TeMa
Technologies
and Materials

Sistemi di rinforzo asfalto, drenaggio, stabilizzazione, controllo dell'erosione ed impermeabilizzazione

INTRODUZIONE

Gli impieghi in campo stradale dei sistemi geosintetici, nella loro accezione più ampia del termine, sono ad oggi molteplici e di comprovata utilità.
A seconda del tipo di sovrastruttura stradale (flessibile, semi-rigida, rigida), esistono differenti materiali in grado di contribuire al miglioramento delle prestazioni dell'opera. Partendo dall'analisi del sottofondo stradale, si potrà prevedere l'impiego materiali dalla funzione anticontaminante a quella anticapillare, piuttosto che di rinforzo e separazione.
In questo ambito TeMa ha sviluppato una vasta gamma di prodotti capaci di soddisfare le esigenze degli operatori del settore.
TeMa produce presso i suoi stabilimenti in **Italia** e all'**Estero** (Turchia, Spagna e Russia) prodotti geosintetici per il drenaggio ed il rinforzo dei terreni, avvalendosi di partner scientifici (laboratori di ricerca, Università) tra i più accreditati in ambito europeo.
Con questo manuale TeMa intende offrire ai propri clienti un utile supporto tecnico decisionale, capace di agevolare l'individuazione della soluzione ottimale rispetto alle problematiche evidenziate.

RIFERIMENTI NORMATIVI

Per applicare correttamente i materiali geosintetici in ambito stradale, particolare attenzione va data alla verifica della compatibilità dei materiali scelti con la specifica normativa di riferimento.
Di seguito viene riportato il quadro normativo che regolamenta l'utilizzo di alcuni materiali con una specifica funzione nell'applicazione stradale.

ELEMENTO	FUNZIONE	APPLICAZIONE	NORMA DI RIFERIMENTO
Geocompositi drenanti	Drenaggio	Strade	UNI EN ISO 13252
Geogriglie in PET e PVA	Rinforzo	Strade	UNI EN ISO 13249
Geogriglie in FG	Rinforzo	Strade	EN 15381

European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation
Europäisches Komitee für Normung

International Organization for Standardization

GAMMA PRODOTTI

XGRID FG-BIT-0

FUNZIONE: RINFORZO

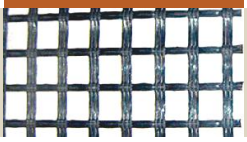
Geogriglia di rinforzo ottenuta da tessitura di filamenti di fibra di vetro rivestiti da bitume polimerico modificato.

XGRID FG-BIT-0 SA

FUNZIONE: RINFORZO

Geogriglia di rinforzo ottenuta da tessitura di filamenti di fibra di vetro rivestiti da bitume polimerico modificato e adesivizzato sul lato inferiore.

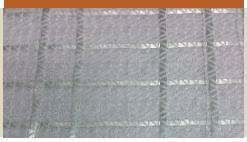
XGRID FG-BIT-PP



FUNZIONE: RINFORZO

Geogriglia di rinforzo ottenuta da tessitura di filamenti di fibra di vetro rivestiti da bitume polimerico modificato. Il prodotto è accoppiato ad un tessuto non tessuto, per migliorare la sua adesione al sottofondo.

XGRID FG-0-PP



FUNZIONE: RINFORZO

Geogriglia di rinforzo ottenuta da tessitura di filamenti di fibra di vetro. Il prodotto è accoppiato ad un tessuto non tessuto.

XGRID PET-PVC-0

FUNZIONE: RINFORZO

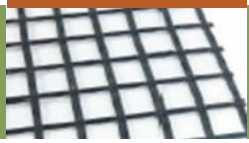
Geogriglia di rinforzo ottenuta da tessitura di filamenti sintetici di PET (poliestere), rivestiti da strato protettivo di PVC.

XGRID PVA-PVC-0

FUNZIONE: RINFORZO

Geogriglia di rinforzo ottenuta da tessitura di filamenti sintetici di PVA, rivestiti da strato protettivo di PVC.

XGRID PET-PVC-PP



FUNZIONE: STABILIZZAZIONE + SEPARAZIONE

Geogriglia di rinforzo ottenuta da tessitura di filamenti sintetici di PET (poliestere), rivestiti da strato protettivo di PVC. Il prodotto è accoppiato ad un tessuto non tessuto di separazione.

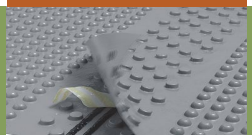
GAMMA PRODOTTI

XGRID PP-0

FUNZIONE: STABILIZZAZIONE

Geogriglia di rinforzo estrusa in polietilene.

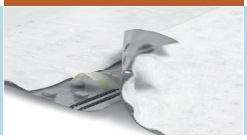
TEFOND HP



FUNZIONE: STABILIZZAZIONE + IMPERMEABILIZZAZIONE

Membrana bugnata in HDPE ad elevata resistenza meccanica con sigillante incorporato. Nella zona centrale il prodotto presenta delle bugne semisferiche, mentre nella zona di sovrapposizione, sono state ricavate delle bugne che consentono il fissaggio meccanico di rotoli adiacenti.

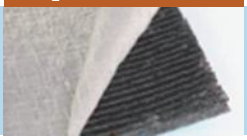
TEFOND HP DRAIN



FUNZIONE: DRENAGGIO ANTICAPILLARE + IMPERMEABILIZZAZIONE

Membrana bugnata in HDPE ad elevata resistenza meccanica con sigillante incorporato. Nelle fasce laterali sono presenti delle bugne troncocilindriche che consentono il fissaggio meccanico di rotoli adiacenti. Un tessuto non tessuto consente al prodotto di garantire la funzione drenante.

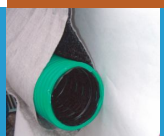
QDRAIN ZM8



FUNZIONE: DRENAGGIO ANTICAPILLARE

Geocomposito drenante costituito da un'anima interna ottenuta per estrusione di monofilamenti sintetici aggrovigliati in PP, alla quale vengono termoaccoppiati due geotessili filtranti tessuti non tessuti anch'essi in PP. La struttura interna è a canali paralleli ed ortogonali rispetto al senso di marcia.

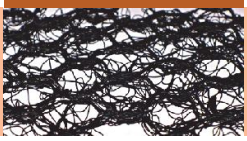
SPEEDRAIN



FUNZIONE: DRENAGGIO

Geocomposito drenante ottenuto inserendo una tubazione fessurata flessibile all'interno di una tasca in geotessile, ricavata nella parte inferiore di un geodreno. Il goedreno è costituito da un'anima drenante in monofili di PP accoppiati ad un doppio strato filtrante in geotessile non tessuto.

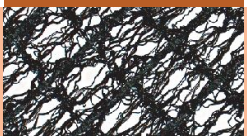
KMAT



FUNZIONE: CONTROLLO EROSIONE

Geostuoia antierosiva in Polipropilene.

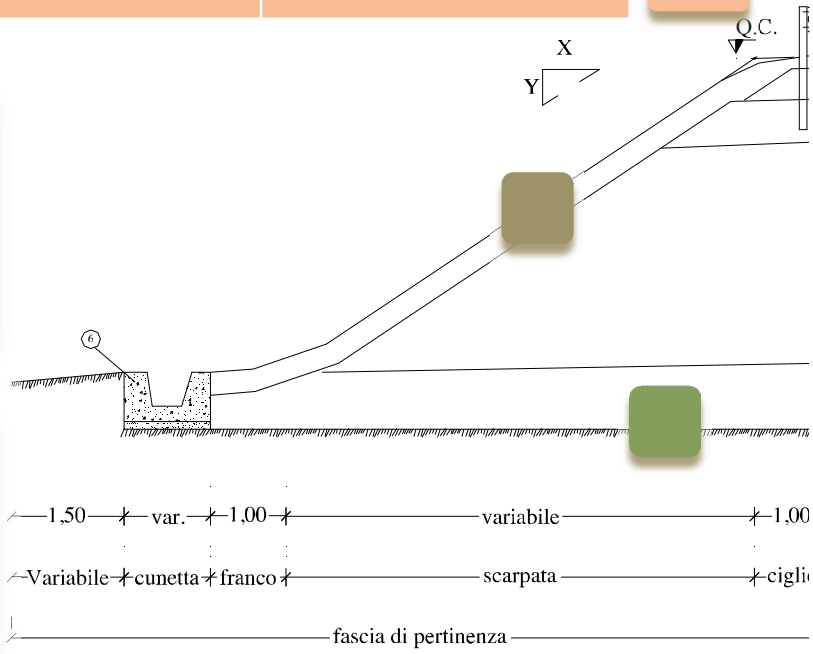
XGRID PET-PVC-0 AM

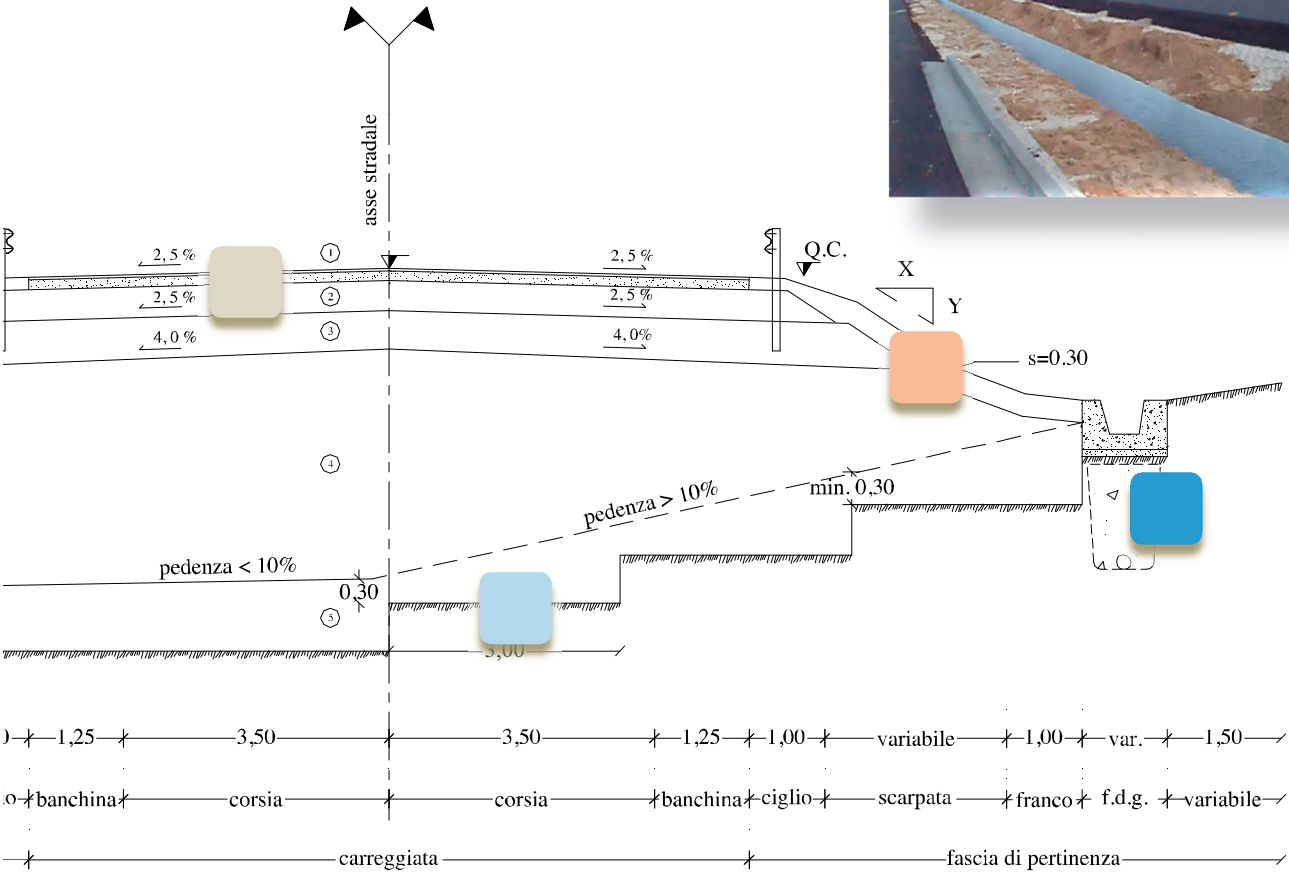


FUNZIONE: CONTROLLO EROSIONE + RINFORZO

Geostuoia antierosiva in Polipropilene accoppiata ad una geogriglia di rinforzo.

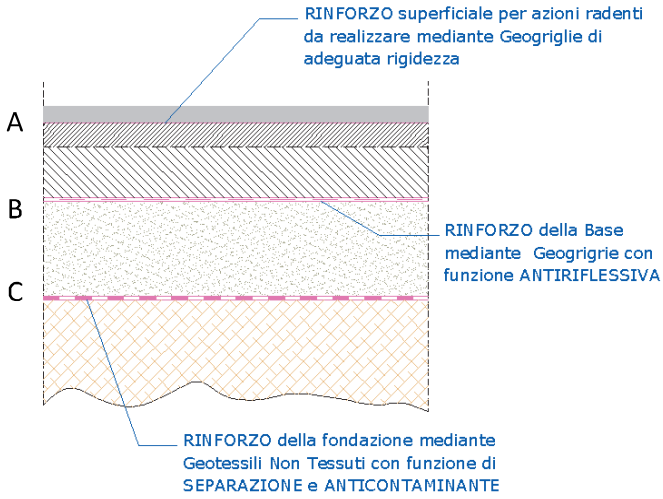
FUNZIONE	PRODOTTO	APPLICAZIONE	
RINFORZO	XGRID FG	MANTO BITUMINOSO	1-10
RINFORZO	XGRID PET E PVA	TERRA RINFORZATA	11-12
STABILIZZAZIONE	XGRID PET	BASE DEL RILEVATO	13-22
STABILIZZAZIONE	TEFOND HP	BASE DEL RILEVATO	13-20
RINFORZO	XGRID PET	BASE DEL RILEVATO SU PALI	21-22
DRENAGGIO ANTICAPILLARE	QDRAIN ZM8	BASE DEL RILEVATO	23-34
DRENAGGIO ANTICAPILLARE	TEFOND HP DRAIN	BASE DEL RILEVATO	23-34
DRENAGGIO	SPEEDRAIN	TRINCEA DRENANTE	35-36
CONTROLLO EROSIONE	KMAT / XGRID AM	PENDII ASCIUTTI	37-38
CONTROLLO EROSIONE	KMAT / XGRID AM	FOSSI DI GUARDIA	39-40
DRENAGGIO E IMPERMEABILIZZAZIONE	TEFOND HP DRAIN	FOSSI IN TERRA	41-42



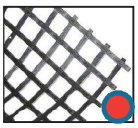

asse stradale
2,5 %
2,5 %
4,0 %
2,5 %
2,5 %
4,0%
Q.C.
X
Y
s=0.30
pedenza > 10%
min. 0,30
pedenza < 10%
0,30
3,00
1,25
3,50
3,50
1,25
1,00
variabile
1,00
var.
1,50
banchina
corsia
corsia
banchina
ciglio
scarpata
franco
f.d.g.
variabile
carreggiata
fascia di pertinenza

MANTO BITUMINOSO

CONSIDERAZIONI GENERALI

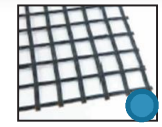


La scelta della tipologia di rinforzo e del relativo posizionamento nel pacchetto stradale deve effettuarsi in relazione alle effettive problematiche della pavimentazione in esame. In funzione della sua posizione all'interno della stratigrafia, il prodotto geosintetico puo' svolgere diverse funzioni.
Nella posizione (**A**) un geosintetico può limitare la propagazione delle lesioni agli strati sottostanti; nella posizione (**B**) invece, migliora la capacità portante, riducendo le sollecitazioni trasmesse agli strati più profondi, mentre nella posizione (**C**) ha una funzione di rinforzo e anticontaminate.

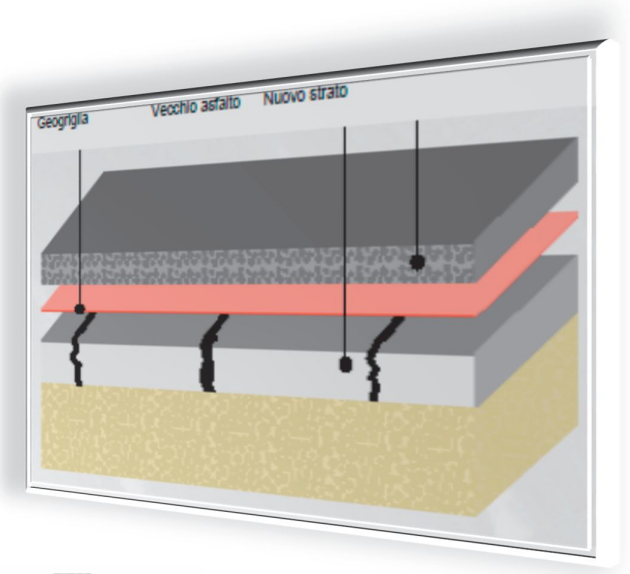


Esempio **CASO A** – rinforzo superficiale dello strato di usura
Prodotto: **Xgrid FG**

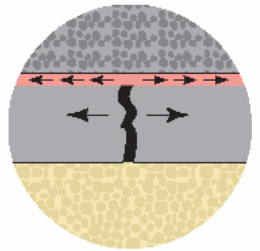
Esempio **CASO C**
rinforzo alla base della pavimentazione
Prodotto: **Xgrid PET PVC**



RINFORZO SUPERFICIALE



Una delle maggiori problematiche riguardanti la porzione superficiale di una pavimentazione è la **creazione di fessure e ormaie superficiali.** A seguito della formazione di una fessura superficiale, l'acqua può insinuarsi al suo interno e penetrare fino al raggiungimento degli strati più profondi. Le principali cause di fessurazione dell'asfalto sono riconducibili a quattro meccanismi di rottura :



1) reflective cracking;
2) rotture da traffico;
3) rotture di tipo termico;
4) rotture di tipo superficiale.

REFLECTIVE CRACKING

Il "*reflective cracking*" rappresenta la propagazione della fessura dal basso verso l'alto, nel caso in cui vengano eseguite delle ricariche di nuovi strati bituminosi in corrispondenza di vecchie stratificazioni già ammalorate.
Per limitare l'insorgere di tale fenomeno, è possibile prevedere l'inserimento di una geogriglia di rinforzo, capace di limitare il propagarsi della fessura.

ROTTURE DA TRAFFICO

Anche il livello del traffico incide in modo significativo nella perdita di funzionalità dell'infrastruttura, in quanto sollecita gli strati di conglomerato con sforzi ciclici di trazione e compressione. L'asfalto infatti, è un materiale con scarsa propensione a resistere a sforzi di trazione, per cui i cicli di fatica possono indurre delle deformazioni di natura plastica con conseguente formazione di fessurazioni permanenti. Il processo di dilatazione e contrazione a cui gli strati superficiali sono sottoposti nel corso del tempo, produce tensioni di natura tangenziale che, superata la soglia di resistenza dell'asfalto, inducono la formazione di fessure. Gli sforzi superficiali raggiungono i massimi valori nei periodi estivi, in cui chiaramente le temperature sono più elevate. La fessura superficiale tenderà a propagarsi verso gli strati inferiori. Conseguentemente, l'acqua penetra all'interno delle fessure, determinando la perdita prestazionale degli strati sottostanti. I geosintetici più adatti a svolgere le funzioni di rinforzo dell'asfalto sono le geogriglie: grazie alla struttura a maglia aperta, le geogriglie non separano lo strato di asfalto superiore da quello inferiore, e quindi non sono causa del loro scollamento.

ROTTURE DI TIPO TERMICO

L'asfalto ed il terreno sono materiali caratterizzati da modulo elastico e coefficiente di deformazione termica differenti. Pertanto, in corrispondenza di cicli gelo/disgelo, i due materiali tendono ad assumere comportamenti meccanici differenti, in termini di dilatazione e contrazione.
Questo tipo di fenomeno induce una progressiva perdita prestazionale della struttura.

Per evitare o limitare le fessure termiche occorre introdurre un geosintetico di rinforzo, in grado di fornire all'asfalto una resistenza a trazione a basso allungamento e un
effetto cerchiante che, tramite il confinamento dell'aggregato, limiti le deformazioni laterali.
I geosintetici più adatti per svolgere tali funzioni sono le geogriglie.

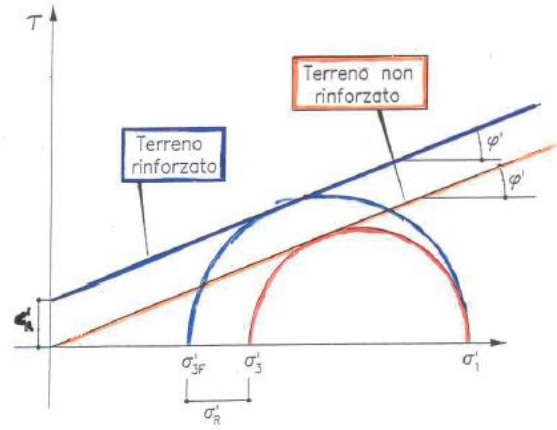
ROTTURE DI TIPO SUPERFICIALE

Lo strato di usura è fortemente sollecitato dai processi di dilatazione e contrazione; ciò provoca inevitabilmente l'insorgere di tensioni di natura tangenziale e conseguentemente la formazione di fessure.

Nel momento in cui la fessura si è formata, tende a propagarsi verso gli strati inferiori. L'acqua, attraverso le fessure, penetra all'interno della pavimentazione.
I conseguenti cicli di asciutto-bagnato /gelo–disgelo, possono causare una rottura prematura dell'intera pavimentazione.
Per evitare l'insorgere di questi fenomeni e conseguentemente ritardare la formazione delle fessure superficiali, è possibile prevedere l'inserimento di una geogriglia in fibra di vetro (XGrid FG) di rinforzo, in grado di fornire all'asfalto una resistenza a trazione in corrispondenza di contenute deformazioni.

TERRA RINFORZATA

La possibilità di creare delle scarpate stradali ripide (da 65° fino a 80°), includendo al loro interno dei rinforzi geosintetici, ha consentito nel corso degli anni di realizzare opere stradali anche in contesti proibitivi.
Partendo dal presupposto che i terreni sono dei materiali da costruzione in grado di resistere a sforzi di taglio ma assolutamente inadeguati a sostenere sollecitazioni di trazione, si è verificata la possibilità di migliorare il loro comportamento inserendo al loro interno degli elementi planari sintetici che invece resistono a sollecitazioni di trazione.
L'idea è risultata vincente, riuscendo infatti a dimostrare che il materiale rinforzato possedeva una coesione efficace apparente superiore rispetto al materiale vergine di partenza.



Terra rinforzata impiegata per realizzare una rotatoria;

Terra rinforzata prevista per l'imbocco di una galleria;

Terra rinforzata impiegata per realizzare una scarpata ripida a ridosso di una spalla di un viadotto;

Terra rinforzata utilizzata per realizzare una scarpata di un rilevato stradale;

Terra rinforzata impiegata per rinforzare un rilevato stradale in ambito montano;

BASE DEL RILEVATO

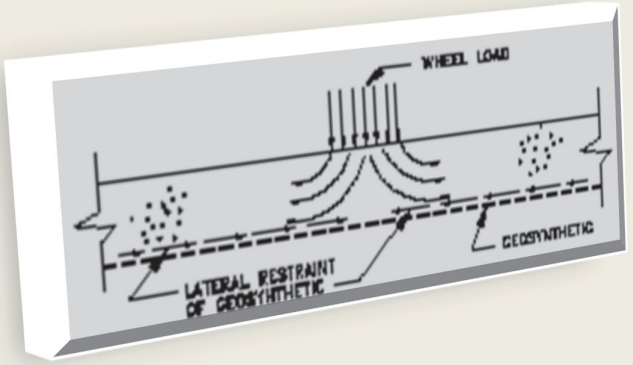
INTRODUZIONE

In presenza di sottofondi scadenti, è consigliabile prevedere l'inserimento alla base della struttura di geogriglie di rinforzo.
Un geosintetico di rinforzo è in grado di modificare le condizioni al contorno del sottofondo, attraverso i seguenti meccanismi:

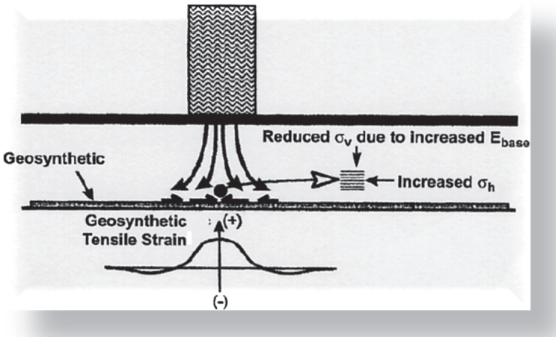
1) Azione di confinamento;
2) Aumento dell'angoli di diffusione del carico;
3) Effetto membrana tesa

AZIONE DI CONFINAMENTO

Dal punto di vista geotecnico, nel momento in cui lo sforzo normale è superiore al limite elastico del terreno di fondazione, si possono generare delle rotture di taglio con conseguente insorgere di deformazioni.



L'inserimento di un opportuno geosintetico di rinforzo, grazie all'azione di confinamento laterale che è in grado di apportare, riduce gli sforzi verticali trasmessi al sottofondo, incrementando le tensioni tangenziali al suo interno, a seguito della sollecitazione indotta dai carichi ad esso applicati.

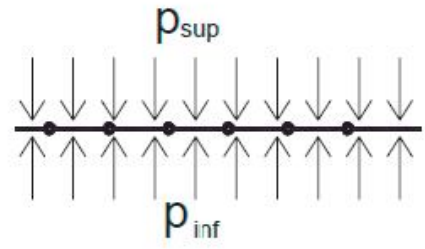


AUMENTO DEGLI ANGOLI DI DIFFUSIONE DEL CARICO

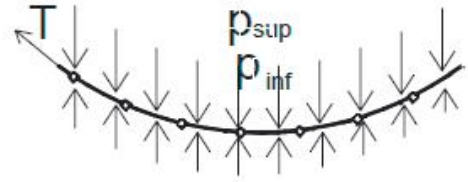
Un geosintetico a maglia aperta (tipicamente geogriglia) è in grado di ridurre la tensione verticale trasmessa agli strati inferiori (sottofondo) grazie alla sua capacità di aumentare l'angolo di diffusione del carico prodotto dalle ruote degli automezzi e dal peso proprio degli strati posti superiormente all'elemento geosintetico.

EFFETTO MEMBRANA TESA

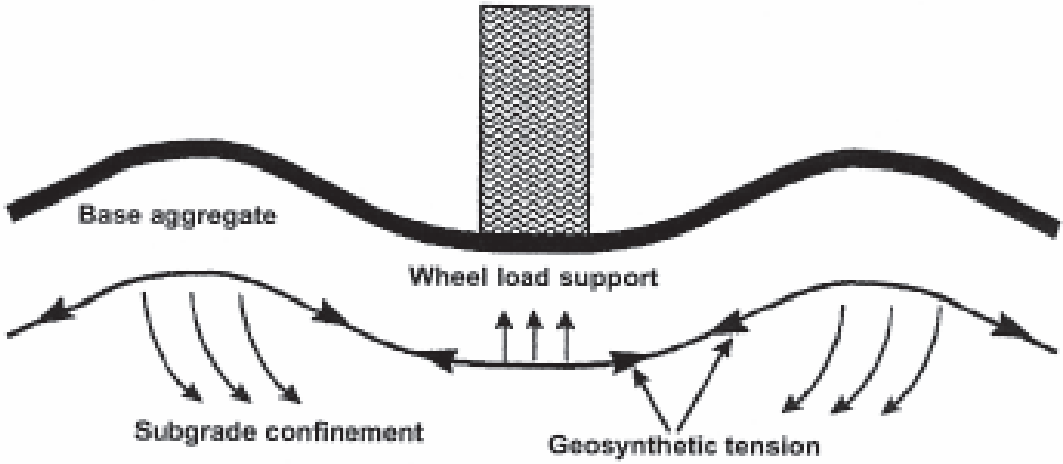
L'effetto membrana tesa consiste nell'attivazione di una resistenza T (kN/m) da parte del rinforzo a seguito della deformazione indotta al suo interno dai carichi verticali applicati. Il fenomeno è accentuato dalle scadenti proprietà del sottofondo su cui l'elemento di rinforzo è installato. La componente T che si attiva nel materiale, contribuisce a sostenere il carico verticale applicato (p_{sup}) , diminuendo conseguentemente il carico verticale trasmesso alla fondazione (p_{inf}).

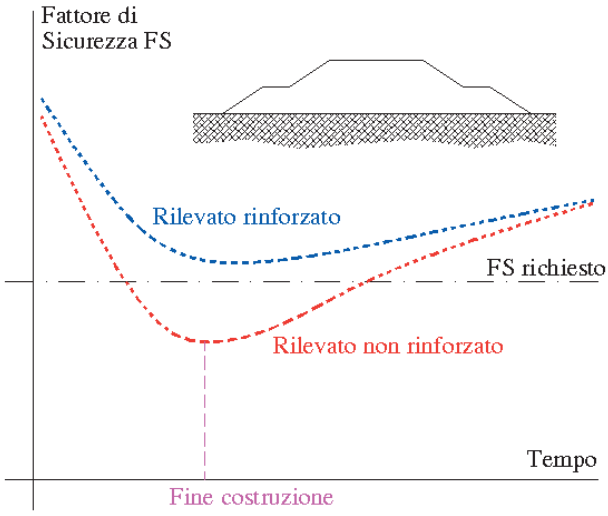


$$p_{sup} = p_{inf}$$



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



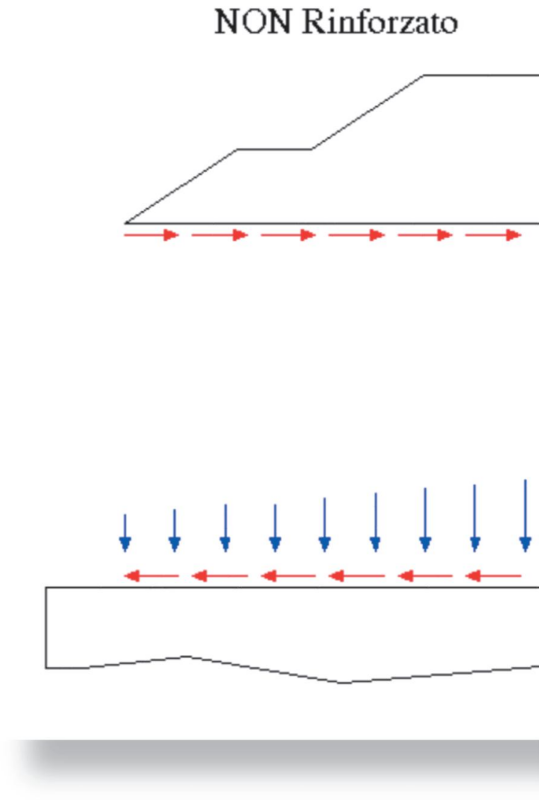


In presenza di terreni di elevata compressibilità, oltre a sensibili cedimenti possono innescarsi fenomeni di collasso secondo cinematismi non usuali con terreni ordinari.

Tale fenomeni sono tipici del "breve periodo", ovvero del periodo di costruzione e del periodo immediatamente seguente il termine della costruzione.

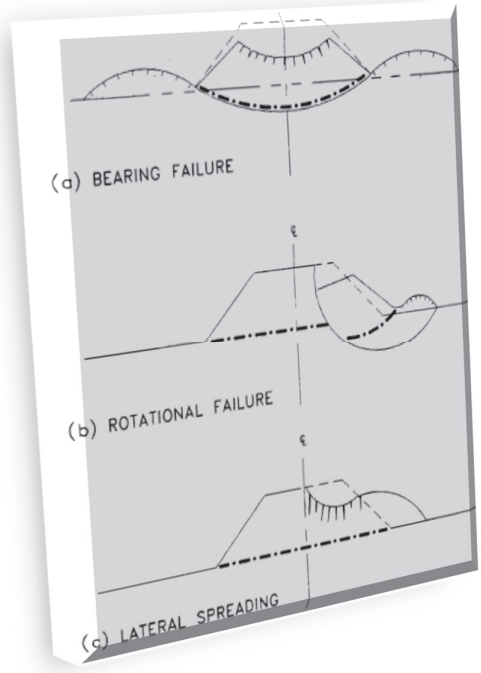
L'impiego di geosintetici in presenza di terreni soffici non ha alcuna influenza sul comportamento deformativo delle opere che si andranno a realizzare.

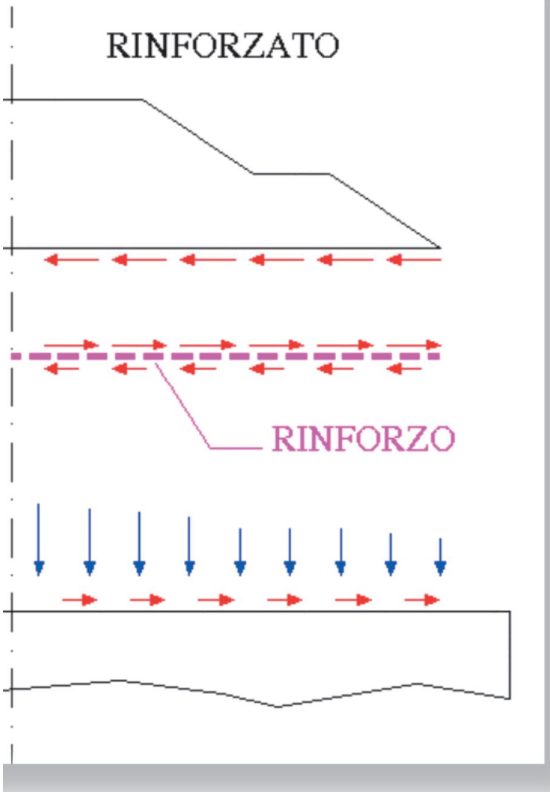
Laddove il problema deformativo non dovesse pregiudicare la possibilità di realizzare l'opera, si potrebbero però manifestare, nel corso del transitorio, dei fenomeni di instabilità che potrebbero pregiudicare il rispetto dei requisiti minimi di sicurezza previsti dalle norme.



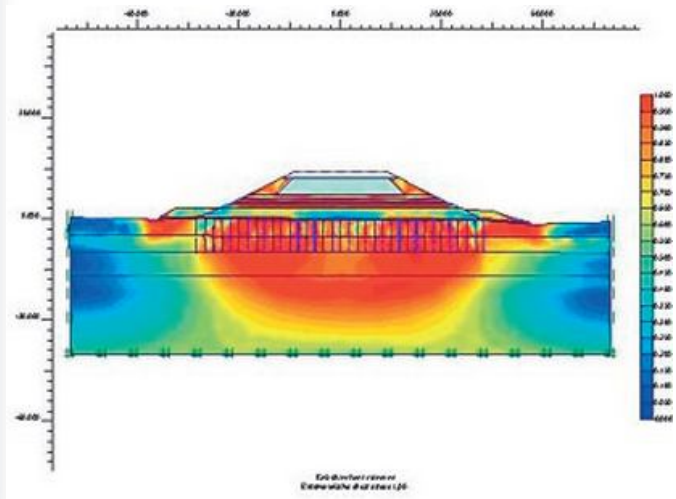
In queste situazioni l'impiego dei geosintetici consente di superare il problema. La loro presenza, infatti, interviene soltanto nel corso della fase iniziale di esistenza dell'opera. Nel lungo periodo, il fattore di sicurezza raggiunto dalla struttura non risentirà più dell'influenza positiva data dalla presenza del geosintetico.

La presenza di geosintetici fra il corpo del rilevato ed il terreno di fondazione assorbe in parte le tensioni tangenziali di contenimento.





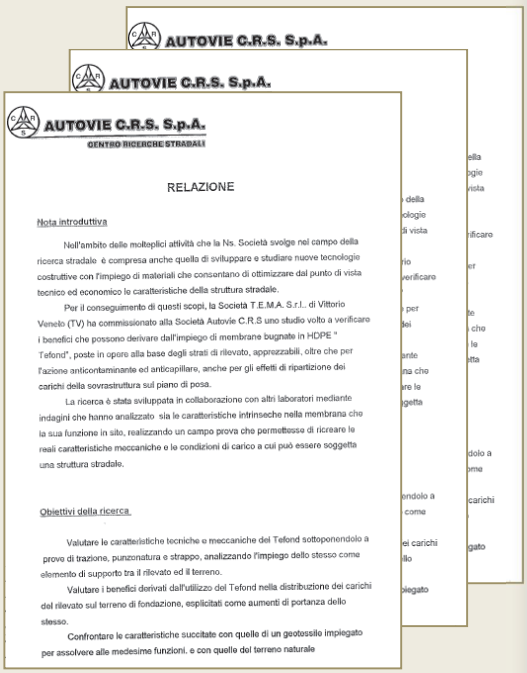
Quantitativamente la quota di tensioni assorbite dipende dalle caratteristiche intrinseche del geosintetico.



PREMESSA

In molti frangenti il progettista di un'opera stradale o ferroviaria è costretto a definire il tracciato anche in corrispondenza di litologie di terreni non di eccelse proprietà geotecniche. Ciò induce frequentemente la previsione di interventi per il miglioramento del sottofondo in cui sono previsti dei sistemi geosintetici.

La membrana **Tefond®**, ottenuta per estrusione di materiale plastico (HDPE) grazie alla sua conformazione geometrica e alle sue caratteristiche tecniche, ha consentito in molti casi pratici di migliorare la risposta del sistema geotecnico, garantendo il raggiungimento delle prestazioni minime richieste dall'opera.


AUTOVIE C.R.S. S.p.A.

AUTOVIE C.R.S. S.p.A.

AUTOVIE C.R.S. S.p.A.
CENTRO RICERCHE STRADALI

RELAZIONE

Nota introduttiva

Nell'ambito delle molteplici attività che la Ns. Società svolge nel campo della ricerca stradale è compresa anche quella di sviluppare e studiare nuove tecnologie costruttive con l'impiego di materiali che consentano di ottimizzare dal punto di vista tecnico ed economico le caratteristiche della struttura stradale.

Per il conseguimento di questi scopi, la Società T.E.M.A. S.r.l. di Vittorio Veneto (TV) ha commissionato alla Società Autovie C.R.S uno studio volto a verificare i benefici che possono derivare dall'impiego di membrane bugnate in HDPE " Tefond", poste in opere alla base degli strati di rilevato, apprezzabili, oltre che per l'azione anticontaminante ed anticapillare, anche per gli effetti di ripartizione dei carichi della sovrastruttura sul piano di posa.

La ricerca è stata sviluppata in collaborazione con altri laboratori mediante indagini che hanno analizzato sia le caratteristiche intrinseche nella membrana che la sua funzione in sito, realizzando un campo prova che permettesse di ricreare le reali caratteristiche meccaniche e le condizioni di carico a cui può essere soggetta una struttura stradale.

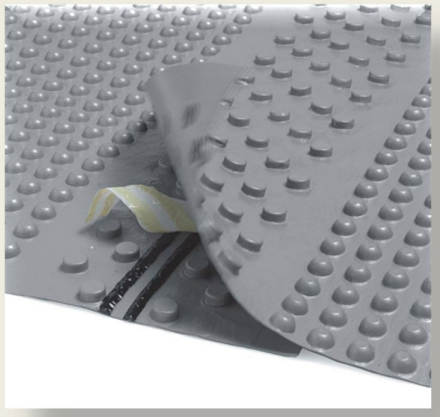
Obiettivi della ricerca

Valutare le caratteristiche tecniche e meccaniche del Tefond sottoponendolo a prove di trazione, punzonatura e strappo, analizzando l'impiego dello stesso come elemento di supporto tra il rilevato ed il terreno.

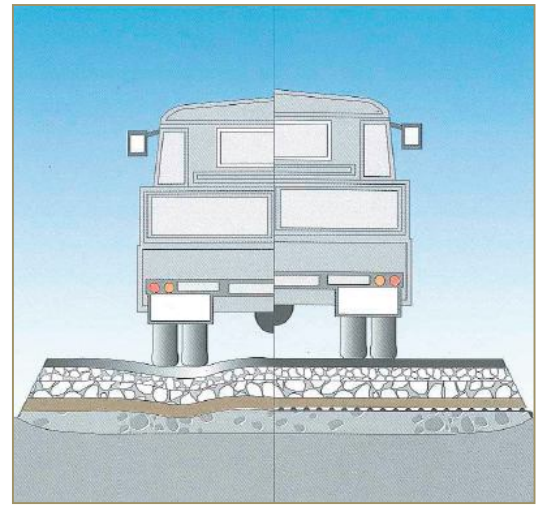
Valutare i benefici derivati dall'utilizzo del Tefond nella distribuzione dei carichi del rilevato sul terreno di fondazione, esplicitati come aumenti di portanza dello stesso.

Confrontare le caratteristiche succitate con quelle di un geotessile impiegato per assolvere alle medesime funzioni, e con quelle del terreno naturale

Tefond HP - SISTEMI DI STABILIZZAZIONE



Il sistema **Tefond®** consente di collegare i rotoli adiacenti mediante un sistema di fissaggio meccanico e chimico.
Grazie alla speciale conformazione delle bugne (cilindriche) in corrispondenza delle zone lateriali il rotolo, e alla presenza di un adesivo bituminoso protetto da carta siliconata, il **Tefond®** garantisce una migliore tenuta trasversale, e quindi una distribuzione dei carichi più omogenea.



CAMPO PROVE AUTOVIE VENETE (1994)

Nell'ambito stradale Tema ha studiato e sviluppato nuove tecnologie costruttive con l'impiego di una specifica gamma di prodotti (**Tefond**) che consentono di ottimizzare dal punto di vista tecnico ed economico le caratteristiche della struttura stradale.
Per il conseguimento di tale scopo Tema ha commissionato alla *Società Autovie C.R.S.* uno studio volto a verificare i benefici che possono derivare dall'impiego di membrane tipo Tefond poste in opera alla base degli strati di rilevato, apprezzabili, oltre che per l'azione anticontaminante anche per gli effetti di ripartizione dei carichi della sovrastruttura sul piano di posa. La ricerca è stata sviluppata in collaborazione con altri laboratori mediante indagini che hanno analizzato sia le caratteristiche intrinseche della membrana sia la sua funzione in sito, realizzando un campo prova che permettesse di ricreare le reali caratteristiche meccaniche e le condizioni di carico a cui può essere soggetta una struttura stradale.

Su un tratto in costruzione dell'autostrada Pordenone – Conegliano è stato predisposto un apposito campo prova (6m x 100m) compattato in modo da raggiungere i requisiti previsti dal capitolato delle Autovie Venete SpA, suddiviso in 4 zone ben distinte.
Sull'intera estensione sono stati stesi e costipati 10 cm di sabbia avente la funzione di preservare le membrane su cui poi sono stati eseguiti i rilevati. Sopra allo strato di sabbia sono stati costruiti due strati di rilevato dallo spessore di 20cm ciascuno.
La ricerca è stata condotta mediante due studi con metodologia diversa.
Il **primo** è basato su prove di piastra che garantiscano un valore statico per la determinazione dei moduli di deformazione e mediante prove di Falling Weight che rilevino i moduli elastici.

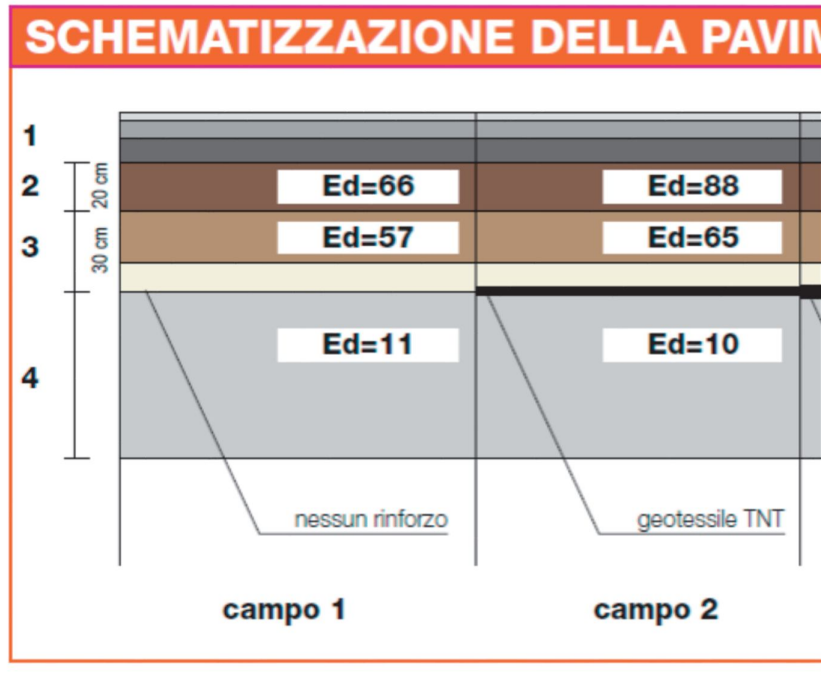
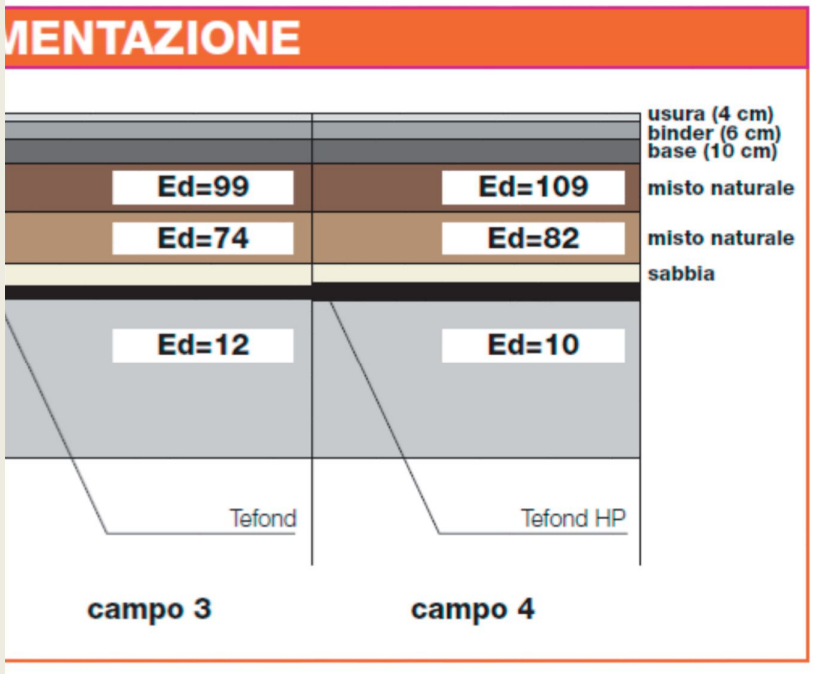


Tabella comparativa delle tensioni e delle deformazioni

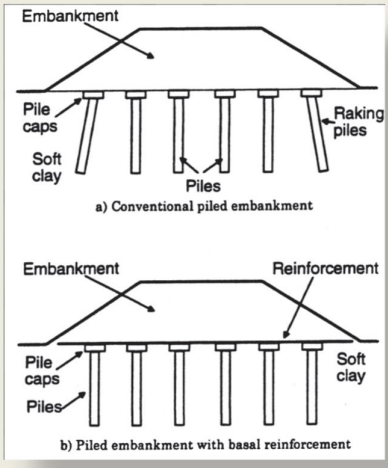
	1° strato	2° strato		3° strato		4° strato
campo	tensione orizzontale alla base 1° strato	tensione orizzontale superficiale 2° strato	tensione orizzontale alla base 2° strato	tensione orizzontale superficiale 3° strato	tensione orizzontale alla base 3° strato	tensione orizzontale superficiale 4° strato
1	1.0646	0.0054	0.0181	0.001	0.0023	0.000081
2	1.0346	0.0054	0.018	0.0021	0.0044	0.00022
3	1.01	0.0059	0.0191	0.0029	0.0059	0.0003
4	0.9534	0.007	0.0218	0.0038	0.0074	0.0004
campo	tensione verticale alla base 1° strato	tensione verticale superficiale 2° strato	tensione verticale alla base 2° strato	tensione verticale superficiale 3° strato	tensione verticale alla base 3° strato	tensione verticale superficiale 4° strato
1	-0.0206	-0.0206	-0.0106	-0.0106	-0.0065	-0.0065
2	-0.0224	-0.0224	-0.0113	-0.0113	-0.0064	-0.0064
3	-0.0239	-0.0239	-0.0118	-0.0118	-0.0064	-0.0064
4	-0.0272	-0.0272	-0.0129	-0.0129	-0.0066	-0.0066
campo	deformaz. orizzontale alla base 1° strato	deformaz. orizzontale superficiale 2° strato	deformaz. orizzontale alla base 2° strato	deformaz. orizzontale superficiale 3° strato	deformaz. orizzontale alla base 3° strato	deformaz. orizzontale superficiale 4° strato
1	257.7	257.7	346.8	346.8	292.8	292.8
2	251.3	251.3	322.9	322.9	303.5	303.5
3	246	246	309.8	309.8	307	307
4	233.8	233.8	287.4	287.4	289.5	289.5
campo	deformaz. verticale alla base 1° strato	deformaz. verticale superficiale 2° strato	deformaz. verticale alla base 2° strato	deformaz. verticale superficiale 3° strato	deformaz. verticale alla base 3° strato	deformaz. verticale superficiale 4° strato
1	-230.6	-505.7	-496.4	-860.7	-619	-812.9
2	-224.3	-498.7	-469.8	-744.8	-556.2	-822
3	-219.3	-485.3	-448.9	-683.3	-522.5	-821
4	-207.5	-454.4	-411.9	-614	-469.9	-763.4

Tensioni in MPa, deformazioni in micrometri su metro. I valori positivi indicano una trazione (tensione o deformazione), quelli negativi una compressione (tensione o deformazione).

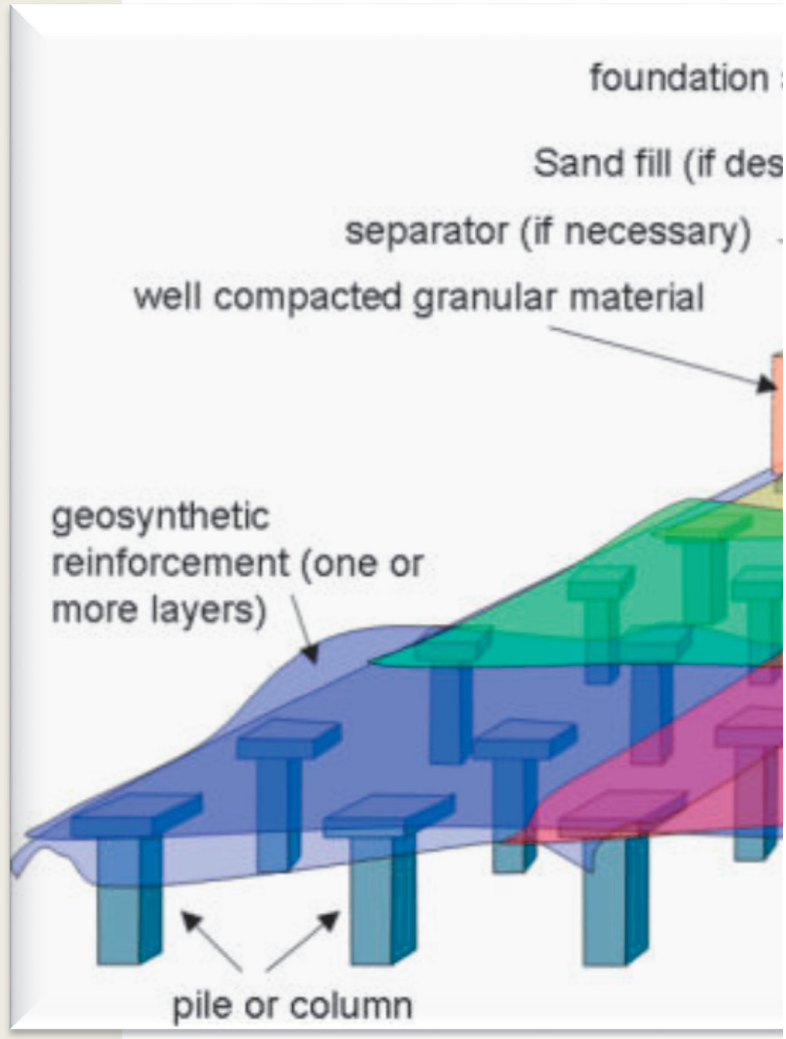


Il **secondo** è basato sulla portanza del piano di posa mediante prove di taglio del terreno.
I risultati sperimentali ottenuti con il primo studio sono stati elaborati al fine di calcolare le tensioni e le deformazioni imposte sulla superficie di ciascuno strato della pavimentazione da un carico convenzionale di 2x20KN (ruote gemellate) con impronta circolare avente raggio dell'area di impronta di 0,105m, interasse di 0,314 e una tensione verticale di contatto di 577,4 KPa, come suggerito dalla "Shell Pavement Design Manual".

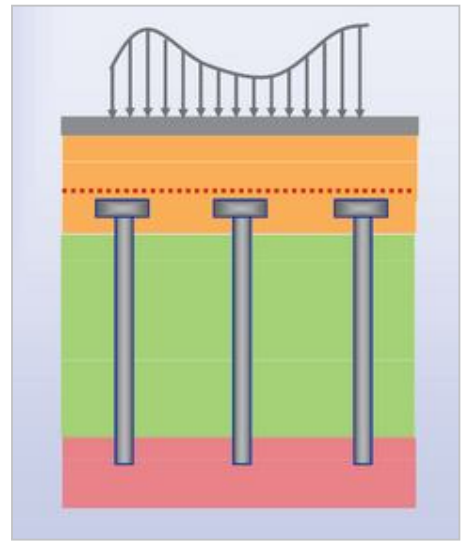
BASE DEL RILEVATO SU PALI

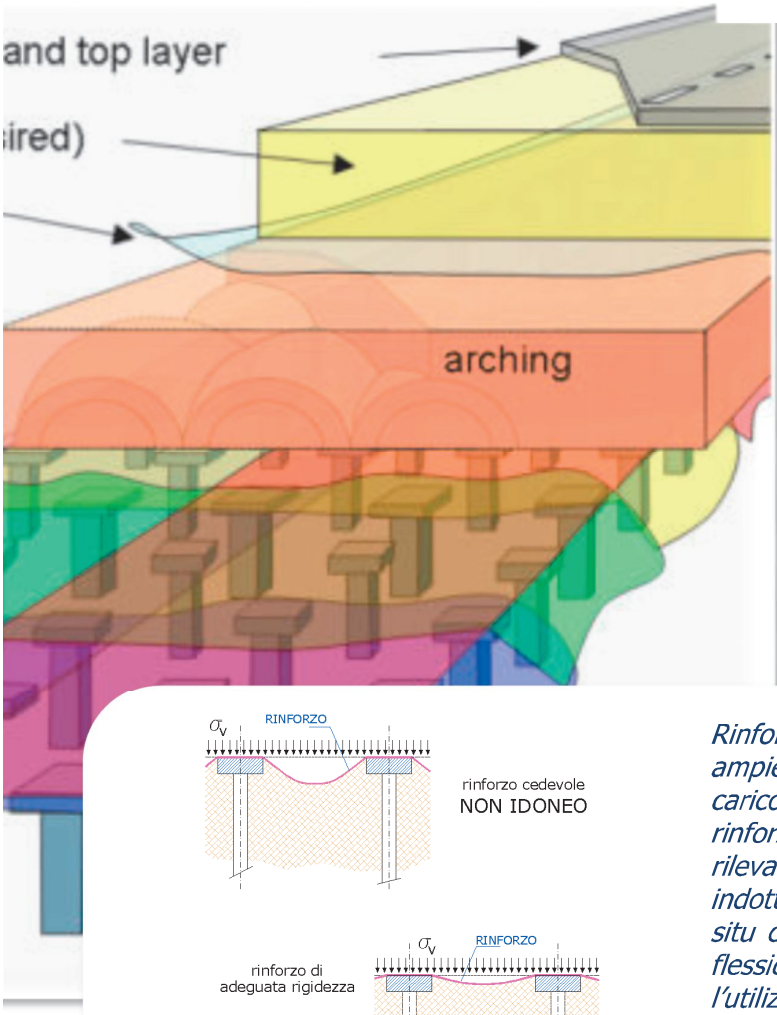


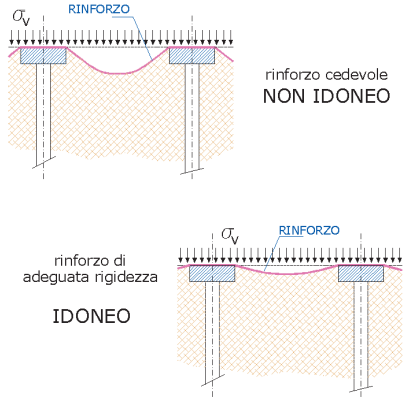
L'impiego dei pali quale elemento di riduzione dei cedimenti è una recente tecnologia il cui dimensionamento richiede lo studio approfondito del processo di interazione pali - terreno - sovrastruttura.
Nel corso degli ultimi anni si è diffusa una tecnica che prevede l'utilizzo di collegamenti flessibili, prevalentemente geogriglie, collocate in sommità al palo, la cui funzione è aumentare l'aliquota di carico trasmessa dal rilevato al palo, aumentare l'interasse dei pali, assorbire la spinta attiva del rilevato eliminando la necessità di realizzare pali inclinati.



Secondo il metodo semplificato proposto dal BS 8006, l'effetto arco generato nel geosintetico non dipende dalle caratteristiche meccaniche del terreno costituente il rilevato, ma solo dal grado di vincolo dei pali, dall'altezza del rilevato e dalla larghezza delle teste dei pali.







Rinforzi di bassa rigidezza richiedono ampie deformazioni prima di equilibrare il carico. Nel caso specifico, in presenza di rinforzi cedevoli, prima che il peso del rilevato sia trasferito ai pali vengono indotte ampie deformazioni del terreno in situ con conseguenti sollecitazioni di tipo flessionale per i pali.
l'utilizzo di rinforzi di adeguata rigidezza consente un trasferimento più rapido dei carichi sui pali e quindi lo sfruttamento più razionale della portanza dei pali

BASE DEL RILEVATO

Nel settore delle infrastrutture dedicate al trasporto (strade, ferrovie, aeroporti), sono numerosi i casi in cui è possibile prevedere l'adozione di una soluzione drenante mediante materiali geosintetici.
Gestire correttamente l'aspetto idraulico di una struttura stradale significa prevedere, a livello progettuale, una serie di interventi capaci di ridurre al minimo l'impatto negativo derivante dall'interazione delle acque con la struttura medesima.
I tipi di degrado che l'opera potrebbe subire dalla presenza della componente idrica sono:

Degrado di tipo funzionale: interessa soprattutto il livello superficiale della sovrastruttura, inteso quindi come peggioramento delle condizioni di aderenza e di visibilità.

Degrado di tipo strutturale: riguarda più specificatamente il fenomeno dell'infiltrazione dell'acqua nelle parti profonde del corpo stradale, riducendo gradualmente le caratteristiche meccaniche dei terreni costituenti l'opera.

Le ragione principali che determinano l'insorgere di questi fenomeni sono in linea di massima riconducibili alla mancanza o scarsa efficienza dei presidi idraulici previsti.

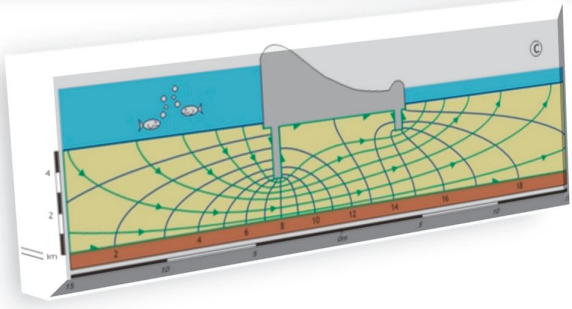
Nel contesto di un intervento stradale, gli ambiti in cui intervenire e prevedere degli opportuni sistemi di drenaggio sono molteplici.

I sistemi drenanti sintetici (definiti geocompositi drenanti) possono essere previsti nelle seguenti lavorazioni:

- **Drenaggi anticapillari;**
- **Trincee drenanti;**
- **Drenaggi opere di sostegno in ca;**
- **Drenaggi al fronte delle paratie;**
- **Drenaggi fossi di guardia in terra;**

Rivestimento dei fossi di fossi di guardia in terra con geocomposito drenante;

Drenaggio sintetico all'estradosso di una galleria artificiale;



Drenaggio in trincea lungo un tracciato autostradale;

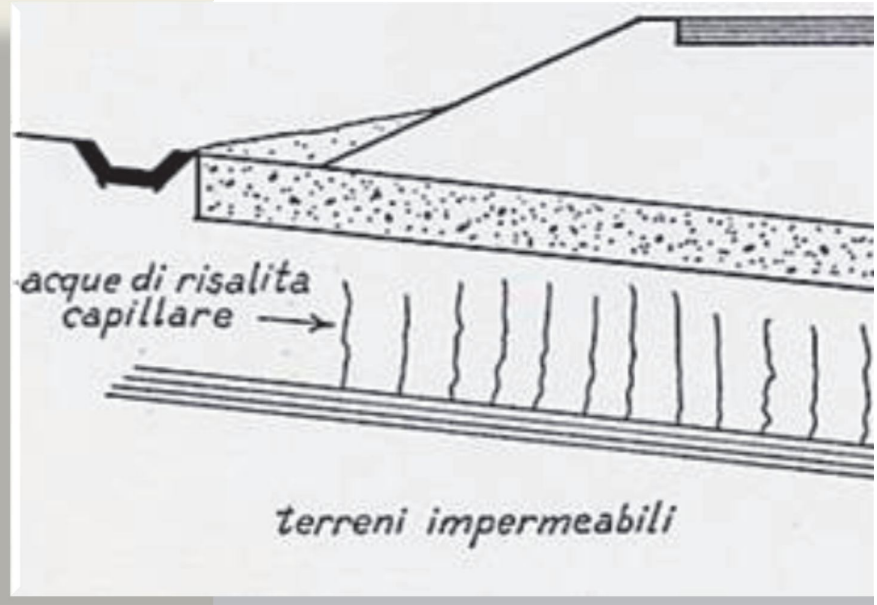
Quando si rende necessaria la realizzazione di un rilevato in terra, è doveroso verificare accuratamente le caratteristiche dei terreni relativi il piano di formazione del rilevato, sincerandosi che non debba risultare necessario prevedere la creazione di uno strato di transizione rilevato/terreno di fondazione.

In relazione alle locali caratteristiche idrogeologiche, potrebbe essere infatti prevedibile a progetto il miglioramento delle caratteristiche del piano di imposta del rilevato, mediante la realizzazione delle seguenti operazioni:

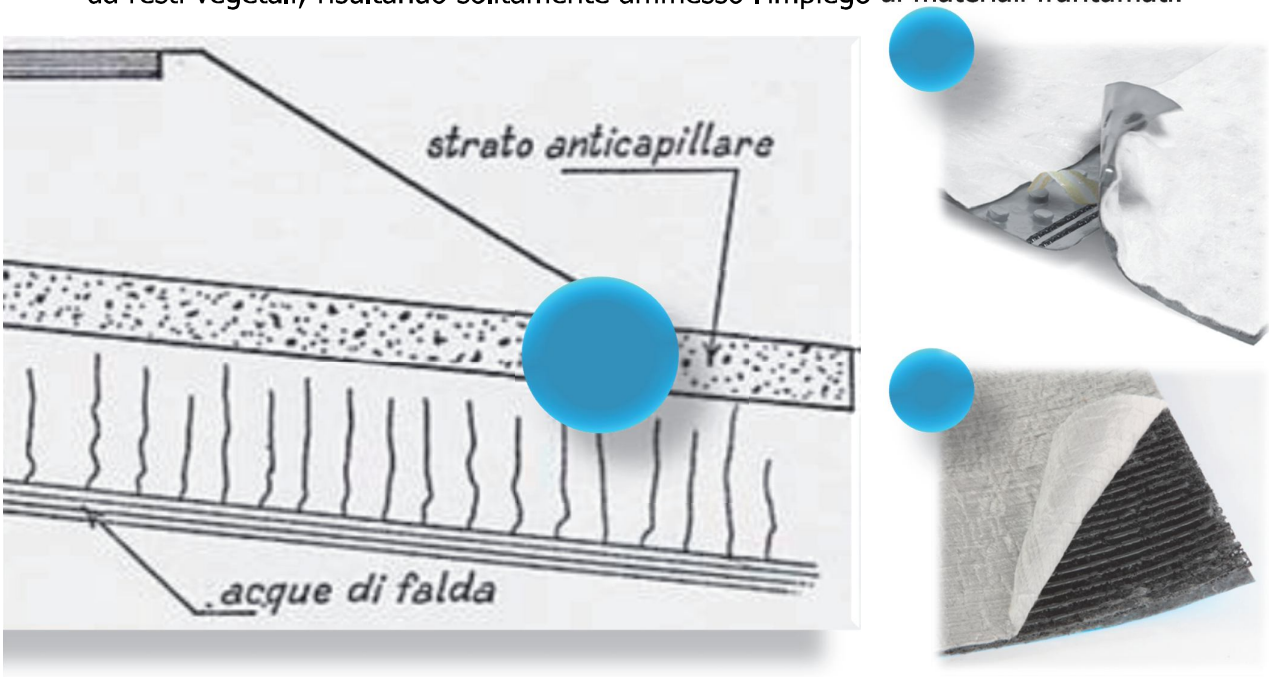
- *la stesa di uno strato granulare con funzione anticapillare;*
- *la stesa di uno strato di geotessile non tessuto, anche con funzione anticontaminante.*

Lo strato anticapillare è solitamente previsto in materiale granulare di adeguato spessore e di opportuna composizione granulometrica, interposto tra lo strato di fondazione ed il sottostante sottofondo, destinato ad interrompere l'eventuale risalita capillare di acqua proveniente da falda acquifera.

L'evidente utilità di prevedere la posa in opera di uno strato anticapillare trova riscontro nel caso in cui il rilevato stradale o ferroviario debba essere realizzato in corrispondenza di un sottofondo a grana fine, con possibile risalita capillare di acqua di falda.



A seguito delle pressioni esercitate sugli strati profondi dal transito dei mezzi in superficie, l'acqua puo' risalire nella massicciata trascinando verso l'alto le componenti fini, determinando alterazioni volumetriche e provocando fenomeni deformativi.
Gli strati sovrastanti il piano di fondazione vengono inquinati dalla presenza delle particelle fini trascinate dalla risalita capillare, diminuendo le prestazioni dell'opera in termini anche di capacità portante.
Abitualmente gli spessori dello strato anticapillare sono compresi tra 0,3÷0,5 m ed è generalmente costituito da materiali naturali aventi granulometria assortita da 2÷50 mm, con passante al vaglio da 2 mm non superiore al 15% in peso e comunque con un passante al vaglio UNI 0,075 mm non superiore al 3%.
Il materiale dovrà risultare del tutto esente da componenti instabili (gelivi, solubili, etc.) e da resti vegetali; risultando solitamente ammesso l'impiego di materiali frantumati.



Lo strato previsto solitamente deve disporre di precise caratteristiche drenanti quali:

- presentare delle dimensioni di vuoti tale da impedire la risalita per capillarità;

- disporre di adeguate caratteristiche meccaniche da consentire allo strato di resistere alle sollecitazioni indotte dai carichi sovrastanti; nello specifico buona resistenza e bassi valori di deformabilità a compressione;

Un **geocomposito drenante** (di seguito indicato con l'abbreviazione **GCD**) è un prodotto tridimensionale, ottenuto dall'accoppiamento di due o più componenti sintetiche, la cui funzione prevalente è consentire il drenaggio dei liquidi o aeriformi, presenti all'interno della matrice (terreno, rifiuto o altro) in cui è inserito.
Le componenti principali di un GCD sono due:

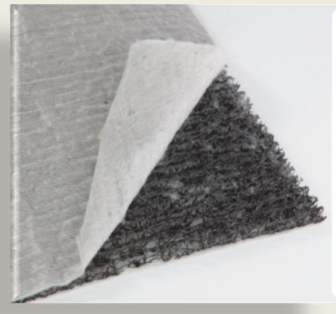
- *Componente drenante interna tridimensionale;*
- *Componente filtrante e/o isolante esterna;*

La **prima componente** chiaramente ha lo scopo di veicolare lungo il suo piano il fluido intercettato, mentre la componente filtrante (tipicamente rappresentata da geotessili non tessuti termosaldati) consente il transito del fluido ma non quello delle particelle fini di terreno che provocherebbe una precoce perdita di capacità drenante da parte della struttura interna.

La **componente filtrante** dovrà quindi poter garantire:

- *Permeabilità adeguata a gas e liquidi in direzione perpendicolare al filtro.*
- *Capacità di ritenzione delle particelle di terreno.*
- *Una certa rigidezza per evitare la compenetrazione nel nucleo drenante.*
- *Protezione del corpo drenante da eventuale danneggiamento in fase di posa.*

I due prodotti che saranno presi in considerazione in alternativa allo strato capillare naturale sono il **Qdrain ZM8 75 14P (A),** ed il **Tefond HP Drain (B).**



A

B

CALCOLO DELLA CAPACITA' DRENANTE DI UN GEOCOMPOSITO

Per progettare un sistema drenante con un GCD, occorre calcolare il valore di **trasmissività ammissibile** a partire dal dato di **trasmissività nominale** (che si desume dalla lettura della scheda tecnica di prodotto).
La relazione analitica che correla il dato di capacità drenante nel piano definito "trasmissività nominale" con il dato "ammissibile" è la seguente:

$$q_{amm} = q_{nom}\left[\frac{1}{FS_1 * FS_2 * FS_3 * FS_4}\right]$$

Dove FS sono dei fattori riduttivi, q_{nom} indica la portata specifica nominale del prodotto calcolata secondo EN ISO 12958 (l/sm).

La prima operazione che è necessario eseguire è interpretare la scheda tecnica di prodotto o meglio capire quale combinazione carico applicato/valore di gradiente idraulico occorre considerare per estrapolare il dato di trasmissività nominale.

Per far ciò, è necessario introdurre ed analizzare brevemente le seguenti due categorie di parametri:

- Parametri di natura idraulica;
- Parametri relativi ai carichi applicati.

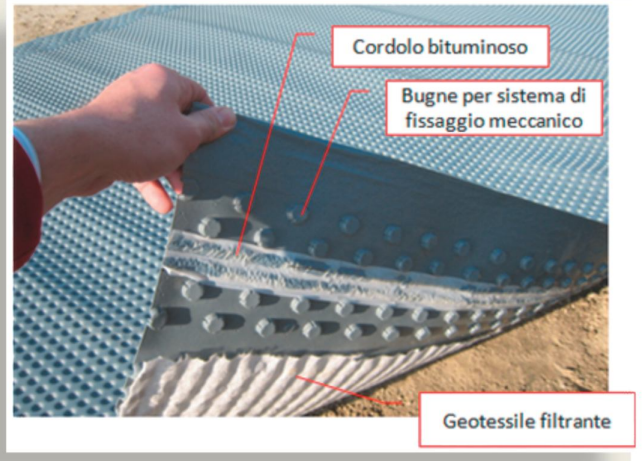
I **parametri idraulici** in ingresso, che occorre conoscere, per procedere con il dimensionamento dell'intervento, sono:

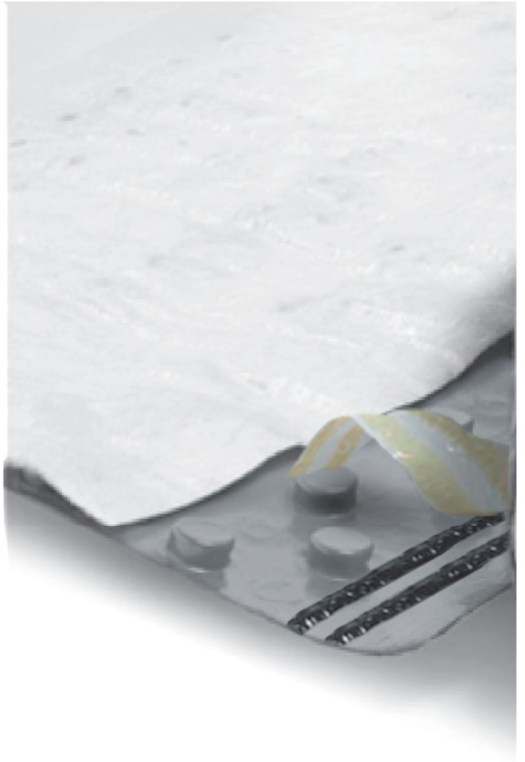
- Il gradiente idraulico (i);
- La portata di progetto ($q_{progetto}$).

Per quanto riguarda invece la **natura dei carichi applicati**, è necessario individuare se la pressione esercitata sul prodotto è di natura *permanente* (**W1**), *temporanea* (**W2**), oppure *ciclica* (**W3**).

TEFOND HP DRAIN

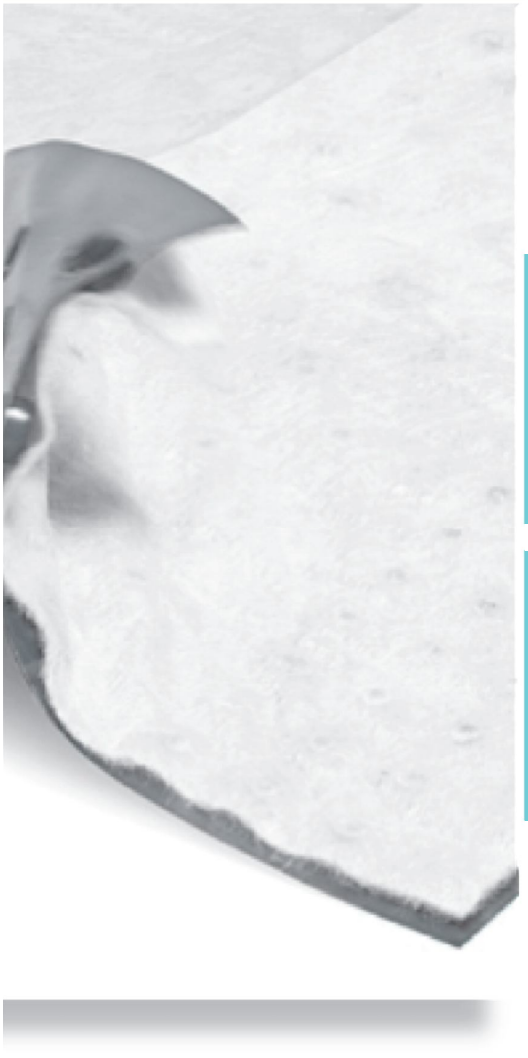
Il geocomposito drenante tipo **Tefond HP Drain** è ottenuto accoppiando una membrana termoformata a bugne semisferiche ad un geotessile tessuto non tessuto in PP.
L'anima termoformata dotata di bugne semisferiche (spessore della lamina 0,85 mm - spessore del geocomposito 8 mm) presenta una resistenza a compressione pari a 275 kPa; ciò permette al sistema di mantenere uno spessore residuo anche ad elevati carichi applicati.
Alle due estremità del rotolo, sono predisposte due strisce, larghe 20 cm ciascuna, su cui Sono realizzate delle bugne a differente conformazione geometrica e disposizione planimetrica rispetto a quelle semisferiche presenti nel corpo centrale, con interposto un cordolo bituminoso. Tali fasce sono state studiate per agevolare la sovrapposizione dei rotoli adiacenti.





Per poter garantire il passaggio dei liquidi eventualmente intercettati, evitando il contatto diretto del terreno con le bugne, la lamina tridimensionale viene accoppiata ad un geotessile tessuto non tessuto filtrante da 100 gr/m2 in PP.
L'accoppiamento avviene in corrispondenza della parte convessa delle bugne (testa delle semisfere).
Il prodotto viene installato, prevedendo il contatto del geotessile con il piano di fondazione.

Particolare del sistema di giunzione che prevede la presenza contemporanea di un **sistema meccanico di fissaggio** rappresentato dalle bugne cilindriche, ed dal doppio **cordolino bituminoso** preservato dalla carta siliconata.

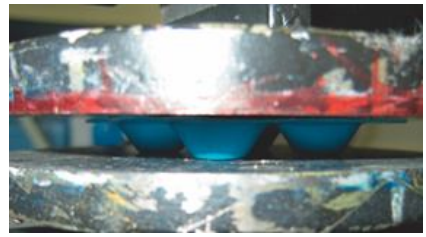


PUNTI DI FORZA DELLA SOLUZIONE

I principali vantaggi che si possono conseguire adottando il sistema **Tefond HP Drain** come strato anticapillare sono:

- *Presenza della membrana e del sistema di giunzione meccanico-chimico, rende di fatto poco probabile la risalita per capillarità dell'acqua, consentendo nello stesso tempo alla parte inferiore (caratterizzata dalla presenza del tessuto non tessuto filtrante) di intercettare i fluidi e poterli convogliare esternamente la base del rilevato;*

- *La presenza delle bugne concave consente, una volta saturate con il terreno costituente il corpo del rilevato, di aumentare sensibilmente la loro capacità di resistenza a compressione, garantendo nel tempo il mantenimento di elevate prestazioni idrauliche del prodotto (limitata riduzione di spessore del materiale nel tempo);*



TEST IN LABORATORIO

Per validare l'ipotesi di un possibile utilizzo di un GCD come strato drenante anticapillare alla base di rilevati stradali, si è deciso di eseguire una serie di test di laboratorio finalizzati, i cui risultati vengono di seguito presentati.

Oltre a verificare le caratteristiche fisico meccaniche del GCD, le prove eseguite hanno inevitabilmente interessato la misura della risalita capillare sia nel materiale naturale che in quello sintetico. Il GCD vergine è stato preliminarmente sottoposto alla seguente serie di prove di carattere fisico e meccanico:

TECNO PIEMONTE S.p.A.
ORGANISMO EUROPEO
NOTIFICATO N° 1372

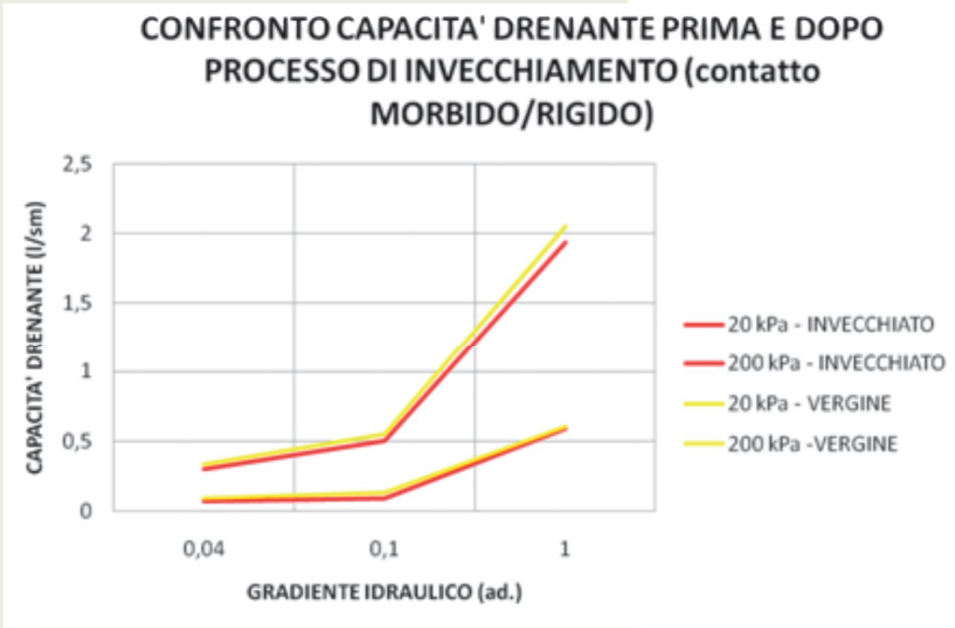
- *Massa areica (UNI EN ISO 9864);*
- *Spessore a 2, 20 e 500 kPa (UNI EN ISO 9863-1)*
- *Resistenza a trazione e allungamento a rottura (UNI EN ISO 10319)*
- *Resistenza a punzonamento statico (UNI EN ISO 12236)*
- *Capacità drenante nel piano (UNI EN ISO 12958)*
- *Test di invecchiamento accellerato (UNI ENV ISO 10722-1)*

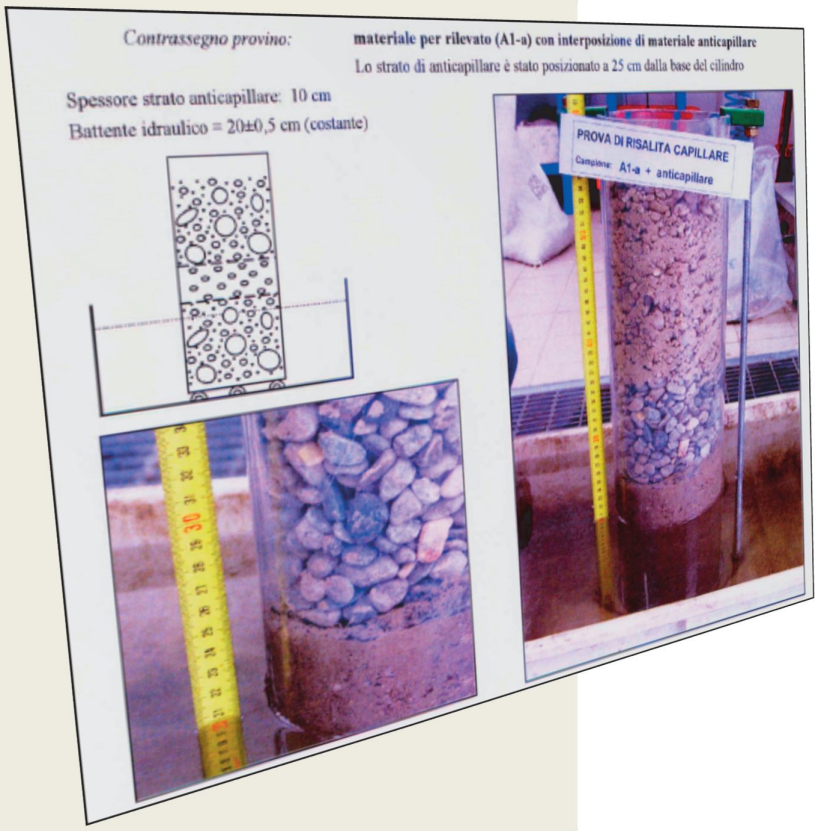
TEST DI INVECCHIAMENTO ACCELLERATO

Imateriali sono stati sottoposti ad invecchiamento con danneggiamento meccanico, per poter valutare il grado di deterioramento che il GCD potrebbe subire a seguito dell'installazione.
Al termine della procedura adottata per l'invecchiamento artificiale, sono state ripetute delle prove sui materiali invecchiati (*spessore, punzonamento statico e capacità drenante*).

Il processo di invecchiamento con danneggiamento meccanico che è stato eseguito fa riferimento alla norma UNI ENV ISO 10722-1.

La riduzione di prestazione idraulica del materiale sottoposto al processo di invecchiamento rispetto al materiale vergine non risulta significativa.


CONFRONTO CAPACITA' DRENANTE PRIMA E DOPO PROCESSO DI INVECCHIAMENTO (contatto MORBIDO/RIGIDO)
CAPACITA' DRENANTE (l/sm)
2,5
2
1,5
1
0,5
0
0,04
0,1
1
GRADIENTE IDRAULICO (ad.)
20 kPa - INVECCHIATO
200 kPa - INVECCHIATO
20 kPa - VERGINE
200 kPa -VERGINE


Contrassegno provino:
materiale per rilevato (A1-a) con interposizione di materiale anticapillare
Lo strato di anticapillare è stato posizionato a 25 cm dalla base del cilindro
Spessore strato anticapillare: 10 cm
Battente idraulico = 20±0,5 cm (costante)
PROVA DI RISALITA CAPILLARE
Campione: A1-a + anticapillare

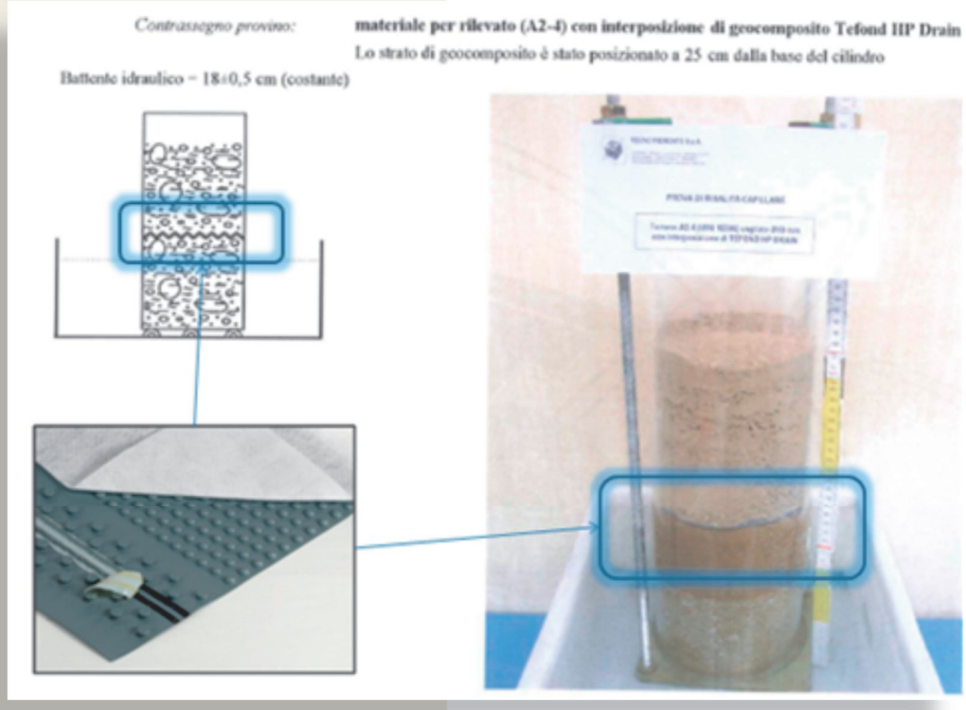
TEST DI RISALITA IN LABORATORIO

TECNO PIEMONTE S.p.A.
ORGANISMO EUROPEO
NOTIFICATO N° 1372

Per simulare la risalita capillare, non essendoci una norma specifica che stabilisca come debba essere condotto il test, i tecnici di Tecnopiemonte hanno realizzato una procedura di seguito illustrata.

Viene ricostruita la successione stratigrafica del terreno da testare all'interno di un cilindro in plexiglass.
Il cilindro, una volta realizzato, viene inserito all'interno di un contenitore quadrato in plastica, al cui interno è stata inserita preventivamente un quantitativo di acqua con battente idrico pari a 18 cm.
L'acqua, a contatto con gli strati di terreno, tende a risalire per capillarità.
La procedura ha previsto i seguenti passaggi:

- ❑ *Test di risalita capillare con materiale A2-4 (terreno da rilevato);*
- ❑ *Test di risalita capillare con materiale A2-4 + strato anticapillare naturale (ghiaia);*
- ❑ *Test di risalita capillare con materiale A2-4 + Tefond HP Drain (geodreno sintetico);*



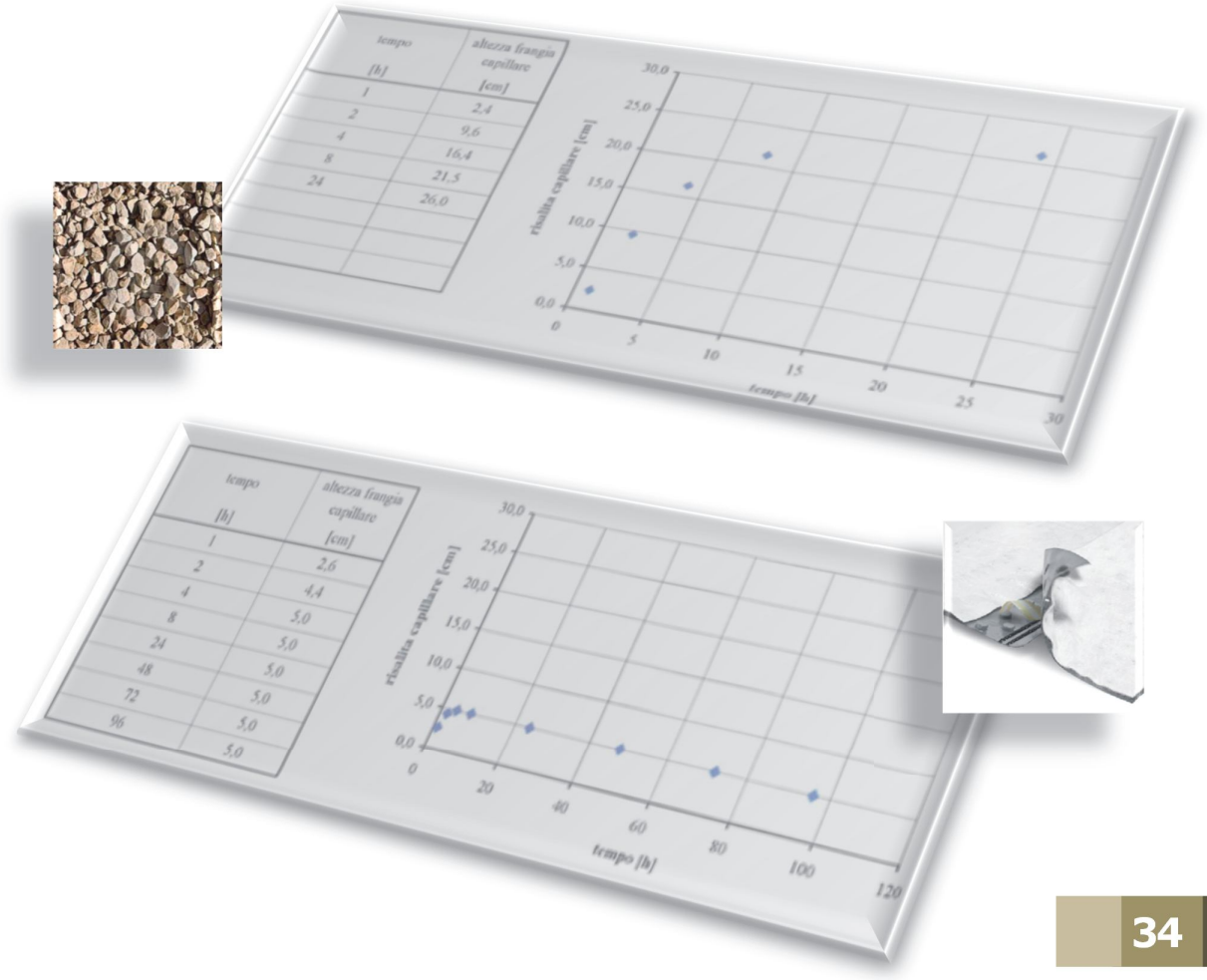
RISULTATI DEI TESTS

I risultati in termini di risalita capillare nei tre casi è risultato il seguente:

- Test di risalita capillare all'interno di terreno tipo A2-4: 25 cm;

- Test di risalita capillare all'interno di terreno tipo A2-4 con interposto lo strato naturale anticapillare: la risalita si interrompe una volta che il livello dell'acqua incontra lo strato anticapillare naturale;

- Test di risalita capillare all'interno di terreno tipo A2-4 con interposto lo strato sintetico Tefond HP Drain anticapillare: la risalita si interrompe una volta che il livello dell'acqua incontra lo strato anticapillare sintetico;

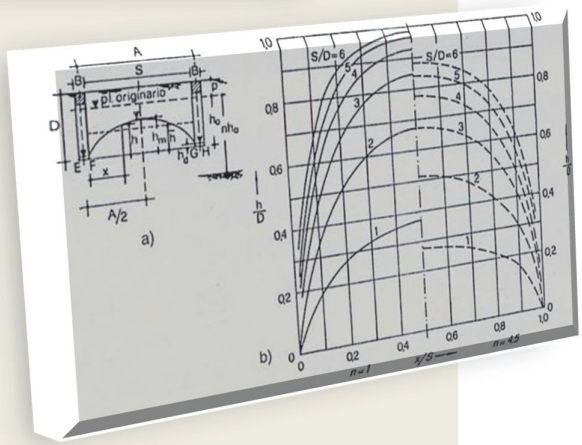


TRINCEA DRENANTE

PREMESSA

Solitamente le **trincee drenanti** sono impiegate per stabilizzare frane superficiali di natura traslazionale, non essendo possibile intervenire mediante azioni di riprofilatura del. Tali sistemi esplicano la loro funzione stabilizzante mediante l'azione drenante di materiale di riempimento costituito da materiale a grana grossa.

L'evidente differenza di permeabilità al contorno, consente di intercettare l'acqua presente all'interno della matrice ed allontanarla per gravità. Solitamente la massima profondità che si raggiunge con questa tipologia di intervento non supera mai i 5-6 m di profondità.



SISTEMA SPEEDRAIN®

La serie **Speedrain** è studiata per costituire una valida alternativa alle trincee drenanti classiche in ghiaia e geotessile. Il prodotto presenta 3 larghezze differenti (1,4 – 2,1 – 4 m) e la sua struttura drenante interna, a seconda dei carichi applicati al prodotto, può essere sia della serie **QDrain Z** che della serie **QDrain C**.
Alla base del prodotto è presente una tasca in geotessile, creata in fase produttiva per consentire l'alloggiamento della tubazione drenante quando il sistema verrà assemblato in cantiere.
Per agevolare l'inserimento del collettore drenante, si è previsto l'inserimento all'interno della tasca di geotessile di una corda, per tutta la lunghezza del rotolo.

SPEEDRAIN vs TRINCEA TRADIZIONALE

- ❑ **PIÙ FACILE** da installare;
- ❑ **PIÙ VELOCE** da installare;
- ❑ **PIÙ SICURO** (no manodopera all'interno dello scavo);
- ❑ **PIÙ ECONOMICO**;
- ❑ **PIU' PERFORMANTE** dal punto di vista idraulico;

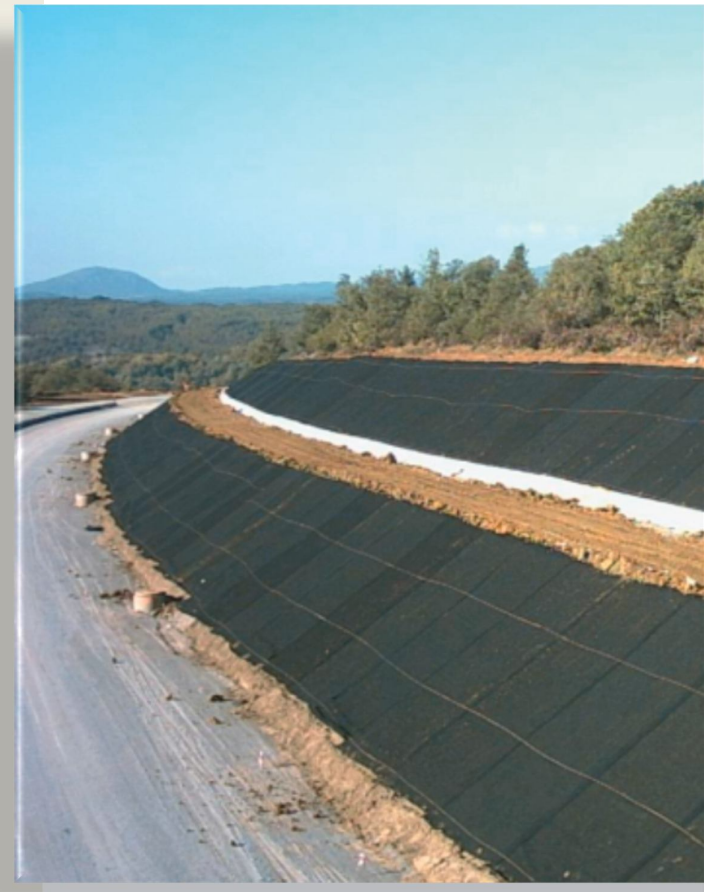
PENDII ASCIUTTI

PREMESSE

Uno dei maggiori problemi correlati ai pendii asciutti in assenza di copertura vegetale è l'asportazione della matrice solida da parte degli agenti erosivi (vento, acqua….).
Per tale ragione è buona norma progettuale prevedere l'utilizzo di elementi sintetici o naturali per la protezione del sottofondo dai fenomeni erosivi.
Oggi esistono diverse soluzioni (sia sintetiche che naturali) capaci di espletare una funzione protettiva.
Per i **sistemi sintetici**, si tratta sostanzialmente di prodotti tridimensionali accoppiati anche con altri materiali (sintetici o naturali a loro volta) la cui durabilità nel tempo consente di studiare un sistema protettivo non deperibile.

KMat

XGrid AM

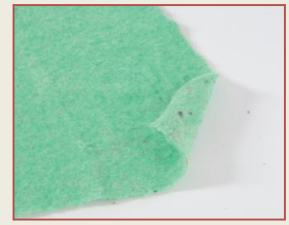


Per i **sistemi naturali**, esistono dei materiali a matrice 100% in fibre biodegradabili (Juta, cocco, fibra di cellulosa…) che svolgono la stessa funzione dei prodotti sintetici, con l'unica eccezione che nel corso dei primi anni dopo l'installazione, tendono a degradare chimicamente.

Le famiglie di prodotto sono :

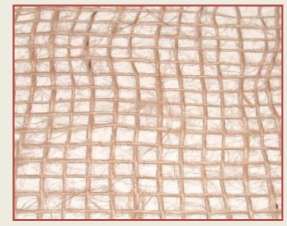
- *Bioreti in juta*
- *Biostuoie in paglia o paglia cocco*
- *Biofeltri preseminati*

Ecovermat Grass



Ecovermat PC

Ecovernet J



FOSSI DI GUARDIA

PREMESSE

I fossi di guardia sono canali di modeste dimensioni realizzati al fine di captare le acque di ruscellamento superficiale prima che esse possano raggiungere la sede dell'infrastruttura.

In genere la sezione del fosso di guardia è trapezia, in terra o rivestita.
Sono realizzati in linea pressoché longitudinale rispetto all'asse dell'infrastruttura subito a monte dell'impronta delle opere di sedime.

Il deflusso delle acque nei fossi di guardia è quello individuato dalla pendenza del fosso che coincide con quella del terreno ove esso trova sede e non necessariamente tale deflusso ha il medesimo verso del deflusso delle acque di cunetta.

CAMPI PROVA MATERIALI

Tema, in collaborazione con le primarie imprese di costruzioni italiane ed estere, organizza a richiesta dei **CAMPI PROVA**, finalizzati a verificare l'idoneità della soluzione ipotizzata, potendo contare su un'ampia gamma di combinazioni di materiali.

Questa possibilità consente di "personalizzare" l'intervento ma soprattutto di risolvere le problematiche operative che di presentano in cantiere.

FOSSI IN TERRA

PREMESSE

In taluni casi è necessari prevedere il rivestimento del tratto di infrastruttura esterna al tracciato stradale con guaine impermeabili, per evitare la contaminazione del terreno da parte di idrocarburi o altre sostanze pericolose trasportate dai mezzi pesanti.

Il rivestimento puo' essere eseguito mediante la posa in opera di guaine bugnate in PE, eventualmente accoppiate con elementi filtranti, successivamente ricoperti con il terreno di riporto.

Tale consuetudine è particolarmente adottata nei paesi dell'Est Europa, in cui l'azienda Tema è particolarmente coinvolta attraverso una rete di aziende consociate (Polonia, Ungheria, Rep. Ceca, Romania, Russia, Ucraina……)

Tefond HP Drain - SISTEMI DI IMPERMEABILIZZAZIONE E DRENAGGIO

Tefond HP Drain è una membrana in PE termoformata. Il prodotto puo' essere anche accoppiato ad un tessuto non tessuto filtrante per poter contare anche sulla funzione drenante (il prodotto è infatti certificato CE con funzione drenante).

È anche possibile prevedere l'inserimento di un cordolino bituminoso per facilitare la giunzione dei rotoli lateralmente, ottenendo una tenuta meccanica migliore rispetto la sola sovrapposizione dei teli.

Tema: tecnologie e materiali per l'edilizia e l'ambiente

Nella realizzazione di opere edilizie e interventi di ingegneria ambientale esistono fondamentalmente due aspetti: quello visibile, in gran parte estetico, e quello non visibile, che coinvolge elementi strutturali, di protezione, mantenimento e sicurezza. Di quest'ultimo aspetto si occupa Tema da oltre 10 anni distinguendosi, sia per le soluzioni applicative originali (in numerosi casi fortemente competitive), che per le innovazioni tecnologiche e l'utilizzo di nuovi materiali.

Tema si avvale di un moderno sistema produttivo con sedi in Italia, Spagna, Turchia e Russia. Opera quotidianamente in oltre 60 paesi dove è protagonista nel mercato con soluzioni e prodotti per il drenaggio e l'isolamento nei settori dell'edilizia residenziale e civile.

Altrettanto importanti sono le innovative soluzioni ideate appositamente per le grandi opere d'intervento ambientale: Tema propone difatti la più vasta e completa gamma di geocompositi drenanti e geostuoie tridimensionali antierosione.

Tema si caratterizza inoltre per la continua ricerca di nuovi prodotti, il coinvolgimento attivo di progettisti e imprese, l'affiancamento ai clienti nelle fasi che precedono la vendita e dopo la posa in opera.

TeMa Technologies and Materials srl

via dell'Industria 21
31029 Vittorio Veneto (TV) ITALY
Tel +39 0438 5031
fax +39 0438 503462
e-mail: info@temacorporation.com