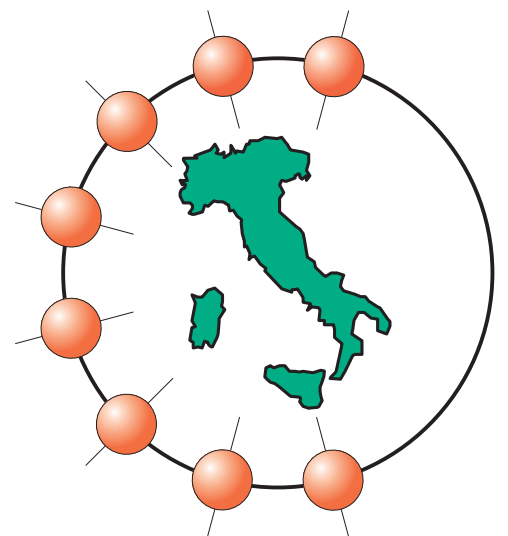


**TABELLE SINTETICHE
PER IL DIMENSIONAMENTO
DEI GEOTESSILI
NELLE APPLICAZIONI DI
INGEGNERIA CIVILE**



AssINGeo

Associazione Industrie Italiane Nontessuti Geotessili

Nell'ambito delle costruzioni di ingegneria ai **geotessili nontessuti da fiocco** vengono affidate molteplici funzioni, sia con il compito di migliorare le caratteristiche fisiche, meccaniche ed idrauliche dei terreni con i quali vengono messi a contatto, che di migliorare il comportamento globale dell'intera struttura.

In termini del tutto generali possiamo definire la funzione di un geotessile come una caratteristica specifica del geotessile stesso che si rende necessaria per il perseguimento di un obiettivo di progettazione e che dipende da una combinazione univoca delle sue proprietà fisiche, meccaniche ed idrauliche.

Per un razionale ed efficace impiego dei **geotessili nontessuti da fiocco** all'interno di applicazioni di ingegneria civile è di fondamentale importanza l'identificazione, precisa e completa, delle funzioni ad essi richieste, con riferimento ad uno scenario di eventi indesiderabili o di stati limite nei confronti dei quali ci si vuole premunire.

Con lo scopo di fornire al progettista uno strumento semplice ed operativo per l'individuazione del più idoneo **geotessile nontessuto da fiocco** da impiegare, nell'ambito della specifica applicazione trattata, vengono proposte da **AssINGeo**, delle *“Tabelle sintetiche per il dimensionamento”* nelle quali sono riportate:

- le “caratteristiche fondamentali” che il **geotessile nontessuto da fiocco** deve possedere per l'assolvimento delle funzioni ad esso richieste nell'ambito della famiglia di applicazioni trattata;
- le metodologie di prova (in accordo con le indicazioni normative europee del CEN) necessarie per la determinazione delle “caratteristiche fondamentali”;
- i valori minimi delle grandezze che definiscono le “caratteristiche fondamentali” suddivisi in 3 CLASSI. A tale riguardo le classi di cui sopra intendono esprimere, in forma sintetica e con intensità crescente dalla prima alla terza classe, differenti condizioni al contorno o di contatto che possono interessare il geotessile nell'ambito della specifica famiglia di applicazione.
- i valori minimi consigliati della massa areica dei **geotessili nontessuti da fiocco** da impiegare per ogni singola CLASSE.

QUADRO NORMATIVO

Il quadro normativo di riferimento sui geotessili e prodotti affini è quello elaborato dal Comitato Tecnico Europeo CEN/TC 189 “Geotextiles and geotextile-related products”, il cui scopo è quello di svolgere attività normativa su terminologia, identificazione, criteri di campionamento, metodi di prova e criteri di classificazione dei geotessili e prodotti affini.

In particolare delle 23 norme europee sui geotessili e prodotti affini pubblicate dal CEN e recepite dall’UNI quelle impiegate ai fini del presente lavoro sono mostrate nella seguente tabella.

IDENTIFICAZIONE	DESCRIZIONE
UNI EN ISO 10320	Geotessili e prodotti affini – Identificazione in sito
UNI EN 963	Geotessili e prodotti affini – Campionamento e preparazione dei provini
UNI EN 964-1	Geotessili e prodotti affini – Determinazione dello spessore a pressioni stabilite - Strati singoli
UNI EN 965	Geotessili e prodotti affini – Determinazione della massa areica
UNI EN ISO 10319	Geotessili e prodotti affini – Prova di trazione a banda larga
UNI EN ISO 12236	Geotessili e prodotti affini – Prova di punzonamento statico (Metodo CBR)
UNI EN ISO 11058	Geotessili e prodotti affini – Determinazione della caratteristiche di permeabilità all’acqua perpendicolare al piano, senza carico
UNI EN ISO 12956	Geotessili e prodotti affini – Determinazione della dimensione di apertura caratteristica (opening size)
UNI EN ISO 12958	Geotessili e prodotti affini – Determinazione della capacità drenante nel piano

FUNZIONI SVOLTE DAI GEOTESSILI NONTESSUTI NELLE OPERE DI INGEGNERIA CIVILE, IDRAULICA E GEOTECNICA.

LA SEPARAZIONE

Lo scopo della funzione di separazione è quella di mantenere divisi due strati di terreno di composizione granulometrica diversa o due strati di materiali diversi, senza impedire la circolazione dell'acqua.

Le caratteristiche principali del geotessile che influiscono su questa funzione sono la resistenza a trazione, l'allungamento a rottura, la resistenza al punzonamento e la durabilità.

La resistenza a trazione, associata alle caratteristiche di allungamento, permette al geotessile di resistere in maniera più o meno efficace al danneggiamento provocato dallo strato di materiale grossolano posto nella parte superiore.

In particolare, più elevato è l'allungamento del geotessile, migliori sono la sua adattabilità al terreno di fondazione e la sua deformabilità (che non deve comportare necessariamente perdita di resistenza alla trazione). Questa proprietà è particolarmente importante nel caso in cui il materiale soprastante sia di granulometria grossa e di forma irregolare oppure tenda a far affondare il geotessile.

Sulla base di queste considerazioni (di cui molti studi e numerosi test pratici in sito ed in laboratorio hanno dato conferma) è dunque possibile affermare che, nei casi di applicazioni di separazione con lo strato soprastante di granulometria grossa, la resistenza a trazione e l'allungamento si comportano in maniera inversamente proporzionale: in presenza di un'alta capacità di allungamento da parte del geotessile, la resistenza a trazione diventa meno indispensabile; al contrario, per geotessili nontessuti con allungamento molto basso è necessaria una resistenza a trazione molto alta per contrastare la spinta e la pressione dei massi soprastanti; questi ultimi servono infatti per contrastare e non assecondare le deformazioni.

In altri termini, un geotessile con allungamento relativamente elevato (superiore a 50%) e buona resistenza a trazione è una soluzione ottimale come strato separatore perché riesce ad assolvere pienamente al suo compito di mantenere divisi gli strati di diversa granulometria, conservando le proprie caratteristiche iniziali, diversamente da altri geotessili, che presentano alta resistenza a trazione e basso allungamento.

Concludendo possiamo affermare che, dal punto di vista meccanico, un geotessile utilizzato come strato separatore deve essere dotato di una buona resistenza a trazione, di un allungamento superiore al 50% e di una buona resistenza al punzonamento statico (CBR). Proprio riguardo a quest'ultimo punto, la resistenza al punzonamento statico è un'altra delle caratteristiche distintive di un efficace strato di separazione: infatti, il materiale di riporto al di sopra del geotessile può essere di granulometria variabile in funzione della scelta progettuale e può quindi esercitare pressioni di forza variabile nei vari punti del geotessile. Ancora una volta la capacità del nontessuto di adattarsi alle irregolarità delle superfici con cui viene a contatto e la sua deformabilità sono garanzie di efficacia e di effetto duraturo.

Dobbiamo osservare che per la scelta di un geotessile usato come strato separatore sono importanti, in alcune applicazioni, anche le sue caratteristiche idrauliche, soprattutto l'apertura di filtrazione O90 (porometria) e la permeabilità perpendicolare al piano. Ma di questo parleremo più specificatamente nel prossimo punto.

LA FILTRAZIONE

La funzione di filtrazione è richiesta ai geotessili nella maggior parte dei lavori di ingegneria civile, stradale, idraulica ed ambientale, come per esempio nella costruzione di strade, ferrovie, dighe di terra, trincee drenanti ecc.



In altre parole si deve porre la massima attenzione all'efficacia idraulica del filtro, alla sua stabilità meccanica e alla sua durata nel tempo.

In tutte queste applicazioni la funzione del filtro-geotessile è quella di impedire la migrazione delle particelle fini del terreno di base. Esso deve essere dimensionato in modo tale da soddisfare tre requisiti apparentemente contrastanti fra di loro:

- Il requisito di ritenzione: le dimensioni dei pori devono essere abbastanza piccole per poter trattenere il terreno di base

- Il requisito di permeabilità: le dimensioni dei pori devono essere abbastanza grandi per lasciar passare l'acqua liberamente e per mantenere il suolo con una scarsa concentrazione d'acqua.. È del tutto evidente, infatti, che conoscere la quantità d'acqua che può passare attraverso un filtro-geotessile in senso perpendicolare alla sua superficie, è un dato della massima importanza per non creare ostacoli al suo flusso verso il sistema di drenaggio e per non creare sovrappressioni all'interfaccia terreno di base-filtro geotessile.

- Il requisito di non-ritenzione: consiste nella capacità dei pori del geotessile di lasciar passare le particelle fini delle terreno solitamente in sospensione nell'acqua, senza intasare il filtro all'interfaccia oppure all'interno del filtro stesso.

Nella progettazione di sistemi filtranti con geotessili bisogna tenere conto e cercare di evitare i cosiddetti "stati limite".

Fra i più pericolosi si ricordano l'erosione (migrazione eccessiva delle particelle fini del terreno), l'occlusione all'interfaccia del geotessile o accecamento (accumulazione di una quantità eccessiva di particelle fini con diametro più grande dell'apertura di filtrazione del geotessile), l'intasamento o "clogging" (ristagno delle particelle fini del terreno all'interno del geotessile, con la conseguente chiusura dei pori), la discontinuità del contatto terreno-filtro (se il geotessile non aderisce perfettamente al terreno può sollevarsi o oscillare, causando rotture localizzate del terreno o erosioni dello stesso).

I geotessili nontessuti costituiscono un'ottima risposta a tutti questi problemi, soprattutto nei casi in cui lo strato di copertura del filtro sia costituito da blocchi di calcestruzzo di grande peso oppure da massi con superficie irregolare. In queste situazioni si creano delle profonde impronte sul terreno sulle quali il filtro deve adattarsi in maniera perfetta per evitare i rischi richiamati sopra.

Solo un geotessile dotato di una elevata deformabilità e di una buona resistenza meccanica può garantire questo adattamento che avviene senza generare particolari modifiche dell'apertura caratteristica di filtrazione o delle resistenze a trazione.

Un'altra proprietà molto importante per le applicazioni dei geotessili con funzioni di filtrazione è il loro comportamento in situazioni di punzonamento dinamico. Quando il filtro-geotessile è sottoposto a forti pressioni meccaniche esercitate dall'irregolarità del terreno di base o dalla spigolosità di quello di copertura, il vantaggio di utilizzare un prodotto con risultati molto bassi di punzonamento dinamico è il considerevole aumento delle possibilità che il filtro non sia danneggiato durante la messa in opera e quindi mantenga intatte le sue capacità di filtrazione.

IL DRENAGGIO

Il drenaggio è la capacità del geotessile di trasportare un liquido o un gas lungo il proprio piano.

Nella pratica è difficile trovare un sistema di drenaggio, nel quale non siano in questione anche altre funzioni secondarie come la separazione e la filtrazione. Per questa ragione, le caratteristiche più importanti per la scelta del geotessile in opere di drenaggio sono la capacità drenante sul piano, la permeabilità perpendicolare al piano, l'apertura di filtrazione (diametro efficace dei pori), la resistenza a trazione e la durabilità. E', poi, di fondamentale importanza lo spessore del geotessile, strettamente legato alla grammatura dello stesso. Per poter svolgere una buona funzione drenante sono consigliabili geotessili di peso e spessore elevati.



Per poter dimensionare correttamente il geotessile bisogna essere in possesso di una serie di dati riguardanti la composizione granulometrica del terreno, la sua permeabilità e la sua composizione chimica, la quantità d'acqua da evacuare, le pressioni che agiscono sul geotessile normalmente al piano.

In termini esclusivamente idraulici, uno dei parametri più importanti è la trasmissività, che si ottiene moltiplicando il coefficiente di permeabilità planare del geotessile per il suo spessore espresso in metri. Essa è influenzata dalle condizioni del terreno, dalla composizione e quantità d'acqua da drenare, dal gradiente idraulico e dalla pressione applicata al piano del geotessile (maggiore è la pressione, minore è la trasmissività). Tutti questi fattori influiscono sul buon funzionamento del sistema drenante anche a lungo termine e, quindi, di essi si deve tenere conto nella fase progettuale dello stesso.

Merita, infine, una nota particolare l'interpretazione dei valori della capacità drenante che si ottengono dai laboratori di analisi. Raramente i dati di questi ultimi, riguardo alla permeabilità sul piano, corrispondono al dato reale che si può ricavare da una prova in sito, perché mentre l'acqua usata in laboratorio è depurata e demineralizzata, quella che dovrà essere drenata nella realtà dei lavori trasporta sempre con sé particelle di terreno e impurità che saranno in parte trattenute dal geotessile. In pratica la permeabilità reale sarà sempre minore di quella nominale calcolata in laboratorio. Per questo motivo suggeriamo di tenere conto di un certo fattore di sicurezza per effettuare un corretto dimensionamento del sistema drenante.

RINFORZO

La funzione di rinforzo con i geotessili si ottiene con dei prodotti che presentano una resistenza a trazione molto elevata e, quindi, di grossa grammatura. Nel caso dei geotessili nontessuti si consiglia di impiegare materiali aventi un peso per unità di superficie uguale o maggiore a 400 g/m^2 . Di solito, per esplicare una funzione di rinforzo si intende che il geotessile deve svolgere un ruolo costringitivo nei confronti del terreno, rendendolo meno sensibile alle deformazioni sotto carico.

Le caratteristiche di cui si deve tenere conto per questa funzione sono la resistenza a trazione, l'allungamento, la permeabilità perpendicolare al piano e la durabilità.

Inoltre, deve essere dimostrabile l'effetto a lungo termine di questo prodotto, soprattutto per ciò che riguarda la deformabilità.

Un aspetto non secondario da tenere in conto nella valutazione degli effetti di rinforzo di un geotessile è il danneggiamento che esso quasi sempre subisce (in misura più o meno grande) durante la posa in opera. Infatti capita spesso che materiali con alte performances meccaniche ma poco deformabili, subiscano una forte riduzione delle loro caratteristiche a causa del danneggiamento che si verifica per effetto di una messa in opera poco accurata.

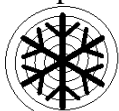
Questo dato viene dimenticato molto spesso dai progettisti di opere di ingegneria civile, ma riveste un ruolo per nulla secondario nella scelta del materiale più adatto.

Bisogna altresì notare che molto spesso i geotessili nontessuti sono utilizzati in combinazione con altri geosintetici, i quali possono garantire maggiormente il rinforzo del terreno (geotessili tessuti o geogriglie in particolare), ma hanno una scarsa efficacia come strato separatore e filtro. Per assolvere a queste funzioni viene perciò posato nel manufatto un geotessile nontessuto.

PROTEZIONE

Le applicazioni nelle quali i geotessili devono svolgere una funzione di protezione, sono per lo più lavori di costruzione di gallerie, discariche, costruzioni sotterranee, fondazioni, bacini idrici, tetti piani.

In tutti questi casi il geotessile serve per proteggere la geomembrana, che ha funzione di impermeabilizzazione nella struttura.



La protezione è, quindi, un aspetto quasi esclusivamente meccanico. Le caratteristiche più importanti di cui si deve tenere conto sono la resistenza a trazione, la resistenza al punzonamento statico (CBR) e la durabilità.

Molto spesso ci si dimentica di quest'ultima caratteristica quando si deve scegliere il geotessile più adatto a svolgere il ruolo di strato protettivo. Accade spesso che in molti cantieri, come ad esempio nella costruzione di discariche, che la ricopertura del geotessile non avvenga sempre in un lasso di tempo breve, per cui la sua esposizione agli agenti atmosferici può durare anche molte settimane. Bisogna sempre ricordare, in particolare, che l'esposizione ai raggi ultravioletti della luce solare, rappresenta il fattore principale di degradazione dei geotessili, fino a pregiudicarne in alcuni casi la funzionalità complessiva.

Proprio per questo motivo diventano importanti le caratteristiche di durabilità del geotessile, ossia la sua capacità di mantenere ad un livello di sicurezza le proprie caratteristiche per un periodo di tempo ben determinato. Ciò è possibile solo mettendo in opera dei geotessili nontessuti le cui fibre siano state appositamente trattate con degli additivi permanenti capaci di garantire una precisa resistenza alla degradazione chimica e a quella conseguente all'azione degli agenti atmosferici.

LA NORMATIVA ARMONIZZATA E IL MARCHIO CE

A partire dal 1 ottobre 2002, tutti i prodotti geotessili devono essere provvisti del marchio di sicurezza CE. Questo ha comportato un lavoro di ridefinizione delle linee di prodotto e delle funzioni per cui ogni prodotto è dedicato.

A livello europeo sono state emanate delle norme armonizzate, valide in tutti gli Stati dell'Unione Europea, che definiscono i dieci principali campi di applicazione dei geosintetici. Per ognuna di queste applicazioni sono state specificate le funzioni richieste al prodotto.

Nella tabella riportata alla fine della presente nota introduttiva riassumiamo le dieci applicazioni con una breve descrizione; in corrispondenza di ogni riga risultano visibili tre lettere che corrispondono a tre livelli di obbligatorietà delle caratteristiche richieste:

H: obbligatorie per mandato, cioè quei valori che il produttore deve dichiarare e poi garantire nei limiti di una tolleranza specifica.

A: obbligatorio solo se richiesto dal capitolato specifico relativo all'opera da realizzare

S: obbligatorio solo se richiesto da speciali e particolari condizioni d'uso.

Le funzioni dei geotessili, a cui queste norme fanno riferimento, sono quelle che abbiamo illustrato precedentemente.

LA DURABILITA'

Una delle caratteristiche dei geotessili che normalmente non viene considerata dagli utilizzatori è la durabilità; l'espressione di un valore di durabilità è divenuto oggi obbligatorio in seguito all'entrata in vigore della normativa armonizzata. Essa descrive la capacità del geotessile di mantenere inalterate nel tempo le proprie caratteristiche meccaniche ed idrauliche.

Visto che in commercio si trovano geotessili nontessuti fabbricati secondo diversi metodi di produzione e soprattutto prodotti con fibre di polimeri diversi (polipropilene, poliestere e polietilene in particolare), sono state promulgate alcune indicazioni di base per quanto riguarda le dichiarazioni dei produttori sulla resistenza chimica, microbiologica e agli agenti atmosferici.

Nei risultati si riscontra una grandissima differenza a seconda del tipo di materia prima utilizzata: se un geotessile è stato prodotto con fibra vergine di polipropilene di I scelta, con alte caratteristiche meccaniche, con gli opportuni trattamenti di stabilizzazione chimica, il materiale avrà una durabilità complessiva molto maggiore di un geotessile fabbricato, ad esempio, con fibre riciclate.

Bisogna infine osservare che non per tutte le applicazioni sono richieste le stesse caratteristiche di durabilità.



CARATTERISTICHE FISICHE

UNI EN ISO 9862	(2005) Geotessili e prodotti affini. Campionamento e preparazione dei provini.
UNI EN ISO 9863-1	(2005) Geotessili e prodotti affini. Determinazione dello spessore a pressioni stabilite - Strati singoli.
UNI EN ISO 9864	(2005) Geotessili e prodotti affini. Determinazione della massa areica.
UNI EN ISO 9863-2	(1998) Geotessili e prodotti affini - Determinazione dello spessore a pressioni stabilite - Procedura per la determinazione dello spessore dei singoli strati di prodotti multistrato
UNI EN ISO 12956	(2001) Geotessili e prodotti affini - Determinazione della dimensione di apertura (opening size) caratteristica.
UNI EN ISO 13437	(2002) Geotessili e prodotti affini - Metodo per la messa in opera ed il prelievo dei campioni nel terreno e per l'esecuzione

delle prove di laboratorio sui provini .

CARATTERISTICHE MECCANICHE

UNI ENV 1897

(1999) Geotessili e prodotti affini - Determinazione delle proprietà di viscosità a compressione (compressive creep).

UNI EN ISO 12236

(1999) Geotessili e prodotti affini - Prova di punzonamento statico (metodo CBR).

UNI EN 918

(1999) Geotessili e prodotti affini - Prova di punzonamento dinamico (metodo della caduta del cono).

UNI EN ISO 13427

(2002) Geotessili e prodotti affini - Simulazione del danneggiamento dovuto ad abrasione (prova del blocco scorrevole in moto alternato).

UNI EN ISO 13431

(2002) Geotessili e prodotti affini - Determinazione delle proprietà di viscosità a trazione (tensile creep) e comportamento a rottura (creep rupture).

CARATTERISTICHE IDRAULICHE

UNI EN ISO 12958

(2002) Geotessili e prodotti affini - Determinazione della capacità drenante nel piano.

UNI EN ISO 11058

(2002) Geotessili e prodotti affini - Determinazione delle caratteristiche di permeabilità all'acqua perpendicolare al piano, senza carico.

CARATTERISTICHE DI DURABILITA'

UNI ENV ISO 13438

(2000) Geotessili e prodotti affini - Metodo di prova per la determinazione della resistenza all'ossidazione.

UNI EN 12225

(2001) Geotessili e prodotti affini - Metodo per la determinazione della resistenza microbiologica mediante prova di interrimento.

UNI EN 14030

(2002) Geotessili e prodotti affini - Metodo di prova selettivo per la determinazione della resistenza ai liquidi acidi e alcalini.

CARATTERISTICHE PER L'IMPIEGO

UNI EN 13249

(2001) Geotessili e prodotti affini - Caratteristiche richieste per l'impiego nella costruzione di strade e di altre aree soggette a traffico (escluse ferrovie e l'inclusione in conglomerati bituminosi).

UNI EN 13250

(2002) Geotessili e prodotti affini - Caratteristiche richieste per l'impiego nella costruzione di ferrovie.

UNI EN 13251

(2002) Geotessili e prodotti affini - Caratteristiche richieste per l'impiego nelle costruzioni di terra, nelle fondazioni e nelle strutture di sostegno.

UNI EN 13252

(2002) Geotessili e prodotti affini - Caratteristiche richieste per l'impiego nei sistemi drenanti.

UNI EN 13253

(2002) Geotessili e prodotti affini - Caratteristiche richieste per l'impiego nelle opere di controllo dell'erosione (protezione delle coste, rivestimenti di sponda).

UNI EN 13254

(2002) Geotessili e prodotti affini - Caratteristiche richieste per l'impiego nella costruzione di bacini e dighe.

UNI EN 13255

(2002) Geotessili e prodotti affini - Caratteristiche richieste

per l'impiego nella costruzione di canali.

UNI EN 13257

(2002) Geotessili e prodotti affini - Caratteristiche richieste per l'impiego in discariche per rifiuti solidi.

UNI EN 13265

(2002) Geotessili e prodotti affini - Caratteristiche richieste per l'impiego nei progetti di contenimento di rifiuti liquidi.

Scheda riassuntiva applicazioni e funzioni

		Strade			Ferrovie			Fondazioni			Sistemi drenanti			Controllo erosione			Bacini e dighe				Canali			Gallerie	Rifiuti solidi				Rifiuti liquidi			
		UNI EN ISO 13249			UNI EN ISO 13250			UNI EN ISO 13251			UNI EN ISO 13252			UNI EN ISO 13253			UNI EN ISO 13254				UNI EN ISO 13255			UNI EN ISO 13256	UNI EN ISO 13257				UNI EN ISO 13265			
		R	S	F	R	S	F	R	S	F	S	D	F	R	S	F	R	P	S	F	R	P	S	F	P	R	P	S	F	R	P	F
CARATTERISTICHE MECCANICHE																																
Resistenza a trazione (MD e CD)	EN ISO 10319	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	
Allungamento a trazione (MD e CD)	EN ISO 10319	H	A	A	H	A	A	H	A	A	A	A	A	H	A	A	H	H	A	A	H	H	A	A	H	H	A	A	H	H	A	
Resistenza a trazione di giunzioni e cuciture	EN ISO 10321				S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	
Punzonamento statico	EN ISO 12236	H	H	S	H	H	S	H	H	S	H	-	S	H	H	S	H	-	H	S	H	-	H	S	-	H	-	H	S	H	-	S
Punzonamento dinamico	EN 918	H	A	H	H	A	H	H	A	H	A	-	H	H	A	H	H	H	H	H	H	H	A	H	H	H	A	H	H	H	H	
Danneggiamento durante la messa in opera	EN ISO 10722-1	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Caratteristiche di attrito	prEN ISO 12957-1 prEN ISO 12957-2	A	S	S	A	S	S	A	S	S	S	S	S	A	S	S	A	S	S	S	A	S	S	S	S	A	S	S	S	A	-	-
Comportamento viscoso a trazione	EN ISO 13431	A	-	-	A	-	-	A	-	-	-	A	-	A	-	-	A	-	-	-	A	-	-	-	S	A	-	-	-	A	A	A
Efficienza della protezione	prEN 13719	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	H	-	-	-	H	-	-	H	-	H	-	-	-	H	-
CARATTERISTICHE IDRAULICHE																																
Apertura caratteristica	EN ISO 12956	-	A	H	-	A	H	-	A	H	A	-	H	-	A	H	-	-	A	H	-	-	A	H	-	-	-	A	H	-	-	H
Permeabilità all'acqua perpendicolare all'acqua	EN ISO 11058	A	A	H	A	A	H	A	A	H	A	-	H	A	A	H	A	-	A	H	A	-	A	H	-	A	-	A	H	A	-	H
Capacità drenante del piano	EN ISO 12958										-	H	-												-	-	-	-	-	-	-	
CARATTERISTICHE DI DURABILITA'																																
Resistenza agli agenti atmosferici	EN 12224	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	
Resistenza alla degradazione microbiologica	EN 12225																															
Resistenza all'invecchiamento chimico	ENV ISO 12960 ENV ISO 13438 ENV 12447	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	

I Geotessili nelle opere drenanti: Tipologie e criteri di dimensionamento.

Dott. Geol. Enrico Farinatti – Segretario Tecnico ASSINGEO (Associazione Industrie Nontessuti Geotessili)

1. Premessa

Una delle finalità di questo intervento è quella di chiarire in maniera definitiva alcuni punti che sono ormai divenuti luoghi comuni ma che non hanno alcun fondamento tecnico e scientifico soprattutto per quanto concerne ipotetiche differenze qualitative tra geotessili nontessuti prodotti secondo differenti processi (è il caso dei geotessili nontessuti da fiocco e a filo continuo); a questo proposito si tenga presente **che non esiste definizione normativa di fiocco o filo continuo**.

In generale si può dire che i geotessili nontessuti sono strutture piane composte da fibre sintetiche disposte casualmente e coesionate con metodi meccanici (agugliati, fig. 1).

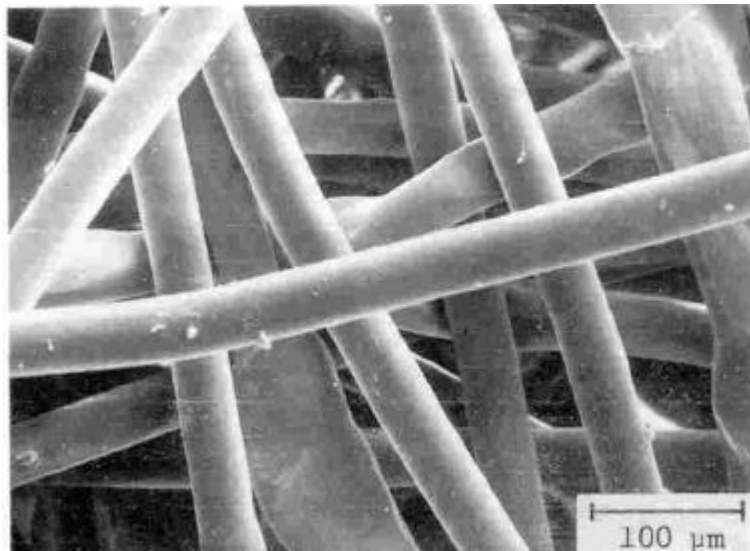


Fig. 1: geotessile nontessuto agugliato visto al microscopio

Tutto ciò che verrà esposto nel presente documento è sostenuto da ormai numerose ricerche e tests condotti in tutto il mondo ad ulteriore riprova del fatto che questi materiali sono ormai divenuti di fondamentale importanza in tutti i campi dell'ingegneria civile e idraulica.

2. Durabilità dei geotessili nontessuti da fiocco e a filo continuo

Il termine durabilità è generico e sta ad indicare la capacità di un geosintetico di resistere a vari processi degenerativi nel tempo. I più comuni processi di "invecchiamento" si debbono all'ossidazione, ad attacchi chimici dovuti ad ambienti di posa in opera acidi o basici, al danneggiamento meccanico, all'esposizione alla luce solare, ecc...

Uno dei luoghi comuni che sono spesso alla base di una scelta indirizzata verso i geotessili nontessuti a filo continuo piuttosto che da fiocco, è che, essendovi un minor numero di estremità in un geotessile nontessuto a filo continuo, si dovrebbe avere necessariamente un minor rischio di degradazione da parte degli agenti chimici rispetto alle fibre discontinue.

Questa argomentazione non risponde al vero in quanto, sia che si tratti di filo continuo che di fiocco, la lunghezza delle macromolecole (e quindi il loro peso molecolare) rimane infinitamente più piccola delle dimensioni di qualsiasi filato (si arriva al massimo all'ordine di grandezza del μm) e quindi la resistenza alla foto-termodegradazione dipende piuttosto dal titolo (sezione) della fibra e dal pacchetto formulativo antiossidanti+HALS. (che significa letteralmente ammine impedito stabilizzanti alla luce). E' dunque possibile trovare in commercio prodotti da fiocco che posseggono una durabilità maggiore di prodotti a filo continuo: tutto dipende dalla qualità delle fibre utilizzate nella produzione.

D'altra parte le stesse "linee guida sulla durabilità dei geotessili e prodotti affini" (doc. CEN CR ISO 13434) sono molto chiare in proposito e confermano quanto appena detto.

3. Caratteristiche meccaniche

Il test principale per misurare la resistenza meccanica di un geosintetico è quello relativo alla resistenza a trazione. In fig. 2 è riportata una curva sforzi/deformazioni tipica dei geotessili nontessuti.

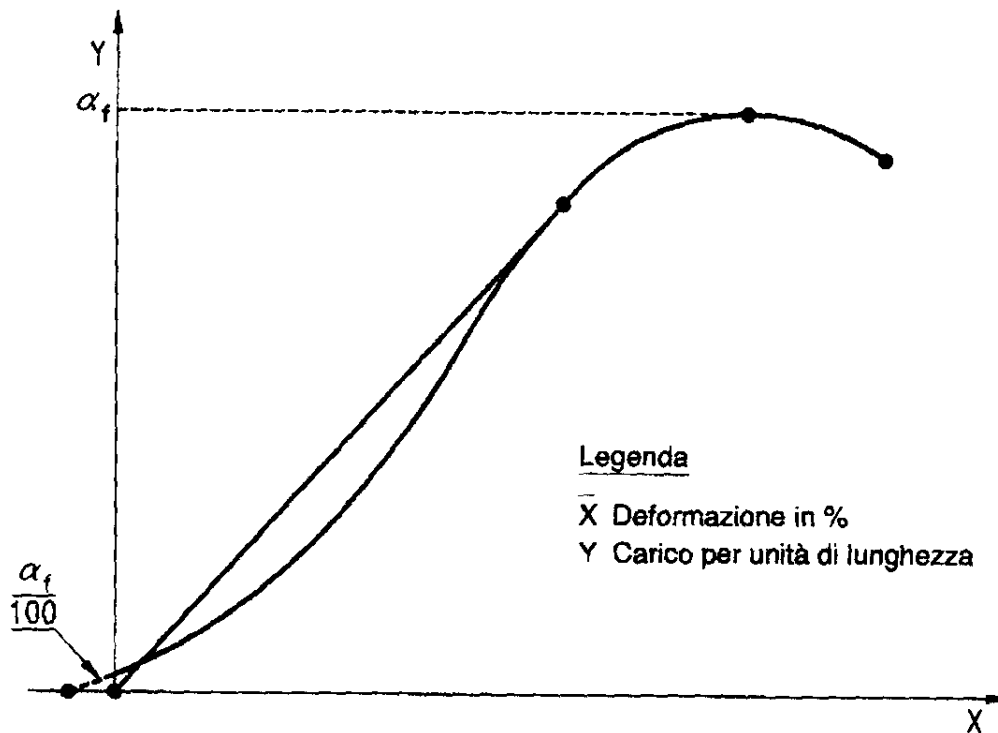


Fig. 2: Curva sforzi-deformazioni tipica di un geotessile nontessuto agugliato

Una diretta conseguenza di quanto sopra riportato è che non è necessariamente vero che, a parità di massa areica, un geotessile nontessuto da fiocco sia meno resistente di un nontessuto a filo continuo: anche in questo caso tutto dipende dalle caratteristiche della fibra utilizzata.

E' vero che una maggior continuità fisica dei filamenti aiuta senza dubbio il raggiungimento di buone caratteristiche meccaniche del prodotto finito per le sole grammature più leggere, ma è altrettanto vero che la condizione fondamentale per ottenere determinate

caratteristiche meccaniche (ad es. resistenza a trazione) è quella di utilizzare fibre di qualità. E in questo discorso si inserisce la versatilità della produzione italiana del geotessile nontessuto da fiocco che può differenziarsi a seconda delle esigenze e delle richieste e che viene offerta dai nostri associati.

E' inoltre inesatto dire che il geotessile nontessuto a filo continuo è necessariamente prodotto con materiale di base puro, perchè è tecnicamente possibile filare insieme al polimero vergine una percentuale di prodotto rigenerato.

Per quanto concerne la tenacità dei nontessuti da fiocco, la produzione prevede una filatura ed uno stiro meccanico successivo che impartisce una elevata tenacità al fiocco stesso (grazie all'orientamento delle molecole in senso longitudinale al filo stesso). Questo non avviene per il filo continuo che viene stirato solo ad aria sullo stesso impianto di estrusione. Il risultato è che, mentre nella produzione dei geotessili nontessuti da fiocco possono essere utilizzate fibre ad elevata tenacità (50-55 cN/dtex), nei geotessili nontessuti a filo continuo vengono utilizzate fibre a bassa tenacità (circa la metà del fiocco).

Sono inoltre stati condotti diversi tests di danneggiamento meccanico dovuto alle operazioni di posa di geotessili nontessuti a filo continuo e da fiocco (H. Rathmayer: "Evaluation of geotextiles' survivability by field tests"; A. Watn, G. Eiksund: "Specification profile for geotextiles for separation and filtration in roads – Norwegian standard"; atti 2nd European geosynthetics conference) ed è possibile dire che, a seguito delle prove di danneggiamento, non vi è nessuna relazione tra tecnologia produttiva e fattore residuo di resistenza.

4. Caratteristiche idrauliche

Tra le funzioni principali dei geotessili nontessuti vi sono senza dubbio quelle di filtrazione e drenaggio. Senza scendere nei particolari relativi al dimensionamento dei sistemi filtranti con geosintetici (che esulerebbero dalle finalità del presente articolo), è comunque opportuno citare i criteri fondamentali che devono essere soddisfatti da un geotessile in campo idraulico:

Criterio di filtrazione

Il geotessile deve essere abbastanza permeabile da consentire il flusso dell'acqua circolante nel terreno e da impedire la formazione di sovrappressioni idrauliche. Se viene soddisfatta questa condizione il filtro in geotessile è in grado di evitare l'eccessivo movimento delle particelle verso il dreno. Questo fatto dipende anche dalla natura del terreno in sito.

Criterio di ritenzione

Il geotessile deve essere sufficientemente "chiuso" da evitare l'eccessiva migrazione delle particelle fini attraverso il piano del geotessile stesso.

A questo proposito vi sono alcune curiose argomentazioni che indicano nel geotessile nontessuto da fiocco un materiale che, *"se provvisto di buone caratteristiche meccaniche, queste andrebbero a scapito di quelle idrauliche"*. Questo fatto sarebbe causato *"dall'intensa agugliatura necessaria"* a coesionare le fibre discontinue.

Probabilmente una simile argomentazione non abbisogna neppure di una risposta, poichè il tecnico ancorchè non esperto della materia che abbia seguito fin qui quanto esposto nel presente documento è probabilmente in grado di darsi comunque una risposta da solo.

E' altrettanto vero che non esiste alcuna pubblicazione tecnico-scientifica che possa suffragare una simile argomentazione e, d'altra parte, le tabelle tecniche relative alle caratteristiche dei geotessili nontessuti in commercio sono più che eloquenti.

E' invece vero che, grazie ancora una volta alla versatilità nella produzione del geotessile nontessuto da fiocco, è possibile ottenere le caratteristiche idrauliche volute adottando

alcuni accorgimenti in fase produttiva (ad es. utilizzando fibre aventi titolo differente per creare la porometria desiderata, cosa impossibile con la tecnologia del filo continuo).

Per quanto concerne poi la permeabilità del nontessuto (c'è chi sostiene che, essendo le fibre corte assimilabili a dipoli elettrici, il geotessile nontessuto da fiocco si impermeabilizza nel tempo perchè attrae le particelle argillose), bisogna sapere che il polipropilene è idrofobo per sua natura. Per renderlo idrofilo, qualora necessario, si aggiungono degli ensimaggi. Chi produce fiocco aggiunge questi ensimaggi sul fiocco stesso ottenendo un effetto uniforme sul prodotto finito. Chi produce filo continuo normalmente spruzza questi ensimaggi sul nontessuto e quindi, non penetrandone la struttura, restano prevalentemente in superficie.

Lo stesso discorso vale per l'elettrostaticità: gli ensimaggi contengono degli antistatici che sono presenti sul fiocco; comunque tutti i materiali sintetici tendono a caricarsi indipendentemente che si tratti di fibre lunghe o corte (avete presente l'effetto di quando ci si toglie una maglietta? Ebbene questi sono tessuti fatti con filati continui).

Bisogna inoltre sapere che nel terreno esistono cariche elettriche naturali che danno vita a differenze di potenziale: questo fenomeno è noto come potenziali spontanei. Tali potenziali possono essere di diversa natura e comunque quelli comunemente noti sono:

- potenziali di mineralizzazione o di ossido-riduzione;
- potenziali elettrochimici;
- potenziali di elettrofiltrazione (o elettrocinetici).

Talvolta tali potenziali possono essere piuttosto elevati (tanto da raggiungere il Volt).

Appare quindi piuttosto improbabile che le particelle argillose risentano di un dipolo elettricamente debole e destinato a perdere la sua carica nel tempo quale quello generato da una fibra polimerica piuttosto che dai campi elettrici naturali presenti nei terreni. Non ha quindi senso l'argomentazione secondo cui i geotessili nontessuti da fiocco (e solo loro) sarebbero più propensi ad intasarsi a causa dell'attrazione che le forze elettrostatiche generate dalle stesse fibre eserciterebbero sulle particelle argillose.

5. Isotropia Meccanica e Idraulica

Merita certamente qualche riga di approfondimento il problema dell'isotropia meccanica e idraulica dei geotessili nontessuti. E' infatti noto che, se si procedesse ad un campionamento sistematico di questi materiali, i geotessili nontessuti a filo continuo risulterebbero avere, per ogni caratteristica misurata, una elevata deviazione standard rispetto ai valori medi, che si potrebbe tradurre in una elevata disomogeneità. Tale disomogeneità si riflette necessariamente sia sulle caratteristiche meccaniche, sia sulle caratteristiche idrauliche. Tale fenomeno discende dal fatto che il filo continuo passa dall'estrusione alla formazione del velo, senza passare per la cardatura. I geotessili nontessuti da fiocco risentono in misura molto inferiore di questo problema proprio per il differente processo produttivo.

E' ovvio che questo problema si riflette anche nella corretta progettazione: dovendo ad esempio dimensionare un filtro con geotessile nontessuto si prende in considerazione l'apertura dei pori caratteristica del geotessile stesso, ma se questo presenta una deviazione standard elevata potranno verificarsi tanto problemi di intasamento quanto di dilavamento e, in sostanza, l'opera drenante non funzionerebbe a dovere.

6. Tipi di Geosintetici

Nella presente comunicazione si prenderanno in considerazione le applicazioni più classiche che vedono le opere drenanti come elementi fondamentali per consentire la realizzazione di infrastrutture e il risanamento di zone in frana. Verranno solo citate alcune

applicazioni (ad esempio in campo ambientale) poichè certi argomenti richiederebbero di essere sviluppati ed approfonditi a parte.

Verranno quindi rimarcate le differenze che hanno comportato l'avvento dei geosintetici sia in fase di dimensionamento, sia in fase realizzativa.

E' comunque opportuno introdurre le molteplici funzioni assolve dai geosintetici nei vari campi di applicazione. Si vedrà come uno stesso geosintetico svolga differenti funzioni a seconda di come e dove venga posato in opera. Prima di scorrere rapidamente le varie funzioni di cui sopra, è altrettanto opportuno introdurre le abbreviazioni corrispondenti ai differenti geosintetici:

Abbreviazione	Geosintetico
GT	Geotessile (generico)
GTW	Geotessile tessuto
GTN	Geotessile nontessuto
GG	Geogriglia (generico)
GN	Georete
GL	Geocella
GM	Geomembrana (generico)
GC	Geocomposito (generico)
GCD	Geocomposito drenante
GCR	Geocomposito di rinforzo
GCL	Geocomposito "clay liner"
GCM	Geocomposito "membrane liner"

Per quanto concerne le funzioni, esse possono essere differenti a seconda del geosintetico che si utilizza, pur essendoci geosintetici che svolgono più funzioni anche in uno stesso momento:

Geosintetico	Funzione
Geotessile (GTW, GTN)	Filtrazione, separazione, rinforzo, protezione
Geogriglia	Rinforzo
Georete	Drenaggio, protezione
Geomembrane (GM, GCL, GCM)	Barriera a gas e liquidi
Geocelle	Controllo erosione

Le tabelle appena riportate non sono complete, ma rendono un'idea delle molteplici applicazioni e della varietà di prodotti esistenti. Come si vedrà, alcuni prodotti sono stati appositamente studiati per il drenaggio dei terreni.

7. I sistemi drenanti: campi di impiego

I sistemi drenanti, sia di concezione classica che con geosintetici, vengono utilizzati in tutte le applicazioni in cui sia richiesto il controllo del livello delle acque sotterranee. In ogni situazione vi possono essere differenti tipi di drenaggio in grado di risolvere o mitigare il problema esistente:

- trincee drenanti per zone in frana;
- drenaggi per accelerare il consolidamento delle terre;
- drenaggi per il controllo delle acque sotterranee a fini edificatori;
- drenaggi per abbattere o limitare le spinte idrauliche sulle opere di sostegno;

- drenaggi nelle discariche per la raccolta del percolato.

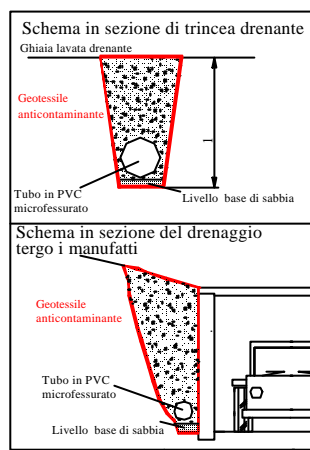
Quest'ultimo argomento, dal momento che interessa un campo del tutto particolare, non verrà trattato.

Tutti gli altri argomenti, direttamente o indirettamente, possono rivestire un'interesse nel campo delle grandi opere infrastrutturali e quindi anche in campo ferroviario.

Le trincee drenanti sono il mezzo più comune per il controllo del livello delle acque sotterranee tanto in pendii naturali, quanto in scarpate artificiali derivanti da movimenti terra (asporti e riporti). Normalmente sono opere che danno un contributo nei terreni più superficiali (fino al massimo a 6-8 m dal p.c.).

Per questo tipo di interventi si opera uno scavo a sezione obbligata, che viene poi riempito di materiale granulare (ghiaia). Per evitare l'intasamento del dreno vengono utilmente rivestiti gli scavi con geotessili nontessuti e/o con geotessili tessuti di adeguate caratteristiche idrauliche. Nel prossimo paragrafo si vedranno i criteri di dimensionamento. In figura è riportata la sezione schematica di una trincea drenante.

Le stesse trincee vengono utilizzate per deprimere il livello di falda anche in zone di



5

pianura, nel caso in cui sia necessario ottenere un consolidamento della porzione di terreno interessata o, più semplicemente, sia necessario operare degli scavi per cui si vuole lavorare all'asciutto. La stessa tipologia di opera può essere utilizzata per limitare le spinte idrauliche su opere di sostegno quali muri, paratie, terre rinforzate, ecc.... Nella stessa figura citata sopra vi è un esempio anche di questo tipo di intervento.

Vi sono poi geosintetici nati appositamente per drenare: si tratta di geocompositi drenanti e di strisce drenanti verticali. I primi possono sostituire con successo il classico scavo a tergo delle opere di sostegno riempito da materiale granulare, i secondi accelerano il consolidamento dei terreni anche a profondità elevate (possono sostituire i pali in sabbia).

In ogni caso si deve sempre rammentare che per progettare dei dreni in geotessile, questi devono svolgere la duplice funzione di drenaggio e di filtrazione e quindi è di vitale importanza identificare le condizioni in cui questi materiali dovranno "lavorare". Queste includono le condizioni di progetto (natura critica del progetto) e le condizioni fisiche (condizioni del suolo, idrauliche e tensionali).

La natura critica del progetto aiuterà a determinare il livello in termini di importanza dell'elemento drenante nell'economia del lavoro (la domanda fondamentale che ci si deve porre è: quali sono le conseguenze di un possibile fallimento?).

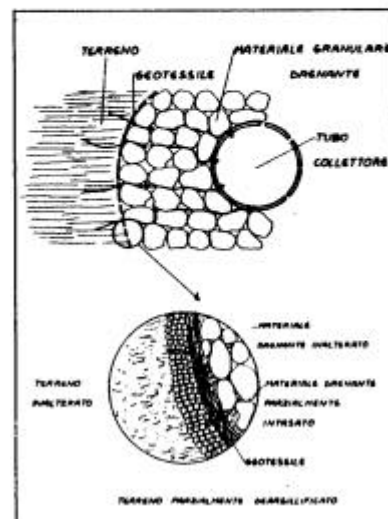
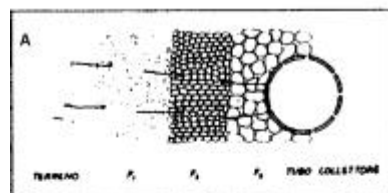
Le condizioni fisiche stabiliscono invece quelle che devono essere le caratteristiche del geosintetico. Ovviamente la scelta andrà fatta in base alle caratteristiche geotecniche del suolo e alle condizioni idrauliche; in poche parole la scelta è funzione della "severità" delle condizioni.

Nella tabella che segue sono schematizzati i concetti appena trattati:

Natura critica del progetto		
Argomento	Critico	Meno critico
Rischio di danno strutturale	alto	nessuno
Costi di ripristino	Elevati	bassi
Evidenze di intasamento prima della rottura	nessuna	sì
Severità delle condizioni		
Argomento	Severo	Meno severo
Terra da drenare	Non gradata, Soggetta a sifonamento	Ben gradata, uniforme
Gradiente idraulico	Alto	Basso
Condizioni di flusso	Dinamico, ciclico, "ad impulsi"	Stazionario

8. Utilità dei geotessili

Il geosintetico, e in particolare i geotessili nontessuti, hanno permesso notevoli vantaggi,



sia dal punto di vista della posa in opera dei filtri e dei sistemi drenanti, sia dal punto di vista del risparmio in termini quantitativi, dei materiali costituenti i drenaggi. In figura (tratta da Cancelli e Cazzuffi) è riportato lo schema di un dreno naturale in ghiaia attorno ad un tubo drenante, confrontato con un dreno il cui filtro è costituito da un geotessile.

Si tenga comunque sempre presente il fatto che, per poter funzionare adeguatamente, questi sistemi devono essere opportunamente dimensionati e per poter essere dimensionati bisogna conoscere sia le caratteristiche granulometriche del terreno in sito, sia le condizioni idrauliche esistenti, sia le caratteristiche del geotessile da utilizzare. La

causa dei fallimenti di questo tipo di opere è proprio imputabile ad un non adeguato livello di conoscenze riguardo le condizioni al contorno e le caratteristiche tecniche dei geotessili. In tutti i casi, un dreno, per essere tale, deve filtrare. La filtrazione da parte di un materiale geosintetico è possibile se vengono soddisfatti due criteri fondamentali:

- criterio di filtrazione;
- criterio di ritenzione.

Criterio di filtrazione

Il geotessile deve essere abbastanza permeabile da consentire il flusso dell'acqua circolante nel terreno e da impedire la formazione di sovrappressioni idrauliche. Se viene soddisfatta questa condizione il filtro in geotessile è in grado di evitare l'eccessivo movimento delle particelle verso il dreno. Questo fatto dipende anche dalla natura del terreno in sito.

Si dice che un suolo sia internamente stabile (o auto-filtrante) se le particelle più fini non si muovono attraverso i pori interconnessi. La stabilità interna dipende dalla forma della curva granulometrica delle terre non coesive e dalla capacità dispersiva delle terre coesive. L'assenza di stabilità interna può portare a sifonamento e intasamento del filtro.

Le relazioni empiriche che regolano questo criterio sono:

$K_{GT} > 5K_s$ (condizioni di flusso unidirezionale)

$K_{GT} > 10K_s$ (condizioni di flusso ciclico)

K_{GT} = permeabilità normale del geotessile

K_s = permeabilità terreno in sito

Criterio di ritenzione

Il geotessile deve essere sufficientemente "chiuso" da evitare l'eccessiva migrazione delle particelle fini attraverso il piano del geotessile stesso. Tutti i criteri di ritenzione applicati derivano da relazioni empiriche e possono essere espressi come segue:

$O_s \leq B \times D_n$

O_s = apertura dei pori del geotessile

B = coeff. adimensionale che tiene conto delle condizioni di flusso e del terreno in sito

D_n = diametro caratteristico delle particelle.

9. Applicazioni

Come detto in premessa, le applicazioni dei geosintetici nella costruzione di opere drenanti sono molteplici. Di seguito si riportano le applicazioni più comunemente utilizzate in funzione della costruzione di grandi opere infrastrutturali.

Trincee drenanti in assenza di ricarica

L'abbassamento della falda freatica (Δz) da parte di trincee drenanti in assenza di ricarica idrica dipende da diverse grandezze:

- s = interasse dei dreni (m)
- d = profondità della trincea da p.c. (m)
- K_s = permeabilità terreno in sito (m/s)
- q = portata per metro lineare di dreno (mc/s/m)
- t = tempo trascorso dalla posa dei dreni (s)
- n_d = porosità del terreno in sito (%)

La porosità è legata alla permeabilità da una relazione di cui si mostra la curva (non disponibile nel testo). Quindi, grazie ai rapporti adimensionali riportati in tabella, è possibile calcolare la grandezza cercata.

$t K_s d / n_d s^2$	Dz/d	$q/K_s d$
0.001	0.06	0.8
0.01	0.37	0.47
0.1	0.79	0.25

Il caso dell'assenza di ricarica è riconducibile a quelle applicazioni in cui la zona drenata è "protetta" da pavimentazioni stradali o da altro genere di impermeabilizzazioni.

Trincee drenanti in presenza di ricarica

Supponendo di avere un apporto costante d'acqua (ad esempio da precipitazioni meteoriche) r (m/s), è possibile quantificare la profondità che devono assumere le trincee in funzione dell'abbassamento di falda Δz voluto. In sostanza si dovrà ottenere un valore di portata d'acqua sufficiente a neutralizzare la totalità dell'apporto idrico per infiltrazione. La portata d'acqua è così quantificabile:

$$q = 1/2 r x r_s \text{ (mc/s/m)}$$

dalla teoria di Dupuit la profondità voluta (d), è data dall'espressione:

$$d = \Delta z + 1/2 s \sqrt{[(r/k_s) + (2d/s)^2]}$$

Si potrà notare che, a parità di caratteristiche tanto delle trincee quanto del terreno incassante, la profondità calcolata in presenza di ricarica è molto più elevata di quella calcolata in assenza di ricarica.

Drenaggi a tergo di opere di sostegno

Questi possono essere costituiti da materiale granulare contenuto in un telo geotessile nontessuto, oppure da un geocomposito drenante. Anche il modo di posizionare il dreno è importante per arrivare a ridurre il più possibile le spinte idrauliche laterali: ponendo il drenaggio inclinato rispetto alla verticale si riescono ad annullare le spinte idrauliche. Dall'analisi delle reti di flusso risulta evidente questo concetto (non disponibili nel testo).

L'effetto delle pressioni idrauliche su opere di sostegno quali muri e terre rinforzate è ben visibile dall'equazione di Coulomb per il calcolo del coeff. di spinta attiva K_a (modificata da Bathurst) nella quale è stato introdotto un termine relativo al coeff. di pressione interstiziale:

$$K_a = r_u + (1 - r_u) \frac{\cos^2(\mathbf{f} + \mathbf{b})}{\cos^2 \mathbf{b} \cos(\mathbf{b} - \mathbf{y}) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\mathbf{f} + \mathbf{y}) \sin(\mathbf{f} - i)}{\cos(\mathbf{b} - \mathbf{y}) \cos(\mathbf{b} + i)}} \right]^2}$$

Come si evince da questa relazione, a parità di condizioni geotecniche e geometriche, il coeff. di pressione interstiziale è in grado di far variare notevolmente le spinte sulle opere di sostegno.

Dreni verticali per il consolidamento dei terreni

Si tratta di una "famiglia" di geosintetici appositamente studiati per il consolidamento dei terreni. Più propriamente essi sono dei geocompositi formati da geotessile nontessuto all'esterno e da un'anima interna in materiale plastico con un'elevata percentuale di vuoti. Questi dreni vengono infissi nel suolo per mezzo di apposite macchine alla profondità voluta.

L'aspetto è quello di strisce a sezione ellittica o romboidale e vengono forniti in rotoli.

Drenaggi alla base di rilevati

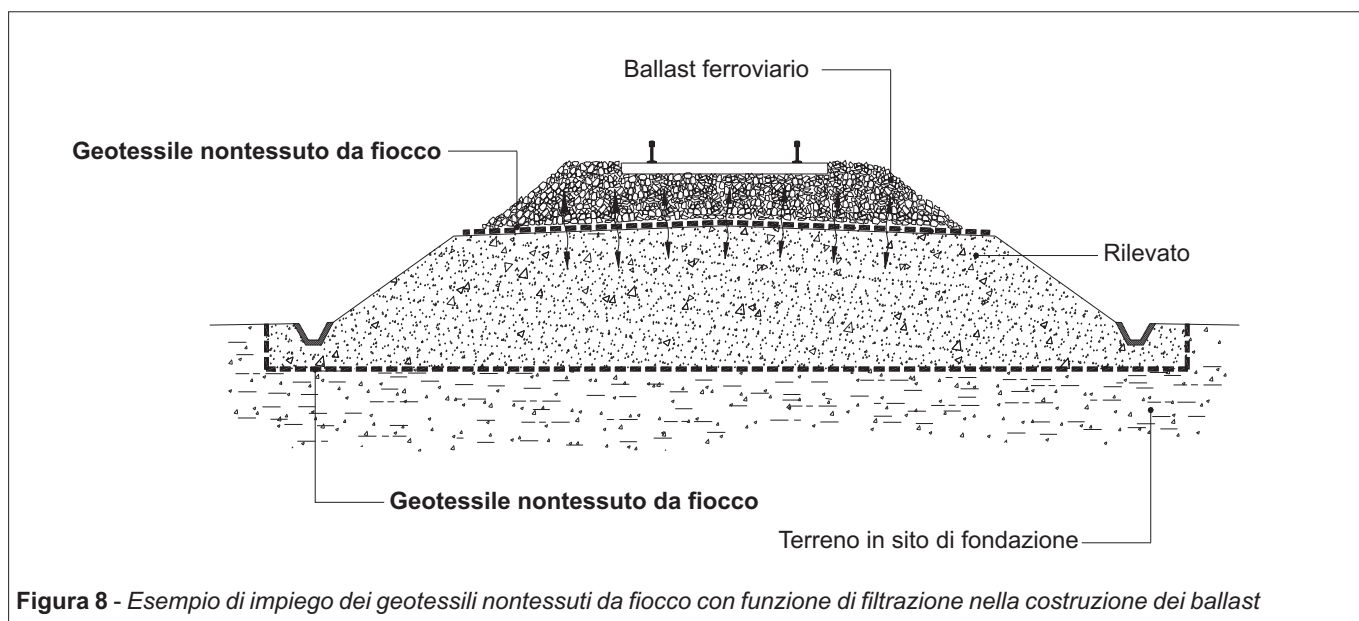
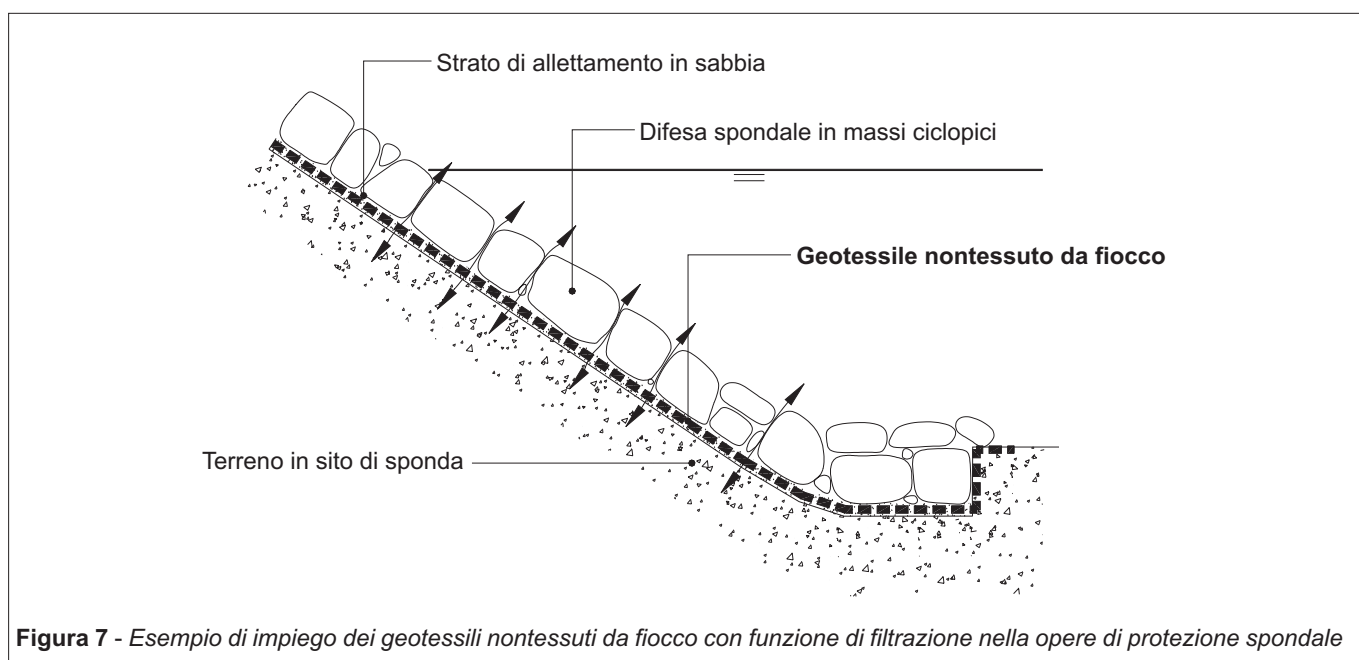
In questo campo possono ricadere anche i dreni verticali sopra descritti, ma più comunemente, alla base di rilevati stradali o ferroviari, vengono predisposti dei materassi drenanti composti da geotessili inglobanti materiale arido. In questo modo non solo viene abbattuta la sovra pressione idraulica data dal sovraccarico del rilevato stesso, ma viene eliminata anche la risalita capillare dal terreno di fondazione.

Inoltre si ha un indubbio vantaggio nel caso di precipitazioni meteoriche, poichè si inducono le linee di flusso dell'acqua infiltratasi a dirigersi verticalmente dall'alto verso il basso e non lateralmente, cosa che incrementerebbe le spinte laterali e quindi la possibilità di rottura delle scarpate del rilevato stesso (figura non disponibile nel testo).

L'IMPIEGO DEI GEOTESSILI NONTESSUTI DA FIOCCO NELLA COSTRUZIONE DEI SISTEMI DI DRENAGGIO E FILTRAZIONE

Nella costruzione dei sistemi di drenaggio e filtraggio le principali funzioni assolte dai **geotessili nontessuti da fiocco** sono quelle di DRENAGGIO e FILTRAZIONE; funzione secondaria risulta quella di separazione.

Gli schemi di impiego dei **geotessili nontessuti da fiocco** nei sistemi di filtrazione sono molteplici e legati al tipo di applicazione. Nella fattispecie lo schema più semplice è quello che prevede la posa in opera direttamente sul geotessile del materiale importato (quale p.e. blocchi in calcestruzzo, massi ciclopici, gabbionate, ecc.): tipici esempi di applicazioni che rispondono a tale schema di impiego sono costituiti dalle opere di difesa spondale, dalle opere di difesa costiera ovvero dai ballast ferroviari (**Figura 7, Figura 8**).



L'IMPIEGO DEI GEOTESSILI NONTESSUTI DA FIOCCO NELLA COSTRUZIONE DEI SISTEMI DI DRENAGGIO E FILTRAZIONE

Schemi più complessi prevedono l'impiego del **geotessile nontessuto da fiocco** in combinazione con corpi drenanti naturali e/o artificiali per dar luogo a veri e propri sistemi di drenaggio. In questi casi sul geotessile viene posto del materiale arido drenante il quale viene successivamente avvolto e confinato dal geotessile stesso. Tipici esempi sono in questo caso costituiti dalle trincee drenanti e dai drenaggi a tergo delle opere di sostegno (**Figura 9**).

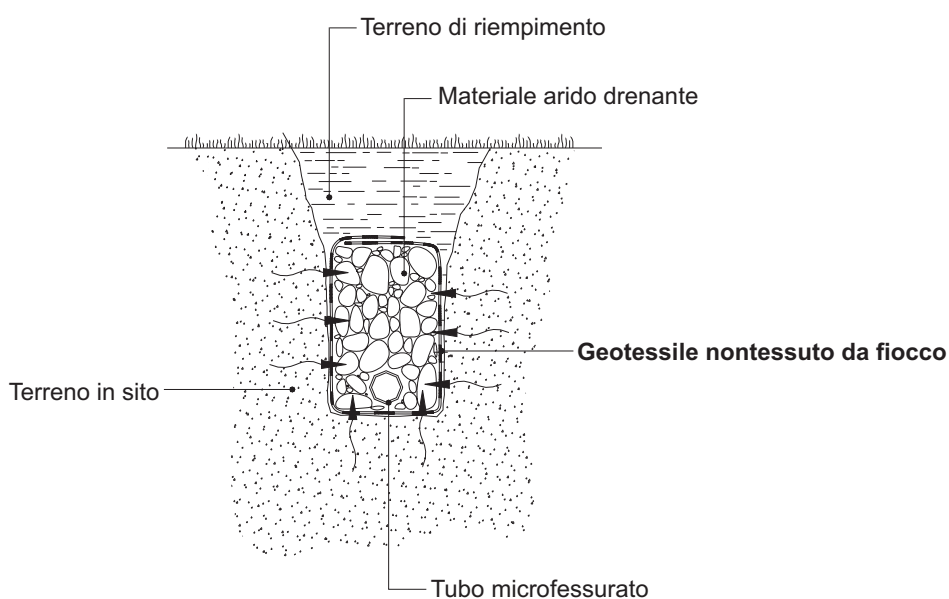


Figura 9 - Esempio di impiego dei geotessili nontessuti da fiocco con funzione di filtraggio nella realizzazione di trincee drenanti

Infine il **geotessile nontessuto da fiocco** può essere accoppiato a corpi drenanti in materiale plastico per formare veri e propri sistemi di drenaggio oppure può essere avvolto attorno a tubi microfessurati per la realizzazione di dreni sub-orizzontali.

L'IMPIEGO DEI GEOTESSILI NONTESSUTI DA FIOCCO NELLA COSTRUZIONE DEI SISTEMI DI DRENAGGIO E FILTRAZIONE

In presenza di processi di natura idraulica all'interfaccia geotessile-terreno:

- (1) qualora si conosca la curva di distribuzione granulometrica del terreno di fondazione (ovvero si conoscano alcuni diametri caratteristici dello stesso quali D_{10} , D_{40} , D_{50} e D_{60}) si suggerisce di utilizzare le relazioni nel seguito riportate:

CONDIZIONI DI FLUSSO UNIDIREZIONALE	
Caratteristiche del terreno	Criterio di ritenzione
$D_{40} < 0.06$ mm - Terreno stabile	$O_{90} > 10D_{50}$ e $O_{90} < 2D_{90}$
$D_{40} < 0.06$ mm - Terreno difficile	$O_{90} > 10D_{50}$ e $O_{90} < D_{90}$
$D_{40} > 0.06$ mm - Terreno stabile	$O_{90} > 5D_5 U^{1.2}$ e $O_{90} < 2D_{90}$
$D_{40} > 0.06$ mm - Terreno difficile	$O_{90} > 5D_5 U^{1.2}$ e $O_{90} < D_{90}$

CONDIZIONI DI FLUSSO CICLICO	
Caratteristiche del terreno	Criterio di ritenzione
$D_{40} < 0.06$ mm	$O_{90} < 10D_{90}$
$D_{40} > 0.06$ mm	$O_{90} < 1.5D_5 U^{1.2}$, $O_{90} < 2D_{50}$ e $O_{90} < 0.5$

Essendo $U = D_{60}/D_{10}$ il coefficiente di uniformità del terreno. Nella fattispecie per terreno stabile si intende un terreno dotato delle seguenti caratteristiche:

- Indice di plasticità $IP < 0.15$
 - $0.02 < D_{50} < 0.1$ mm
 - $U < 15$
- (2) qualora si conosca la permeabilità del terreno di fondazione k_s si suggerisce di utilizzare le relazioni seguenti per la determinazione della più opportuna permeabilità normale del geotessile:

CONDIZIONI DI FLUSSO UNIDIREZIONALE
$K_{GN} \geq 5k_s$

CONDIZIONI DI FLUSSO CICLICO
$K_{GN} \geq 10k_s$

essendo k_{GN} la permeabilità normale del geotessile.

TABELLA SINTETICA PER IL DIMENSIONAMENTO DEI GEOTESSILI NONTESSUTI DA FIOCCO NELLA COSTRUZIONE DEI SISTEMI DI DRENAGGIO E FILTRAZIONE

CARATTERISTICHE FONDAMENTALI	NORMA	U.M.	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3
Apertura caratteristica dei pori O_{90} (1)	UNI EN ISO 12956	[μm]	≤ 120	≤ 100	≤ 80
Permeabilità normale (2)	UNI EN ISO 11058	[m/s]	$\geq 1 \times 10^{-4}$	$\geq 1 \times 10^{-4}$	$\geq 1 \times 10^{-4}$
Resistenza al punzonamento statico (CBR)	UNI EN ISO 12236	[kN]	≥ 1.5	≥ 2.5	≥ 3.5
Resistenza a trazione (3)	UNI EN ISO 10319	[kN/m]	≥ 8	≥ 14	≥ 18
Allungamento al carico massimo (3)	UNI EN ISO 10319	[%]	≥ 50	≥ 50	≥ 50

(1), (2) Vedi pagina 18

(3) Valori minimi per entrambe le direzioni

VALORI MINIMI CONSIGLIATI DELLA MASSA AREICA	NORMA	U.M.	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3
Massa areica	UNI EN 965	[g/m ²]	≥ 150	≥ 250	≥ 350

VOCE DI CAPITOLATO TIPO

Geotessile nontessuto costituito al 100% da fibre in fiocco di prima scelta (Poliestere o Polipropilene), coesionate meccanicamente mediante agugliatura, esenti da trattamenti chimici, con funzione di DRENAGGIO e FILTRAZIONE caratterizzato dalle seguenti proprietà:

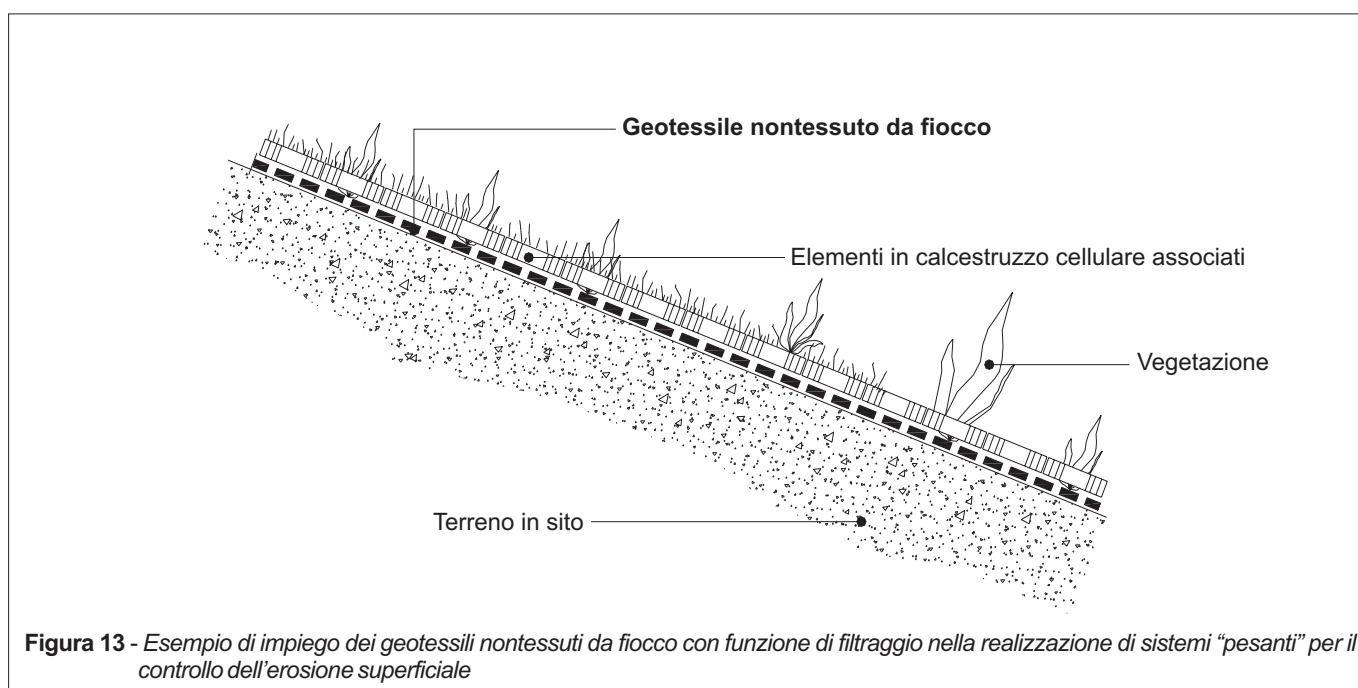
1. Massa Areica [g/m²] [secondo la norma UNI EN 965]
2. Resistenza a trazione [kN/m] [secondo la norma UNI EN ISO 10319]
3. Allungamento al carico massimo [%] [secondo la norma UNI EN ISO 10319]
4. Resistenza al punzonamento statico (CBR) [kN] [secondo la norma UNI EN ISO 12236]
5. Apertura caratteristica dei pori O₉₀ [μm] [secondo la norma UNI EN ISO 12956]
6. Permeabilità normale [m/s] [secondo la norma UNI EN ISO 11058]

Il piano di posa del geotessile dovrà essere il più possibile regolare; si curerà la giunzione dei teli mediante sovrapposizione degli stessi per almeno 50 cm nei sensi longitudinale e trasversale. I teli non dovranno essere in alcun modo esposti al passaggio di mezzi di cantiere prima della loro copertura con materiale di riporto per uno spessore adeguato.

L'IMPIEGO DEI GEOTESSILI NONTESSUTI DA FIOCCO PER IL CONTROLLO DELL'EROSIONE

Nella costruzione dei sistemi per il controllo dell'erosione superficiale le principali funzioni assolte dai **geotessili nontessuti da fiocco** sono quelle di SEPARAZIONE, FILTRAGGIO e RINFORZO.

In genere i sistemi per il controllo dell'erosione possono distinguersi in “pesanti” e “leggeri”. I sistemi “pesanti” sono costituiti da un rivestimento esterno pesante, costituito da elementi di calcestruzzo, pietrame, gabbioni, materassi, sacchi di geotessile riempiti con sabbia e ghiaia, e da un **geotessili nontessuti da fiocco**, interposto tra il rivestimento ed il terreno in sito, con funzione di filtraggio, protezione e filtraggio. In tali sistemi talvolta, al fine di mitigare l'impatto ambientale, si fa ricorso all'impiego della vegetazione anche se il controllo dell'erosione superficiale viene affidato quasi esclusivamente al rivestimento esterno (**Figura 13**).



I sistemi “leggeri” invece sono costituiti essenzialmente dalla combinazione di vari tipi di geotessili e prodotti affini, biodegradabili come le biostuoie, oppure non biodegradabili come le geostuoie tridimensionali, le geocelle ed i **geotessili nontessuti da fiocco**, con vari tipi di vegetazione. In tali sistemi in genere alla vegetazione viene affidata la funzione primaria di controllo dell'erosione superficiale.

TABELLA SINTETICA PER IL DIMENSIONAMENTO DEI GEOTESSILI NONTESSUTI DA FIOCCO PER IL CONTROLLO DELL'EROSIONE SUPERFICIALE

CARATTERISTICHE FONDAMENTALI	NORMA CEN	U.M.	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3
Resistenza al punzonamento statico (CBR)	UNI EN ISO 12236	[kN]	≥ 1.5	≥ 3.5	≥ 4.5
Spessore nominale	UNI EN 964-1	[mm]	≥ 1.5	≥ 3.0	≥ 4.0
Resistenza a trazione (1)	UNI EN ISO 10319	[kN/m]	≥ 10	≥ 18	≥ 25
Allungamento al carico massimo (1)	UNI EN ISO 10319	[%]	≥ 50	≥ 50	≥ 50

(1) Valori minimi per entrambe le direzioni

VALORI MINIMI CONSIGLIATI DELLA MASSA AREICA	NORMA CEN	U.M.	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3
Massa areica	UNI EN 965	[g/m ²]	≥ 200	≥ 400	≥ 600

VOCE DI CAPITOLATO TIPO

Geotessile nontessuto costituito al 100% da fibre in fiocco di prima scelta (Poliestere o Polipropilene), coesionate meccanicamente mediante agugliatura, esenti da trattamenti chimici, con funzione di SEPARAZIONE, FILTRAZIONE e RINFORZO caratterizzato dalle seguenti proprietà:

- Massa Areica [g/m^2] [secondo la norma UNI EN 965];
- Spessore nominale [mm] [secondo la norma UNI EN 964-1];
- Resistenza a trazione [kN/m] [secondo la norma UNI EN ISO 10319];
- Allungamento al carico massimo [%] [secondo la norma UNI EN ISO 10319];
- Resistenza al punzonamento statico (CBR) [kN] [secondo la norma UNI EN ISO 12236];

Il piano di posa del geotessile dovrà essere il più possibile regolare; si curerà la giunzione dei teli mediante sovrapposizione degli stessi per almeno 50 cm nei sensi longitudinale e trasversale. I teli non dovranno essere in alcun modo esposti al passaggio di mezzi di cantiere prima della loro copertura con materiale di riporto per uno spessore adeguato.

AssINGeo

Segreteria tecnica - Sedi operative

Dott. Geol. Enrico FARINATTI

Via Miani, 4 - 45100 ROVIGO
Tel. e Fax. 0425.25185 - E-mail: ata@libero.it

Dott. Arch. Fabio ALLEGRINI

Piazza Alessandria, 4 - 00198 ROMA
Tel. e Fax. 06.8844509 - E-mail: kmhalle@tin.it

Dott. Ing. Marco SACCHETTI

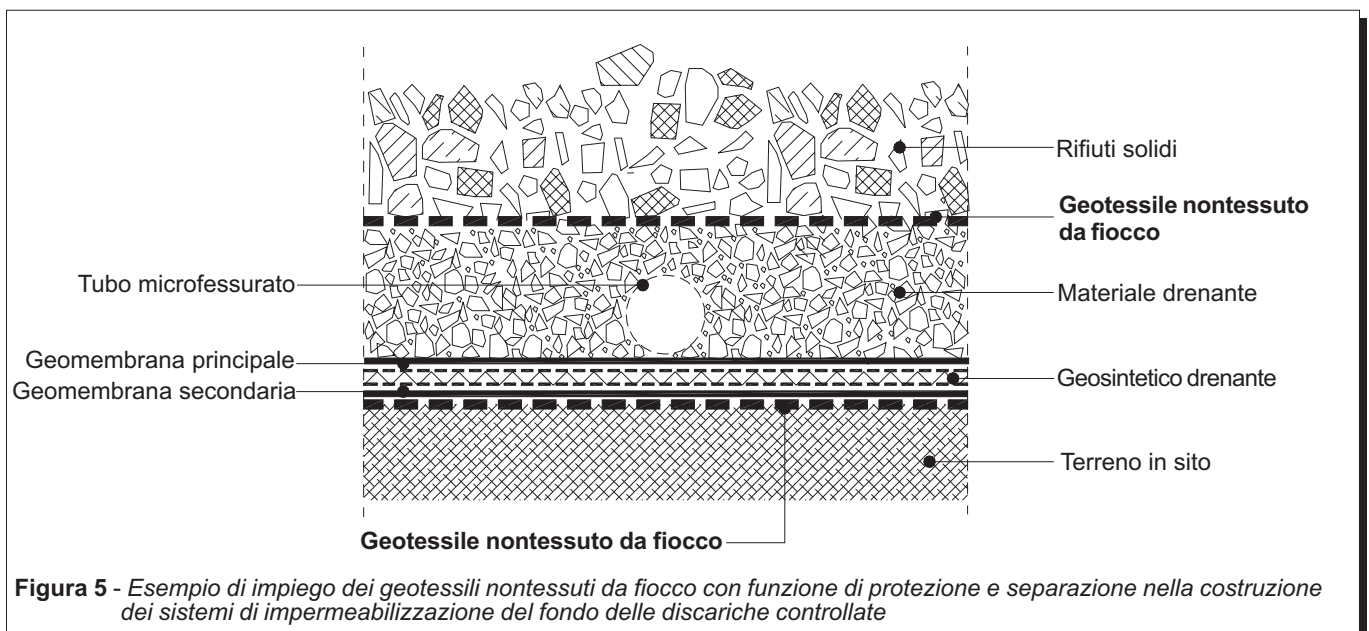
Via Dante, 43 - 52025 MONTEVARCHI (AR)
Tel. e Fax. 055.9104668 - E-mail: smarco@val.it

L'IMPIEGO DEI GEOTESSILI NONTESSUTI DA FIOCCO NELLA COSTRUZIONE DI DISCARICHE PER RIFIUTI SOLIDI E LIQUIDI

Nella costruzione di discariche per rifiuti solidi e liquidi le principali funzioni assolve dai **geotessili nontessuti da fiocco** sono quelle di SEPARAZIONE e PROTEZIONE; funzioni secondarie sono le funzioni di filtrazione, drenaggio e rinforzo.

Esistono diverse possibilità di impiego dei **geotessili nontessuti da fiocco** nella costruzione di discariche controllate. Uno schema d'impiego ricorrente è quello che prevede la posa in opera del **geotessili nontessuti da fiocco** per la protezione esterna del sistema di impermeabilizzazione secondario. Il geotessile si trova in questo caso a contatto direttamente con il terreno in sito delle scarpate e del fondo della discarica.

Il **geotessili nontessuti da fiocco** viene anche interposto all'interfaccia tra i rifiuti solidi e lo strato drenante di fondo con la duplice funzione di filtraggio e protezione interna del sistema di impermeabilizzazione primario (**Figura 5**).



L'IMPIEGO DEI GEOTESSILI NONTESSUTI DA FIOCCO NELLA COSTRUZIONE DI DISCARICHE PER RIFIUTI SOLIDI E LIQUIDI

Il **geotessile nontessuto da fiocco** viene anche frequentemente impiegato all'interno del sistema di copertura della discarica sempre a protezione del sistema di impermeabilizzazione (**Figura 6**).

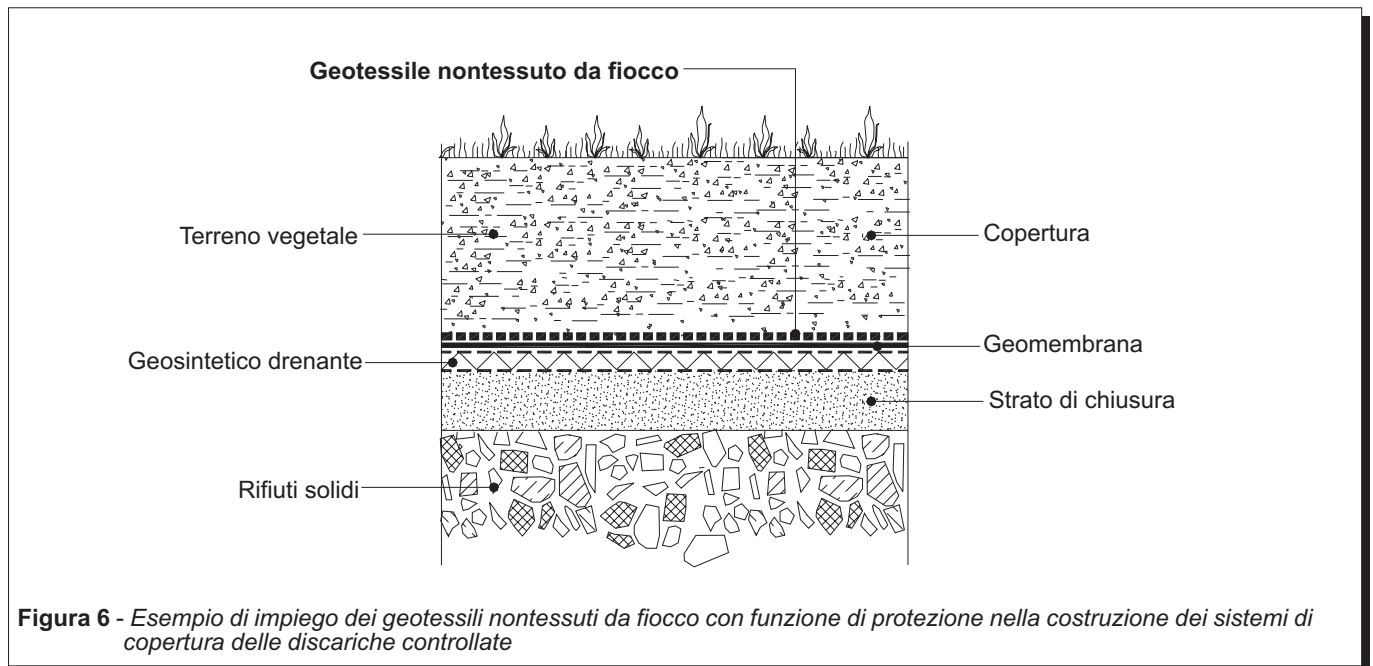


Figura 6 - Esempio di impiego dei geotessili nontessuti da fiocco con funzione di protezione nella costruzione dei sistemi di copertura delle discariche controllate

TABELLA SINTETICA PER IL DIMENSIONAMENTO DEI GEOTESSILI NONTESSUTI DA FIOCCO NELLA COSTRUZIONE DI DISCARICHE PER RIFIUTI SOLIDI E LIQUIDI

CARATTERISTICHE FONDAMENTALI	NORMA	U.M.	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3
Resistenza al punzonamento statico (CBR)	UNI EN ISO 12236	[kN]	≥ 5.0	≥ 7.0	≥ 10.0
Spessore nominale	UNI EN ISO 964-1	[kN]	≥ 4.0	≥ 6.0	≥ 7.5
Resistenza a trazione (*)	UNI EN ISO 10319	[kN/m]	≥ 20	≥ 30	≥ 40
Allungamento al carico massimo (*)	UNI EN ISO 10319	[%]	≥ 50	≥ 50	≥ 50

(*) Valori minimi per entrambe le direzioni

VALORI MINIMI CONSIGLIATI DELLA MASSA AREICA	NORMA	U.M.	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3
Massa areica	UNI EN 965	[g/m ²]	≥ 600	≥ 800	≥ 1200

VOCE DI CAPITOLATO TIPO

Geotessile nontessuto costituito al 100% da fibre in fiocco di prima scelta (Poliestere o Polipropilene), coesionate meccanicamente mediante agugliatura, esenti da trattamenti chimici, con funzione di SEPARAZIONE e PROTEZIONE caratterizzato dalle seguenti proprietà:

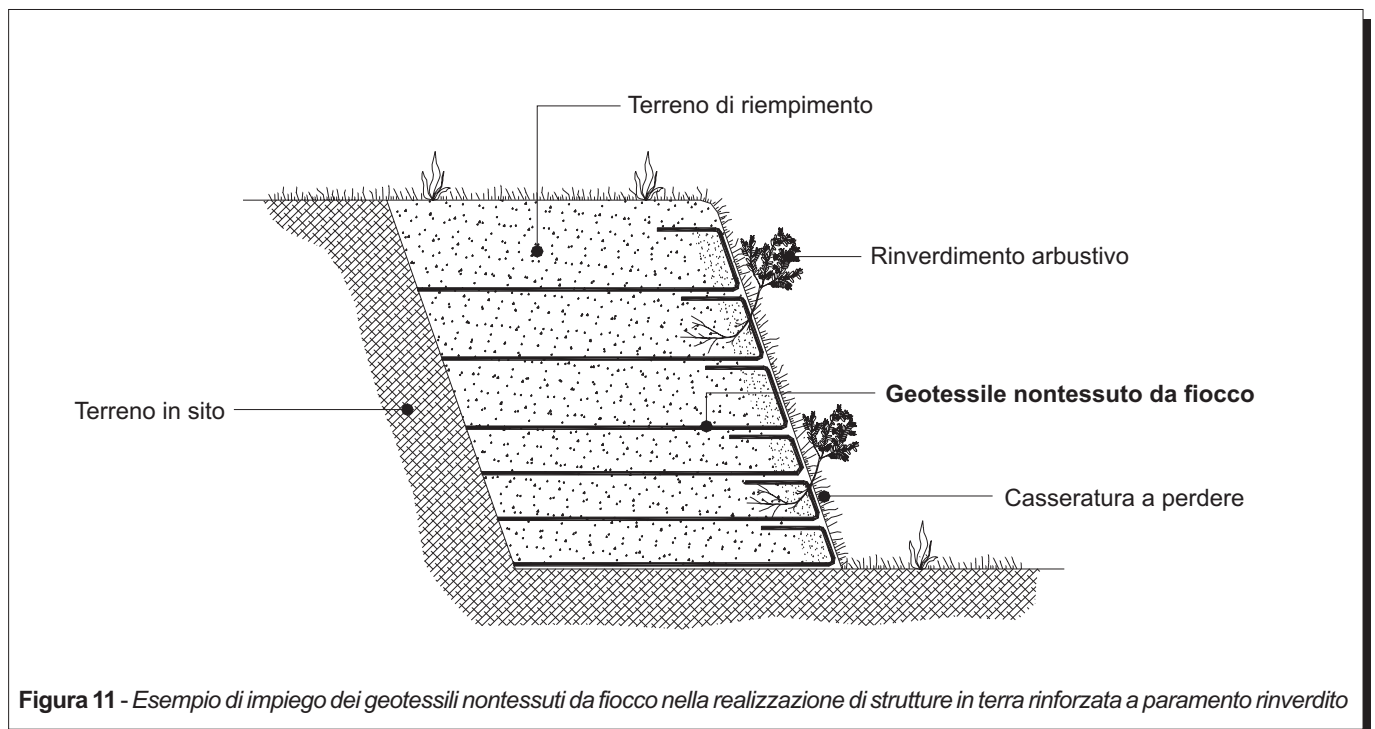
1. Massa Areica [g/m²] [secondo la norma UNI EN 965]
2. Spessore nominale [mm] [secondo la norma UNI EN 964-1]
3. Resistenza a trazione [kN/m] [secondo la norma UNI EN ISO 10319]
4. Allungamento al carico massimo [%] [secondo la norma UNI EN ISO 10319]
5. Resistenza al punzonamento statico (CBR) [kN] [secondo la norma UNI EN ISO 12236]

Il piano di posa del geotessile dovrà essere il più possibile regolare; si curerà la giunzione dei teli mediante sovrapposizione degli stessi per almeno 50 cm nei sensi longitudinale e trasversale. I teli non dovranno essere in alcun modo esposti al passaggio di mezzi di cantiere prima della loro copertura con materiale di riporto per uno spessore adeguato.

L'IMPIEGO DEI GEOTESSILI NONTESSUTI DA FIOCCO NELLA COSTRUZIONE DI OPERE DI TERRA, NELLE FONDAZIONI E NELLE OPERE DI SOSTEGNO

Nella costruzione di opere di terra, nelle fondazioni e nelle opere di sostegno le principali funzioni assolte dai **geotessili nontessuti da fiocco** sono quelle di RINFORZO e FILTRAZIONE; funzioni secondarie sono le funzioni di separazione e protezione superficiale.

Molteplici sono gli schemi di impiego dei **geotessili nontessuti da fiocco** nella costruzione di opere di terra, nelle opere di sostegno e nelle fondazioni. In particolare i **geotessili nontessuti da fiocco** possono essere utilizzati come elementi di rinforzo all'interno di strutture in terra rinforzata. Gli stessi vengono frequentemente impiegati con funzione di protezione superficiale sul paramento esterno delle strutture in terra rinforzata del tipo "wrap-around" per impedire la perdita di terreno di riempimento e proteggere lo stesso dall'azione degli agenti meteorici (**Figura 11**).



L'IMPIEGO DEI GEOTESSILI NONTESSUTI DA FIOCCO NELLA COSTRUZIONE DI OPERE DI TERRA, NELLE FONDAZIONI E NELLE OPERE DI SOSTEGNO

Per ciò che concerne più in particolare le opere di sostegno i geotessili nontessuti da fiocco vengono in genere impiegati sia con funzione di protezione dell'impermeabilizzazione del paramento interno dell'opera, che con funzione di filtraggio. Infine nelle opere di fondazione i geotessili nontessuti da fiocco trovano frequente impiego al di sotto del piano di posa della fondazione sia con funzione di separazione, filtraggio e drenaggio (**Figura 12**).

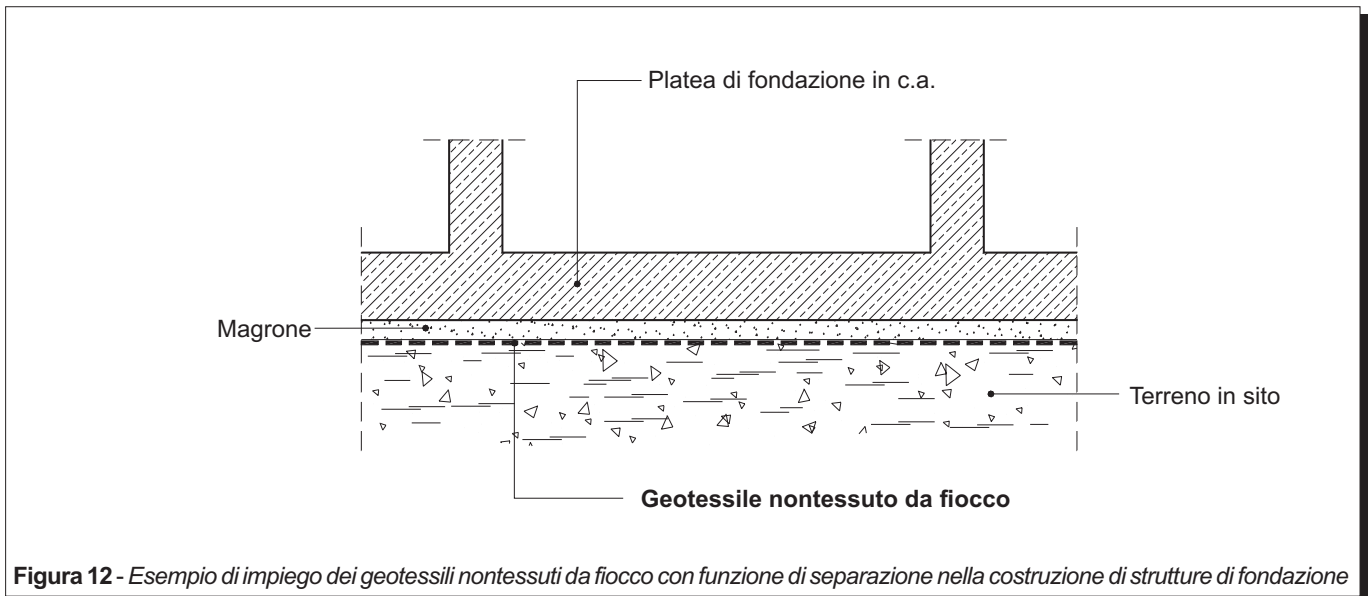


Figura 12 - Esempio di impiego dei geotessili nontessuti da fiocco con funzione di separazione nella costruzione di strutture di fondazione

TABELLA SINTETICA PER IL DIMENSIONAMENTO DEI GEOTESSILI NONTESSUTI DA FIOCCO NELLA COSTRUZIONE DI OPERE DI TERRA, NELLE FONDAZIONI E NELLE OPERE DI SOSTEGNO

CARATTERISTICHE FONDAMENTALI	NORMA CEN	U.M.	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3
Resistenza a trazione (1)	UNI EN ISO 10319	[kN/m]	≥ 12	≥ 18	≥ 24
Allungamento al carico massimo (1)	UNI EN ISO 10319	[%]	≥ 50	≥ 50	≥ 50
Resistenza al punzonamento statico (CBR)	UNI EN ISO 12236	[kN]	≥ 2.0	≥ 3.0	≥ 4.0
Apertura caratteristica dei pori	UNI EN ISO 12956	[μm]	≤ 120	≤ 100	≤ 80
Permeabilità normale	UNI EN ISO 11058	[m/s]	$\geq 1 \times 10^{-4}$	$\geq 1 \times 10^{-4}$	$\geq 1 \times 10^{-4}$

(1) Valori minimi per entrambe le direzioni

VALORI MINIMI CONSIGLIATI DELLA MASSA AREICA	NORMA CEN	U.M.	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3
Massa areica	UNI EN 965	[g/m ²]	≥ 200	≥ 300	≥ 400

VOCE DI CAPITOLATO TIPO

Geotessile nontessuto costituito al 100% da fibre in fiocco di prima scelta (Poliestere o Polipropilene), coesionate meccanicamente mediante agugliatura, esenti da trattamenti chimici, con funzione di RINFORZO e FILTRAZIONE caratterizzato dalle seguenti proprietà:

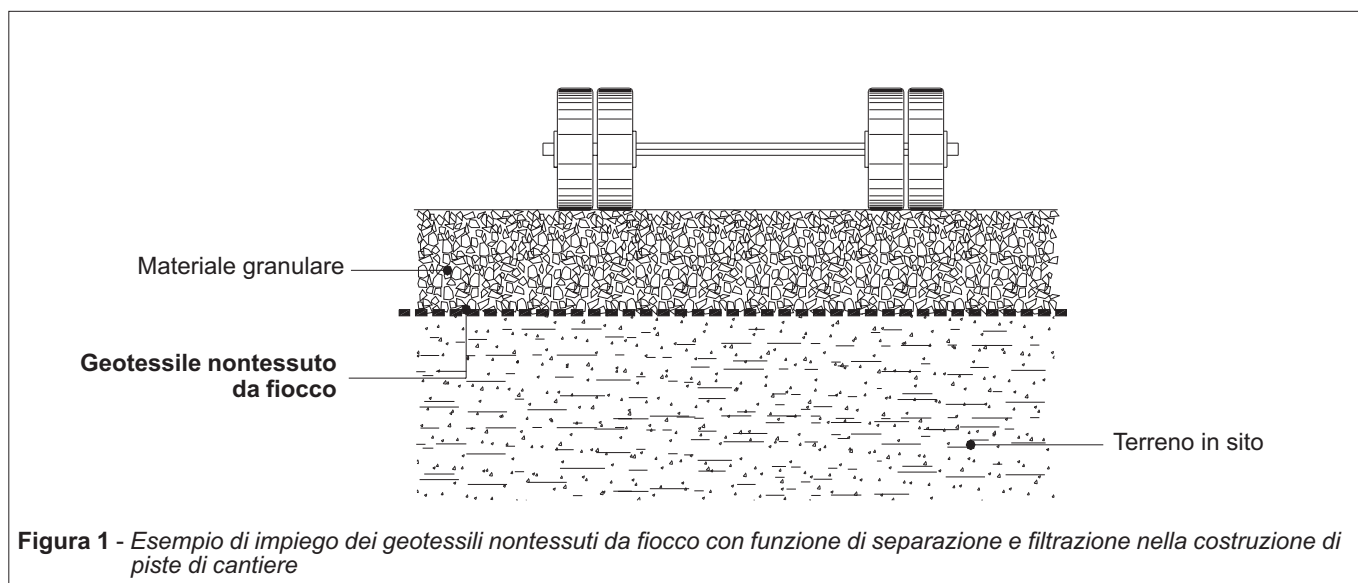
- Massa Areica [g/m^2] [secondo la norma UNI EN 965];
- Resistenza a trazione [kN/m] [secondo la norma UNI EN ISO 10319];
- Allungamento al carico massimo [%] [secondo la norma UNI EN ISO 10319];
- Resistenza al punzonamento statico (CBR) [kN] [secondo la norma UNI EN ISO 12236];
- Apertura caratteristica dei pori O_{90} [Secondo la norma UNI EN ISO 12956];
- Permeabilità normale [m/s] [Secondo la norma UNI EN ISO 11058].

Il piano di posa del geotessile dovrà essere il più possibile regolare; si curerà la giunzione dei teli mediante sovrapposizione degli stessi per almeno 50 cm nei sensi longitudinale e trasversale. I teli non dovranno essere in alcun modo esposti al passaggio di mezzi di cantiere prima della loro copertura con materiale di riporto per uno spessore adeguato.

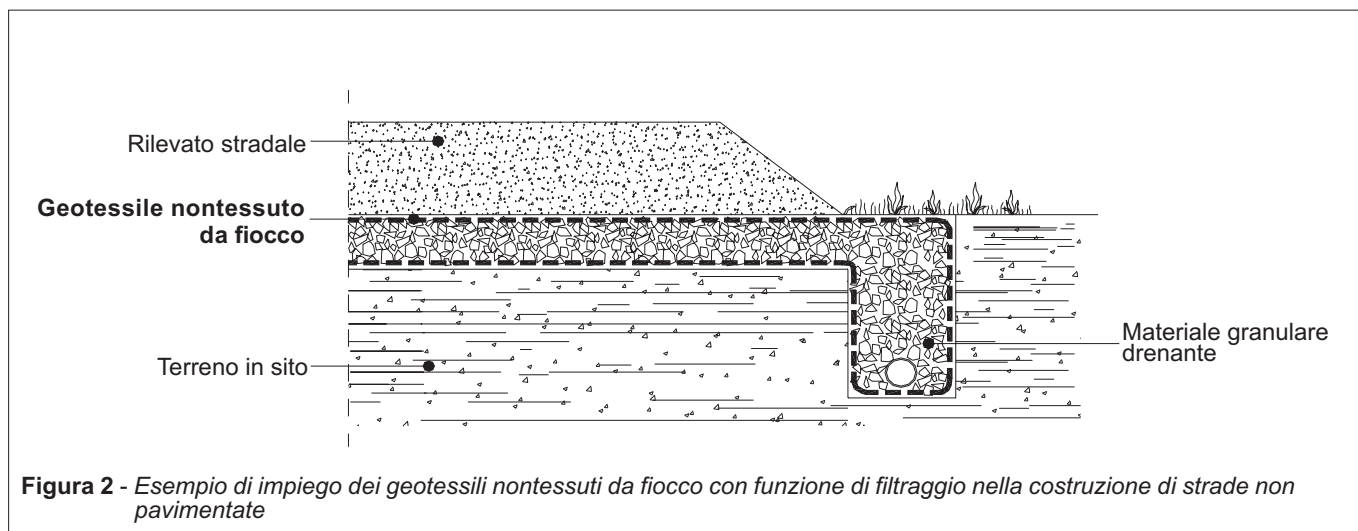
L'IMPIEGO DEI GEOTESSILI NONTESSUTI DA FIOCCO NELLA COSTRUZIONE DI STRADE ED AREE SOGGETTE AL TRAFFICO

Nella costruzione di strade ed aree soggette al traffico le principali funzioni assolte dai **geotessili nontessuti da fiocco** sono quelle di SEPARAZIONE e FILTRAZIONE; funzioni secondarie sono quelle di rinforzo, drenaggio.

Per ciò che concerne le strade non pavimentate (quali p.e. le strade bianche, le strade di cantiere ecc.) lo schema d'impiego più semplice del **geotessile nontessuto da fiocco** è quello che prevede la stesa del telo direttamente sul terreno in sito di fondazione, senza alcuna preparazione preliminare di quest'ultimo; sul telo si pone successivamente in opera il materiale granulare per la formazione della pista e lo si compatta in modo da consentire il passaggio dei mezzi di cantiere (**Figura 1**).



Esistono anche soluzioni più complesse per le strade non pavimentate, le quali possono contemplare: la preparazione di un cassonetto e di due trincee drenanti laterali; la stesa sul fondo del **geotessile nontessuto da fiocco** a contatto con il terreno in sito di fondazione; la posa in opera di un opportuno strato di materiale granulare drenante; la compattazione di quest'ultimo ed infine il risvolto del geotessile in modo tale da creare una vera e propria struttura a "sandwich" in grado di drenare le acque superficiali e di migliorare le caratteristiche di portanza del terreno in sito (**Figura 2**).



L'IMPIEGO DEI GEOTESSILI NONTESSUTI DA FIOCCO NELLA COSTRUZIONE DI STRADE ED AREE SOGGETTE AL TRAFFICO

Per ciò che concerne le strade pavimentate invece gli schemi di impiego più diffusi risultano quelli che prevedono l'interposizione del **geotessile nontessuto da fiocco** all'interfaccia tra il terreno in sito di fondazione e la base del rilevato (come per le strade non pavimentate), oppure all'interfaccia tra il rilevato e la fondazione stradale vera e propria (**Figura 3**).

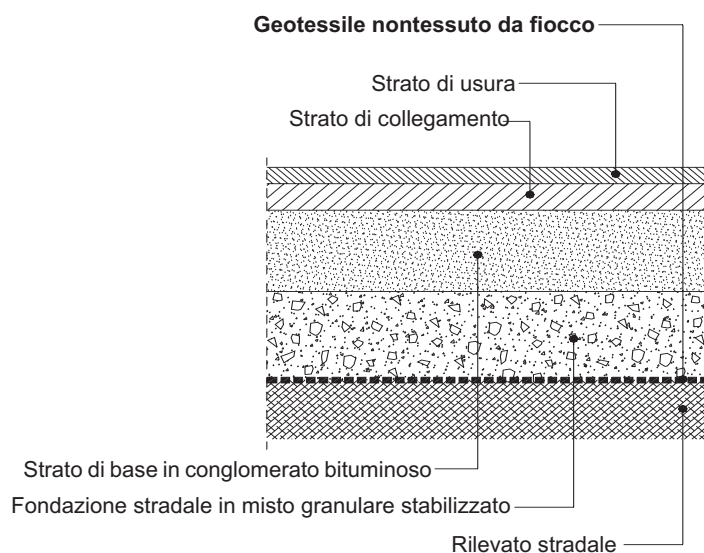


Figura 3 - Esempio di impiego dei geotessili nontessuti da fiocco con funzione di separazione nella costruzione di strade pavimentate

Tuttavia il geotessile nontessuto da fiocco può essere impiegato all'interno di nuove pavimentazioni flessibili (p.e. tra lo strato di base in conglomerato bituminoso e quello di collegamento) ma anche per il ripristino di pavimentazioni esistenti fortemente deteriorate per prevenire il fenomeno della propagazione delle fessure (reflection cracking) (**Figura 4**).

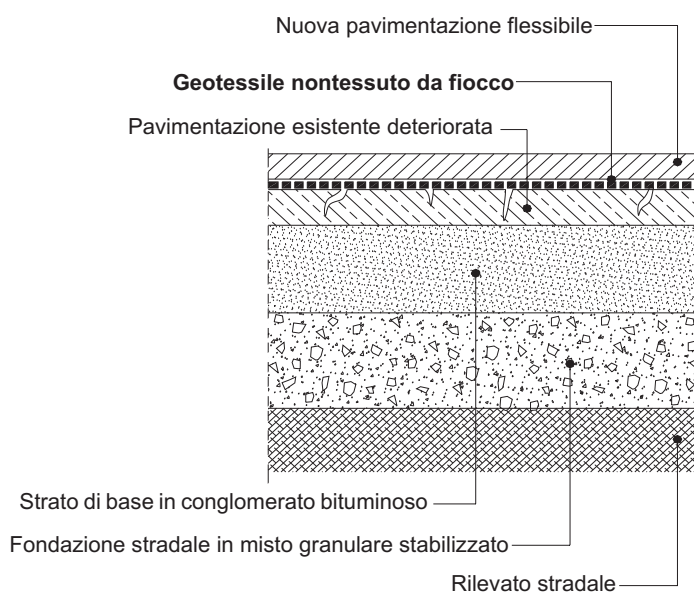


Figura 4 - Esempio di impiego dei geotessili nontessuti da fiocco con funzione di anti-protezione nella costruzione di pavimentazioni stradali flessibili

TABELLA SINTETICA PER IL DIMENSIONAMENTO DEI GEOTESSILI NONTESSUTI DA FIOCCO NELLA COSTRUZIONE DI STRADE ED AREE SOGGETTE AL TRAFFICO

CARATTERISTICHE FONDAMENTALI	NORMA	U.M.	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3
Resistenza a trazione (*)	UNI EN ISO 10319	[kN/m]	≥ 12	≥ 18	≥ 24
Allungamento al carico massimo (*)	UNI EN ISO 10319	[%]	≥ 50	≥ 50	≥ 50
Resistenza al punzonamento statico (CBR)	UNI EN ISO 12236	[kN]	≥ 2.0	≥ 3.0	≥ 4.0
Apertura caratteristica dei pori O_{90}	UNI EN ISO 12956	[μm]	≤ 120	≤ 100	≤ 80
Permeabilità all'acqua perpendicolare al piano	UNI EN ISO 11058	[m/s]	≥ 1×10^{-4}	≥ 1×10^{-4}	≥ 1×10^{-4}

(*) Valori minimi per entrambe le direzioni

VALORI MINIMI CONSIGLIATI DELLA MASSA AREICA	NORMA	U.M.	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3
Massa areica	UNI EN 965	[g/m ²]	≥ 200	≥ 300	≥ 400

VOCE DI CAPITOLATO TIPO

Geotessile nontessuto costituito al 100% da fibre in fiocco di prima scelta (Poliestere o Polipropilene), coesionate meccanicamente mediante agugliatura, esenti da trattamenti chimici, con funzione di SEPARAZIONE e FILTRAZIONE caratterizzato dalle seguenti proprietà:

- Massa Areica [g/m^2] [secondo la norma UNI EN 965];
- Resistenza a trazione [kN/m] [secondo la norma UNI EN ISO 10319];
- Allungamento al carico massimo [%] [secondo la norma UNI EN ISO 10319];
- Resistenza al punzonamento statico (CBR) [kN] [secondo la norma UNI EN ISO 12236];
- Apertura caratteristica dei pori O_{90} [μm] [secondo la norma UNI EN ISO 12956].
- Permeabilità all'acqua perpendicolare al piano [m/s]..... [secondo la norma UNI EN ISO 11058]

Il piano di posa del geotessile dovrà essere il più possibile regolare; si curerà la giunzione dei teli mediante sovrapposizione degli stessi per almeno 50 cm nei sensi longitudinale e trasversale. I teli non dovranno essere in alcun modo esposti al passaggio di mezzi di cantiere prima della loro copertura con materiale di riporto per uno spessore adeguato.

L'IMPIEGO DEI GEOTESSILI NONTESSUTI DA FIOCCO NELLA COSTRUZIONE DI GALLERIE ED OPERE IN SOTTERRANEO

Nella costruzione dei sistemi di gallerie ed opere in sotterraneo le principali funzioni assolte dai **geotessili nontessuti da fiocco** sono quelle di PROTEZIONE del sistema di impermeabilizzazione, DRENAGGIO e FILTRAZIONE delle acque di infiltrazione.

Lo schema standard di impermeabilizzazione e rivestimento delle gallerie prevede, una volta effettuato il foro, la spruzzatura di calcestruzzo o di gunite sulla superficie di roccia o di terreno per la regolarizzazione della stessa. Successivamente viene posato il **geotessile nontessuto da fiocco**, di grosso spessore e di idonee caratteristiche meccaniche, con funzioni di antipunzonamento della guaina e di drenaggio delle acque di infiltrazione. Infine viene stesa la geomembrana di impermeabilizzazione e viene posto in opera un altro strato di **geotessile nontessuto da fiocco** come strato di separazione e scorrimento, per evitare che la geomembrana possa essere bloccata nei suoi movimenti o danneggiata dal getto di cemento finale di rivestimento (**Figura 10**).

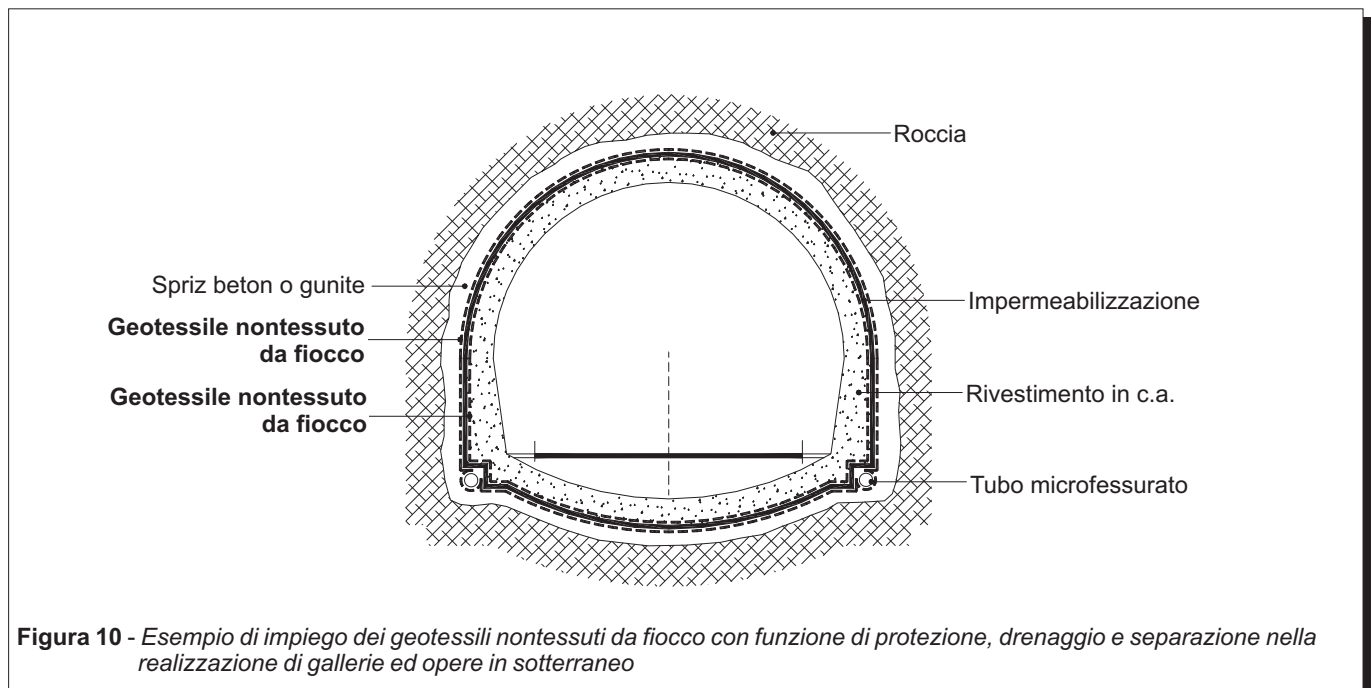


Figura 10 - Esempio di impiego dei geotessili nontessuti da fiocco con funzione di protezione, drenaggio e separazione nella realizzazione di gallerie ed opere in sotterraneo

TABELLA SINTETICA PER IL DIMENSIONAMENTO DEI GEOTESSILI NONTESSUTI DA FIOCCO NELLA COSTRUZIONE DI GALLERIE ED OPERE IN SOTTERRANEO

CARATTERISTICHE FONDAMENTALI	NORMA CEN	U.M.	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3
Resistenza al punzonamento statico (CBR)	UNI EN ISO 12236	[kN]	≥ 4.0	≥ 5.0	≥ 7.0
Spessore nominale	UNI EN 964-1	[mm]	≥ 3.0	≥ 4.0	≥ 5.0
Resistenza a trazione (*)	UNI EN ISO 10319	[kN/m]	≥ 20	≥ 25	≥ 35
Allungamento al carico massimo (*)	UNI EN ISO 10319	[%]	≥ 50	≥ 50	≥ 50
Permeabilità radiale	UNI EN ISO 12958	[m/s]	≥ 3x10 ⁻³	≥ 3x10 ⁻³	≥ 3x10 ⁻³

(*) Valori minimi per entrambe le direzioni

VALORI MINIMI CONSIGLIATI DELLA MASSA AREICA	NORMA CEN	U.M.	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3
Massa areica	UNI EN 965	[g/m ²]	≥ 400	≥ 600	≥ 800

VOCE DI CAPITOLATO TIPO

Geotessile nontessuto costituito al 100% da fibre in fiocco di prima scelta (Poliestere o Polipropilene), coesionate meccanicamente mediante agugliatura, esenti da trattamenti chimici, con funzione di PROTEZIONE, DRENAGGIO e FILTRAZIONE caratterizzato dalle seguenti proprietà:

- Massa Areica [g/m^2] [secondo la norma UNI EN 965];
- Spessore nominale [mm] [secondo la norma UNI EN 964-1].
- Resistenza a trazione [kN/m] [secondo la norma UNI EN ISO 10319];
- Allungamento al carico massimo [%] [secondo la norma UNI EN ISO 10319];
- Resistenza al punzonamento statico (CBR) [kN] [secondo la norma UNI EN ISO 12236];
- Permeabilità radiale [m/s] [Secondo la norma UNI EN ISO 12958].

Il piano di posa del geotessile dovrà essere il più possibile regolare; si curerà la giunzione dei teli mediante sovrapposizione degli stessi per almeno 50 cm nei sensi longitudinale e trasversale. I teli non dovranno essere in alcun modo esposti al passaggio di mezzi di cantiere prima della loro copertura con materiale di riporto per uno spessore adeguato.

LINEE GUIDA PER IL DIMENSIONAMENTO DEI GEOTESSILI NONTESSUTI IMPIEGATI NELLA COSTRUZIONE DI STRADE ED AREE SOGGETTE A TRAFFICO CON FUNZIONE DI SEPARAZIONE E FILTRAZIONE

I geotessili nontessuti impiegati nella costruzione di strade hanno il compito di mantenere separati i materiali di riporto utilizzati per gli strati di fondazione dai terreni in sito fini e di scarsa consistenza meccanica, trattenendone le particelle senza impedire il transito dell'acqua. Affinché un geotessile nontessuto possa assolvere pienamente a queste funzioni, esso deve rispondere ai seguenti requisiti:

- resistenza agli stress meccanici
- capacità di ritenzione delle particelle del terreno in sito
- permeabilità attraverso il piano sufficiente ad evitare l'insorgere di sovrappressioni interstiziali al contatto tra terreno in sito e materiale di riporto
- durabilità, intesa come capacità di mantenere nel tempo le proprietà originarie

Un aspetto molto importante legato alla funzione di separazione che svolgono i geotessili nontessuti, è quella di rinforzo del terreno di fondazione (sottofondo stradale). E' infatti noto che il miglioramento della capacità portante del terreno dipende solo in parte dalla resistenza meccanica del geotessile: il ruolo principale è infatti svolto proprio dall'effetto di separazione e risultano abbastanza trascurabili le caratteristiche di rigidità del geosintetico. Infatti, qualunque sia la resistenza offerta dal geotessile, si otterrà un miglioramento delle condizioni di portanza pari a circa il 60%:

SENZA GEOTESSILE

$$P_c = p \cdot c_u$$

Dove:

P_c = pressione limite sul sottofondo

C_u = Coesione non drenata del terreno

Quella riportata non è altro che la nota formula di Frohlich per terreni coesivi. Secondo la formulazione di Giroud e Noiray nel primo termine (P_c) entrano diversi parametri che non è il caso di approfondire in questa sede

CON GEOTESSILE

$$P_c = p \cdot c_u + 2c_u + p_g$$

Dove:

p_g = termine legato alla resistenza del geotessile

Come si può notare, indipendentemente dalla resistenza del geotessile si ottiene un incremento di portanza pari a $2C_u$. Questo fatto è dovuto al benefico effetto che svolgono i geotessili, poichè evitano l'insorgere di fenomeni di plasticizzazione locale dei terreni.

Le proprietà meccaniche, idrauliche e di durabilità del geotessile nontessuto devono essere valutate in relazione alle specifiche condizioni di utilizzo, considerando il rischio che le funzioni di separazione e filtrazione possano essere compromesse da una eccessiva severità d'impiego sia nella fase iniziale di installazione che nella vita di servizio del materiale. I parametri generalmente adottati per la valutazione della gravosità delle condizioni di utilizzo sono:



- tipologia del materiale di riporto (il materiale di fondazione steso e compattato sopra il geotessile tende a danneggiarlo in misura proporzionale al diametro degli inerti e al loro grado di arrotondamento)
- spessore degli strati di fondazione stesi e compattati (minore è lo spessore dello strato e maggiore è lo stress meccanico indotto nel geotessile dal passaggio del mezzo utilizzato per la compattazione)
- equipaggiamento utilizzato per la cilindratura degli strati di fondazione (le sollecitazioni indotte nel geotessile sono proporzionali all'energia di compattazione ed alla pressione esercitata sul terreno)
- volume di traffico (una maggiore frequenza di passaggi di veicoli implica un grado di sollecitazione più elevato di tutto il corpo stradale e una conseguente maggiore gravosità di lavoro per il geotessile)

A titolo orientativo si possono considerare tre differenti livelli di criticità di esercizio: Classe 1, basso, Classe 2, medio e Classe 3, elevato. Nelle tabelle 1, 2 e 3 sono riportati alcuni valori limite che sintetizzano le differenti condizioni di lavoro generalmente incontrate. Per ogni variabile il valore limite è associato alla categoria di severità 1, 2 o 3. Dall'analisi complessiva di tutte le variabili è quindi possibile scegliere il livello di gravosità più rispondente alla situazione reale.

Nella tabella relativa al dimensionamento dei geotessili nontessuti impiegati nella costruzione di strade sono indicati, per ciascuna classe 1, 2 e 3, i valori limite consigliati per ognuna delle caratteristiche tecniche fondamentali previste dalla norma UNI EN 13249 (Geotessili e prodotti affini – Caratteristiche richieste per l'impiego nella costruzione di strade e di altre aree soggette a traffico). Nella scelta dei valori limite si è fatto riferimento alle linee guida proposte ed applicate da anni in vari Paesi, riportate in bibliografia.

GUIDA ALL'UTILIZZO DEI GEOTESSILI NONTESSUTI

Si tratta di esplicitare le classi di severità (1, 2 e 3) riportate sulle "Tabelle Sintetiche per il dimensionamento dei geosintetici" e di renderle in maniera oggettiva legandole alle severità di lavoro e di posa in opera.

E' quindi necessario definire il terreno di sottofondo e dividerlo in categorie a seconda della sua consistenza. Il parametro di riferimento è l'indice CBR*, ricordando che $1 \text{ CBR} (\%) = 30 \text{ kPa} (\text{Cu})$.

Consistenza	Litologia	CBR* (%) – Cu (kPa)
Soffice	Argilla molle	< 1 – 30
Media	Arg. Mediam. Compatta – Sabbia sciolta	1 - 30 < CBR* – Cu < 2 – 60
Compatta	Arg. Compatta – sabbia med. Addensata	> 3 - 90

Tab. 1 – tipologia del sottofondo e consistenza

Da tenere presente che alcune norme tecniche italiane prendono in considerazione il modulo resiliente (M_r) del sottofondo come parametro di riferimento (CNR). Tale grandezza è determinata in cella triassiale in modo dinamico (200 ripetizioni in meno di 10 minuti). Si tratta però di un parametro poco utilizzato nella pratica professionale, per cui si è preferito prendere a riferimento l'indice CBR* e/o la coesione non drenata. Si tenga comunque presente che approssimativamente vale $10 \text{ CBR} (\%) = M_r (\text{MPa})$.

*

* L'indice CBR contrassegnato dall'asterisco non è il CBR relativo alla prova di punzonamento dei geotessili.

La valutazione delle condizioni di lavoro può essere fatta in base al livello di traffico commerciale previsto sulla corsia di maggior passaggio, tenendo sempre presenti le variabili che concorrono alla costituzione di condizioni di severità basse, medie ed elevate. Per esplicitare in maniera più semplice questi concetti si propongono le seguenti due tabelle che sono da intendersi complementari.

Condizioni di lavoro	N° passaggi < 4.000.000*	N° passaggi > 4.000.000*
Medie – Severe	CLASSE 2	CLASSE 3
Basse	CLASSE 1	CLASSE 2

Tab. 2: condizioni di lavoro in funzione del livello di traffico

* N° passaggi veicoli commerciali

Variabile	Cat. di severità		
	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3
Equipaggiamento	Leggero (55 kPa)	Medio (55 – 280)	Pesante (> 280 kPa)
Resist. Del sottofondo	3	1 - 2	1
Materiale di riporto	Arrotondato	Spigoli vivi	Grossolano (> 500 mm) a spigoli vivi
Spessore strati (per passata)	60 cm	40 cm	20 cm

Tab. 3: condizioni di lavoro del geotessile in funzione di diversi parametri

E' sottinteso che le modalità di posa, in particolare del materiale di riporto sopra al geotessile, sono da considerare in condizioni normali e cioè con scarico del materiale a circa 1.5 m dal piano di posa stesso. E' altrettanto chiaro che se lo scarico avvenisse da altezze più elevate (ad esempio dalla sommità di una scarpata), la severità delle condizioni di posa aumenta.

Di seguito si propone la tabella relativa ai geotessili da utilizzare per le diverse categorie e le loro caratteristiche meccaniche e idrauliche minime:

Caratteristiche	Norma	U.M.	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3
Punzonamento statico (CBR)	UNI EN ISO 12236	kN	≥ 2	≥ 3	≥ 4
Punzonamento dinamico	UNI EN 918	mm	≤ 20	≤ 15	≤ 10
Resistenza a trazione (logitudinale e trasversale)	UNI EN ISO 10319	kN/m	≥ 13	≥ 20	≥ 25
Allungamento al carico max	UNI EN ISO 10319	%	≥ 50	≥ 50	≥ 50
Apertura caratteristica dei pori O ₉₀	UNI EN ISO 12956	μm	≤ 120	≤ 100	≤ 80
Coeff. di permeabilità all'acqua perpendicolare al piano (Kn)	UNI EN ISO 11058	m/s x 10 ⁻³	1	1	1

Tab. 4: caratteristiche dei geotessili in funzione delle classi di applicazione



RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI:

- Norgeospec
- CNR
- FHWA
- US Forest Service
- EN 13249



Sede Legale: P.zza Matteotti, 5 - 36066 Sandrigo (VI)
Sede operativa nord Italia: via Miani, 4 - 45100 Rovigo
Tel/fax:042525185 - E-mail: enrico.farinatti@tiscali.it

AssINGeo
Associazione Industrie Italiane Nontessuti Geotessili

LINEE GUIDA PER IL DIMENSIONAMENTO DEI GEOTESSILI NONTESSUTI IMPIEGATI NELLA COSTRUZIONE DI FERROVIE

I geotessili nontessuti impiegati nella costruzione di ferrovie hanno il compito principale di mantenere separati i materiali di riporto utilizzati per la costruzione dei rilevati ferroviari dai terreni in sito spesso fini e di scarsa consistenza meccanica, trattenendone le particelle senza impedire il transito dell'acqua. Il geotessile nontessuto viene altresì utilizzato per separare il corpo del rilevato dal ballast ferroviario. In questo caso una caratteristica senza dubbio primaria è la resistenza al punzonamento sia statico (UNI EN ISO 12236) che dinamico (UNI EN 918). Affinché un geotessile nontessuto possa assolvere pienamente a queste funzioni, esso deve rispondere ai seguenti requisiti:

- resistenza agli stress meccanici
- capacità di ritenzione delle particelle del terreno in sito
- permeabilità attraverso il piano sufficiente ad evitare l'insorgere di sovrappressioni interstiziali al contatto tra terreno in sito e materiale di riporto
- durabilità, intesa come capacità di mantenere nel tempo le proprietà originarie

Un aspetto molto importante legato alla funzione di separazione che svolgono i geotessili nontessuti, è quella di rinforzo del terreno di fondazione (sottofondo stradale). E' infatti noto che il miglioramento della capacità portante del terreno dipende solo in parte dalla resistenza meccanica del geotessile: il ruolo principale è infatti svolto proprio dall'effetto di separazione e risultano abbastanza trascurabili le caratteristiche di rigidità del geosintetico. Infatti, qualunque sia la resistenza offerta dal geotessile, si otterrà un miglioramento delle condizioni di portanza pari a circa il 60% (si vedano le linee guida relative all'uso dei geotessili nella costruzione di strade e aree soggette al traffico).

In linea generale le considerazioni tecniche fatte per le strade possono essere applicate anche nel campo ferroviario. Vi è infatti da notare che le norme armonizzate europee di riferimento sono tutto sommato simili. In particolare la norma UNI EN 13250 relativa all'impiego dei geotessili in campo ferroviario, richiede le stesse "prove iniziali di tipo" che vengono richieste nella norma UNI EN 13249 relativa all'impiego dei geotessili nelle strade e aree soggette a traffico.

Nelle presenti linee guida ci si limita quindi a riproporre la tabella relativa all'utilizzo dei geotessili nontessuti redatta per le strade con una modifica di seguito sottolineata:

- riduzione delle "classi di severità" da 3 a 2 grazie all'eliminazione della prima classe, supponendo dunque per le applicazioni ferroviarie un livello medio di sollecitazioni più elevato.



Caratteristiche	Norma	U.M.	CLASSE 1	CLASSE 2
Punzonamento statico (CBR)	UNI EN ISO 12236	kN	≥ 3	≥ 4
Punzonamento dinamico	UNI EN 918	mm	≤ 15	≤ 10
Resistenza a trazione (logitudinale e trasversale)	UNI EN ISO 10319	kN/m	≥ 20	≥ 25
Allungamento al carico max	UNI EN ISO 10319	%	≥ 50	≥ 50
Apertura caratteristica dei pori O_{90}	UNI EN ISO 12956	μm	≤ 100	≤ 80
Coeff. di permeabilità all'acqua perpendicolare al piano (K_n)	UNI EN ISO 11058	$\text{m/s} \times 10^{-3}$	1	1

Tab. 4: caratteristiche dei geotessili in funzione delle classi di applicazione

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI:

- EN 132250



Sede Legale: P.zza Matteotti, 5 - 36066 Sandrigo (VI)
 Sede operativa nord Italia: via Miani, 4 - 45100 Rovigo
 Tel/fax:042525185 - E-mail: enrico.farinatti@tiscali.it

AssINGeo
 Associazione Industrie Italiane Nontessuti Geotessili