

## L'INTERAZIONE PENDIO ATMOSFERA: PIANTE ERBACEE PERENNI E AUTOCTONE A RADICAZIONE PROFONDA E RESISTENTE PER LA REALIZZAZIONE E PROTEZIONE DELLE OPERE DI CAPTAZIONE E REGIMENTAZIONE DELLE ACQUE METEORICHE E SUPERFICIALI

*Claudio Zarotti<sup>1</sup>, Marcello Zarotti<sup>2</sup>*

*(1) Ordine degli Ingegneri di Milano*

*(2) Prati Armati srl - Ricerca-Tecnologie-Ingegneria Ambientale*

\*email: [claudio.zarotti@claudiozarotti.it](mailto:claudio.zarotti@claudiozarotti.it), [Marcello.zarotti@pratiarmati.it](mailto:Marcello.zarotti@pratiarmati.it)

- *controllo dell'erosione con piante erbacee perenni autoctone a radicazione profonda*
- *protezione dall'interrimento di opere tradizionali di captazione delle acque meteoriche*
- *innovative opere di captazione-regimentazione delle acque meteoriche sul terreno tal quale*
- *realizzazione di strutture non rigide adatte agli assestamenti del terreno*
- *riduzione della velocità di scorrimento dell'acqua da parte del fitto e robusto apparato epigeo*

### 1 PREMESSA

I processi erosivi del suolo possono danneggiare gravemente infrastrutture ed ambiente. Le precipitazioni intense possono erodere fortemente i terreni, colmare canalette e fossi di guardia realizzati per la captazione e regimentazione delle acque meteoriche e superficiali, scalzare il piede di opere civili, causare l'interrimento di corsi d'acqua, bacini idrici e così via.

Fra le tecniche che hanno dimostrato particolare validità nel contrastare questi fenomeni, le Piante Erbacee Perenni e Autoctone a Radicazione Profonda e Resistente rappresentano una soluzione ottimale dal punto di vista tecnico, ambientale, di consumo energetico, di realizzazione e per l'assenza di manutenzione.

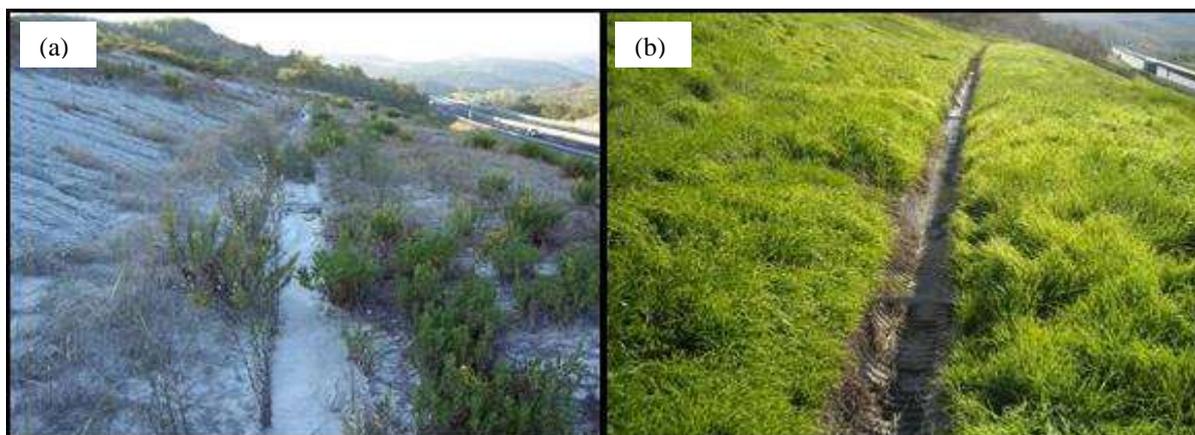
### 2 L'UTILIZZO GEOTECNICO ED IDRAULICO DI ERBE A RADICAZIONE PROFONDA

Gli effetti positivi del manto vegetale si erano fino ad oggi focalizzati sul contributo dell'apparato radicale di piante arboree ed all'aumento della resistenza al taglio dei terreni e quindi al fattore di stabilità dei pendii. Gli impianti arborei ed arbustivi sono peraltro di lenta crescita e non hanno influenza, soprattutto nei primi anni, nell'isolare o mitigare i danni erosivi.

Piante erbacee a radicazione rapida e profonda, opportunamente selezionate, riescono invece a germinare, svilupparsi e radicare in tempi brevi e sopravvivere anche in condizioni pedoclimatiche e fitotossiche impensabili per la vegetazione erbacea più tradizionale.

Esse oltre che ridurre l'infiltrazione di acqua nel caso di forti piogge ed evapo-traspirare significative quantità di acqua, consentono di evitare l'interrimento delle opere idrauliche superficiali e consentono di realizzare le stesse direttamente sul terreno tal quale con forti vantaggi geotecnici, idraulici, energetici, di costo e manutenzione.

Un caso di studio, su cui si sono sviluppate tesi, ricerche universitarie è quello realizzato alla progressiva km 433 nord dell'autostrada A1 nel 2007 dove, dopo oltre 20 anni di inutili tentativi per bloccare l'erosione, sono stati seminati particolari miscugli autoctoni di Piante Erbacee Perenni e Autoctone a Radicazione Profonda e Resistente. Il litotipo è caratterizzato da argille plioceniche sovra-consolidate di origine marina con elevato grado di salinità dello ione sodio.



**Figura 1** A1 Milano-Napoli: (a) Canaletta intasata prima del trattamento e (b) perfettamente pulita dopo il trattamento  
(Fonte: Autostrade per l'Italia)

Dopo l'intervento non si è più avuta la benché minima erosione e non sono più stati necessari interventi di manutenzione sia per le colate che coinvolgevano il manto stradale, sia per lo svuotamento delle canalette di drenaggio superficiale intasate dal materiale eroso, neanche a seguito dell'alluvione del novembre 2012, avvenuta in zona dopo oltre 6 mesi di siccità, con un apporto pluviometrico di oltre 350 mm di pioggia in due giorni.

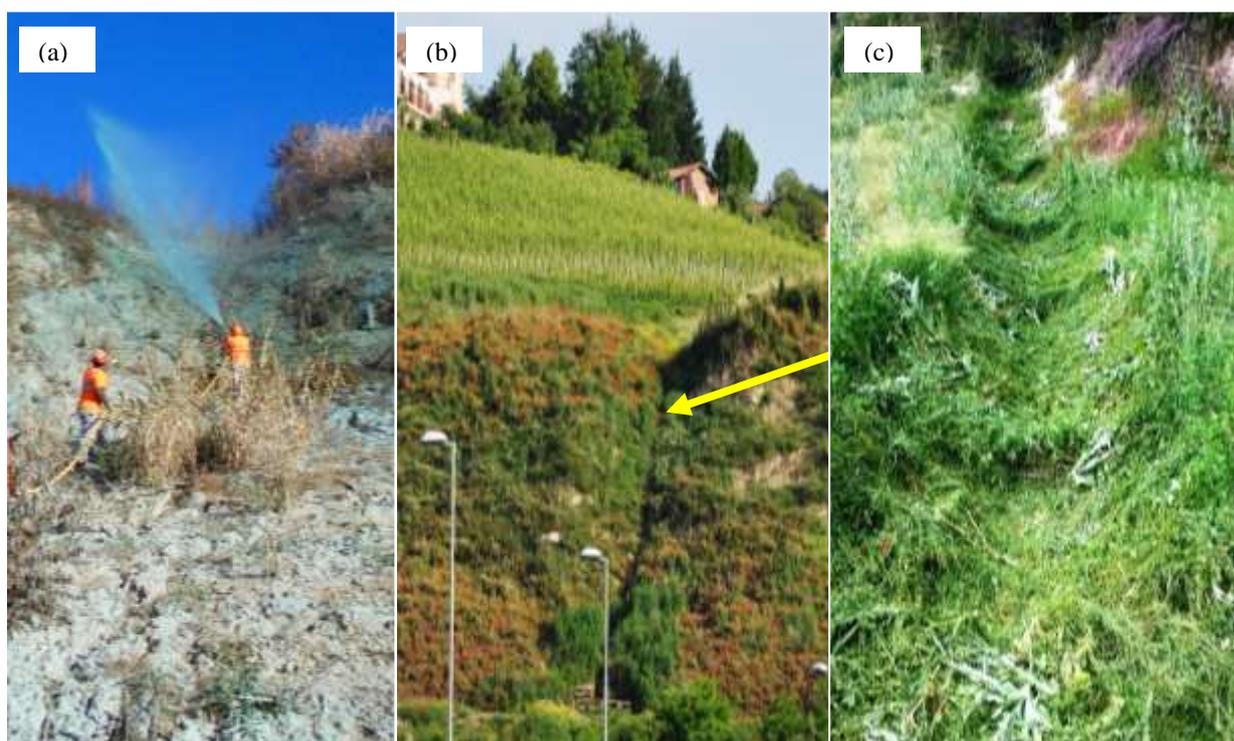
### 3 VANTAGGI ANTI EROSIVI ED IDRAULICI

Gli effetti di una armatura del terreno con Piante Erbacee Perenni e Autoctone a Radicazione Profonda e Resistente oltre che bloccare l'erosione ed influenzare la stabilità del versante grazie alle proprietà di isolamento idrico e di traspirazione (si riduce la pressione interstiziale e migliorano i principali parametri geomeccanici dei terreni), possono:

- sia proteggere dall'interrimento le tradizionali opere idrauliche superficiali, quali canalette ed embrici, generalmente realizzate con materiali plastici, metallo, calcestruzzo, e così via,
- sia consentire di realizzare direttamente sul tal quale tutte queste opere, eliminando completamente l'uso di materiali e manufatti estranei al litotipo di cui è costituito il versante quali canalette in cemento e ferro, briglie con pietrame, embrici, palificate, palizzate, viminate, staccionate etc

I vantaggi di questa ultima soluzione, realizzata seminando direttamente sul terreno tal quale, sono:

- le opere realizzate non sono rigide e seguono gli assestamenti dei versanti, evitando infiltrazioni nelle discontinuità nel versante,
- non si installano pesi concentrati sul versante,
- si evitano infiltrazioni dovute a rotture e scollamenti di opere rigide, anche a seguito di dilatazioni termiche e rigonfiamenti idrici differenti fra i vari materiali ed il litotipo sottostante,
- diminuisce, istante per istante, la velocità dell'acqua che scorre nelle canalette inerbite con Piante Erbacee Perenni e Autoctone a Radicazione Profonda,
- l'energia cinetica dell'acqua, anche in presenza di elevate velocità di flusso, viene dissipata, istante per istante, per attrito attraverso la fitta coltre epigea,
- le radici profonde e molto resistenti a trazione ancorano queste specie erbacee, come un bullone, nel litotipo sottostante, non appesantiscono il versante, non creano pesi concentrati, non richiedono alcuna manutenzione.



**Figura 2** Cantiere RFI-Piemonte: (a) un intero versante di oltre 50 mila m<sup>2</sup>, costituito da sabbie, argille, limi e gessi, è stato (b) trattato con la tecnica delle Piante Erbacee Perenni e Autoctone a Radicazione Profonda e Resistente sia per bloccare l'erosione, sia per isolare il versante dalle forti precipitazioni. (c) Tutte le opere di captazione e regimentazione delle acque superficiali e meteoriche sono state direttamente realizzate sul tal quale, inerbendo le stesse con tali specie erbacee autoctone.

#### 4 PRINCIPALI DIFFERENZE CON ALTRE TECNOLOGIE E MANUFATTI

A differenza di altri tipi di inerbimento che impiegano specie erbacee tradizionali con radicazione molto superficiale, la soluzione con Piante Erbacee Perenni e Autoctone a Radicazione Profonda e Resistente può essere utilizzata in qualunque litotipo e clima, addirittura dove sono presenti uragani e tempeste tropicali.

L'efficacia di questa innovativa copertura vegetale per proteggere i canali in terra è dimostrata in moltissimi cantieri pubblici e privati: nell'esempio sotto riportato ci si riferisce ad un intervento realizzato con questa tecnologia per il Comune di Ancona, alle Grotte di Posatora nel 2004.

Nelle foto sotto a sinistra viene mostrato un canale realizzato con una geostuoia inerbita con specie erbacee tradizionali. La scarsa efficacia antierosiva è dimostrata dal pozzetto posto a valle del canale, intasato dal materiale eroso (foto (a) e (b) in basso a sx).

Le foto (c) e (d) sotto riportate si riferiscono invece ad un'area contigua, trattata solo con Piante Erbacee a Radicazione Profonda. In questo caso il canale è perfettamente protetto da una folta coltre vegetale che blocca completamente l'erosione, come mostrato dal pozzetto pulito posto a valle del canale stesso.



Figura 3 (a) (b) Intervento tradizionale

(c) (d) Intervento con piante erbacee autoctone a radicazione profonda

Sul cantiere dell'Abbadia presso Orvieto scalo l'università di Perugia ha sviluppato un applicativo che consente di calcolare ex ante ed ex post la quantità di materiale eroso utilizzando la formula di della RUSLE (Wischmeier & Smith, 1978) prendendo come K il K approx.

È stato calcolato tramite questo applicativo che: prendendo in esame un'estensione di 10.000 m<sup>2</sup> di depositi piroclastici disgregati e affioramenti basaltici è stato calcolato che il materiale eroso a seguito dei eventi climatici e di circa 1000 t/ha\*anno mentre a seguito dell'applicazione delle Piante erbacee a radicazione rapida e profonda la quantità di materiale eroso è si è ridotta di oltre 1000 volte.

#### 5 UTILIZZO IN VARIE CONDIZIONI PEDOCLIMATICHE

L'applicazione di questa tecnologia è possibile su molti litotipi e climi. Si tratta di terreni e rocce che per fessurazione, macrostruttura, tessitura, granulometria, addensamento, ecc. consentono l'attecchimento e lo sviluppo dell'apparato radicale, quali:

Terreni	Rocce
Argille	conglomerati debolmente cementati
limi	marne alterate
sabbie	calcareniti debolmente cementate
ghiaie	flysch
materiali costituiti da frazioni di diversa percentuale dei terreni sopra citati	piroclastiti scisti rocce acide o basiche alterate o intensamente fratturate

**Tabella 1.** Sezioni litologiche dove possono essere utilizzate le Piante Erbacee Perenni e Autoctone a Radicazione Profonda e Resistente.

## 6 CONCLUSIONI

L'erosione, anche a causa dei cambiamenti climatici, con piogge sempre più intense e concentrate, che seguono a lunghi periodi siccitosi che innescano profonde screpolature sul versante, è diventato un problema geotecnico non più marginale. L'erosione idrica, oltre che asportare rilevanti quantità di suolo, può compromettere la funzionalità di opere civili tradizionali: ad esempio colmando canalette e fossi di guardia, scoprendo le basi o le sommità di opere civili quali pali, muri, e così via.

Le piante erbacee a radicazione rapida e profonda e resistente riescono a germinare, svilupparsi e sopravvivere anche in condizioni pedoclimatiche e fitotossiche impensabili per la vegetazione più tradizionale. Questo consente di inerbire e di contrastare l'erosione idrica ed eolica in aree fino a poco tempo fa ritenute proibitive per lo sviluppo della vegetazione, impedendone quindi l'utilizzo.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Richards, L.A., 1931. Capillary conduction of liquids through porous medium. Physics, Vol. 1.
- Vidal & Henri., 1969. The principle of reinforced earth. Highway Research Record no. 282, p. 1-16. Highway Research Board, Nat. Res. Coun., Washington D.C.
- Waldron LJ, 1977. The shear stress resistance of root-permeated homogeneous and stratified soil. Soil Science Society of America Proc., 41:843-849
- Van Genuchten & M. Th., 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Science Society of America Journal, 44: 892-898.
- Gray D. H. & Ohashi H. (1983), Mechanics of fiber reinforcement of sand. Journal of Geotechnical Engineering Division ASCE.
- Feddes, R.A., 1987. Crop factors in relation to making reference crop evapotranspiration. In 'Evaporation and weather', TNO Committee on Hydrological Research, 39, p. 33-46.
- Fredlund, D. G., & Xing A., 1994. Equations for the soil-water characteristic curve. Canadian Geotechnical Journal, 31: 521-532.
- Fredlund, D.G., Xing, A., Fredlund, M.D., & Barbour, S.L. 1996. The relationship of the unsaturated soil shear strength to the soil-water characteristic curve. Canadian Geotechnical Journal, 33: 440-448.
- Vanapalli, S.K., Fredlund, D.G., Pufahl, D.E. & Clifton, A.W., 1996. Model for the prediction of shear strength with respect to soil suction. Canadian Geotechnical Journal, 33: 379-392.
- Allen, R.G., Pereira L.S., Raes D. & Smith M., 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper 56, FAO, Rome, Italy, 300 p.
- Bischetti G.B., Bonfanti F. & Greppi M., 2001. Misura della resistenza a trazione delle radici: apparato sperimentale e metodologia d'analisi. Quaderni di Idronomia Montana, 21/1, 349-360.
- Bonfanti F. & Bischetti G.B., 2001. Resistenza a trazione delle radici e modello di interazione terreno-radici. Istituto di Idraulica Agraria, Milano-Rapporto interno.
- Rassam D.W. & Cook F., 2002. Predicting the shear strength envelope of unsaturated soils. Geotechnical Testing Journal, Technical Note, 25: 215-220.
- Rettori A., Cecconi M., Pane V. & Zarotti C Geotechnical Testing Journal, Technical Note, 25: 215-220., 2010. Stabilizzazione superficiale di versanti con la tecnologia Prati Armati®: implementazione di un modello di calcolo per la valutazione del coefficiente di sicurezza.
- Accademia Nazionale dei Lincei – X Giornata Mondiale dell'Acqua, Convegno: Frane e Dissesto Idrogeologico, marzo 2010.