



TENAX

Geosynthetics

**PROTEZIONI
ANTIEROSIVE E LANDSCAPING**

LA TERRA È LA PIÙ VULNERABILE DELLE NOSTRE RISORSE, FACILE DA DANNEGGIARE E DIFFICILE DA RIGENERARE

Quando, nei lavori di sistemazione di scarpate (naturali o artificiali), viene eliminata o viene a mancare temporaneamente la vegetazione naturale e spontanea, il terreno risulta al massimo della sua vulnerabilità nei confronti dell'azione erosiva di tutti gli agenti atmosferici.

In tali condizioni, l'obiettivo è sviluppare un idoneo ecosistema che consenta, nel minor tempo possibile, il ripristino della vegetazione naturale oppure, in alternativa, un'adeguata protezione superficiale all'erosione.

Sui terreni "indisturbati" avvengono spontaneamente fenomeni di erosione naturale morfogenetica: durante questo processo si compie un ciclo naturale in grado di mantenere un equilibrio tra la

formazione di terreno naturale e la sua erosione.

Quando però la vegetazione naturale è disturbata si verifica un secondo tipo di erosione detta accelerata: questa forma di erosione consiste in una perdita non compensata di terreno vegetale che avviene generalmente quando la superficie del terreno viene disturbata da attività umane.

I principali meccanismi attraverso i quali l'acqua opera la sua azione erosiva sono essenzialmente:

- distacco e trasporto delle particelle di terreno provocati dall'impatto delle gocce di pioggia sulla superficie;
- distacco e trasporto delle particelle di terreno provocati dallo scorrimento dell'acqua sulla superficie.

Il distacco per impatto delle gocce di pioggia sul terreno ed il distacco per scorrimento superficiale sono i processi erosivi più distruttivi ed ovviamente gli effetti sono notevolmente più gravi laddove il terreno è in maggior pendenza: il primo è in funzione dell'erodibilità del terreno e dell'energia cinetica delle gocce di pioggia mentre il secondo si verifica quando la capacità del suolo di assorbire acqua è minore della quantità di pioggia che cade.

Il grado di erosione di un terreno dipende sia dall'energia dell'acqua piovana, del vento e degli agenti atmosferici in genere che agiscono sulla superficie interessata, che dalle caratteristiche geologiche e geomeccaniche del terreno, dalla topografia e dal tipo di vegetazione esistente.

SCARPATE A MATRICE VEGETALE

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.

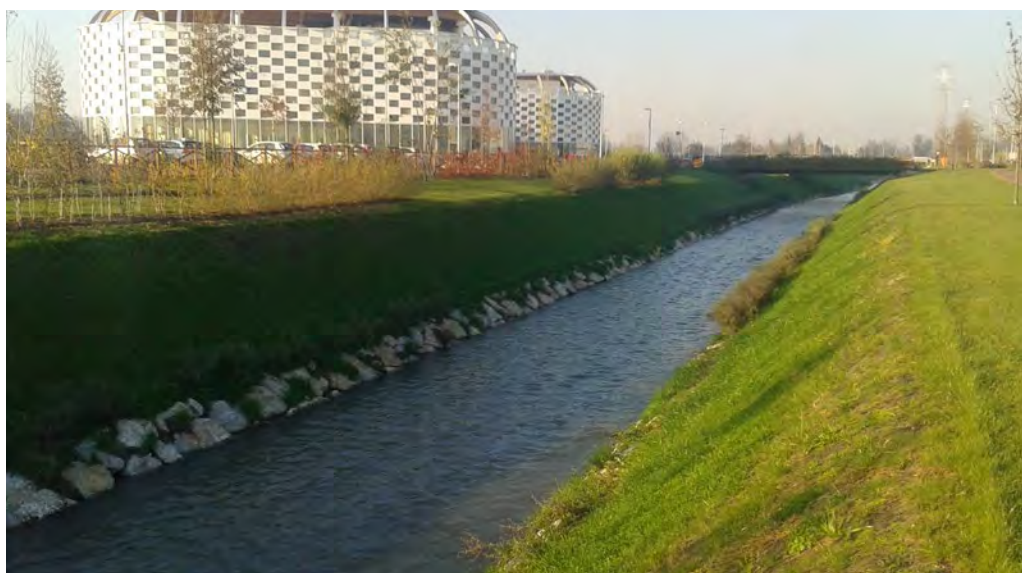
Ciò non toglie che, fino a quando si sviluppa l'apparato radicale delle essenze erbacee seminate o idroseminate, il filo d'erba risulta facilmente dilavabile da fenomeni di ruscellamento superficiale delle acque piovane.

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.

L'estrema flessibilità del prodotto consente di adattare le geostuoie alla conformazione morfologica delle superfici da proteggere, anche in presenza di curve o cambi di pendenza: le stesse vanno correttamente installate intasandole con terriccio vegetale fine ed asciutto all'interno del quale può essere mescolata la semina.

La gamma **TENAX MULTIMAT** è proposta in rotoli di larghezza fino a 4.40 m per applicazioni estese in modo da velocizzare la posa in opera ed anche di larghezza 2.20 m per interventi minori contenendo quindi i costi di spedizione. La gamma prevede spessori nominali tra 8 e 20 mm ed include geostuoie già seminate (tipo **TENAX MULTIMAT P**) assemblando, in fase di produzione industriale, un Feltro Vegetativo Pre-seminato atto a favorire e velocizzare il rinverdimento delle superfici.

Le geostuoie **TENAX MULTIMAT** da 8 mm di spessore, sono anche un'ottima superficie di aggrappo per idrosemina tradizionale mentre quelle da 20 mm anche per quella a spessore (mulch).



SCARPATE A MATRICE ARIDA E ROCCIOSA

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.

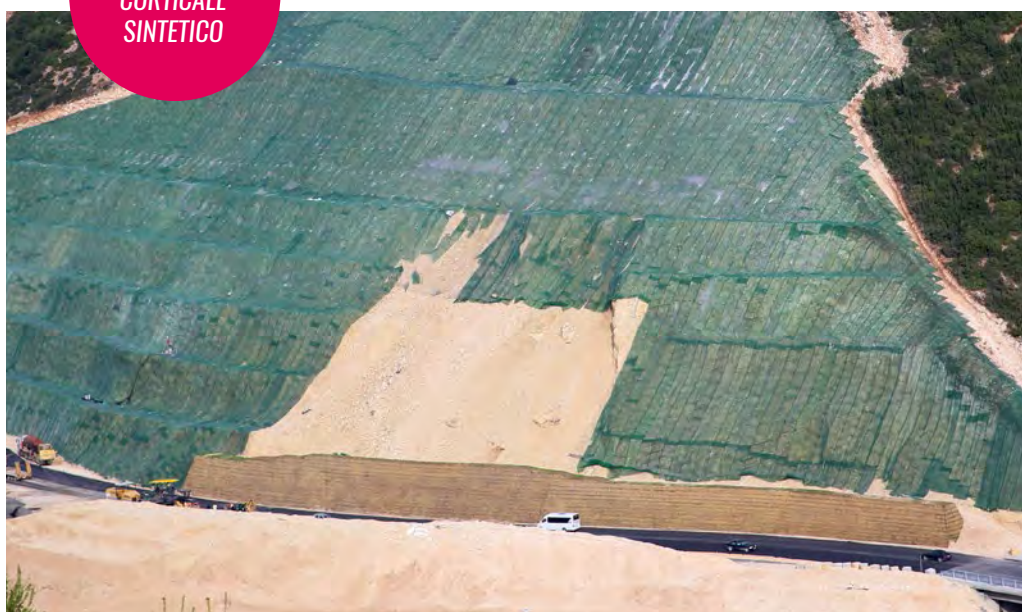
Dopo che i pannelli sono stati aperti alla loro massima estensione e riempite le geocelle con terreno vegetale, si viene a formare uno strato stabile perfettamente piantumabile la cui superficie può essere ulteriormente preservata dall'erosione superficiale impiegando un Feltro Vegetativo Preseminato 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.

Le geostuoie 3D Rinforzate TENAX **MULTIMAT R** e le geogriglie TENAX **GRIDS** sono particolarmente indicati per i rivestimenti corticali sia per la loro elevata tenacità che per l'idoneità a modellarsi al sottofondo sviluppando un efficace sistema di contenimento proteggendo quest'ultimo da fenomeni erosivi legati alle precipitazioni o alle acque di corrivazione non incanalate.



RINFORZO
CORTICALE
SINTETICO



SPONDE DI CANALI, LAGHETTI E BACINI ARTIFICIALI

Canali in terra e corsi d'acqua in genere sono continuamente sottoposti alle azioni erosive e dilavanti delle acque meteoriche, di ruscellamento e di scorrimento, sia sul fondo che sulle sponde: in queste condizioni le forze concentrate e provocate dalla velocità di flusso possono causare la formazione di solchi, buche e sotto-escavazioni al piede; il conseguente scivolamento del terreno lungo le sponde potrebbe alterare profondamente le condizioni idrauliche del canale stesso.

Una spessa coltre vegetale sulle sponde del canale garantisce un'efficace protezione poiché migliora la scabrezza del profilo (riducendo conseguentemente la velocità di flusso) ed aumenta la sedimentazione delle particelle solide in sospensione prevenendone il distacco del terreno.

La formazione del manto vegetale è favorita e accelerata utilizzando la geostuoia 3D antierosiva **TENAX MULTIMAT** che, grazie alla sua flessibilità, è facile da posare sia sul fondo che sulle sponde dei canali e corsi d'acqua quando in condizione asciutta: fissata al terreno per mezzo di picchetti d'acciaio uncinati, la geostuoia viene saturata con terriccio fine ed asciutto e successivamente seminata.

Il processo d'inerbimento consente alle radici delle essenze erbacee seminate di ancorarsi saldamente alla struttura 3D formando con essa una protezione definitiva e permanente.

Ancor prima che la vegetazione cresca, la geostuoia **TENAX MULTIMAT** è in grado di ridurre drasticamente la quantità di terreno eroso su un dato pendio e soprattutto di evitare completamente la formazione di rigagnoli e solchi quindi l'erosione canalizzata.

Prove su scala reale realizzate dall'Università dello Utah (USA) e da Enel Hydro SpA (Mi) hanno dimostrato che la velocità limite dell'acqua affinché non avvenga erosione delle sponde e del fondo, aumenta sensibilmente se rivestite con geostuoia **TENAX MULTIMAT.**

Le membrane impermeabili (polimeriche o bentonitiche) utilizzate per impermeabilizzare canali, laghetti e bacini artificiali in genere, devono essere protette dal punzonamento meccanico, dall'aggressione dei raggi UV e possibilmente occultate nella porzione emersa con vegetazione più o meno folta: entrambe le necessità possono essere soddisfatte utilizzando la struttura a nido

d'ape **TENAX TENWEB** in grado di confinare all'interno dei singoli alveoli che la costituiscono, un adeguato spessore di terreno di coltura assicurando la necessaria stabilità superficiale.

In altre situazioni, non potendo forare le membrane impermeabili sottostanti, in alternativa ai tradizionali picchetti in acciaio, si consiglia l'impiego di una geogriglia di adeguata resistenza a trazione tipo **TENAX GRIDS** posizionata al di sotto dei pannelli di geocelle con il duplice scopo di

- garantire la necessaria resistenza a trazione;
- consentire il fissaggio delle geocelle per mezzo di legature sintetiche.



CAPPING

COPERTURA DELLE DISCARICHE

Il principale problema durante la progettazione e la realizzazione di un Sistema di Copertura definitivo di una discarica (Capping) è trattenere sulle scarpate impermeabilizzate un opportuno spessore di terreno di coltura, sia per obblighi legislativi che per aspetti ambientali e paesaggistici. Infatti, l'angolo di attrito all'interfaccia tra il pacchetto di copertura ed il terreno vegetale ha solitamente valori molto bassi, inadeguati ad impedire lo scivolamento del terreno anche con pendenze ridotte. La copertura deve anche essere progettata in modo da garantire lo smaltimento delle acque meteoriche che filtrano nel terreno e che, scorrendo sul pacchetto di copertura, ridurrebbero fino ad annullarlo il coefficiente di attrito terreno-pacchetto di copertura

provocando sottopressioni che potrebbero innescare lo scivolamento del terreno sulla copertura stessa.

Lo spessore di terreno steso sulle scarpate delle discariche è sottoposto a forze che tendono a farlo scivolare verso il piede ed altre che invece ne favoriscono la stabilità: se queste azioni non fossero equilibrate con adeguato Fattore di Sicurezza, è indispensabile utilizzare un elemento di rinforzo in grado di trasmettere al terreno stesso quelle forze necessarie a garantire l'equilibrio e la stabilità. Le geostuoie 3D Rinforzate **TENAX MULTIMAT R** per via della loro struttura aggrappante consentono il trattenimento di importanti spessori di terreno anche su pendenze elevate e notevoli sviluppi:

poste direttamente sul geocomposito per lo smaltimento delle acque meteoriche (meno frequentemente direttamente sulla geomembrana impermeabile o sul geocomposito bentotico), debitamente ancorate in apposita trincea o zavorramento sommitale, le Geostuoie **TENAX MULTIMAT R** possono quindi essere caricate di importanti spessori di terreno di copertura, leggermente compattato meccanicamente e successivamente idro-seminato.

TENAX MULTIMAT R ha la stessa struttura della geostuoia antiersiva **TENAX MULTIMAT** differenziandosi per l'inserimento - mediante processo di cucitura industriale - di una geogriglia di Rinforzo in poliestere (PET) di elevata tenacità e ridotti allungamenti (<10%) così da apportare, in funzione delle esigenze progettuali (inclinazione e lunghezza delle scarpate, scelta del geosintetico di impermeabilizzazione, spessore di terreno da stendere) l'adeguata resistenza ($20 \div 350$ kN/m).

La gamma **TENAX MULTIMAT R** è proposta in rotoli di larghezza 4.40 m per applicazioni estese così da velocizzare la posa e ridurre gli sfridi oppure 2.20 m per i piccoli interventi o tratti geometricamente molto articolati.

Un'altra possibile soluzione, indicata per coperture poco inclinate e di ridotta lunghezza, è l'impiego di una mantellata di geocelle **TENAX TENWEB** atte al confinamento e la stabilizzazione di spessori di terreno vegetale variabili tra 7,5 e 10 cm in funzione del tipo di geocella impiegata.

Per evitare il rischio di erosione superficiale prima della crescita del cotico erboso, è consigliabile l'utilizzo di una Geostuoia 3D antiersiva "light" sempre della gamma **TENAX MULTIMAT** o di un Feltro Vegetativo Pre-seminato **TENAX FVP**.

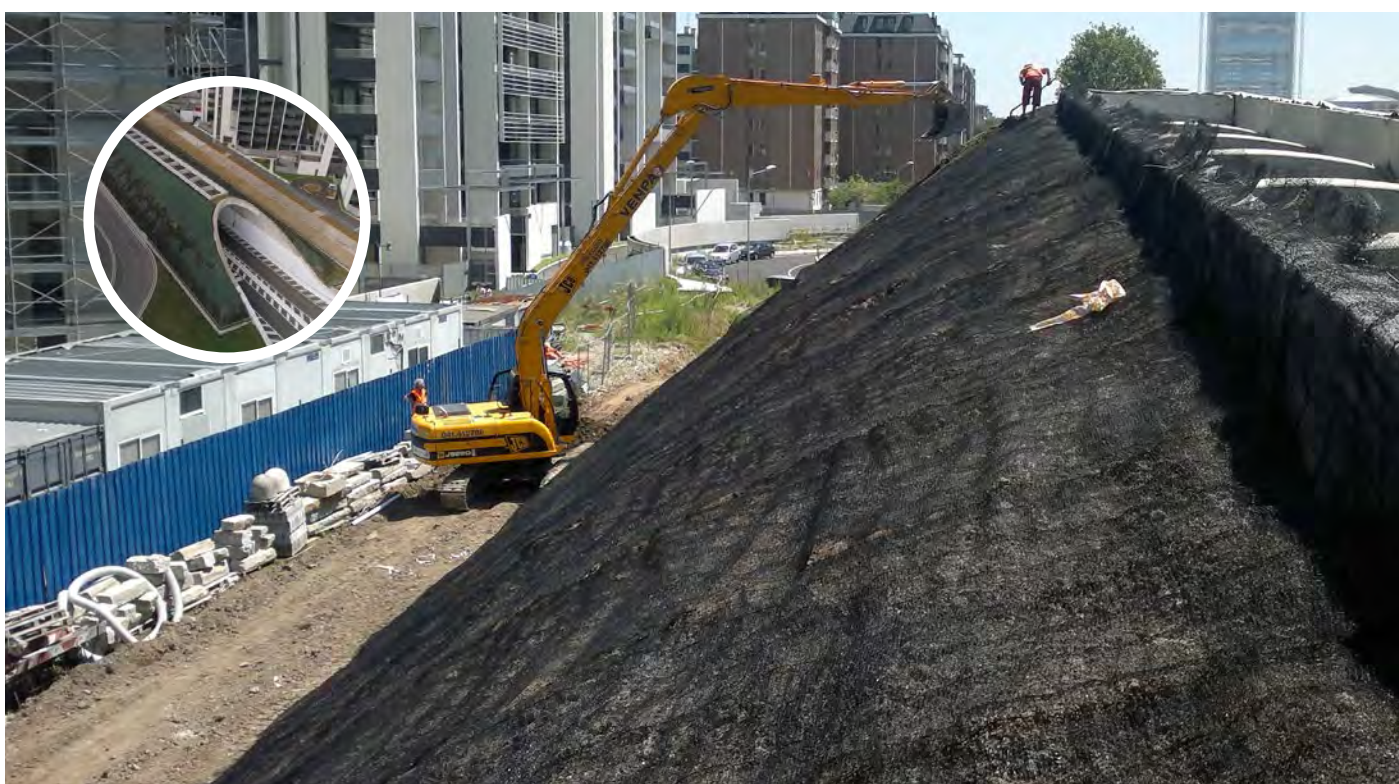
Le Geostuoie **TENAX MULTIMAT R** vengono fornite «a misura», in quanto normalmente non sono consentiti ancoraggi intermedi in parete.



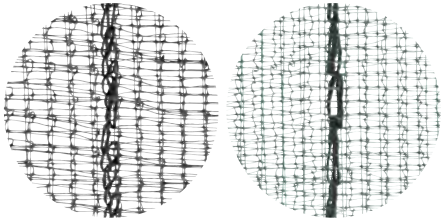
LANDSCAPING

MODELLAZIONE NATURALE NELL'ARCHITETTURA DEL PAESAGGIO

La modellazione architettonica di terrapieni artificiali, frequentemente ottenuti utilizzando materiali di recupero da demolizioni o scavi, è affrontabile mediante impiego di geostuoie 3D quali **TENAX MULTIMAT** (anche preseminato) e **MULTIMAT R** o di mantellate alveolari **TENAX TENWEB** estremamente flessibili ed in grado di adattarsi a molte asperità e geometrie anche estremamente irregolari, si rende così possibile la creazione di elementi estetici originali che, a volte, si pongono come vere e proprie forme d'arte.



LA GAMMA PRODOTTI



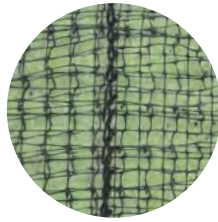
TENAX MULTIMAT

Geostuoia 3D antierosiva nelle versioni 8 e 20mm costituita da 2 strati esterni di geogriglie piane in polipropilene (PP) e da 1 strato interno pieghettato meccanicamente in modo da dare consistenza e tridimensionalità alla stuoia: è efficace quale protezione di scarpate soggette ad erosione superficiale, prevenendone la formazione di solchi. La flessibilità della struttura "multi strato" consente di adeguarsi alla conformazione del terreno anche in presenza di curve o cambi di pendenza. Disponibile in larghezza 2,20 e 4,40m. La resistenza a schiacciamento delle geostuoie TENAX MULTIMAT è estremamente elevata per via della fitta pieghettatura meccanica e a zig-zag della struttura 3D che limita la deformabilità durante l'intasamento della stuoia stessa che può avvenire con qualsiasi materiale di riempimento (terriccio di coltura fine ed asciutto, direttamente con idrosemina, sabbia, etc.).



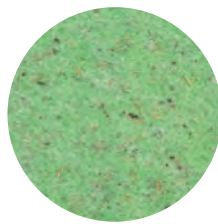
RESISTENZA ALLO SCHIACCIAMENTO

La resistenza allo schiacciamento delle geostuoie Multi Strato è estremamente elevata per via della fitta pieghettatura dello strato interno che limita la deformabilità durante l'intasamento della struttura con qualsiasi materiale di riempimento previsto (terriccio di coltura, idrosemina, sabbia, ecc.). Durante le fasi di posa in opera è fondamentale considerare la possibilità che si manifestino delle deformazioni plastiche irreversibili. La geostuoia Multi Strato ha un ritorno elastico pressoché totale. Una geostuoia ottenuta con Monofilamenti in PP, al contrario, subisce deformazioni importanti (con spessori residui prossimi al 10% dello spessore iniziale) anche sotto bassi carichi (20-30 kPa). Vale la pena di sottolineare come un carico di questa entità possa essere applicato, molto banalmente, dal tacco della scarpa di un adulto del peso di 70 kg che cammina sulle geostuoie: tale situazione è quindi più che normale durante la posa in opera.



TENAX MULTIMAT P PRESEMINATO

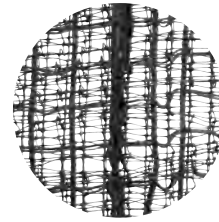
TENAX MULTIMAT P (preseminata) integra la funzione antierosiva della gamma MULTIMAT con quella inerbente: la struttura delle geostuoie è accoppiata con un Feltro Vegetativo Preseminato atto a favorire e velocizzare il rinverdimento.



TENAX FVP FELTRO VEGETATIVO PRESEMINATO

Il Feltro Vegetativo Preseminato TENAX FVP è un biotessile costituito da una trama di fibre in cellulosa naturali e biodegradabili con all'interno sementi di specie erbacee, integrate di fertilizzanti, ideale per consentire una crescita veloce della vegetazione in quanto garantisce un elevato fattore di copertura che minimizza l'asportazione dei semi e del terreno da parte dell'acqua. Il biotessile ha la capacità di adeguarsi puntualmente alla morfologia del terreno, formando una specie di pellicola che evita l'instaurarsi di fenomeni erosivi e permette una crescita diffusa ed uniforme della vegetazione. L'immediata adesione del biotessile al terreno e la permanenza ben al di là dei tempi di affrancamento delle essenze vegetali permettono un efficace controllo delle perdite di terreno, con un'azione protettiva sia nei confronti del dilavamento diffuso, sia rispetto ai fenomeni di colamento superficiale.

Composizione TENAX FVP standard: 50 % viscosa, 25% semi (graminacee e leguminose), 25% fertilizzanti (la scelta dei miscugli di essenze erbacee e la quantità di sementi per mq possono essere appositamente studiate per particolari esigenze progettuali e condizioni pedoclimatiche).



TENAX MULTIMAT R RINFORZATO

TENAX MULTIMAT R (rinforzata) ha la struttura 3D rinforzata con una geogriglia in poliestere (PET) per aumentare la resistenza a trazione longitudinale fino ad oltre i 350 kN/m: questa gamma trova principalmente impiego nei capping delle discariche per trattenere sul pacchetto di copertura impermeabile, importanti spessori di terreno coltivato.

Non essendo normalmente consentite "giunzioni intermedie in scarpata", le Geostuoie TENAX MULTIMAT R sono tipicamente prodotte e fornite "a misura" con conseguente limitazione degli sfridi.

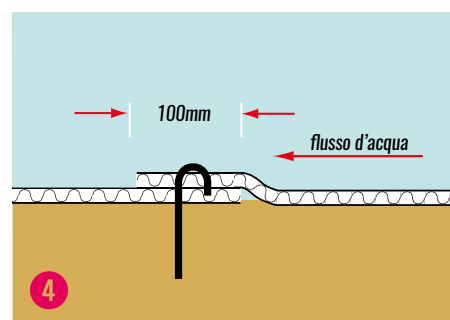
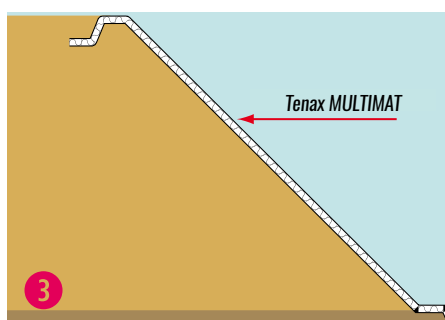
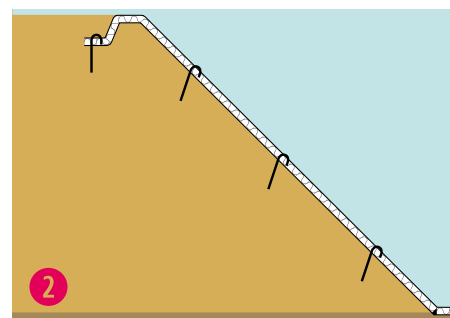
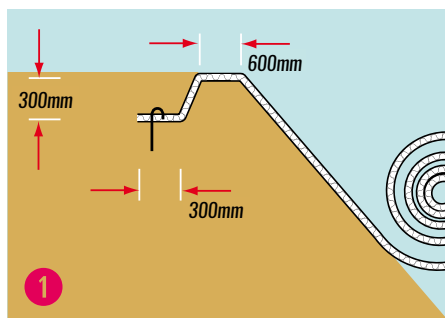
TENAX MULTIMAT R è proposta in bobine di larghezza 4,40m per applicazioni estese in modo da velocizzare la posa, oppure 2,20m per i piccoli interventi.

L'approccio ingegneristico a questa gamma di prodotti e la flessibilità produttiva, consentono a TENAX di produrre geostuoie su misura sia in termini di lunghezze che di resistenza a trazione delle geogriglie di rinforzo differenti per ogni specifica esigenza progettuale.

La struttura 3D e geogriglie vengono integrate mediante cucitura industriale-meccanica utilizzando filato in PP di elevata tenacità e con passo - tra una cucitura e l'altra - di circa 0.40 m. Questo processo impedisce il distacco tra la struttura 3D e la geogriglia di rinforzo e quindi che l'effetto del rinforzo sia annullato.

SCHEMA DI POSA

- La superficie da rivestire deve essere ripulita, libera da zolle, radici, pietre: eventuali vuoti devono essere riempiti al fine di ottenere una superficie liscia e compatta permettendo a TENAX MULTIMAT di adattarsi perfettamente al suolo così da essere sempre a contatto con il terreno;
- Scavare a monte la trincea di ancoraggio necessaria a fissare la Geostuoia 3D al terreno: i dettagli della trincea di ancoraggio variano a seconda dell'applicazione, del tipo di terreno e delle geometrie delle scarpate da preservare;
- Srotolare la bobina di TENAX MULTIMAT lungo la scarpata da rivestire: le sovrapposizioni inferiori tra rotoli adiacenti non devono essere inferiore a 100 mm ed effettuate nella direzione del flusso dell'acqua;
- Fissare al terreno la geostuoia 3D utilizzando "picchetti di ferro a U" posizionati a quinconce al passo di ca 2,00 m;
- Intasare TENAX MULTIMAT con terriccio fine ed asciutto o direttamente con idrosemina a spessore oppure ricaricare sulla geostuoia maggiori spessori di terreno.



Le geostuoie 3D antierosive sono generalmente realizzate per estrusione di polimeri termoplastici (prevalentemente Polipropilene o Poliammide) mentre la loro struttura può essere realizzata per aggrovigliamento di mono-filamenti saldati tra loro nei punti di contatto ed in Multi-strato ovvero strati esterni di geogriglie all'interno delle quali

si inserisce un'ulteriore geogriglia pieghettata meccanicamente e permanentemente (TENAX MULTIMAT).

Nonostante le strutture siano differenti, le modalità d'impiego sono le medesime mentre le loro caratteristiche meccaniche sono notevolmente diverse:

SPESORE
compreso tra 8 e 20 mm per tutte le strutture

	STUOIE IN MONO-FILAMENTO	STUOIE MULTI-STRATO TENAX
RESISTENZA MASSIMA A TRAZIONE MD	1.8 - 2.0 kN/m	3.8 - 10.0 kN/m
ALLUNGAMENTO A SNERVAMENTO	60%	23%

CONFRONTO TRA GEOSTUOIE 3D ANTIEROSIVE IN MULTISTRATO O IN MONOFILAMENTO DI PP

Maggior resistenza a trazione e minor allungamento significa poter contare su un fattore di sicurezza più elevato: ciò consente l'utilizzo sicuro delle stuoie

multistrato tipo TENAX MULTIMAT anche su pendii lunghi e/o notevolmente inclinati.

LA GAMMA PRODOTTI

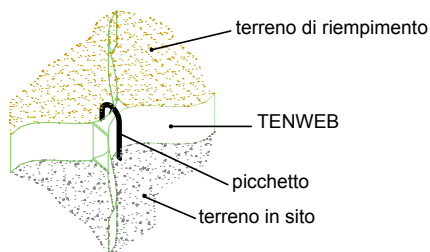


TENAX TENWEB

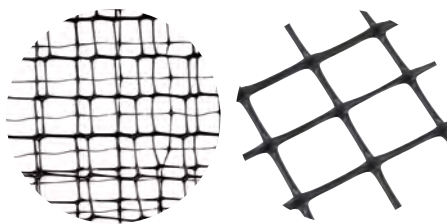
Le geocelle TENAX **TENWEB** (disponibili negli spessori 75 e 100mm) sono realizzate mediante un processo di estrusione in continuo di Polietilene "senza successiva saldatura o borchiatura": le celle restano tra loro collegate attraverso giunzioni aperte attraverso la quale possono defluire liquidi e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

La scelta della geocella TENAX **TENWEB** più indicata (diametro degli alveoli da 100 ÷ 300 mm) dipende da quanto acclive è il pendio e dalla lunghezza delle scarpate: più la superficie da rivestire, minore deve essere il diametro delle celle così da aumentare l'azione di confinamento del materiale di riempimento.

Le geocelle **TENWEB** sono facilmente trasportabili in cantiere ed installabili: i pannelli flessibili sono "acciabellati" su bancale ed una volta posizionati e svolti, vengono aperti a "fisarmonica" fino a raggiungere le dimensioni nominali (larghezza da 3,50÷5,00m x 10 m di lunghezza) e fissati al sottofondo mediante picchetti uncinati.



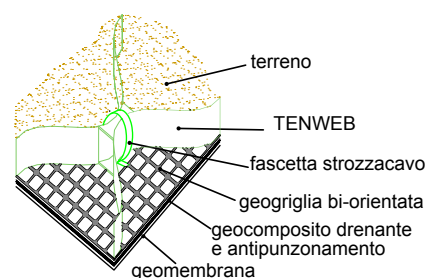
Le geocelle possono essere riempite con terriccio vegetale, ghiaietto, cls o altri terreni sciolti: le pareti delle geocelle svolgeranno un'azione di confinamento del terreno impedendone lo scivolamento e bloccando i meccanismi di formazione dell'erosione.



TENAX GRIDS

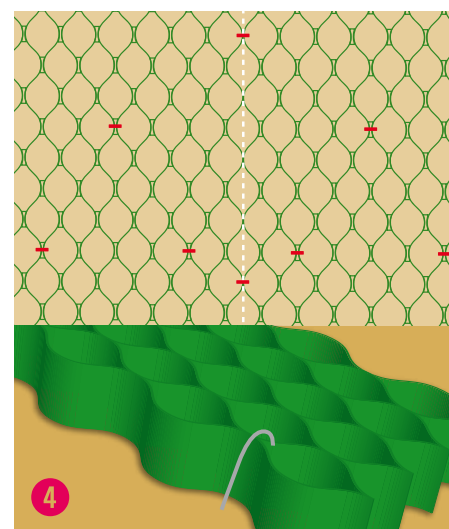
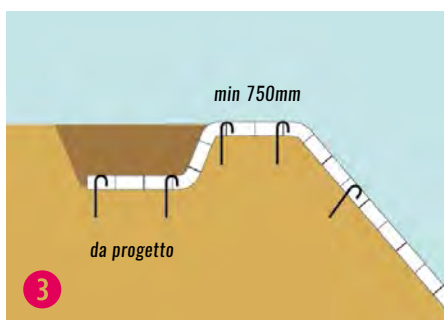
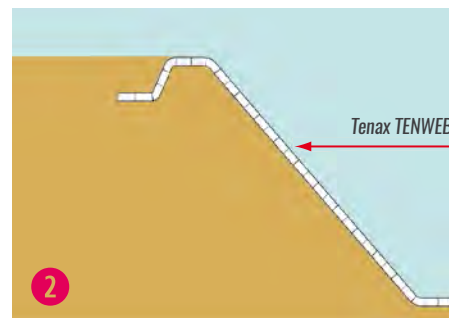
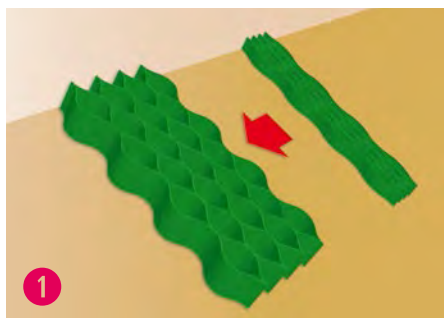
Geogriglie in Polipropilene di elevata tenacità e con ridotti allungamenti: la gamma TENAX **GRIDS** viene proposta per ancoraggio dei pannelli TENAX **TENWEB** su superfici impermeabilizzate.

È soprattutto come rivestimento corticale di pendici rocciose soggette a micro crolli dovuti a ghiaccio, dilatazione termica, azione divaricatrice degli apparati radicali delle piante, scavo meccanico e con esplosivo, senza mettere in crisi la stabilità globale del fronte roccioso.



SCHEMA DI POSA

- Ripulire l'area in modo che sia libera da zolle di terreno, radici, pietre; eventuali vuoti devono essere riempiti al fine di ottenere una superficie liscia permettendo alle geocelle TENAX TENWEB di adattarsi perfettamente al terreno;
- Scavare la trincea di ancoraggio sommitale qualora sia prevista da progetto;
- Posizionare i pannelli di TENAX TENWEB aprendoli alle dimensioni nominali e parallelamente alla direzione del flusso;
- Riempire la trincea di ancoraggio con terreno idoneo o, se possibile, con calcestruzzo per ridurre le dimensioni;
- Lungo il pendio le Geocelle devono essere ancorate con "chiodi ad U" generalmente di 300-450 mm di lunghezza a seconda della consistenza del sottofondo (la spaziatura tra i chiodi è determinata dal progetto);
- Riempire le Geocelle manualmente od utilizzando mezzi meccanici come un escavatore con benna; le celle di TENAX TENWEB possono essere riempite con terriccio, ghiaia o cemento a seconda della richiesta estetica finale e di vegetazione.



ABACO

SUPERFICIE	PRODOTTO				
	MULTIMAT	MULTIMAT R	FVP	TENWEB	GRIDS
SCARPATE A MATRICE VEGETALE	•	•	•	•	
SCARPATE A MATRICE ARIDA		•		•	•
SCARPATE A MATRICE ROCCIOSA		•			•
SPONDE DI CANALI, LAGHETTI E BACINI	•	•		•	
COPERTURA DELLE DISCARICHE (CAPPING)		•		•	



0799-CPR-25



Geosynthetics Division
via dell'Industria 17
23897 Viganò LC - Italia
Tel. +39 039 9219307
Fax +39 039 9219200

geo@tenax.net
www.tenax.net