



**STRADE, FERROVIE, GRANDI AREE**

**TENAX**

*Man. Technology. Environment.*

# STABILIZZAZIONE DI BASE



TENAX GEOSINTETICI	4
STRADE	8
FERROVIE	16
GRANDI AREE	20
APPLICAZIONI COMPLEMENTARI	24



*La realizzazione di opere su grandi aree su terreni soffici richiede un miglioramento delle caratteristiche del terreno al fine di aumentare la capacità portante, evitare la formazione di buche e ridurre i cedimenti differenziali.*

*Le geogriglie e i geocompositi Tenax sono specificatamente studiati per il rinforzo di base di terreni cedevoli: sono soluzioni non invadenti ed economicamente vantaggiose rispetto ad altri tipo di interventi.*

## LA NOSTRA STORIA

*TENAX nasce a Viganò Brianza (Lecco) nel 1960 a seguito dell'avvento del polipropilene e grazie alla sua capacità tecnologica di trasformare questo nuovo polimero in strutture reticolari.*

*Capacità tecniche e internazionalizzazione ci hanno consentito un forte sviluppo, permettendoci di realizzare prodotti e soluzioni per svariati settori quali il giardinaggio, l'agricoltura, l'industria, l'edilizia e la geotecnica.*

*In questo ultimo ambito, dagli anni '80, abbiamo sviluppato una gamma diversificata di geosintetici, materiali plastici a elevato contenuto tecnologico, che rappresentano una soluzione economica e meno impattante per l'ambiente rispetto alle tradizionali opere realizzate in progetti d'ingegneria civile e ambientale.*

## MADE IN ITALY

*Tutti i prodotti TENAX nascono in Italia nei nostri laboratori dedicati alla ricerca e allo sviluppo, per poi essere industrializzati nei nostri impianti, anch'essi progettati e realizzati autonomamente.*

*Un sofisticato sistema di monitoraggio, applicato a tutti gli impianti produttivi automatizzati, effettua in continuo rilevazioni su tutti i lotti in fase di realizzazione. I dati ottenuti consentono di tenere costantemente sotto controllo il processo, con un duplice vantaggio in termini di pianificazione della produzione e di verifica della qualità.*

## SUPPORTO TECNICO-SCIENTIFICO

*"Technical Competence Center" è la struttura interna di TENAX costituita da un team di tecnici orientati al "problem solving", sempre vicino al cliente, che offre una vasta gamma di servizi specializzati quali:*

- sopralluoghi preliminari;
- studi di fattibilità e progetti esecutivi;
- specifiche tecniche e analisi dei costi per capitolati d'appalto;
- indicazioni di posa e guide standard per l'installazione;
- formazione del personale in cantiere;
- test di laboratorio indipendenti secondo la normativa europea e internazionale;
- organizzazione di seminari, workshop scientifici e training aziendali.

## SOLUZIONI E PRODOTTI "AD HOC"

*L'elevata profondità di gamma e la pronta disponibilità dei geosintetici TENAX permettono di soddisfare la maggior parte delle esigenze progettuali.*

*Da sempre affianchiamo i nostri Clienti offrendo una competenza tecnica con soluzioni "su misura", dalla fase progettuale fino all'implementazione in cantiere. Nuovi prodotti, con specifiche caratteristiche a richiesta, sono realizzati in sinergia con il laboratorio interno TENAX che esegue test meccanici, idraulici e di durabilità necessari per il loro sviluppo.*

## IL NOSTRO IMPEGNO ECOSOSTENIBILE

*Difendere chi ci accoglie da sempre è la nostra aspirazione.*

*L'impegno di TENAX per la salvaguardia dell'ambiente si concretizza con l'utilizzo di tecnologie di produzione eco-compatibili, l'ottimizzazione del rendimento energetico, la diminuzione degli sprechi e l'utilizzo di polimeri al 100% riciclabili.*

*Con un importante obiettivo: la sostenibilità, economica, sociale, ambientale.*



*TENAX ha avviato un percorso di definizione della strategia di sostenibilità in collaborazione con LifeGate ([www.lifegate.it](http://www.lifegate.it) - Milano FM 105.1).*

I prodotti e i sistemi TENAX sono certificati dai più accreditati organismi internazionali. Per sviluppare, sperimentare e promuovere i geosintetici, collaboriamo con importanti Istituti Universitari e Centri di Ricerca.

<p><b>Certificazioni</b></p> <p>ISO 9001 ISO 14001</p> <p>0799-CPR-25</p> <p>Environmental Product Declaration</p>	<p><b>Associati</b></p> <p>Partecipazione attiva alle commissioni tecniche per i geosintetici UNI, CEN, ISO</p>
--	---

## **I GEOSINTETICI TENAX PER UNA STABILIZZAZIONE EFFICACE SENZA ALTERARE L'EQUILIBRIO NATURALE**

L'uomo nel corso della storia ha sviluppato vari metodi per migliorare la capacità portante di terreni soffici. Uno dei sistemi più antichi ed efficaci consiste nell'applicare un confinamento laterale al terreno per aumentarne la resistenza al taglio.

In passato, questo risultato veniva ottenuto utilizzando fascine di rami intrecciati o tronchi d'albero posizionati perpendicolarmente allo sviluppo della strada.

Un altro metodo antico prevede la formazione di uno strato di separazione tra il terreno di base e la struttura da costruire attraverso un sistema di drenaggio per prevenire la risalita dell'acqua nel materiale di riempimento. Tradizionalmente, si utilizzavano pelli animali o fibre tessili naturali come strato di separazione, mentre ghiaia e sabbia venivano impiegate come strati drenanti.

Fortunatamente ad oggi, le moderne tecnologie consentono l'uso di prodotti geosintetici per ottenere gli stessi effetti di confinamento laterale e migliorare la capacità portante e la stabilità dei terreni senza comprometterne l'equilibrio naturale.

L'impiego dei geosintetici, oltre a migliorare le performance dei terreni, consente di ridurre l'impatto ambientale e i costi rispetto ai tradizionali sistemi.

## Geosintetici per il rinforzo di base, la riduzione dei cedimenti e l'aumento della capacità portante

In ogni progettazione e realizzazione di un'opera stradale, ferroviaria, di grandi aree etc., è fondamentale valutare la natura intrinseca del terreno e le sue proprietà meccaniche, molte volte si rende necessario realizzare sistemi di ripartizione dei carichi per irrigidire la struttura e stabilizzarla in ottica di cost-saving, sostenibilità ambientale ed ottenere migliori performance.

I geosintetici applicati all'interno di uno strato di base portano vari benefici e vantaggi, quali:

- 1) Riduzione delle deformazioni orizzontali → con conseguente mantenimento dello spessore dello strato originalmente costruito;
- 2) Trasmissione degli sforzi e distribuzione dei carichi verticali → con conseguente incremento della capacità portante.

I vantaggi dell'impiego dei geosintetici sono evidenti sia in opere dove importanti carichi vengono distribuiti su aree estese, come per situazioni dove i carichi sono concentrati su "impronte di piccole dimensioni" (i.e. carico trasferito da uno pneumatico).

Un altro fattore importante da tenere in considerazione è la stratigrafica dei terreni, in molti casi la presenza di falde acquifere, ristagni, percorsi idrici sotterranei, possono compromettere la stabilità del terreno stesso incorrendo di possibili cedimenti, fessurazioni e/o veri e propri crolli.

In questi casi, oltre all'impiego dei geosintetici per la stabilizzazione e rinforzo di base, è opportuno abbinare un geocomposito drenante, per interrompere la risalita capillare e preservare l'integrità e la funzione degli strati soprastanti.

Esistono molte soluzioni sul mercato per risolvere questi problemi, TENAX con la sua esperienza, ha studiato, progettato e realizzato un'ampia gamma di prodotti per assolvere al meglio ogni specifica necessità.



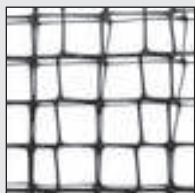
### Vantaggi nell'utilizzo dei geosintetici

- **Profondità degli scavi di sbancamento ridotta fino al 45%.**
- **Meno materiali di sbancamento da conferire in discarica.**
- **Utilizzo ridotto di materiali di riempimento più "nobili" (es. frantumati di cava).**
- **Minor numero di autotreni da utilizzare per la movimentazione dei materiali.**

# I Geosintetici TENAX per la stabilizzazione di base

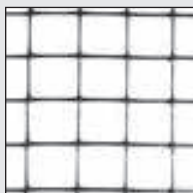
## GEOGRIGLIE TRI DIMENSIONALI

La famiglia delle geogriglie TENAX 3D GRIDS è stata studiata per garantire una migliore interazione con il terreno aumentandone il confinamento laterale e l'interlocking.



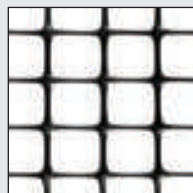
### TENAX 3D GRID MS

Prodotte con un esclusivo sistema di co-estrusione e stiro biassiale, sono progettate specificamente per la stabilizzazione ed il rinforzo dei terreni fini e meno addensati (limi, argille, sabbie), sono costituite da una struttura multistrato atta a formare una fitta rete di giunzioni multiple in grado di assicurare una elevata interazione coi terreni di questo tipo.



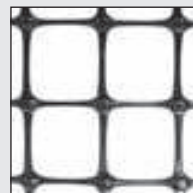
### TENAX 3D GRID S

Sono state sviluppate per ottenere una elevata sezione dei fili longitudinali e dei nodi, particolarmente indicate per terreni di media-piccola pezzatura.



### TENAX 3D GRID T e HT

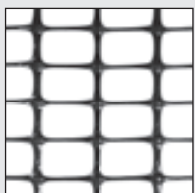
Sono una evoluzione delle 3D GRID S, la cui speciale forma a "T" riprende i vantaggi della rigidità della classica trave a T, risultando in una rete con aumentata rigidità torsionale e resistenza al taglio. La sezione a "T" consente anche di ottenere una miglior interazione con il terreno tramite confinamento laterale ma anche al piano.



### TENAX 3D GRID XL

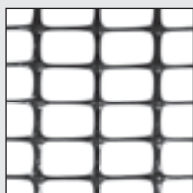
Le sue nervature particolarmente spesse, in combinazione con l'apertura maggiorata delle maglie, consentono una interazione ottimale con materiali granulari di grossa pezzatura.

## GEOGRIGLIE E GEOCOMPOSITI BI DIMENSIONALI



### TENAX LBO SAMP

Sono strutture al 100% in PP progettate per avere una resistenza a trazione isotropa per la stabilizzazione ed il rinforzo dei terreni.



### TENAX LBO HM

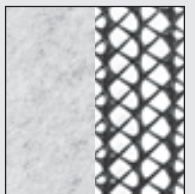
Sono strutture progettate specificamente per situazioni dove sono ammissibili minime deformazioni ed elevati moduli elastici, garantiscono elevate prestazioni tensionali alle deformazioni minime dello 0,5% e 2%.



### TENAX GT SAMP e HM

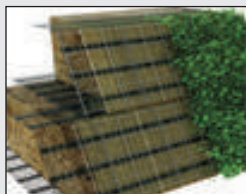
Geocomposito che impiega una geogriglia HM o SAMP abbinata ad un geotessile non tessuto. La geometria della griglia permette una forte interazione con il terreno mentre il geotessile consente di una completa separazione ed azione filtrante.

## GEOSINTETICI E SISTEMI COMPLEMENTARI



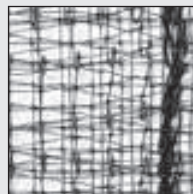
### TENAX TENDRAIN

È una struttura a maglie di forma triangolare composta da 3 ordini di fili sovrapposti ed intersecati. I fili interni più pesanti e spessi, permettono una elevata trasmissività e resistenza a compressione mentre i fili diagonali prevengono l'intrusione del geotessile e del terreno sotto carico verticale.



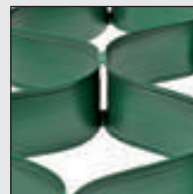
### TENAX SISTEMA RIVEL

Il sistema TENAX RIVEL consente di realizzare opere in terra rinforzata a facciata rinverdata che possono essere la soluzione per svariati ambiti. La realizzazione delle terre rinforzate è semplice, veloce e non richiede manodopera o mezzi speciali.



### TENAX MULTIMAT

La geostuoia TENAX MULTIMAT viene stesa su un pendio costituito da terreno adeguato alla crescita della vegetazione ed assolve, prima dell'attecchimento della vegetazione, alla funzione di limitare la velocità delle acque di ruscellamento e proteggere dall'erosione il terreno sottostante.



### TENAX TENWEB

Le geocelle TENAX TENWEB sono realizzate mediante un processo di estrusione in continuo di Polietilene senza successiva saldatura o borchiatura: le celle restano tra loro collegate attraverso giunzioni aperte dalle quali possono defluire liquidi e fluidi in modo da non stagnare e appesantire la mantellata.

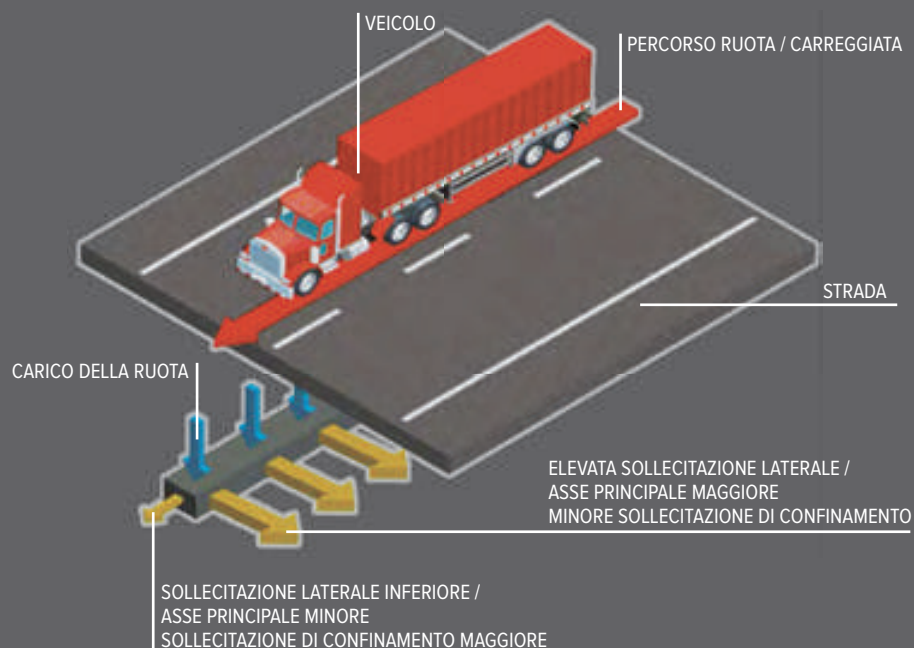
# STRADE



Le strade, come infrastrutture lineari, presentano una maggiore estensione nella direzione principale, quella longitudinale. Questo crea uno stato di deformazione piana, in cui la deformazione lungo tale direzione è quasi nulla e la sollecitazione è limitata. Al contrario, la sollecitazione è maggiore lungo le direzioni trasversale e verticale, che hanno una minore estensione. Data questa caratteristica, è comune il verificarsi di cedimenti mirati/localizzati lungo la direzione del passaggio veicolare, c.d. ormaie.

La soluzione consiste nel migliorare la trasmissione degli sforzi in orizzontale, perpendicolarmente allo sviluppo longitudinale dell'infrastruttura.

Pertanto è necessario ottenere un elevato confinamento laterale che interagisca con un più ampia sezione di terreno.



## TENAX 3D GRIDS. RISE FROM FLATNESS

**MAGGIORE  
INTERLOCKING**

**MIGLIORAMENTO  
DELLE  
PERFORMANCE**

**Riduzione  
del materiale  
di riempimento  
fino al 45%**

**Riduzione  
nella trasmissione  
dello sforzo  
fino al 30%**

### Le Geogriglie TENAX dalle prestazioni avanzate per ogni specifica stabilizzazione

Sono geogriglie sviluppate appositamente per consentire un ottimale rinforzo di base superando anche quelle già eccellenti delle tradizionali geogriglie estruse con struttura planare TENAX: lo spessore e la geometria assicurano una reale ed efficace struttura tridimensionale.

L'unicità della tecnologia produttiva TENAX assicura un altissimo livello di confinamento laterale sfruttando gli elevati spessori degli elementi longitudinali e delle giunzioni integrali.

Le differenti misure di maglia consentono di ottimizzare l'incastro dei granuli; il risultato è un prodotto unico, progettato e sviluppato specificatamente per migliorare la distribuzione degli sforzi, riducendo così la formazione delle ormaie e lo spessore di materiale granulare alla base di strade o ferrovie.

### Interlocking ottimizzato

Quando gli inerti vengono stesi e compattati al di sopra delle geogriglie di rinforzo, parte dei singoli granuli di terreno compenetrano nelle aperture della griglia stessa e vi rimangono "intrappolati" creando un efficace e saldo incastro lungo il piano della geogriglia (interlocking). Il meccanismo di incastro è fondamentale per caratterizzare il comportamento del geosintetico di rinforzo considerato: questo "vincolo" evidentemente esclusivo e caratteristico di una geogriglia di rinforzo e non di un geotessile, consente di contrastare in modo efficace i movimenti laterali dell'inerte aumentando considerevolmente le prestazioni della pavimentazione stradale assicurando un elevato controllo dei cedimenti e la conseguente formazione di solchi ed ormaie.

Partendo da questo principio lo staff di Ricerca & Sviluppo del Gruppo TENAX ha sviluppato un'**innovativa gamma di geogriglie estruse a giunzione integrale tridimensionali che puntano sull'ottimizzazione dell'interlocking.**

## TENAX 3D GRIDS. Ricerca e sviluppo

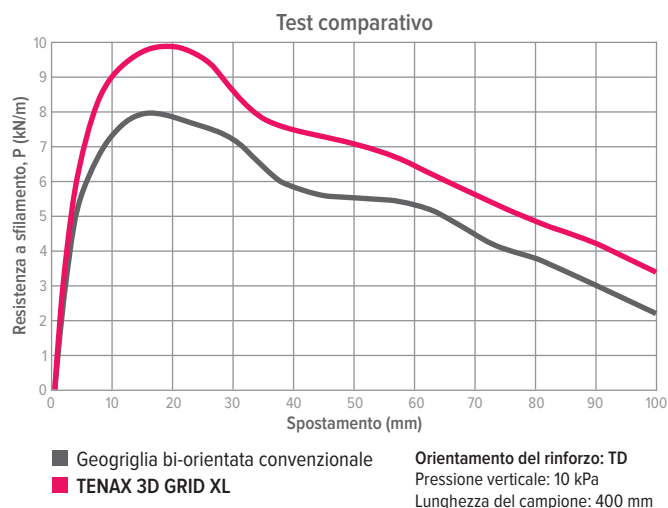
TENAX ha sviluppato la sua gamma 3D GRIDS dopo molti impegni in ricerche condotte in collaborazione con enti ed istituzioni prestigiose nel campo della progettazione e certificazione, sono stati condotti innumerevoli test e campagne prova per verificare le performance di ognuna delle griglie.

Come descritto in precedenza, il meccanismo attraverso cui il suolo trasmette le sollecitazioni alla geogriglia è l'interlocking (incastro); il meccanismo attraverso il quale la geogriglia trasmette la sua resistenza al suolo è lo sviluppo dei cunei di resistenza passiva.

Non è possibile in modo semplice misurare le resistenze sviluppate imponendo uno spostamento al terreno per verificare la capacità della geogriglia di trattenerlo; è però possibile imporre uno spostamento alla geogriglia e verificare la capacità del terreno di impedirne il movimento. Questo può essere fatto con un test di sfilamento (pullout), in cui un campione di geogriglia inserito in un terreno viene sottoposto a una sollecitazione normale e ad una forza di trazione orizzontale che cerca di estrarre la geogriglia dal terreno stesso.

Questo test è in grado di fornire anche il valore del coefficiente di attrito apparente (interfaccia terreno/geogriglia) indispensabile in fase progettuale.

Tramite una serie di prove effettuate anche in collaborazione con l'Università Mediterranea di Reggio Calabria è stato possibile valutare l'effetto della struttura del rinforzo e la differenza nelle prestazioni tra geogriglia planari tradizionali e geogriglie 3D. I risultati delle prove mostrano chiaramente l'efficacia della struttura delle geogriglie TENAX 3D GRID S rispetto alle geogriglie convenzionali.



Le geogriglie TENAX 3D GRIDS sono state testate in collaborazione con:



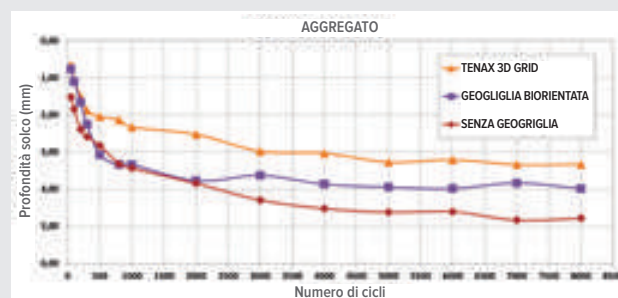
## CONFRONTO DEI CUNEI DI RESISTENZA PASSIVA

Allo scopo di validare e quantificare il comportamento delle geogriglie 3D è stata effettuata una estesa campagna di prove presso l'Università del Tennessee (USA) utilizzando un'apparecchiatura specifica per valutare le performance di pavimentazioni stradali (APA, Asphalt Pavement Analyzer), adattata per consentire di testare substrati granulari non legati. Questa apparecchiatura consente di verificare il comportamento di pacchetti stradali tipici applicando carichi ciclici che simulano il passaggio di mezzi gommati con una pressione di contatto controllabile. La profondità delle ormaie viene misurata con cadenza regolare dopo un prefissato numero di cicli di carico: in questo modo si possono ottenere grafici che riportano la profondità delle ormaie in funzione del numero di cicli eseguiti.

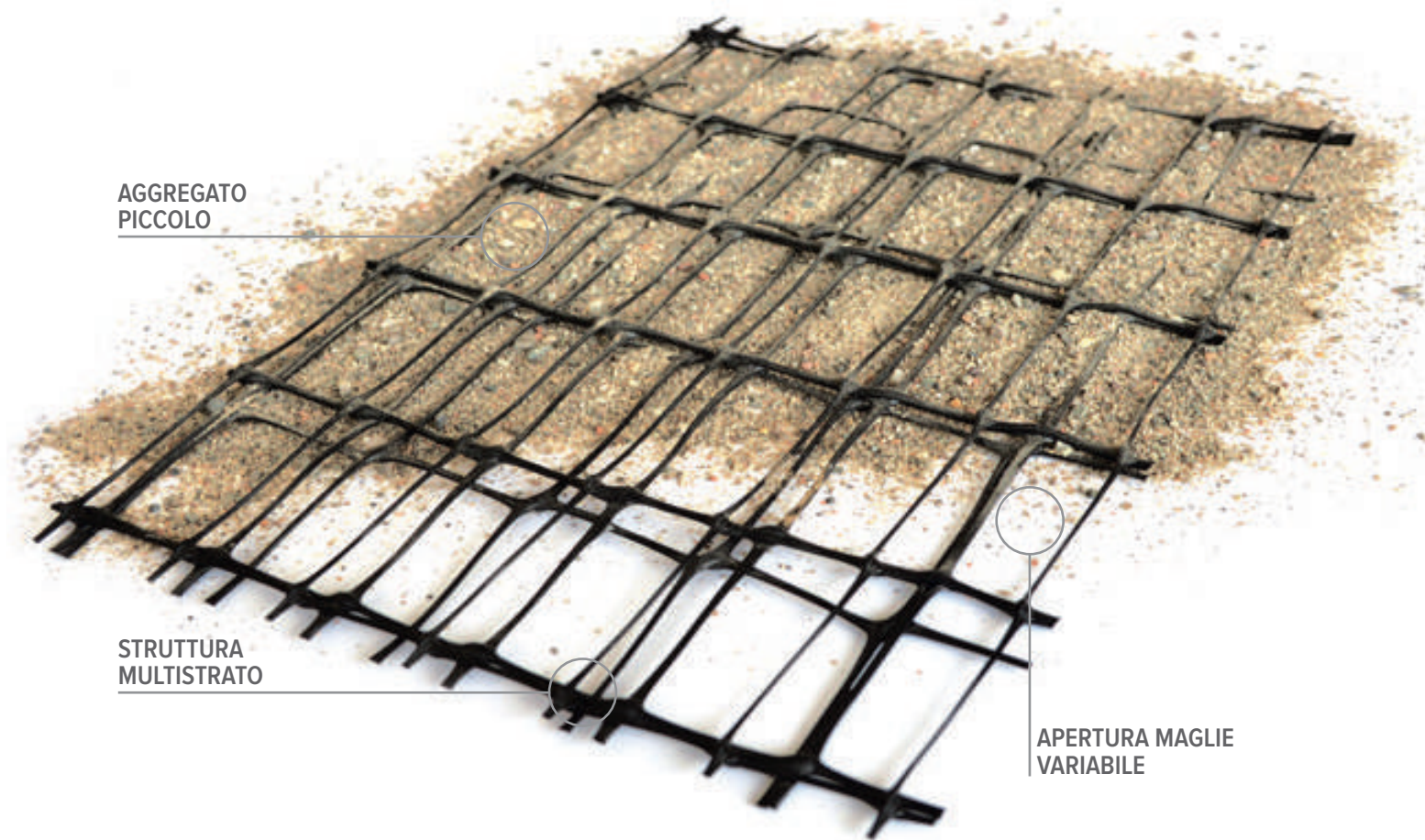
In accordo con quanto previsto nel documento AASHTO Designation: R 50-09 "Standard Practice for Geosynthetic Reinforcement of the Aggregate Base Course of Flexible Pavement Structures", per quantificare l'effetto dell'inserimento di un geosintetico di rinforzo in una pavimentazione flessibile è necessario effettuare delle prove di laboratorio in vera grandezza. Presso la struttura TRI-Environmental di Greenville (SC) negli USA sono stati fatti test utilizzando una apparecchiatura chiamata APT (Accelerated Pavement Tester). Il test prevede che vengano realizzate differenti sezioni stradali in vera grandezza sulle quali viene applicato ciclicamente, per mezzo di un semiasse mobile con ruota gemellata, un carico di 40 kN. Durante il test vengono misurate le ormaie al crescere dei cicli (passaggi delle auto).

Il rapporto tra la profondità delle ormaie, a parità di passaggi, tra una sezione di terreno stabilizzata con geogriglie ed una non rinforzata, è indicato come "Rut Reduction Ratio (R.R.R.)" ovvero Rapporto di riduzione delle ormaie; il rapporto tra il numero di cicli necessari per raggiungere una determinata profondità delle ormaie nei due casi (non rinforzato e rinforzato), viene invece chiamato "Traffic Benefit Ratio (T.B.R.)" (Rapporto di incremento del traffico); questo ultimo valore indica il possibile incremento della vita utile in una determinata sezione stradale rinforzata.

TENAX ha quindi sviluppato un software specifico (Tenax 3D) per la progettazione di una sezione stradale o la verifica di una sezione esistente a partire dai risultati dei test in scala reale sopra descritti. Il software consente ad ingegneri e progettisti di visualizzare, elaborare e comprendere i parametri e requisiti dei progetti prima della realizzazione dell'opera. Il suo utilizzo consente di ridurre i tempi di progettazione fornendo al contempo informazioni utili per studi di fattibilità, cost-saving e LCA.

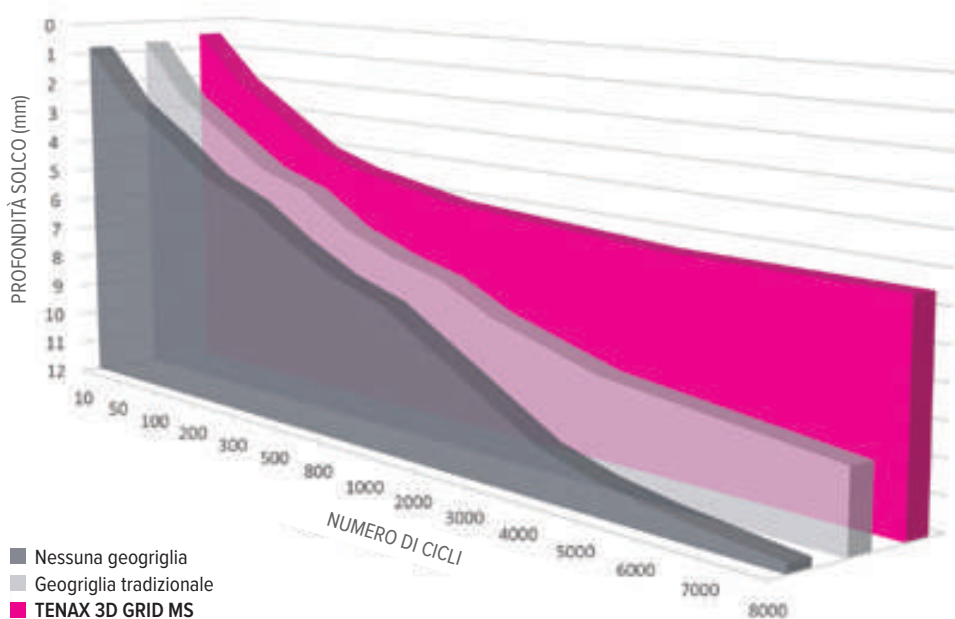
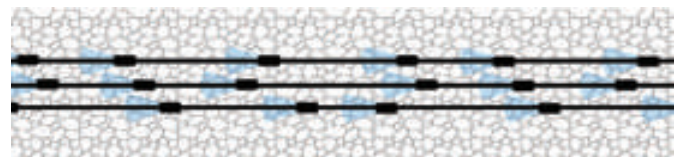


# TENAX 3D GRID MS

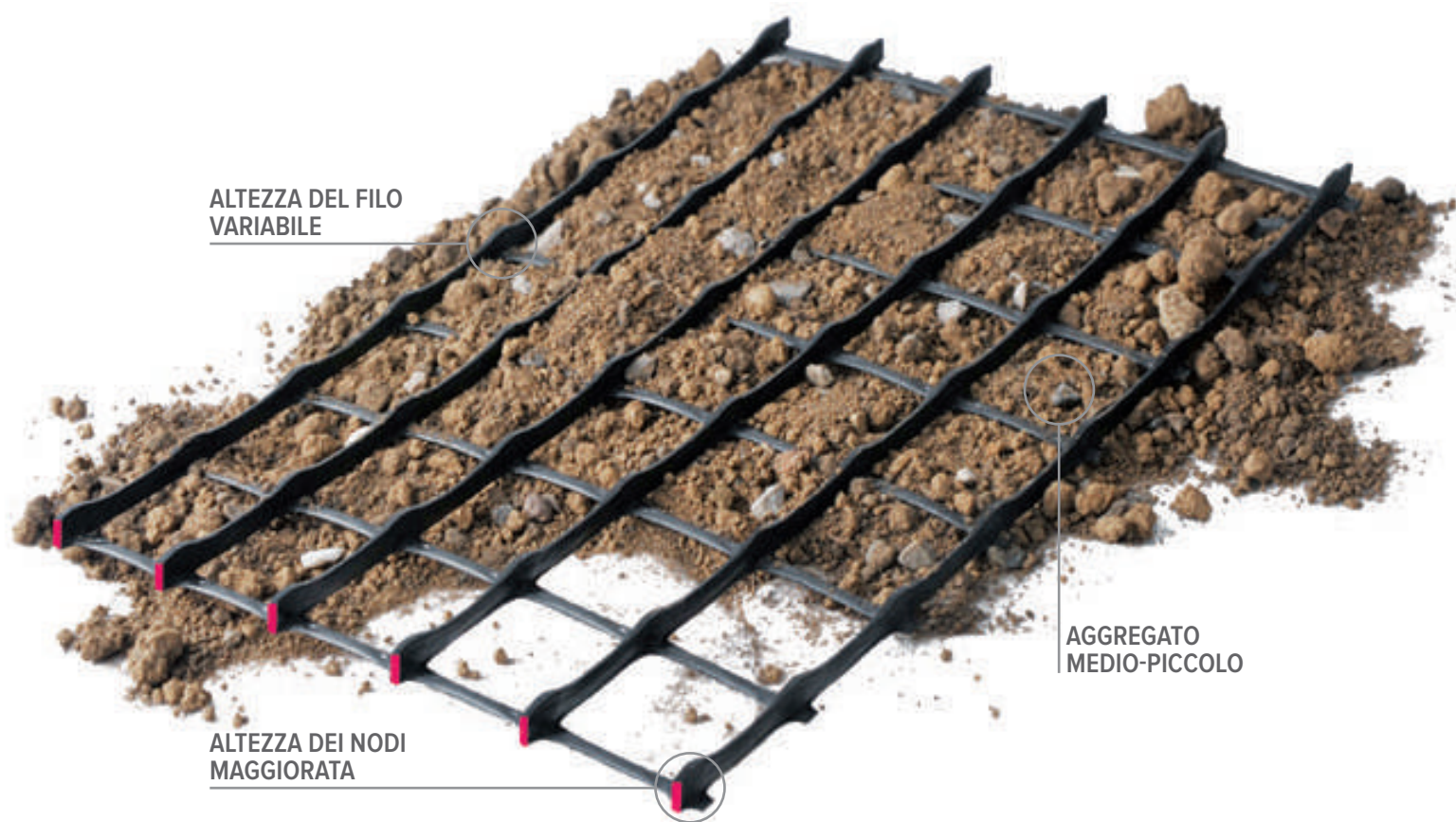


Le 3D GRID MS sono il prodotto ideato per assicurare una elevata interazione con i terreni fini, limosi e sabbiosi. Sono prodotte con un esclusivo sistema di coostrusione e stiro biassiale, che permette di creare una struttura multistrato con una fitta rete di giunzioni multiple in grado di assicurare l'interazione con una più ampia sezione di terreno.

**GRAFICO DEI CUNEI DI RESISTENZA PASSIVA IN CORRISPONDENZA DELLE NERVATURE**



## TENAX 3D GRID S

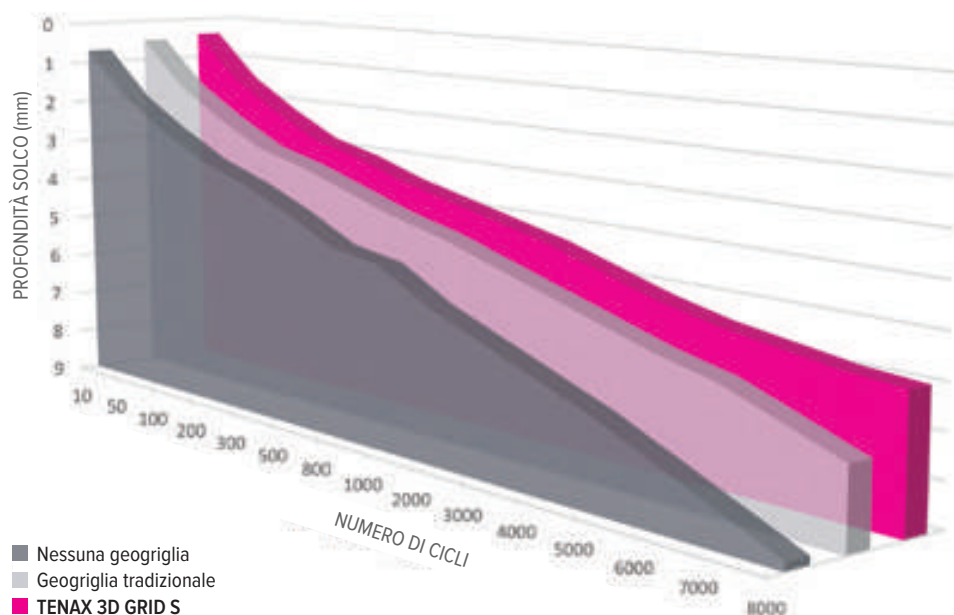
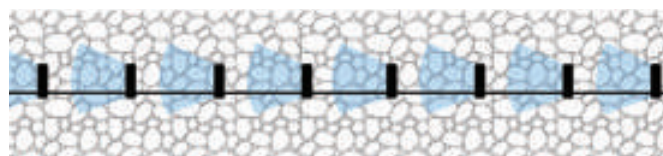


Le 3D GRID S sono state sviluppate per ottenere una elevata sezione dei fili longitudinali e dei nodi.

Dimensioni nodi 6 mm, spessore del filo longitudinale 4 mm.

Sono particolarmente indicate per terreni di media-piccola pezzatura.

### GRAFICO DEI CUNEI DI RESISTENZA PASSIVA IN CORRISPONDENZA DELLE NERVATURE



# TENAX 3D GRID T e HT

MIGLIORE RIGIDITÀ  
TORSIONALE

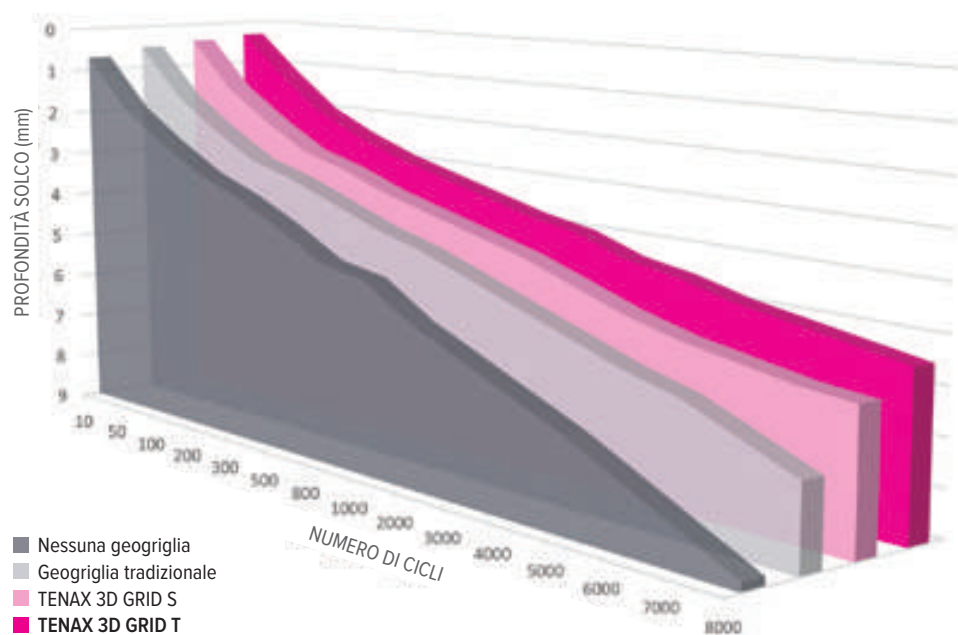
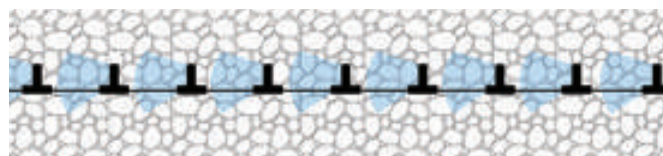
ALTA RIGIDITÀ TRASVERSALE  
OTTIMA STABILITÀ DI APERTURA

AGGREGATO  
MEDIO-PICCOLO

Le 3D GRID T e HT sono una evoluzione delle 3D GRID S, la cui speciale forma a "T" riprende i vantaggi della rigidità della classica trave a T, risultando in una rete con aumentata rigidità torsionale e resistenza al taglio.

La sezione a "T" consente anche di ottenere una miglior interazione con il terreno tramite confinamento laterale ma anche al piano.

GRAFICO DEI CUNEI DI RESISTENZA PASSIVA  
IN CORRISPONDENZA DELLE NERVATURE

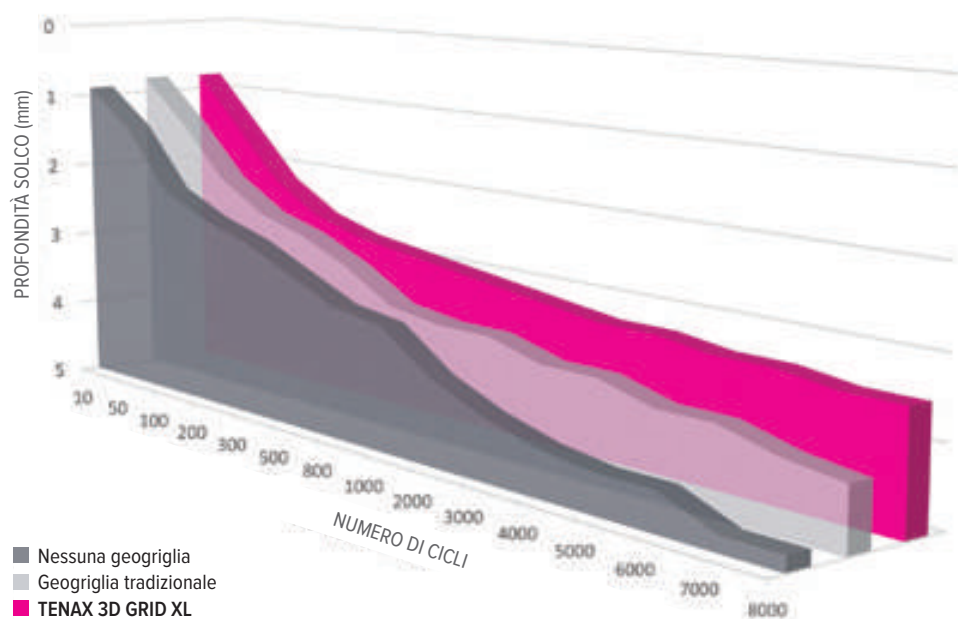
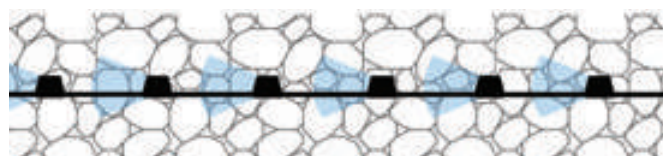


## TENAX 3D GRID XL



TENAX 3D GRID XL con le sue nervature particolarmente spesse, in combinazione con l'apertura maggiorata delle maglie (60x55mm), consentono una interazione ottimale con materiali granulari di grossa pezzatura.

GRAFICO DEI CUNEI DI RESISTENZA PASSIVA IN CORRISPONDENZA DELLE NERVATURE



## ESEMPI DI APPLICAZIONI



*Ucraina, applicazione della geogriglia TENAX 3D GRID XL per la stabilizzazione di una strada.*



*Roma, Basilica di San Pietro. Stabilizzazione del pavimento adiacente alla basilica con l'utilizzo del prodotto TENAX 3D GRID XL.*



*Abraham Darby Academy, Telford, Shropshire. Applicazione di 10'000 m<sup>2</sup> di geogriglia TENAX 3D Grid MS per la stabilizzazione del terreno prima della realizzazione di una scuola primaria.*

# FERROVIE



Il frequente passaggio dei treni in brevissimi intervalli di tempo, applica carichi dinamici al terreno con conseguenti cicli di compressione e decompressione molto intensi.

Pertanto le fondazioni ferroviarie sono soggette a continue sollecitazioni da fatica che comportano frequenti e costose manutenzioni.

Sebbene questi costi di manutenzione siano elevati, il fattore di costo di gran lunga più costoso è la riduzione delle entrate causata dai servizi interrotti.

Incorporando le geogriglie TENAX all'interno degli strati di costruzione ferroviaria, è possibile

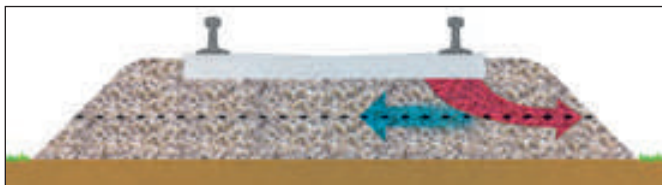
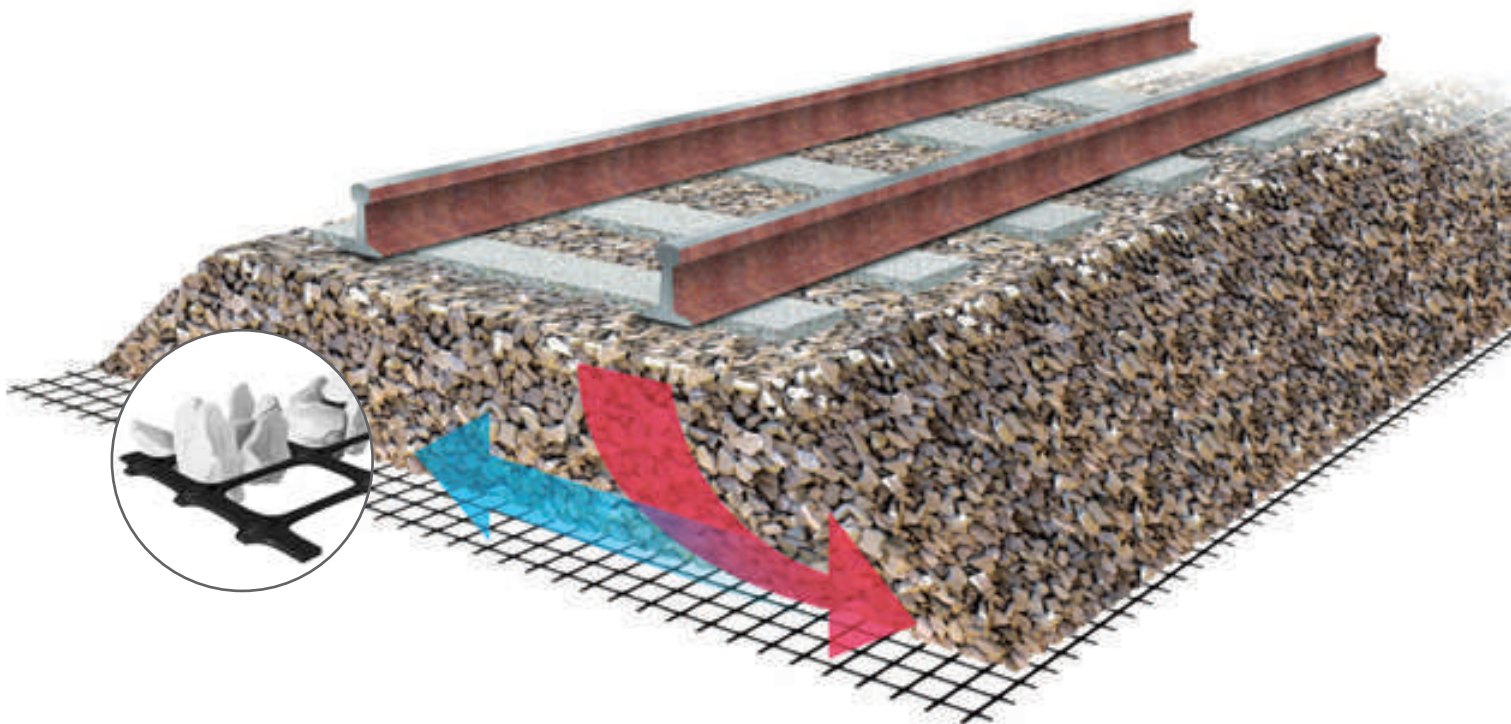
combinare importanti risparmi sui costi con notevoli vantaggi prestazionali sia a livello di massicciata che di livelli di sub-zavorra.

Quando il materiale granulare di ballast o subballast viene compattato sulle geogriglie TENAX, il riempimento di pietra entra parzialmente nelle aperture della griglia e viene infine bloccato per creare un forte e positivo incastro lungo il piano della geogriglia.

Questo meccanismo di bloccaggio consente alla griglia di resistere al movimento orizzontale delle pietre che migliora le prestazioni della massicciata e riduce l'assestamento della massicciata ferroviaria.

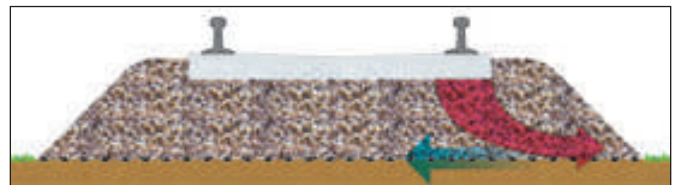
*Celje, Slovenia.  
Geogriglie TENAX installate nel sottopiede per aumentare la rigidità del rilevato e ridurre la perdita di aggregato nel sottofondo.*

## LE SOLUZIONI DI RINFORZO TENAX



### RINFORZO DI ZAVORRA

La geogriglia TENAX migliora la rigidità della zavorra e fornisce il confinamento laterale dell'aggregato grossolano.



### RINFORZO SOTTO-ZAVORRA

La geogriglia TENAX limita la deformazione dello strato di zavorra sovrastante e distribuisce le sollecitazioni lungo il piano della geogriglia.

## PER LE FERROVIE ESISTENTI

Nel corso del tempo, il costante movimento del traffico sui binari causa danni alla struttura della massicciata ferroviaria, creando spazi vuoti all'interno. È frequente osservare, lungo i binari, le traversine che si sollevano e scendono durante il passaggio delle ruote. Questo movimento eccessivo rappresenta un pericolo, pertanto è necessario riempire e compattare questi spazi vuoti per garantire una base solida per ciascuna traversina. In alcune zone, frammenti di pietrisco allentati e frantumati si accumulano negli spazi vuoti, compromettendo le proprietà di drenaggio degli strati di costruzione della ferrovia.

Per mantenere la stabilità e i livelli del binario, vengono eseguite delle operazioni chiamate "rincalzatura della massicciata". Queste operazioni coinvolgono l'uso di rincalzatrici appositamente progettate, le quali fanno vibrare il pietrisco e lo spingono sotto la traversina. Questa combinazione di azioni permette alla massicciata di sostenere in modo efficiente il binario, ripristinandone le condizioni ottimali.

Tuttavia, le ripetute operazioni di pressatura possono provocare ulteriori danni alle particelle del pietrisco, finendo per esaurirlo e richiedendo la sua sostituzione. È quindi auspicabile aumentare la durata del pietrisco, al fine di ridurre la necessità di ripetute operazioni di pressatura, con conseguente minor necessità di manutenzione, minor interruzione delle attività ferroviarie e maggiori risparmi per l'operatore del servizio ferroviario.

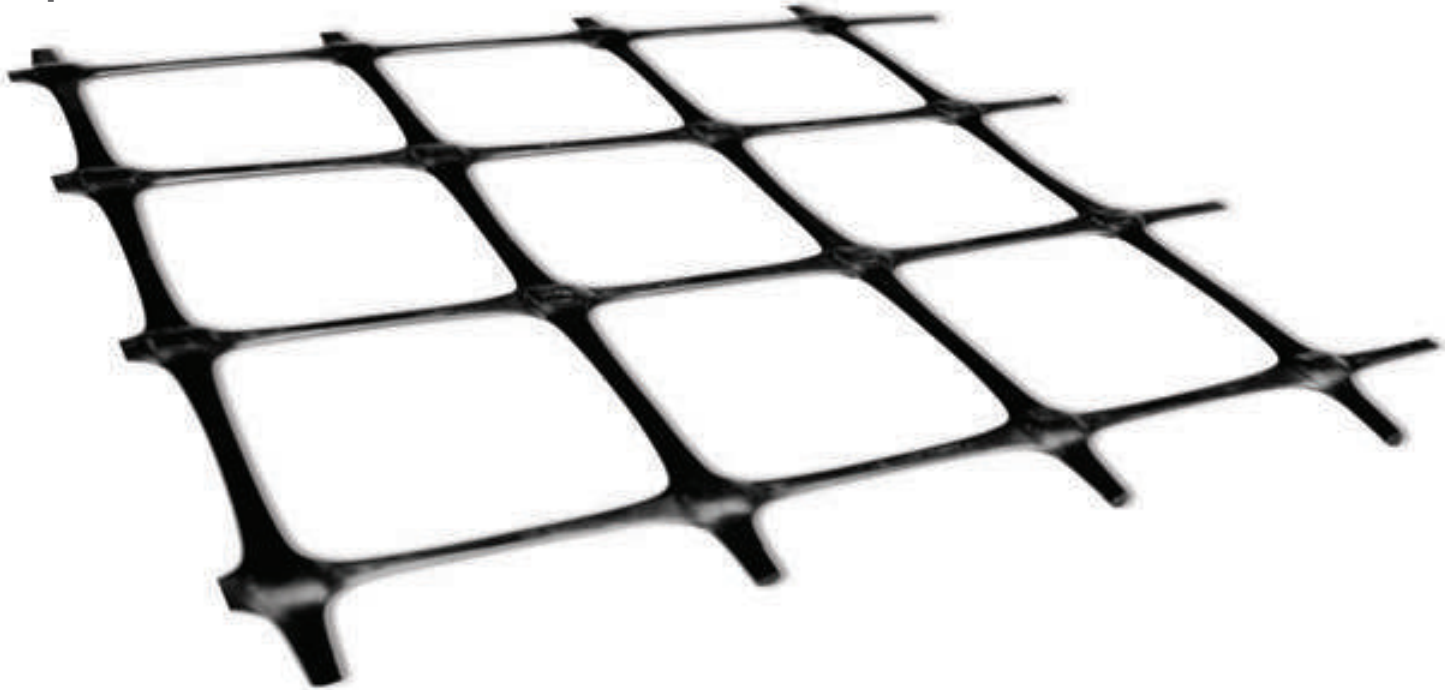
Le geogriglie TENAX sono utilizzate per limitare la deformazione negli strati di pietrisco fornendo una connessione solida lungo la loro superficie. Questo processo riduce la formazione di spazi vuoti e, di conseguenza, prolunga la durata del pietrisco. Ciò porta a importanti benefici in termini di risparmi economici e di impatto ambientale per l'operatore ferroviario che adotta queste soluzioni.

## PER LE NUOVE LINEE FERROVIARIE

Le geogriglie TENAX sono utilizzate anche nella costruzione di nuove linee ferroviarie su terreni di fondazione di scarsa qualità. L'uso di queste geogriglie all'interno del sottopiede consente di ridurre significativamente lo spessore richiesto dello strato, grazie al loro effetto di rinforzo. Questa soluzione può inoltre permettere di ridurre la profondità degli scavi su terreni poco consistenti, con conseguente riduzione dei costi di smaltimento dei materiali. Inoltre, le geogriglie possono essere impiegate anche in combinazione con inerti riciclati, come ad esempio il calcestruzzo frantumato.

I vantaggi economici e ambientali derivanti l'utilizzo delle geogriglie TENAX sono stati ampiamente sperimentati negli ultimi anni, in particolare nella costruzione di nuovi corridoi ferroviari in tutto il mondo.

## LE GEOGRIGLIE TENAX per il rinforzo del ballast ferroviario



Le geogriglie **TENAX LBO 370** e **HM 3L** sono state progettate specificamente con ampie aperture quadrate rigide di dimensioni ottimali t per massimizzare l'interblocco meccanico con la massciata ferroviaria.

Test di laboratori condotti da enti indipendenti, hanno confermato che la rigidità e la dimensione delle aperture sono determinanti per le prestazioni strutturali delle pavimentazioni.

Le geogriglie TENAX rappresentano una soluzione estremamente conveniente per il rinforzo del pietrisco su sottofondi soffici, offrendo significativi vantaggi per l'ottimo risultato finale dell'opera.

### CERTIFICAZIONE

Le geogriglie TENAX sono certificate certificata dalle autorità ferroviarie europee, tra cui Network Rail, l'autorità ferroviaria nazionale del Regno Unito e l'autorità ferroviaria nazionale dei Paesi Bassi.



### RICERCA E TEST

Data la caratteristica del materiale utilizzato per lo strato di ballast, ovvero uno dei materiali più aggressivi per i prodotti geosintetici (pietre spigolose di grandi dimensioni), è importante considerare e verificare le prestazioni della geogriglia anche dopo l'installazione.

TENAX ha condotto diversi test in scala reale in collaborazione con enti indipendenti, simulando il danno da urto e abrasione per attrito secondo la normativa EN ISO 13427.

Le geogriglie TENAX hanno mostrato resistenze residue superiori al 90% in entrambe le direzioni, risultando pertanto una soluzione ottimale per l'impiego in queste applicazioni.



### SEPARAZIONE E FUNZIONE DI FILTRAZIONE

Le geogriglie TENAX possono essere accoppiate con un geotessile al fine di ottenere oltre alla funzione di rinforzo/stabilizzazione, un'ulteriore funzione di separazione-filtrazione.

## ESEMPI DI APPLICAZIONI



*Midgham, Inghilterra.  
Geogriglie TENAX installate per aumentare  
le prestazioni della massicciata e ridurre le  
frequenze di manutenzione.*



*Vinkovci/Tovarnik, Croazia.  
Rinforzo con geogriglia TENAX della  
massicciata ferroviaria.  
185.000 m<sup>2</sup> di geogriglia sono stati installati  
per la ferrovia croata.*



*Mantgum, Paesi Bassi.  
Il rinnovo della massicciata del binario  
della Frisia è stato completato utilizzando  
un treno per la pulizia della massicciata  
che viaggia a 3 m/s posizionando  
contemporaneamente un geocomposito per  
stabilizzare l'interfaccia zavorra/sottotondo  
e per ridurre al minimo il movimento verso  
l'alto dei finì del sottotondo.*

# GRANDI AREE



Esistono numerose altre casistiche dove i geosintetici vengono applicati come rinforzo di base per la riduzione dei cedimenti e l'aumento della capacità portante.

In tutti i casi di realizzazione di opere su terreno soffice viene privilegiato l'impiego di geogriglie con modulo elastico elevato o isotrope.

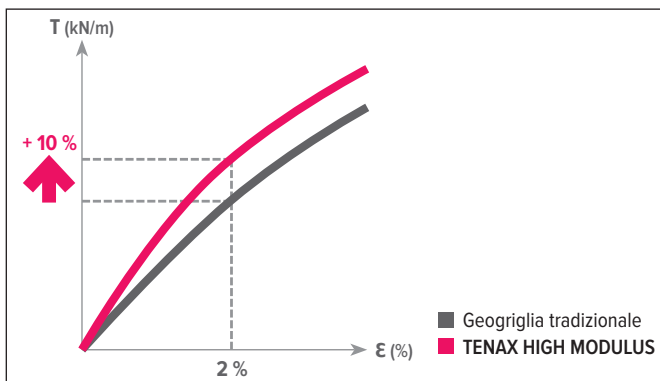
TENAX ha sviluppato entrambe le tipologie per coprire qualsiasi esigenza progettuale.

## L'importanza del modulo di una geogriglia

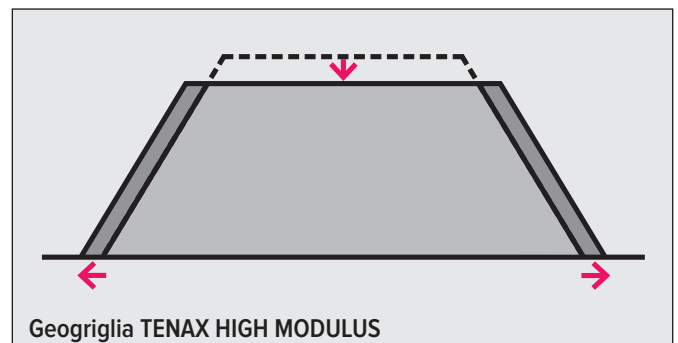
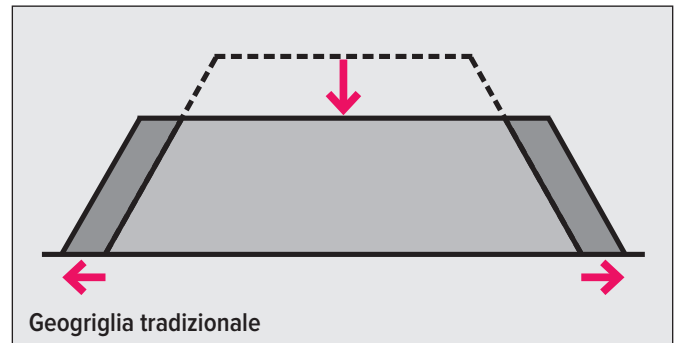
La resistenza a trazione al picco è un parametro che trova spesso applicazione nelle specifiche di capitolato, grazie alla facilità di reperire tale informazione nelle schede tecniche ed al fatto che tale parametro è uno dei requisiti fondamentali richiesti dalle norme armonizzate per la marcatura CE dei geosintetici. In realtà tale valore non ha un reale significato progettuale, e ciò principalmente per due motivi:

1. Alla tensione di picco qualunque geogriglia sviluppa deformazioni che non sono compatibili con la stabilità di qualunque struttura.
2. Alla tensione di picco, il comportamento viscoso del rinforzo potrebbe rendere insicure le strutture.

Continuare a considerare la Resistenza a Trazione di Picco quale parametro fondamentale per la progettazione non trova dunque riscontro nelle reali condizioni di esercizio dell'opera: infatti per tali valori si sono ormai sviluppate eccessive deformazioni non compatibili con la stabilità di una qualunque struttura.



Il valore corretto da usare durante la progettazione, nella redazione di una specifica di capitolato, o nel confronto tra materiali differenti è la resistenza a trazione che corrisponde ad una deformazione del 2%.



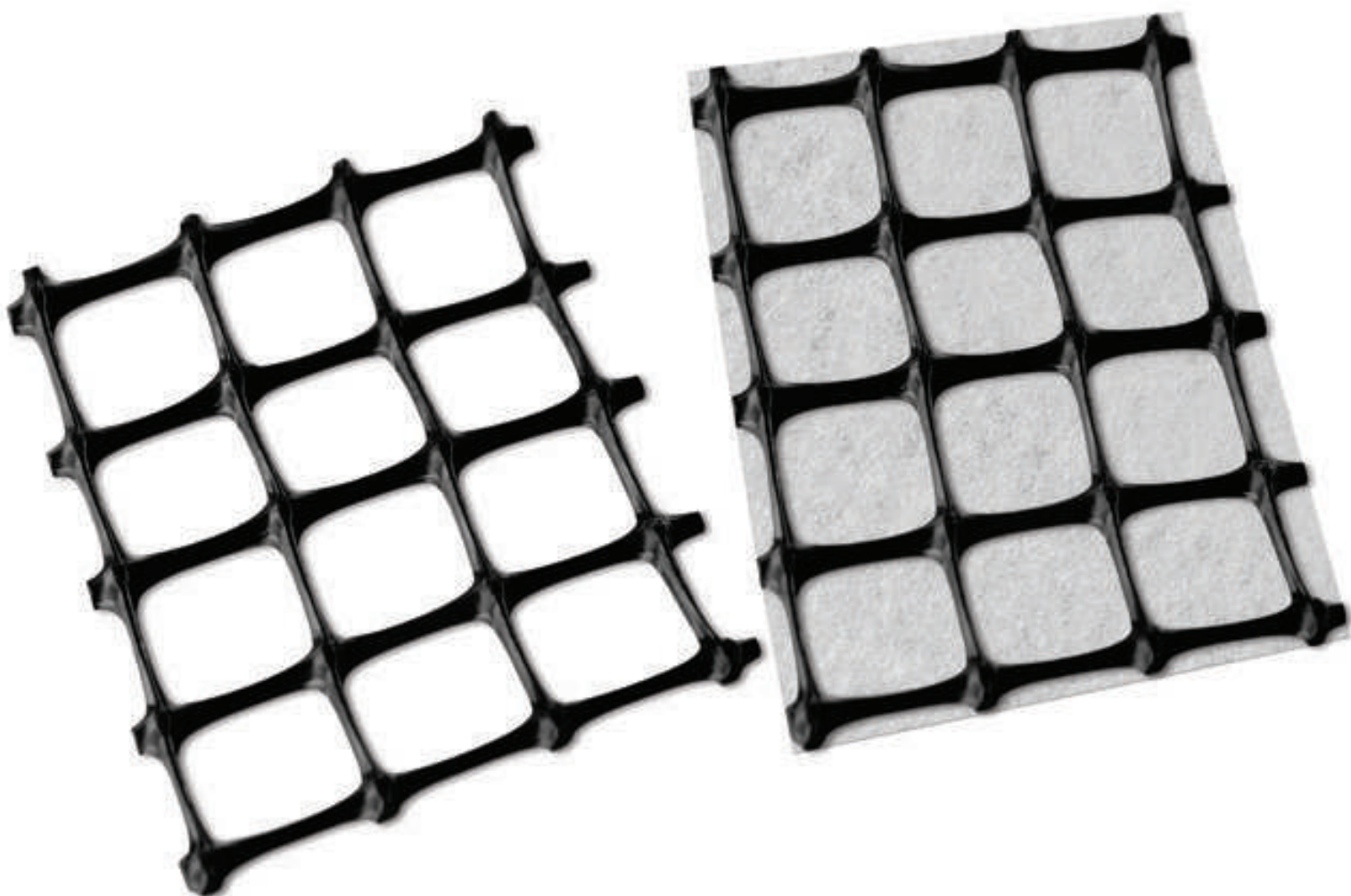
### ESEMPIO

Se dovessimo dimensionare un rilevato con larghezza pari a 30 m utilizzando come parametro di progetto la Resistenza a Trazione di Picco, significherebbe accettare una deformazione nel rinforzo pari almeno al 10%.

A questa deformazione corrisponderebbe un allungamento nella geogriglia di 3 m (10% di 30 m) mentre lo sviluppo alla base del rilevato passerebbe da 30 a 33 m, e pertanto in mezzzeria del rilevato si potrebbe sviluppare una freccia di  $[(33/2)^2 - 15^2]/2 = 6.87$  m.



## TENAX LBO HM e TENAX GT HM



Le geogriglie **TENAX LBO HM** ed i Geocompositi **TENAX GT HM** sono l'evoluzione delle tradizionali geogriglie bi-assiali a giunzione integrale in Polipropilene estruso.

L'unicità sta nell'incremento dei moduli Elastici ovvero delle prestazioni meccaniche a basse deformazioni (0,5% e 2,0%).

*Laddove sia invece espressamente richiesto l'impiego di geogriglie bistirate isotrope, TENAX mantiene la sua gamma **LBO SAMP** e **GT SAMP**.*

### VANTAGGI

- A parità di carico  
< **cedimenti della struttura**
- **Modulo Elastico > 10%**  
rispetto alle tradizionali geogriglie bi-assiali
- Massime prestazioni **fin da subito**
- **Nessun fenomeno viscoso** (creep)  
nei limiti delle deformazioni di esercizio
- Prestazioni superiori **a minor costo**

## PROCEDURE D'INSTALLAZIONE per geosintetici TENAX 3D GRIDS, LBO, GT

1. Ripulire il terreno da macerie, tronchi, etc.  
Spianare e livellare il sottofondo al livello previsto come richiesto da progetto;
2. Srotolare le geogriglie Tenax sul suolo e premere con le mani in modo da evitare pieghe.  
Sovrapporre il pannello della geogriglia, sia orizzontalmente, sia verticalmente, a seconda della resistenza del suolo.  
Chiedere il parere del tecnico, o in alternativa utilizzare la tabella di seguito per l'orientamento.

La sovrapposizione deve essere eseguita nella direzione del suolo per evitare il sollevamento della geogriglia. Le geogriglie Tenax possono essere tese e fissate lungo i bordi esterni con barre a "U" o con pietre.

*CBR(%) > 3 Sovrapposizione 300 mm*

*1 – 3     500 mm*

*< 1     750 mm*

### Tavola 1: Consigli per la Sovrapposizione

3. Il diametro delle particelle del terreno di riempimento deve essere attentamente selezionata al fine di ottimizzare le prestazioni della geogriglia.
4. Due distinte procedure di installazione devono essere utilizzate in base alla resistenza e alle caratteristiche del suolo del sito su cui si sta intervenendo:

#### Su sottofondo stabile

- Per l'applicazione del materiale di riempimento sul suolo ( $CBR > 3$ ), un camion con ruote in gomma può transitare direttamente sulla geogriglia molto lentamente (la velocità non deve superare i 10 km/h) e scaricare il materiale di riempimento.  
Gli operai non dovranno aggiungere alcun materiale quando il camion percorre la geogriglia.
- I veicoli cingolati non possono essere guidati direttamente sulla geogriglia, a meno che un minimo di 150 mm di materiale di riempimento posto tra la geogriglia e il suolo ne eviti la rottura.
- Il materiale dello strato di base deve essere collocato negli spessori verticali e compattato in conformità dei requisiti di progettazione.
- Eventuali solchi creati durante lo spargimento e a compattazione del materiale devono essere riempiti con altro materiale di riempimento per raggiungere lo spessore predefinito.

#### Su sottofondo cedevole

- Per un sottofondo cedevole ( $CBR$  tra 1-2) o molto cedevole ( $CBR < 1$ ), si consiglia di effettuare un riempimento iniziale di 300 mm con attrezzature di supporto. Per il riempimento di un sottofondo morbido sono raccomandate attrezzature a pressione per la distribuzione e per il riempimento di un sottofondo morbido.  
Scaricare il materiale di riempimento sulla geogriglia dove il sottofondo è più stabile, e poi distribuire il riempimento oltre la griglia, in corrispondenza del sottofondo più debole. Sono da evitare curve strette, frenature improvvise o curve.
- Camion con rimorchio o altri macchinari devono evitare di viaggiare sul materiale fino a quando il riempimento non sia totalmente compattato e lo spessore sia tale da poter sostenere il carico.
- La compattazione del materiale di riempimento, a seconda della densità prescritta, deve essere eseguita senza il sovraccarico del sottofondo. Utilizzare solo apparecchiature leggere per la compattazione del primo strato su sottofondi molto deboli. Se necessario, avvolgere la geogriglia sui bordi esterni per migliorarne le prestazioni.
- Eventuali solchi creati durante la distribuzione o la compattazione devono essere colmati con materiale di riempimento per raggiungere il livello di spessore predefinito.

5. Se è previsto più di uno strato di geogriglia, ripetere le fasi: 2, 3, e 4.

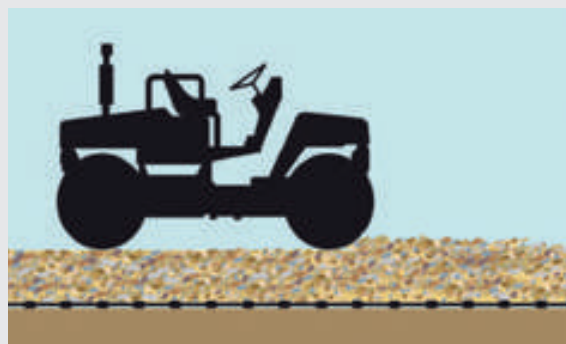
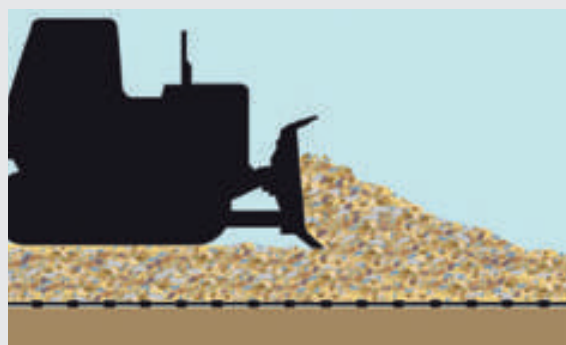
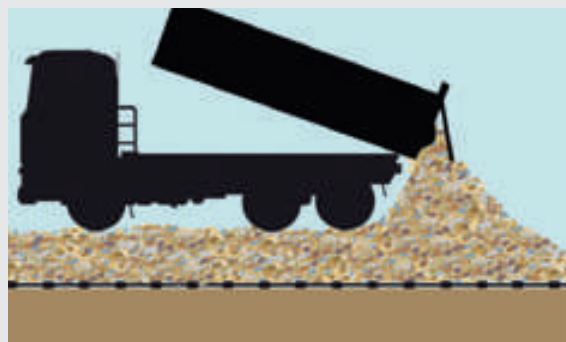
#### NOTE

**Riparazione** Le parti di Geogriglia che hanno subito danneggiamenti durante l'installazione devono essere riparate con rappezzi. Rimuovere il materiale di riempimento in corrispondenza dei 500 mm che circondano l'area del danno e poi mettere un rappezzo sulla Geogriglia per ricoprire l'area danneggiata, assicurando che si estenda per 500 mm dall'area stessa.

**Taglio** Le Geogriglie Tenax possono essere facilmente tagliate con cesoie per la realizzazione di botole, curve, etc.

**Protezione** La geogriglia deve essere protetta dall'esposizione a lungo termine alla luce solare diretta durante il trasporto e lo stoccaggio.

Dopo il posizionamento, la geogriglia dovrà essere coperta il prima possibile.



## APPLICAZIONI COMPLEMENTARI



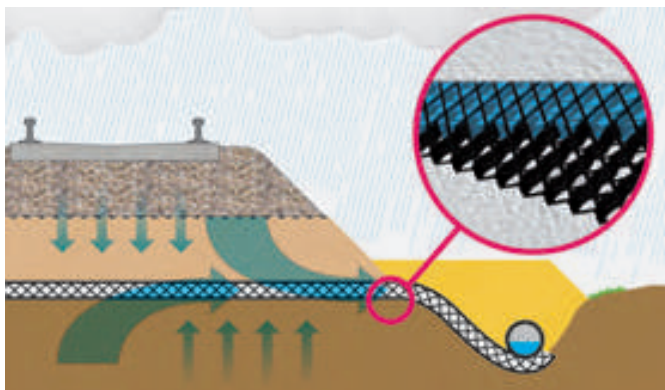
La stabilizzazione nella realizzazione di grandi opere è una parte degli interventi necessari per il loro completamento, esistono altre soluzioni TENAX che possono essere impiegate nella stessa opera con diverse funzioni complementari.

*Padova-Mestre, Italia.  
Strato di rottura capillare sotto  
la nuova linea ferroviaria ad alta velocità  
Milano-Venezia  
nell'area Venezia-Mestre.*

## ANTIRISALITA CAPILLARE

La presenza di una falda acquifera può causare il fenomeno di risalita capillare. Questo fenomeno genera nel tempo problemi di stabilità degli strati di terreno soprastanti a causa dell'azione erosiva e del dilavamento che riduce la compattezza degli strati.

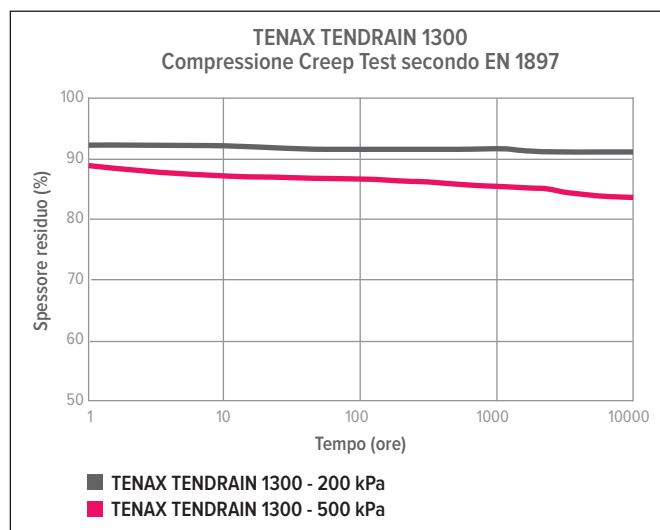
È essenziale prevedere l'adeguata protezione del terreno per evitare questo problema.



Una soluzione efficace consiste nell'utilizzo di un geocomposito **TENAX TENDRAIN** o **TENAX HD** come strato di barriera anticapillare. Questi materiali sostituiscono i tradizionali terreni drenanti e combinano le funzioni di separazione, filtrazione e drenaggio. Oltre ad evitare la risalita capillare, consentono un notevole risparmio economico, riducendo i mezzi necessari per il trasporto e velocizzando il processo di posa.

Nella progettazione è importante considerare la vita operativa del geocomposito drenante e la riduzione dello spessore, che influisce direttamente sulla capacità di drenaggio del prodotto, per tutta la durata d'esercizio.

**TENAX TENDRAIN** e **TENAX HD** sono stati testati secondo normativa EN 1897 e risultano performare fino al 95% del valore iniziale anche dopo 10.000 ore sotto importanti carichi (fino a 500 kPa) dimostrando di mantenere la propria capacità idraulica a lungo termine anche sotto elevate sollecitazioni di compressione.



### VANTAGGI

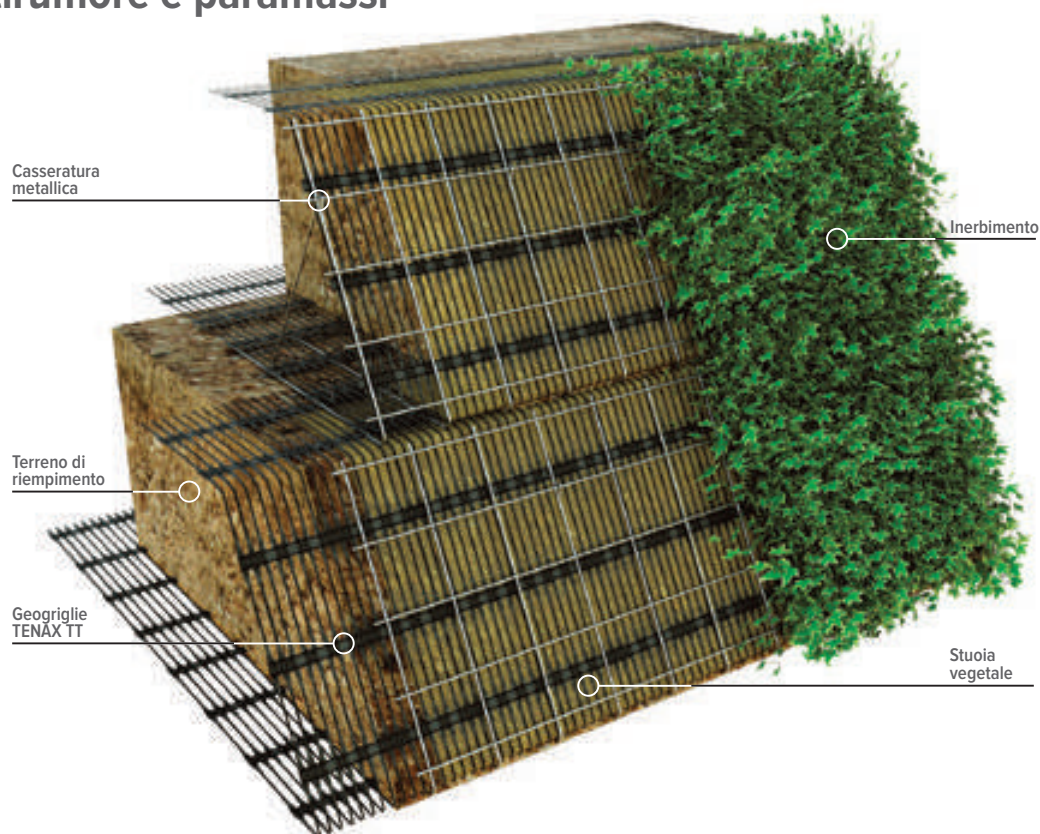
- Un notevole risparmio sui costi rispetto ai metodi di filtrazione tradizionali ad esempio coperte di filtrazione granulare importate.
- Un miglioramento dell'irrigidimento e della resistenza complessiva degli strati di zavorra e sub-zavorra grazie a un migliore controllo dell'acqua.
- Un potenziale ridotto per il pompaggio idraulico di terreni fini dal sottosuolo fino al sottopiede e al pietrisco.
- Un ridotto potenziale di aumento della pressione interstiziale in eccesso sotto carico ciclico.
- Riduzione della degradazione della zavorra dovuta all'abrasione dei fanghi, all'azione chimica e al congelamento dell'acqua.



## TERRE RINFORZATE per barriere antirumore e paramassi

### SISTEMA TENAX RIVEL

La versatilità del sistema consente la sua applicazione come barriera antirumore, paramassi, sostegno a spalla di ponti, rinforzo per rilevati stradali e ferroviari e molto altro ancora.



#### Le geogriglie TENAX TT

Sono strutture bidimensionali realizzate in HDPE mediante processo di estrusione e stiratura mono-direzionale e sono certificate per la realizzazione di pendii ripidi rinforzati con inclinazione fino a 85°.



#### Materiale di riempimento

La tecnica delle Terre Rinforzate consente di utilizzare qualsiasi tipo di terreno di riempimento; è comunque preferibile utilizzare un materiale granulare drenante con elevato angolo di attrito interno, possibilmente privo di ciottolame.



#### Cassero in rete elettrosaldata

Il sistema TENAX RIVEL prevede l'utilizzo in facciata di un cassero in rete elettrosaldata di guida e d'appoggio "a perdere" (Ø 6-8 mm / maglia 15x15 cm). Esso non ha alcuna funzione strutturale, ma consente rapide cadenze di posa.



#### Stuoia antierosiva TENAX FVP

In ogni intervento d'ingegneria naturalistica la vegetazione riveste un ruolo attivo nell'azione di protezione del versante. Per evitare l'intervento e gli oneri della idrosemina è possibile utilizzare TENAX FVP, Feltro Vegetativo Preseminato.



Spalla di ponte, Peljesac Bridge, Croazia.



Rilevato paramassi, Varenna (LC)

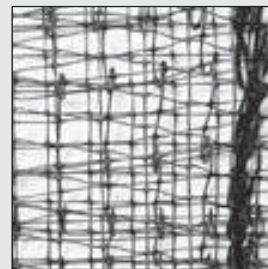
## CONTROLLO DELL'EROSIONE

*L'inerbimento di una superficie inclinata costituita essenzialmente da terreno vegetale si limita alla scelta di una semina d'idonee essenze erbacee e arbustive, poiché la natura stessa del terreno è indicata per la crescita e il mantenimento della vegetazione.*

*Ciò non toglie che, fino a quando si sviluppa l'apparato radicale delle essenze erbacee seminate o idroseminate, il filo d'erba risulta facilmente dilavabile da fenomeni di ruscellamento superficiale delle acque piovane.*



Per questa necessità vengono proposte le geostuoie 3D multi-strato **TENAX MULTIMAT** atte al trattenimento delle semine e, conseguentemente, all'ancoraggio immediato delle esili radici in fase di sviluppo prevenendo la formazione di solchi. Sono realizzate in polipropilene (PP) e costituite da 2 strati esterni di geogriglie piane e da uno centrale plissettato così da dare consistenza e spessore alla geostuoia rendendola particolarmente resistente allo schiacciamento; i 3 strati sono tra loro cuciti industrialmente con un filato ad alta tenacità.



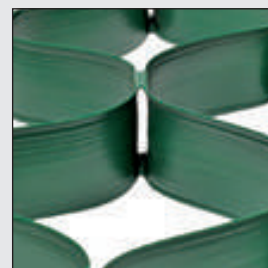
### TENAX MULTIMAT

La geostuoia TENAX MULTIMAT 100 viene utilizzata come TRM (Turf Reinforcement Mat): posizionata sul pendio da inerbire ed intasata con terreno vegetale, protegge e trattiene lo strato superficiale di terreno, i semi e i germogli dall'eventuale azione trascinatrice dell'acqua, sia piovana che di ruscellamento; inoltre consente "l'ancoraggio" delle radici delle essenze erbacee ed arbustive seminate, che formeranno con essa un blocco unico ancor più resistente all'azione dell'acqua e della forza di gravità. La geostuoia va saturata con terriccio vegetale fine e asciutto all'interno del quale può essere pre-miscelato mix di sementi.

*Spesso il terreno che costituisce un pendio risulta avere una prevalente matrice arida e mancanza di materiale organico; questo succede per esempio durante il taglio di pendii rocciosi o comunque aridi per la costruzione di rilevati stradali. In queste condizioni è necessario provvedere alla posa di un adeguato spessore di terreno di coltivo per consentire la crescita della vegetazione. Poiché il terreno vegetale ha scarse proprietà meccaniche e può quindi facilmente scivolare lungo il pendio, può essere dilavato in caso di forti piogge prima della crescita della vegetazione.*

Le geocelle **TENAX TENWEB** consentono la stabilizzazione del terreno vegetale anche su pendii

molto scoscesi, assicurando il confinamento laterale dello stesso. Dopo che i pannelli sono stati aperti alla loro massima estensione e riempiti le geocelle con terreno vegetale, si viene a formare uno strato stabile perfettamente piantumabile la cui superficie può essere ulteriormente preservata dall'erosione superficiale impiegando un Feltro Vegetativo Preseminato TENAX FVP. Quando le superfici sulle quali intervenire sono costituite da rocce alterate e mostrano un'instabile presenza di pietrame misto a materiale più fine, occorre realizzare un sicuro sistema di contenimento-trattenimento di materiale più pesante e di maggior pezzatura che si potrebbe staccare dalla parete e contemporaneamente "contenere" piccoli volumi di terriccio.



### TENAX TENWEB

Le geocelle TENAX TENWEB (disponibili negli spessori 75 e 100 mm) sono realizzate mediante un processo di estrusione in continuo di Polietilene senza successiva saldatura o borchatura: le celle restano tra loro collegate mediante giunzioni aperte attraverso le quali possono defluire liquidi e fluidi in modo da non stagnare e appesantire la mantellata.



**TENAX SpA**

Via dell'Industria, 17  
23897 Viganò (Lecco) Italy  
Tel. +39 039.9219300  
Email: [geo@tenax.net](mailto:geo@tenax.net)

[www.tenax.net](http://www.tenax.net)

Ulteriori informazioni  
su geosintetici e soluzioni  
TENAX sono disponibili  
a richiesta  
e sul nostro sito web:

- Brochure;
- Schede tecniche;
- Guide per l'installazione;
- Specifiche di capitolato.



Geosintetici  
per l'ingegneria  
civile  
e ambientale



Discariche  
e siti  
contaminati



Terre  
rinforzate



Strade, ferrovie,  
grandi aree



Landscaping  
e aree verdi