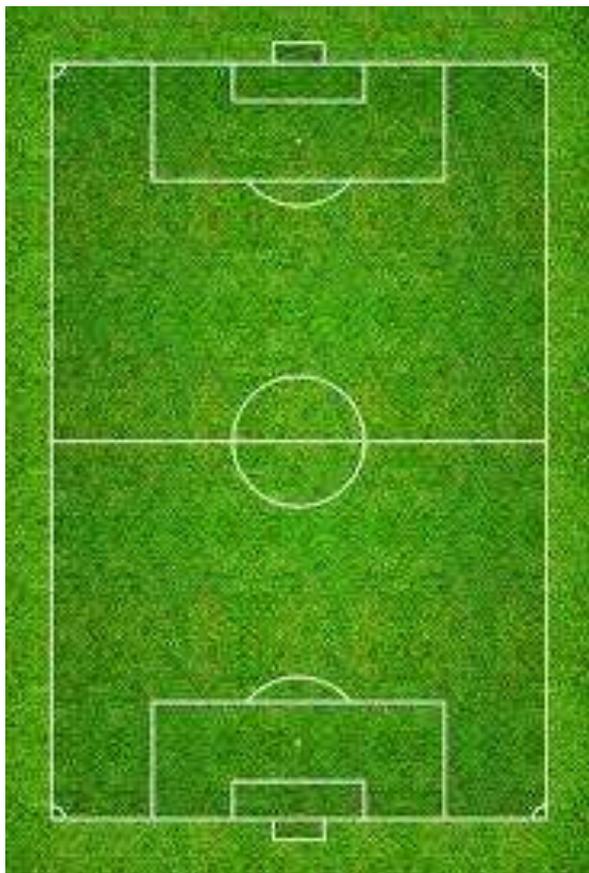
#### CARATTERISTICHE IDRAULICHE

Capacità drenante nel piano MD (20kPa, M/M, i=1)	EN ISO 12958	l/(m·s)	<b>4</b>	-0,8	
Capacità drenante nel piano MD	EN ISO 12958	l/(m·s)		-20%	
	<i>Gradiente idraulico</i>	<i>Contatto</i>	<i>i = 0,04</i>	<i>i = 0,10</i>	<i>i = 1</i>
	Carico 20 kPa	M/R	<b>0,85</b>	1,50	4,00
	" 50 kPa	M/R	0,30	0,45	1,65
	" 100 kPa	M/R	0,10	0,15	0,60

M/M: Contatto Morbido/Morbido - M/R: Contatto Morbido/Rigido - R/R: Contatto Rigido/Rigido

## GEOCOMPOSITI DRENANTI – CAPACITÀ DRENANTE

AREA ~ 8.000 MQ



0,5 m



267



8 mm



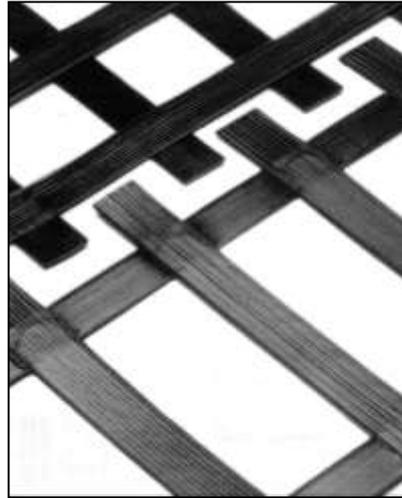
1



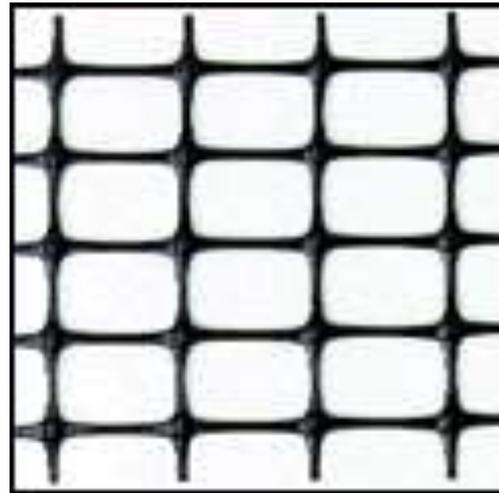
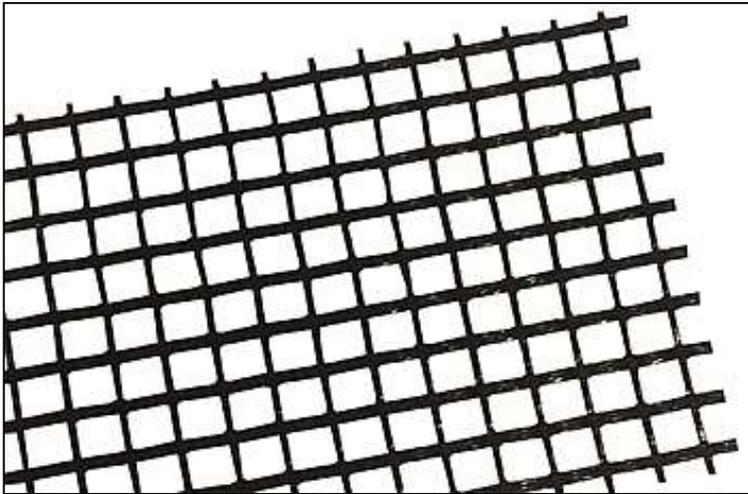
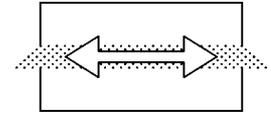
CARATTERISTICHE IDRAULICHE					
Capacità drenante nel piano MD (20kPa, M/M, i=1)	EN ISO 12958	l/(m·s)	2,5	-0,4	
Capacità drenante nel piano MD	EN ISO 12958	l/(m·s)		-20%	
	Gradiente idraulico	Contatto	i = 0,04	i = 0,10	i = 1
	Carico 20 kPa	M/R	0,47	0,85	3,00
	" 50 kPa	M/R	0,45	0,75	2,85
	" 100 kPa	M/R	0,40	0,70	2,75
	" 200 kPa	M/R	0,35	0,60	2,25

M/M: Contatto Morbido/Morbido - M/R: Contatto Morbido/Rigido - R/R: Contatto Rigido/Rigido

## GEOCOMPOSITI DRENANTI – CAPACITÀ DRENANTE



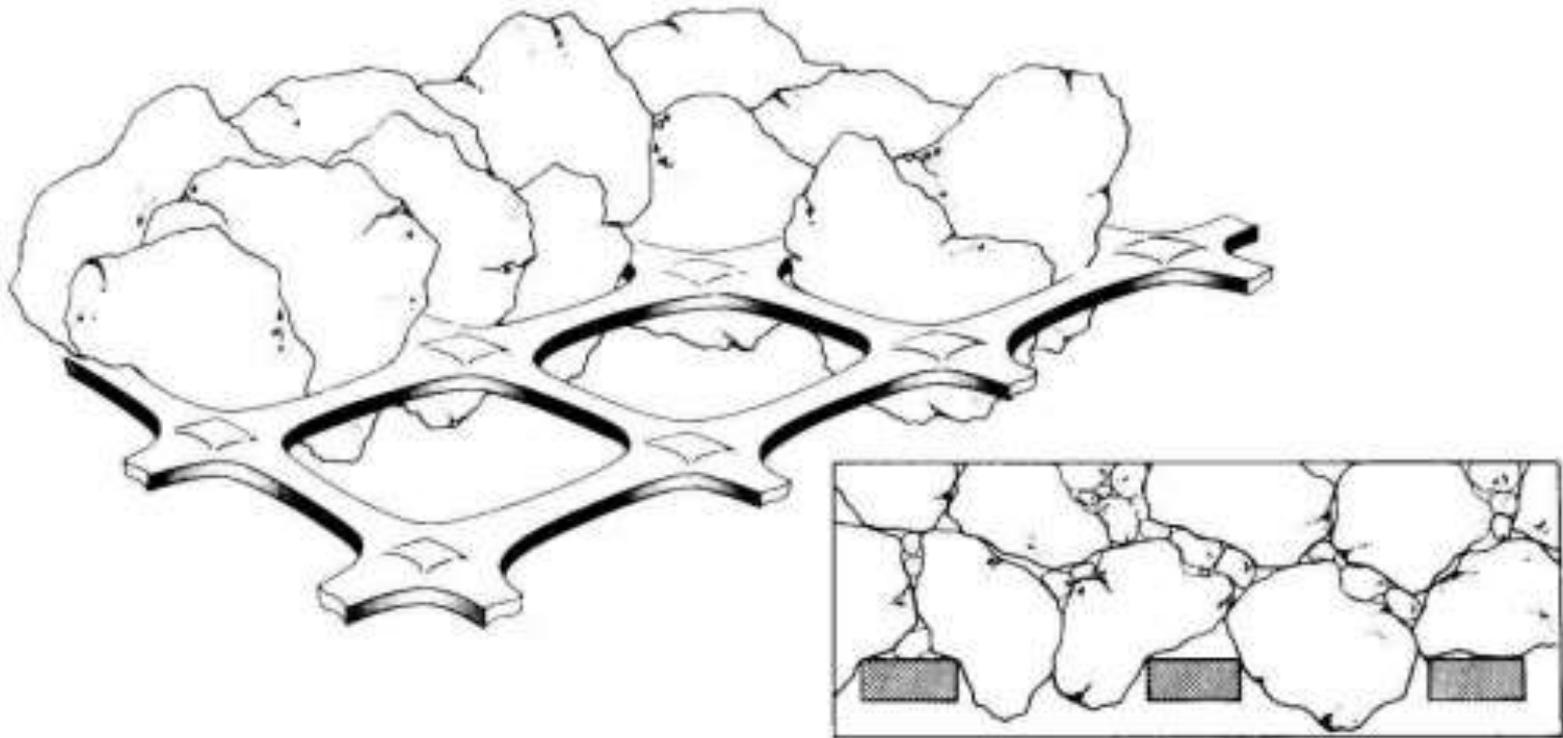
RINFORZO



GEOGRIGLIE

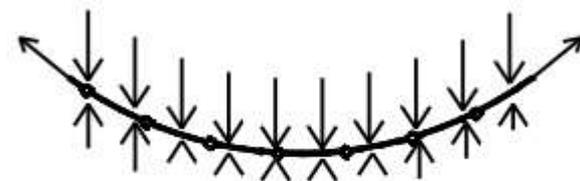
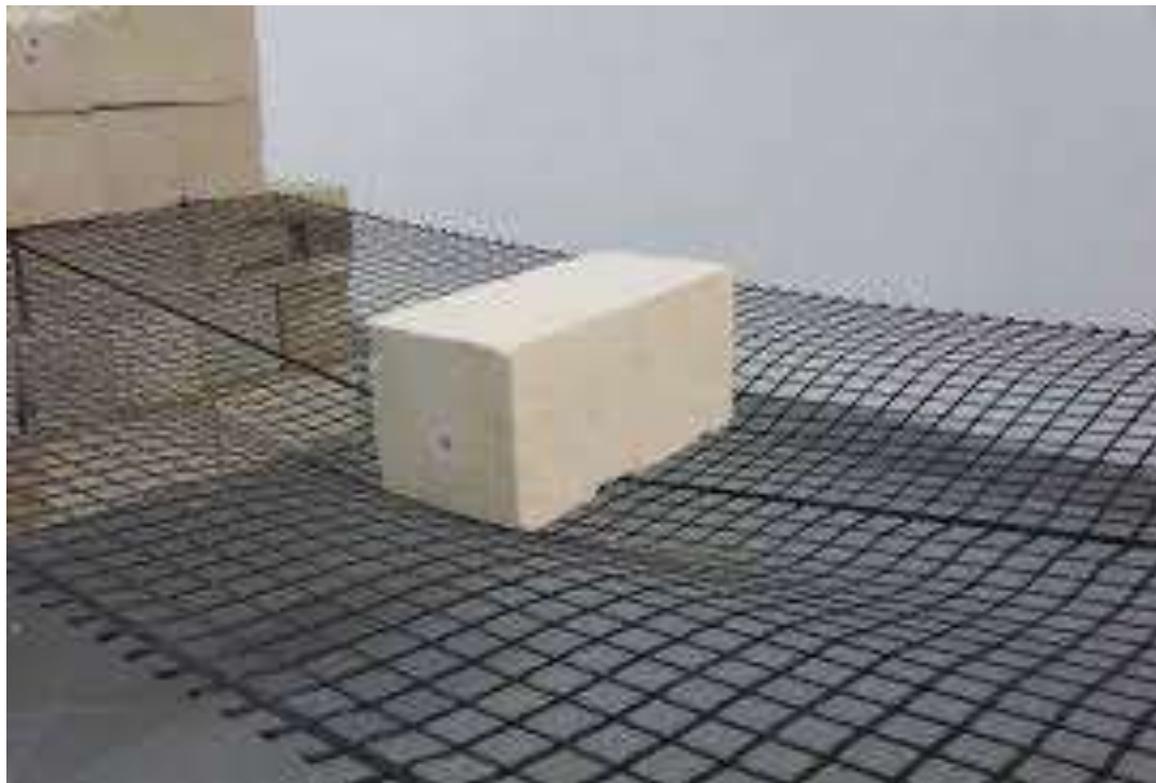


## IL CUBO DI GHIAIA RINFORZATO



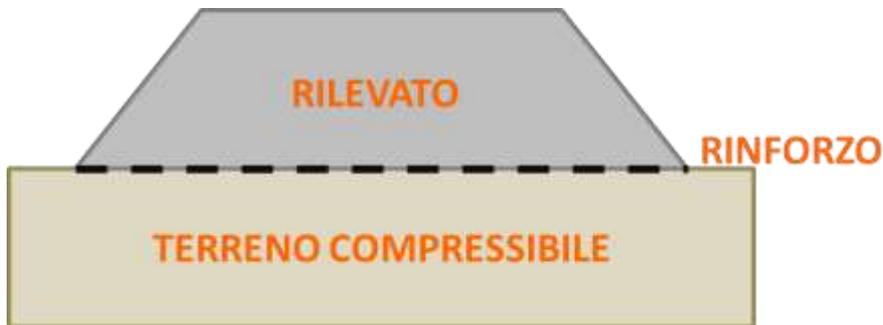
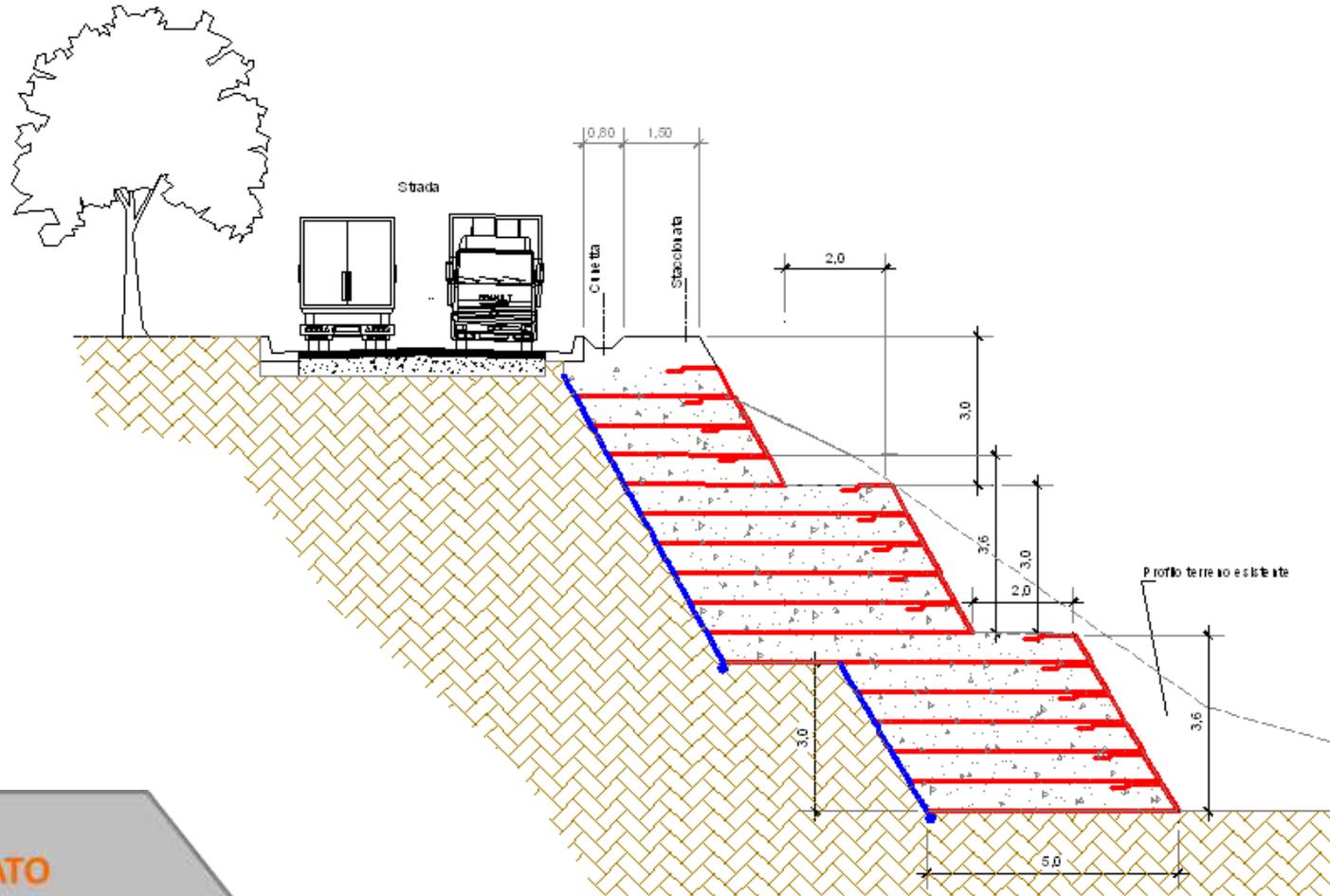
SPIEGHIAMO IL “TRUCCO”



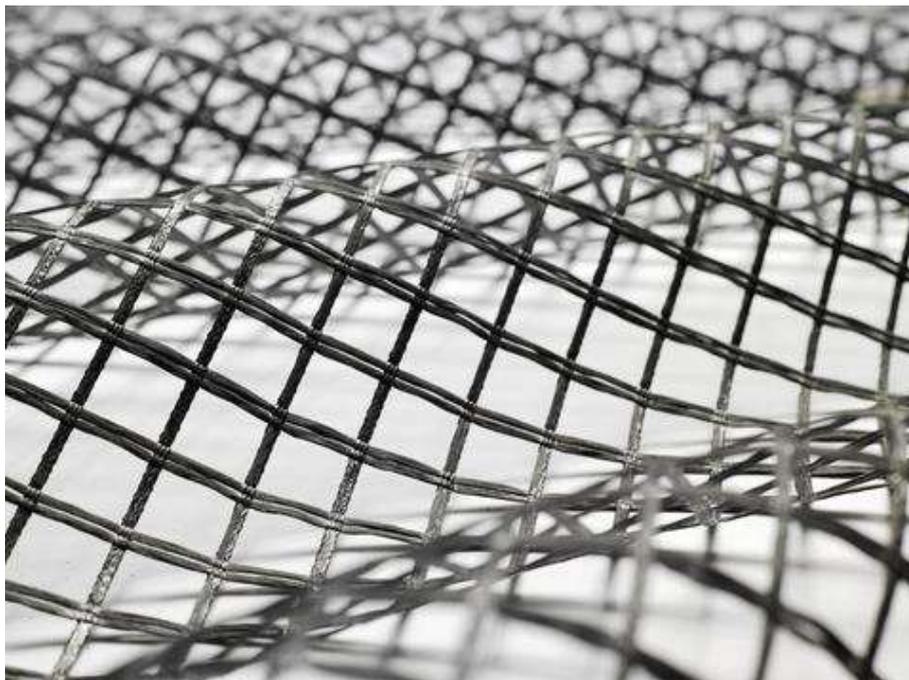
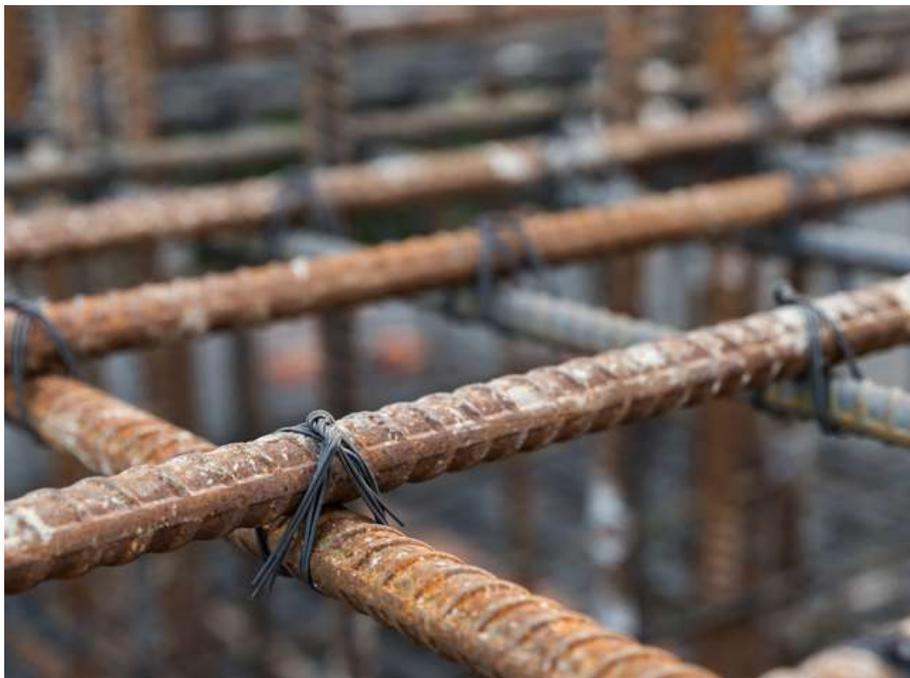


$$p_{\text{inf}} = p_{\text{sup}} - T$$

L'EFFETTO "MEMBRANA TESA"



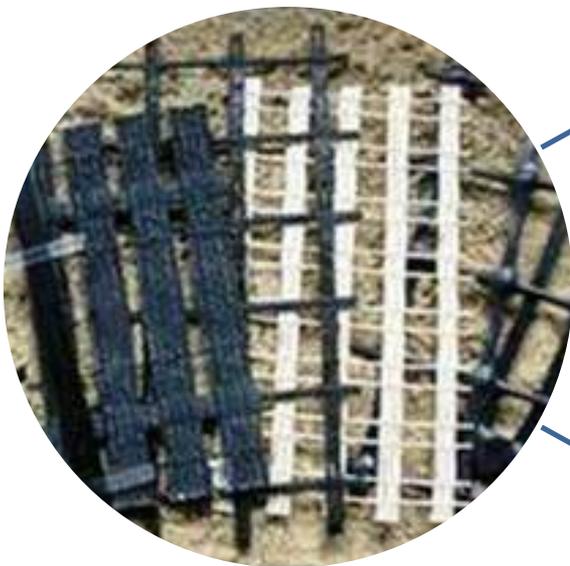
DOVE USIAMO LA FUNZIONE DI RINFORZO



COSA INTENDIAMO PER “RINFORZO”



TUTTE LE GRIGLIE SONO UGUALI?



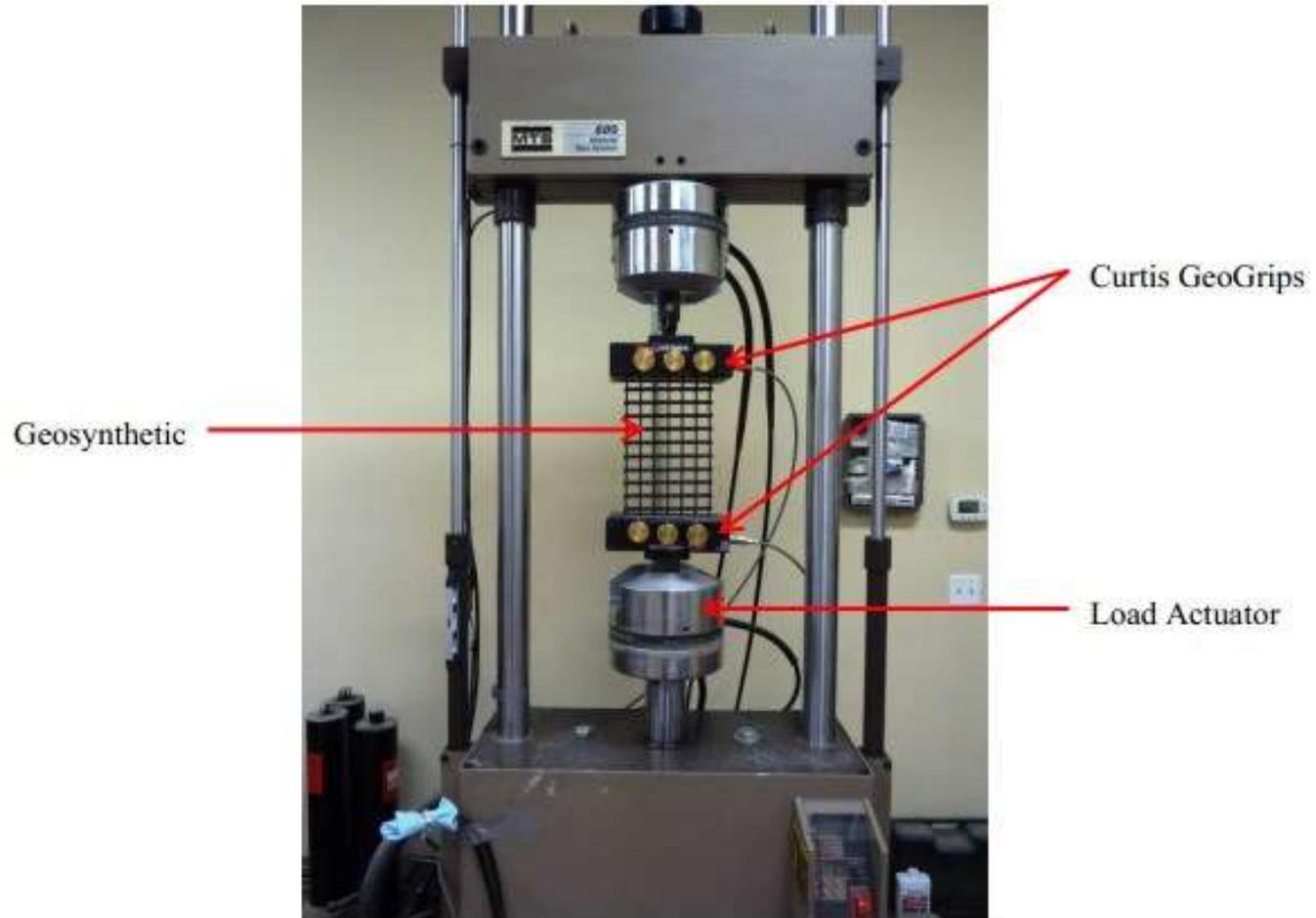
TESSUTE

- UNIASSIALI
- BIASSIALI

ESTRUSE

- UNIASSIALI
- BIASSIALI

## TIPOLOGIE DI GEOGRIGLIE



## RESISTENZA A TRAZIONE E ALLUNGAMENTO

### **CARATTERISTICHE FISICHE / MECCANICHE**

				<i>toll</i>
Resistenza a trazione MD	EN ISO 10319	kN/m	<b>≥ 60</b>	
Allungamento a carico max MD	EN ISO 10319	%	<b>12</b>	+/-2,5
Resistenza a trazione CMD	EN ISO 10319	kN/m	<b>≥ 60</b>	
Allungamento a carico max CMD	EN ISO 10319	%	<b>12</b>	+/-2,5
Resistenza a trazione MD al 2% di allungamento	EN ISO 10319	kN/m	<b>9</b>	-1,5
Resistenza a trazione MD al 5% di allungamento	EN ISO 10319	kN/m	<b>16</b>	-1,5

## RESISTENZA A TRAZIONE E ALLUNGAMENTO



<b>FATTORI RIDUTTIVI</b>			
Fattore riduttivo per creep - $RF_{CR\ 120\ anni}$	ASTM D 6992	-	<b>1,43</b>
Fattore riduttivo per creep - $RF_{CR\ 75\ anni}$	ASTM D 6992	-	<b>1,41</b>
Fattore riduttivo per installazione prodotto - $RF_{ID}$	ASTM D 5818		
- ghiaia (tipo 1)		-	<b>1,15</b>
- ghiaia sabbiosa (tipo 2)		-	<b>1,11</b>
- sabbia (tipo 3)		-	<b>1,1</b>
Fattore riduttivo per durabilita' - $RF_D$	FHWA NHI-00-043		
- $5 < pH < 8$		-	<b>1,15</b>
- $3 < pH < 5$ oppure $8 < pH < 9$		-	<b>1,3</b>
Resistenza a trazione di lungo termine MD - $T_{AL} (*)$ (vita utile 120 anni, 20°, 5 < pH < 8, tipo 2)	FHWA NHI-00-043	kN/m	<b>32,97</b>

## FATTORI RIDUTTIVI PER DURABILITA'



### **FATTORI RIDUTTIVI**

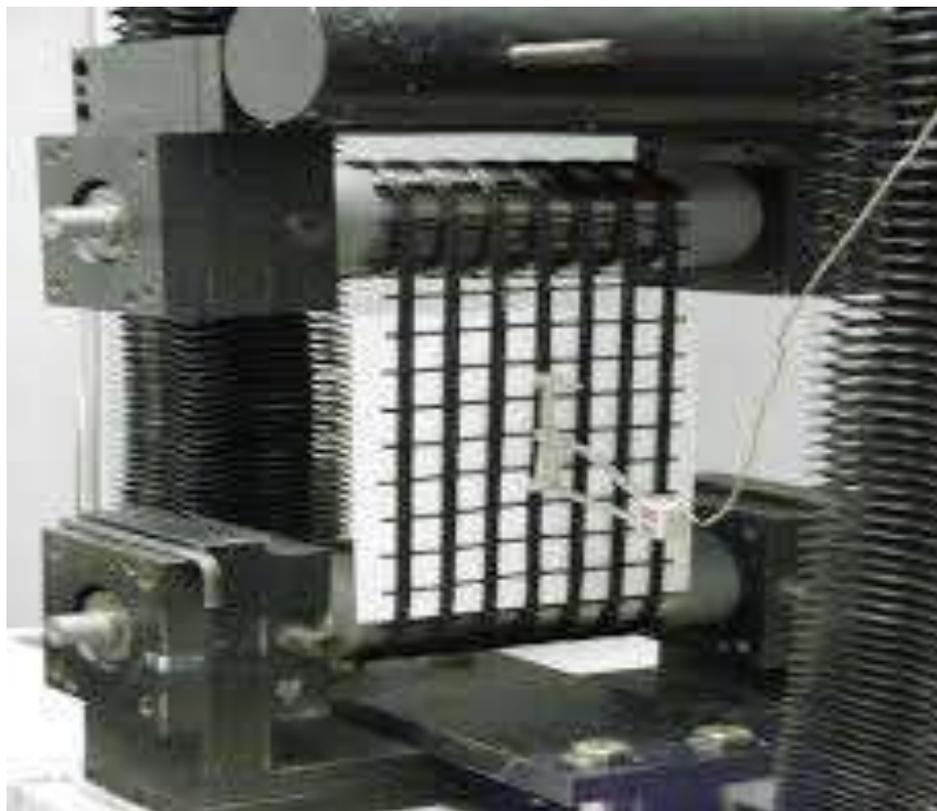
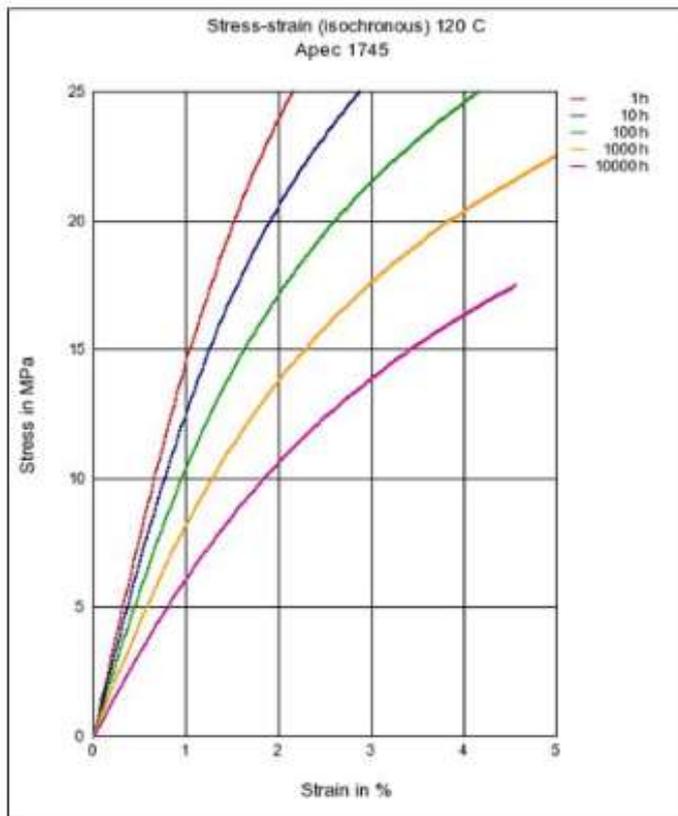
Fattore riduttivo per creep - $RF_{CR 120 \text{ anni}}$	ASTM D 6992	-	<b>1,43</b>
Fattore riduttivo per creep - $RF_{CR 75 \text{ anni}}$	ASTM D 6992	-	<b>1,41</b>
Fattore riduttivo per installazione prodotto - $RF_{ID}$	ASTM D 5818		
- ghiaia (tipo 1)		-	<b>1,15</b>
- ghiaia sabbiosa (tipo 2)		-	<b>1,11</b>
- sabbia (tipo 3)		-	<b>1,1</b>
Fattore riduttivo per durabilita' - $RF_D$	FHWA NHI-00-043		
- $5 < pH < 8$		-	<b>1,15</b>
- $3 < pH < 5$ oppure $8 < pH < 9$		-	<b>1,3</b>
Resistenza a trazione di lungo termine MD - $T_{AL} (*)$ (vita utile 120 anni, 20°, 5 < pH < 8, tipo 2)	FHWA NHI-00-043	kN/m	<b>32,97</b>



## FATTORI RIDUTTIVI PER INSTALLAZIONE

## FATTORI RIDUTTIVI

Fattore riduttivo per creep - $RF_{CR 120 \text{ anni}}$	ASTM D 6992	-	<b>1,43</b>
Fattore riduttivo per creep - $RF_{CR 75 \text{ anni}}$	ASTM D 6992	-	<b>1,41</b>
Fattore riduttivo per installazione prodotta - $RF$	ASTM D 6919		



## FATTORI RIDUTTIVI PER CREEP

<b>FATTORI RIDUTTIVI</b>			
Fattore riduttivo per creep - $RF_{CR\ 120\ anni}$	ASTM D 6992	-	<b>1,43</b>
Fattore riduttivo per creep - $RF_{CR\ 75\ anni}$	ASTM D 6992	-	<b>1,41</b>
Fattore riduttivo per installazione prodotto - $RF_{ID}$	ASTM D 5818		
- <i>ghiaia (tipo 1)</i>		-	<b>1,15</b>
- <i>ghiaia sabbiosa (tipo 2)</i>		-	<b>1,11</b>
- <i>sabbia (tipo 3)</i>		-	<b>1,1</b>
Fattore riduttivo per durabilita' - $RF_D$	FHWA NHI-00-043		
- $5 < pH < 8$		-	<b>1,15</b>
- $3 < pH < 5$ oppure $8 < pH < 9$		-	<b>1,3</b>
Resistenza a trazione di lungo termine MD - $T_{AL} (*)$ (vita utile 120 anni, 20°, 5 < pH < 8, tipo 2)	FHWA NHI-00-043	kN/m	<b>32,97</b>

$$60 \text{ kN} \div (1,43 \times 1,11 \times 1,15) = 32,97 \text{ kN}$$

**RESISTENZA A LUNGO TERMINE**

# Domande?