

UNA TECNOLOGIA DI DERMATOLOGIA GEOTECCNICA



PRATI

contro la desertificazione e l'erosione dei suoli



ARMATI®

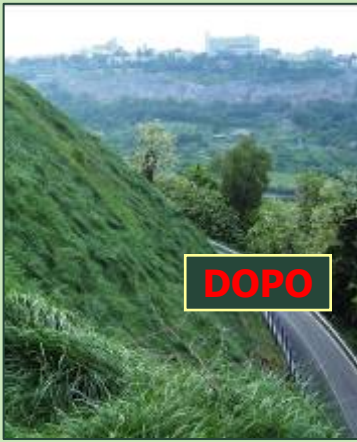
INFORMAZIONI GENERALI

©2010 PRATI ARMATI srl . Tutti i diritti riservati. L'uso non autorizzato dei marchi registrati, delle immagini e delle informazioni contenute nel presente manuale verrà perseguito a termini di legge. La società si riserva il diritto di modificare in tutto o in parte le informazioni qui contenute. Per ulteriori informazioni, nonché per le specifiche tecniche e i prezzi da inserire in capitolato, si rimanda al sito internet www.pratiarmati.it.

NOTA BENE: I PRATI ARMATI® sono una Tecnologia esclusiva, protetta da marchio registrato, per la quale il know-how principale, relativo alle specie utilizzate e alla tecnologia globale da applicare per l'ottimale riuscita degli impianti è nota solo alla società PRATI ARMATI srl . Segnaliamo che alcune società o persone fisiche utilizzano immagini ed informazioni tratte, senza alcuna autorizzazione, da nostro materiale esclusivo. Poiché risulta impossibile prevenire e bloccare tali atti invitiamo tutti gli interessati a rivolgersi direttamente ed esclusivamente a PRATI ARMATI srl, tel. 02-57619146 - info@pratiarmati.it e a segnalare eventuali contraffazioni. Le informazioni più aggiornate sono reperibili sul sito www.pratiarmati.it.



PRIMA



DOPO

PROBLEMI EROSIIVI

?

LITOTIPI STERILI

?

CLIMI PROIBITIVI

?

RINATURALIZZAZIONE

?



I PRATI ARMATI® sono una Tecnologia di DERMATOLOGIA GEOTECNICA che

1. impiega sementi di piante erbacee perenni a radicazione profonda, prevalentemente autoctone;
2. blocca l'EROSIONE su qualunque litotipo (anche il più sterile), senza alcuna altra integrazione (terreno di riporto, geocelle, materiali plastici e così via);
3. rinaturalizza i versanti favorendo la biodiversità, accelerando la successione ecologica, soprattutto su terreni sterili;
4. sottrae fino al 400% in più di CO₂ rispetto alle piante tradizionali;
5. presenta forti vantaggi ambientali, realizzativi, tecnici e di costo rispetto ad altre tecnologie;
6. non necessita di alcuna manutenzione.

I PRATI ARMATI® sono una Tecnologia PRESTAZIONALE. I risultati - consistenti nel blocco dell'erosione - sono sempre garantiti.

PRATI ARMATI srl è una società che ha inventato e sviluppato una innovativa tecnologia verde per il blocco dell'erosione, i PRATI ARMATI®, di cui detiene l'esclusiva mondiale. Il nome della società coincide con il marchio registrato della tecnologia.

PERCHE' IL NOME "PRATI ARMATI®"

Dalle particolari sementi distribuite sul terreno si origina:

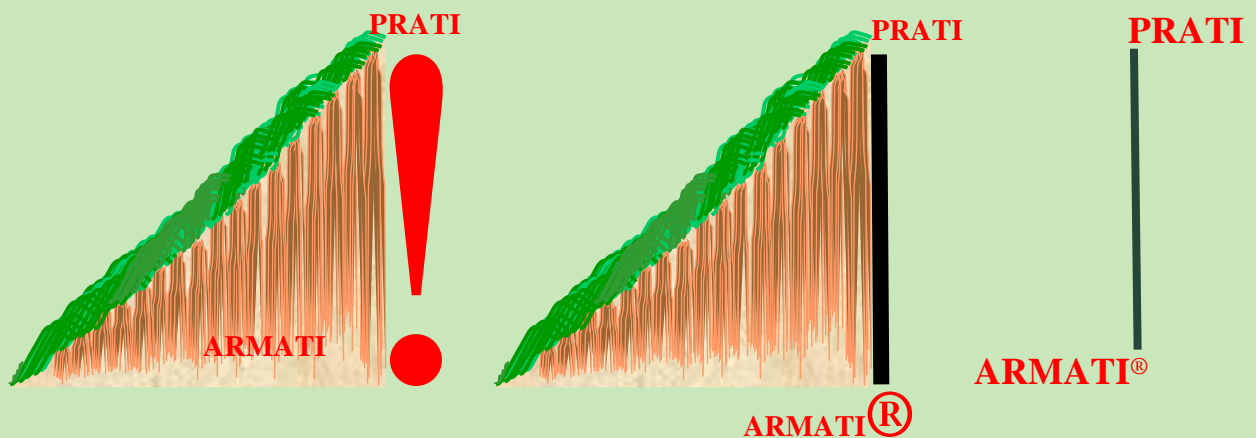
- in superficie una fitta coltre vegetale simile ai tipici **PRATI** pascoli;
- in profondità un potente apparato radicale che va ad armare il terreno: da qui l'aggettivo **ARMATI**.

IL PERCHÉ DI UN LOGO

La sezione di un pendio può essere schematizzata come un **triangolo** in cui sono visibili la coltre vegetale superficiale e le radici che armano il terreno.

I PRATI ARMATI® risolvono in modo definitivo il problema erosivo: da qui la stilizzazione della radice come **punto esclamativo** !

Poiché inoltre PRATI ARMATI® è un marchio registrato, il **puntino** del punto esclamativo è stato sostituito dalla ®



Molti anni or sono - correva l'anno 1999 - andai a presentare la tecnologia dei PRATI ARMATI®, allora agli inizi, ad uno dei più noti geotecnici italiani.

Mostrai al Professore un campione di radici di oltre 2 metri e un opuscolo su cui campeggiava il titolo "CONTRO LE FRANE E L'EROSIONE DEI SUOLI".

Dopo avermi ascoltato con interesse e pazienza, il Professore mi disse: *"bella tecnica ma... aggiunga almeno, accanto a FRANE, la parola SUPERFICIALI"*.

Io non sono un ingegnere geotecnico, ma un ingegnere nucleare e allora sapevo, di geotecnica, meno di adesso (quindi zero) e pensai: "i soliti professori, sempre a sottillizzare!".

Ho scritto ultimamente al Professore: *"... caro Professore, non ho aggiunto la parola SUPERFICIALI alla mia nuova presentazione, che Le invio, solo perché ho tolto la parola FRANE. I PRATI ARMATI® bloccano l'erosione, ma a nulla servono contro le FRANE. Noi apparteniamo ai **dermatologi geotecnici** e in questo siamo maestri: sappiamo curare non solo l'acne giovanile ma anche la lebbra dei terreni. Ad altri – come Lei – il compito da internisti"*.

Mi rispose: *"qualcosa finalmente ha capito"*.

Le tecniche antierosive attualmente disponibili sul mercato sono datate e risalgono agli anni 50 - 60: prevedono soprattutto l'impiego di manufatti sintetici quali geocelle, geostuoie, georeti e di biostuoie.

Gli alberi, gli arbusti e i prati tradizionali sono invece da sempre utilizzati dall'uomo per tentare di bloccare l'erosione e i piccoli smottamenti dei terreni, peraltro con alcuni limiti: gli alberi hanno radici di grande diametro, seppur profonde, che fanno rigonfiare il terreno; appesantiscono i versanti, possono innescare momenti destabilizzanti nel suolo (es. effetto vela); le piante erbacee tradizionali hanno apparati radicali modesti nello sviluppo e dotati di bassa resistenza meccanica.

Da sempre il settore del controllo dell'erosione è un settore a bassa tecnologia e innovazione.

In tutte le branche del sapere si verificano peraltro innovazioni che rendono obsolete le vecchie tecniche. Così ad esempio l'iniettore-pompa nei motori diesel è stato sostituito dal più efficiente common-rail attualmente utilizzato in tutto il mondo con vantaggi tecnici, di consumo, di costo e semplificazione costruttiva.

Partendo dalle tradizionali tecniche antierosive, abbiamo innanzitutto concentrato l'attenzione sulle specie erbacee, non quelle tradizionali bensì quelle a radicazione profonda, finora poco note, studiate e utilizzate, che presentano indubbi vantaggi geotecnici rispetto a tutte le altre tecniche.

Abbiamo poi introdotto un elevato grado di conoscenza interdisciplinare, correlando varie branche del sapere spesso fra loro in contrasto: botanica, agronomia, ingegneria, geologia, architettura del paesaggio.

Abbiamo quindi dato sistematicità ad una materia disomogenea e prevalentemente empirica; in molti casi siamo anche riusciti a fornire valide spiegazioni scientifiche e a introdurre modellazioni matematiche.

Molti ci chiedono come abbiamo inventato i PRATI ARMATI®. Noi non abbiamo inventato nulla né tanto meno abbiamo manipolato o trasformato geneticamente le piante: abbiamo semplicemente visto ciò che altri hanno solo guardato. Anche Alexander Fleming nel 1928, quando scoprì la penicillina che rivoluzionò la medicina per le cure delle infezioni batteriche, notò, vide e capì ciò che era da sempre sotto gli occhi di tutti. La scoperta è da attribuire non a chi ci inciampa, dando un calcio al diamante, ma a chi si accorge di averlo incontrato, chinandosi a raccoglierlo.

Le piante da noi utilizzate esistono da milioni di anni, anche in Italia, ma il loro pregio è nascosto sotto terra e nessuno vi aveva posto attenzione.

In molti Paesi del mondo, in presenza di queste specie erbacee a radicazione profonda, non vi era traccia di erosione. Abbiamo analizzato e studiato - in collaborazione con università e centri di ricerca - centinaia di piante, utilizzando, per la selezione, un filtro molto stretto: le piante oltre che possedere caratteristiche geotecniche di rilievo, devono essere erbacee perenni, pioniere, rustiche, non infestanti, non OGM, non tossiche, non allergeniche, di gradevole portamento ed aspetto e così via.

Dopo aver studiato singolarmente le proprietà (botaniche, agronomiche, geotecniche) di ogni singola specie, abbiamo avuto il merito di sistematizzare e mettere a punto una tecnica che risultasse, per applicazioni su vasta scala, non solo efficiente, ma anche semplice e industriale.

Con un paragone musicale, che comunque richiama un'armonia di cui la natura è maestra e a cui ci siamo ispirati, abbiamo riunito un'orchestra di piante, noi semplici direttori, che suona sinergica e all'unisono per risolvere un problema tanto trascurato quanto importante: l'erosione.

Spesso l'uomo si considera padrone della natura e tutto deve necessariamente girare attorno a lui. Tolomeo sosteneva che la Terra era il centro dell'universo e il Sole girava attorno ad essa. Noi ci siamo poi posti in un sistema dove non è l'uomo il centro dell'universo, ma la natura.

Noi siamo un pezzettino della natura: condividiamo le parole di San Francesco che chiamava sorella l'acqua e fratello il lupo. Il nostro patrimonio genetico è uguale per il 99% a quello di uno scimpanzè e per oltre il 90% a quello della maggior parte dei mammiferi; ma anche con le piante abbiamo un patrimonio genetico comune.

Nelle pagine che seguono si illustrano le proprietà, i principi tecnici, scientifici e di funzionamento, i modelli matematici sviluppati, le caratteristiche dei PRATI ARMATI®, con molti esempi applicativi.

Ma ciò che più conta sono soprattutto i risultati raggiunti, su centinaia di cantieri, realizzati sempre con pieno successo, su ogni litotipo e clima, dove peraltro è stata la natura che ha risanato se stessa, con noi umili direttori di un'orchestra dove abbiamo avuto il solo merito di scegliere gli strumenti più adatti ed i migliori musicisti.

Claudio Zarotti

L'**EROSIONE** è un fenomeno naturale che consiste nel distacco e trasporto di particelle solide di suolo e roccia ad opera di diversi agenti, la cui dinamica è generalmente accelerata dall'attività antropica: scarsa gestione del territorio, deforestazione, cementificazione, scavi e così via.

Si stima che in Europa siano soggetti al fenomeno dell'erosione 25 milioni di ettari di suolo e che in diverse aree l'ordine di grandezza delle perdite si aggiri attorno alle decine di tonnellate di suolo per ettaro all'anno (De Ploy et al., 1991).

In Italia, circa il 77% del territorio (cfr. De Rosa, 2003 e APAT) è a rischio di erosione accelerata, anche a causa della mancanza di misure conservative del suolo.

L'erosione può originare problemi in diversi ambiti:

- invasione di fango e pietrame sulle carreggiate stradali;
- intasamento di canalette e drenaggi;
- modifiche alla forma e profondità dei corsi d'acqua;
- perdita di capacità di invaso dei laghi artificiali a causa della sedimentazione dei materiali erosi;
- aumento del trasporto solido dei corsi d'acqua;
- interrimento di vie navigabili e porti;
- perdita di terreno superficiale (generalmente più fertile).

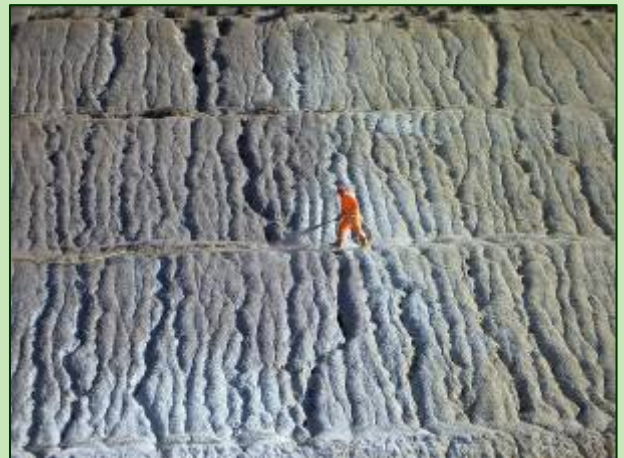
EROSIONE e **FRANE** sono fenomeni distinti.

Le **FRANE** consistono nel movimento verso valle di **porzioni di terreno e rocce** di varia forma e con diversi cinematismi, ad opera della gravità.

L'**EROSIONE** è la progressiva rimozione dalla superficie del suolo di strati di terreno, attraverso distacco e trasporto di **singole particelle** ad opera di vari agenti fisici quali acqua, vento, ghiaccio, etc.



EROSIONE - Autostrada A1 MI-NA, zona Fabro (TR)



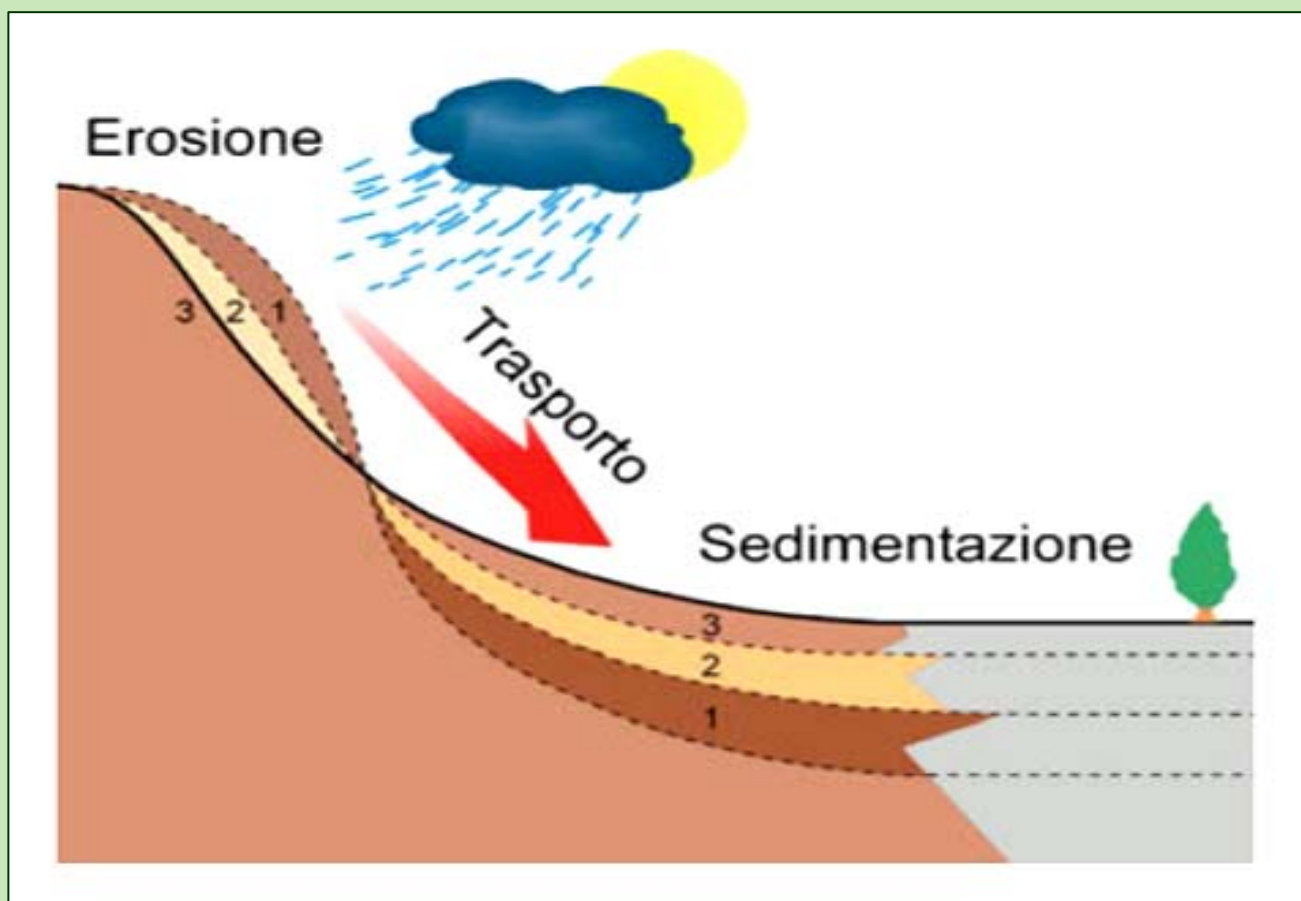
EROSIONE - Matera, SS 380 dei Tre Confini

Nel nostro clima ed ambiente la pioggia è il principale agente erosivo (EROSIONE IDRICA).

Il processo di erosione idrica include:

- distacco delle particelle del suolo;
- trasferimento dalla superficie del suolo alla corrente idrica;
- trasporto;
- deposito delle particelle trasportate (sedimentazione).

Le particelle trasportate in forma elementare o di aggregati, vengono denominate sedimenti.



Fonte: web

La pioggia erode il terreno con differenti modalità:

- energia cinetica delle gocce (*drop erosion*);
- trasporto superficiale di particelle del terreno;
- formazione di rivoli;
- formazione di solchi e fossi profondi (*gully erosion*).

I danni dovuti all'erosione da parte dell'acqua dipendono da vari fattori:

1. intensità e durata delle precipitazioni: più aumentano, più forte è l'erosione;
2. lunghezza e inclinazione del pendio: al loro aumentare aumenta l'intensità erosiva;
3. erodibilità (intrinseca) del terreno: alcuni litotipi sono intrinsecamente più erodibili di altri. L'erodibilità del terreno dipende dal contenuto di sostanza organica (espresso come percentuale di humus), dalla struttura del terreno, dalla velocità di infiltrazione dell'acqua, dalla distribuzione dimensionale delle particelle di suolo;
4. permeabilità del terreno: al suo aumentare diminuisce l'erosione. Terreni sciolti e granulari come sabbie e ghiaie, hanno la capacità di assorbire maggiori quantità di acqua, essendo molto permeabili e quindi tendono ad avere un comportamento più stabile rispetto ai limi che sono meno permeabili. Per effetto della coesione le argille sono meno erodibili dei suoli contenenti limo ma, essendo impermeabili, non hanno la capacità di assorbire rapidamente delle elevate quantità di acqua, dando così origine a fenomeni erosivi diffusi e incontrollati;
5. **assenza di vegetazione**: l'assenza di vegetazione aumenta l'erosione.

GRANULOMETRIA TERRENI (USCS)			
ARGILLA	LIMO	SABBIA	GHIAIA
<0,002 mm	0,002–0,06 mm	0,06 mm–2 mm	2 mm–60 mm

Diminuzione di permeabilità

Aumento angolo di attrito interno

Dimensioni delle particelle di terreno

L'Equazione Universale per il calcolo della Perdita di Suolo (Universal Soil Loss Equation, USLE - Wischmeier e Smith) ben correla questi fattori.

$$A = R \times K \times LS \times P \times C \quad \text{dove:}$$

FATTORE	DESCRIZIONE	UNITA' DI MISURA	NOTE
A	perdita specifica di suolo (erosione)	$\frac{t}{ha \text{ anno}}$	
R	fattore climatico relativo a intensità e durata delle precipitazioni	$\frac{MJ \text{ mm}}{ha \text{ h anno}}$	varia tra 50-600
K	fattore pedologico, esprime l'erodibilità del suolo	$\frac{t \text{ h}}{MJ \text{ mm}}$	varia tra 0,05-0,7
LS	fattori topografici: lunghezza e pendenza scarpata	adimensionale	varia tra 1-40
P	fattore relativo all'adozione di tecniche conservative del suolo	adimensionale	varia tra 1-0,5
C	fattore relativo alla copertura vegetale	adimensionale	varia tra 0,003-1 in funzione di tipo e densità della vegetazione

Per ridurre gli effetti dell'erosione superficiale si deve quindi:

- intervenire sulla pendenza e sulla lunghezza delle scarpate (fattore LS);
- sviluppare azioni finalizzate alla conservazione del suolo (fattore P);
- **ricostituire rapidamente la copertura vegetale** in modo tale da far tendere il **fattore C** a zero. Se il fattore **C** tende a zero, la perdita specifica di suolo **A** (e quindi l'erosione) tende a zero. E' il sistema più rapido, meno costoso e più efficiente per contrastare l'erosione. Con i PRATI ARMATI® è possibile portare **C** prossimo a zero e quindi ridurre drasticamente la perdita di suolo, anche sui litotipi più sterili ed erodibili.

USO DEL SUOLO	EROSIONE (t ha ⁻¹ anno ⁻¹)
Foreste con gestione selvicolturale	1
Pascoli	3
Coltivazioni	40
Miniere e suoli di aree in costruzione	300-400

COSA SONO I PRATI ARMATI ?

- sono sementi di piante erbacee perenni a radicazione profonda adatte a tutti i litotipi e a tutti i climi, utilizzate per il blocco dell'erosione, la conservazione del suolo, la protezione di opere infrastrutturali e il ripristino di zone inquinate;
- sono una tecnologia PRESTAZIONALE e non PRESCRIZIONALE, che garantisce la soluzione del problema erosivo.

COSA FANNO

- bloccano l'erosione;
- accelerano la rinaturalizzazione;
- sottraggono elevate quantità di CO₂ dall'atmosfera contribuendo ai crediti stabiliti dal Protocollo di Kyoto;
- incrementano la resistenza al taglio e il fattore di sicurezza del terreno;
- proteggono e impermeabilizzano i versanti in caso di precipitazioni intense;
- proteggono il terreno da fessurazioni e crepacciamenti;
- diminuiscono la saturazione dei terreni;
- trasformano un terreno fragile in un sistema plastico "terreno-radici";
- mitigano l'impatto ambientale di opere civili;
- migliorano prestazioni, funzionalità e durabilità delle opere tradizionali e ne diminuiscono la manutenzione.

LE SEMENTI

- sono semi di piante erbacee perenni, soprattutto autoctone, reperibili in natura;
- sono semi di piante graminacee e leguminose;
- vengono selezionate di volta in volta in base alle caratteristiche pedoclimatiche del sito da trattare;
- possono essere integrati con semi di fiori, arbusti e alberi locali per favorire la rinaturalizzazione.

PARTICOLARITA'

- sono perenni;
- SONO rustiche;
- sono pioniere;
- sono foraggere;
- non sono OGM;
- non sono infestanti;
- resistono a sommersioni prolungate;
- ricacciano facilmente dopo incendio;
- hanno rapido accrescimento anche in condizioni pedoclimatiche proibitive;
- possiedono un apparato radicale con:
 - elevata velocità di accrescimento;
 - profondità e densità elevata;
 - radici sottili ed omogenee;
 - elevata resistenza media a trazione (fino a 205 MPa).

COSA NON FANNO

NON consolidano i pendii instabili dal punto di vista geotecnico ($F_s < 1$) che devono essere prima consolidati con opere di ingegneria civile e naturalistica (pali, terre rinforzate, gabbioni, muri in cemento armato, etc.).

DOVE SI USANO

- in qualsiasi condizione climatica (da -45°C a +60°C);
- in condizioni estreme di pH (pH 4/11);
- su ogni litotipo, anche il più sterile: argille, limi, ghiaie, sabbie, flysch, rilevati additivati con calce, rilevati ferroviari in ghiaia, etc.;
- suoli inquinati da metalli pesanti e idrocarburi;
- suoli salini;
- rilevati e scarpate stradali, autostradali, ferroviarie;
- sponde di laghi, fiumi, torrenti, canali;
- scarpate a mare;
- cave, miniere, discariche, siti inquinati.

I VANTAGGI

- si seminano in tempi brevi (anche 10.000 m² al giorno);
- non presentano rischi di installazione;
- tutti i materiali sono innocui e naturali, i macchinari semplici e sicuri;
- non necessitano di manutenzione come interventi di irrigazione, concimazione, sfalcio;
- impediscono l'intasamento di sistemazioni idrauliche superficiali (es. fossi di guardia e canalette), evitandone la manutenzione;
- non necessitano di:
 - terreno di riporto (attecchiscono anche su terreni sterili);
 - materiali sintetici aggiuntivi come georeti, geostuoie, geocelle, biostuoie;
- non richiedono finitura dei versanti che possono essere lasciati scabri e grossolani.

A COSA SI ABBINANO

A tutte le opere di ingegneria naturalistica e civile utilizzate per la stabilizzazione dei versanti al fine di migliorarne l'impatto ambientale e le prestazioni (es. muri in cemento, gabbioni, palificate, terre rinforzate, reti paramassi, etc.).

La tecnica di impianto dei PRATI ARMATI® varia a seconda dei cantieri.

L'intervento con i PRATI ARMATI® si realizza mediante semina a spaglio o meccanizzata o idraulica a seconda delle caratteristiche del cantiere; il metodo di semina non influisce sulla riuscita dell'intervento.

La semina idraulica o idrosemina consiste nel distribuire una miscela di acqua, concimi, collanti naturali e sementi di PRATI ARMATI® sulla superficie da trattare, utilizzando macchine idroseminatrici, con cisterne da 1.000 a 10.000 litri, montate su mezzi gommati o cingolati.

In zone molto estese (superiori ai 20.000 m²) e non accessibili in altro modo, è possibile utilizzare gli elicotteri, con particolari diffusori.



Idrosemina con mezzo gommato



Idrosemina con elicotteri



Idrosemina con manichetta e rocciatori

Una volta andato a regime, l'impianto di PRATI ARMATI® **non ha bisogno di alcuna manutenzione**, neppure di sfalci, **annullando in tal modo i costi di gestione.**

L'impianto di PRATI ARMATI® non necessita di irrigazione, dato che include specie molto resistenti alla siccità e all'aridità.

L'impianto di PRATI ARMATI® non necessita di concimazione, grazie al particolare miscuglio utilizzato, comprendente anche sementi di specie erbacee azotofissatrici a radicazione profonda.

L'impianto di PRATI ARMATI® non necessita di sfalci: anche disseccata la coltre vegetale protegge il versante dalle precipitazioni.



Cittadella (PD) - L'impianto di PRATI ARMATI® non necessita di sfalci

I PRATI ARMATI® NON INFESTANO

Vengono definite infestanti quelle specie che si propagano in modo incontrollato e non hanno alcuna utilità.

La non infestività dei PRATI ARMATI® è dimostrata su tutti gli interventi realizzati.



Fabro (TR) - Autostrada A1 MI-NA



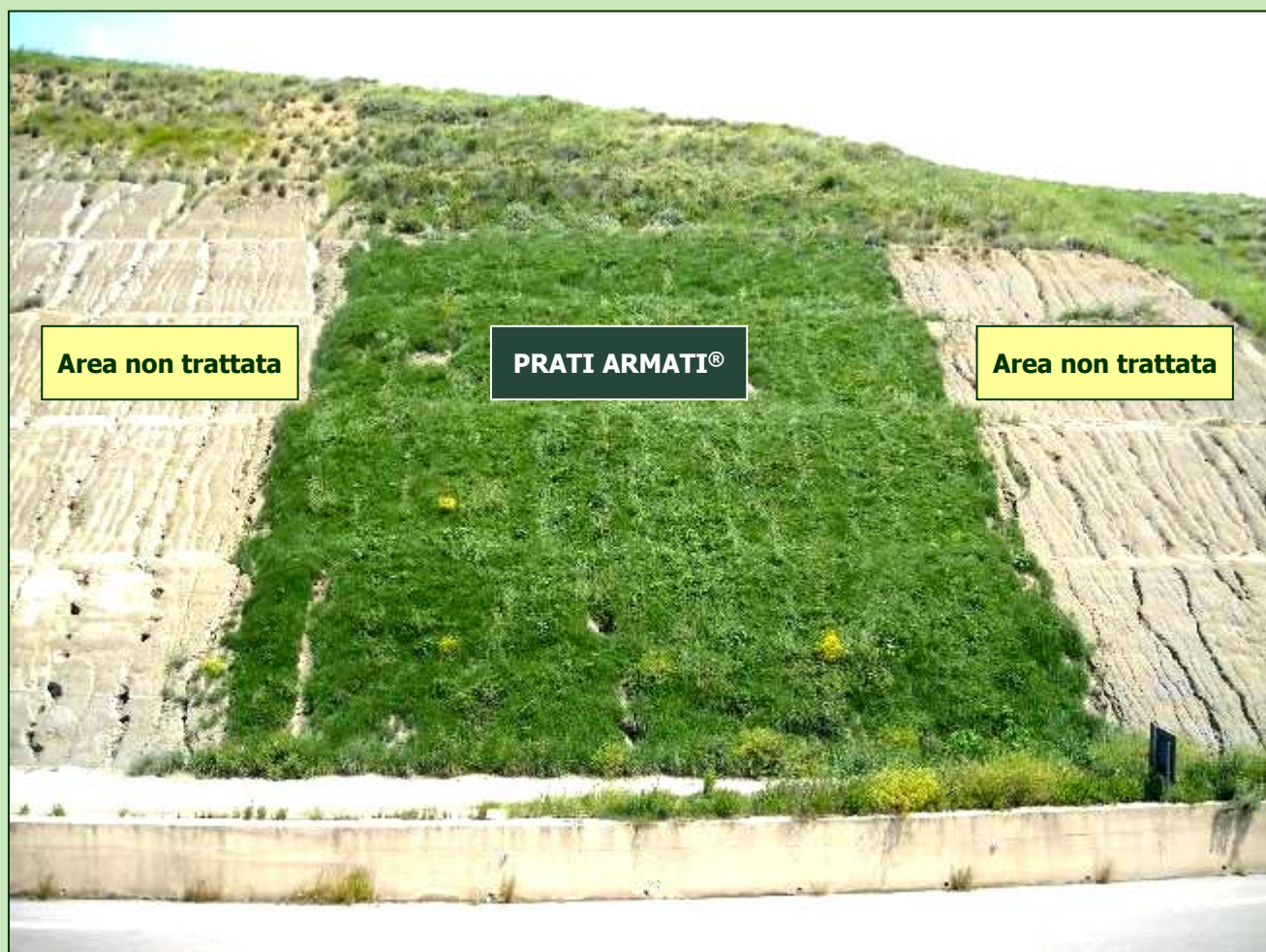
Val d'Agri, SS 92 - Cantiere ANAS



Florinas (SS)

I PRATI ARMATI® NON NECESSITANO DI APPORTI IRRIGUI e resistono in condizioni di forte aridità. La capacità dei PRATI ARMATI® di resistere alla siccità dipende:

- dalla profondità dell'apparato radicale che riesce a reperire l'umidità negli strati profondi del terreno;
- dal tipo di piante utilizzate.



*Matera SP ex SS 380 dei Tre Confini - Versante esposto a Sud, estremamente ventoso e sterile.
I PRATI ARMATI® attecchiscono in condizioni di forte aridità che non consentono la crescita di altre specie vegetali*

I PRATI ARMATI® TOLLERANO IL SALINO e crescono anche in riva al mare.



Genova Voltri

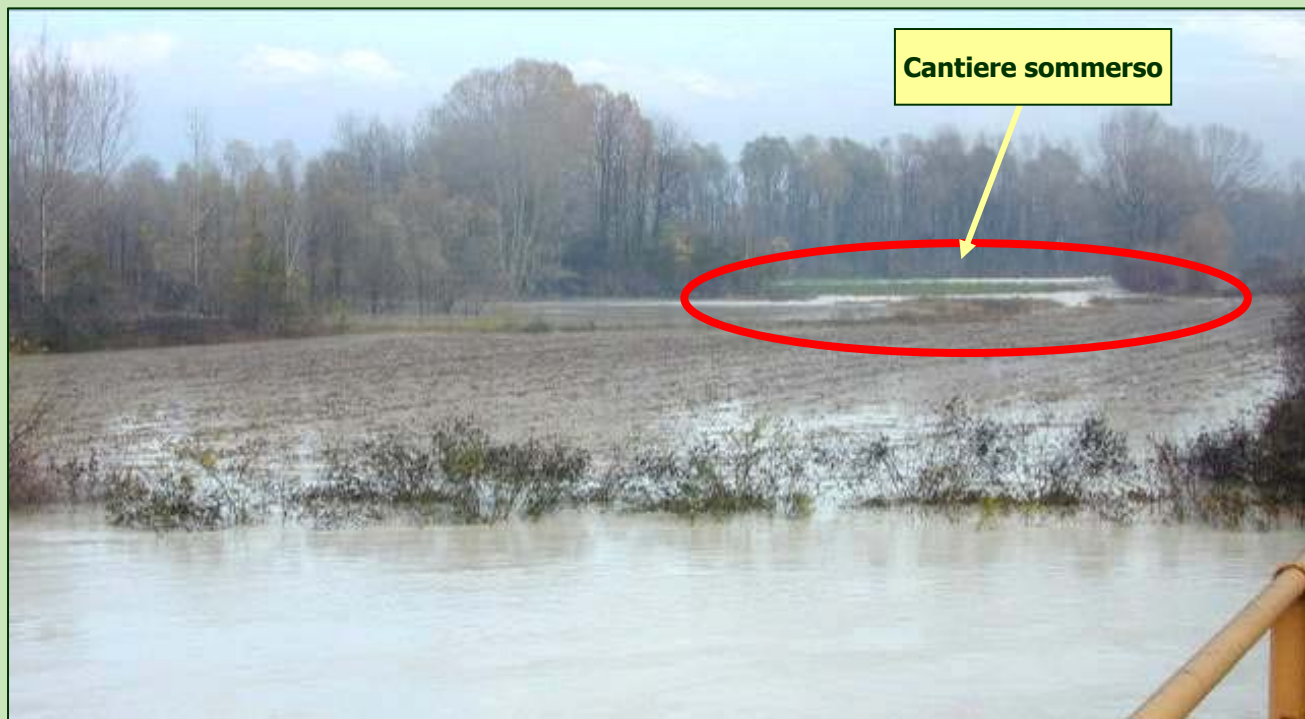


Alghero (SS)



Castelsardo (SS)

I PRATI ARMATI® RESISTONO A SOMMERSIONI PROLUNGATE



Pordenone, fiume Noncello, alluvione del 2002 - L'impianto ha resistito alla sommersione durata molti giorni

I PRATI ARMATI® RICACCIANO DOPO GLI INCENDI.

Alcune delle specie utilizzate sono verdi in estate, contrastando così lo sviluppo e la propagazione degli incendi.

Con i PRATI ARMATI® l'investimento non va in fumo.



Il sito dopo un incendio



**PRATI ARMATI®
ricaccio dopo l'incendio**

SP Florinas-Muros (SS) - Impianto di PRATI ARMATI®



Il sito dopo un incendio



**PRATI ARMATI®
ricaccio dopo l'incendio**

Particolare di una pianta di PRATI ARMATI® che ricaccia dopo essere stata bruciata

La copertura vegetale dei PRATI ARMATI® si presenta inizialmente a macchia di leopardo, per chiudersi man mano che l'impianto va a regime, generalmente dopo 12-24 mesi.

Questo tipo di sviluppo non è una peculiarità dei PRATI ARMATI® ma è tipico di tutte le coperture vegetali, anche in contesto urbano.



Villa d'Adda (BG) - Sviluppo della coltre vegetale dei PRATI ARMATI®



Tappeto erboso tradizionale in contesto urbano: dopo 1 mese (sx) e dopo 12 mesi (dx) dalla semina

L'aspetto dei PRATI ARMATI® varia con l'alternarsi delle stagioni, uniformandosi alla vegetazione circostante.

Le piante utilizzate sono tutte perenni e seguono il ciclo naturale: ingialliscono nei periodi sfavorevoli e rivegetano quando le condizioni tornano favorevoli. Anche se la parte epigea ingiallisce e secca, le piante non muoiono, ma entrano in stasi vegetativa. La stasi vegetativa si ha generalmente nel periodo estivo per le specie microterme, mentre per le macroterme si verifica durante l'inverno.



Scarpate stradali a Florinas (SS) - Aspetto dei PRATI ARMATI® e delle piante locali nelle varie stagioni

I PRATI ARMATI® IMPIEGANO PIANTE ERBACEE PERENNI CON ELEVATE PRESTAZIONI:

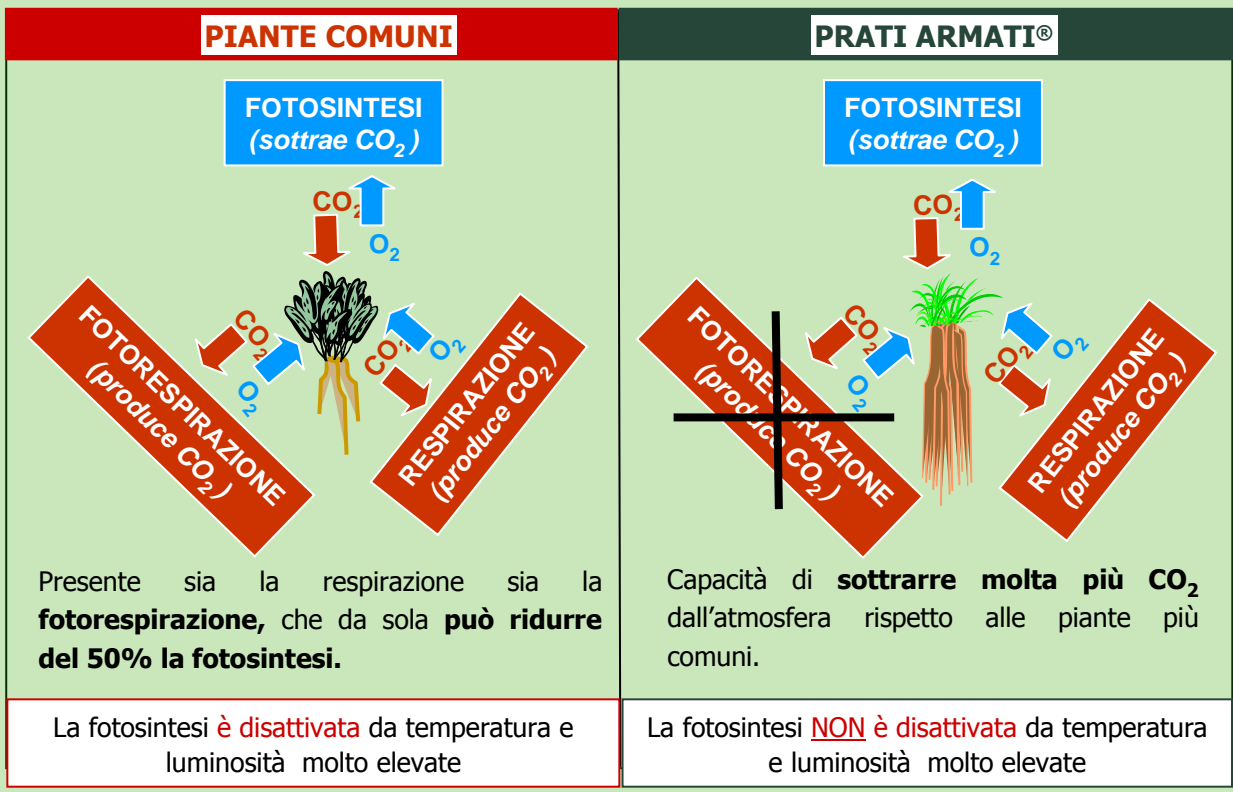
- maggiore efficienza fotosintetica;
- elevata resistenza a climi aridi;
- elevata tolleranza a suoli salini;
- rapido accrescimento anche in condizioni proibitive per le specie più tradizionali;
- capacità di sottrarre fino al 400% in più di CO₂ dall'atmosfera rispetto alle piante più comuni.

TIPOLOGIE VEGETALI	TONNELLATE DI CO ₂ ASSORBITA PER ETTARO OGNI ANNO (t ha ⁻¹ anno ⁻¹)
Foresta decidua temperata	20
Prateria temperata	8
Coltura <i>annuale</i> di mais	41,5
Impianto antierosivo <i>perenne</i> di PRATI ARMATI®	Fino a 40

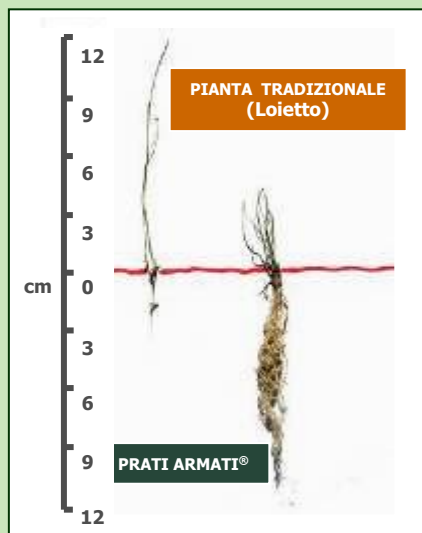
Capacità di assorbimento di CO₂ di diverse tipologie vegetali espressa in tonnellate per ettaro e per anno

I PRATI ARMATI® HANNO UNA TRIPLICE ATTITUDINE:

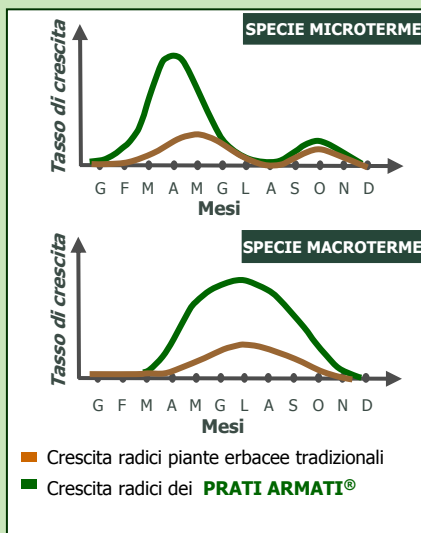
1. bloccano l'erosione;
2. sottraggono notevoli quantità di CO₂ dall'atmosfera, contribuendo così al **Protocollo di Kyoto**;
3. sono ottime piante foraggere e da biomassa.



1. A pari età, i PRATI ARMATI® hanno un apparato radicale molto più profondo, fascicolato e resistente di una comune pianta erbacea.



Sviluppo un mese dopo la germinazione

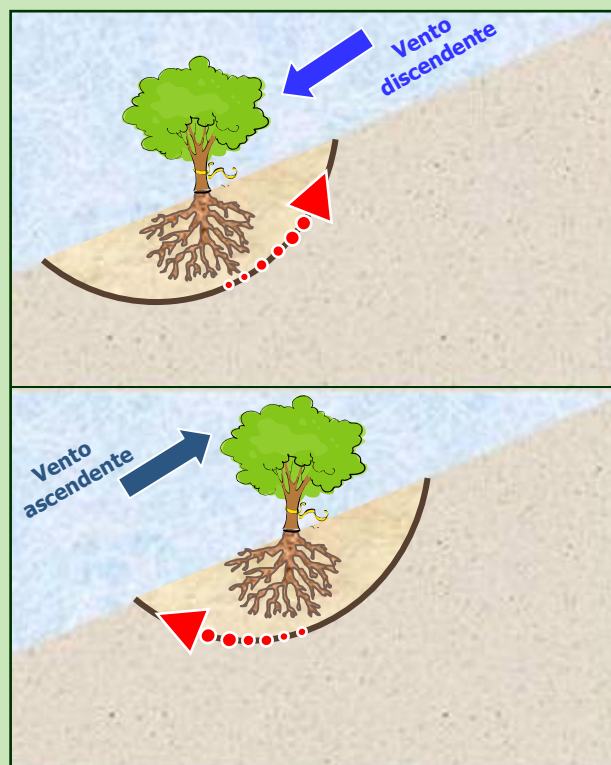


Confronto fra lo sviluppo radicale di piante erbacee tradizionali e PRATI ARMATI®



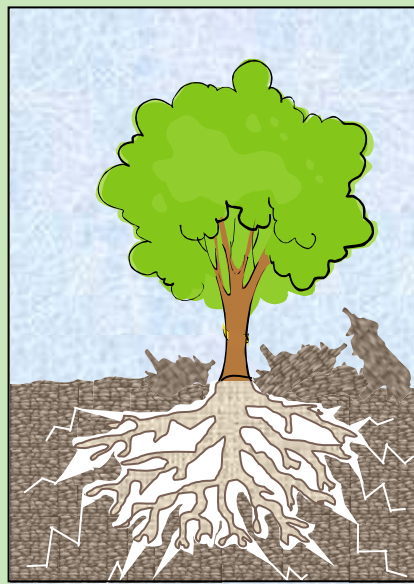
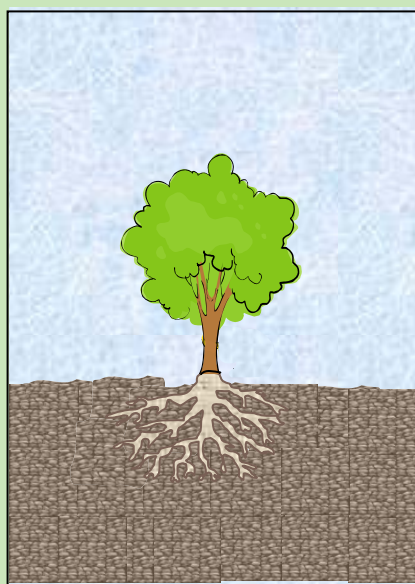
Piantina di PRATI ARMATI®. A pochi cm di foglie corrispondono radici lunghe quasi 15 cm

2. Le specie erbacee come i PRATI ARMATI®, a differenza degli alberi, non sovraccaricano il terreno con il loro peso e non innescano fenomeni di instabilità (il cosiddetto "effetto vela") dovuti all'azione dei venti.

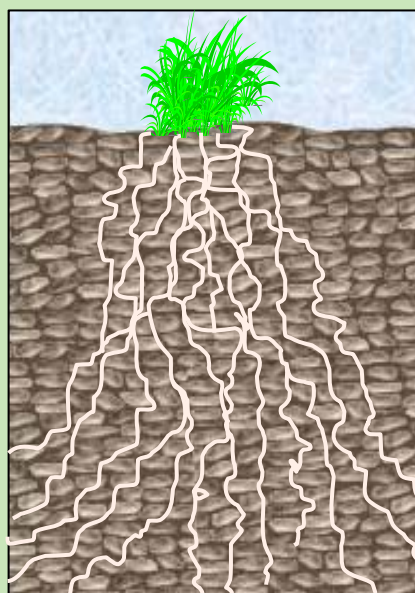
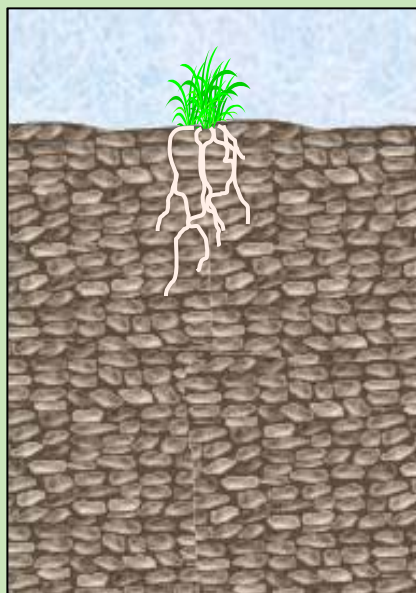


Fenomeni di instabilità ("effetto vela") dovuti all'azione dei venti su piante arboree. L'azione dei venti sia discendenti che ascendenti provoca momenti destabilizzanti sul versante.

3. I PRATI ARMATI® hanno radici profonde, sottili, omogenee e resistenti che non creano rigonfiamenti nel terreno, come accade invece per alcune specie arboree ed arbustive.



Con il tempo le radici degli alberi si accrescono sia in profondità che in diametro, provocando rigonfiamenti e fratture nel terreno



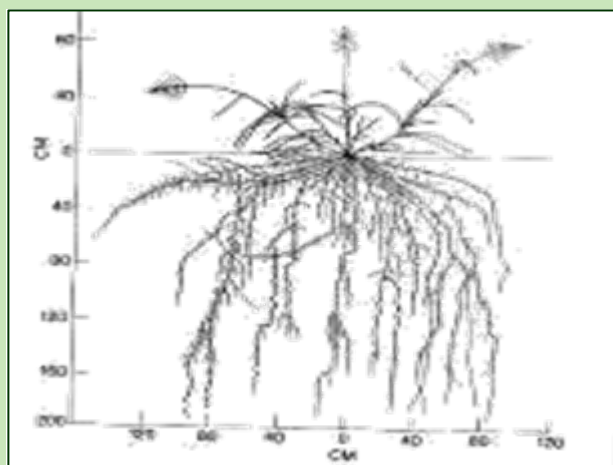
Il diametro delle radici dei PRATI ARMATI® resta costante per tutta la lunghezza senza provocare fratture e rigonfiamenti nel terreno

La ricerca botanica e agronomica, che comprende la selezione e l'analisi delle specie, si svolge sia attraverso studi bibliografici, sia in campo, individuando in tutto il mondo - Italia compresa - le specie erbacee in presenza delle quali non si verificano fenomeni erosivi.

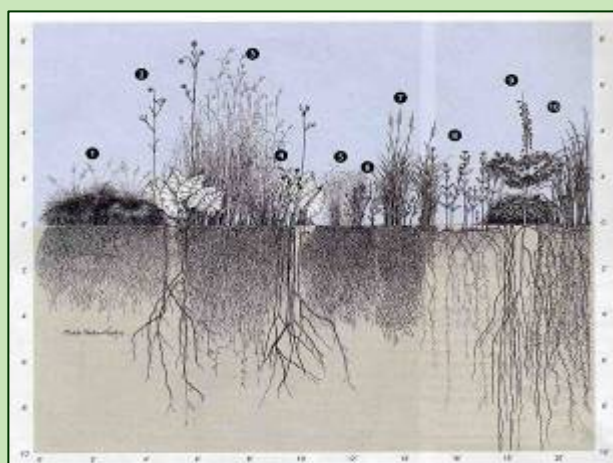
La selezione è stata avviata fin dagli anni '90 in collaborazione con Università e Centri di Ricerca nazionali ed esteri.

Sono state individuate, fino ad oggi, circa 30 specie e varietà di piante erbacee perenni PRATI ARMATI® di cui **molte autoctone**.

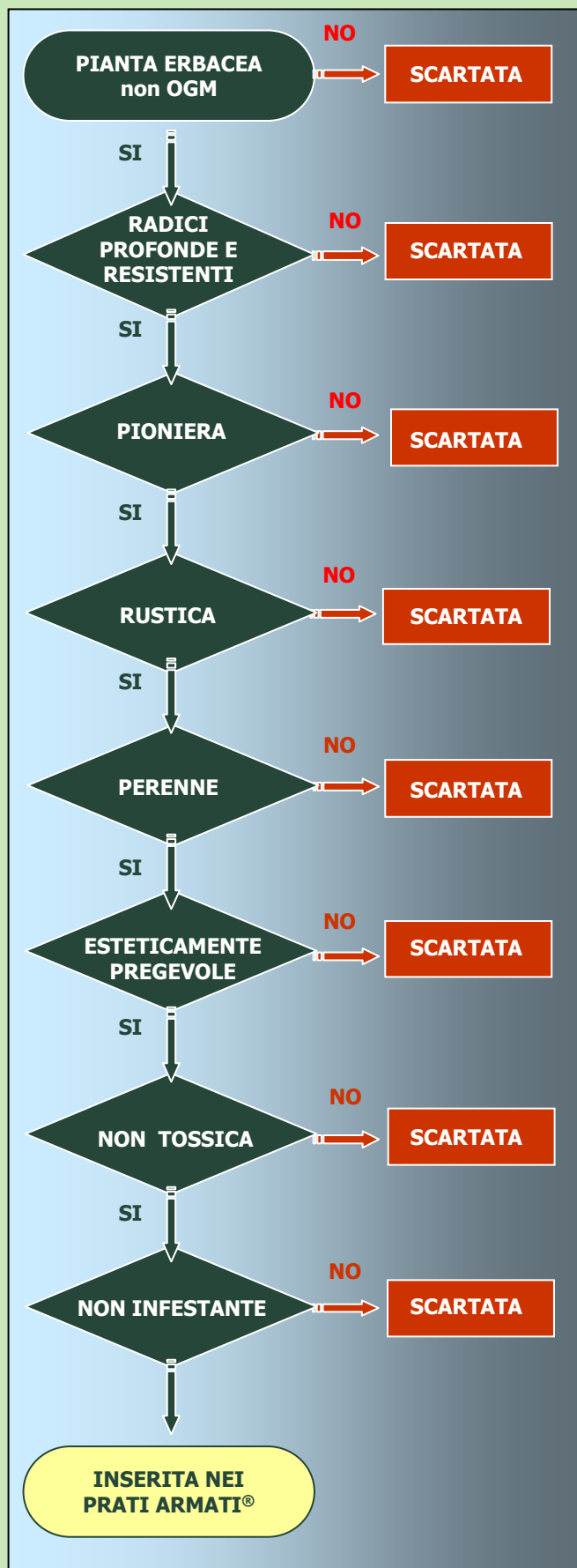
La selezione è molto severa come si può osservare dal diagramma a lato.



Fonte: ENEA, Dipartimento Innovazione
Divisione Biotecnologie e Agricoltura



Le ricerche bibliografiche internazionali



I rigidi criteri di selezione dei PRATI ARMATI®



Alcune delle specie PRATI ARMATI®: una delle caratteristiche richieste è il gradevole aspetto e portamento



Sardegna - Una delle piante autoctone selezionate, con un ottimo apparato radicale

Una volta individuata una nuova specie, se ne verificano in laboratorio ed in campo le caratteristiche tecniche, botaniche ed agronomiche.

Si realizzano coltivazioni protette di tipo prototipale per verificare la risposta ai principali parametri pedoclimatici.

Si verifica per ogni specie, la rapidità di sviluppo radicale, la massima profondità radicale raggiungibile, la resistenza a trazione delle radici, etc.



Germinazione in vitro



Prove di accrescimento delle radici



Scavi per verificare profondità e distribuzione radicale



Florinas (SS) - Area non trattata con i PRATI ARMATI® soggetta ad erosione

Verifica della profondità radicale nell'area trattata con i PRATI ARMATI®



Le radici di PRATI ARMATI®, profonde, sottili ed omogenee, penetrano anche in strati rocciosi fratturati senza creare cunei di distacco.

Ciò consente l'ancoraggio delle piante in profondità anche in condizioni di scarsa fessurazione della matrice rocciosa e la sopravvivenza delle piante anche in caso di forte siccità.

I PRATI ARMATI® sono un miscuglio di sementi di specie e varietà di erbe perenni che viene selezionato per ogni singolo cantiere in base a vari fattori tra cui clima, esposizione, litotipo, pH, etc. In base alle esigenze del committente è possibile:

1. mantenere nel tempo l'impianto di soli PRATI ARMATI®;
2. favorire il processo di rinaturalizzazione integrando i miscugli di PRATI ARMATI® con sementi di specie fiorifere, arbustive ed arboree della flora locale: ad esempio lentisco, ginestra, etc. in ambito mediterraneo; larici, abeti, pini, noccioli, etc. in zone alpine.

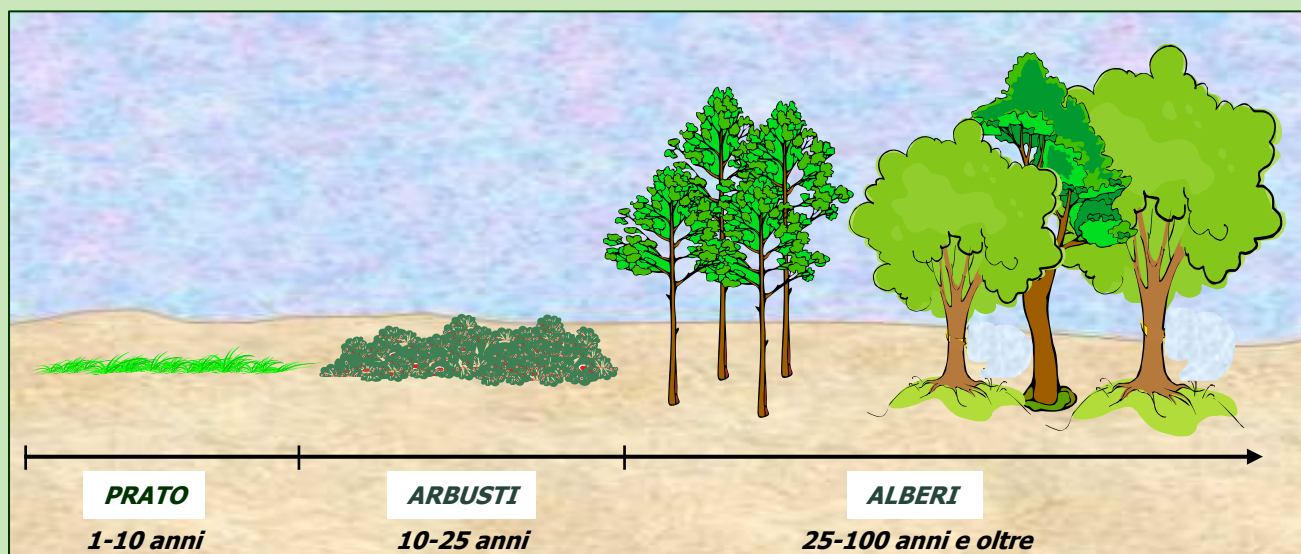


*Autostrada A1 MI- NA
Impianto di PRATI ARMATI® autoctoni*



*Trento - Rinaturalizzazione favorita dalla
presenza dei PRATI ARMATI®*

I PRATI ARMATI® possono accelerare la rinaturalizzazione e quindi la successione ecologica. I PRATI ARMATI® si comportano infatti da organismi pionieri vegetando su terreni sterili, bloccandone l'erosione: migliorano quindi le condizioni del terreno, rendendolo adatto alla colonizzazione di specie vegetali più esigenti come quelle arbustive ed arboree.



Esempio di successione ecologica (naturale) nel tempo: dalle piante erbacee a quelle arboree

La successione ecologica è la successione di comunità di specie viventi che si susseguono in uno stesso ecosistema, da uno stadio iniziale dominato da organismi detti pionieri (batteri, alghe azzurre, licheni, piante erbacee, etc.), fino al raggiungimento di una comunità stabile, detta climax (es. bosco).



Pordenone, fiume Noncello - Rinaturalizzazione dell'area trattata con i PRATI ARMATI®



Val d'Ultimo, Dolomiti Occidentali - Processo di rinaturalizzazione favorito dai PRATI ARMATI®



Oropa (BI) - PRATI ARMATI® integrati con specie autoctone



Val d'Agri (PZ) - PRATI ARMATI® integrati con specie fiorifere autoctone



Discarica di Ozieri (SS) - Impianto di PRATI ARMATI® autoctoni integrato con sementi fiorifere locali

In passato sono spesso state rivolte critiche ai PRATI ARMATI® in quanto inizialmente si utilizzavano specie alloctone. Tali obiezioni sono ormai venute meno dal momento che da molti anni i **PRATI ARMATI® comprendono anche sementi di piante autoctone a radicazione profonda, diffuse in tutto il territorio italiano.**

I PRATI ARMATI® sono da molti anni utilizzati anche in Parchi, Riserve Naturali e in Zone Unesco: per esempio nei Parchi Nazionali delle Dolomiti e del Conero, in zone considerate Patrimonio dell'Umanità dell'Unesco, come i Sacri Monti del Piemonte (Oropa), in zone vincolate al Testo Unico sui Beni Ambientali come Orvieto e così via.

Vale comunque la pena notare che molte piante attualmente impiegate per uso alimentare (ad esempio pomodoro e frumento), ornamentale (ad esempio cipresso dell'Arizona ed eucalipti) o che sono ormai tipiche del nostro paesaggio (ad esempio fico d'india e cipresso comune) non sono specie autoctone, ma sono state introdotte in passato nel nostro Paese.

Il kiwi (origine: Cina) ad esempio è stato introdotto in Italia circa 70 anni fa, il riso (origine: India e Cina) circa 1.000 anni fa, il frumento (origine: Medio Oriente) circa 5.000 anni fa.

Anche le piante ornamentali d'appartamento e da giardini più diffuse, quali rose (presenti in migliaia di varietà), gerani, crisantemi, kenzie, ficus, appartengono ormai al nostro ambiente – abbellendolo – pur non essendo originarie dell'Italia.

SPECIE COLTIVATE ALLOCTONE	AREA DI ORIGINE	ANNI DALL'INTRODUZ. IN ITALIA	SPECIE COLTIVATE ALLOCTONE	AREA DI ORIGINE	ANNI DALL'INTRODUZ. IN ITALIA
Frumenti	Medio Oriente	5.000	Canapa	Cina	1.000
Orzo	Medio Oriente	4.500	Melanzana	Asia	200
Segale	Caucaso	2.000	Lino	Medio Oriente	3.000
Sorgo	Africa subsahariana	2.000	Aglione	Siberia	1.500
Riso	India e Cina	1.000	Cipolla	Medio Oriente	2.000
Mais	Centro-Sud America	400	Tabacco	Sud America	400
Lenticchia	Medio Oriente	5.000	Agrumi	Asia	1.000
Cece	Medio Oriente	3.000	Ciliegio	Asia	2.000
Fava	Asia	3.000	Albicocco	Asia	2.000
Fagiolino dall'occhio	Africa	2.000	Pesco	Asia	2.000
Fagiolo	Centro-Sud America	400	Vite	Medio Oriente	4.000
Soia	Cina	100	Kaki	Cina	200
Arachide	Sud America	100	Kiwi	Cina	70
Girasole	Nord America	100	Susino orientale	Asia	150
Patata	Sud America	300	Melo	Siberia	1.500
Patata dolce	Sud America	200	Fico d'India	Centro America	300
Pomodoro	Centro-Sud America	300	Melone	Asia	1.500
Peperone	Centro-Sud America	300	Cocomero	Africa	2.000

Fonte: "Origine e domesticazione delle nostre piante utili" prof. Alessandro Bozzini, agronomo genetista, già direttore dell'Ufficio Regionale FAO per l'Europa e della divisione di biotecnologie e agricoltura dell'ENEA Casaccia (RM)

NOME	CIPRESSO (<i>Cupressus sempervirens</i>)
ORIGINE	MEDIORIENTE
INTRODUZIONE IN ITALIA	EPOCA ROMANA
UTILIZZO	RIMBOSCHIMENTI, ORNAMENTALE



NOME	EUCALIPTI O EUCALITTI (<i>Eucalyptus spp.</i>)
ORIGINE	TASMANIA, AUSTRALIA
INTRODUZIONE IN ITALIA	XIX SECOLO
UTILIZZO	RIMBOSCHIMENTI, ORNAMENTALE



NOME	ACERO CAMPESTRE (<i>Acer campestre</i>)
ORIGINE	NORD AFRICA, ASIA SUD- OCCIDENTALE
INTRODUZIONE IN ITALIA	NON NOTA
UTILIZZO	RIMBOSCHIMENTI, ORNAMENTALE



NOME	FICO D'INDIA (<i>Opuntia ficus-indica</i>)
ORIGINE	MESSICO
INTRODUZIONE IN ITALIA	XVI SECOLO
UTILIZZO	ALIMENTARE, ORNAMENTALE



Fonte immagini: web

La vegetazione generalmente riduce l'erosione idrica e influisce (anche se marginalmente) sull'equilibrio di un pendio e quindi sulla sua suscettibilità al collasso, tramite effetti "diretti" ed "indiretti".

Effetti diretti (su corpi di piccolo spessore): conferimento al terreno di resistenza meccanica attraverso gli apparati radicali.

Effetti indiretti:

- diminuzione dell'infiltrazione;
- aumento della suzione radicale e successiva traspirazione delle piante;
- diminuzione del grado di saturazione del terreno dovuta alla traspirazione;
- diminuzione della pressione "interstiziale" (dell'acqua).

In aggiunta: incremento della funzionalità, dell'efficacia, della durabilità degli interventi di drenaggio e riduzione della loro manutenzione

I PRATI ARMATI® bloccano TUTTI i tipi di erosione.

Nei nostri climi l'erosione è principalmente dovuta all'acqua, ed è l'argomento principalmente trattato nei capitoli che seguono.

Altrettanto dannosa è, in certi climi e situazioni, l'erosione eolica dovuta all'azione del vento, soprattutto in quelle zone, come miniere e discariche, contaminate ad esempio da metalli pesanti (rame, piombo, stagno, mercurio, arsenico, zinco e così via).

Anche in questo caso i PRATI ARMATI® svolgono un poderoso effetto di copertura, impedendo al vento di sollevare nuvole di polvere inquinate e, in caso di piogge intense, evitano l'asporto di sostanze dannose.

Molte delle considerazioni svolte per l'erosione provocata dall'acqua valgono anche per l'erosione eolica.



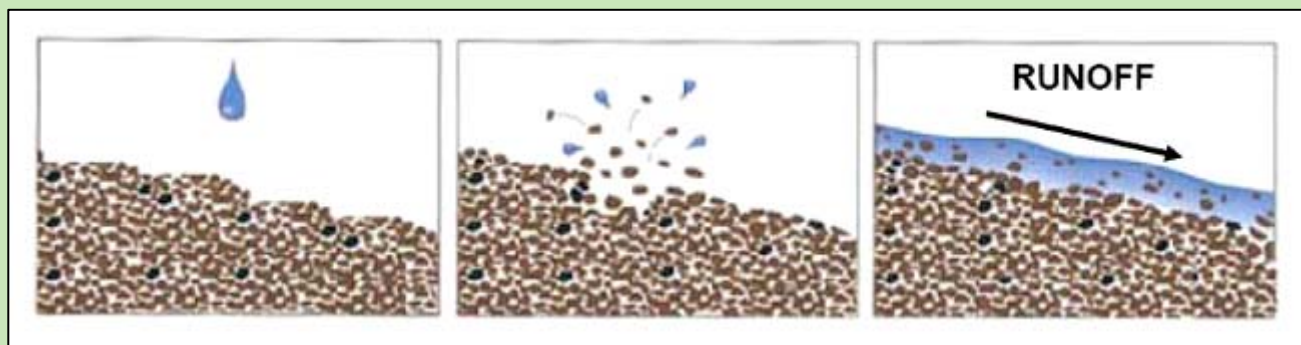
Nubi di polveri sollevate dal vento (fonte: web)

La vegetazione contribuisce a **limitare l'erosione** idrica, principalmente grazie a:

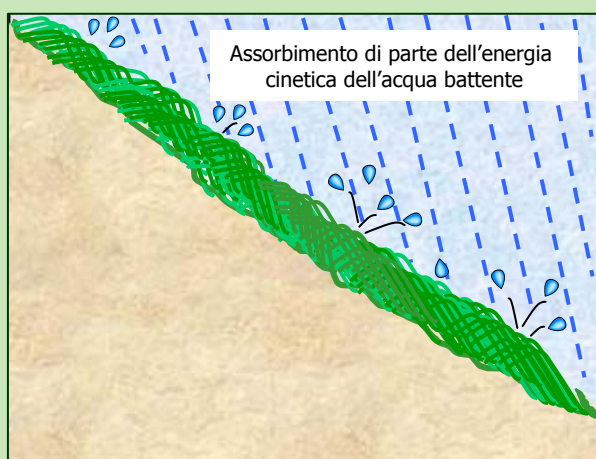
- 1) dissipazione dell'energia delle gocce d'acqua;
- 2) rallentamento della velocità di ruscellamento sul terreno;
- 3) impermeabilizzazione dei versanti;
- 4) riduzione del grado di saturazione idrica dei terreni;
- 5) protezione da fessurazione e crepacciamento;
- 6) riduzione dell'erosione e del rotolamento litico;

Queste azioni sono analizzate in modo approfondito nei capitoli che seguono.

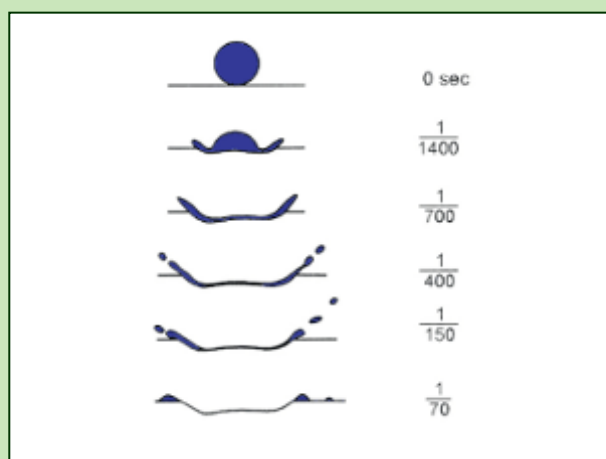
La vegetazione dissipa gran parte dell'energia cinetica delle gocce di pioggia per cui l'urto sul terreno, e la conseguente forza erosiva, risultano assai attenuati.



Erosione su suolo nudo: l'impatto di una goccia di pioggia sul terreno e trasporto dei sedimenti (fonte: web)



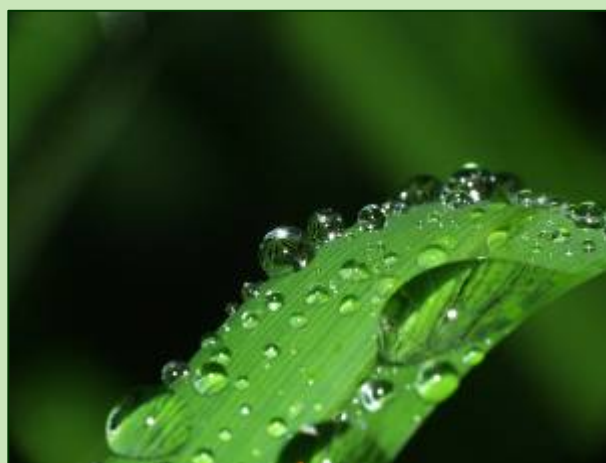
Riduzione dell'energia d'impatto della pioggia dovuta alla presenza di vegetazione



L'impatto di una goccia di pioggia sul terreno nudo (fonte: web)



L'impatto di una goccia di pioggia (fonte: web)



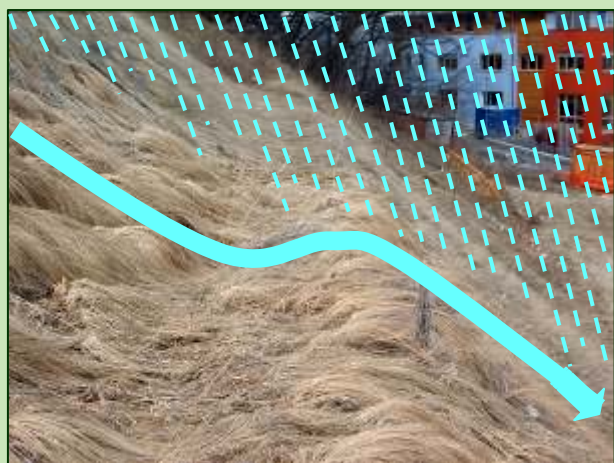
Gocce di pioggia su una foglia (fonte: web)

In caso di precipitazioni intense, l'effetto impermeabilizzante della vegetazione erbacea è molto diverso a seconda della inclinazione del pendio:

1. se il versante è pendente, una frazione rilevante ruscella al di sopra delle foglie allettate, anche quando la vegetazione è disseccata, così come accade sul tetto di una capanna in paglia. Un impianto erbaceo fitto, su un versante in forte pendenza, isola quindi molto bene il versante in caso di forti e prolungate precipitazioni;
2. se il versante è poco pendente (o addirittura in piano), la vegetazione erbacea diminuisce solo l'energia cinetica delle gocce, ma gran parte dell'acqua raggiunge, prima o poi, il suolo.



Ruscellamento dell'acqua meteorica dovuta a eventi piovosi intensi al di sopra della coltre erbacea allettata



La coltre di PRATI ARMATI®, sia verde, sia disseccata, in caso di precipitazioni intense, impermeabilizza la zona sottostante come se fosse il tetto di una capanna, realizzata proprio con foglie

L'impermeabilizzazione dei versanti dipende soprattutto da:

- densità di copertura vegetale;
- tipo di vegetazione presente;
- intensità e durata delle precipitazioni;
- pendenza del versante.

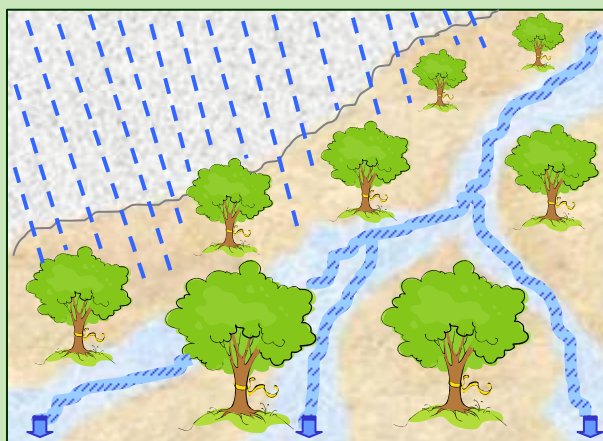
L'isolamento di un versante in pendenza elevata è differente in caso di presenza di vegetazione arborea o erbacea.

Nel caso di **vegetazione arborea**:

- una parte dell'acqua piovana raggiunge il suolo sia per scorrimento lungo foglie e fusti, sia direttamente attraverso gli spazi tra le fronde;
- una parte viene assorbita da foglie e fusti;
- un'altra frazione evapora da foglie e fusti bagnati;
- gran parte dell'acqua piovana raggiunge comunque il suolo, anche se con ritardo e ridotta forza erosiva.

L'effetto è analogo sia su versanti in pendenza, sia in caso di superfici a pendenza molto bassa o nulla.

Nel caso di vegetazione arborea a foglie decidue, l'effetto di impermeabilizzazione dei versanti è drasticamente ridotto nei periodi autunnali ed invernali quando gli alberi perdono le foglie.



Ruscellamento, erosione e dilavamento in caso di piantumazione con tradizionali specie arbustive o arboree

La **vegetazione erbacea** fitta e densa si comporta in modo più efficiente per quanto riguarda la protezione dall'acqua, ma in modo differente a seconda di:

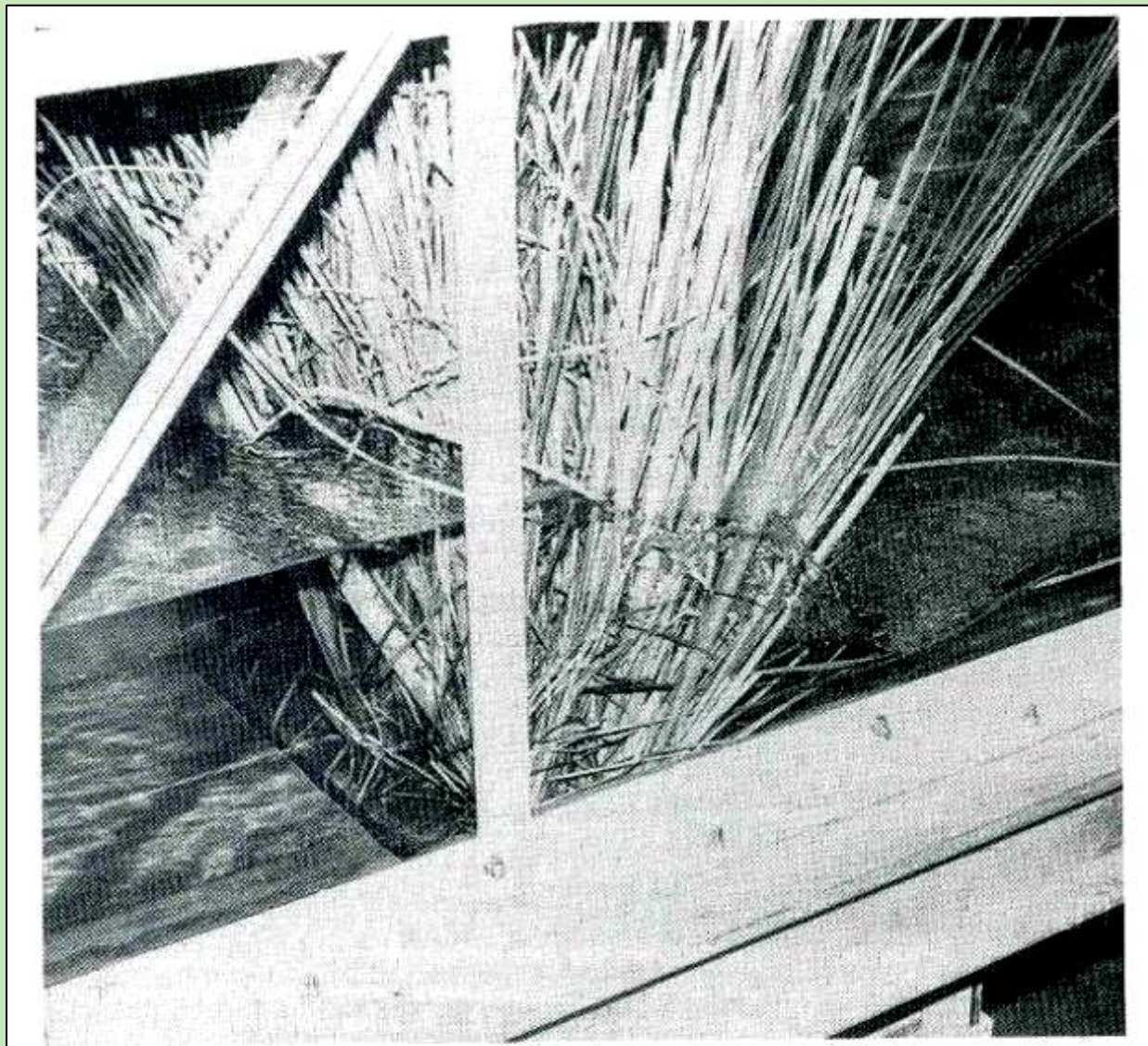
- intensità delle precipitazioni;
- inclinazione del pendio.

In caso di deboli precipitazioni, sia su una superficie in piano che su un pendio, una frazione consistente di acqua raggiunge comunque il suolo e viene utilizzata dalle piante.

L'acqua che raggiunge il suolo, senza scorrere al di sopra della coltre vegetale, viene comunque rallentata dal filtro costituito dalla coltre vegetale.

La presenza di vegetazione erbacea, se dotata di particolari caratteristiche della parte epigea quali elasticità, resilienza (bassa fragilità), elevata densità, si comporta come un filtro vegetale, riducendo la velocità di ruscellamento dell'acqua al suolo.

La velocità di scorrimento dell'acqua e la conseguente capacità di trasporto su un terreno coperto di vegetazione sono molto inferiori rispetto a quelle che si hanno su suolo nudo o coperto da specie vegetali sia arboree, sia arbustive, sia erbacee che non posseggano le caratteristiche sopra descritte.

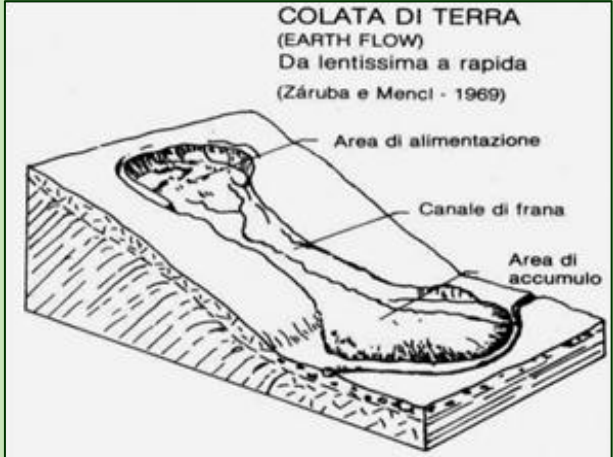


Oxford, Mississippi. In a recent trial, a plant hedge held back water almost as if it were a dam. This test was conducted in a flume (61 cm wide) and the water (flowing at 28 liters per second) was ponded to a depth of 30 cm behind the hedge. This result was all the more remarkable because the hedge was young and less than 15 cm thick. (Sedimentation Laboratory, Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture)

Effetto filtro della coltre vegetale che rallenta il flusso dell'acqua

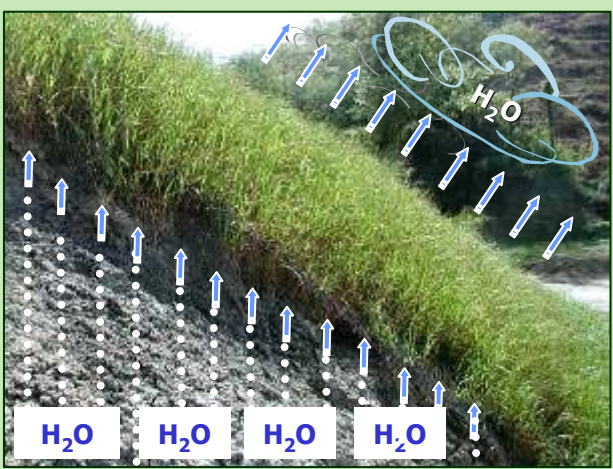
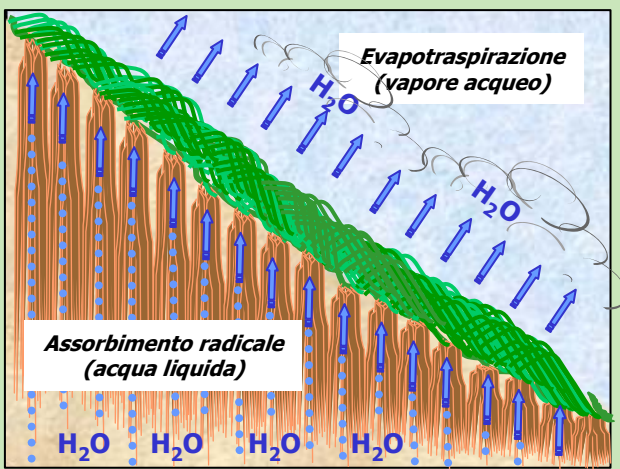
RIDUZIONE DELLA SATURAZIONE IDRICA DEI TERRENI

In alcuni terreni (es. terreni coesivi) un eccesso di acqua provoca un aumento della pressione interstiziale con conseguente diminuzione della resistenza al taglio e quindi della stabilità del pendio.



Colata di terra dovuta ad una eccessiva pendenza del versante e ad una erronea captazione delle acque che hanno provocato un forte imbibimento del terreno argilloso

Le piante assorbono, attraverso il loro apparato radicale, l'acqua dal terreno disperdendola nell'atmosfera in forma di vapore attraverso la superficie della pianta (fenomeno della traspirazione).



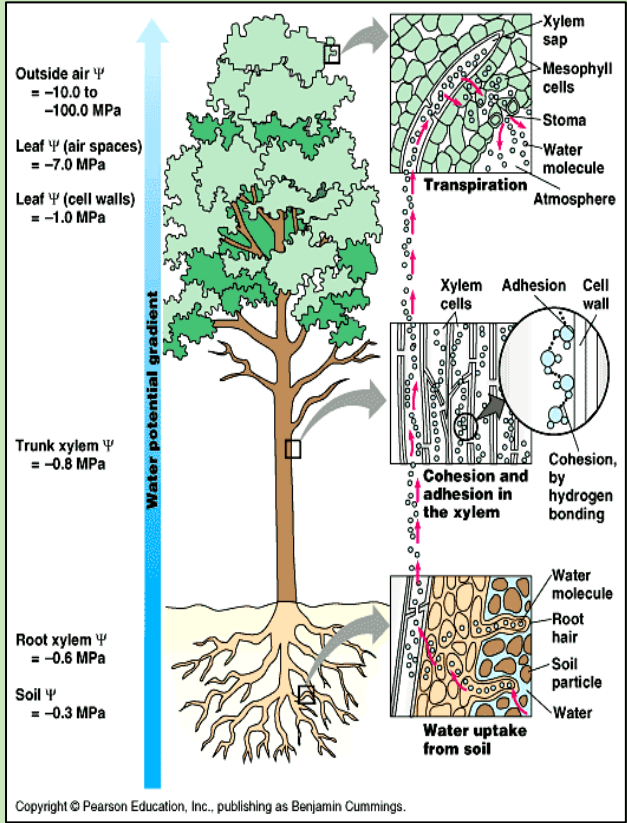
La traspirazione: l'acqua assorbita dalle radici viene trasferita all'atmosfera attraverso la superficie della pianta come vapore

EVAPORAZIONE: perdita di acqua sotto forma di vapore dal suolo nudo.

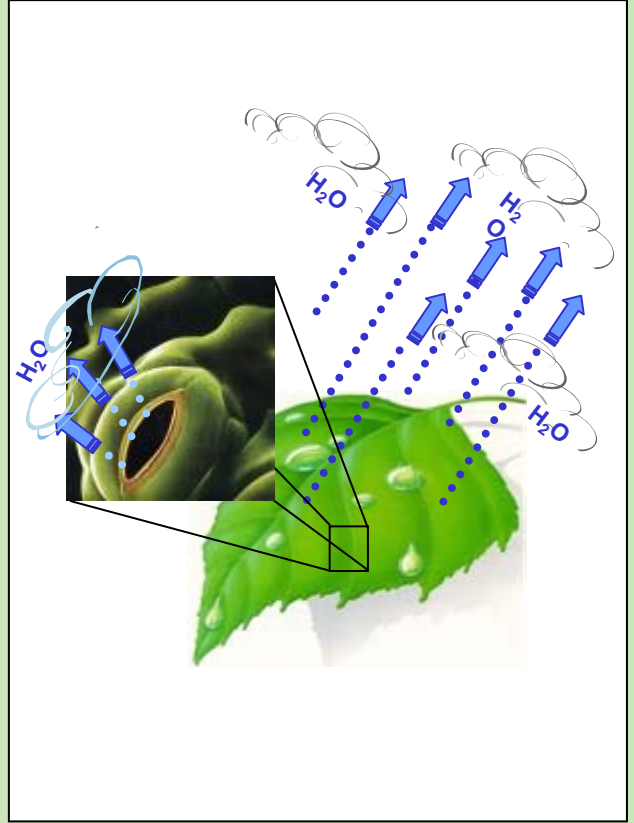
TRASPIRAZIONE: perdita di acqua dalla superficie della pianta sotto forma di vapore acqueo. Tale acqua deriva dai processi fotosintetici e dall'assorbimento di acqua dal suolo. La perdita d'acqua dalla superficie della pianta viene bilanciata dall'assorbimento di acqua dal suolo attraverso le radici.

EVAPOTRASPIRAZIONE: quantità d'acqua che nell'unità di tempo passa dal terreno all'aria allo stato di vapore per effetto congiunto della **traspirazione** delle piante e dell'**evaporazione** dal terreno.

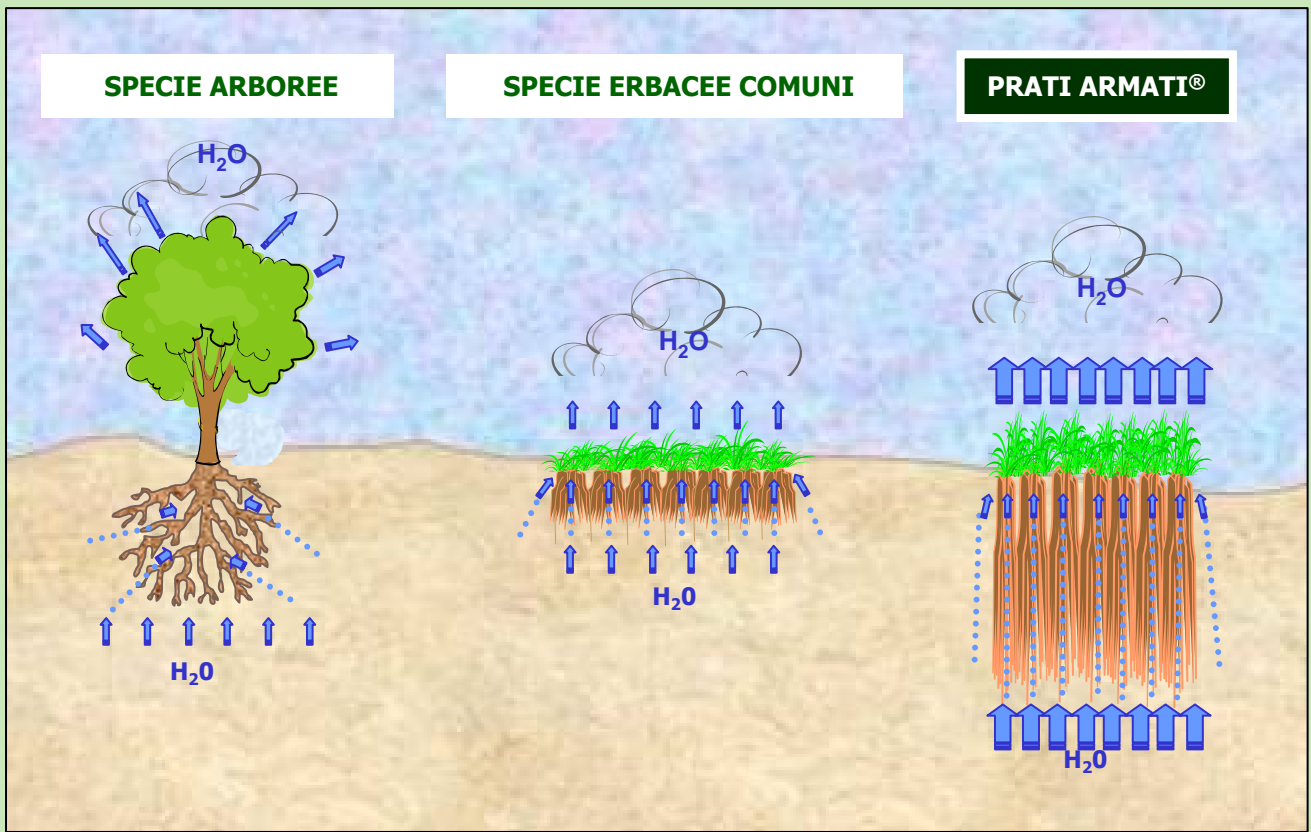
RIDUZIONE DELLA SATURAZIONE IDRICA DEI TERRENI



Il trasporto di acqua e soluti nelle piante



Traspirazione di vapore acqueo dalle foglie attraverso gli stomi: foto al microscopio elettronico (SEM)



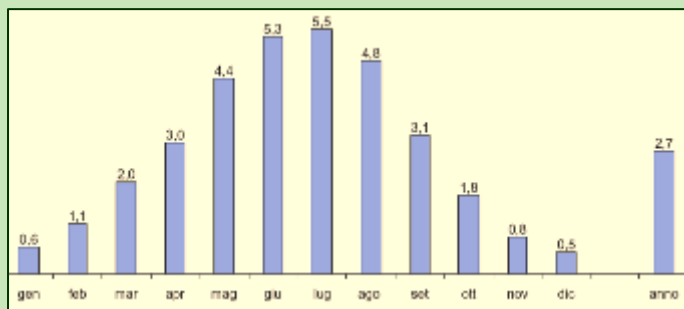
Assorbimento dell'acqua e traspirazione da parte di differenti specie vegetali

La presenza di vegetazione determina una riduzione della saturazione dei terreni e della pressione interstiziale sia per effetto del sigillamento del versante, sia per trasferimento di acqua - tramite l'apparato radicale - dal suolo all'atmosfera.

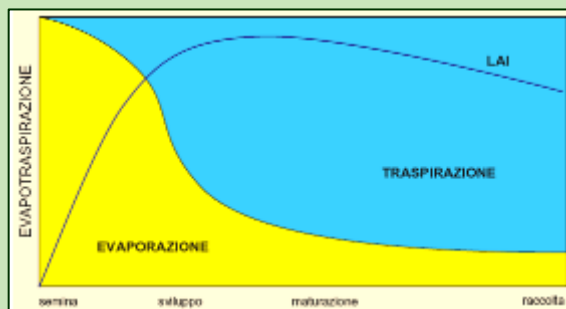
La suzione di acqua dal suolo operata dalle piante determina un aumento della resistenza al taglio del terreno e quindi una maggiore stabilità globale del versante.

Solo a titolo di esempio, una pianta adulta di mais traspira fino a 7 l/m²/gg.

La traspirazione di un prato tradizionale di graminacee alto 12 cm, con radici profonde alcune decine di centimetri è circa 5 l/m² al giorno nei periodi estivi in Pianura Padana (equivalenti a 50 tonnellate di acqua al giorno per ettaro).



L'evapotraspirazione di un prato tradizionale in Pianura Padana nel corso dell'anno (fonte: Ermes Agricoltura)



Rapporto tra evaporazione e traspirazione in relazione all'indice fogliare (LAI) della coltura (fonte: Ermes Agricoltura)

La traspirazione dei PRATI ARMATI® non solo è maggiore di quanto sopra indicato, ma sottrae acqua lungo un maggior profilo verticale e in modo più distribuito e capillare. Questo fenomeno risulta particolarmente importante nei materiali quali le argille in cui il coefficiente di conducibilità idrica è molto basso, da 10⁻⁷ a circa 10⁻⁹ cm/s.

Oltretutto ciò consente alla pianta di sopravvivere anche in condizioni di perdurante siccità.

Le maggiori prestazioni dei PRATI ARMATI® sono, in questo caso, anche dovute a:

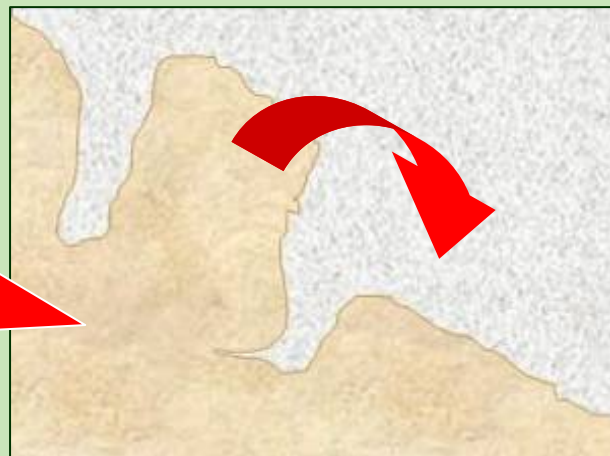
- un **apparato fogliare molto più sviluppato** (fino a 50-150 cm d'altezza) e quindi maggiore superficie traspirante;
- una **maggiore profondità, quantità e densità delle radici**: anche alcuni metri di profondità contro i 30-40 cm di un prato tradizionale;
- una **fisiologia particolarmente efficiente**, tipica delle piante a fotosintesi C4: elevata efficienza fotosintetica e capacità di sopravvivenza anche in condizioni di forte aridità.

La presenza di una coltre vegetale limita le escursioni termiche a livello del suolo che causano fessurazioni, fratture e crepe legate a fenomeni di ritiro tipici di sedimenti argillosi.



Sciacca (AG) - Su uno stesso versante precedentemente sistemato, l'area senza vegetazione è soggetta a fessurazioni e crepe

Su versanti in pendenza le forze e i momenti destabilizzanti rendono le deformazioni sempre più consistenti e irreversibili.



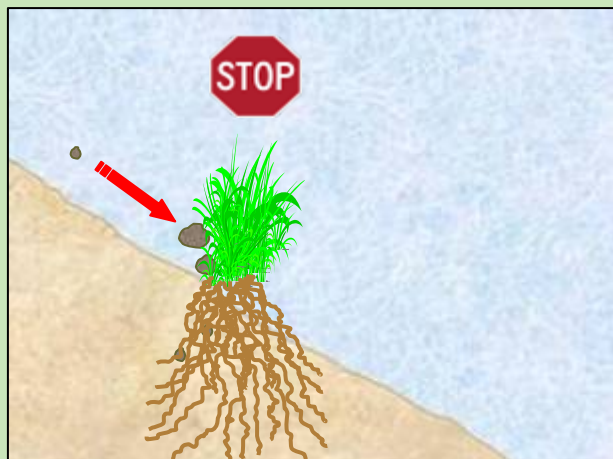
Anche piccole fessurazioni e crepe, su versanti argillosi in pendenza, possono via via aprirsi per l'azione combinata dell'acqua, del ghiaccio e dei cicli umido-secco, portando alla destabilizzazione del versante

Il terreno si fessura, si apre in profondità e tende - per effetto delle forze destabilizzanti - a scivolare a valle, originando fenomeni macroscopici quali le frane.



Cava di argilla a Sciacca (AG)

Le piante intrappolano il sedimento con radici, fusti e foglie, riducendo la perdita di suolo per erosione.



Intrappolamento del sedimento dovuto sia alla parte ipogea (apparato radicale) che alla parte epigea (fusti e foglie)

Un impianto di PRATI ARMATI® realizzato sulle scarpate a monte di canalette di scolo, cunette e fossi di guardia ne evita l'intasamento.

L'impianto di PRATI ARMATI® blocca infatti l'erosione sulla scarpata ed evita così che il materiale eroso venga trasportato a valle creando intasamenti. Le opere idrauliche rimangono quindi pulite ed efficienti e non necessiteranno di alcuna manutenzione.



Autostrada A1 MI- NA, canalette pulite dopo l'intervento con i PRATI ARMATI® (foto: Autostrade per l'Italia spa)

Tra i PRATI ARMATI® e le opere di regimentazione delle acque meteoriche si crea un sistema sinergico:

- i PRATI ARMATI® proteggono tali opere mantenendole efficienti (es. le canalette restano pulite, non si intasano i pozzetti) ed **annullandone i costi di manutenzione**;
- le opere di regimentazione delle acque, realizzate a monte dell'impianto di PRATI ARMATI® lo proteggono, evitando l'eccessiva infiltrazione di acqua nel terreno che potrebbe compromettere la stabilità del versante.

L'azione di imbrigliamento esercitata dalla parte epigea si estende anche a ciottoli di varie dimensioni. Questi vengono trattenuti anche in modo indiretto dalle piante che, bloccando l'erosione, impediscono che ne venga a mancare il sostegno al piede e che quindi rotolino a valle.

Ovviamente dove il fenomeno di rotolamento di ciottoli e massi è intenso e pericoloso, i PRATI ARMATI® non vanno a sostituire le reti paramassi, ma possono efficacemente essere abbinati a queste, potenziandone gli effetti protettivi e l'efficacia nel tempo.



Corniglio (PR), Strada dei Cento Laghi



Ciottoli imbrigliati dalla fitta e robusta coltre vegetale dei PRATI ARMATI®



Ciottoli rotolati a valle nell'area non trattata

Incremento della resistenza al taglio e del Fattore di Sicurezza

Il Fattore di Sicurezza (**Fs**) è un valore adimensionale definito come il rapporto tra forze/momenti/sforzi resistenti (**Fa**) e destabilizzanti (**Fb**). Nel caso di terreno armato con radici è quindi il rapporto tra tutto ciò che concorre a sostenere il pendio (coesione, attrito, resistenza delle radici, componente della forza peso normale alla superficie di scivolamento) e tutto ciò che invece concorre a creare instabilità (saturazione, componente della forza peso tangenziale alla superficie di scivolamento). **Maggiore è Fs, più il terreno risulta stabile.** Ricordiamo che i PRATI ARMATI® possono essere utilizzati per bloccare l'erosione solo su pendii stabili con $Fs > 1$.

$$F_s = \frac{F_a}{F_b}$$

dove **Fa** forze stabilizzanti
Fb forze destabilizzanti

Il Fattore di Sicurezza è strettamente dipendente anche dalla pressione interstiziale (cfr. equazione riportata di seguito) che a sua volta è influenzata dalla presenza di vegetazione.

$$F_s = \frac{\int \tau_r dl}{\int \tau dl} = \frac{\int [c' + (\sigma - u) \tan \phi'] dl}{\int \tau dl}$$

dove:

- tensione totale $\sigma = \frac{N}{A}$ N = risultante delle forze agenti sull'elemento di terreno
A = area su cui insistono tali forze
- pressione interstiziale **u**
- tensione efficace $\sigma' = \sigma - u$
- resistenza al taglio $\tau_r = c' + \sigma' \tan \phi' = c' + (\sigma - u) \tan \phi'$
- angolo d'attrito interno **φ**

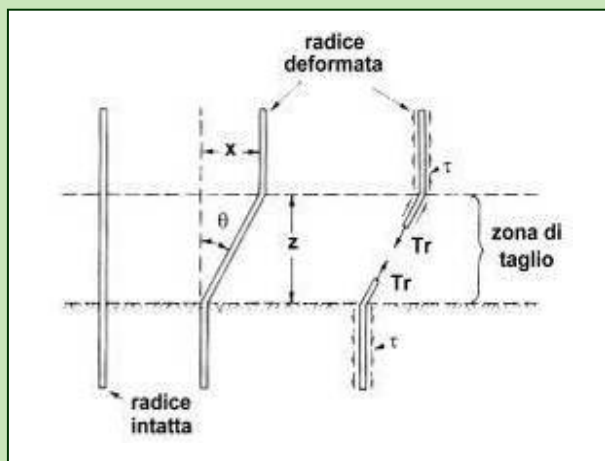
Questa relazione spiega la grande influenza della pressione interstiziale sulla stabilità dei pendii e la conseguente necessità di regimentare le acque superficiali e profonde.

Su un pendio stabile da un punto di vista geotecnico (Fattore di Sicurezza $Fs > 1$) un apparato radicale fitto e resistente trasferisce al terreno la propria resistenza a trazione: aumenta così la resistenza al taglio che si traduce in un incremento della stabilità globale e quindi anche del Fattore di Sicurezza (Fs).

Le radici dei PRATI ARMATI®, sottili e omogenee, lavorano proprio a trazione, sfruttando così al meglio la loro resistenza meccanica.

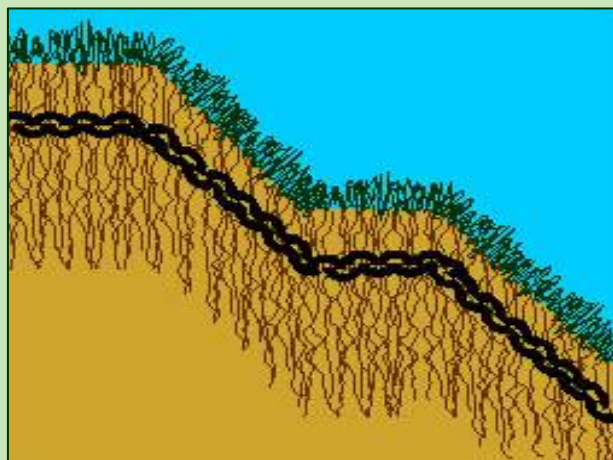


Bernalda (MT) - Si noti come tutte le radici lavorano a trazione



Mobilizzazione della resistenza a trazione delle radici per attrito con il terreno (da Gray & Sotir, 1996 modificato)

L'intreccio delle radici lungo il versante crea un effetto di concatenamento che contribuisce ad incrementare la stabilità superficiale del pendio. Per questo motivo una corretta progettazione deve prevedere l'impiego dei PRATI ARMATI® non solo sul pendio, ma anche sulle berme.



L'effetto di concatenamento operato dalle radici di PRATI ARMATI®

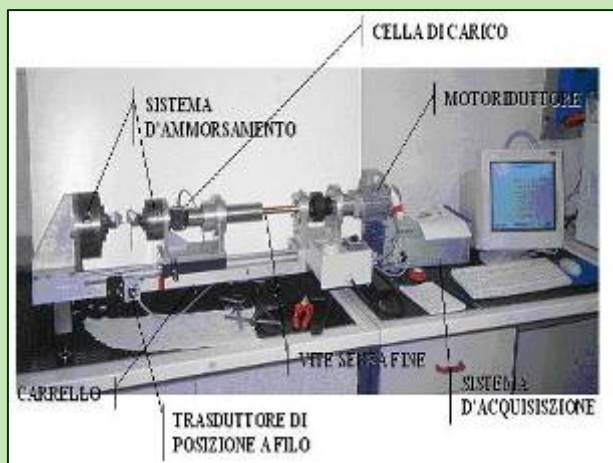


Ozieri (SS) – Discarica RSU

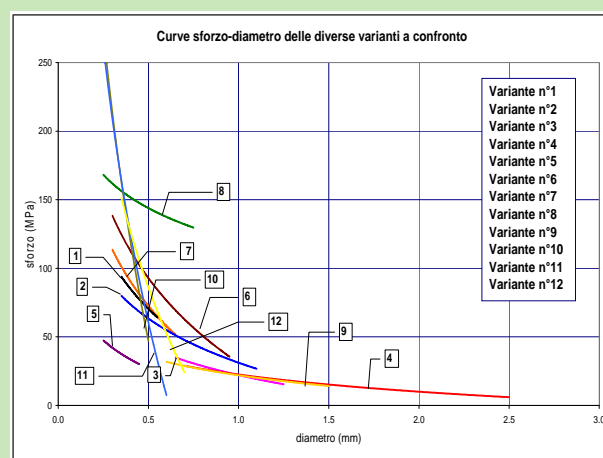
Prove di trazione e modello matematico

Per valutare la resistenza a trazione delle radici delle varie specie PRATI ARMATI® sono state condotte prove di trazione presso l'Istituto di Idraulica Agraria dell'Università degli Studi di Milano avvalendosi di un'apposita apparecchiatura che ha registrato i dati di forza (poi rapportata ai diametri delle radici) e relativo allungamento. La resistenza unitaria a trazione aumenta al diminuire del diametro delle radici.

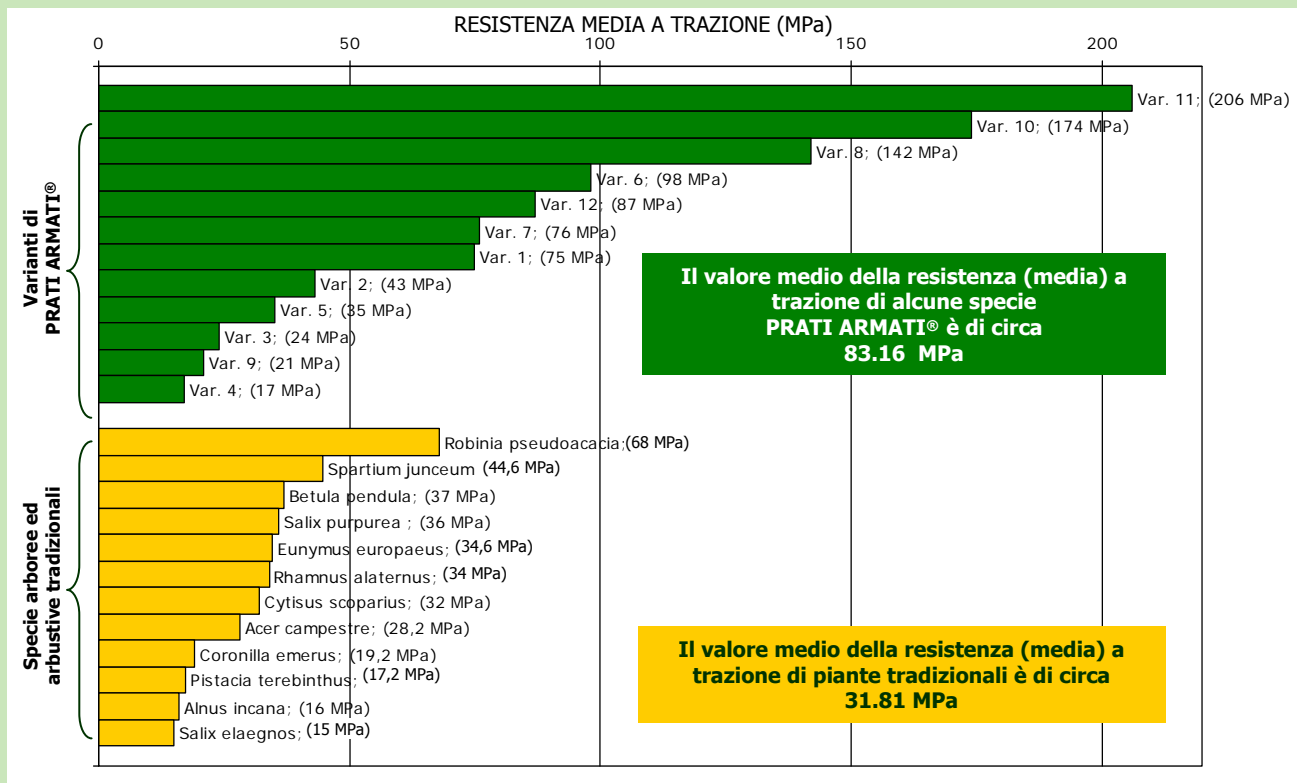
Si sono misurati valori di resistenza a trazione delle radici di PRATI ARMATI® particolarmente elevati con valori medi fino a oltre 205 MPa con picchi di 468 MPa, **pari a quella di un acciaio di media qualità**. Le prove condotte su piante comuni (salici, betulle, aceri, etc.) forniscono valori medi circa 3 volte inferiori.



Strumentazione utilizzata per le prove di trazione su radici di PRATI ARMATI®



Curve sforzo-diametro delle varianti di PRATI ARMATI® oggetto dei test



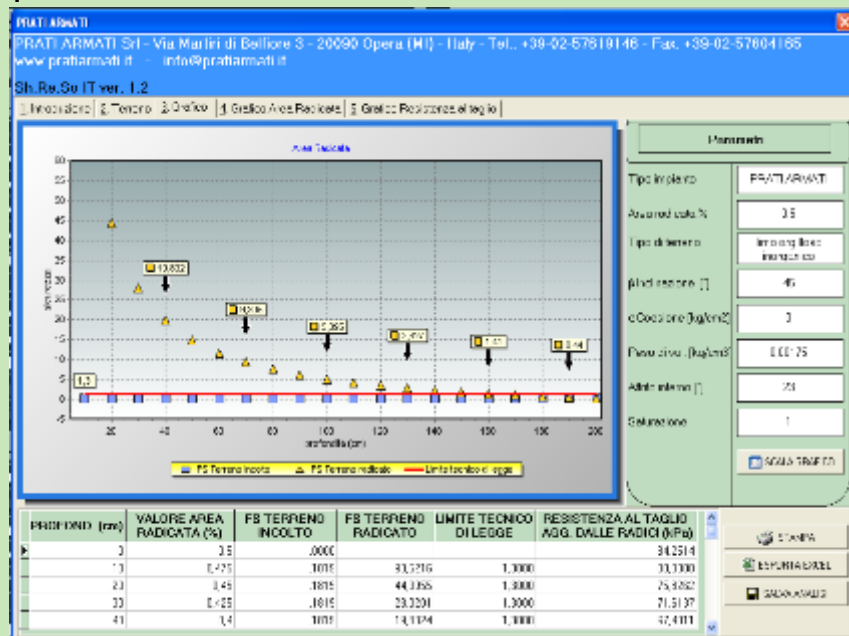
Resistenza a trazione di alcune piante comuni confrontata con quella di alcune varietà di PRATI ARMATI®

Software per il calcolo dell'incremento della resistenza al taglio e del Fattore di Sicurezza (Fs)

PRATI ARMATI srl, in collaborazione con l'Università degli Studi di Milano, Istituto di Idraulica Agraria, ha sviluppato un software che consente di calcolare, per pendii stabili dal punto di vista geotecnico ($F_s > 1$) **l'incremento della resistenza al taglio e del fattore di sicurezza dovuti all'azione dei PRATI ARMATI®.**

Tale software si può scaricare gratuitamente dal sito web www.pratiarmati.it

Sono attualmente in fase di studio e di implementazione, da parte della Università di Perugia, Facoltà di Ingegneria, ulteriori sviluppi del codice di calcolo per tener conto della riduzione della saturazione idrica dei terreni.



Esempio di output del codice per il calcolo dell'incremento della resistenza al taglio e del F_s per terreni armati con radici di PRATI ARMATI®

Plasticità del sistema terreno-radici

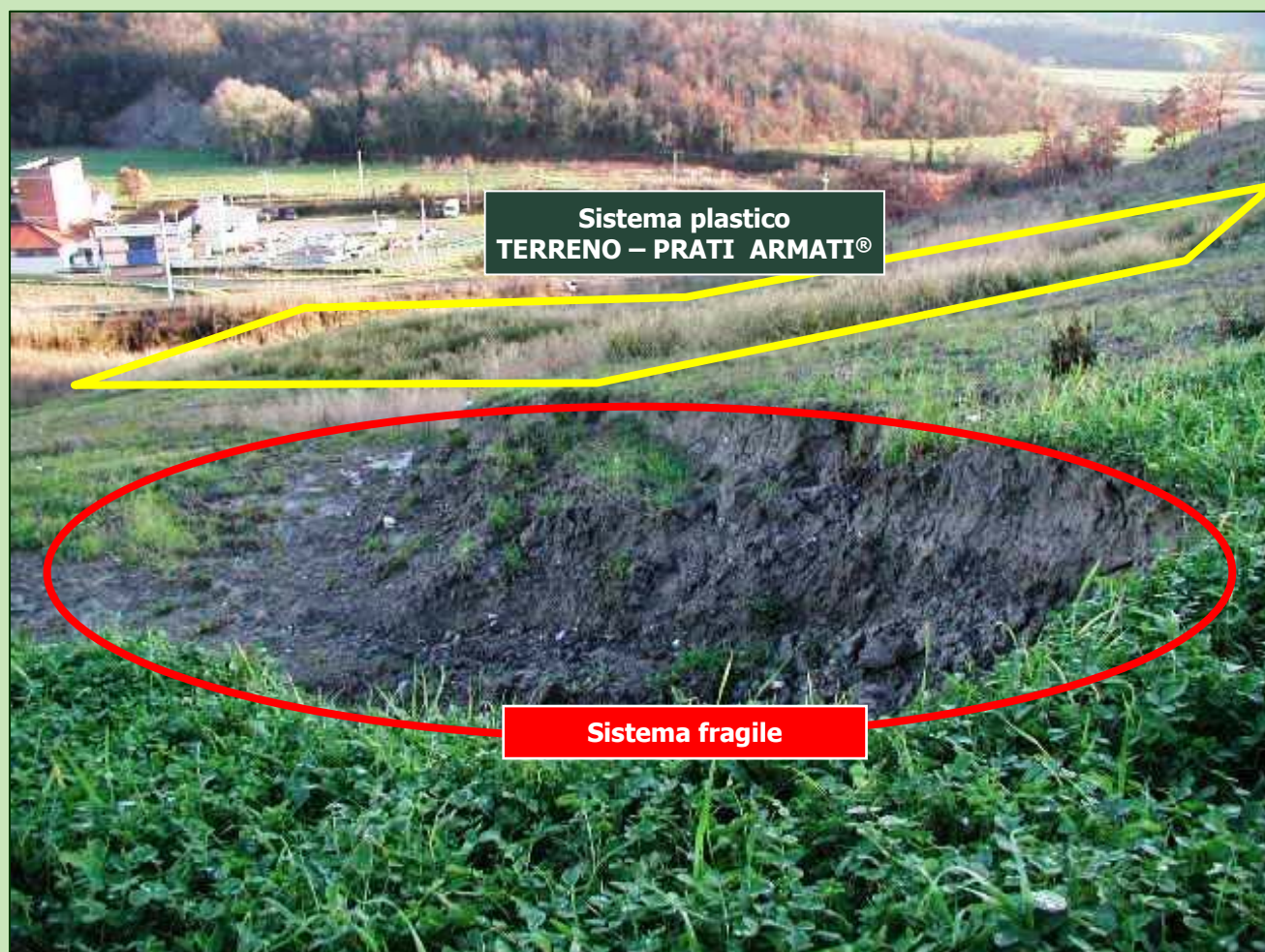
Il sistema terreno-radici di PRATI ARMATI® è in grado di deformarsi **plasticamente** a seguito di sollecitazioni meccaniche. La deformazione plastica assorbe le sollecitazioni senza dar luogo a rotture fragili del terreno.



*Impianto di PRATI ARMATI® a Volterra (PI)
su argille*



*Il sistema terreno-radici deformato resiste
alle spinte delle argille liquefatte*

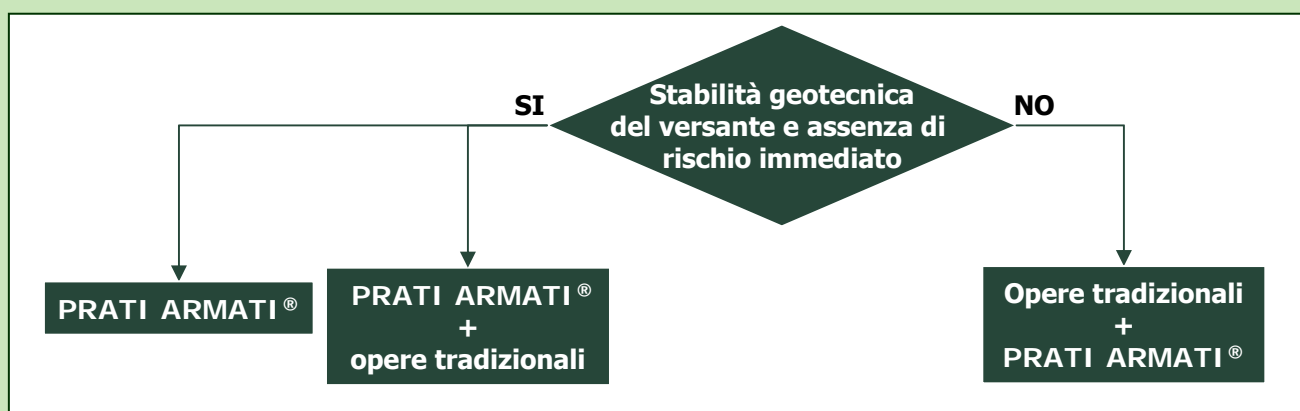


Nelle zone non trattate con i PRATI ARMATI® si innescano cedimenti fragili rilevanti e irreversibili

I PRATI ARMATI® non necessitano di opere di corredo quali georeti plastiche, geocelle, biostuoie e terreno vegetale. L'impiego dei soli PRATI ARMATI® comporta vantaggi in termini di:

- tempi di esecuzione molto rapidi: si eseguono anche interventi di decine di migliaia di m² in un solo giorno;
- costi: non sono richiesti materiali accessori (in particolare terreno vegetale);
- manutenzione: nulla;
- durata: da molte decine a centinaia di anni.

Su pendii non stabili dal punto di vista geotecnico ($F_s < 1$), i PRATI ARMATI® non possono essere utilizzati da soli, ma vanno sempre abbinati alle tradizionali opere di stabilizzazione quali paratie, terre rinforzate, gabbioni, reti metalliche etc... In ogni caso è sempre necessaria una corretta captazione delle acque superficiali e sotterranee con opportuni sistemi di drenaggio.



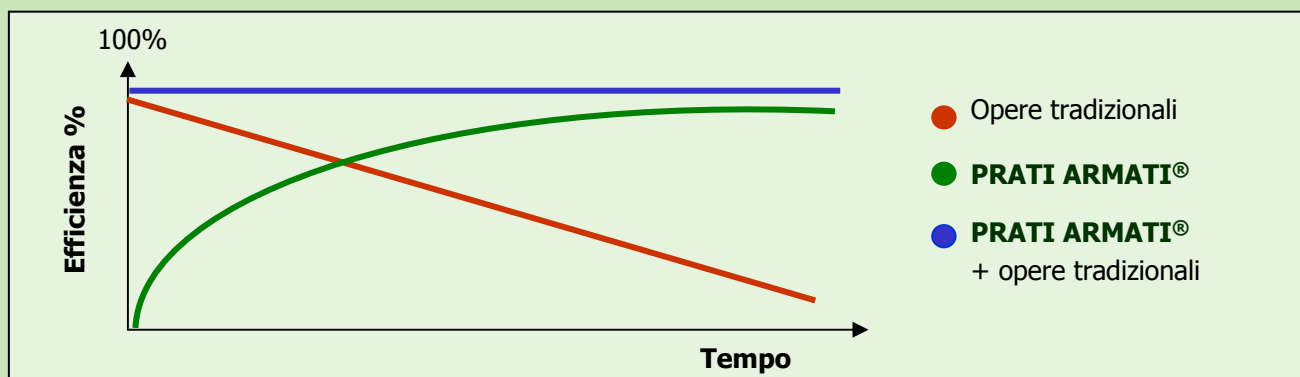
I **PRATI ARMATI®** integrano le opere civili tradizionali, migliorandone la funzionalità e la durata, agendo in sinergia con le stesse e riducendone l'impatto ambientale.

Le opere tradizionali entrano in funzione appena realizzate, ma iniziano a degradarsi dal momento stesso in cui vengono installate.

I PRATI ARMATI® necessitano di più tempo per entrare in azione, ma incrementano progressivamente la loro efficacia nel tempo.

L'abbinamento tra le due tipologie di opere, garantisce:

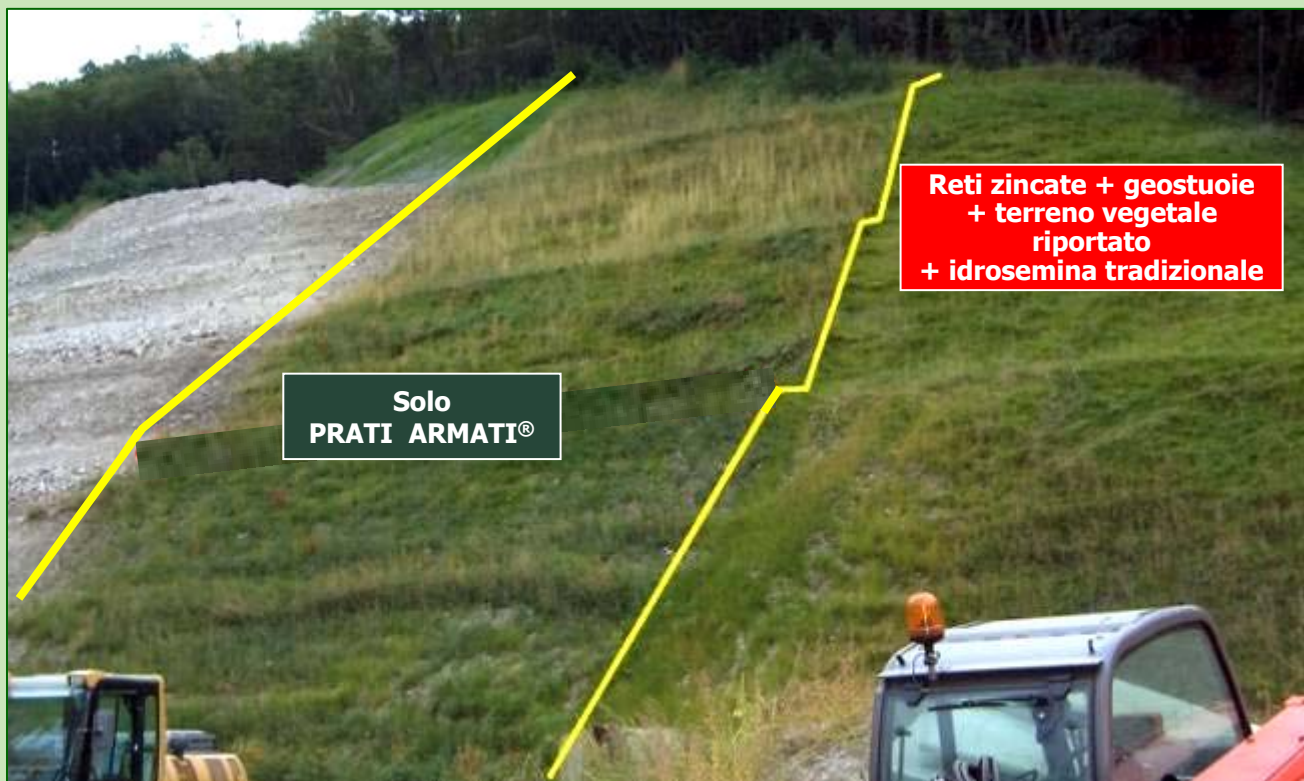
- risultati immediati;
- mantenimento dell'efficacia nel tempo;
- sinergia di risultati.



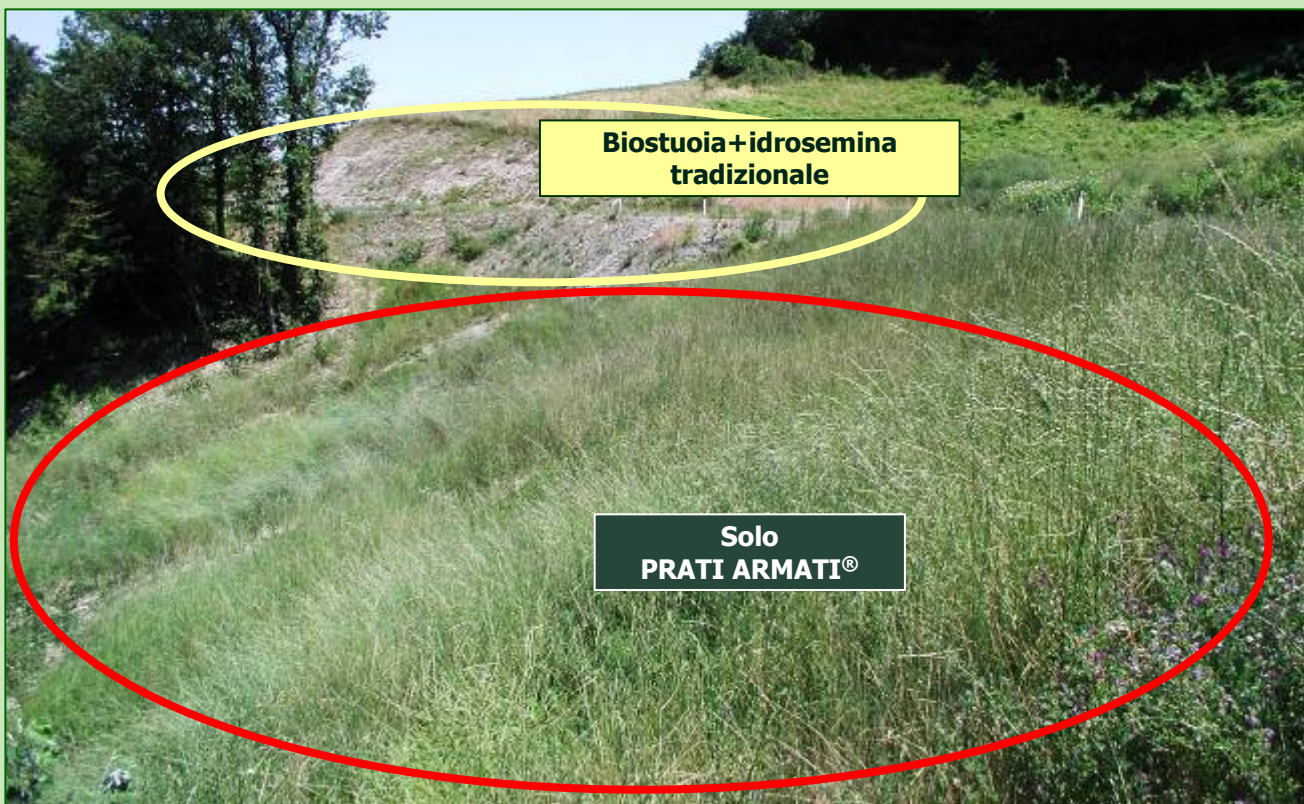


Esempi di pendii con evidenti problemi di instabilità ($F_s < 1$) non risolvibili dai soli PRATI ARMATI®

Se $F_s > 1$ e non vi è pericolo di caduta di trovanti, i PRATI ARMATI®, da soli, bloccano l'erosione, con risultati migliori rispetto ad interventi che prevedono: biostuoie, geostuoie + georeti + terreno di riporto + idrosemine tradizionali.



Appiano (BZ) - Pendio stabile ($F_s > 1$). Confronto tra diverse soluzioni: si sono ottenuti ottimi risultati anche con i soli PRATI ARMATI®



Langhirano (PR) - 18 mesi dopo l'idrosemina: i migliori risultati sono stati ottenuti con i soli PRATI ARMATI®

Per il blocco dell'EROSIONE e il ripristino ambientale, è spesso previsto l'impiego di terreno vegetale per favorire l'attecchimento della vegetazione tradizionale.

Per un ettaro di scarpata occorrono migliaia di metri cubi di terreno vegetale. Ad esempio se si apporta uno spessore di 0.5 m di terreno vegetale, per un ettaro occorrono 5.000 mc. Un camion trasporta circa 20 mc, quindi per trasportare tutto il terreno per un ettaro occorrono 250 camion! La stessa superficie inerbita con i PRATI ARMATI® richiede solo 500 kg di sementi, trasportabili con un solo furgone. Enorme è il risparmio in termini di tempo, rischi, traffico, inquinamento e fatica.

Spesso il terreno vegetale è difficilmente reperibile e presenta costi elevati a cui vanno aggiunti quelli di georeti, biostuoie, geocelle, idrosemina tradizionale.

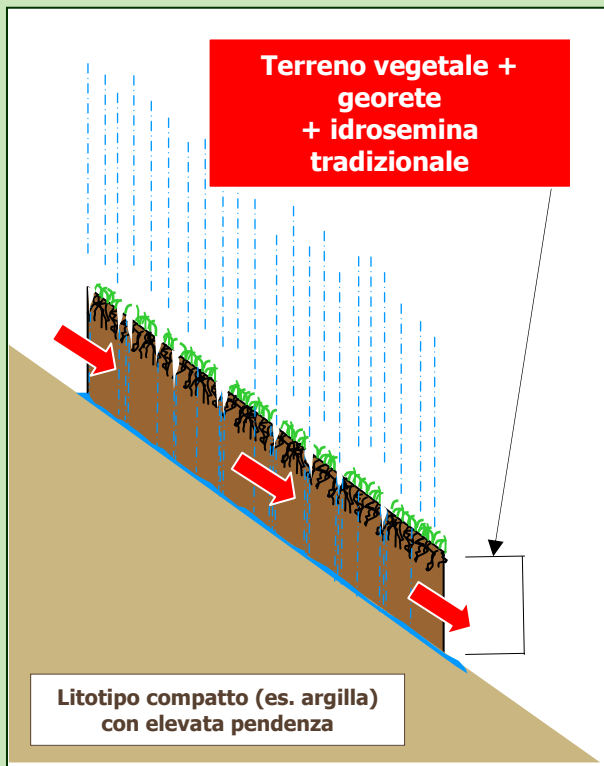
I PRATI ARMATI® invece crescono su qualunque litotipo, anche il più sterile e non necessitano di terreno di riporto.

Il terreno vegetale	I PRATI ARMATI®
<ul style="list-style-type: none"> • va prelevato in zone ove ve ne è disponibilità (in Italia è ormai quasi introvabile); • va caricato su camion e trasportato anche per grandi distanze; • va scaricato, movimentato e compattato in situ; • va abbinato con biostuoie, georeti, o inserito in geocelle (operazioni tutte da eseguire manualmente); • va infine seminato. <p>Non solo. Spesso i risultati sono negativi e controproducenti: infatti il terreno vegetale, posto su litotipi compatti e in elevata pendenza, collassa sotto forti piogge.</p> <p><u>Oltretutto il terreno vegetale spesso non è autoctono e può contenere semi, rizomi, infestanti, parassiti, microrganismi e piccoli animali (anche dannosi), tutti alloctoni.</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> • non necessitano di terreno vegetale; • <u>crescono su ogni litotipo, anche il più sterile: smarini, rilevati additivati a calce, argille di qualunque tipo, flysch, ghiaie, calcareniti, rocce fratturate, etc.;</u> • non necessitano di alcuna manutenzione; • non necessitano di alcun apporto irriguo anche nelle zone più aride; • <u>bloccano definitivamente l'EROSIONE;</u> • rinaturalizzano il cantiere in breve tempo, (sottraendo fino al 400% in più di CO₂ rispetto alle altre piante erbacee); • sono perenni, non OGM, non infestanti, in gran parte autoctoni, ricacciano dopo un incendio; • si installano con mezzi meccanici, con grande rapidità (anche vari ettari al giorno), con bassissimi rischi.

Il terreno di riporto posto su litotipi compatti e in elevata pendenza, collassa e scivola a valle in caso di forte imbibimento e precipitazioni intense.

I PRATI ARMATI® invece radicano in profondità su ogni litotipo, anche il più sterile, e non necessitano quindi di terreno fertile (terreno vegetale).

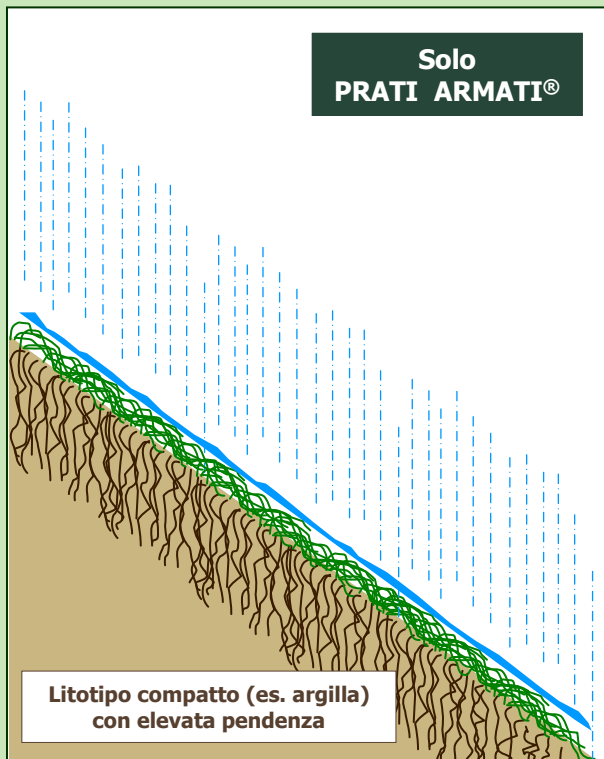
Impiegando i PRATI ARMATI® si evitano i rischi e i costi connessi all'impiego di terreno vegetale.



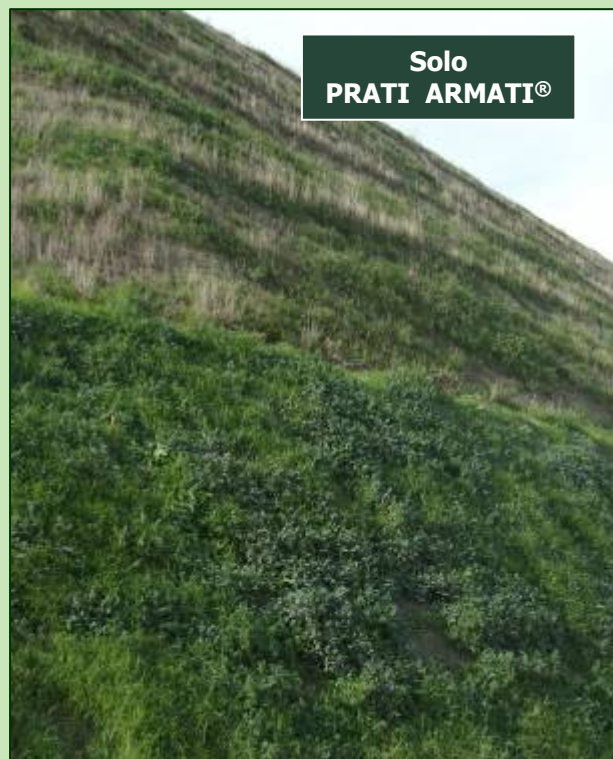
Il terreno di riporto, in caso di forte imbibimento, può scivolare a valle



Autostrada in Sicilia: 45° di pendenza. Il terreno vegetale + georete + rete metallica sono collassati dopo piogge intense e prolungate



I PRATI ARMATI® si ancorano profondamente al litotipo originario per quanto pendente, sterile e compatto: non vengono rimossi neppure da forti piogge e proteggono il versante



Vista della stessa scarpata della foto in alto trattata con i PRATI ARMATI® dopo che il sistema con terreno vegetale era collassato. L'impianto con i soli PRATI ARMATI® sul terreno tal quale ha resistito e protetto il versante anche a seguito di forti precipitazioni

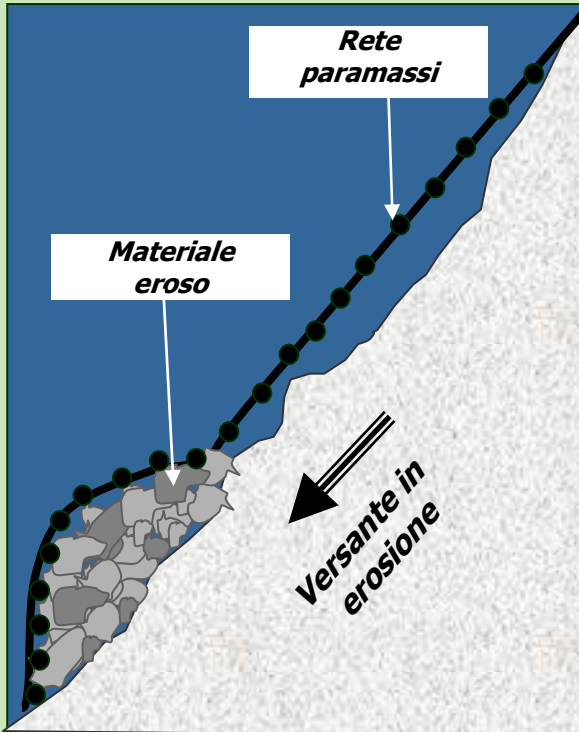


San Vincenzo (LI) - Rilevati in terre granulari ricoperte da terreno vegetale



Danni causati dalla presenza di terreno vegetale sugli smarini in un intervento di idrosemina tradizionale

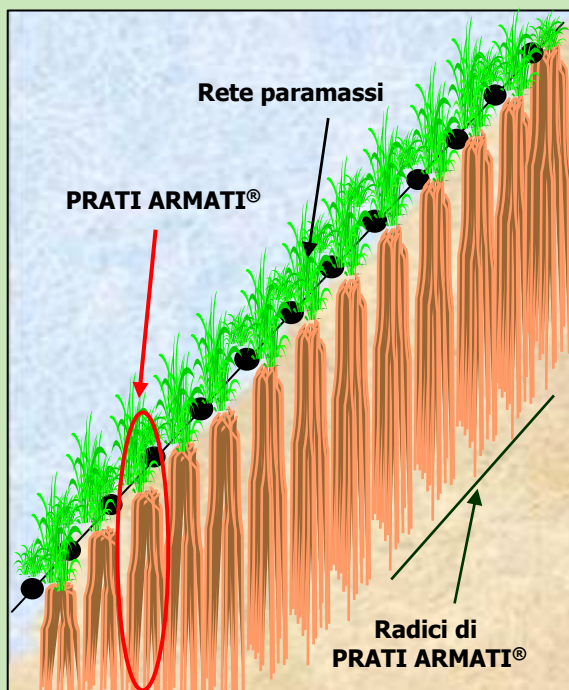
Le reti paramassi bloccano i trovanti, ma a nulla servono contro l'erosione delle frazioni più fini. Il continuo asporto di materiale fine scalza al piede i massi che diventano instabili e cadono a valle facendo "spanciare" la rete che con il tempo si distacca dal versante e si rompe, perdendo la funzionalità.



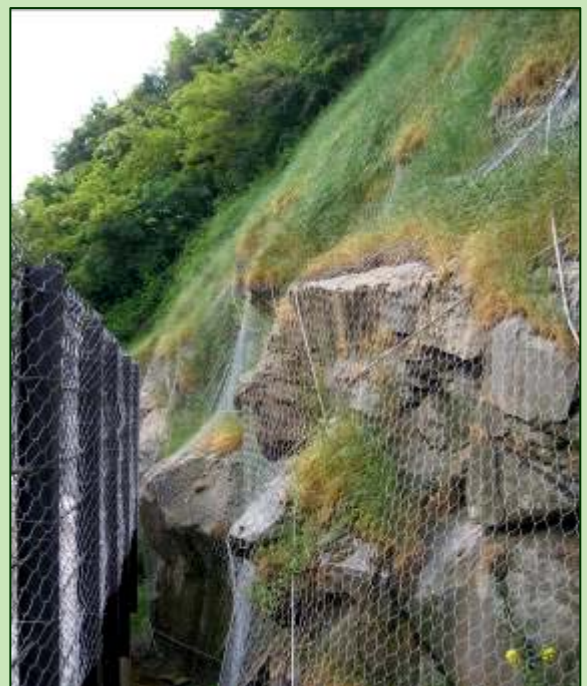
Formazione di sacche di materiale eroso, deformazione e distacco della rete paramassi

Abbinando alle reti paramassi i PRATI ARMATI®, si realizza:

- inerbimento rapido che diminuisce l'impatto visivo della rete e ne impedisce il distacco e la deformazione;
- blocco dell'EROSIONE anche al piede di sassi e pietre



Reti paramassi + PRATI ARMATI®



Reti paramassi + PRATI ARMATI®



Orvieto (TR) - Reti paramassi + PRATI ARMATI®

I PRATI ARMATI® si abbinano in modo sinergico ai gabbioni. I gabbioni hanno lo scopo di contenere le spinte e bloccare il piede della scarpata mentre i PRATI ARMATI® bloccano l'erosione ed evitano che i gabbioni si intasino di terreno eroso.



Castelviscardo (TR), nuova circonvallazione

I PRATI ARMATI® possono essere utilizzati per migliorare le prestazioni delle palizzate e per realizzare una rapida rinaturalizzazione delle superfici trattate.



Bernalda (MT) - Crollo delle palizzate nell'area non trattata con PRATI ARMATI®



Bernalda (MT) - L'impianto di PRATI ARMATI® ha resistito a un'alluvione

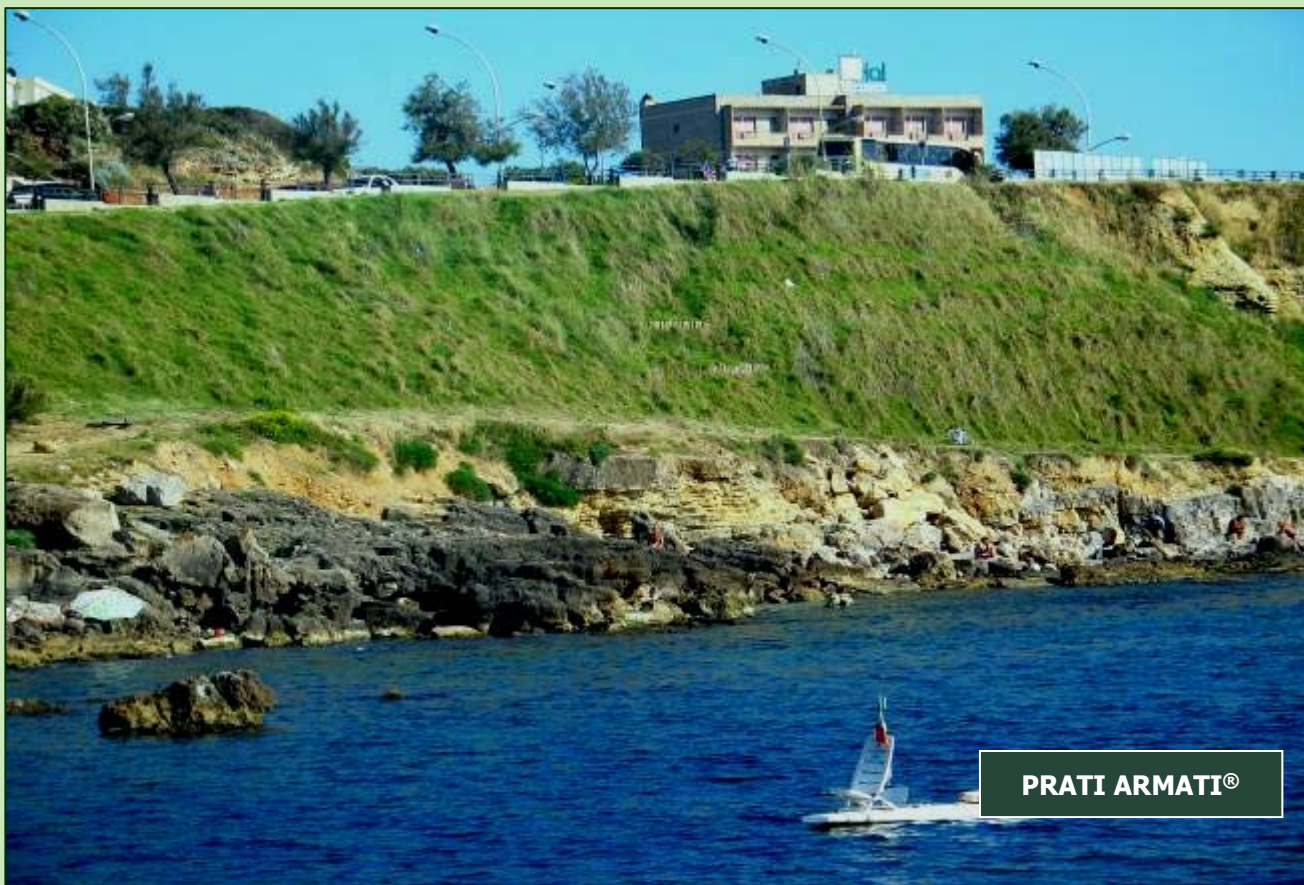


Bernalda (MT)

Le strutture in terra rinforzata sono opere in grado di contenere le spinte dei versanti. I PRATI ARMATI®, con le loro radici sottili, penetrano al loro interno in profondità, senza comprometterne la funzionalità. Grazie alla lunghezza dell'apparato radicale riescono a captare in profondità l'acqua, sopravvivendo anche in condizioni di grande aridità.

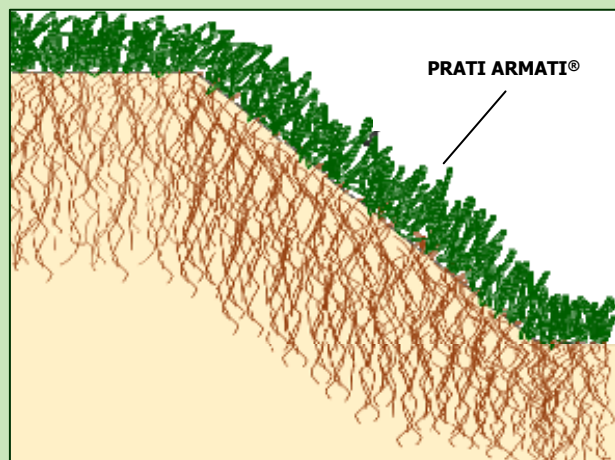


Florinas (SS)

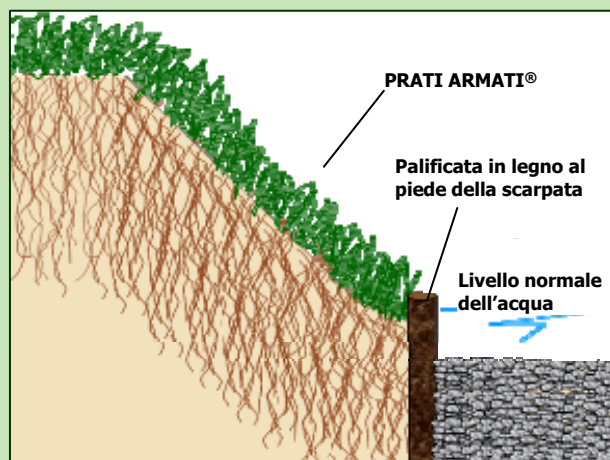


Alghero (SS)

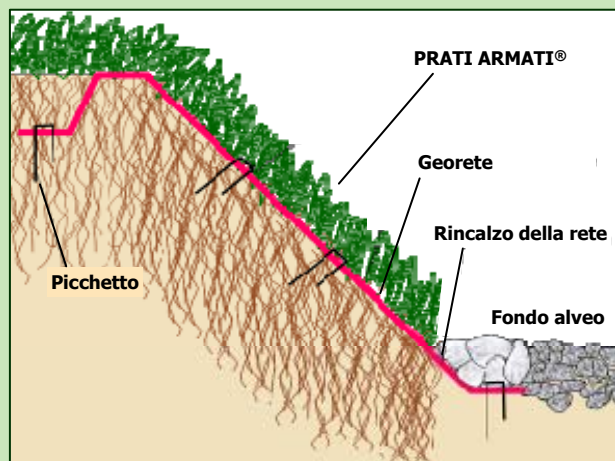
I PRATI ARMATI® possono essere utilizzati per la protezione spondale di fiumi, laghi, torrenti e canali irrigui e per la realizzazione di semplici fossi di guardia e canalette di scolo, sia da soli, sia in abbinamento ad altre opere di protezione, migliorandone le prestazioni e garantendo risultati rapidi e duraturi nel tempo.



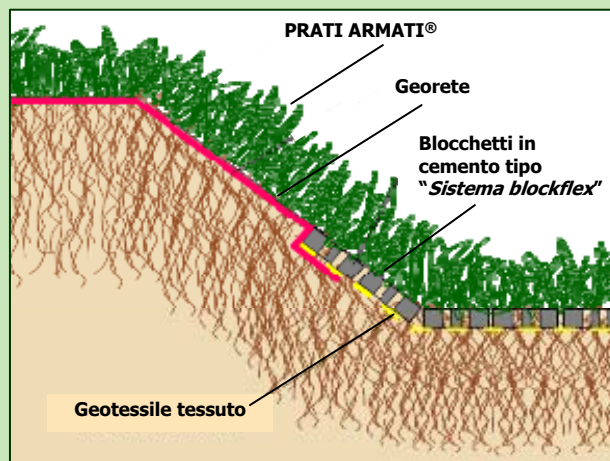
Scarpate in bagnato con i soli PRATI ARMATI®



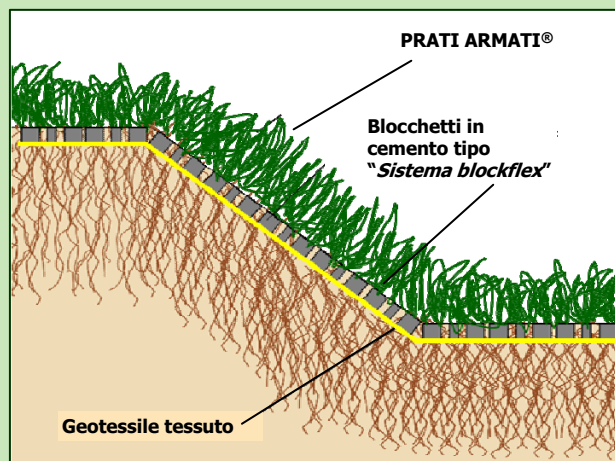
PRATI ARMATI® + palificate in legno



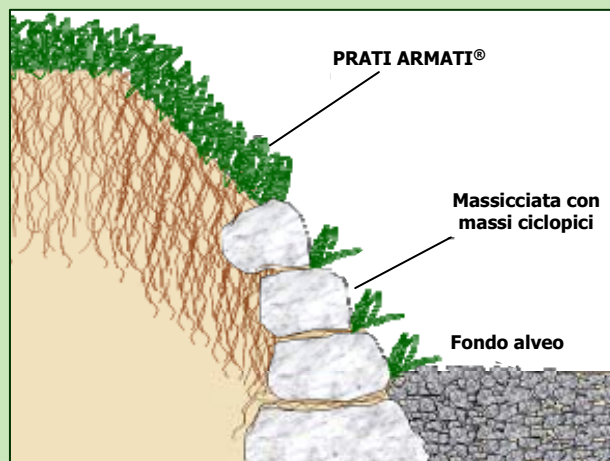
PRATI ARMATI® + georete



PRATI ARMATI® + georete + blocchetti in cemento



PRATI ARMATI® + geotessile + blocchetti in cemento



PRATI ARMATI® + massicciata

Ns. elaborazioni su dati CIRIA 1987 - Design of reinforced grass waterways



**Inverno 2000
crollo delle sponde**



**2001
Realizzazione delle opere di consolidamento**



**Novembre 2001
Intervento con i
PRATI ARMATI®**



**Giugno 2004
Il cantiere a regime**

Pordenone - Consolidamento spondale sul fiume Noncello



PRIMA



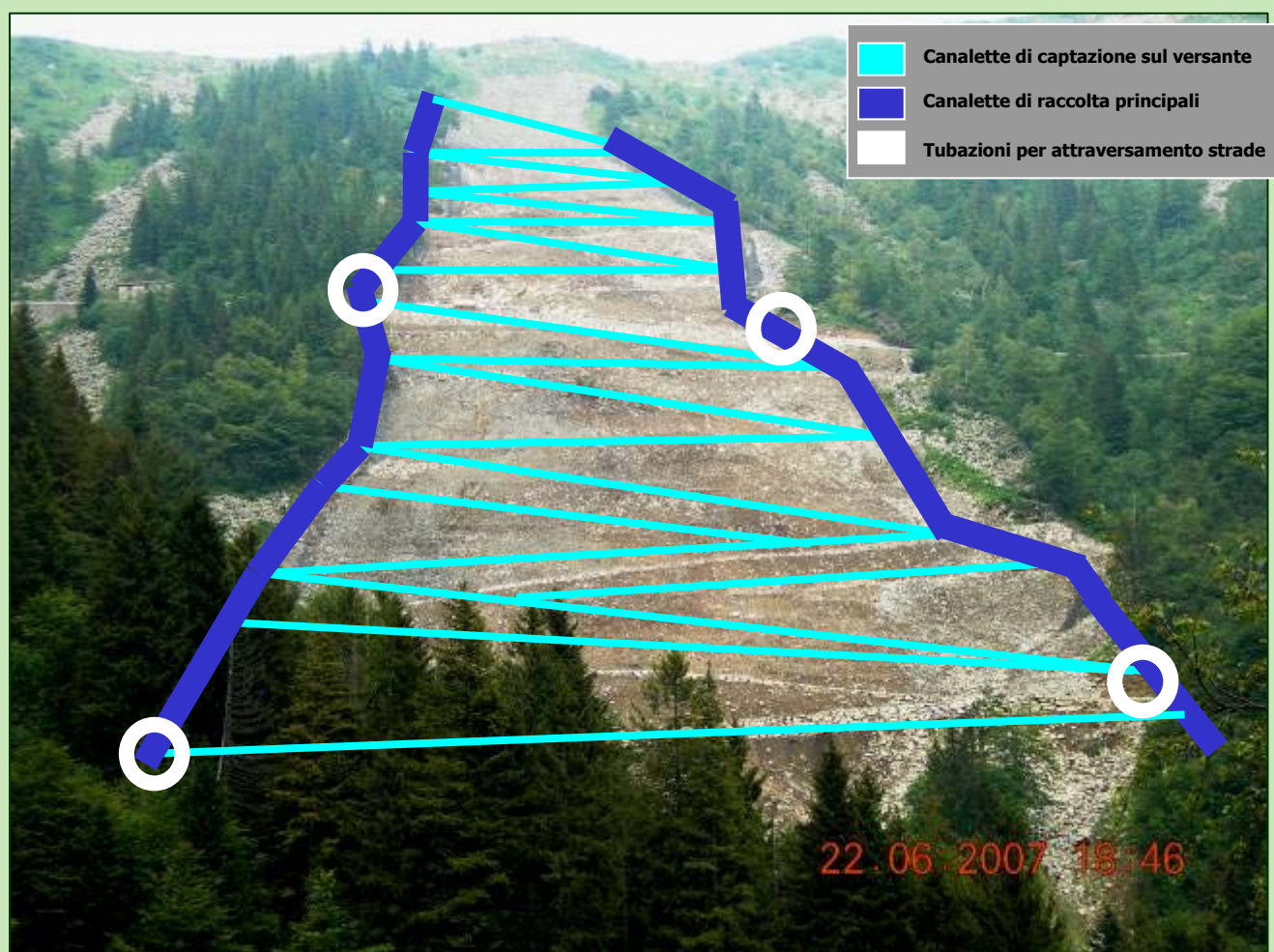
DOPO

Comune di Pasiano di Pordenone, fiume Meduna - Rivestimento vegetale con i PRATI ARMATI® abbinati a scogliere

I PRATI ARMATI® si abbinano a tutte le opere di regimentazione di acque superficiali e profonde (es. canalette, fossi di guardia e drenaggi) realizzate con tecniche tradizionali (es. cemento, plastica, metallo) o di ingegneria naturalistica (es. geotessuti, pietre e ciottoli).

Con i PRATI ARMATI® è possibile realizzare delle semplici canalette per la regimentazione delle acque meteoriche. Queste presentano diversi vantaggi:

- consentono di evitare costose lavorazioni con massi cementati, embrici o altre opere tradizionali per la regimentazione delle acque;
- sono strutture non rigide che si adattano agli assestamenti del terreno senza riportare danni, come invece accade per le strutture realizzate con massi cementati o altre opere tradizionali;
- riducono la velocità di scorrimento dell'acqua grazie al fitto e robusto apparato epigeo dei PRATI ARMATI®. Questo impedisce anche l'intasamento di pozzetti di scolo in cui confluiscono le canalette.



Oropa (BI) - Un semplice sistema di canalizzazioni realizzate sul terreno tal quale, inerbite con i PRATI ARMATI®, ha consentito di regimentare le acque meteoriche con semplicità, efficienza e basso costo, in presenza di forti pendenze e di precipitazioni che raggiungono anche 3.000 litri/m² anno⁻¹. Le canalette così realizzate si adattano oltretutto agli assestamenti del terreno



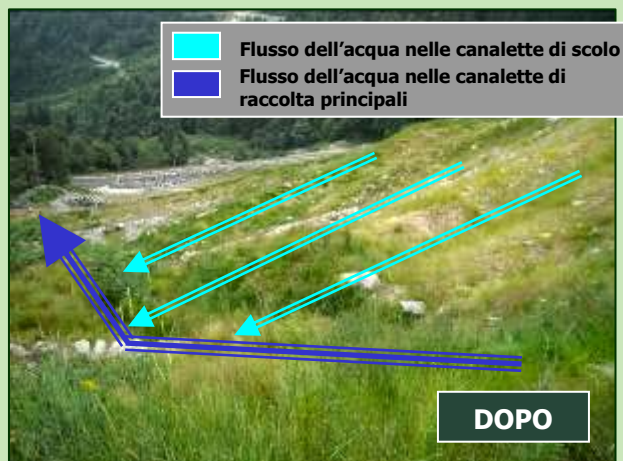
Oropa (BI) - Realizzazione di collettori di scolo autoadattanti



Oropa (BI) - Collettori di scolo inerbiti con i PRATI ARMATI®



Oropa (BI) - Collettori e canalette di scolo inerbite con i PRATI ARMATI®



Oropa (BI) - Canalette di scolo realizzate sul terreno tal quale, successivamente inerbite con i PRATI ARMATI® che riducono la velocità di ruscellamento



Tutte le tecniche evolvono: fino a pochi anni fa si utilizzavano, **per bloccare l'erosione**, manufatti in plastica quali georeti, geocelle o materiali naturali quali le biostuoie. Tali tecniche non bloccano l'erosione, anzi a volte l'aggravano, soprattutto in assenza di un potente inerbimento. Inoltre i manufatti plastici, derivati dal petrolio, non sono ecologici e rilasciano, degradandosi, frammenti di materiale plastico dannosi per gli esseri viventi e decisamente antiestetici.



Grecia – Impianto antierosivo su scarpata autostradale realizzato con geostuoie



SS 106 Jonica – Impianto antierosivo realizzato con fascinate



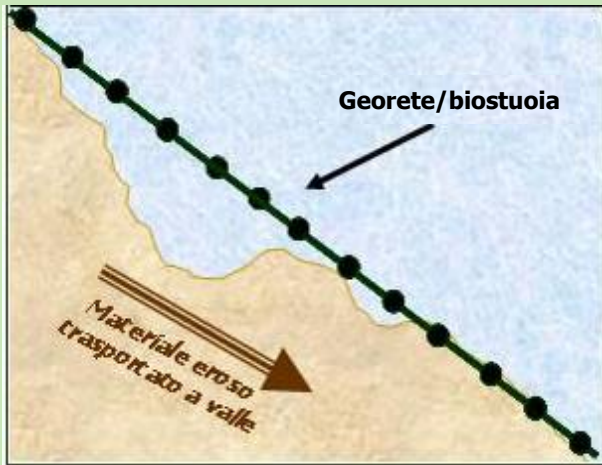
Sicignano (SA) - Impianto antierosivo realizzato con geocelle che possono chiudersi "a fisarmonica" non riuscendo più ad esplicare la loro azione antierosiva



Georeti a Castignano (AP)



Campobasso - Impianto antierosivo con geotessuto.



*Impianto antierosivo realizzato con georeti/
geostuoie. L'erosione continua al di sotto delle reti*

*Grecia – Impianto antierosivo su scarpata
autostradale realizzato con geostuoie*

Le comuni georeti plastiche spesso non risolvono il problema. Inoltre:

- bruciano in caso di incendio, causando ingenti danni economici al Committente e producendo inquinanti pericolosi;
- determinano un forte innalzamento della temperatura al suolo (a causa del colore scuro) che può causare vere e proprie ustioni agli animali e ai vegetali.



Autostrada A3 SA-RC - Georeti



Autostrada A3 SA-RC - Georeti



Georeti e biostuoie a Numana, Parco Naturale del Conero (AN)

La Tecnologia dei PRATI ARMATI® impiega materiali di origine naturale riducendo così le importazioni di manufatti sintetici derivati dal petrolio quali georeti, geocelle, etc. e l'inquinamento dovuto alla loro produzione, al trasporto ed al rilascio di particelle plastiche nel suolo e nell'acqua conseguente al loro deterioramento.



Il Sole-24 Ore
Lunedì 20 Agosto 2007 - N. 227

Gli effetti sull'ambiente

Le emissioni di gas serra generate dal trasporto di 1 Kg di prodotto alimentare fuori stagione

Prodotto	Origine	Distanza Km da Roma	Emissione Kg Co ₂
Melone	Brasile	11.000	15,0
Pesca	Cile	13.000	17,4
Uva	Sud Africa	8.000	13,2
Ciliege	Argentina	12.000	16,2
Mele	Cina	9.000	14,1
Fagiolini	Senegal	5.000	7,5

Fonte: elaborazioni Coldiretti

I **PRATI ARMATI®** rispettano l'ambiente e la collettività:

- Minor inquinamento
- Minore effetto serra
- Minore traffico
- Minori incidenti
- Minori costi per la collettività
- Minori importazioni
- Maggiore attenzione all'ambiente
- Maggior coinvolgimento locale
- Maggiori profitti che restano a livello locale
- Maggiore occupazione
- Maggiore impulso all'agricoltura
- Maggiore cultura e riqualificazione delle risorse locali
- Contributo ai crediti di CO₂ stabiliti dal Protocollo di Kyoto



I PRATI ARMATI® possono essere efficacemente utilizzati per il recupero ambientale di cave, miniere e discariche in quanto:

- garantiscono in tempi brevi la copertura e la protezione dei versanti dall'erosione idrica ed eolica;
- diminuiscono l'infiltrazione di acqua e la conseguente produzione di percolato;
- vegetano anche su suoli poveri e inquinati da metalli pesanti, idrocarburi, etc.;
- favoriscono il successivo insediamento di piante arbustive ed arboree locali;
- resistono alle alte temperature e sono in grado di ricacciare anche dopo incendio.



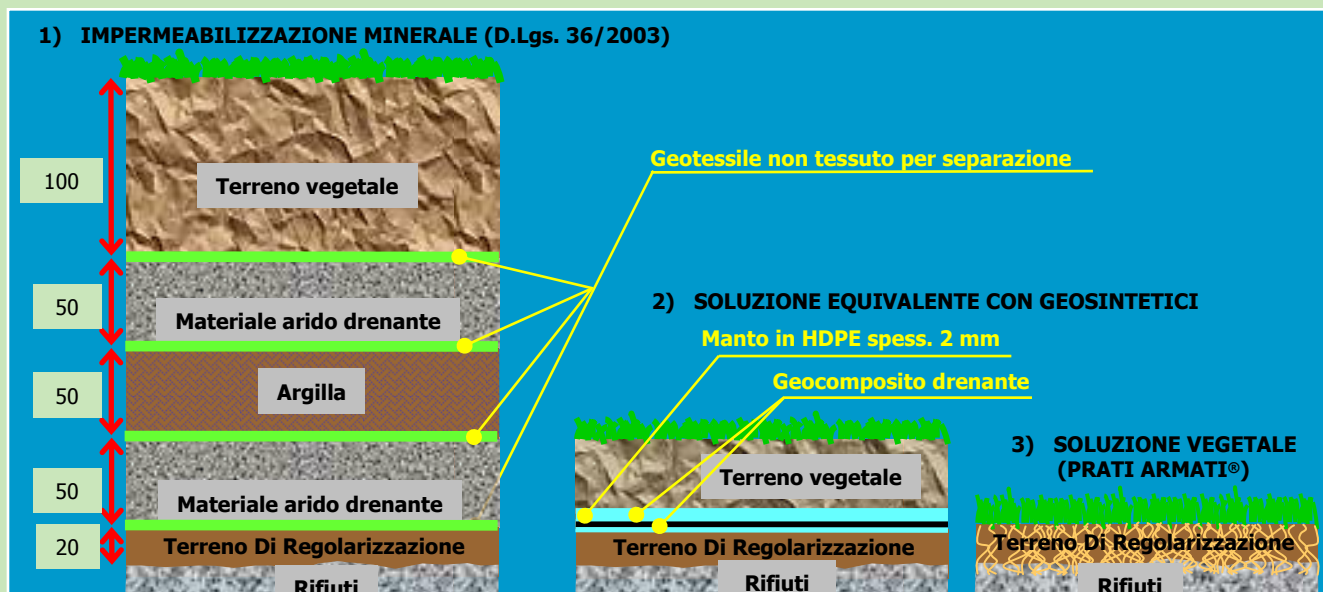
Discarica RSU - Ozieri (SS)

In una discarica a pendio si hanno molteplici problematiche paesaggistiche e tecniche fra cui l'erosione idrica e l'infiltrazione di acqua con conseguente aumento del percolato.

Per ovviare al problema dell'infiltrazione, sono possibili diverse soluzioni:

- impermeabilizzazione minerale;
- impermeabilizzazione con geosintetici;
- soluzione vegetale che prevede l'impiego di vegetazione erbacea a radicazione profonda.

Quest'ultima risolve sia il problema tecnico, sia quello paesaggistico con un ottimo rapporto prestazioni/costi/rischio.



Diverse soluzioni per l'impermeabilizzazione delle discariche (Fonte: Ing. Ignazio Balsamo)

CARATTERISTICHE	SOLUZIONE MINERALE	SOLUZIONE CON GEOSINTETICI	SOLUZIONE VEGETALE (PRATI ARMATI®)
Spessore materiali specifici	Elevato	Limitato	Nessuno
Impermeabilità	Elevata	Elevata	Molto Buona
Aspetto Paesaggistico	Molto Negativo	Molto Negativo	Naturale
Necessità di recupero	Si	Si	No
Durata	Limitata	Media	Lunga
Qualità ambientale del sito	Nulla	Nulla	Elevata
Tempi di realizzazione	Lunghi	Medi	Brevi
Consumo di Risorse	Elevate	Elevate	Limitate
Formazione inquinanti	Elevati	Elevati	Limitati
Influenza effetto serra	Negativo	Negativo	Positiva
Influenza stabilità versante	Nessuna	Nessuna	Positiva
Necessità di terreno vegetale	Si	Si	No
Costi di manutenzione	Elevati	Elevati	Nessuno
Impatto ambientale globale	Elevato	Elevato	Addirittura positivo

Confronto fra le differenti soluzioni di impermeabilizzazione

Le discariche a pendio sono realizzate a ridosso di pendii, in cave dismesse, in calanchi o impluvi; presentano elevate pendenze e rifiuti affioranti spesso mescolati a terreno.



Schema di discarica a pendio



Esempio di discarica a pendio

Per la messa in sicurezza di emergenza di questo tipo di discariche, le coperture comunemente adottate (soluzione minerale con argilla o con membrane impermeabili) non sono convenienti: gli interventi richiedono tempi lunghi, sono costosi, pericolosi, complessi, se non addirittura impossibili, soprattutto in condizioni di forte pendenza.

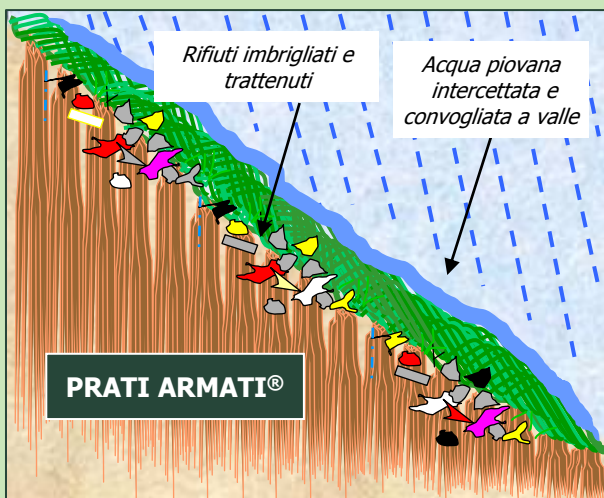
I PRATI ARMATI® non sostituiscono gli interventi di bonifica, ma possono fornire una soluzione rapida ed economica per la messa in sicurezza d'emergenza di queste discariche. Tali interventi (cfr. D.M. 471/99) rientrano oltretutto nella categoria delle tecniche "in situ", senza cioè movimentazione o rimozione del suolo inquinato e dei rifiuti.

La Tecnologia dei PRATI ARMATI® garantisce infatti lo sviluppo rapido e diffuso di un possente apparato radicale e di una fitta coltre vegetale che:

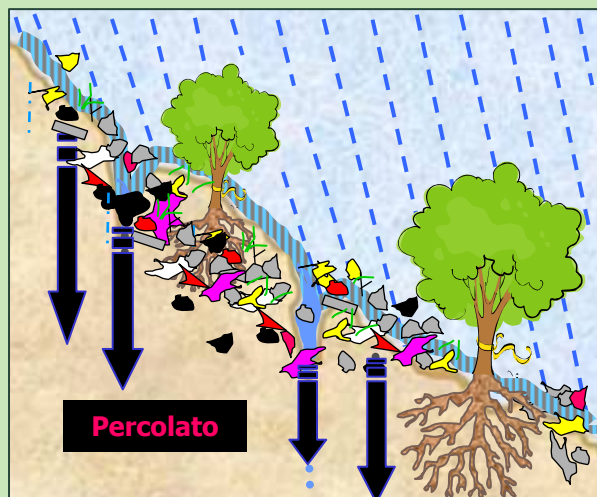
- limita l'infiltrazione delle acque meteoriche con forte riduzione di percolato, principale fattore di inquinamento in questo tipo di discariche;
- riduce l'erosione idrica e quindi la perdita di suolo per ruscellamento;
- riduce il trascinarsi a valle dei rifiuti affioranti, che vengono inglobati nella copertura vegetale;
- riduce l'erosione eolica che genera nubi di polveri inquinanti;
- isola i rifiuti dall'ambiente esterno;
- conferisce un aspetto verde e naturale alla discarica, migliorando l'impatto visivo.

Le tradizionali specie erbacee, arbustive o arboree:

- non sigillano il versante: l'acqua penetra in profondità, aumentando la produzione di percolato;
- non resistono a condizioni di aridità e forte inquinamento;
- non imbrigliano i rifiuti affioranti.



Copertura con PRATI ARMATI®: il versante è sigillato ed è ridotta la produzione di percolato



Copertura arborea: il versante non è sigillato e l'acqua che si infiltra aumenta la produzione di percolato



Tipico aspetto di una discarica con PRATI ARMATI®



Aspetto tradizionale di una discarica a pendio

LOCALITA'	Distretto minerario dell'Iglesiente
CANTIERE	Discarica mineraria
OBIETTIVI	Test di germinazione
LITOTIPO	Sterili di tracciamento e di trattamento. Minerali coltivati: galena (solfuro di Piombo) e calamina (solfuro di Zinco)
INQUINANTI	Arsenico (As) , Nichel (Ni), Cobalto (Co), Antimonio (Sb), Selenio (Se), Cromo (Cr), Mercurio (Hg), Rame (Cu), Cadmio (Cd) , Piombo (Pb) , Zinco (Zn) * Inquinanti in concentrazioni molto superiori ai limiti massimi
NOTE	Il cantiere è brullo da 30 anni



Area di campionamento: miniere dell'Iglesiente

PARAMETRI DETERMINATI SUL CAMPIONE TQ	UNITÀ DI MISURA	VALORI TROVATI	VALORI DI RIFERIMENTO MASSIMI
Arsenico (As)	mg/Kg	544,4	50
Cadmio (Cd)	mg/Kg	140,3	15
Piombo (Pb)	mg/Kg	9.263,0	1.000
Zinco (Zn)	mg/Kg	20.216,5	1.500

Rapporto di prova mediante ICP-OES



1 mese dopo la semina: i PRATI ARMATI® non hanno minimamente risentito della presenza di inquinanti

La protezione superficiale dei suoli da parte della vegetazione, e la necessità di manutenzione, sono contemplate anche in recenti normative, quali: **Normativa Europea** (EN 1997 Eurocodice 7, Geotechnical design), **Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni** (DM 14 gennaio 2008), **Legge Quadro 109/94** (Legge Merloni - ter) e relativo Regolamento Attuativo (D.PR. 554/1999).

EUROCODICE 7: RUOLO DELLA VEGETAZIONE

- dal par.2.4.6.1.(9), Valori di progetto delle azioni:

“Le seguenti caratteristiche, che possono influenzare le pressioni dell’acqua, devono essere considerate:

- effetto favorevole o sfavorevole del drenaggio
- variazioni nelle pressioni dell’acqua dovute alla **crescita o alla rimozione di vegetazione.**”

- dal par.11.3.(2)P, Azioni e situazioni di progetto:

“Occorre considerare l’effetto delle seguenti circostanze, ove appropriato:

- variazioni climatiche, incluse variazioni di temperatura
- **vegetazione o la sua rimozione.**”

- dal par. 11.4, Considerazioni progettuali e costruttive:

“Le superfici di pendii esposte a potenziale **erosione** devono essere protette, se necessario, per assicurare che è mantenuto il livello di sicurezza.”

“I pendii dovrebbero essere **“sigillati”, piantumati** o protetti artificialmente....

“Pendii potenzialmente instabili possono essere stabilizzati per mezzo di gabbioni, ancoraggi, drenaggi,, **vegetazione**, o una combinazione di questi.”

NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI: MANUTENZIONE

dal par. 6.3.5: Stabilità dei pendii naturali:

“Il progetto degli interventi di stabilizzazione deve comprendere la descrizione completa dell’intervento, .. le modalità costruttive ..., il piano di monitoraggio e un significativo piano di gestione e controllo nel tempo della funzionalità e della efficacia dei provvedimenti adottati.”

LEGGI E REGOLAMENTI NAZIONALI : PIANO DI MANUTENZIONE

- Legge Quadro 109/94 (Legge Merloni-ter): dispone la redazione, a partire dalle prime fasi progettuali, di piani operativi per la manutenzione degli interventi.
- Regolamento attuativo della Merloni-ter, D.PR. 554/1999: per i lavori pubblici, impone non solo la predisposizione progettuale, ma anche la successiva attuazione dei piani di monitoraggio e manutenzione.

COME NASCE LA TECNOLOGIA DEI PRATI ARMATI®	1
IL PROBLEMA EROSIVO	3
I PRATI ARMATA	7
TECNICA D'IMPIANTO	8
MANUTENZIONE	9
CARATTERISTICHE FISILOGICHE	10
- <i>non infestazione - resistenza alla siccità</i>	11
- <i>resistenza al salino</i>	12
- <i>resistenza alla sommersione</i>	13
- <i>resistenza agli incendi</i>	14
- <i>sviluppo della copertura vegetale</i>	15
- <i>alternanza delle stagioni</i>	16
- <i>piante ad elevata efficienza fotosintetica</i>	17
VANTAGGI RISPETTO ALLE ALTRE PIANTE	18
RICERCA BOTANICA ED AGRONOMICA	20
- <i>la selezione delle specie</i>	21
- <i>le prove in laboratorio e in serra</i>	22
- <i>le prove in campo</i>	23
RINATURALIZZAZIONE	25
ORIGINI DI ALCUNE PIANTE	29
ALCUNE PIANTE ERRONEAMENTE CONSIDERATE AUTOCTONE	30
EFFETTI PROTETTIVI DEI PRATI ARMATI® CONTRO OGNI TIPO DI EROSIONE	31
DISSIPAZIONE DELL'ENERGIA CINETICA DELLE GOCCE D'ACQUA	33
IMPERMEABILIZZAZIONE DEI VERSANTI	34
RALLENTAMENTO DELLA VELOCITÀ DI RUSCELLAMENTO SUL TERRENO	36
RIDUZIONE DELLA SATURAZIONE IDRICA DEI TERRENI	37
PROTEZIONE DA FESSURAZIONI E CREPACCIAMENTO	40
RIDUZIONE DELL'EROSIONE E DEL ROTOLAMENTO LITICO	42
RINFORZO DEL TERRENO CON L'APPARATO RADICALE	44
CRITERI PER IN CORRETTO UTILIZZO DEI PRATI ARMATI®	48

TERRENO VEGETALE? NO, GRAZIE	51
ABBINAMENTI CON RETI PARAMASSI	54
ABBINAMENTO CON GABBIONI	56
ABBINAMENTO CON PALIZZATE	57
ABBINAMENTO CON TERRE RINFORZATE	58
ABBINAMENTO CON OPERE DI PROTEZIONE SPONDALE	60
ABBINAMENTO CON PALIFICATE IN LEGNO	61
ABBINAMENTO CON SCOGLIERE	62
REALIZZAZIONE DI OPERE PER LA REGIMENTAZIONE DELLE ACQUE	63
COSI FAN TUTTI	65
UNA NUOVA POLITICA AMBIENTALE	67
RINATURALIZZAZIONE DI CAVE - MINIERE - DISCARICHE	68
RECUPERO DELLE DISCARICHE A PENDIO	69
RINATURALIZZAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DI DISCARICHE A PENDIO	70
PROVE DI GERMINAZIONE SU SUOLI INQUINATI DA METALLI PESANTI	72
NORMATIVA E MANUTENZIONE	73

PRATI ARMATI SRL
Via del Cavaliere 18 - 20090 Opera (MI)
Tel.: +39-02-57619146 - Fax: +39-02-57604165
www.pratiarmati.it - info@pratiarmati.it

PRATI ARMATI SRL
Via del Cavaliere 18 - 20090 Opera (MI)
Tel.: +39-02-57619146 - Fax: +39-02-57604165
www.pratiarmati.it - info@pratiarmati.it

Le radici dei PRATI ARMATI® sono in grado di penetrare anche attraverso le argille più compatte



PRATI ARMATI SRL

Via del Cavaliere 18 - 20090 Opera (MI)

Tel.: +39-02-57619146 - Fax: +39-02-57604165

www.pratiarmati.it - info@pratiarmati.it