



## TERRE RINFORZATE

**TENAX**

*Man. Technology. Environment.*



# TERRE RINFORZATE



TENAX GEOSINTETICI	4
Sistema TENAX RIVEL	6
Sistema TENAX T-BLOCK	20

In copertina.  
*Realizzazione di una terra rinforzata per la costruzione di un catino nella discarica di Ischia Podetti in collaborazione con Bautechnik e Ter System Srl.*

In queste pagine.  
*25.000 mq di facciata di Terre Rinforzate nell'ambito degli interventi di sistemazione idraulica dell'area interessata dalla Frana della Val Pola – SO.*





*Lo sviluppo degli insediamenti umani è spesso avvenuto in luoghi favorevoli per posizione geografica e condizioni ambientali ma, in alcuni casi, non altrettanto adatti per l'edificazione delle strutture abitative, produttive e commerciali.*

*Pendii, coste e superfici inospitali sono state modificate nel tempo con tecniche e mezzi in continua evoluzione. Sistemazioni montane, consolidamento di rilevati stradali, pendii in frana, opere paramassi, canali, dighe, discariche: sono solo alcuni dei numerosi campi d'applicazione delle terre rinforzate con elementi sintetici, una tecnica costruttiva utilizzata in tutto il mondo nelle più avanzate opere d'ingegneria civile, ambientale e geotecnica, nel completo rispetto dell'ambiente.*

## 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.*

**LIFEGATE**

*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.

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



## TENAX GEOSINTETICI: SOLUZIONI EFFICACI E PERFORMANTI. A RIDOTTO IMPATTO AMBIENTALE.

Con la definizione “terra rinforzata” s’intende un materiale composito che combina la resistenza di due differenti materiali, il **terreno** e il **geosintetico di rinforzo**, in modo da migliorare sinergicamente le caratteristiche globali dell’insieme.

In particolare, le proprietà geotecniche del terreno (resistenza a compressione e taglio), sono migliorate dalla combinazione con i geosintetici, materiali in plastica a elevata resistenza a trazione, grazie ai quali è possibile realizzare scarpate e sponde stabili con inclinazioni molto elevate e sezioni trasversali ridotte, risparmiando spazio e materiale di scavo.

Inoltre le terre rinforzate con paramento inerbato sono una valida alternativa al cemento armato, soprattutto quando la dimensione ciclopica dei manufatti comporta una valutazione d’impatto ambientale accurata.



### VANTAGGI

La realizzazione delle terre rinforzate è semplice, veloce e non richiede manodopera o mezzi speciali. I materiali sono movimentabili a mano e nella maggior parte dei casi è possibile utilizzare come terreno di riempimento quello esistente in loco, risparmiando quindi sui costi di realizzazione.

- **VELOCITÀ DI ESECUZIONE**
- **FACILITÀ DI POSA**
- **RIDUZIONE DEI COSTI**
- **AFFIDABILITÀ**



## Sistema TENAX RIVEL



Nel contesto degli interventi di protezione del suolo caratterizzati da un basso o nullo impatto ambientale, si colloca il Sistema brevettato **TENAX RIVEL**, una tecnologia evoluta di terre rinforzate, nel quale l'elemento sintetico di rinforzo è costituito da una geogriglia mono-orientata al 100% in HDPE (polietilene ad alta densità) e giunzione integrale della serie **TENAX TT**.

*Nell'area industriale TENAX, situata nel cuore delle verdi colline brianzole, si è reso necessario l'ampliamento del piazzale di stoccaggio dei prodotti. La realizzazione dei rilevati è stata effettuata con il Sistema **TENAX RIVEL** che ha permesso di sfruttare lo spazio fino al limite di proprietà grazie alla realizzazione di muri alti 10 m, inclinati a 75°, completamente vegetati e con la messa a dimora di arbusti ed alberi ad alto fusto.*





## LA VERSATILITÀ DEL SISTEMA

La tecnica delle terre rinforzate viene generalmente impiegata per grandi opere d'ingegneria ambientale e nell'ambito della progettazione paesaggistica perchè costituisce un prezioso strumento d'intervento per il consolidamento dei versanti e la prevenzione dei fenomeni di dissesto idrogeologico.

La flessibilità del Sistema **TENAX RIVEL** e la semplicità dell'installazione ne consentono l'utilizzo anche in opere di piccola entità, come ad esempio richiesto in ambito privato per il consolidamento o la profilatura di pendii, scarpate e sponde o per ridurre l'impatto ambientale delle opere edili.



*Ecopark Durazzo: argine in terra rinforzata di 21 m di altezza per riduzione spinte su muro da arrampicata sportiva con altezza di 28 m.*



*Spalla di ponte, Peljesac Bridge, Croazia.*



*Giardini sub-verticali in terra rinforzata nell'Orto Botanico Trautmannsdorf, Merano.*



*Lavori di manutenzione straordinaria e consolidamento dei costoni a Genzano di Lucania (PZ).*



*Ripristino pendio franato in località Serravalle Pistoiese (PT) sulla linea ferroviaria Firenze-Lucca.*

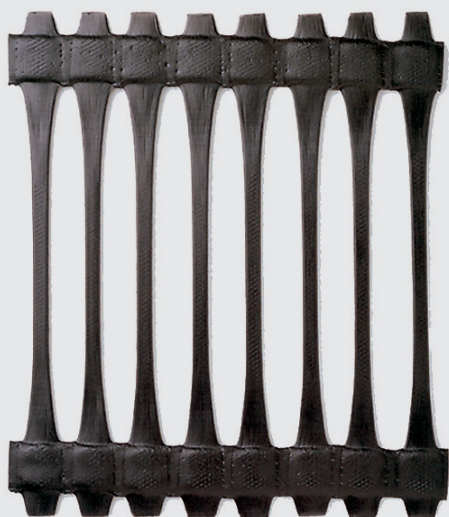


## I COMPONENTI DEL SISTEMA

### Geogriglie TENAX TT

#### L'elemento di rinforzo

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° dall'ITC-CNR (Istituto per le Tecnologie della Costruzione - Consiglio Nazionale delle Ricerche).



#### Resistenza di progetto a lungo termine

Le geogriglie TENAX TT sono state sottoposte a prove di creep di trazione per oltre 30 anni, a varie temperature; dai risultati di tali prove, estrapolati a 1.000.000 di ore (120 anni), si ricava una resistenza a lungo termine superiore al 40% della resistenza di picco.

La resistenza a lungo termine delle diverse geogriglie in commercio deve essere comparata sulla base di un metodo di prova comune, che rappresenti il comportamento delle geogriglie e non dei loro componenti; per esempio, test di creep sulle fibre delle geogriglie tessute possono essere fuorvianti: il valore di RPLT pari al 60% della resistenza a trazione è riferito alla fibra costituente la geogriglia tessuta mentre l'effettivo valore corrisponde al 40% del picco.

#### RESISTENZA A TRAZIONE DELLE GEOGRIGLIE TENAX TT (Certificato ITC n. 580/02)

		TT045	TT060	TT090	TT120	TT160
Resistenza a trazione	kN/m	45	60	90	120	160
Deformazione al picco	%	11.5	13	13	13	13
Resistenza delle giunzioni	kN/m	36	50	80	110	130
Resistenza a lungo termine (RPLT) a 120 anni	kN/m	18.5	24.6	36.9	49.2	65.6
Resistenza al 2% di allungamento	kN/m	11.0	17.0	26.0	36.0	45.0

#### Resistenza delle giunzioni

La resistenza delle giunzioni è un parametro fondamentale per la valutazione del confinamento laterale provvisto dalla geogriglia al terreno e del comportamento a sfilamento della geogriglia stessa dal terreno. Inoltre ogni qual volta si debba realizzare una connessione longitudinale tra due porzioni di geogriglia (bodkin), la resistenza delle giunzioni assume anche un'importanza strutturale, dal momento che devono permettere la trasmissione degli sforzi tra una porzione e l'altra e tra un filo e l'altro. Dal momento che le geogriglie sono progettate sulla base della loro Resistenza di Progetto a Lungo Termine (RPLT), esse non saranno mai soggette a forze di trazione maggiori della RPLT stessa. Pertanto un approccio razionale alle specifiche è che la resistenza delle giunzioni debba essere uguale perlomeno a 1.50 x RPLT, così come avviene per le geogriglie TENAX TT. Se questa relazione è soddisfatta, allora nessun ulteriore coefficiente di sicurezza deve essere applicato per la resistenza delle giunzioni. La resistenza delle giunzioni differenzia in modo evidente le geogriglie estruse da quelle tessute o saldate, per le quali la resistenza a trazione delle giunzioni è pari al massimo al 20% del valore di picco.



*Bodkin:  
collegamento longitudinale di due  
porzioni di geogriglia TENAX TT.*

*Disponibili Jumbo roll da 500/1000 m.*

#### Casseratura metallica

#### Terreno di riempimento

#### Geogriglie TENAX TT



## Resistenza al danneggiamento

Quando il terreno, specialmente se si tratta di ghiaia spaccata, viene steso sulle geogriglie e compattato, le stesse possono subire danneggiamenti dovuti al punzonamento e all'abrasione da parte dell'aggregato.

Estesi programmi di prove, condotti per valutare la resistenza a trazione residua di differenti geosintetici sottoposti a una procedura di danneggiamento in laboratorio e su scala reale, dimostrano come il comportamento di geogriglie estruse e geogriglie tessute sia completamente differente. Il processo produttivo delle geogriglie estruse TENAX consente di ottenere un prodotto con elementi (longitudinali e trasversali) tali da garantire la continuità delle catene molecolari su tutta la struttura monolitica della geogriglia.

Tale struttura è meno sensibile al taglio, all'abrasione, alla perforazione e al danneggiamento da compattazione, anche in occasione di notevoli energie d'impatto quali lo scarico diretto dell'aggregato sulle geogriglie.

Il Fattore di Sicurezza al danneggiamento durante la costruzione può essere assunto come indicato in Tabella B1.

Contrariamente, le singole fibre costituenti gli elementi longitudinali e

trasversali delle geogriglie tessute, vengono facilmente tagliate dalle particelle di aggregato e il sottile strato di copertura in PVC omateriali simili non è sufficiente a proteggerle.

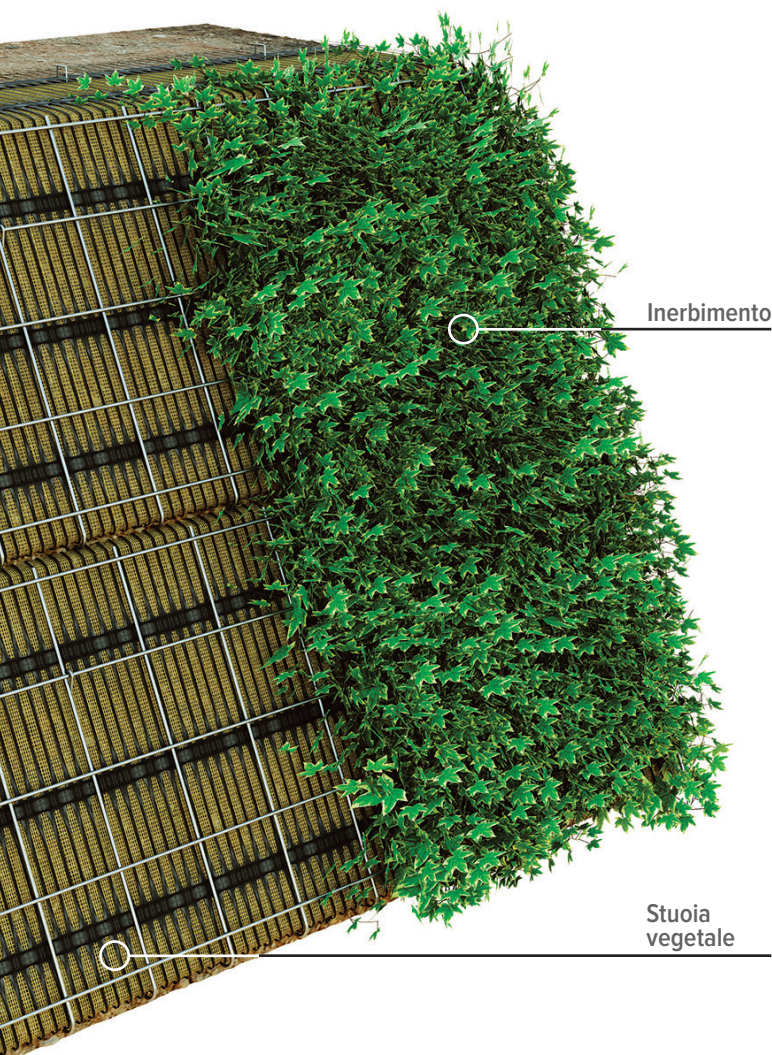
Un'indicazione sui parametri di riduzione per danneggiamento meccanico per alcuni tipi di geosintetici di rinforzo in commercio è stata fornita dalla Federal Highway Administration statunitense (Elias, 1996), come illustrato in Tabella B2.

Tabella B1

FATTORE DI SICUREZZA AL DANNEGGIAMENTO (I.T.C)		
Tipo di terreno	$D_{max}$ particelle (mm)	Fattore $f_{m21}$
Ghiaia con Pietrame	< 125	1.07
Ghiaia Spaccata Grossa	< 75	1.03
Ghiaia Spaccata Media	< 40	1.00
Sabbia, Argilla e Limi	< 6	1.00

Tabella B2

FATTORE DI SICUREZZA AL DANNEGGIAMENTO (FHWA)		
Tipologia di rinforzo	Tipologia di terreno	
	$D_{max}$ 100 mm $D_{50}$ 30 mm	$D_{max}$ 20 mm $D_{50}$ 0.7mm
Geogriglie tessute in PET		
ricoperto in PVC	1.30 - 1.85	1.10 - 1.30
Geotessili tessuti (PP e PET)	1.40 - 2.20	1.10 - 1.40
Geotessili tessuti non tessuti (PP e PET)	1.40 - 2.50	1.10 - 1.40
Geotessili e bendelette (PP)	1.60 - 3.00	1.10 - 2.00



## Resistenza chimica

Gli ambienti chimicamente aggressivi possono influenzare il comportamento a lungo termine delle geogriglie, a seconda della loro composizione polimerica. L'HDPE è universalmente considerato il polimero più inerte e pertanto più resistente all'aggressione chimica.

Prove eseguite in U.S.A. su geogriglie TENAX TT in accordo agli Standard E.P.A. 9090, certificano che le stesse non temono attacchi chimici da parte delle sostanze presenti naturalmente nel terreno, o addirittura in ambienti particolarmente aggressivi (per esempio una discarica controllata per R.S.U.). Nessun coefficiente di sicurezza per la resistenza chimica deve essere applicato alle geogriglie in HDPE TENAX TT. Il PET invece, dopo 20 mesi di esposizione ad un ambiente con pH=9, può subire una perdita di resistenza pari al 9% (persino in acqua pulita, per un tempo analogo, l'idrolisi causa una perdita di resistenza del 3%). Per i materiali in PET (geotessili o geogriglie tessute) privi di idonee certificazioni che ne garantiscano la resistenza, l'ente americano FHWA suggerisce di adottare dei fattori di sicurezza parziali molto conservativi.

### FATTORI DI RIDUZIONE PER AGGRESSIONE CHIMICA PER DIFFERENTI GRADI DI ACIDITA' DEL TERRENO (FHWA)

	$3 \leq pH < 5$	$5 \leq pH < 8$	$8 \leq pH < 9$
Geotessili in PET	2.00	1.60	2.00
Geogriglie tessute in PET ricoperte in PVC	1.30	1.15	1.30

Le geogriglie TENAX TT sono stabilizzate utilizzando un master di colore nero contenente Carbon Black che protegge il polimero dalla degradazione causata dai raggi U.V.



## I COMPONENTI DEL SISTEMA

### 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 di grossa pezzatura che renderebbe difficoltosa la compattazione.

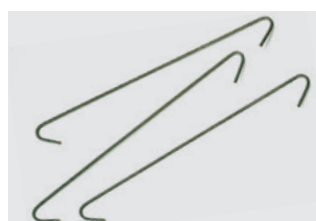
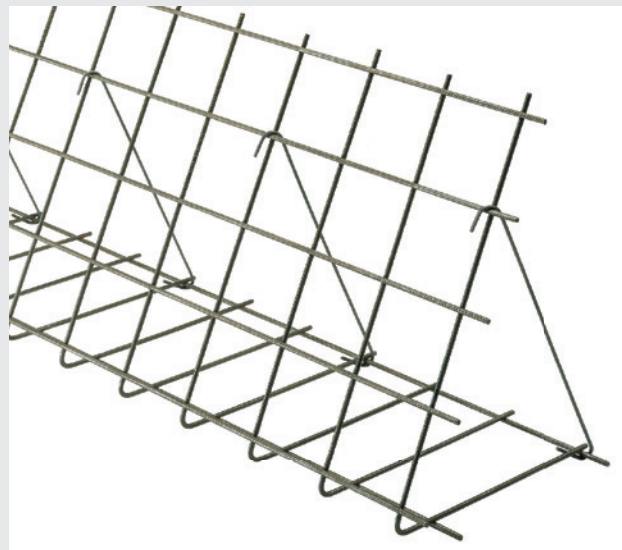


Nel caso in cui il materiale inerte reperibile in cantiere abbia scarse proprietà geomeccaniche, si consiglia la miscelazione con sabbia e ghiaia. È anche possibile utilizzare terreni scadenti stabilizzati a calce. Questo accorgimento è efficace con geogriglie estruse in HDPE ma non è applicabile a rinforzi in PET, soggetti a decadimento chimico in ambiente basico. In prossimità del paramento si consiglia il riempimento con terreno vegetale, al fine di creare le condizioni ottimali per l'attecchimento e la permanenza del coticco erboso. Il materiale di riempimento verrà steso e compattato in più tornate dello spessore consigliato di 0,30 - 0,35 m, sino ad una costipazione non inferiore al 95% dello Standard Proctor.

### 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 in opera e un'accurata profilatura del manufatto.



*Il cassero viene fornito corredato di tiranti di irrigidimento (1 ogni 0,45 m circa).*

### Resistenza al fuoco

Per verificare l'effettivo pericolo apportato alla stabilità ed all'integrità di una struttura in terra rinforzata con geogriglie TENAX TT, bisogna considerare le seguenti situazioni:

- Incendio dopo la posa in opera, prima della crescita della vegetazione. In queste condizioni, l'elemento di rinforzo presente in facciata potrebbe subire un danneggiamento a causa del fuoco; tuttavia, la cassetta metallica impiegata nel Sistema TENAX RIVEL fornisce un efficace sostegno al terreno di facciata anche nel caso in cui l'elemento di rinforzo sia localmente distrutto. La stabilità dell'opera, invece, non risulta essere in alcun modo compromessa poiché la parte del rinforzo che fornisce la stabilità è quella all'interno del terreno. Perché un incendio possa propagarsi, è necessaria la presenza di un combustibile e di un comburente. Tutte le materie plastiche, ancorché autoestinguenti, sono dei combustibili; il comburente necessario per consentire la propagazione della fiamma è l'ossigeno.
- All'interno del terreno costituente la terra rinforzata viene a mancare il comburente; la fiamma, non trovando possibilità di alimentazione, non ha quindi modo di propagarsi e danneggiare il tratto importante per la stabilità dell'opera.
- Incendio dopo la posa in opera, con pendio inerbito. In questo caso il vero combustibile è l'erba: le fiamme si propagano al di sopra della superficie del terreno in quanto la fiamma tende a propagarsi verso l'alto; pertanto la superficie infiammata è distante dall'elemento di rinforzo presente in facciata.



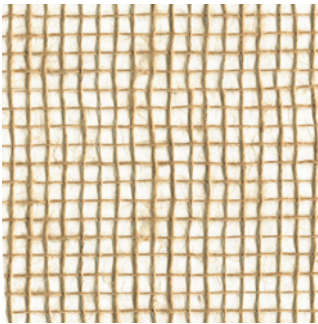
## Stuoia antierosiva

In ogni intervento d'ingegneria naturalistica la vegetazione riveste un ruolo attivo nell'azione di protezione del versante.

Senza il suo contributo l'intervento si presenta incompleto e di minor efficacia. L'inerbimento del paramento occulta completamente gli elementi artificiali del sistema e riduce drasticamente l'impatto ambientale dell'opera.

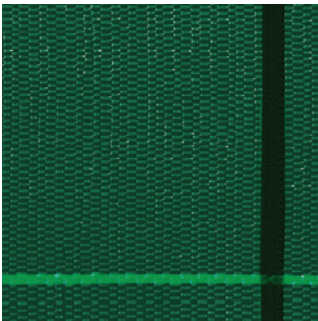
## Biostuoia

Di norma, per l'inerbimento con idrosemina delle terre rinforzate vengono utilizzate specie erbacee perenni appartenenti alla famiglia delle leguminose e delle graminacee. I tempi di germinazione e di finitura a verde del manufatto



possono variare da quattro a otto settimane, a seconda delle condizioni climatiche della stagione. Si consiglia di effettuare l'idrosemina durante i mesi più umidi dell'anno. Al fine di proteggere il paramento dei manufatti in terra rinforzata dall'azione erosiva degli agenti atmosferici e offrire una superficie idonea all'idrosemina, il Sistema TENAX RIVEL prevede l'utilizzo in facciata di una biostuoia in fibre di juta o di paglia e cocco.

## Pacciamante



La copertura vegetale del paramento può essere effettuata anche tramite la messa a dimora di piante rampicanti, cascanti e tappezzanti; in tal caso si suggerisce l'impiego di un telo pacciamante che impedisce la crescita spontanea di qualsiasi essenza erbacea o arbustiva presente nel terreno e consentendo miglior manutenzione del verde.

## Feltro Vegetativo Preseminato



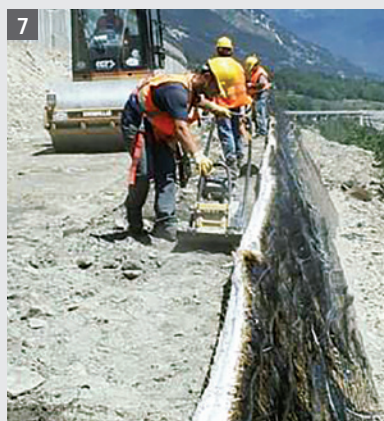
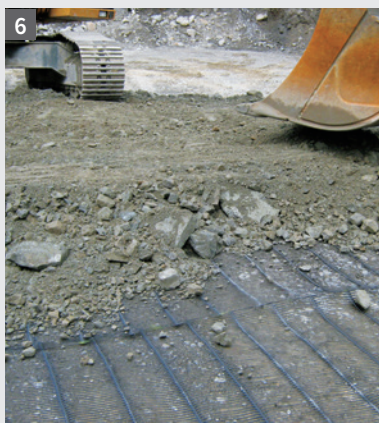
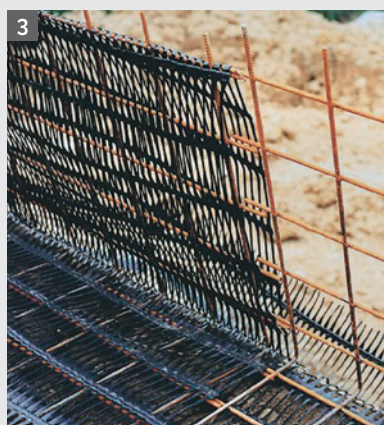
Per evitare l'intervento e gli oneri di idrosemina è possibile utilizzare un Feltro Vegetativo Preseminato. Costituito da una trama di fibre in viscosa biodegradabili che incorporano sementi di diverse specie erbacee e fertilizzanti, il Feltro Vegetativo Preseminato consente una crescita veloce, diffusa e uniforme della vegetazione e garantisce la totale copertura del paramento minimizzando l'asportazione dei semi e del terreno

vegetale da parte degli agenti atmosferici. La germinazione viene facilitata dalla lenta biodegradazione del tessuto che, non lasciando alcun residuo chimico-fisico, non altera l'equilibrio dell'ecosistema circostante. La scelta del mix e della quantità di semi per metro quadro può essere appositamente studiata per particolari esigenze progettuali, condizioni pedologiche e climatiche. La copertura vegetale del paramento può essere effettuata anche tramite la messa a dimora di talee, rizomi e arbusti, inseriti tra uno strato di rinforzo e l'altro: in questo modo viene garantito un effetto coprente uniforme.





## PROCEDURE D'INSTALLAZIONE



TENAX RIVEL è un sistema semplice da installare e non richiede l'impiego di manodopera specializzata. Per risultati ottimali occorre comunque attenersi alle specifiche indicazioni progettuali e alle procedure d'installazione.

**1. Preparazione del piano di fondazione:** Per evitare eccessivi assestamenti del manufatto e possibili deformazioni della geometria dell'opera è importante che il piano di fondazione sia predisposto adeguatamente per il carico previsto. È consigliabile prevedere anche la realizzazione di uno strato drenante di base. Eseguire il tracciamento del rilevato (foto 1).

### 2. Montaggio del sistema:

**2.1** Posizionare e allineare i casseri metallici collegandoli tra loro con filo di ferro;

**2.2** Svolgere le bobine di geogriglia e tagliarle con un cutter secondo le lunghezze indicate nel progetto (si consiglia la predisposizione di un'area per eseguire questa operazione). La lunghezza del taglio è determinata dalla profondità di ancoraggio, dal risvolto in facciata (circa cm 70) e dalla lunghezza del risvolto superiore (minimo cm 150) (foto 2);

**2.3** Posizionare i tagli di geogriglia adagiandoli sul piano di fondazione, all'interno del cassero, in strati perpendicolari al fronte; la geogriglia dovrà scorrere aderente alla facciata interna del cassero e avanzare verso l'esterno di una porzione (risvolto) pari a circa cm 150 (foto 3);

**2.4** L'estremità posteriore dei tagli di geogriglia dev'essere fissata al terreno con picchetti in ferro sagomati a "U" per mantenere la geogriglia tesa e in posizione;

**2.5** Procedere con la posa della stuoia antiersiva: foderare internamente il fronte, svolgendo la stuoia già fornita in rotoli di altezza appropriata, di circa cm 100 (foto 4);

**2.6** Posizionare i tiranti necessari per l'irrigidimento del cassero, uno ogni 45 cm circa (foto 5).

### 3. Stesa e compattazione del materiale di riempimento:

**3.1** Stendere il materiale di riempimento previsto e fornito a piè d'opera sopra le geogriglie in strati di circa 30 cm; in prossimità della facciata è consigliabile l'utilizzo di **terreno vegetale per circa 25-30 cm** (foto 6).

**3.2** Compattare fino ad ottenere una costipazione non inferiore al 95% dello Standard Proctor. In prossimità della facciata, per la profondità di circa 1,00 m, la compattazione avviene mediante vibro-costipatori o piastre vibranti; nella zona retrostante si utilizzano rulli compattatori di idonee capacità (foto 7 e 8).

**3.3** Completato il riempimento, risvoltare la porzione di geogriglia precedentemente lasciata esterna al cassero metallico, sul terrapieno compattato, tenderla leggermente e fissarla con picchetti in ferro sagomati a "U".

**4. Ripetere le operazioni di montaggio dal punto 2.a al punto 3.c fino al raggiungimento della quota di progetto.**

**5. Qualora non sia stato utilizzato un feltro vegetativo presemato, procedere con l'idrosemina della facciata o con la messa a dimora di piante tappezzanti, arbustive o talee.**



## DETTAGLI COSTRUTTIVI



*Le geogriglie vengono sovrapposte in testa o in coda a seconda che il tratto sia concavo o convesso.*



*Parapetto in accordo alle normative di sicurezza in cantiere.*



*Posizionamento di tubazioni per il drenaggio.*



*Realizzazione di angoli e curvature.*



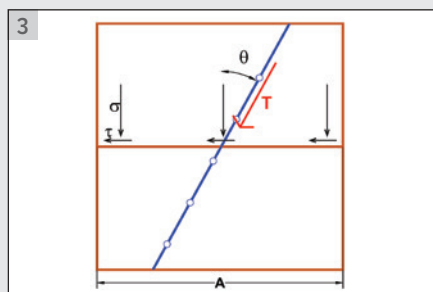
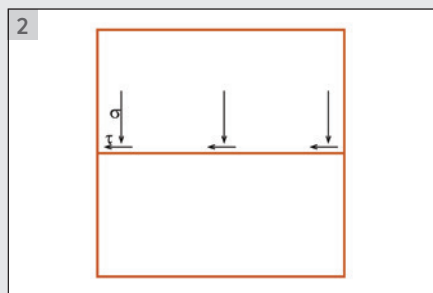
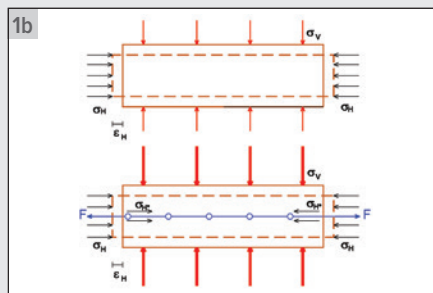
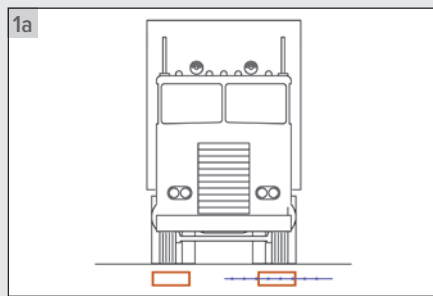
*Posizionamento degli embrici metallici per il deflusso delle acque superficiali.*



*Particolare dell'angolo di raccordo della terra rinforzata con strutture già esistenti in cemento armato.*



## ACCENNI DI TEORIA



Un semplice modello aiuta a spiegare il principio su cui si basa la tecnica delle terre rinforzate. Un elemento di terreno (Fig. 1a), parte di una massa indefinita, a seguito dell'applicazione di uno sforzo verticale  $\sigma_v$  subisce una deformazione orizzontale  $\epsilon_h$ ; a tale deformazione il terreno adiacente si oppone con un'azione di confinamento orizzontale  $\sigma_h$ . Quando un elemento di rinforzo è inserito all'interno del terreno (Fig. 1b) la deformazione orizzontale  $\epsilon_h$  subita dal terreno provoca una deformazione del rinforzo stesso, alla quale lo stesso rinforzo oppone una reazione  $F$  che si traduce in un'ulteriore sollecitazione a compressione  $\sigma_h^*$ . L'inclusione di un elemento di rinforzo consente quindi d'incrementare la resistenza a compressione del terreno. Considerando le sollecitazioni di taglio (Fig. 2), in un elemento di terreno incoerente abbiamo:

$$(\tau_{xy})_{\max} = \sigma_y \cdot \tan \varphi_{\max}$$

dove:

$\varphi_{\max}$  = massimo angolo di resistenza a taglio del terreno;

$(\tau_{xy})_{\max}$  = massimo sforzo di resistenza a taglio fornito dal terreno.

Quando l'elemento di terreno è attraversato da un elemento di rinforzo inclinato di un angolo  $\theta$  rispetto alla verticale (Fig. 3), lo stato tensionale è modificato perché la sollecitazione  $T$  genera uno sforzo di taglio prodotto dalla componente tangenziale  $T \cdot \sin \theta$ , mentre la componente normale  $T \cdot \cos \theta$  genera un'altra  $\tau_{xy}$  dovuta all'angolo d'attrito  $\varphi_{\max}$  del terreno.

$$\begin{array}{cccc} (\tau_{xyr})_{\max} = & \sigma_{yr} \cdot \tan \varphi_{\max} & + & (T/A_s) \cdot \cos \theta \cdot \tan \varphi_{\max} & + & (T/A_s) \cdot \sin \theta \\ \downarrow & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow \\ \text{Resistenza} & \text{Resistenza} & & \text{Sforzo di taglio} & & \text{Sforzo di taglio} \\ \text{a taglio} & \text{a taglio} & & \text{generato dalla} & & \text{generato dalla} \\ \text{totale} & \text{del solo} & & \text{componente} & & \text{componente} \\ & \text{terreno} & & \text{normale di T} & & \text{tangenziale di T} \end{array}$$

dove:

$A_s$  = area dell'elemento di rinforzo.

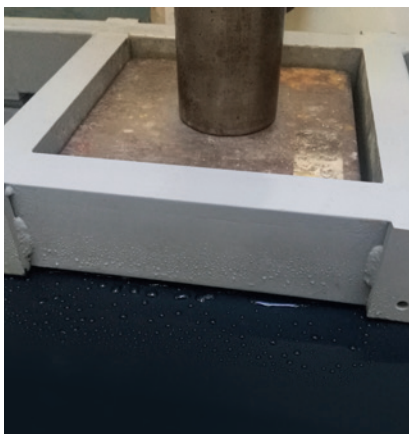
$(\tau_{xyr})_{\max}$  = massimo valore di resistenza a taglio del terreno rinforzato.

In tal modo lo sforzo normale sull'elemento di terreno è incrementato di:

$$\sigma_y^{\wedge} = (T/A_s) \cdot \cos \theta$$

mentre il massimo sforzo di taglio che il terreno può sopportare è incrementato di:

$$\tau_{xyr}^{\wedge} = (T/A_s) \cdot \cos \theta \cdot \tan \varphi_{\max} + (T/A_s) \cdot \sin \theta$$



Prova di taglio eseguita presso il laboratorio di TENAX SpA.

I fattori influenzanti la resistenza a taglio del terreno rinforzato sono:

- resistenza e rigidità del rinforzo relativamente al terreno circostante;
- posizione del rinforzo;
- forma del rinforzo, che deve poter sviluppare un elevato angolo d'attrito apparente all'interfaccia con il terreno;
- caratteristiche di creep (allungamento sotto carico di trazione costante) del rinforzo durante la vita di progetto;
- durabilità del rinforzo.

In particolare la struttura geometrica del rinforzo deve garantire un attrito elevato, tale da evitare possibili sfilamenti del rinforzo stesso a causa della forza di trazione  $T$  cui è sottoposto. Bisogna rilevare che un rinforzo troppo rigido, per esempio un elemento metallico, può rompersi per piccole deformazioni senza mobilitare valori di resistenza elevati; materiali troppo estensibili (tipo geotessili non tessuti) non riuscirebbero a fornire un rinforzo sufficiente se prima non si verificano grosse deformazioni, solitamente incompatibili con la vita di una struttura.



## IL DIMENSIONAMENTO DELLE TERRE RINFORZATE

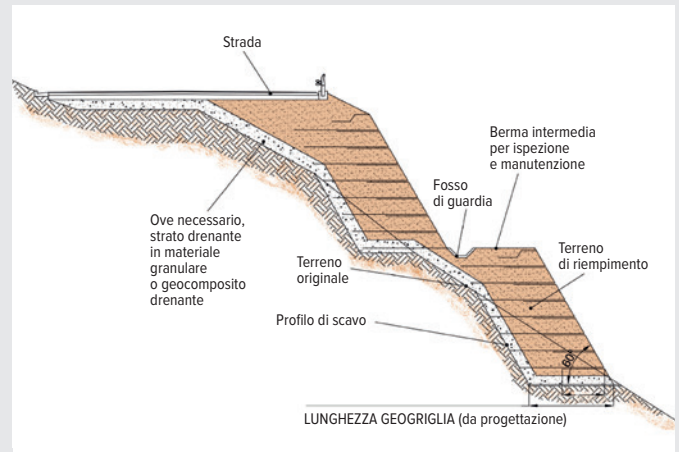
### Elementi di supporto alla progettazione alla luce della normativa vigente

La verifica di stabilità di un'opera in terra rinforzata è un'operazione generalmente poco complessa, ma comunque necessaria; sottovalutare l'importanza delle verifiche, così come trascurare le necessarie indagini propedeutiche indicate nel seguito, può causare errori nel dimensionamento o nella realizzazione, che potrebbero comportare, nel medio termine, problemi alla stabilità dell'opera.

Prima di progettare, è consigliabile procedere come segue:

- Effettuare un rilievo plano-altimetrico dell'area oggetto dell'intervento per ricavare planimetria e sezioni trasversali;
- Acquisire i dati geotecnici e idrogeologici del sito: struttura, andamento degli strati, presenza d'acqua nel pendio o nel sottosuolo, sismicità, caratteristiche geomeccaniche (angolo di attrito efficace  $\Phi'$ , coesione  $c'$  e peso specifico del terreno  $\gamma$ ) e analisi granulometrica per la corretta progettazione di un'opera che dovrà prevedere adeguati sistemi di captazione e drenaggio delle acque;

- Raccogliere informazioni "storiche" relative ad eventi quali frane e superfici di scorrimento attive e potenziali che hanno interessato la zona;
- Definire la geometria dell'opera e prevederne i sovraccarichi.



Il dimensionamento di una struttura in terra rinforzata segue un procedimento logico estremamente semplice.

Per qualunque materiale esiste un'inclinazione limite  $\beta_{lim}$  entro la quale un pendio non rinforzato può essere costruito con sicurezza.

Nel caso di materiale incoerente e secco, l'angolo d'inclinazione limite è uguale all'angolo di attrito interno del terreno:  $\beta_{lim} = \Phi$ .

Un pendio con inclinazione maggiore di quella limite si definisce pendio ripido; per realizzare un rilevato con pendio ripido è necessario aggiungere forze aggiuntive per mantenerne l'equilibrio.

La tecnologia delle terre rinforzate consiste nel fornire tali forze aggiuntive mediante posa di strati di rinforzo.

Le forze aggiuntive richieste per l'equilibrio di un pendio ripido, con un adeguato margine di sicurezza rispetto ad ogni potenziale meccanismo di rottura, possono essere determinate con un'analisi di equilibrio limite. Essa consiste nel considerare le possibili superfici di rottura e nel confrontare, per ognuna di esse, le forze che possono sviluppare il movimento del terreno (peso proprio, sovraccarichi, sollecitazioni dinamiche dovute a sisma o ad impatti, pressioni interstiziali) con le forze resistenti (attrito, coesione e, ovviamente, resistenza delle geogriglie). È possibile utilizzare superfici di forma differente: circolare, lineari, bi-lineari, a spirale logaritmica, a spezzata lineare; superfici con forme complesse comportano analisi molto prossime alla realtà, ma sicuramente oneri di calcolo superiori.

Per ciascuna superficie il Fattore di Sicurezza è calcolato come rapporto tra la massima forza di taglio resistente e la forza agente che si sviluppa lungo la superficie considerata. La superficie caratterizzata dal Fattore di Sicurezza più basso è quella critica.

Esistono in commercio diversi programmi di calcolo, basati su meccanismi di rottura differenti ma che, di fatto, sfruttano lo stesso principio e consentono di effettuare tali verifiche, analizzando un numero considerevole di superfici e scegliendo, tra queste, quella critica.

**Le verifiche di stabilità di una struttura in terra rinforzata sono effettuate nel rispetto delle prescrizioni contenute nell'aggiornamento delle Norme Tecniche delle Costruzioni (di**

**seguito NTC 2018) approvate con D.M. delle Infrastrutture e dei Trasporti 17/01/2018 (Gazzetta Ufficiale 20 febbraio 2018, n. 42 - S.O. n. 8).**

Con riferimento alle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, la verifica della sicurezza dell'opera sarà condotta agli stati limite ultimi (SLU).

La verifica agli stati limiti di esercizio, considerata la natura dell'opera, la sua flessibilità e deformabilità, non risulta essere critica, in quanto l'opera può sopportare deformazioni che non ne pregiudicano la funzionalità e l'esercizio.

Spostamenti e deformazioni che possano limitare l'uso della costruzione, la sua efficienza e il suo aspetto si potrebbero manifestare solo per collasso della struttura, e quindi a seguito di condizioni di carico e di sollecitazione ricoperte nelle verifiche allo SLU, più severe.

**Sulla base delle NTC 2018 le terre rinforzate vengono classificate come muri di sostegno** (par. 6.5 delle NTC 2018): "Le norme si applicano a tutte le costruzioni e agli interventi atti a sostenere in

sicurezza un corpo di terreno o di materiale con comportamento simile: ... - omissis - ... strutture miste, che esplicano la funzione di sostegno anche per effetto di trattamenti di miglioramento e per la presenza di particolari elementi di rinforzo e collegamento":

Per le verifiche sismiche le opere progettate devono rispettare gli Stati Limite Ultimi verificati in campo sismico, ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici e impiegando le resistenze di progetto con gli opportuni coefficienti parziali  $\gamma_R$ .

L'azione sismica deve essere combinata con le altre azioni di progetto. L'analisi della sicurezza dei muri di sostegno in condizioni sismiche può essere eseguita mediante i metodi pseudo-statici.

Il modello di calcolo deve comprendere l'opera di sostegno, il volume di terreno a tergo dell'opera e gli eventuali sovraccarichi agenti sul volume suddetto.

Nell'analisi pseudo-statica, l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

L'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.



## Sistema TENAX RIVEL | Rilevati paramassi



*Per garantire la protezione di strutture abitative o vie di transito collocate a ridosso di rilievi montuosi dal rischio di caduta massi è possibile impiegare soluzioni tecnologiche di tipo attivo (atte ad impedire il distacco) o di tipo passivo (atte ad intercettare o deviare i blocchi in movimento).*

*Tali opere possono essere progettate e dimensionate per ridurre il rischio o la vulnerabilità connessi alle frane di distacco e crollo. In particolare le opere di difesa passiva sono, di norma, collocate in modo da intercettare la traiettoria dei massi in caduta.*

La definizione del moto del blocco e dell'energia cinetica da assorbire sono fattori molto importanti per una corretta progettazione.

I rilevati paramassi realizzati con il Sistema TENAX RIVEL sono opere di protezione di tipo passivo più efficaci rispetto alle barriere metalliche ad elevato assorbimento di energia in quanto:

- Offrono una **protezione efficace** anche in caso di "sciame" di frana, ovvero di crolli ripetuti lungo la medesima direttrice;
- Richiedono una **manutenzione molto ridotta** anche a seguito di estesi fenomeni di crollo e non sono soggette a corrosione;
- Sono **durevoli** e non sono soggette ad ammaloramenti o decadimento;
- **L'impatto ambientale è trascurabile**, specie se il manufatto viene mascherato con adeguati interventi d'ingegneria naturalistica;
- È **possibile il riutilizzo del materiale precedentemente franato**.

I vantaggi che un rilevato in terra rinforzata TENAX RIVEL presenta rispetto a un rilevato tradizionale sono molteplici:

- **Minor ingombro alla base** con conseguente riduzione del terreno da movimentare;
- **Minori difficoltà per individuare aree adeguate** dal punto di vista planoaltimetrico;
- **Minore rischio di scavalco dell'opera** per rotolamento del masso grazie alla maggiore inclinazione della facciata.



## Confronto tra rilevati paramassi TENAX RIVEL e rilevato in gabbioni metallici riempiti di pietrame

L'impatto di un masso sulla facciata di un rilevato in gabbioni metallici produce delle schegge di pietrame che potrebbero oltrepassare il rilevato stesso non essendo possibile conoscere a priori la loro traiettoria. Al contrario, il rilevato TENAX RIVEL è in grado di "accogliere" il masso impattante senza frantumarlo.

A seguito dell'urto la rete metallica dei gabbioni può essere lacerata, provocando lo svuotamento parziale o totale del gabbione e compromettendo la stabilità di quelli sovrastanti con il reale rischio di innescare un pericoloso quanto incontrollabile effetto domino.

La funzione della rete metallica del gabbione è solo di contenimento del materiale di riempimento; al contrario geogriglia e terreno interagiscono permanentemente con un conseguente miglioramento della resistenza del manufatto.

Ciascun gabbione del vallo paramassi trasmette in modo pressoché elastico l'urto al gabbione adiacente, e dall'ultimo al terreno, che può essere proiettato verso l'esterno. Il Sistema TENAX RIVEL prevede che il terreno venga steso e compattato riducendo notevolmente la deformabilità del materiale, garantendo così che i singoli elementi che compongono l'opera rimangano solidali anche a seguito di un impatto violento in facciata. La maggior "legatura" del terreno permette una distribuzione del carico su un volume maggiore; l'area di influenza, approssimativamente conica, ha quindi un'apertura più ampia coinvolgendo una massa maggiore di terreno interessata alla resistenza all'urto e alla dissipazione di energia. L'esame delle riprese video delle prove in scala reale effettuate su rilevati paramassi in terra rinforzata con geogriglie TENAX ha evidenziato un movimento di richiamo della facciata di valle dopo il raggiungimento del picco di spostamento. Questo effetto è certamente da imputarsi alla presenza ed all'azione delle geogriglie. Tale effetto di richiamo, unito all'osservazione della formazione di tension crack sulla sommità del rilevato,

consentono di affermare che in assenza di una connessione tra le facciate di monte e di valle la barriera può essere sfondata o, per lo meno, il volume di terreno isolato dai tension crack può collassare sul lato a valle.



*Il vallo paramassi in terra rinforzata, a seguito dell'urto, è danneggiato ma integro.*



*Minima estrusione della facciata di valle del rilevato.*



*Masso roccioso fermato da paramassi in terra rinforzata in località Créton nel Comune di Rhêmes Saint-Georges (AO).*

Nei rilevati in terra rinforzata il terreno viene "legato" dalle geogriglie. La resistenza a trazione offerta dalle geogriglie e l'elevata resistenza allo sfilamento impediscono lo sfondamento del rilevato da parte del masso, nonostante la geometria estremamente ridotta rispetto ad un rilevato tradizionale.

Nel caso in cui la larghezza della sommità dell'opera sia minore di 2.00 m (strutture particolarmente snelle) per incrementare l'effetto di legatura è consigliabile posizionare un secondo ordine di rinforzi trasversalmente a quello principale (cioè longitudinalmente al rilevato).

Le geogriglie TENAX TT hanno un comportamento di tipo elasto-plastoviscoso in relazione all'entità dei carichi e alle modalità di applicazione. L'analisi dello stato di sollecitazione indotto da un impatto (modellabile come carico istantaneo di elevata intensità) ha permesso di evidenziare un irrigidimento del sistema geogriglie-terreno ossia un incremento del modulo elastico (a seguito di tali sollecitazioni la curva forzadeformazione risulta essere più pendente, la geogriglia reagisce alle sollecitazioni con deformazioni minori). Data la durata pressoché istantanea del fenomeno le deformazioni di natura viscosa (creep) non hanno modo di manifestarsi; il rinforzo è quindi in grado di mobilitare una resistenza a trazione prossima al valore di picco, e non più alla resistenza di lungo termine cui si fa riferimento per l'applicazione di carichi statici. La maggior "legatura" del terreno comporta una distribuzione del carico

dinamico su un cono con apertura maggiore, e quindi una massa maggiore di terreno coinvolta nella resistenza all'urto e nella dissipazione di energia. Numerosi test e conseguenti pubblicazioni scientifiche illustrano il modello di interazione, validato da diverse serie di prove di laboratorio, tra le geogriglie TENAX TT ed il terreno in caso di applicazione di carichi dinamici.

## Le certificazioni delle barriere paramassi TENAX

Le barriere in terra rinforzata con geogriglie TENAX TT sono state sottoposte a ripetuti test: presso il campo prove di Vigo di Meano (TN), accreditato dal Politecnico di Torino e di Erzberg (Austria), accreditato dall'Università di Trento. A seguito di tali prove il sistema TENAX è stato certificato sia dal Politecnico di Torino che dall'Università di Trento, che hanno attestato l'efficacia di barriere rinforzate con geogriglie estruse TENAX TT/GS. I certificati rilasciati alle barriere rinforzate con geogriglie TENAX TT 045 indicano come sia possibile realizzare le stesse tanto con terreni con comportamento di tipo frizionale (materiale di buona qualità) quanto con materiale coesivo di tipo plastico. Durante i test effettuati con terreno frizionale, le barriere hanno dimostrato di poter resistere a ripetuti urti con massi aventi energia pari a 7000 kJ circa. I risultati possono essere estesi a tutte quelle strutture la cui geometria minima garantisca il rispetto delle proporzioni dei manufatti certificati.

I risultati possono essere estesi a tutte quelle strutture la cui geometria minima garantisca il rispetto delle proporzioni dei manufatti certificati.



## Sistema TENAX RIVEL | Barriere antirumore



*Negli ultimi anni l'attenzione sempre crescente ai problemi ambientali si è concentrata sul problema dell'inquinamento acustico che per le strade di grande traffico, le autostrade e le ferrovie comporta la costruzione di barriere antirumore in prossimità di abitazioni e centri urbani.*

*Le soluzioni tradizionali prevedono l'utilizzo di pannelli prefabbricati, di varia tipologia e finitura, che garantiscono ottimi risultati in termini di contenimento del rumore.*

*Tuttavia rimangono sempre delle soluzioni molto impattanti dal punto di vista paesaggistico, non si inseriscono nell'ambiente circostante e costituiscono un elemento di disturbo non indifferente, considerando anche la spesso notevole estensione che devono necessariamente avere.*

### TENAX RIVEL: la soluzione green

La soluzione alternativa estremamente efficace e che si è sempre più affermata negli ultimi anni è la realizzazione di **barriere antirumore in terra rinforzata**: sono infatti ormai molti gli interventi realizzati su tutto il territorio nazionale.

Il successo è dovuto al **migliore inserimento nel paesaggio naturale** e alla **semplicità del sistema costruttivo**: la facciata può essere rinverdità con vegetazione presente nel territorio in modo da non costituire un elemento estraneo all'ambiente circostante; **la realizzazione è estremamente veloce** e non richiede manodopera specializzata o macchinari di grandi dimensioni.







*Intervento sulla tangenziale A51 di Milano per la realizzazione di una barriera antirumore con Terre Rinforzate a paramento rinverdito necessaria per la protezione delle abitazioni confinanti. L'opera si sviluppa per 300 m in lunghezza e 3 m circa in altezza.*



*Lavori di completamento della Tangenziale Nord di Pavia, dall'innesto con la Tangenziale Ovest allo svincolo con la S.P.2 "Melegnanina". Realizzazione di 400 ml di duna antirumore e muri d'ala con Terre Rinforzate a paramento rinverdito per complessivi 2500 m<sup>2</sup> di facciata a vista.*

## L'integrazione tra funzionalità ed estetica

TENAX è in grado di fornire, attraverso il suo Sistema RIVEL, una soluzione integrata che consente di realizzare barriere antirumore in terra rinforzata con facciata rinverdita, ideali come alternativa alle classiche tipologie di pannelli prefabbricati.

La **funzionalità** è garantita dalla massa di terreno contenuto dalle geogriglie, che va a costituire un elemento di protezione dalle sorgenti di rumore.

L'**estetica** è assicurata dalla copertura vegetale presente in facciata: il rinverdimento riduce drasticamente l'impatto dell'opera anche in presenza di manufatti di considerevole altezza e non crea un effetto di "chiusura" della visuale.

Le terre rinforzate realizzate con il Sistema TENAX RIVEL possono essere realizzate su superfici di appoggio molto limitate, per cui sono ideali in condizioni di ridotto spazio disponibile.

## Efficacia certificata

Grazie ad una **convenzione di ricerca tra TENAX e CIRI Edilizia e Costruzioni – Alma Mater Studiorum Università di Bologna**, è stato possibile effettuare una verifica in campo delle caratteristiche acustiche intrinseche di una barriera acustica realizzata con il Sistema TENAX RIVEL.

Le misurazioni sono state eseguite in data presso il cantiere di Assago Green Village ad Assago (MI), a ridosso della tangenziale Est di Milano, in una zona quindi soggetta ad un alto flusso di traffico e quindi di elevato inquinamento acustico; la terra rinforzata che è stata oggetto di studio ha una parete rinverdita di altezza pari a 6 metri, un'estensione di 300 metri e costituisce inoltre una base per una pista ciclabile.

I risultati hanno confermato l'efficacia della soluzione adottata: **il Sistema TENAX RIVEL è stato certificato come barriera antirumore con un grado di isolamento acustico molto elevato**, con una valutazione del **reflection index categoria A4** e una valutazione del **sound insulation index categoria D4**.

La realizzazione di barriere antirumore con il Sistema TENAX RIVEL è quindi una soluzione alternativa alle tradizionali tecnologie, consente un migliore impatto paesaggistico garantendo comunque una perfetta efficacia nell'abbattimento e nel contenimento del rumore.



## Sistema TENAX T-BLOCK



I sistemi per realizzare muri in terra rinforzata con geogriglie e paramento modulare in cls, costituiscono da tempo una soluzione di estrema versatilità tecnica, estetica, economica.

**TENAX T-BLOCK** è una valida alternativa tecnico/strutturale ai tradizionali manufatti in

cls, soprattutto se rivestiti in pietra, nonché ai muri di cemento armato o cellulari prefabbricati.

La sua maggiore competitività economica è dovuta all'eliminazione delle operazioni di carpenteria, getto e maturazione del cls, con riduzioni dei costi globali dell'opera anche del 25%.

*Sopra.  
Pontoglio (BS) - Sistemazione rampa  
di accesso a nucleo abitativo.*

*A destra.  
Corea del Sud, Chunsugyo/Saebeari  
Rilevato autostradale realizzato con  
soluzione mista terre rinforzate -  
Sistema TENAX T-BLOCK.*



## LA VERSATILITÀ DEL SISTEMA

La grande versatilità del Sistema TENAX T-BLOCK è dovuta alla sua estrema semplicità. La sua efficacia tecnico/strutturale si basa solo su tre componenti.

### Elementi modulari di facciata in blocchi di cls

La geometria dell'elemento modulare in calcestruzzo TENAX T-BLOCK vanta più di 30 anni di successo nella realizzazione di muri di controripa e di sottoscarpa, muri d'ala, spalle di ponte e rampe di accesso stradali e in molte altre opere che ne dimostrano la grande versatilità anche per l'edilizia privata.

**La geometria dell'elemento modulare T-BLOCK assicura un'elevata resistenza alle sollecitazioni statiche e dinamiche trasmesse dal terreno garantendo la massima semplicità e rapidità di installazione.**

### Geogriglie TENAX TT per il rinforzo del terreno a tergo del paramento di facciata

Le geogriglie mono-orientate a giunzione integrale TENAX TT sono elementi di rinforzo con elevato modulo elastico e resistenza delle giunzioni  $\geq 80\%$  del valore della resistenza max a trazione. La distribuzione planare delle geogriglie di rinforzo consente sia di ancorare la facciata che di rinforzare internamente il terreno in modo uniforme, con un'azione più efficace di quella fornita da sistemi di ancoraggio costituiti da strisce o barre discrete.

**Le geogriglie di rinforzo ad elevato "modulo elastico" TENAX TT sono prodotte al 100% in HDPE per garantire completa inerzia chimica e resistenza al fenomeno delle correnti vaganti.**

### Elemento T-CLIP per la connessione meccanica blocco/geogriglia

L'elemento di connessione T-CLIP è brevettato e consente un'efficace connessione meccanica della geogriglia di rinforzo TENAX TT agli elementi di facciata T-BLOCK.

**Il connettore T-CLIP al 100% in HDPE è un componente brevettato ed è stato progettato per sviluppare, unitamente con la geogriglia di rinforzo TENAX TT, una resistenza > alla tensione massima di progetto per i rinforzi.**

## VANTAGGI

Il Sistema TENAX T-BLOCK offre molti vantaggi rispetto ai metodi tradizionali, pur garantendo gli stessi standard di progettazione.

- Nessun limite di altezza;
- Ingombro limitato dell'area prospiciente il manufatto;
- Risparmio economico rispetto alle soluzioni in cemento armato e ai muri rivestiti in pietra;
- Tempi di realizzazione rapidi anche in spazi ridotti per la facilità d'installazione anche da parte di personale non qualificato (il tempo di esecuzione dell'opera di sostegno coincide con quello di formazione del terrapieno da sostenere);
- Blocchi leggeri e compatti facilmente installabili manualmente senza l'ausilio di mezzi meccanici;
- Sistema estremamente durevole, con paramento architettonico idrorepellente, "antigelivo", resistente al fuoco;
- Progettati per sopportare carichi statici e dinamici;
- Buona capacità di assorbire gli effetti dinamici derivanti da azioni sismiche;
- Vita utile di progetto fino a 120 anni;
- Elevato standard delle finiture e possibilità di soluzioni estetiche personalizzate;
- Numerosi progetti già realizzati con successo in tutto il mondo;
- Non necessita di manutenzione.



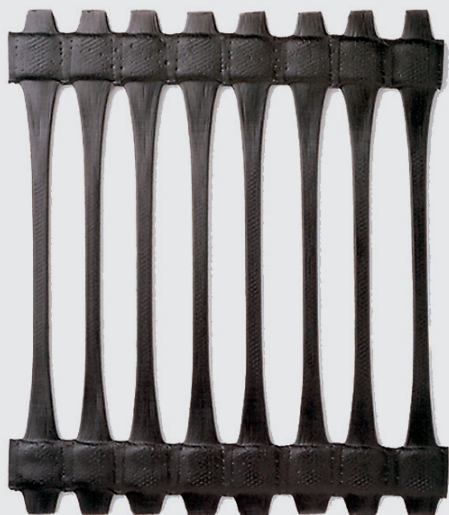


## I COMPONENTI DEL SISTEMA

### Geogriglie TENAX TT

#### L'elemento di rinforzo

Le geogriglie TENAX TT sono strutture bidimensionali realizzate con polietilene ad alta densità (HDPE) mediante processo di estrusione e stiratura mono-direzionale. Questa tecnologia permette di ottenere prodotti con notevoli qualità tecniche, che consentono il loro impiego in soluzioni innovative.



Le geogriglie TENAX TT, chimicamente inerti e con elevata resistenza a trazione, vengono specificatamente realizzate per il rinforzo dei terreni. Le particelle di terreno o di conglomerato si incastrano nelle aperture della geogriglia che svolge così un'efficace azione cerchiante, limitando i movimenti relativi e migliorando la resistenza al taglio.

L'applicazione di un carico normale compatta i granuli e produce un incastro tra una faccia e l'altra del piano della geogriglia cosicché è necessario giungere ad un certo valore minimo di trazione per provocare il movimento.

La struttura composita terreno-geogriglia si comporta quindi come se avesse una resistenza a trazione intrinseca. L'introduzione della geogriglia genera perciò una sorta di coesione in materiali altrimenti non coesivi.

La struttura terreno-geogriglia combina l'elevata resistenza a compressione dei granuli con la resistenza a trazione della geogriglia, creando così un materiale che ha maggiore rigidità e stabilità del solo aggregato.

La capacità della geogriglia di ricevere gli sforzi e di ridistribuirli in un piano contribuisce ulteriormente al miglioramento delle caratteristiche di resistenza ai carichi statici e dinamici.

Le geogriglie TENAX TT costituiscono quindi una soluzione innovativa e vantaggiosa dal punto di vista tecnico ed economico in tutte le applicazioni

che richiedono un miglioramento delle caratteristiche di materiali granulari, coesivi, sciolti o conglomerati.

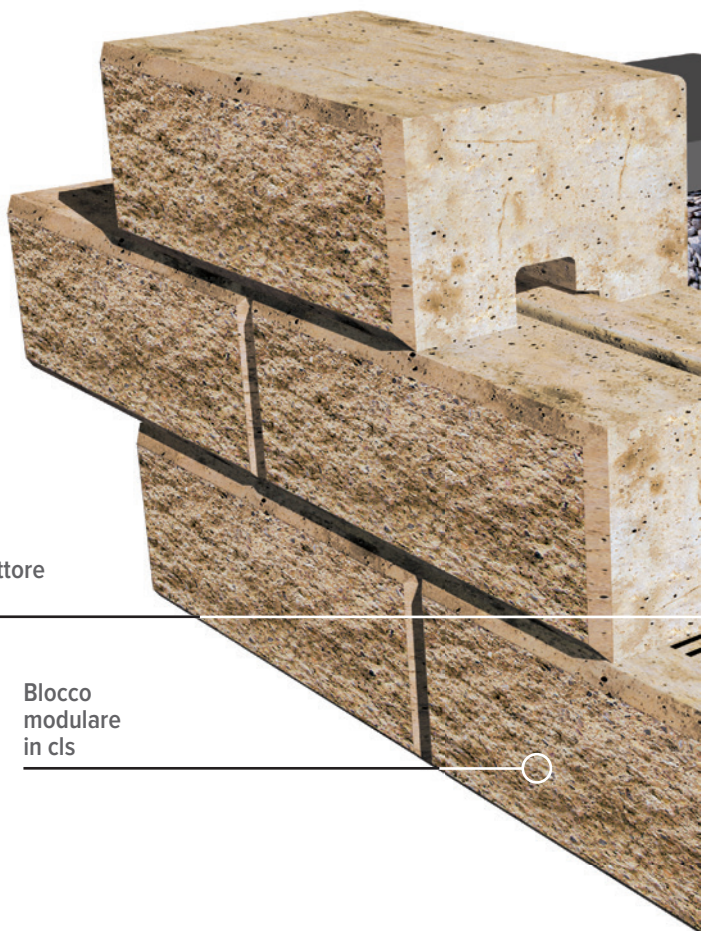
Le geogriglie TENAX TT sono prodotte e controllate secondo procedure previste nel Sistema Qualità TENAX implementato e certificato in conformità alla norma ISO 9001:2000 e alla norma ISO 14001:2015.

Ciò garantisce il raggiungimento ed il costante mantenimento degli standard previsti attraverso un accurato controllo di tutte le fasi del processo produttivo, d'immagazzinamento, consegna e assistenza.

#### RESISTENZA DELLE CONNESSIONI GEOGRIGLIA-BLOCCO

		TT045	TT060	TT090	TT120
Efficienza della connessione (*)	%	195	155	125	120
Resistenza di progetto (lungo termine)	kN/m	21.2	28.3	42.4	56.5
Resistenza alla trazione al 2% di deformazione	kN/m	11.0	17.0	26.0	36.0

(\*) Pressione di confinamento 100 kPa, raffrontata alla resistenza di progetto (lungo termine).



Connettore  
T-CLIP

Blocco  
modulare  
in cls



## Blocco modulare in cls

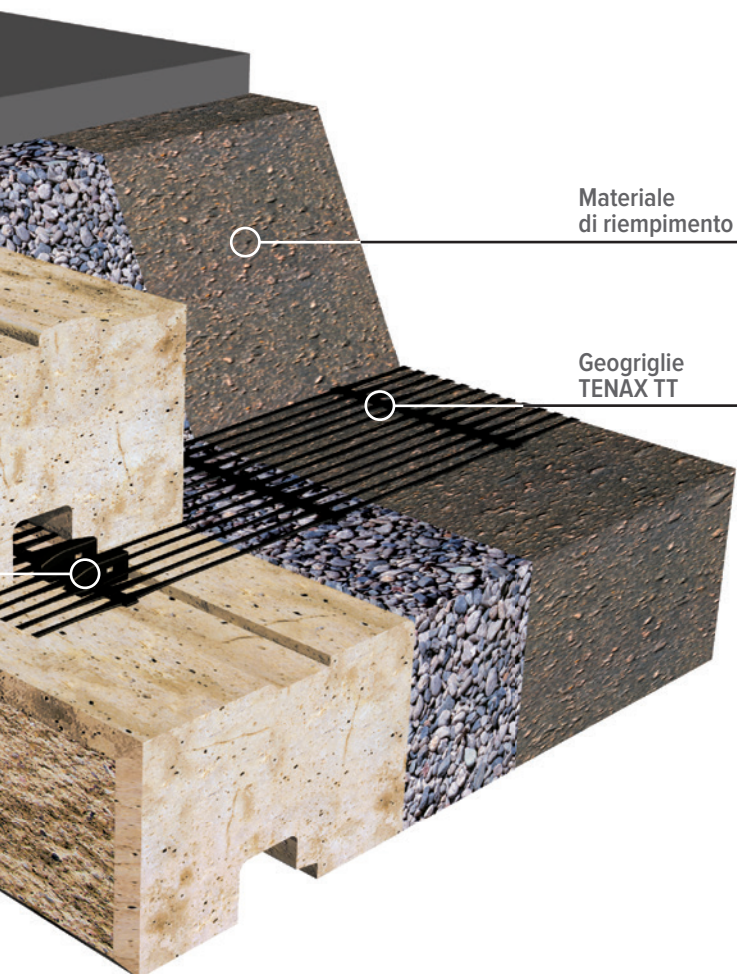
### L'elemento di facciata

Gli elementi di facciata T-BLOCK sono blocchi modulari in cls con una resistenza alla compressione media pari a 20 MPa con un limite di assorbimento d'umidità < del 5%.



L'area della facciata di ogni singolo blocco è di 600 cm<sup>2</sup> (150 x 400 mm x 240 mm di profondità). Il blocco è caratterizzato da una scanalatura alla base e da una nervatura alla sommità (maschio) per l'incastro e da una scanalatura su entrambe le superfici (femmina) in corrispondenza dell'ancoraggio con le griglie.

A fronte di esigenze architettoniche / estetiche, i blocchi sono personalizzabili nel colore per soddisfare specifiche richieste progettuali.



## Connettori T-CLIP

### L'elemento di connessione

T-CLIP è il risultato di 20 anni di ricerca e di esperienza internazionale nei sistemi di connessione meccanica geogriglie e blocchi di cemento modulari.



T-CLIP, tra tutti i sistemi di connessione meccanica offerti dal mercato, garantisce il raggiungimento dei più elevati valori di resistenza della connessione tra l'elemento di rinforzo (geogriglie integrali in HDPE) ed i blocchi di cemento modulari.

La precedente esperienza aziendale nei "Sistemi integrati" si basava sul "semplice incastro libero" dei componenti blocco/ geogriglia, con tutti i limiti tecnici e pratici di questa tecnologia; ciò ha indotto TENAX a migliorare il sistema semplificando e velocizzando le fasi di installazione, ricercando un elemento di connessione di dimensioni ridotte che si aggancia facilmente alle geogriglie e che trova "alloggiamento" nelle scanalature dei blocchi creando così una struttura totalmente integrata.

Questo sistema permette infatti di ancorare saldamente le geogriglie di rinforzo ai blocchi e, nello stesso tempo, di vincolare gli stessi nella posizione corretta rispetto allo strato successivo, garantendo un'elevatissima connessione meccanica in grado di sviluppare tensioni  $\geq$  rispetto alle tensioni di progetto.

## Materiale di riempimento

Generalmente è costituito da materiale granulare compattato, che può essere selezionato in sito o importato.

È possibile utilizzare riempimenti accuratamente riciclati, selezionati o stabilizzati, purché siano soddisfatti i requisiti minimi richiesti in fase di progetto.

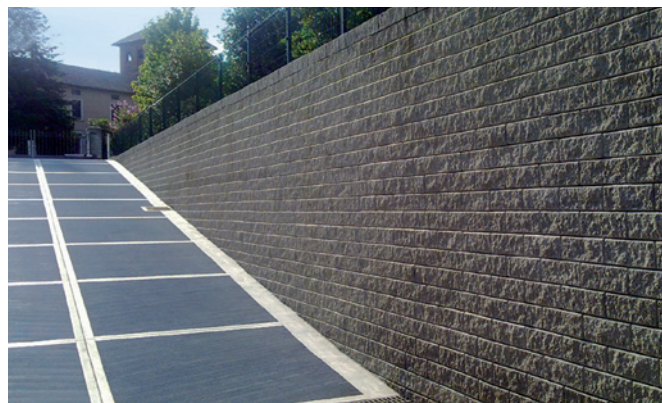




## PARTICOLARI ARCHITETTONICI



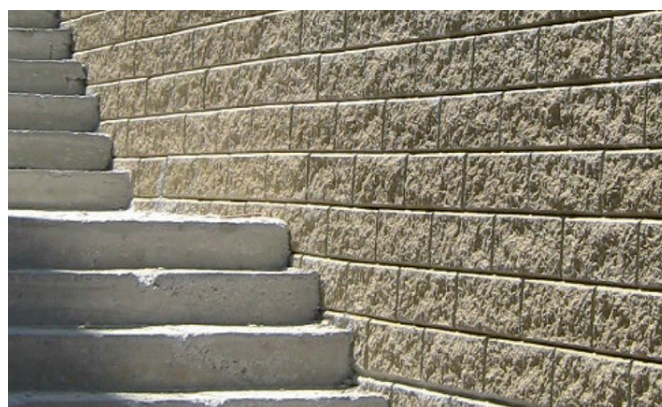
*Realizzazione tratti curvi.*



*Raccordo con rampa.*



*Raccordo con recinzione.*



*Raccordo con scala.*



*Raccordo con terre rinforzate.*



*Raccordo con scarpata verde.*



*Raccordo con strutture in c.a.*



*Realizzazione di elementi grafici anche di colori diversi.*



## PROCEDURE D'INSTALLAZIONE

Di seguito vengono riassunte le principali operazioni per l'installazione del Sistema TENAX T-BLOCK, disponibili in dettaglio a richiesta.

### Piano di fondazione

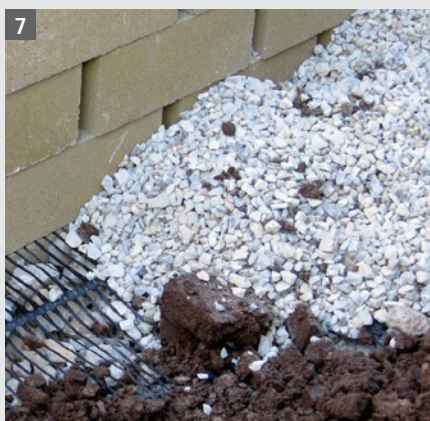
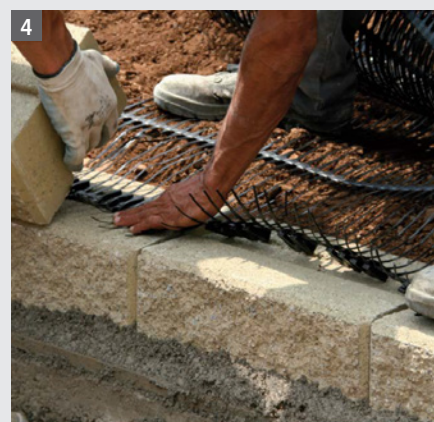
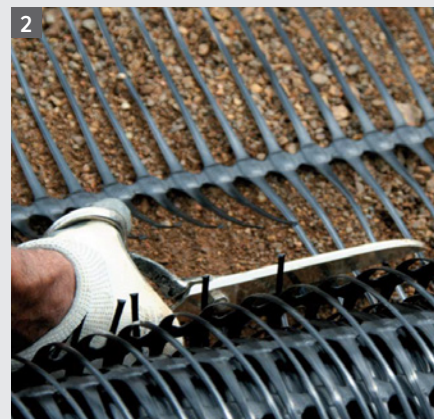
- Occorre preparare un adeguato piano di fondazione che deve essere opportunamente livellato e compattato (si consiglia il 95% dello Standard Proctor) per poter stendere orizzontalmente le geogriglie per l'intera lunghezza di progetto.
- Il materiale scavato, se utilizzato per il riempimento a tergo, dovrà essere protetto dagli eventi climatici.

### Cordolo di fondazione

- Il manufatto deve poggiare su di un cordolo in cls idoneamente dimensionato (foto 1) per resistere agli sforzi agenti e garantirne la capacità portante.
- La superficie di appoggio del cordolo deve essere perfettamente liscia e piana; si consiglia l'affogamento nel cordolo di un "profilo" metallico contro il quale deve essere messo "in battuta" il primo corso di blocchi.

### Costruzione del muro a blocchi

- Posare il primo corso di blocchi prestando particolare attenzione al loro allineamento longitudinale, mantenendo la parte superiore perfettamente piana.
- Posizionare un tubo di drenaggio microforato a tergo del primo corso di blocchi e stendere un sottile strato di ghiaia attorno ad esso.
- Stendere e compattare il primo strato di materiale di riempimento fino alla quota di posa del primo livello di geogriglia scelto in accordo con le specifiche progettuali.
- In prossimità della facciata compattare il materiale di riempimento con un piccolo rullo compattatore o piastra vibrante mentre, allontanandosi dal fronte, utilizzare un rullo compattatore più pesante.
- Tagliare le "porzioni" di geogriglia di rinforzo della lunghezza prestabilita in progetto (foto 2) e collocare, inserendoli, i connettori T-CLIP in prossimità della barra trasversale destinata all'incastro (foto 3).
- Posizionare le "porzioni" di geogriglie di rinforzo alle quote di progetto, alloggiandole nella scanalatura apposita dei blocchi.
- Proseguire con i corsi successivi posizionando i blocchi e facendoli scorrere fino al raggiungimento della posizione corretta (foto 4, 5 e 6).
- Completare la costruzione del muro posando e compattando il materiale di riempimento (foto 7), i successivi strati di geogriglie ed i blocchi di facciata, fino a raggiungere l'altezza di progetto.



1. Cordolo di fondazione.
2. Taglio della geogriglia.
3. Posizionamento del connettore.
4. Posa dei blocchi sulle geogriglie.
5. Posa dei blocchi.
6. Verifica dell'allineamento dei blocchi.
7. Dreno a tergo dei blocchi.



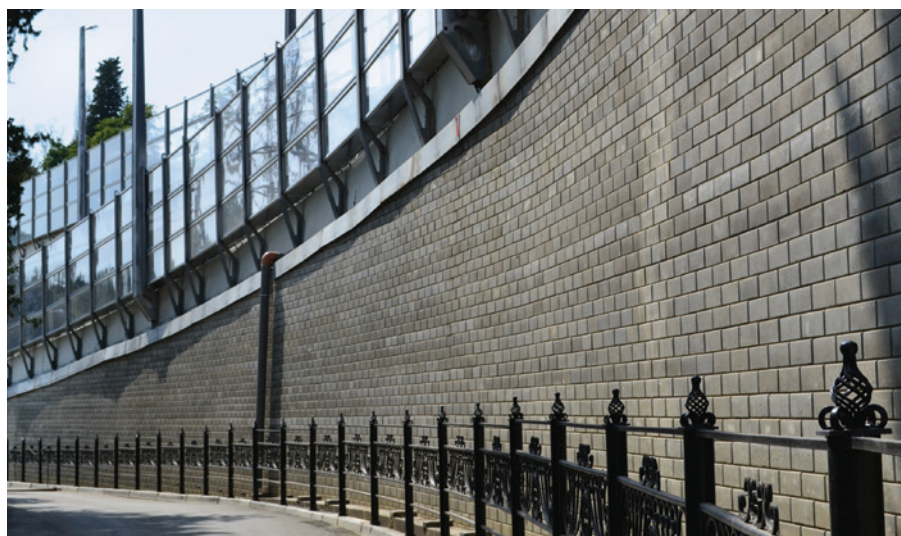
## ESEMPI DI APPLICAZIONI



*S. Pietroburgo, Russia.  
Muro d'ala.*



*Seoul, Sud Corea.  
Soluzione integrata con il contesto  
urbano dell'area circostante.*



*Sochi, Russia.  
Lavoro svolto in occasione delle  
olimpiadi.*



## ASSISTENZA PROGETTUALE

L'esperienza acquisita nella progettazione con geosintetici permette al team di ingegneri qualificati di **TENAX TCC (Technical Competence Center)** di supportare Committenti (pubblici e privati), Progettisti e Imprese con studi di fattibilità e progetti esecutivi.

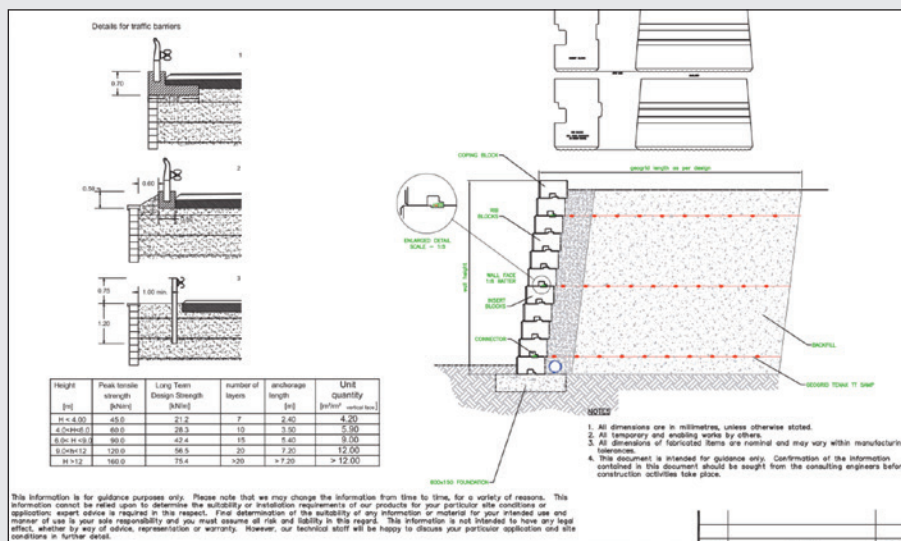
Il team TENAX si occupa inoltre e localmente di:

- Assistenza all'installazione;
- Seminari didattici, laboratori di progettazione e addestramento personalizzato;
- Assistenza all'impiego di software specifici per la progettazione con geosintetici TENAX che consentono una maggiore flessibilità

nella gestione dei criteri progettuali al fine di soddisfare specifiche necessità.

Tale flessibilità consente agli ingegneri TENAX di eseguire il dimensionamento più idoneo per strutture sicure ed economicamente vantaggiose.

*Disegni esecutivi, realizzati dagli ingegneri TENAX per specifiche esigenze progettuali.*



*Seminario didattico.*



*Assistenza all'installazione.*





**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