

EQUALIZZATORI DI SATURAZIONE IDRICA E SENSORI NATURALI BIDIMENSIONALI DI UMIDITÀ DEI TERRENI.

Marcello Zarotti (marcello.zarotti@pratiarmati.it)
Prati Armati s.r.l.

ABSTRACT: Tipologie diverse di terreni, presentano caratteristiche di ritenzione idrica anche molto differenti: si pensi ad un'argilla, ad una sabbia, ad una ghiaia. Anche un medesimo terreno può essere caratterizzato da uno stato con contenuti idrici differenti: si pensi alle argille sature, parzialmente sature, anidre. Tali stati dipendono dalle condizioni climatiche e idrauliche locali: uno stesso pendio può presentare differenti contenuti di umidità dovuti a giacitura e condizione idrauliche al contorno, come infiltrazioni, venute o risalite di acqua. Un pendio con stati di saturazione idrica differente può innescare problemi di stabilità. Mentre per la rimozione di acqua da media ad alta profondità si devono utilizzare tecniche tradizionali (drenaggi, pozzi, etc) oggi esistono tecnologie in grado sia di limitare tali disuniformità nei primi strati di terreno, sia di rendere visibili ad occhio nudo le stesse: si tratta delle piante erbacee a radicazione profonda, sottile e resistente.

1. SENSORI ED EQUALIZZATORI NATURALI DI UMIDITÀ E INTERAZIONI CON IL TERRENO

I sensori attualmente in uso per misurare il contenuto di acqua del terreno utilizzano generalmente sonde elettroniche o elettromagnetiche in grado di convertire differenti valori del contenuto volumetrico o gravimetrico di acqua nei terreni in segnali elettrici. Si tratta in genere di sistemi di monitoraggio puntuale che, in un pendio di vaste dimensioni e/o con differenti litotipi o litotipi con differente contenuto d'acqua, possono dare solo localmente indicazioni significative. Si tratta comunque di sensori che non sono in grado di apportare alcun beneficio da un punto di vista idraulico, ma solo di evidenziare dei dati puntuali e oltretutto non a scala macroscopica. Come monitorare quindi un vasto versante svolgendo contemporaneamente anche una funzione attiva (tipica degli attuatori) di omogenizzazione del contenuto superficiale e sub superficiale d'acqua del versante?

Una innovativa possibilità è rappresentata dalle piante erbacee a radicazione profonda, sottile e resistente, utilizzate da decenni per bloccare l'erosione su ogni litotipo e clima; esse contribuiscono anche incrementare la resistenza al taglio delle zone radicate, a diminuire lo sviluppo di fratture da essiccamento e a ridurre l'infiltrazione, migliorando, tramite il flusso traspirativo e l'apparato radicale, i principali parametri geomeccanici dei terreni. Fra le circa 400.000 piante vascolari (esclusi quindi alghe, muschi, licheni, etc) solo alcune specie erbacee posseggono quella ennupla di caratteristiche botaniche e fisiologiche utilizzabili a scopi geotecnici ed idraulici.

2. INTERAZIONE PIANTA-TERRENO-ATMOSFERA

In questo scenario è determinante l'interazione che si instaura tra il terreno, la vegetazione e l'atmosfera.

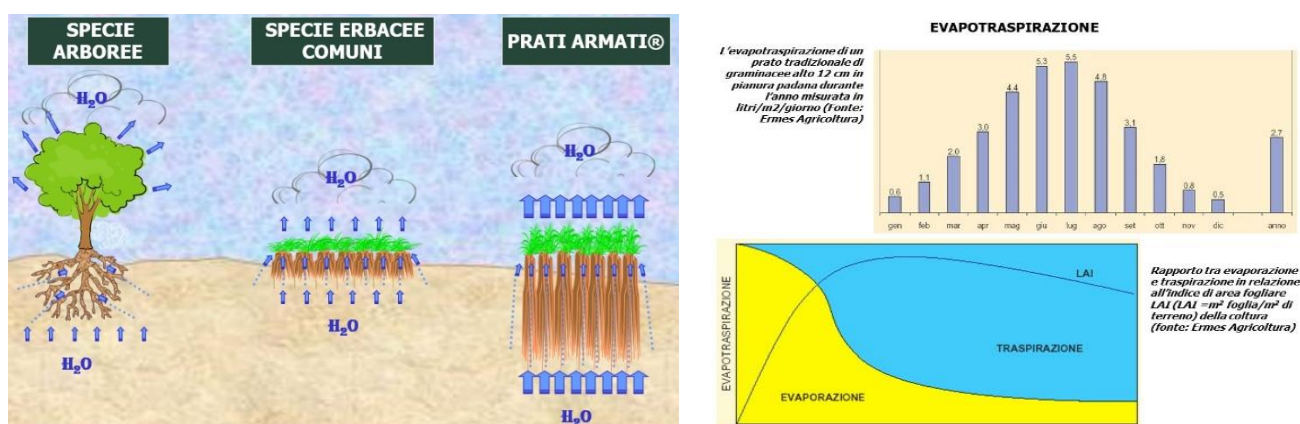


Figura 1. La vegetazione assorbe l'acqua dal suolo trasferendola all'atmosfera, determinando una riduzione della saturazione dei terreni e della pressione interstiziale: migliorano così i principali parametri geomeccanici dei terreni.

I sensori naturali di umidità possono infatti dare indicazioni facilmente interpretabili anche visivamente, per lo meno in climi e condizioni non estreme. Molti sono infatti i parametri da considerare per poterli utilizzare correttamente: si pensi al coefficiente di avvizzimento cioè quel valore di umidità in corrispondenza del quale quasi tutte le piante muoiono. Il coefficiente di avvizzimento rappresenta il limite estremo compatibile con la vita delle piante vascolari. Esso è impropriamente definito come una costante del terreno; in realtà il suo valore dipende - oltre che dal terreno - anche dalla specie vegetale e dalle condizioni climatiche. La maggior parte delle piante manifesta sintomi di avvizzimento a valori di suzione compresi fra 1.500 e 2.500 kPa anche se alcune tipologie di piante possono assorbire l'acqua e traspirare fino a valori di suzione nel terreno di 17.500 kPa.

Si è infatti notato che solo le aree ricoperte con bilanciati miscugli di queste piante erbacee a radicazione profonda, sottile e resistente presentano, in vari periodi dell'anno e in zone climatiche non estreme, variazioni vegetative e cromatiche rilevanti anche in funzione del contenuto di acqua di differenti zone del versante. Tali miscugli appaiono più verdeggianti in zone con elevata presenza di acqua, più ingialliti o appassiti in zone con presenza inferiore di acqua.

3. APPLICAZIONI A SCALA REALE

Si portano quali esempi di quanto sopra descritto, alcune realizzazioni con piante erbacee a radicazione profonda, sottile e resistente. Figura 2: la circonvallazione di Castelviscardo (TR); figura 3: la Badia sp111 di Orvieto (TR); figura 4: Ortona (CH) cantiere realizzato per RFI e Italferr nel 2020 dove sono evidenti le zone con abbondante contenuto di acqua e quelle con un contenuto di acqua minore, ingiallite e secche, ma non morte, che rivegeteranno poi al sopraggiungere delle piogge autunnali.



Figura 2. Da sinistra a destra: maggio 2006; agosto 2006; aprile 2007: la vegetazione erbacea a radicazione profonda rivela la presenza o assenza di umidità.



Figura 3. Da sinistra a destra: dicembre 2005; luglio 2006; maggio 2007: il cantiere della Badia sulla sp. 111 di Orvieto, realizzato su depositi piroclastici disgregati e affioramenti basaltici. La freccia gialla indica le zone con eccesso di acqua.

Si notano in tutte e tre i gruppi di foto come, nelle zone con maggior contenuto di acqua la vegetazione sia verde anche durante i periodi siccitosi; gialla e disseccata, ma non morta, negli stessi periodi.

Tali proprietà sono tipiche di alcune piante erbacee a radicazione profonda, sottile e resistente ma non delle specie arboree, arbustive e neppure della maggior parte delle specie erbacee con radicazione superficiale in quanto

i primissimi strati del terreno dipendono troppo fortemente da eventi superficiali anche giornalieri come la rugiada, nebbie o piogge di lieve intensità.



Figura 4. Il cantiere FS a Ortona: Si noti la zona più verdeggiante indicata dalle frecce gialle dove i Prati Armati® continuano a traspirare l'acqua in eccesso. Nella zona indicata era avvenuta una frana dovuta a infiltrazioni non regimate.

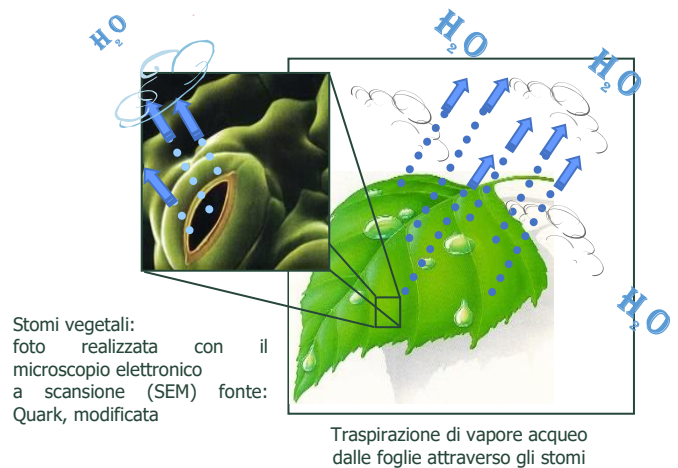
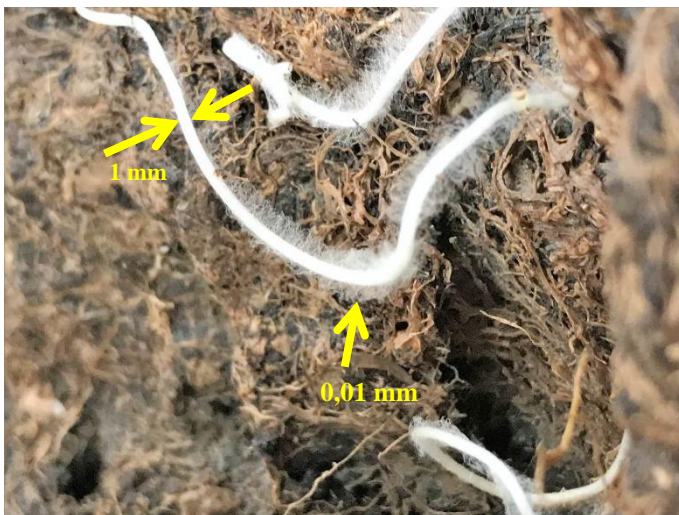


Figura 5. A sinistra ingrandimento di peli radicali di una radice di PRATI ARMATI®, in grado di estrarre dagli interstizi del terreno l'acqua convogliandola verso l'atmosfera. A destra stomi vegetali.

È negli strati sub superficiali del terreno (uno o più metri), dove possono essere presenti zone caratterizzate da una bassa saturazione o saturazione prossima al massimo, che tali specie possono incidere sulla stabilità del versante, grazie alla traspirazione figura 5. Le piante erbacee a radicazione profonda estraggono, almeno in parte, l'acqua tramite la traspirazione e la trasferiscono sotto forma di vapore all'atmosfera. Contemporaneamente viene impedita una eccessiva evaporazione dalle zone anidre grazie allo strato di humus che viene generato dal ciclo naturale di queste specie erbacee. L'humus è infatti in grado di trattenere acqua fino a 20 volte il proprio peso secco e di rilasciarla lentamente. L'aria intrappolata nell'humus riduce poi anche gli sbalzi termici, disconnettendo anche energeticamente il terreno in profondità rispetto alle forzanti atmosferiche. Vengono così evitate eccessive variazioni di temperatura e umidità che favorirebbero l'innesco e la propagazione di fessure e fratture, fonti di future destabilizzazioni e collassi, dovute alle infiltrazioni massive di acqua.

Per diminuire il contenuto di acqua nei versanti a media ed elevata profondità si devono invece utilizzare tecniche tradizionali (tubi drenanti, trincee drenanti, pozzi, etc...).

4. SCELTA DEI MISCUGLI DI SEMENTI DI SPECIE A RADICAZIONE PROFONDA

Con lo scopo di ottenere informazioni sul contenuto di acqua dei terreni alla profondità esplorata dall'apparato radicale di queste specie utilizzando come sensori le specie proposte, è necessario attuare una attenta scelta delle miscele di semi miscelando specie con caratteristiche fisiologiche e botaniche differenti, per avere informazioni durante tutte le stagioni e nella maggior parte delle condizioni pedoclimatiche.

Determinante è la profondità e la struttura radicale delle specie utilizzate.

Sono da tenere in attenta considerazione, per la scelta del miscuglio, le seguenti principali caratteristiche al fine di ottenere un sensore/attuatore di umidità:

4.1 Il fotoperiodismo che determina la fioritura a seconda della durata del periodo di illuminazione.

1) Specie a giorno lungo o longidiurne che fioriscono quando il periodo di illuminazione supera una certa soglia minima giornaliera. 2) Specie a giorno breve o brevidiurne che fioriscono quando il periodo di illuminazione non supera una certa soglia massima giornaliera. 3) Specie indifferenti o neutrodiurne che fioriscono indipendentemente dalla durata del periodo di illuminazione

4.2 Il termoperiodo che determina lo sviluppo vegetativo in base alla temperatura.

1) Specie microterme nelle quali le fasi di maggiore crescita si verificano durante il periodo primaverile e autunnale. Hanno un intervallo di temperature ottimali per la crescita comprese fra circa 10-15 e 25°C. 2) Specie Mesoterme che prediligono temperature comprese fra circa 20-30°C. 3) Specie macroterme adatte a climi caldi o temperati. La temperatura ottimale è compresa tra circa 25 e oltre 35 °C. Queste specie rallentano la crescita con temperature inferiori a 20 °C fino ad arrestarsi a circa 10 °C. Quando la temperatura scende al di sotto di 0 °C perdono la colorazione verde e vanno in riposo vegetativo.

4.3 La fisiologia vegetale fotosintetica.

1) Specie con fisiologia C3 adatte a tutti i climi. 2) Specie con fisiologia C4 adatte alle alte temperature, in grado di sottrarre fino a 4 volte la CO₂ rispetto alle C3, utilizzandola per produrre possenti apparati radicali.

4.4 In base all'adattabilità a differenti condizioni di umidità.

1) Specie idrofite, adatte alle zone più umide. 2) Specie mesofite adatte alle zone temperate con media umidità 3) Specie xerofite adatte ad un ambiente secco ed elevata salinità. 4) Specie alofite dotate di adattamenti morfologici o fisiologici che ne permettono l'insediamento su terreni salini o alcalini, oppure in presenza di acque salmastre.

5. CONCLUSIONI

Le piante erbacee a radicazione profonda erano state dapprima utilizzate e studiate per il loro possente apparato radicale che incrementa la resistenza al taglio del terreno e le ancora profondamente consentendo di bloccare l'erosione. Tesi e ricerche condotte presso le principali università italiane come ad esempio: il Politecnico di Bari, l'Università degli studi di Perugia, l'Università degli studi di Salerno, l'Università Sapienza di Roma, etc hanno focalizzato l'attenzione sulle proprietà idrauliche delle piante erbacee a radicazione profonda sottile e resistente che, grazie alla loro fisiologia, sono in grado di proteggere i versanti da forti precipitazioni tanto più efficacemente quanto più ripido è il versante stesso (effetto ombrello). Grazie poi alle ulteriori osservazioni si è visto che tali piante sono in grado di traspirare ingenti quantità di acqua diminuendo la pressione interstiziale nei materiali coesivi e migliorare i principali parametri geo meccanici dei terreni. L'ultima osservazione in ordine di tempo è quella contenuta nel presente articolo nel quale si sono osservate le differenze cromatiche che il manto erboso presenta in base al differente contenuto di acqua nel terreno, questa ripetuta osservazione sulle centinaia di cantieri realizzati in con questa tecnica ha consentito di individuare un ulteriore innovativa applicazione utilizzandoli come sistemi di monitoraggio esteso del contenuto di acqua dei versanti.

5. BIBLIOGRAFIA

BISCHETTI G.B., CHIARADIA E. A., EPIS T. (2009). *Prove di trazione su radici di esemplari di piante Prati Armati®. Rapporto conclusivo*. Dip di Ing Agraria, Università degli Studi di Milano.

COTECCHIA F., PEDONE G., GUGLIELMI S. (2014). *Intera-zione pendio-atmosfera: la risposta di pendii in argille ed il ruolo di mitigazione della vegetazione*. Atti del convegno "L'Interazione pendio atmosfera e la protezione dei versanti". Auditorium Polo Universitario, 3 Ottobre 2014, Agrigento.

CECCONI, M., PANE, V., NAPOLI, P., CATTONI, E. (2012). *Deep roots planting for surface slope protection*. Electron. J. Geotech. Eng. U 17, 2809e2820.