



ASSOCIAZIONE ITALIANA
DI INGEGNERIA AGRARIA



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali
Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare

Convegno

ATTUALITÀ DELL'IDRAULICA AGRARIA E DELLE SISTEMAZIONI IDRAULICO-FORESTALI AL CAMBIARE DEI TEMPI

Abstract Booklet

4 – 5 Maggio 2017

Aula Magna "G.P. Ballatore"

Viale delle Scienze, Palermo

ELENCO DEI CONTRIBUTI SCIENTIFICI

4 maggio 2017, ore 12.30-13.30

- 1) Marrosu R., Di Prima S., Pirastru M., Bagarello V., Giadrossich F., Niedda M. *Determinazione in situ della conducibilità idraulica laterale di saturazione su grandi monoliti di suolo*
 - 2) Di Prima S., Marrosu R., Pirastru M., Bagarello V., Iovino M., Giadrossich F., Niedda M. *Determinazione della conducibilità idraulica laterale a diverse scale spaziali*
 - 3) Pirastru M., Iovino M., Marrosu R., Niedda M. *Modellazione delle dinamiche di deflusso laterale saturo, di falda e di umidità del suolo alla scala di versante*
 - 4) Castellini M., Di Prima S., Iovino M. *Valutazione della procedura best per la stima della curva di ritenzione del suolo: un confronto con il metodo dell'evaporazione*
 - 5) Canone D., Previati M., Ferraris S. *Modellazione e misure dello stemflow da piante di mais irrigate a pioggia*
-

4 maggio 2017, ore 15.30-18.30

- 6) Gisolo D., Raffelli G., Canone D., Previati M., Ferraris S. *Modellazione e misure dell'evapotraspirazione effettiva da praterie di alta montagna*
- 7) Baiamonte G., Calvo R., D'Asaro F. *Processi di infiltrazione in un mezzo altamente poroso: misure sperimentali e impiego di un modello semplificato a base fisica*
- 8) Bagarello V., Iovino M., Tinebra I. *Caratterizzazione dell'idrorepellenza nei suoli del Monte Pellegrino (Palermo) percorsi dal fuoco.*
- 9) Rallo G., Provenzano G. *Modelli di bilancio agro-idrologico per la previsione dello stress idrico di colture arboree mediterranee*
- 10) Raffelli G., Gisolo D., Canone D., Previati M., Ferraris S. *Validazione di un modello di contenuto idrico del suolo in siti molto differenziati fra loro del Piemonte*
- 11) Palladino M., Nasta P., Romano N. *Processi di trasporto nel sistema suolo-pianta di sostanze potenzialmente tossiche: il caso studio di Trentola-Ducenta (CE) nel Progetto Life-EcoRemed*
- 12) Frentress J., Penna D., Engel M., Scandellari F., Zanotelli D., Tagliavini M., Comiti F. *Utilizzo idrico e dinamiche ecoidrologiche in meleti alpini: un approccio tramite traccianti ambientali*
- 13) Dragonetti G., Comegna A., Lamaddalena N., Coppola A. *Impiego di sensori TDR, EMI ed ERT per il monitoraggio della salinità nei suoli*
- 14) Vanella D., Cassiani G., Cirelli G.L., Barbagallo S., Consoli S. *Applicazioni di tecniche di tomografia di resistività elettrica a supporto dell'irrigazione per il monitoraggio delle interazioni suolo-pianta*
- 15) Baiamonte G. *Il software irrilab per il risparmio energetico nel dimensionamento degli impianti microirrigui*

4 maggio 2017, ore 15.30-18.30

- 16) Baiamonte G., Mangiapane G. *Il software irrilab per gli impianti microirrigui: verifiche numeriche e sperimentali*
- 17) Martínez-Gimeno M.A., Badal E., Bonet L., Ballester C., Intrigliolo D.S., Provenzano G. *Performance di sistemi irrigui a goccia superficiale e sotterranea sull'efficienza d'uso dell'acqua e sulla resa dell'agrume*
- 18) Romano N., Sica B., Palladino M., Nasta P. *Effetto del cambio di uso del suolo sui servizi ecosistemici nel bacino idrografico del Fiume Alento*
- 19) Lai F., Giadrossich F., Bueche T., Marrosu R., Pirastru M., Di Prima S., Niedda M. *Modellizzazione della variazione di temperatura delle acque del lago di Baratz: primi risultati*
- 20) Baiamonte G. *Una soluzione analitica della distribuzione di probabilità della portata di piena per versanti permeabili*
-

5 maggio 2017, ore 9.00-11.00

- 21) Andreoli A., Comiti F., Bischetti G.B., Chiaradia E., Cislighi A. *Ruolo della vegetazione ripariale nella stabilizzazione degli alvei di corsi d'acqua montani*
- 22) Errico A., Pasquino V., Gianecchini L., La Sala E., Preti F. *L'effetto della vegetazione flessibile sul deflusso in canali di bonifica. Misure di campo e modellazione per la stima della resistenza al moto*
- 23) Carollo F.G., Ferro V., Serio M.A. *Is rainfall momentum the best predictor of erosivity?*
- 24) Todisco F., Vinci A., Vergni L., Mannocchi F. *Sviluppo e valutazione di pratiche soglie per separare le piogge erosive responsabili di processi interrill e rill*
- 25) Bagarello V., Ferro V. *Effetti di scala nella misura del deflusso e della perdita di suolo nell'area sperimentale di Sparacia*
- 26) Bagarello V., Ferro V., Todisco F., Vergni L., Porto P. *Checking generalization of the USLE-MM in Central and South Italy*
- 27) Di Stefano C., Palmeri V., Pampalone V. *Plot rill erosion measurements by Structure of Motion (SfM) photogrammetry at Sparacia experimental area*
- 28) Di Stefano C., Ferro V., Palmeri V., Pampalone V. *Testing flow resistance equation for rill flow*
- 29) Pagano S.G., Sollitto D., Colucci M., Prato D., Milillo F., Gentile F. *Realizzazione di una stazione di misura in continuo della portata, del trasporto solido in sospensione e dei livelli piezometrici nel bacino del Carapellotto. Risultati del primo anno di attività.*

30) Ricci G.F., De Girolamo A.M., Abdelwahab O.M.M., Gentile F. *Identificazione delle aree sorgenti di sedimento a scala di bacino mediante il modello SWAT*

5 maggio 2017, ore 11.30-13.30

31) Oss Cazzador D., Rainato R., Picco L., Garcia-Rama A., Mao L., Lenzi M.A. *Modelli annuali di isteresi, dinamiche ed effetto memoria dei flussi di sedimento in sospensione in un bacino alpino, nell'ultima decade (2006-2015)*

32) Di Stefano C. *Connettività morfologica e funzionale nel bacino sperimentale SPA2 in Sicilia*

33) Caraballo-Arias N., Di Stefano C., Ferro V. *Modelling sediment connectivity in badland areas*

34) D'Agostino V., Bettella F. *Sulla stima della distanza di arresto delle colate detritiche*

35) Benucci G., Preti F. *Analisi per la mitigazione del rischio idraulico relativo alla colata di detritica di Cancia nel comune di Borca di Cadore (BL)*

36) Gregoretto C., Stancanelli L., Lanzoni S. *Profili di velocità di colate detritiche in regime granulo inerziale*

37) Destro E., Zoccatelli D., Marra F., Borga M. *Identificazione delle soglie pluviometriche d'innescio per colate detritiche: influenza dell'organizzazione spaziale delle piogge*

38) Cislighi A., Vergani C., Chiaradia E.A., Bischetti G.B. *Un modello multidimensionale e probabilistico per la gestione forestale dei versanti*

39) Preti F., Penna D., Guastini E., Errico A., Y. Giambastiani. *Processi idrologici e analisi di stabilità dei muri a secco in terrazzamenti agricoli*

40) Grimaldi S., Petroselli A., Cornelini P., Tauro F., Ciorba P., Cipollari G., Rapiti R. *Efficacia antierosiva dei geotessili: studi di campo con pioggia artificiale*

41) Tarolli P., Sofia G. *Interazione tra strutture antropiche e connettività a scala di versante*

42) D'Asaro F., Calvo R. *Da materiali di scarto a risorsa nelle opere di ingegneria naturalistica*

DETERMINAZIONE IN SITU DELLA CONDUCIBILITÀ IDRAULICA LATERALE DI SATURAZIONE SU GRANDI MONOLITI DI SUOLO

R. Marrosu¹, S. Di Prima², M. Pirastru¹, V. Bagarello², F. Giadrossich¹, M. Niedda¹

Sommario

La conducibilità idraulica di saturazione, K_s , è una proprietà idraulica fondamentale che governa numerosi processi idrologici del suolo. La conoscenza di tale parametro è inoltre essenziale per la simulazione numerica del moto dell'acqua nel suolo. Attualmente sono disponibili numerosi metodi di misura della K_s , tuttavia la stima di valori rappresentativi per elevate scale spaziali, ad esempio quella di versante, è ancora difficile ed incerta. Infatti, la K_s esibisce una notevole variabilità spaziale e temporale, e può variare anche a seconda della direzione di flusso considerata (orizzontale o verticale).

Questa memoria presenta i risultati dell'applicazione di un metodo infiltrometrico di campo su monoliti di suolo di grande volume. L'area sperimentale ricade in un ripido versante, sito nel nord-ovest della Sardegna, nel quale sono stati ricavati tre monoliti tutti all'incirca delle dimensioni di 0.12 m^3 . I monoliti sono stati realizzati rimuovendo il terreno ai lati ed isolando idraulicamente le superfici esposte con schiuma poliuretanica. Inoltre, per ciascun monolito sono state scavate a monte una trincea d'alimentazione idrica, ed a valle una trincea di raccolta del deflusso sottosuperficiale. Durante le prove, il livello idrico nella trincea di alimentazione è stato tenuto costante con una bottiglia di Mariotte, mentre nella trincea di raccolta il medesimo livello idrico è stato regolato tramite un sistema sfiorante. Per ogni prova infiltrometrica sono state impostate in sequenza le profondità di livello idrico di 5 cm, 15 cm e 25 cm dalla superficie del suolo in modo da esplorare la variazione della K_s laterale al ridursi del battente idrico. La K_s laterale per ogni fissata profondità è stata calcolata tramite l'equazione di Darcy, a partire dal flusso stazionario misurato e dal gradiente idraulico imposto.

La metodologia di campo utilizzata, in quanto applicata su grandi volumi di suolo, offre il vantaggio di mediare gli effetti delle eterogeneità del suolo sulla dinamica del flusso idrico. I valori di K_s laterale ottenuti possono essere considerati rappresentativi del suolo nel versante in studio. Essi possono costituire una preziosa informazione utilizzabile, ad esempio, per la parametrizzazione dei modelli di simulazione idrologica.

¹ Dipartimento di Agraria, Università degli Studi di Sassari

² Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali, Università degli Studi di Palermo.

DETERMINAZIONE DELLA CONDUCIBILITÀ IDRAULICA LATERALE A DIVERSE SCALE SPAZIALI

S. Di Prima², R. Marrosu², M. Pirastru¹, V. Bagarello², F. Giadrossich¹, M. Niedda¹

Sommario

La conducibilità idraulica laterale del suolo saturo, $K_{s,l}$, è un parametro fondamentale in quanto controlla i meccanismi di formazione e trasporto dei deflussi sottosuperficiali nei versanti. Tuttavia, stime di $K_{s,l}$ ottenute mediante esperimenti condotti alla scala puntuale, come ad esempio le prove infiltrometriche, potrebbero risultare inappropriate ai fini dell'interpretazione dei processi idrologici ed in particolare dei deflussi sottosuperficiali che avvengono alla scala di versante. La causa principale di tale incongruenza è da attribuirsi all'eterogeneità intrinseca dei suoli ed alla macroporosità, la cui estensione complessiva e connettività non sono note a priori. D'altra parte, misure di $K_{s,l}$ ad una scala spaziale maggiore, nonostante consentano di mediare l'eterogeneità del suolo, rimangono ancora rare in quanto difficilmente applicabili e poco economiche. Quindi, misure affidabili di $K_{s,l}$ dovrebbero essere condotte mediante procedure facilmente replicabili e su volumi di suolo la cui dimensione consenta di incorporare la naturale eterogeneità del mezzo poroso.

In questo contributo, è stato stabilito un confronto, considerando misure di K_s sia di campo che di laboratorio, con l'intento di valutare l'effetto della scala spaziale adottata sulla misura di K_s . La ricerca è stata condotta su di un versante naturale nel bacino del lago di Baratz, Sardegna. I valori della conducibilità idraulica laterale, $K_{s,l}$, e verticale, $K_{s,v}$, sono stati determinati in laboratorio su 20 cubi di suolo di 1331 cm³ mediante il metodo del permeometro a carico costante. Successivamente, da tali valori è stata stimata l'anisotropia della conducibilità idraulica del suolo saturo. Misure puntuali di campo di K_s sono state effettuate mediante prove infiltrometriche del tipo BEST (Beerkan Estimation of Soil Transfer parameters), usando un cilindro infisso nel suolo fino a una profondità di circa 1 cm. Misure alla scala spaziale del versante sono state condotte su di un dreno largo 8.5 m che raccoglie i deflussi sottosuperficiali del pendio. Infine, una misura ad una scala spaziale intermedia è stata effettuata su di un monolite di suolo largo 50 cm, lungo 68 cm e profondo 34.5 cm.

I risultati delle misure rivelano una sostanziale assenza di anisotropia, in quanto la media di $K_{s,v}$ non è significativamente diversa da quella di $K_{s,l}$ sulla base di un test t a due code appaiato ($P = 0.05$). I valori di K_s ottenuti dai cubi e quelli ottenuti dalle prove BEST sono risultati entrambi considerevolmente più piccoli del valore stimato alla scala di versante. Il valore di $K_{s,l}$ ottenuto dalla misura sul monolite di suolo è risultato pari a 1440 mm h⁻¹, ovvero solo 1.5 volte più grande del valore alla scala di versante. Questi risultati suggeriscono che, probabilmente, la dimensione del monolite era sufficientemente grande da rappresentare l'eterogeneità del suolo. Nel versante oggetto di studio, la misura della conducibilità idraulica laterale ha fornito risultati incoraggianti che meritano ulteriori approfondimenti. In particolare, ulteriori misure condotte su monoliti di suolo potrebbero confermare tali risultati.

¹ Dipartimento di Agraria, Università degli Studi di Sassari

² Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali, Università degli Studi di Palermo.

MODELLAZIONE DELLE DINAMICHE DI DEFLUSSO LATERALE SATURO, DI FALDA E DI UMIDITÀ DEL SUOLO ALLA SCALA DI VERSANTE

Modelling subsurface flow, water table and soil moisture dynamics at the hillslope scale

M. Pirastru¹, M. Iovino², R. Marrosu¹, M. Niedda¹

Sommario

La corretta rappresentazione dei processi idrologici alla scala di versante è fondamentale per la simulazione della risposta idrologica dei bacini idrografici durante gli eventi di pioggia intensi. I modelli basati sulla risoluzione dell'equazione di Richards possono simulare efficacemente le dinamiche della zona satura e non satura del suolo. Tuttavia essi richiedono una parametrizzazione onerosa, difficile da rilevare sperimentalmente soprattutto su ampie scale spaziali di applicazione. In questo lavoro di ricerca è stato sviluppato un modello idrologico monodimensionale di versante, in cui i processi di trasporto laterale della falda sono rappresentati attraverso l'equazione di Darcy, mentre sono trascurati i processi dinamici nella zona non satura del suolo. L'effetto di ritenzione idrica dovuto alla tensione capillare nella zona non satura è comunque incorporato nel modello attraverso l'introduzione del termine della porosità drenabile del suolo che varia non linearmente in funzione della profondità della falda. In particolare, l'assunto principale per la determinazione della porosità drenabile è che l'umidità nella zona non satura del suolo sia sempre in una condizione di equilibrio idrostatico rispetto alla linea di falda. Il modello è stato applicato per la simulazione dei dati di umidità del suolo, di profondità di falda e di deflusso sottosuperficiale raccolti in un ripido versante naturale del bacino idrografico del Lago di Baratz, in Sardegna. I parametri del modello, in particolare quelli relativi alla trasmissività idraulica laterale e alle caratteristiche di ritenzione idrica del suolo, sono stati ricavati a partire dai dati idrologici osservati. La calibrazione del modello è stata quindi limitata ad un unico parametro legato a perdite idriche dovute a flussi laterali uscenti dal versante, difficili da rilevare sperimentalmente.

Il modello ha simulato in maniera soddisfacente i dati osservati in campo. I coefficienti di efficienza di Nash-Sutcliffe sono risultati prossimi ad 0.8 per tutte le variabili idrologiche simulate. I dati di umidità del suolo, di livelli di falda e di deflusso sottosuperficiale sono ben riprodotti in termini di tempistica della risposta idrologica, di picchi massimi raggiunti durante i periodi piovosi e di velocità di esaurimento nei periodi asciutti. Quindi, il modello sviluppato può essere effettivamente utilizzato per predire la risposta idrologica dei versanti naturali.

Summary

The correct representation of the hydrological processes at the hillslope scale is fundamental to simulate the hydrological response during intense rainstorms in natural catchments. Models which solve the Richards equation are formidable tools to reproduce groundwater dynamics. However, they require parameters that are difficult to obtain at large scale of model application. We developed a hydrological model applicable at the hillslope scale where lateral saturated flow are modelled by the Darcy law and water dynamic in the vadoze zone is neglected. However, water retention effects by the fringe capillary are taken into account by computing a non-linear drainable porosity, which varies as function of the water table depth. The drainable porosity is computed assuming hydrostatic soil moisture distribution in the unsaturated zone. The model was applied to simulate soil moisture, water table depths and subsurface flow collected at a hillslope in the Baratz Lake catchment, Sardinia. The observed data are used to obtain uncalibrated values of lateral hydraulic transmissivity and of water retention characteristic, and the model calibration was limited to only one parameter related to the soil leakage through the sides of the hillslope. The model satisfactory simulated the observed data. The Nash-Sutcliffe efficiency was close to 0.8 for all the simulated times series. Soil moisture, water table levels and subsurface flow were well reproduced in terms of timing, peaks and decaying of the response. Hence, the developed model can be a valuable tool for predicting the hydrological response in natural hillslopes.

¹ Dipartimento di Agraria, Università degli Studi di Sassari

² Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali, Università degli Studi di Palermo.

VALUTAZIONE DELLA PROCEDURA BEST PER LA STIMA DELLA CURVA DI RITENZIONE DEL SUOLO: UN CONFRONTO CON IL METODO DELL'EVAPORAZIONE

Testing the BEST procedure to estimate the soil water retention curve: a comparison with evaporation method

M. Castellini¹, S. Di Prima², M. Iovino³

Sommario

La procedura BEST (Beerkan Estimation of Soil Transfer parameters) rappresenta un metodo attraente, veloce ed accurato per ottenere una completa caratterizzazione idraulica del suolo. Tuttavia, ulteriori verifiche sperimentali sono necessarie soprattutto per quantificare l'accuratezza di stima della curva di ritenzione idrica del suolo.

Nel presente studio sono stati selezionati quattro suoli (Palermo, Villabate, Arborea and Foggia) con differenti proprietà fisiche (tessitura, densità apparente) in cui la procedura BEST è stata applicata per ottenere la curva di ritenzione idrica, utilizzando i tre *algoritmi* di calcolo attualmente disponibili in letteratura (*slope*, *intercept* e *steady*). Valori sia di default che variabili dei parametri di infiltrazione, β e γ , sono stati considerati al fine di valutarne l'impatto sulle stime di ritenzione idrica del suolo. La curva di ritenzione ottenuta con BEST è stata quindi confrontata con quella ottenuta col metodo dell'evaporazione. La regressione lineare tra la curva di ritenzione idrica ottenuta con BEST e col metodo dell'evaporazione ha evidenziato una generale sottostima di BEST in tre dei quattro suoli allo studio (Villabate, Arborea e Foggia), con valori dello scarto quadratico medio, RMSD compresi tra 0.028 e 0.082 cm³/cm³; il sito di Palermo è stato il solo ad evidenziare una generale sovrastima di BEST, fornendo nel contempo stime mediamente più imprecise (RMSD = 0.120-0.140 cm³/cm³). In relazione al tipo di suolo ed algoritmo adottato, BEST-*slope* ha generalmente restituito i più bassi valori di RMSD di un fattore compreso tra 1.2 e 2.1. I valori relativamente bassi di RMSD osservati suggeriscono che l'utilizzo dei valori di riferimento dei parametri di infiltrazione ($\beta = 0.6$ e $\gamma = 0.75$), non peggiora in maniera significativa la stima della curva di ritenzione idrica del suolo.

In conclusione, BEST-*slope* ha fornito stime di ritenzione idrica più accurate per tre dei quattro suoli analizzati, mentre gli algoritmi alternativi, *intercept* e *steady*, hanno fornito una stima più incerta a causa di una generale sovrastima del parametro di scala della curva di ritenzione h_g , e della indipendenza di quest'ultimo dal coefficiente di proporzionalità γ .

Summary

The Beerkan Estimation of Soil Transfer parameters (BEST) procedure represents a very attractive method to accurately obtain a complete hydraulic characterization of the soil. However, further investigations are needed to check the prediction reliability of soil water retention curve.

Four soils with different physical properties, i.e., texture and soil bulk density, were considered in this investigation (Palermo, Villabate, Arborea and Foggia). For a given site, BEST was applied and the water retention curve was estimated using the available BEST-*algorithms* (i.e., *slope*, *intercept* and *steady*). Both reference values and variable values of the infiltration parameters (β and γ) were used in order to evaluate the impact on the soil water retention estimations. The water retention curve estimated by BEST was then compared with that obtained in laboratory by the evaporation method.

The linear regression between the soil water retention curve of BEST and of evaporation method showed a general underestimation of BEST for three of four studied soils (Villabate, Arborea and Foggia), with values of root mean square difference, RMSD within the range of 0.028 and 0.082 cm³/cm³; conversely, Palermo site showed a general overestimation of BEST, also providing less accurate soil water retention estimates (RMSD = 0.120-0.140 cm³/cm³). According to the soil type and algorithmic, BEST-*slope* generally provided the lowest RMSD values by a factor within the range 1.2-2.1. The relatively low values of RMSD generally observed suggest that using the reference values of infiltration constants ($\beta = 0.6$ and $\gamma = 0.75$), does not worsen significantly the soil water retention curve estimation.

In conclusion, BEST-*slope* provided the most accurate estimation of water retention for three of four considered soils, while the alternative algorithmics, i.e. *intercept* and *steady*, have provided less accurate estimates since these algorithms overestimated h_g yielding independent values of this parameter from the proportionality coefficient γ .

¹Council for Agricultural Research and Economics - Research Unit for Cropping Systems in Dry Environments (CREA-SCA), Via C. Ulpani 5, 70125 Bari, Italy (mirko.castellini@crea.gov.it)

²Agricultural Department, University of Sassari, Viale Italia 39, 07100 Sassari, Italy

³Agricultural and Forest Sciences, University of Palermo, Viale delle Scienze, 90128 Palermo, Italy

MODELLAZIONE E MISURE DELLO STEMFLOW DA PIANTE DI MAIS IRRIGATE A PIOGGIA

Sprinkler irrigated maize stemflow modeling and measurements

D. Canone, M. Previati, S. Ferraris¹

Sommario

La modellazione dello stemflow da piante di mais irrigate a pioggia riveste un notevole interesse applicativo in quanto è una coltura largamente presente in ampie zone d'Italia e i metodi irrigui a pioggia sono in espansione. Il flusso idrico localizzato alla base della pianta (nel caso dell'irrigazione a pioggia, come del resto in occasione di piogge naturali) modifica la distribuzione spaziale dell'acqua nel suolo e di eventuali soluti da essa trasportati. Quindi sia l'efficienza irrigua che il trasporto di sostanze inquinanti possono essere influenzati da tale processo.

Nel presente studio il monitoraggio del contenuto idrico del suolo è stato svolto in modo da valutare il bilancio di massa durante l'irrigazione a pioggia, considerando l'influenza dello stemflow sui profili di distribuzione dell'acqua nel suolo. È stato previsto sia l'uso in azienda di un pivot che di un irrigatore gigante. I dati misurati, la loro interpolazione a mezzo di spline e una simulazione 2D dei processi di infiltrazione con il codice ADHYDRA (Manzini e Ferraris, 2004) hanno permesso di sviluppare una nuova tecnica per la stima dei profili di distribuzione idrica nel suolo.

Summary

Sprinkler irrigated maize stemflow modeling has important applications. This crop is spread in many parts of Italy and sprinkler irrigation is increasing. The concentrated water flow at the plant base (in the sprinkler irrigation case, as well during natural rainfall events) modifies the spatial soil water distribution and of transported solutes. Therefore both the irrigation efficiency and the polluting substances transport can be influenced by this process.

In this study, the monitoring of soil water content profiles was carried out in order to evaluate the sprinkler irrigation mass balance, considering the stemflow influence on water distribution profiles. The monitoring was performed using in farm both a center pivot and a travelling big gun sprinkler irrigation systems. Measured data, thin spline interpolation and a 2D simulation of the infiltration processes performed by means of the ADHYDRA code (Manzini and Ferraris, 2004) were tested, to develop a new technique for the estimation of water distribution profiles.

¹Dipartimento Interateneo di Scienze, Progetto e Politiche del Territorio, Politecnico e Università di Torino, Castello del Valentino, Viale Mattioli 39, Torino 10125, davide.canone@unito.it

MODELLAZIONE E MISURE DELL'EVAPOTRASPIRAZIONE EFFETTIVA DA PRATERIE DI ALTA MONTAGNA

High mountain grassland actual evapotranspiration modeling and measurements

D. Gisolo, G. Raffelli, D. Canone, M. Previati, S. Ferraris¹

Sommario

In presenza di dati di dettaglio sull'idrologia dei suoli, è preferibile l'utilizzo di modelli di movimento dell'acqua nel suolo che integrino le equazioni differenziali (e.g. Manzini et al., 2004; Canone et al., 2008; Ferraris et al., 2012). Tuttavia su estensioni ragguardevoli (come quella del presente studio, ove sono state considerate tutte le praterie di alta montagna presenti in un'area di circa 300 km²) non è pensabile ottenere informazioni di dettaglio puntuale. Per tale motivo è preferibile un modello più semplice, ma adeguato ai dati disponibili a scala regionale (e.g. Or et al., 2015). Il calcolo del bilancio idrico del suolo di tali praterie è stato realizzato, quindi, mediante un modello "a serbatoio", basato sul quaderno FAO 56 di Allen et al. (1998). E' stata così stimata l'evapotraspirazione effettiva e l'uso di metodi satellitari (basati su dati LANDSAT 7) ne ha permesso una verifica a livello spaziale. Dal punto di vista delle serie temporali sono invece state verificate le simulazioni con i dati rilevati in un sito ove sono presenti ormai da più di sei anni misure di contenuto idrico del suolo, possedendo quindi dati sia in annate siccitose che umide.

Summary

When soil hydrology reliable data are present, it is better to use soil water model based on the integration of differential equations (e.g. Manzini et al., 2004; Canone et al., 2008; Ferraris et al., 2012). However, when it is necessary to simulate soil moisture in a large area it is not possible to obtain detailed data. This is the case of this study, where the whole high mountain grasslands belonging to an area of 300 km² were considered. In those cases it is better therefore to use a simpler model (e.g. Or et al., 2015). The soil water balance of those grasslands has computed using a "bucket" model, based on the FAO paper no.56 of Allen et al. (1998). The results have been used to estimate the effective evapotranspiration. A spatial validation has been performed by means of satellite data (LANDSAT 7). From a temporal point of view the validation has used the data taken in a site where six years of soil moisture monitoring has been performed, obtaining both drought and humid years data.

¹Dipartimento Interateneo di Scienze, Progetto e Politiche del Territorio, Politecnico e Università di Torino, Castello del Valentino, Viale Mattioli 39, Torino 10125, davide.canone@unito.it

PROCESSI DI INFILTRAZIONE IN UN MEZZO ALTAMENTE POROSO: MISURE SPERIMENTALI E IMPIEGO DI UN MODELLO SEMPLIFICATO A BASE FISICA

Infiltration processes in high-permeable porous media: Measurements and use of a simplified physically based model

G. Baiamonte¹, R. Calvo¹, F. D'Asaro¹

Sommario

Nel lavoro viene applicato un modello semplificato del processo di infiltrazione, recentemente introdotto, valido per ammassi porosi altamente permeabili, in cui il gradiente di potenziale matriciale può essere assunto trascurabile rispetto a quello gravitazionale. Lo schema descritto si presta bene per interpretare il processo di infiltrazione che si attua nei residui di *Posidonia oceanica* (Linneo) Delile, accumulata nei siti di stoccaggio, per l'abbattimento della salinità a mezzo di dilavamento naturale. Le caratteristiche fisiche dei residui di Posidonia misurate in questa sede hanno infatti evidenziato valori di elevata permeabilità e porosità.

Nel lavoro, vengono presentati i primi risultati ottenuti dal monitoraggio di alcune caratteristiche fisiche di interesse per il processo in esame e, in particolare, il tempo di ritardo, t_d , necessario affinché il fronte di umidità, a partire dall'inizio della pioggia, raggiunga la base dell'ammasso. Infine, viene introdotta una metodologia di taratura che ha consentito di ottenere un buon accordo tra il tempo di ritardo sperimentale e quello teorico, ricorrendo a parametri di chiaro significato fisico. Viene suggerita una equazione per la stima del tempo di ritardo, che può rivelarsi di particolare interesse negli studi sulla capacità di dilavamento naturale dei residui di Posidonia. Il tempo di ritardo può infatti essere considerato un parametro di progetto da legare alla potenzialità di abbattimento della elevata salinità che contraddistingue questo materiale, quando viene accumulato nei siti di stoccaggio.

¹Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali, Università degli Studi di Palermo.

CARATTERIZZAZIONE DELL'IDROREPELLENZA NEI SUOLI DEL MONTE PELLEGRINO (PALERMO) PERCORSI DAL FUOCO

Determining water repellency of the fire-affected soils of Monte Pellegrino (Palermo)

V. Bagarello¹, M. Iovino¹, I. Tinebra¹

Sommario

A seguito del passaggio del fuoco, i suoli forestali possono manifestare fenomeni di idrorepellenza la cui intensità dipende dalla severità dell'incendio. Ostacolando il processo di infiltrazione, l'idrorepellenza può determinare un aumento dei deflussi superficiali e dei fenomeni erosivi. Il grado di idrorepellenza può essere determinato in campo con il Water Drop Penetration Time (WDPT) test che consiste nel misurare il tempo che impiega una goccia di acqua posta sulla superficie del suolo per infiltrarsi.

Nel giugno 2016, un vasto incendio ha interessato la riserva naturale di Monte Pellegrino (Palermo), provocando la perdita di più di 600 ha di boschi di pino e macchia mediterranea. Nell'indagine, è stato applicato il metodo WDPT per determinare l'idrorepellenza dei suoli di Monte Pellegrino a seguito dell'incendio. Obiettivo specifico è stato quello di verificare se l'approccio sperimentale fosse in grado di fornire una classificazione del grado di severità dell'incendio congruente con quella desunta dalle tracce lasciate del fuoco. A tal fine, sulla base delle riprese aeree e delle ricognizioni sui luoghi, è stata dapprima effettuata una delimitazione delle aree interessate dal fuoco, distinguendo incendi di bassa, media ed elevata intensità. Prima che le precipitazioni autunnali potessero mitigare l'idrorepellenza eventualmente determinata dall'incendio, sono stati effettuati 93 rilievi di WDPT includendo, come tesi di controllo, anche zone non percorse dal fuoco. Per ciascun sito di campionamento, sono stati misurati i tempi di infiltrazione di 16 gocce disposte secondo una maglia regolare di $4 \times 4 \text{ cm}^2$ e il valore modale delle 16 classi di idrorepellenza è stato assunto rappresentativo per il sito campionato.

Nelle aree non interessate dall'incendio, il suolo del 92% dei siti campionati è risultato bagnabile. Tale percentuale si è ridotta al 36% nelle aree interessate da incendio di elevata intensità. Livelli di idrorepellenza moderata, forte o estrema sono stati rilevati esclusivamente nelle aree percorse dal fuoco. Inoltre, la percentuale di siti estremamente idrorepellenti è cresciuta monotonicamente da 0 al 16% al crescere della severità dell'incendio.

Il riconoscimento di un chiaro legame, fisicamente convincente, tra la distribuzione spaziale della severità dell'incendio e i risultati delle misure di idrorepellenza supportano la validità scientifica della metodologia applicata che, pertanto, può essere proposta come strumento applicativo per riconoscere e delimitare le aree affette da incendi di diverso grado di severità.

Summary

Wildfire intensity influences occurrence of water repellency in forest soils that, due to reduced infiltration and increased runoff, may be susceptible of soil erosion. The soil water repellency is commonly assessed in the field by the Water Repellency Penetration Time (WRPT) test. Following the large wildfire that in June 2016 affected the natural area of Monte Pellegrino (Palermo), the WDPT test was applied to assess the fire-induced water repellency. A specific objective of the investigation was to test if this experimental method was able to classify the wildfire severity as determined by observation of fire traces on sites. Using aerial pictures and field surveys, fire intensity was classified as low, medium and high and the corresponding fire-affected areas were delimited on a map. WDPT measurements were performed at 93 sites, including also unburnt areas as control. At each site, infiltration time of 16 drops arranged in a $4 \times 4 \text{ cm}^2$ array was collected and water repellency class determined as the modal value of individual classifications.

Soil was wettable in 92% of unburnt sites and in 26% of burnt ones thus demonstrating that hydrophobicity increased as consequence of wildfire. In particular, the occurrence of extreme repellency increased monotonically from 0 to 16% when fire intensity increased from low to high. The spatial distribution of fire intensity was fairly explained in terms of soil water repellency measured by the WDPT test, thus supporting the scientific validity of the method as a practical tool to discriminate and map areas affected by different severity of fire.

¹Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali, Università degli Studi di Palermo.

MODELLI DI BILANCIO AGRO-IDROLOGICO PER LA PREVISIONE DELLO STRESS IDRICO DI COLTURE ARBOREE MEDITERRANEE

Agro-hydrological models to predict the water stress dynamic of Mediterranean tree crops

G. Rallo¹, G. Provenzano²

Sommario

Il contributo si propone di dimostrare come l'uso della modellistica agro-idrologica possa consentire una corretta previsione delle dinamiche di stress idrico di due importanti colture arboree Mediterranee (olivo e agrume), caratterizzate da una diversa risposta eco-fisiologica a condizioni di deficit idrico del suolo.

In particolare viene analizzata in dettaglio la tematica della modellizzazione della risposta eco-fisiologica delle due colture e viene affrontata la questione relativa all'implementazione delle funzioni di stress all'interno dei modelli di bilancio agro-idrologico di tipo a serbatoio, in modo da simulare l'effettivo stato idrico della pianta.

Con riferimento alle colture esaminate, è nello specifico approfondita la schematizzazione della funzione di stress attraverso l'analisi di lunghe serie di dati acquisiti nel corso di sperimentazione in campo, relative allo stato idrico del suolo (contenuti idrici volumetrici) e della pianta (potenziali idrici xilematici e flussi traspirativi).

È infine discussa l'applicabilità del modello semplificato descritto nel quaderno FAO n. 56 (Allen et al., 1998) per la predizione delle dinamiche di stress idrico delle colture ed è approfondita l'importanza che riveste una specifica schematizzazione della funzione di stress idrico nel miglioramento delle performance del modello.

Summary

The contribute aims to demonstrate how agro-hydrological models are able to predict the water stress dynamics of two important Mediterranean arboreal crops, i.e. olive and citrus, characterized by different eco-physiological water stress response to soil water deficit conditions.

In particular, the topic related to the crop water stress function and its implementation into agro-hydrological bucket models is analyzed in order to improve the estimations of actual crop water status.

With reference to the examined crops, the proposed schematization of the water stress functions is based on long time series of field measurements of soil (volumetric water contents) and plant (xylem water potentials and transpiration fluxes) water status.

The applicability of the bucket model proposed by FAO (Allen et al., 1998) to predict the crop water stress dynamics is also discussed in order to emphasize the importance of a specific schematization of the stress function to improve the model's performance.

¹Università di Pisa, Dipartimento Scienze Agrarie, Alimentari e Agro-Ambientali. Via del Borghetto 80, 56124 Pisa, Italy. Tel. (+39) 050 2216158.

*Corresponding author, email: giovanni.rallo@unipi.it

²Università degli Studi di Palermo, Dipartimento Scienze Agrarie e Forestali, Viale delle Scienze 13, 90128 Palermo, Italy.

VALIDAZIONE DI UN MODELLO DI CONTENUTO IDRICO DEL SUOLO IN SITI MOLTO DIFFERENZIATI FRA LORO DEL PIEMONTE

Soil moisture model validation in Piemonte very different sites

G. Raffelli, D. Gisolo, D. Canone, M. Previati, S. Ferraris¹

Sommario

Questo lavoro confronta con dati di campo il contenuto idrico simulato con un modello a serbatoio (di cui un'applicazione nel torinese è già stata riportata in Baudena et al., 2012). Il suolo è modellato con diversi strati, nei quali avviene il movimento dell'acqua verso l'alto (per evaporazione ed evapotraspirazione) e verso il basso (drenaggio). Tale movimento è influenzato dal contenuto idrico di ogni strato. Il modello usato restituisce una stima dell'evapotraspirazione effettiva; tale termine gioca un ruolo rilevante nel bilancio idrico per esempio per la valutazione dell'apporto di acqua che va a ricaricare le falde idriche sotterranee.

Al fine di una applicazione a scala regionale sono stati considerati diversi set di dati di campo, raccolti in siti ben differenziati fra loro. Un prato di pianura non irriguo, un prato di montagna, una faggeta e alcuni campi di mais irrigati con metodi di superficie. Nel caso dell'irrigazione, il modello stesso valuta i volumi irrigui e il numero e la data degli interventi, che costituiscono ulteriore oggetto di validazione rispetto alla realtà dell'azienda dove sono state eseguite le misure. I risultati, pur avendo utilizzato basi di dati sui suoli esistenti a livello regionale, senza ulteriore calibrazione, sono incoraggianti.

Summary

Soil moisture is here simulated by means of a bucket model (an application in the Turin area has been already reported in Baudena et al., 2012). In this work the soil is modeled with several layers, where the water flow is directed upward (evaporation and evapotranspiration), and downward (deep drainage). This flow is influenced by the soil moisture in each layer. The model provide the effective evapotranspiration as an output. This term plays a relevant role in the water balance for example in order to estimate the recharge of groundwater.

With the objective to apply it at the regional scale, different field dataset has been considered. A plain non irrigated meadow, a mountain grassland, a beech forest, and some maize irrigated fields (irrigated with surface methods). In the case of irrigation, the model itself evaluate the irrigation volumes, and the number and scheduling of irrigation. This is itself an objective of the validation, to see if the model is forecasting correctly the farm behavior. The results are good, even if existing database has been used, without calibration.

¹Dipartimento Interateneo di Scienze, Progetto e Politiche del Territorio, Politecnico e Università di Torino, Castello del Valentino, Viale Mattioli 39, Torino 10125

PROCESSI DI TRASPORTO NEL SISTEMA SUOLO-PIANTA DI SOSTANZE POTENZIALMENTE TOSSICHE: IL CASO STUDIO DI TRENTOLA-DUCENTA (CE) NEL PROGETTO LIFE-ECOREMED

M. Palladino, P. Nasta, N. Romano

Sommario

La bonifica di suoli inquinati ha l'obiettivo principale di minimizzare il rischio di trasferimento dei contaminanti nella catena alimentare, nelle acque sotterranee e nell'aria. La maggior parte delle tecniche applicate per la bonifica dei suoli agiscono direttamente sulla frazione mobile e biodisponibile dei contaminanti. Una riduzione globale della concentrazione si può ottenere attraverso processi che promuovono il desorbimento delle sostanze dalla fase solida e la successiva rimozione dalla fase liquida. Questo è generalmente il meccanismo che regola la maggior parte delle tecniche tradizionali di bonifica di siti contaminati: "soil washing", metodi elettrocinetici, trattamenti termici e così via. Altre tecniche tendono invece a mantenere la fertilità del suolo e si basano su meccanismi di fitoestrazione e il controllo idraulico svolto dalle piante mediante l'attingimento radicale. In generale questa tecnica è applicabile a varie tipologie di contaminanti, fra cui metalli pesanti, radionuclidi, solventi clorurati, BTEX, IPA, PCB, pesticidi clorurati, insetticidi organofosfatici, esplosivi, nutrienti e surfactanti. Oltre alla rimozione di acqua dal suolo, le piante permettono l'intercettazione di rilevanti quantità di pioggia sulla superficie fogliare. La fitoestrazione e il controllo idraulico sono metodi di bonifica molto promettenti, a basso impatto ambientale nonché a basso costo, ancorché ancora non ampiamente utilizzati a causa delle difficoltà nella stima dell'efficienza e del tempo richiesto per il contenimento dell'inquinamento e il raggiungimento di valori accettabili di concentrazione del contaminante.

Il presente lavoro è stato incentrato sulla modellazione numerica dei processi di trasporto relativi a un caso studio di fitorimedio, considerando in termini quantitativi il sistema suolo-pianta-atmosfera. Un obiettivo è di definire linee guida per i protocolli di fitorimedio e di valutare l'efficacia della fitoestrazione e del controllo idraulico in funzione di diversi scenari operativi. L'accumulo in superficie di contaminanti dovuto ai processi di ruscellamento e trasporto solido superficiale è stato modellato alla scala dell'intero campo utilizzando il software HydroGeoSphere (HGS). Sulla base poi dei risultati dell'accumulo superficiale e utilizzando i dati relativi alla coltura impiegata per il fitorimedio (pioppo), si sono poi analizzati alla scala di singola pianta i processi di movimento di acqua e soluti nella direzione verticale tramite il software HYDRUS-1D.

I risultati di questo studio rendono possibile la valutazione dell'efficacia relativa di alcuni scenari operativi alternativi. Sono state ad esempio esaminate le massime profondità di penetrazione del contaminante in funzione di diversi scenari di densità di semina della pianta. I diversi scenari di fitorimedio sono stati messi a punto prevedendo diverse densità di trapianto per gli astoni di pioppo. I dati relativi alle proprietà idrologiche del suolo e i dati meteorologici sono stati misurati e raccolti nel corso delle attività del progetto EcoRemed. I parametri della coltura del pioppo sono stati determinati e calibrati con misure di pieno campo. I risultati evidenziano come la presenza della coltura rallenta la migrazione della piuma verso il basso, riducendo le perdite per infiltrazione profonda. L'entità della mitigazione dipende più dalla presenza della coltura boscata che dalla sua densità di impianto.

Summary

The remediation of contaminated soils has the main objective of minimizing the risk of transferring contaminants to food chain and/or groundwater table. Most of the techniques applied for the remediation of contaminated soils act directly on the mobile and bioavailable fraction of the contaminants. An overall reduction in the concentration can be achieved through processes that promote the desorption of substances from the solid phase and the subsequent removal from the liquid phase. This is generally the mechanism by which most of the standard remediation techniques are based on like soil washing, electrokinetic methods, heat treatments etc. Other mechanisms are based on the use of plants that implement the phytoextraction and the hydraulic control, which are conducted through the intake of water from the soil. In general this technique is applicable to various types of contaminants, including heavy metals, radionuclides, chlorinated solvents, BTEX, PCB, PAH, chlorinated pesticides, organophosphate insecticides, explosives, nutrients, and surfactants. Besides the root water uptake, we also consider the effect of canopy interception. The phytoextraction and the hydraulic control are very promising methods, with low environmental impact and low costs. This work is focused on the transport processes related to a real case study of phytoremediation, considering the numerical modeling in the soil-plant-atmosphere continuum. The goal was to establish guidelines for phytoremediation and estimate the numerical effectiveness of phytoextraction and hydraulic control. We tested a Protocol of phytoremediation to clean up the study site of Trentola Ducenta (CE), within the Project Life Ecoremed. The accumulation of contaminants on the soil surface due to runoff and sediment transport processes was modeled using the Software HydroGeoSphere (HGS). Based on the results of the accumulation on soil surface by using the planting space of fast-growing trees used for phytoremediation (like the poplar for example), we analyzed the processes of vertical movement of water and solutes via the HYDRUS-1D software.

The results of this study assess the effectiveness of phytoremediation within a scenario-based approach. Maximum depth of contaminant penetration was quantified as a function of the planting spacing. Soil hydraulic properties and meteorological data were measured during the EcoRemed project activities. The model parameters, relating to poplar planting were determined and calibrated with full field measurements. The results show that the presence of the crop slows down the contaminant migration along the soil profile, by reducing water losses. The mitigation entities depend highly on the presence of the vegetation cover given by plant density.

UTILIZZO IDRICO E DINAMICHE ECOIDROLOGICHE IN MELETI ALPINI: UN APPROCCIO TRAMITE TRACCIANTI AMBIENTALI

Water use and ecohydrological dynamics in Alpine apple orchards: an environmental tracer approach

J. Frentress¹, D. Penna², M. Engel¹, F. Scandellari¹, D. Zanotelli¹, M. Tagliavini¹, F. Comiti¹

Sommario

La comprensione dei processi ecoidrologici e delle interrelazioni funzionali esistenti tra la vegetazione e gli altri componenti del ciclo idrologico è essenziale al fine di attuare una efficace e corretta gestione delle risorse idriche a scala di bacino. Recentemente, diversi studi hanno utilizzato traccianti ambientali in bacini forestati per analizzare i meccanismi secondo cui gli apporti idrici vengono suddivisi tra infiltrazione nel suolo, evaporazione, assorbimento da parte della vegetazione arborea, ricarica della falda acquifera e generazione di deflusso. Molto più limitati sono invece gli studi condotti tramite questo approccio in ambito agrario.

In questo studio abbiamo utilizzato gli isotopi stabili dell'acqua e la conducibilità elettrica come traccianti per investigare le dinamiche ecoidrologiche esistenti tra apporti piovosi e di irrigazione, acqua di suolo, acqua di falda e acqua assorbita da alberi di melo (*Malus domestica*, cv. 'Pinova') in due frutteti in Val Venosta, provincia di Bolzano, di uguali caratteristiche agronomiche e chimico-fisiche del suolo ma giacenti a diversa distanza dal fiume Adige (50 m e 450 m). Il lavoro si prefigge di comprendere i) da quale profondità del suolo i meli assorbono la maggior parte dell'acqua, ii) quale relazione sussiste tra acqua di falda, acqua di suolo e acqua di fiume; iii) se e come la diversa posizione dei due meleti influenzi l'apporto idrico da parte dei meli.

Il monitoraggio in continuo a partire dalla primavera 2015 include la misura delle principali forzanti meteorologiche, dell'umidità del suolo a due profondità e in diversi posizioni nei due frutteti e dei flussi linfatici sulle piante di melo. Sono stati inoltre effettuati campionamenti mensili per analisi isotopiche della precipitazione, precipitazione sottochioma, fiume, suolo (tramite lisimetri a suzione), falda (da due pozzi), irrigazione e acqua xilematica (tramite camera a pressione).

I risultati ottenuti finora mostrano due gruppi di acque caratterizzate da una ben distinta composizione isotopica: fiume, falda e irrigazione sono coerenti con il segnale delle precipitazioni, mentre acqua di suolo e acqua xilematica esibiscono un chiaro segnale di evaporazione, particolarmente marcato negli strati di suolo più superficiali. L'acqua xilematica è isotopicamente diversa dall'acqua di falda ma simile all'acqua di suolo nei primi 40 cm, suggerendo che i meli, coerentemente con lo sviluppo limitato del loro apparato radicale, assorbono un misto di pioggia ed irrigazione a queste profondità e non dalla falda, tipicamente oscillante tra 40 e 140 cm dal piano campagna. Esistono differenze significative tra livelli di falda e composizione isotopica di acqua di suolo tra i due meleti, che riflettono condizioni di umidità minori e segnali più evidenti di evaporazione di acqua nel campo più lontano dal fiume Adige e meno sottoposto all'effetto ombreggiante dei versanti. Questi risultati sottolineano l'eterogeneità della variabilità della composizione isotopica dell'acqua in diversi comparti idrologici e la complessità delle relazioni ecoidrologiche in siti agrari, nonché la necessità di proseguire con campagne di misura ed esperimenti specifici mirati alla distinzione dell'acqua di precipitazione e dell'acqua fornita tramite l'irrigazione come fonte di approvvigionamento idrico delle piante di melo.

¹Facoltà di Scienze e Tecnologie, Libera Università di Bolzano, piazza Università 5, 39100, Bolzano, jason.frentress@unibz.it

²Dipartimento di Gestione dei Sistemi Agrari, Alimentari e Forestali, Università degli Studi di Firenze, via San Bonaventura 13, 50145, daniele.penna@unifi.it

IMPIEGO DI SENSORI TDR, EMI ED ERT PER IL MONITORAGGIO DELLA SALINITÀ NEI SUOLI

G. Dragonetti¹, A. Comegna², N. Lamaddalena¹, A. Coppola²

Sommario

Il lavoro è incentrato sull'importante problematica connessa al differente volume di osservazione di diversi sensori elettromagnetici utilizzati per la stima delle distribuzioni spaziali della conducibilità elettrica del suolo. È una questione di rilievo più generale, che si pone ogni volta che si debbano utilizzare sensori diversi per la misura di una stessa grandezza fisica. Il lavoro si basa su un esperimento condotto in campo su transetti irrigati con acqua a differenti livelli di salinità. L'evoluzione della conducibilità elettrica lungo ciascuno dei transetti è stata monitorata ricorrendo a tre differenti tecniche elettromagnetiche: 1) Riflettometria nel Dominio del Tempo (TDR); 2) Induzione Elettromagnetica (EMI); Tomografia Elettrica (ERT). L'interesse del lavoro svolto risiede, oltre che nella importante mole di dati raccolta, nell'aver utilizzato una metodologia che consente di trattare le misure effettuate con ciascuno dei sensori utilizzati in maniera da ottenere distribuzioni spazio-temporali della conducibilità elettrica equivalenti, indipendentemente dal sensore utilizzato. La tecnica di trattamento dei dati utilizzata (Fourier's Filtering), rispetto a tecniche di semplice media mobile generalmente utilizzate in studi di questo genere, consente di confrontare le informazioni ottenute dai diversi sensori a diverse frequenze (e quindi a diverse scale spaziali), in maniera da poter confrontare solo informazioni effettivamente rilevate da tutti i sensori allo studio, tralasciando l'informazione propria di uno specifico sensore in virtù dello specifico volume di osservazione dello stesso.

¹ Istituto Agronomico Mediterraneo di Bari, Dipartimento Land & Water, Valenzano, Bari

² Università degli Studi della Basilicata, Scuola di Scienze Agrarie, Forestali, Alimentari ed Ambientali (SAFE), Sezione Idraulica e Idrologia

APPLICAZIONI DI TECNICHE DI TOMOGRAFIA DI RESISTIVITÀ ELETTRICA A SUPPORTO DELL'IRRIGAZIONE PER IL MONITORAGGIO DELLE INTERAZIONI SUOLO-PIANTA

D. Vanella¹, G. Cassiani², G.L. Cirelli¹, S. Barbagallo¹, ¹S. Consoli¹

Sommario

Alle interazioni tra le diverse componenti del sistema suolo-pianta-atmosfera (SPA) è attribuito un ruolo critico nel ciclo idrologico e della biosfera terrestre. La comunità scientifica specializzata è sempre più consapevole della necessità di portare avanti studi a carattere interdisciplinare per la comprensione delle interazioni funzionali tra le risorse naturali ed i relativi problemi di sostenibilità del sistema SPA. All'interno di tali studi, l'analisi delle interazioni suolo-radice risulta rilevante anche per la gestione ottimale dell'irrigazione, in particolare nelle zone caratterizzate da scarsa disponibilità idrica, come le aree mediterranee. A tal fine nasce l'esigenza di valutare, ad alta risoluzione spaziale e temporale, le dinamiche idrologiche del sistema SPA, sino alla scala dell'apparato radicale.

Il lavoro consiste nell'applicazione di tecniche di monitoraggio avanzate e minimamente invasive, per valutare gli scambi di massa ed energia all'interno del sistema SPA. L'aspetto innovativo del lavoro è relativo all'integrazione di tecniche geofisiche con misure micrometeorologiche e dati di traspirazione, al fine di interpretare alcuni dei principali processi di trasferimento di flussi nel sistema SPA (evapotraspirazione ed assorbimento radicale) in ambiente semi-arido. Tale approccio, è stato applicato a due Casi studio con l'obiettivo di monitorare le complesse interazioni del sistema suolo-pianta, con particolare riferimento al processo di assorbimento radicale di alberi di agrume. Nel primo Caso studio, la tecnica della tomografia di resistività elettrica (ERT) tridimensionale è stata integrata con dati di traspirazione, misure micrometeorologiche e modellistica idrologica al fine di delineare la porzione di suolo non saturo interessato dalle radici attive di un aranceto adulto. Nel secondo Caso studio, il monitoraggio ERT è stato integrato con misure di traspirazione al fine di delineare i *pattern* di *root water uptake* (RWU) di alberi di arancio irrigati in regime di deficit. I risultati del lavoro dimostrano l'abilità della tecnica di monitoraggio geofisico ERT nello spiegare le dinamiche idriche del suolo e la risposta fisiologica della pianta, in termini di attività delle radici nel processo di RWU, contribuendo, in tal senso, a migliorare la conoscenza dei processi di assorbimento radicale.

¹ Dipartimento di Agricoltura Alimentazione Ambiente, Università degli Studi di Catania

² Dipartimento di Geoscienze, Università degli Studi di Padova

IL SOFTWARE IRRILAB PER IL RISPARMIO ENERGETICO NEL DIMENSIONAMENTO DEGLI IMPIANTI MICROIRRIGUI

IrriLab Software Application to save energy in microirrigation units design

G. Baiamonte¹

Sommario

I metodi per il dimensionamento idraulico dei settori microirrigui generalmente privilegiano il criterio di assicurare coefficienti di uniformità della distribuzione idrica degli erogatori molto elevati. L'uniformità della distribuzione è infatti di fondamentale importanza per il risparmio idrico dal momento che, in condizioni di non uniformità, per sopperire ad una insufficienza dei volumi di adacquamento nella parte dell'ala servita dalle pressioni più basse, occorre prolungare la durata dell'adacquamento, sovralimentando inutilmente le zone servite dalle pressioni più elevate e generando così sprechi. Nei comuni metodi di dimensionamento, i gocciolatori inseriti in un'ala gocciolante sono dunque progettati in modo da funzionare con una pressione di esercizio che non può variare al di fuori di un prefissato campo di variabilità ammissibile ($\Delta h < \Delta h_{amm}$). A quest'ultima condizione, tuttavia, non sempre corrisponde la soluzione più economica e di massima efficienza energetica. Non è detto, infatti, che i gocciolatori sfruttino l'intero campo di variabilità della pressione prescelto (Δh_{amm}). Nel lavoro, viene illustrato il software IrriLab, che per settori irrigui di forma rettangolare e comunque inclinati, soddisfa tale requisito ($\Delta h = \Delta h_{amm}$), in accordo a due tolleranze di progetto delle pressioni, una per le ali gocciolanti, δ_L , e l'altra per la condotta di testata, δ_M . Il software deriva da un metodo di calcolo ottimale delle ali gocciolanti, attualmente *patent pending* ("Metodo speditivo per il dimensionamento di ali gocciolanti in pendenza", Università degli Studi di Palermo, Ministero dello Sviluppo Economico - Ufficio Italiano Brevetti e Marchi, n° 102015000017479, 25/05/2015), ed è fondato su una procedura che non richiede le iterazioni tipiche della progettazione idraulica delle reti. Si basa, infatti, su soluzioni analitiche ed esplicite delle equazioni del moto, che si prestano per il calcolo delle variabili di progetto. Tali soluzioni sono state derivate per 25 possibili *layout* del settore, ciascuno dei quali può essere fissato in relazione alla sua morfologia (pendenza delle ali gocciolanti e della condotta di testata: in discesa, orizzontali o in salita), e alle scelte dell'agricoltore. Queste ultime, in particolare, possono orientarsi su una posizione della condotta di testata (BMP, Best Manifold Position) a margine o all'interno del settore irriguo, e sulla posizione del punto di alimentazione della condotta di testata (BIP, Best Inlet Position), a margine o all'interno della stessa.

¹Università degli Studi di Palermo, Dipartimento Scienze Agrarie e Forestali, Viale delle Scienze 13, 90128 Palermo, Italy.

IL SOFTWARE IRRILAB PER GLI IMPIANTI MICROIRRIGUI: VERIFICHE NUMERICHE E SPERIMENTALI

IrriLab Software Application for microirrigation units: numerical and experimental validation

G. Baiamonte¹, G. Mangiapane

Sommario

Nell'ambito delle attività di ricerca condotte presso il Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali dell'Università di Palermo è stato di recente messo a punto un metodo di calcolo ottimale delle ali gocciolanti, usate nella microirrigazione, attualmente *patent pending* ("Metodo speditivo per il dimensionamento di ali gocciolanti in pendenza", Università degli Studi di Palermo, Ministero dello Sviluppo Economico - Ufficio Italiano Brevetti e Marchi, n° 102015000017479, 25/05/2015). Il metodo è stato successivamente esteso ai settori microirrigui, di forma rettangolare e comunque inclinati, in un software applicativo denominato IrriLab, la cui versione dimostrativa è reperibile nel sito del Dipartimento SAF/prodotti della ricerca e all'indirizzo www.facebook.com/irrilab. La peculiarità che contraddistingue IrriLab dagli altri software consiste nel fatto che, senza ricorrere a tentativi e al calcolo iterativo, tipico della progettazione idraulica delle reti, per qualunque geometria rettangolare di settore, fornisce una soluzione analitica del problema di dimensionamento, che è economicamente quella più vantaggiosa. Nello stesso tempo la procedura di calcolo assicura un'elevata efficienza energetica (Energy Efficiency) e idrica (Water Use Efficiency). Quest'ultima può essere imposta fissando due valori di tolleranza delle pressioni, una per le ali gocciolanti, δ_L , e l'altra per la condotta di testata, δ_M . Il lavoro ha come obiettivo quello di "testare" il funzionamento del software, attraverso verifiche sia numeriche che sperimentali. Quest'ultime hanno richiesto in primo luogo la realizzazione di un impianto microirriguo progettato con IrriLab (Azienda Agricola "Giacomo Armò Pirrone", agro di Caltavuturo, PA), nella seconda fase è stato realizzato l'impianto col materiale offerto dall'Azienda IRRITEC SpA. Infine si è proceduto alla verifica del settore attraverso misure di pressione effettuate in 21 manometri, disposti lungo due lati perimetrali del settore stesso, e misure di portata effettuate in 660 apparecchi erogatori.

¹Università degli Studi di Palermo, Dipartimento Scienze Agrarie e Forestali, Viale delle Scienze 13, 90128 Palermo, Italy.

PERFORMANCE DI SISTEMI IRRIGUI A GOCCIA SUPERFICIALE E SOTTERRANEA SULL'EFFICIENZA D'USO DELL'ACQUA E SULLA RESA DELL'AGRUME

Impact of surface and subsurface drip irrigation systems on water use efficiency and yield of citrus orchards

M.A. Martínez-Gimeno¹, E. Badal², L. Bonet², C. Ballester^{2,3}, D.S. Intrigliolo^{1,2}, G. Provenzano⁴

Sommario

L'applicazione di strategie mirate ad ottimizzare le risorse idriche in agricoltura e ad aumentare l'efficienza d'uso dell'acqua assume particolare rilevanza nei paesi del bacino del Mediterraneo, spesso caratterizzati da limitate risorse idriche destinate all'agricoltura. Se da una parte occorre scegliere il sistema irriguo più appropriato, dall'altra è necessario identificare adeguate opzioni di gestione che permettano di ottimizzare le risorse, senza condizionare le rese produttive. L'utilizzo di tali strategie di gestione richiede tuttavia il monitoraggio dello stato idrico del terreno e/o della pianta al fine di prevenire condizioni di stress idrico severo che potrebbero indurre effetti negativi sulle produzioni. La misura del potenziale idrico su foglie mature o su rametti rappresenta il metodo più utilizzato per la determinazione dello stress idrico ai fini irrigui.

L'obiettivo principale del lavoro è stato quello di valutare, per la coltura dell'agrume, le performance di sistemi irrigui a goccia superficiali (DI) o sotterranei (SDI), con 7 o 14 erogatori per pianta, sulle rese produttive, sull'efficienza d'uso dell'acqua (IWUE) e sul risparmio idrico conseguibile.

L'esperimento è stato condotto ad Alberique, Spagna (39°7'31" N, 0°33'17" W), nel 2014 e nel 2015, in un agrumeto commerciale (*Citrus clementina*, Hort. Ex Tan. 'Arrufatina') nel quale sono stati realizzati quattro diversi trattamenti, seguendo uno schema a blocchi randomizzati con tre repliche. La programmazione irrigua (volumi e tempi) è stata effettuata attraverso la stima dell'evapotraspirazione massima, corretta sulla base delle misure di potenziale idrico dell'asse (ψ_{stem}) e delle previsioni meteo. Al fine di limitare lo stress, le soglie di ψ_{stem} sono state assunte nel range -0.8 e -1.0 MPa da gennaio a giugno e tra -1,0 e -1,2 MPa nel secondo semestre di ciascun anno.

Il contenuto idrico del suolo è stato monitorato a diverse profondità mediante il sensore Enviroscan (Sentek, Stepney, Australia.), mentre i valori ψ_{stem} sono stati acquisiti, all'incirca ogni settimana, con una camera Scholander. Alla fine di ogni stagione sono stati altresì determinati il numero di frutti per pianta, il peso medio e la resa complessiva, con le rispettive variabilità.

I risultati hanno permesso di dimostrare che, per entrambi i sistemi DI e SDI, raddoppiando il numero di erogatori per pianta si determina un aumento del numero e del peso medio dei frutti, sebbene le differenze non siano risultate statisticamente significative. Nei due anni esaminati, i valori medi del parametro IWUE associato ai due sistemi di distribuzione sono risultati pari a 6,5 e 7,4 kg/m³. Le migliori performance sono state conseguite con la subirrigazione (14 erogatori per pianta) che ha permesso un risparmio idrico di circa il 23% (2014) e il 28% (2015), rispetto al sistema tradizionale con 7 erogatori per pianta, senza evidenziare apprezzabili riduzioni di resa.

Summary

Application of strategies aimed to increase water use efficiency in agriculture is crucial in the Mediterranean countries, often characterized by limited water resources. If on the one hand it is necessary choosing the most appropriate irrigation system, on the other it is necessary identifying suitable management options to optimize water use, without affecting crop production. Such management strategies, however, require the monitoring of soil and crop water status, to avoid severe stress conditions that may have adverse and irreversible effects on plant and crop yield. For irrigation purposes, predawn or midday leaf/stem water potentials have been widely used to evaluate crop water stress.

The main objective of the work was to assess, on a citrus orchard, the performance of surface (DI) and subsurface (SDI) drip irrigation systems with 7 or 14 emitters per plant, in terms of yield, water use efficiency (IWUE) and achievable water saving.

The experiment was carried out in 2014 and in 2015 in Alberique, Spain (39 ° 7'31" N, 0 ° 33'17" W), in a commercial citrus orchard (*Citrus clementine*, Hort. Ex Tan. 'Arrufatina') on four different treatments with three replicates, prepared according to a randomized block design. Irrigation volumes and timing were scheduled based on estimated maximum evapotranspiration, corrected according to measured stem water potentials (ψ_{stem}) and weather forecast. In order to limit plant water stress, the thresholds for ψ_{stem} were assumed in the range between -0.8 and -1.0 MPa from January to June and between -1.0 and -1.2 MPa in the remaining period of the year.

In each plot, soil water content at different depths were monitored with an Enviroscan probe (Sentek, Stepney, Australia.), whereas ψ_{stem} was measured approximately every week with a Scholander chamber. At the end of each season, the number and weight of fruits per plant, the total yield and their respective variability were also determined.

The results showed that by doubling the number of emitters per plant increases fruit number and their average weight, although with no statistically significant differences. For the two examined years, values of IWUE associated to the distribution systems of 7 and 14 emitters per plant were of 6.5 and 7.4 kg/m³, respectively. The best performance was achieved with subsurface drip irrigation and 14 emitters per plant that, compared to the traditional surface system and 7 emitters per plant, allowed obtaining water savings of about 23% (2014) and 28% (2015), without appreciable yield penalty.

¹Center for Applied Biology and Soil Sciences (CEBAS-CSIC), Murcia, Spain. ²Valencian Institute for Agricultural Research (IVIA), Valencia, Spain, Unidad Asociada al CSIC "Riego en la agricultura mediterránea". ³Centre for Regional and Rural Futures (CeRRF), Deakin University, Griffith, NSW, Australia. ⁴Department of Agricultural and Forest Sciences, University of Palermo (UNIPA), Palermo, Italy

EFFETTO DEL CAMBIO DI USO DEL SUOLO SUI SERVIZI ECOSISTEMICI NEL BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME ALENTO

N. Romano¹, B. Sica, M. Palladino, P. Nasta

Sommario

A partire dal dopoguerra, l'abbandono agricolo dalle zone collinari e montane del bacino idrografico del Fiume Alento (Alto Alento; Regione Campania, Prov. di Salerno) ha indotto una espansione della foresta e delle specie vegetali endemiche. L'impatto del cambio di uso del suolo sui servizi ecosistemici di questa zona è senz'altro strategico rispetto alle valutazioni del bilancio idrologico e sulla conseguente erosione del suolo. Lo studio si basa sulla disponibilità di tre mappe storiche di uso del suolo rilevate negli anni 1955, 1998 e 2015. Nel 1955 il paesaggio è documentato con la sua massima espansione di pascolo e coltivazioni, mentre nel 2015 si rileva un notevole avvento delle foreste che ormai occupano circa il 70% del bacino idrografico. Queste informazioni, insieme con quelle meteorologiche e pedologiche, sono state implementate nel modello idrologico AGWA, che è stato calibrato e validato mediante misure dirette dei volumi di acqua registrati nel periodo 1995-2004 alla diga che chiude il bacino ed è utilizzata per regolare l'acqua immagazzinata a scopi irrigui, potabili e idroelettrici. Le simulazioni numeriche svolte forniscono utili interpretazioni delle differenze di bilancio idrico e trasporto dei sedimenti allorché lo scenario territoriale del 1998 è confrontato con quelli rilevati nel 1955 e nel 2015. L'esame di maggiore dettaglio delle situazioni estreme (ossia gli anni 1955 e 2015) rivela che il rimboschimento ha ridotto i volumi di acqua che entrano nell'invaso artificiale della diga a fronte di un aumento dell'evapotraspirazione effettiva. Con riferimento alle opportunità di finanziamento offerte dall'Unione europea negli ultimi decenni, questo studio fornisce alcune indicazioni pratiche sull'impatto della riconversione terre coltivate sui servizi ecosistemici e offre spunti per l'attivazione di azioni efficaci di mitigazione dei fenomeni erosivi in zone soggette al tipico clima Mediterraneo. L'ultima parte di questo studio valuta il rapporto fra le caratteristiche delle precipitazioni e i volumi idrici nell'invaso della diga.

Summary

After the war the agricultural abandonment from the hilly and mountainous areas of the Hydrographic Basin of the Alento River has led to the re-expansion of forest. The impact of land use change is strategic on Ecosystem Services, such as the water balance and the resulting soil erosion. The study is based on the availability of three historical land use maps (1955, 1998 and 2015). In 1955, we document the landscape with its greatest expansion of pasture and crops, while in 2015 we record a massive advent of forests that now occupy about 70% of the catchment area. The use of the 1998 scenario was implemented in the automated model AGWA (implemented in SWAT-GIS) that has been calibrated and validated by direct measurements of water yield in the period 1995-2004 entering the water reservoir bounded by a dam used to regulate the water for irrigation, drinking and energy purposes. Numerical simulations help interpret the differences of water balance and the transport of sediment when the set up of 1998 is compared with those of 1955 and 2015. Comparing the extreme situations (1955 and 2015), reforestation reduces the water yield (by 132 mm representing a gap of 11% of the average annual rainfall) as it increases the actual evapotranspiration (by 114 mm representing a 10% gap of average annual rainfall). With reference to the funding opportunities offered by the EU in recent decades, this study provides some practical guidance on the impact of conversion cropland ecosystem services and offers actions to mitigate soil erosion in this area of the Mediterranean. The last part of this study evaluates the relationship between the characteristics of rainfall and water yield in the water reservoir.

MODELLIZZAZIONE DELLA VARIAZIONE DI TEMPERATURA DELLE ACQUE DEL LAGO DI BARATZ: PRIMI RISULTATI

Water temperature modelling of Lake Baratz: first results

F. Lai¹, F. Giadrossich¹, T. Bueche², R. Marrosu¹, M. Pirastru¹, S. Di Prima¹, M. Niedda¹

Sommario

La sensibilità ai cambiamenti climatici è particolarmente accentuata nei laghi delle regioni aride e semi-aride, come in tutto il bacino del Mediterraneo. L'utilizzo di modelli idrodinamici per simulare la temperatura dell'acqua rappresenta un valido approccio per capire l'impatto dei cambiamenti climatici sui laghi. Il presente studio riguarda il monitoraggio e la modellazione della temperatura del Lago di Baratz, l'unico lago naturale della Sardegna. Il lavoro di modellazione è stato fatto attraverso l'applicazione del modello unidimensionale General Lake Model (GLM). I dati di input sono stati raccolti sia da una stazione meteorologica a terra sia da una stazione galleggiante posta al centro del lago, entrambe operative da oltre 5 anni. La stazione galleggiante è equipaggiata per la registrazione in continuo dei dati ambientali e di temperatura dell'acqua a profondità crescenti di un metro sulla colonna d'acqua, fino al fondo del lago. Il presente studio ha riguardato il quadriennio 2011 al 2015. I risultati delle simulazioni delle variazioni di temperatura dell'acqua hanno registrato un errore medio di -0.87 °C e una deviazione standard di 1.61 °C. I valori dell'errore medio maggiori si sono registrati negli strati più superficiali (epilimnio), mentre in quelli centrali (termoclino) e in quelli più profondi (ipolimnio) l'errore medio è stato minore. Tuttavia lo studio dimostra come nei periodi dove la temperatura media dell'aria e la radiazione incidente sono maggiori, il modello presenta qualche difficoltà nel riprodurre le variazioni di temperatura dell'acqua osservate. Inoltre, il modello risulta molto sensibile alla ventosità e alle forti precipitazioni. I risultati ottenuti dal presente studio dimostrano comunque la validità del modello GLM, anche se ulteriori studi potrebbero portare a ottimizzare le simulazioni, soprattutto per laghi poco profondi come il lago di Baratz (6-8 metri) dove si possono verificare rapide variazioni del gradiente verticale di temperatura.

Summary

Sensitivity to climate change is particularly pronounced in the lakes of the arid and semi-arid regions, as throughout the Mediterranean basin. The use of hydrodynamic models to simulate the water temperature is a valid approach to understanding the impact of climate change on lakes. This study deals with the monitoring and modeling of the water temperature of Lake Baratz, the only natural lake in Sardinia. The modeling of the temperature of the water was done through the use of unidimensional model General Lake Model. Data have been collected both at a land meteorological station and at a raft station, for over 5 years. The validation of the model was made comparing the recorded data with simulated ones. The results obtained have it demonstrated a good simulation of the temperature of the water by the model, with a mean error of -0.87 °C and a standard deviation of 1.61 °C. The largest of the mean error values were recorded in the more surface layers (epilimnion), while in central ones (thermocline) and in the deeper ones (hypolimnion) the average error was minor. However, the study shows how in periods where the average air temperature and the radiation incident are higher, the model presents some difficulties in the temperature water simulation. Moreover, the model is very sensitive to wind and heavy precipitation, as reported in the data obtained from the simulation. The results obtained in this study demonstrate the validity of the model GLM, although further study could lead to improvement the simulations, especially in those lakes shallow where there is a very marked variation of vertical gradient of temperature.

¹ Dipartimento di Agraria, Università di Sassari, Italy

² Department of Geography, Ludwig-Maximilians-University, Munchen, Germany

UNA SOLUZIONE ANALITICA DELLA DISTRIBUZIONE DI PROBABILITÀ DELLA PORTATA DI PIENA PER VERSANTI PERMEABILI

Analytical solution of the probability distribution of peak discharge for pervious hillslopes

G. Baiamonte¹

Sommario

La distinzione del bacino idrografico in versanti e reticolo attiene ai differenti processi che in essi specificamente hanno luogo. I versanti sono sede dei fenomeni diffusi di *formazione del deflusso superficiale*, mentre la rete è sede di fenomeni concentrati di trasporto del deflusso sino alla sezione di chiusura del bacino. La risposta idrologica dei versanti è dunque di fondamentale importanza nel calcolo delle portate di piena, soprattutto per i piccoli bacini, in cui il comportamento del versante prevale sulla risposta complessiva. È noto che la portata di piena, corrispondente alla durata critica della pioggia e, in particolare, la sua distribuzione di probabilità, sono necessarie in numerosi problemi pratici (il dimensionamento di opere idrauliche, la progettazione di infrastrutture urbane ed extraurbane, etc.). Nell'ipotesi che la formazione prevalente del deflusso superficiale avvenga secondo lo schema *Hortoniano*, tipico dei versanti con scarsa copertura vegetale e modesta permeabilità dei suoli, nel lavoro viene derivata una soluzione analitica della distribuzione di probabilità della portata di piena dei versanti, unendo tre modelli: (1) il modello di Green-Ampt per tenere conto dell'infiltrazione, (2) il modello dell'onda cinematica per il trasferimento della portata di piena al piede del versante, e (3) la curva di probabilità pluviometrica (IDF) per descrivere l'intensità massima della pioggia di assegnato tempo di ritorno. Viene illustrata la soluzione in cui figurano dei parametri che descrivono sinteticamente la geometria del versante, le caratteristiche idrologiche del suolo e quelle della pioggia. È indagato inoltre l'effetto della condizione iniziale di umidità del suolo (ASMC) sulla distribuzione di probabilità della portata di piena che, com'è noto, riveste un ruolo centrale rispetto alle altre grandezze. Alcune applicazioni del modello effettuate per un suolo siciliano, mostrano che per fissata probabilità di non superamento della portata di piena, quest'ultima aumenta con ASMC. All'aumentare della probabilità, l'influenza di ASMC sulla portata di piena si riduce sensibilmente. Infine, per un set di parametri che caratterizzano il suolo e la pioggia, viene mostrato che la distribuzione di probabilità derivata secondo lo schema delineato è riprodotta bene dalla distribuzione gamma, già impiegata per descrivere il solo processo di trasferimento del deflusso, per versanti quindi impermeabili.

¹Università degli Studi di Palermo, Dipartimento Scienze Agrarie e Forestali, Viale delle Scienze 13, 90128 Palermo, Italy.

RUOLO DELLA VEGETAZIONE RIPARIALE NELLA STABILIZZAZIONE DEGLI ALVEI DI CORSI D'ACQUA MONTANI

The role of riparian vegetation in streambed stabilization

A. Andreoli¹, G.B. Bischetti², E.A. Chiaradia², A. Cislighi², F. Comiti¹

Sommario

La vegetazione riparia può influenzare significativamente la capacità di convogliamento della portata liquida e solida dei corsi d'acqua. Fondamentalmente le piante presenti sul contorno bagnato da una parte favoriscono la deposizione e dall'altra con il loro apparato radicale stabilizzano i depositi che si formano, influenzando la morfologia del corso d'acqua.

Per valutare gli effetti della vegetazione riparia, e in particolare del suo apparato radicale, sulla ritenzione dei sedimenti e sulla morfologia, sono state effettuate misure di densità e resistenza meccanica degli apparati radicali, in cinque trincee scavate sul torrente Mareit/Mareta in provincia di Bozen/Bolzano, dove nel 2010 è stato effettuato uno dei più significativi interventi di riqualificazione fluviale. Quattro trincee sono state scavate su isole fluviali vegetate, mentre una sulla sponda sinistra del torrente.

Sono state anche effettuate analisi sullo sviluppo dei raggruppamenti vegetali pre- e post- intervento di riqualificazione, per poter poi estendere i risultati a scala di tratto, attraverso la differenza tra quote di DEM (DoD) ottenuti con LiDAR aereo e fotogrammetria "Structure from Motion" (SfM).

I risultati ottenuti dall'analisi dei raggruppamenti vegetali mostra come questi diminuiscano nel tempo come numero, da 101 nel 2010 a 81 nel 2014, come conseguenza dell'unione di più raggruppamenti. L'area complessiva coperta dalle piante è invece cresciuta di quasi il 300%. La dimensione minima dei raggruppamenti è diminuita in seguito alla realizzazione di nuovi piccoli raggruppamenti, collocati prevalentemente nel mezzo dell'alveo come isole, mentre la massima dimensione è cresciuta.

I risultati relativi al rinforzo radicale, mostrano che l'incremento in termini di coesione aggiuntiva è stato di 5-30 kPa, mostrando l'importanza della vegetazione nello stabilizzare il letto e quindi anche nella dinamica morfologica del torrente.

Summary

Instream and riparian vegetation may significantly affect flow discharge and sediment transport in channels with rigid and flexible vegetation, under emergent and submerged conditions. Riparian plants, in fact, increase flow resistance inducing sediment deposition, whereas the root systems stabilize the deposited sediments.

In order to estimate the effects of the vegetation root system on sediment retention and stream morphology, we measured roots density and strength in five points of Mareit/Mareta river in Bozen/Bolzano Province, where one of the largest river restoration intervention was carried out.

Four trenches were excavated on a vegetated island and one trench on the vegetated left bank of the channel. Samples of roots were brought to laboratory for tensile strength testing and root reinforcement was calculated. Moreover, an analysis of vegetation patch difference between pre- and post-restoration was performed in order to extend the effect of root reinforcement at a reach scale. Increased surface occupancy of riparian vegetation and vertical growth was estimated by calculating difference of DEM (DoD) produced with airborne LiDAR and Structure from Motion (SfM) photogrammetry.

Results from vegetation patches analysis, show that the number of patches decreased from 101 in pre-restoration year (2010) to 81 in post-restoration year (2014) as result of vegetation patches merging, whereas the total covered area increased of almost 300%. The minimum size of the patches decreased between pre- and post-restoration proving a recruitment of totally new small patches located in some little island in the middle of the channel, while the maximum patch surface increased in post-restoration conditions as result of merging patches.

Results from root reinforcement analysis show that roots can exert an additional cohesion from 5 to 30 kPa underlining the importance to consider the effect of the vegetation in stabilizing the bed and the consequence on morphology dynamics in gravel-bed rivers.

¹Facoltà di Scienze e tecnologie, Libera Università di Bolzano, piazza Università 5, 39100 Bolzano, Italia Andrea.Andreoli@unibz.it

²Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali, Università degli Studi di Milano, via Celoria 2, 20133 Milano, Italia

L'EFFETTO DELLA VEGETAZIONE FLESSIBILE SUL DEFLUSSO IN CANALI DI BONIFICA. MISURE DI CAMPO E MODELLAZIONE PER LA STIMA DELLA RESISTENZA AL MOTO

The effect of flexible vegetation on flow in drainage channels. Field surveys and modelling for roughness coefficients estimation

A. Errico, V. Pasquino, L. Giannecchini, E. La Sala, F. Preti

Sommario

La gestione della vegetazione nei canali di bonifica rappresenta una delle attività principali dei Consorzi di Bonifica nel periodo primaverile-estivo. Se da un lato lo sviluppo della vegetazione riparia lungo i canali e all'interno delle sezioni idriche ne comporta un aumento della resistenza alla corrente (con conseguente riduzione della capacità di smaltimento), dall'altro essa costituisce un habitat di fondamentale importanza per la sopravvivenza e la riproduzione di un gran numero di specie animali, alcune delle quali a rischio di estinzione proprio per la rarefazione degli habitat. Generalmente gli Enti gestori effettuano lo sfalcio totale della copertura vegetale almeno due volte l'anno. Tale operazione viene condotta sulla base di valutazioni qualitative, seguendo un approccio cautelativo. Considerata l'importanza che tali ambienti hanno per la sopravvivenza di specie animali e vegetali, oltre che a rappresentare una notevole aiuto nel contrasto all'erosione delle sponde, è stata condotta una sperimentazione finalizzata ad una valutazione più accurata dell'effetto della vegetazione presente all'interno dei canali, al fine di fornire dati utili ad una valutazione numerica e modellistica a supporto delle decisioni.

La stazione sperimentale è stata realizzata lungo un tratto di 300 m del Fosso Bresciani, un canale delle acque basse facente parte del Bacino di Ponente del comprensorio di Bonifica della Versilia. Le misure sono state condotte su 3 sezioni: alla sezione intermedia è stata realizzata una stazione di monitoraggio delle velocità puntuali con mulinello idraulico. Il profilo del pelo libero è stato monitorato in continuo su tre aste idrometriche localizzate alla tre sezioni di misura. La distribuzione della vegetazione e delle sue caratteristiche è stata rilevata al fine di validare modelli di resistenza esistenti in letteratura. Le misure sono state ripetute per tre diversi scenari vegetazionali: massimo sviluppo di vegetazione in tutta la sezione idrica, rilascio di una fascia vegetata su una sponda, taglio totale. Per ogni scenario è stata costruita la scala di deflusso, ottenuta dalle misurazioni di 4 portate crescenti, artificialmente immerse nel canale sperimentale per mezzo di idrovore mobili fino al massimo riempimento. La misurazione di tutti i parametri descrittivi della corrente ha permesso di ottenere i coefficienti di scabrezza reali in condizioni di moto gradualmente variato. Al fine di validare alcuni modelli di resistenza della vegetazione, è stato effettuato un confronto fra le simulazioni modellistiche secondo le teorie di James (2004), Yang (2009) e Nepf (2012). Impiegando vari metodi di calcolo della scabrezza per sezioni composte (i.e Colebatch, Lotter e altri) i modelli sono risultati efficaci nel predire i valori di scabrezza media. Osservando i risultati sperimentali, la vegetazione al massimo sviluppo è risultata essere influente sui livelli e la distribuzione delle velocità nella sezione, con un coefficiente di scabrezza di Manning medio variabile da 0.08 a 0.06 per portate crescenti. Lo scenario privo di vegetazione è risultato avere un coefficiente di scabrezza stabile pari a 0.02. Di particolare interesse da un punto di vista gestionale è risultato essere lo scenario con una sponda vegetata, con un n di Manning di 0.03: tale risultato costituisce un supporto alla gestione dei canali dalle caratteristiche simili a quello sperimentale, che combini un controllo del rischio idraulico con una manutenzione meno impattante sull'ecosistema acquatico.

Futuri sviluppi del presente lavoro prenderanno in considerazione differenti disposizioni spaziali della fascia vegetata da rilasciare. Si valuteranno inoltre possibili applicazioni di tecniche di remote sensing per la spazializzazione dei parametri vegetazionali al fine di applicare i modelli di resistenza a scala di intero reticolo di drenaggio.

LA QUANTITÀ DI MOTO È IL MIGLIOR INDICE PER LA STIMA DELL'EROSIVITÀ DELLA PRECIPITAZIONE?

Is rainfall momentum the best index for estimating rainfall erosivity?

F.G. Carollo¹, V. Ferro², M.A. Serio¹

Sommario

Nella memoria sono riportati i risultati delle indagini condotte utilizzando le distribuzioni dimensionali delle gocce di pioggia (DSD) rilevate mediante un disdrometro ottico installato, nel periodo Giugno 2006 - Aprile 2014, presso il Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali dell'Università degli Studi di Palermo e nel periodo Luglio 2015-Maggio 2016 presso la stazione sperimentale di El Teularet in Spagna.

Dopo aver aggregato le DSD per classi di intensità differenti in ampiezza, è stata determinata la quantità di moto associando a ciascun diametro della DSD aggregata la relativa velocità di caduta calcolata mediante una relazione reperita in letteratura. Le misure rilevate nei due siti sperimentali mostrano che, per fissata intensità di precipitazione, sia le DSD sia la quantità di moto non risultano coincidenti. Per entrambi i dataset si può individuare l'esistenza di un valore soglia di intensità di precipitazione superato il quale sia il diametro mediano volumetrico sia la quantità di moto variano attorno a un valore costante, che può essere assunto identico per i due siti sperimentali.

A partire dalla distribuzione dimensionale delle gocce di pioggia di Marshall and Palmer, è stata dedotta una equazione teorica che mette in relazione il rapporto tra la quantità di moto e l'intensità di precipitazione esclusivamente con il diametro mediano volumetrico della DSD. Le misure sperimentali disponibili hanno consentito di dimostrare l'applicabilità della suddetta equazione teorica.

Utilizzando anche le misure rilevate in altri contesti climatici mediante differenti tecniche strumentali, la quantità di moto e la potenza cinetica della precipitazione sono risultate strettamente correlate, dimostrando che la quantità di moto può essere utilizzata come indice di erosività della precipitazione in sostituzione della potenza cinetica.

Summary

This paper shows the results of an experimental investigation carried out by the drop size distributions (DSD) measured in the period June 2006- April 2014 using an optical disdrometer installed at the Department of Agricultural and Forestry Sciences of University of Palermo and in the period July 2015-May 2016 at the experimental El Teularet station in Spain.

At first the DSDs are aggregated into intensity classes and then measured momentum values are determined by coupling at each drop of the aggregated DSD the corresponding terminal velocity, which can be calculated by a relationship available in literature. For a fixed rainfall intensity the measurements show that both DSD and rainfall momentum are not coincident. For both datasets a threshold value of rainfall intensity over which the rainfall momentum varies around a constant value can be determined.

Using the raindrop size distribution proposed by Marshall and Palmer a theoretical relationship, according to which the ratio between the rainfall momentum and rainfall intensity depends only on the median volume diameter of the distribution, is deduced. The available measurements show the reliability of this theoretical relationship.

Using also measurements carried out in other climatic contests by different measurement techniques, the analysis also shows that the rainfall momentum is strictly correlated to the kinetic power of the precipitation.

This last result suggests that the rainfall kinetic power can be substitute by rainfall momentum as index for estimating the rainfall erosivity.

¹Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali, Università di Palermo

²Dipartimento Scienze della Terra e del Mare, Università di Palermo

SVILUPPO E VALUTAZIONE DI PRATICHE SOGLIE PER SEPARARE LE PIOGGE EROSIVE RESPONSABILI DI PROCESSI INTERRILL E RILL

F. Todisco, A. Vinci, L. Vergni, F. Mannocchi, V.Pampalone

Sommario

Individuare soglie di semplice e pratica determinazione capaci di operare una separazione tra piogge non erosive ed erosive ed ancora tra piogge che determinano processi rill e interrill, ha una notevole importanza da un punto di vista sia pratico sia scientifico. Permette infatti di ridurre il lavoro necessario a gestire ed elaborare gli eventi erosivi e fornisce utili informazioni per determinare l'insacco dei processi erosivi di diversa entità e natura e conseguentemente per comprenderne meglio le dinamiche. Fenomenologia ed entità dei processi erosivi sono strettamente legate alle caratteristiche dell'evento di precipitazione che lo innesca ed alla sua dinamica temporale. Lo ietogramma di pioggia è tra le caratteristiche di un evento quello più largamente disponibile a livello territoriale, essendo i dati energetici di più complessa misurazione ed interpretazione.

L'obiettivo del lavoro è quello di sviluppare e di valutare, a partire dai soli ietogrammi di pioggia, soglie in grado di a) separare le piogge non erosive da quelle che determinano erosione di tipo interrill, b) distinguere piogge che determinano erosione interrill da quelle che provocano erosione di tipo rill, c) essere quantificate sulla base del loro effetto sul calcolo dell'erosività della pioggia.

Sono stati analizzati i record di piogge della stazione di Masse (258 eventi di pioggia di cui 188 eventi non erosivi e 70 eventi erosivi tutti di tipo interrill) e di Sparacia (34 eventi erosivi di cui 18 di tipo interrill e 16 di tipo rill recente analisi). Per il database di Masse sono state sviluppate e verificate le soglie per separare le piogge non erosive da quelle erosive-interrill mentre per il database di Sparacia sono state sviluppate e verificate le soglie per separare le piogge erosive-interrill da quelle erosive-rill.

A Masse l'altezza di pioggia dell'evento è stato, tra gli indici analizzati, quello più efficace per distinguere tra eventi piovosi non erosivi ed erosivi interrill. La soglia determinata è $p = 13$ mm che è molto simile al valore di 12,7 mm utilizzato da Whischmeier e Smith (1958) ma, contrariamente a questi ultimi, un eventuale doppio criterio non garantisce un miglioramento dell'efficacia del metodo. A Sparacia invece, per separare gli eventi rill da quelli interrill, il criterio proposto da Whischmeier e Smith (1958) non è risultato efficace e l'individuazione dell'indice ha richiesto la conoscenza approfondita delle caratteristiche dello ietogramma di pioggia.

EFFETTI DI SCALA NELLA MISURA DEL DEFLUSSO E DELLA PERDITA DI SUOLO NELL'AREA SPERIMENTALE DI SPARACIA

Scale effect on measured runoff and soil loss at Sparacia experimental area

V. Bagarello¹, V. Ferro²

Summary

Explaining scale effects for runoff and erosion improves our understanding of hydrological and erosion processes and our ability to simulate these processes. A dataset usable for checking scale effects should be developed taking into account the following requirements: i) sampling the largest possible number of erosive events; ii) considering all soil erosion relevant variables, i.e. runoff, sediment concentration and soil loss; and iii) using data when plots of the prescribed sizes are simultaneously operating for an event; and iv) including three or possibly more plot sizes in the dataset, so to perform a reliable fitting of a chosen scaling relationship to the data. A dataset including 21 erosive events was developed at the Sparacia experimental site to check plot length effects on event runoff per unit area, Q_e , sediment concentration, C_e , and soil loss per unit area, SL_e .

The most common result, occurring for the 57-62% of the events depending on the considered variable, was the lack of any scale effect. When scale effects were detected, they indicated that longer plot lengths yielded smaller Q_e and SL_e values and larger C_e values. Scale effects were more variable for erosion than runoff. Rainfall characteristics did not explain the occurrence of significant scale effects nor they were able to describe changes in the scaling exponent for C_e and SL_e . However, scale effects for plot runoff decreased as rainfall amount or its erosivity increased. The collected data could not be always sufficient to support description of scale effects by the commonly used power scaling relationship. Additional investigations on plot scale effects are advisable to both explain with more confidence what factors control the response of plots differing in length and establish what is the most appropriate way to summarize the data.

¹Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali, Università di Palermo

²Dipartimento Scienze della Terra e del Mare, Università di Palermo

CHECKING GENERALIZATION OF THE USLE-MM IN CENTRAL AND SOUTH ITALY

Verifiche di applicabilità della USLE-MM nel Centro e Sud Italia

V. Bagarello¹, V. Ferro², F. Todisco, L. Vergni, P. Porto

Summary

The USLE-MM, that was proposed for estimating event soil loss from plots, makes use of an erosivity term given by the product between the runoff coefficient, Q_R , and the single-storm erosion index, EI_{30} , raised to an exponent $b_1 > 1$. Currently, calibration of the model has been performed only locally, i.e. at particular experimental sites, and only a few attempts have been finalized to establish if a single model of more general use can be developed. Following the USLE scheme, a model has characteristics of generality if b_1 does not vary with the site whereas the soil erodibility factor is site-dependent.

With reference to three experimental sites located in Calabria (Bagnara), Sicily (Sparacia), and Umbria (Masse), the objective of this investigation was to establish if using a site-independent exponent of the erosivity term is possible from a practical point of view.

Initially, the USLE-MM was calibrated at each site using a large dataset of normalized soil loss values, $A_{e,N}$ ($N = 90, 570$ and 532 for Bagnara, Sparacia and Masse, respectively), collected on consistently bare plots. The, a single dataset was developed by pooling the $(Q_R EI_{30}, A_{e,N})$ data pairs collected at these three stations together and a common estimate of the b_1 coefficient, b_{1c} , was obtained. Subsequently, the soil erodibility factor of the USLE-MM, K_{UMM} , was calculated for the two stations according to the procedure that was used to determine the soil erodibility factor by the designers of the USLE and that was also applied in other investigations to determine the temporal variability of the soil erodibility factor. Finally, a comparison between the measured and the predicted $A_{e,N}$ values was carried out with reference to the two considered scenarios, i.e. locally calibrated model and single model. The commonly used coefficient of determination, R^2 , the root mean square error, RMSE, and the Nash-Sutcliffe Efficiency Index, NSEI, were used to establish the performances of the model.

The locally calibrated model performed satisfactorily well at all sites ($0.543 \leq R^2 \leq 0.728$), supporting the validity of the considered scheme to predict soil loss at the event temporal scale. A similar performance was detected when the USLE-MM was fitted to the pooled dataset to determine b_{1c} ($R^2 = 0.669$). Using a common exponent and locally calibrated soil erodibility factors yielded $RMSE = 1.505$ and $NSEI = 0.580$. Obviously, these two values were higher (RMSE) and lower (NSEI) than the corresponding values obtained by using local estimates of both b_1 and K_{UMM} ($RMSE = 1.280$, $NSEI = 0.696$). However, the worsening of the performances of the model was not substantial, suggesting that using a site-independent exponent of the erosivity term was a practically reasonable choice.

The conclusion of this investigation was that developing a model of the USLE-MM type having an applicability that it is not limited to a few experimental sites appears to be a practical possibility. Additional tests of the USLE-MM scheme are necessary in other places. Procedures to reasonably simply estimate both the plot runoff coefficient and the soil erodibility factor should then be developed.

MISURA DELL'EROSIONE RILL A SCALA PARCELLARE MEDIANTE TECNICA FOTOGRAMMETRICA SFM NELL'AREA SPERIMENTALE DI SPARACIA

Plot rill erosion measurements by SfM photogrammetry at Sparacia experimental area

C.Di Stefano¹, V. Palmeri¹, V. Pampalone¹

Sommario

La verifica dell'applicabilità di tecniche fotogrammetriche terrestri o da sistemi aerei a pilotaggio remoto SAPR per il rilievo dei processi erosivi è stata, recentemente, oggetto di numerose indagini sperimentali.

In occasione dell'evento erosivo del 24 Ottobre 2016 nell'area sperimentale di Sparacia, al fine di misurare l'erosione rill parcellare, sono stati eseguiti su una parcella sperimentale lunga 22 m e con pendenza del 26% un rilievo fotografico terrestre e un rilievo aereo a bassa quota utilizzando un drone e una camera non professionali. L'estrazione della rete di rill dal DEM è stata effettuata mediante un metodo basato sull'indice di convergenza e i singoli elementi sono stati distinti con riferimento alla perdita di suolo in rill contribuenti e rill non contribuenti.

Nella memoria, per i due metodi di rilievo (terrestre e drone), vengono confrontati i valori di alcuni parametri morfometrici della rete di rill (densità di drenaggio, frequenza di drenaggio e numero di Melton) e le misure dei volumi totali dei rill. Un ulteriore confronto, a scala di rill, ha riguardato la relazione lunghezza L - volume V e quella dedotta teoricamente sulla base dell'analisi dimensionale. La misura di perdita di suolo ricavata a partire dai due modelli 3D, ottenuti con le due tecniche di rilievo è stata, infine, confrontata con la perdita di suolo misurata nelle vasche di accumulo poste a valle della parcella. I due metodi di rilievo hanno condotto a risultati confrontabili ed entrambe le misure di perdita di suolo sono risultate molto prossime a quella rilevata in vasca.

Summary

Recently, many investigations were carried out in order to check the applicability of both close-range and UAV photogrammetry to measure soil erosion processes. For measuring rill erosion occurring, on a 22 m long and 26% sloped plot, on 24 October 2016 at the Sparacia experimental area, a terrestrial photographic relief and a low altitude aerial relief were carried out by a no-professional quadricopter and camera. The three-dimensional (3D) DTM and the quasi-tridimensional (DEM) models were obtained. An extraction method of the rill by DEM and a "convergence index" was applied and a subsequent separation of rills into contributing and non-contributing to measured total soil loss was carried out. This paper shows the results of the comparison, for the two methods (close-range, UAV), of both rill network parameters (rill density, rill frequency and Melton's number) and the total rill volumes. Moreover, a comparison between the rill length-volume relationships and the dimensionless morphological relationships was carried out. Finally, the sediment weight measured by the 3D models was compared with that stored into the tanks located downstream of the plot. The results of the two photogrammetric methods were similar and the soil loss measurements were in agreement with that corresponding to the sediment stored into the tanks.

TESTING FLOW RESISTANCE EQUATION FOR RILL FLOW

C.Di Stefano¹, V.Ferro², V. Palmeri¹, V. Pampalone¹

Summary

At first, in this paper a flow resistance equation for rill flow, deduced applying dimensional analysis and self-similarity theory, is firstly presented. The incomplete self-similarity hypothesis was used for establishing the flow velocity distribution whose integration gives the theoretical expression of the Darcy-Weisbach friction factor.

Then the deduced theoretical resistance equation, which was calibrated by some measurements of flow velocity, water depth, cross section area, wetted perimeter and bed slope carried out in 106 reaches of some rills modelled on an experimental plot, is tested using the literature data by Abrahams et al. (1996), Strohmeier et al (2014) and Peng et al. (2015) for rill flows.

The relationship among the velocity profile, the channel slope and the flow Froude number was also calibrated using all available data. Finally the analysis showed that the Darcy-Weisbach friction factor can be accurately estimated by the proposed theoretical approach based on a power-velocity profile.

Sommario

Nella memoria viene inizialmente presentata la legge di resistenza al moto per il caso di correnti in moto nei rill dedotta applicando l'analisi dimensionale e la teoria dell'autosimilarità. In particolare la condizione di auto similarità incompleta è stata applicata per stabilire la legge di distribuzione della velocità della corrente, la cui integrazione permette di dedurre una espressione teorica del coefficiente di Darcy-Weisbach.

Poi la suddetta legge di resistenza al moto, che è stata calibrata utilizzando le misure di velocità della corrente, di tirante idrico, di area della sezione trasversale, di contorno bagnato e di pendenza del fondo effettuate in 106 tratti di alcuni rills modellati su una parcella sperimentale, è verificata utilizzando sia i dati di letteratura di Abrahams et al. (1996), Strohmeier et al (2014) e Peng et al. (2015). La relazione tra il profilo di velocità, la pendenza del fondo ed il numero di Froude della corrente è stata testata utilizzando tutto il data-base disponibile.

Infine l'analisi ha dimostrato che il coefficiente di Darcy-Weisbach può essere stimato con accuratezza facendo ricorso all'approccio teorico proposto che si fonda su una distribuzione della velocità locale della corrente di tipo potenza.

¹Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali, Università di Palermo

²Dipartimento Scienze della Terra e del Mare, Università di Palermo

REALIZZAZIONE DI UNA STAZIONE DI MISURA IN CONTINUO DELLA PORTATA, DEL TRASPORTO SOLIDO IN SOSPENSIONE E DEI LIVELLI PIEZOMETRICI NEL BACINO DEL CARAPELLOTTO. RISULTATI DEL PRIMO ANNO DI ATTIVITÀ.

Setting up of an experimental station for the continuous monitoring of water discharge, suspended sediment transport and groundwater levels in the Carapellotto basin. Results of the first year of activity.

Pagano S.G., Sollitto D.¹, Colucci M.¹, Prato D.¹, Milillo F.², Gentile F.²

Sommario

Il bacino del Carapellotto (area 27.17 km²) si trova nella Puglia settentrionale ed è annidato nel bacino del Carapelle (area 499,4 km²), nel quale i deflussi e il trasporto di sedimenti in sospensione sono monitorati nella stazione di Ponte Ordonà dal 2007. Nella stazione del Carapellotto i deflussi sono misurati mediante un sensore ad ultrasuoni e un sensore radar di velocità, mentre la concentrazione dei solidi sospesi (SSC) viene misurata da un sensore ottico. Inoltre, nove pozzi di monitoraggio localizzati nell'area circostante sono dotati di sonde piezometriche e data logger per la registrazione continua dei dati. L'apparecchiatura è completata da una camera a infrarossi, un data logger che gestisce i dati e li trasmette tramite modem GSM/GPRS, e un pannello fotovoltaico, che fornisce energia elettrica a due batterie collegate in serie.

Nel primo anno di attività sono stati monitorati alcuni eventi di piena, che hanno confermato come le misurazioni di torbidità rappresentino una valida metodologia per il monitoraggio in continuo della SSC. I valori di picco della SSC misurati nel Carapellotto sono elevati e dimostrano come questo sottobacino contribuisca in modo significativo alla produzione di sedimenti dell'intero bacino del Carapelle, mentre la direzione prevalente dei cicli di isteresi è antioraria, in accordo con quanto accade nel bacino principale. Inoltre i dati acquisiti mostrano un'interazione tra i deflussi nel torrente e i livelli piezometrici nei pozzi circostanti.

Summary

The Carapellotto basin (area 27.17 km²) is located in the Apulia region, Southern Italy, and is nested in the Carapelle basin (area 499.4 km²) in which water discharge and suspended sediment transport are monitored in the Ponte Ordonà station since 2007. In the Carapellotto station water discharge is measured using an ultrasonic sensor and a radar velocity sensor, while suspended solids concentration (SSC) is measured by an optical sensor. Furthermore, nine monitoring wells in the surrounding area are equipped with piezometric probes and data loggers for the continuous data recording. The monitoring equipment is completed by a IP-Camera, a data logger that manages all the data and transmits them by means of a GSM/GPRS modem, and a photovoltaic panel, which feeds two series-connected batteries.

In the first year of activity some flood events were monitored, which confirmed that turbidity measurements represent a robust methodology to continuous monitor SSC. SSC peaks registered in the Carapellotto station were high and show that this sub-basin produce a significant sediment delivery to the whole basin, while the predominant direction of hysteresis loops was counter-clockwise, as is the case in the main Carapelle basin. Furthermore, data show an interaction between the water discharge in the torrent and the piezometric levels in the surrounding wells.

¹Autorità di Bacino della Puglia, SP per Casamassima km 3, 70010 Valenzano, Bari

²Dipartimento di Scienze Agro-Ambientali e Territoriali, Università di Bari, via Amendola 165/A, Bari

IDENTIFICAZIONE DELLE AREE SORGENTI DI SEDIMENTO A SCALA DI BACINO MEDIANTE IL MODELLO SWAT

Identifying sediment source areas at basin scale using the SWAT model

Ricci¹ G.F., De Girolamo² A.M., Abdelwahab^{1,3} O.M.M., Gentile¹ F.

Sommario

Il modello SWAT è stato applicato ad un intervallo di tempo di cinque anni al bacino del torrente Carapelle (Puglia settentrionale), per stimare i deflussi e la produzione di sedimento, individuando, inoltre, i sottobacini caratterizzati da un alto tasso di erosione. È stata condotta un'analisi di sensitività, per individuare i parametri che maggiormente influenzano la stima del deflusso e della produzione di sedimento, attraverso l'utilizzo del software di calibrazione SWAT-CUP e dell'algoritmo SUFI-2 (Sequential Uncertainty Fitting-2). I dati osservati nella stazione di misura posta a Ponte Ordon sono stati utilizzati, quindi, per la calibrazione e la validazione del modello.

A scala di bacino la portata media annua (186 mm) corrisponde al 27% della precipitazione totale (686 mm) e la produzione di sedimento media è di 6.2 t ha⁻¹ yr⁻¹. Si è osservato che il grano duro e gli uliveti sono le colture caratterizzate da maggiori valori di erosione. A livello di sottobacino può essere individuato un gradiente, per quanto riguarda la produzione di sedimento, tra le zone di monte e quelle di valle. Per quanto riguarda la sedimentazione, invece, i valori più alti si riscontrano nella parte centrale del bacino, in corrispondenza della prima piana alluvionale. Lo studio conferma che il modello SWAT può essere uno strumento utile per l'individuazione di aree ad alto rischio di erosione e per la stima degli effetti dell'applicazione di pratiche di conservazione del suolo in ecosistemi fragili come quello Mediterraneo.

Summary

The SWAT model was used in the Carapelle basin (Puglia, Southern Italy) to assess streamflow and sediment yield during a five years period record, in order to identify sub-basins with high erosion rates. Sequential Uncertainty Fitting-2 (SUFI-2), a SWAT-CUP sub-module computer program, was used to optimize SWAT parameters. Data collected at the Ordon measuring station were used for SWAT calibration and validation for both streamflow and sediment load.

At basin scale average total water yield (186 mm) corresponds to 27% of the total rainfall (686 mm) and average annual sediment load was 6.2 t ha⁻¹ yr⁻¹. It was noticed that winter wheat and olive groves were the major source areas in terms of sediment load. At sub-basin scale, a gradient of sediment yield can be found which is characterized by a difference between the upper and lower parts of the basin. Deposition, instead, has its highest values in the central part of the basin where there is the first alluvial plain. This study confirms that SWAT model can be a useful tool to identify areas with high erosion risk and estimate the effect of soil conservation practices in a fragile-ecosystem such as the Mediterranean one.

¹Department of Agricultural and Environmental Science, University of Bari, Bari, Italy.

²Water Research Institute, National Research Council, Bari, Italy.

³Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture, Cairo University, Cairo, Egypt

MODELLI ANNUALI DI ISTERESI, DINAMICHE ED EFFETTO MEMORIA DEI FLUSSI DI SEDIMENTO IN SOSPENSIONE IN UN BACINO ALPINO, NELL'ULTIMA DECADE (2006-2015)

Annual hysteresis pattern, dynamics and memory effects of suspended sediment fluxes in an Alpine basin, in the last decade (2006-2015)

Oss Cazzador D., Rainato R., Picco L., Garcia-Rama A., Mao L. and Lenzi M.A.

Sommario

Le dinamiche dei deflussi superficiali e del trasporto di sedimenti in sospensione non sono state ancora pienamente comprese, ed in questo contesto, monitoraggi mantenuti nel lungo periodo sono rari, in particolare nei bacini montani. Le dinamiche del sedimento in sospensione e delle portate liquide derivano da complesse interazioni. In quest'ottica, l'analisi dei cicli di isteresi può essere un indicatore delle differenti dinamiche di deflusso e trasporto di sedimenti. L'obiettivo di questo studio è analizzare le relazioni di isteresi annuale esistenti tra i deflussi idrici ed i flussi di sedimento in sospensione presenti in un bacino alpino. Il Rio Cordon è un torrente a letto corazzato, con forme di fondo a step-pool, drenante un'area di circa 5 km² e situato nella Regione Veneto (Italia). La stazione di monitoraggio posta alla sezione di chiusura del bacino consente, dal 1986, la misura in continuo della portata liquida e del trasporto di sedimenti (sospensione e di fondo). Nel presente lavoro, l'ultimo decennio (2006-2015) è stato analizzato, valutando i cicli di isteresi annuali e definendo le dinamiche del sedimento in sospensione. L'investigazione dei cicli di isteresi mostra in prevalenza un loop con senso orario e forma triangolare, indicando quindi che lo scioglimento nivale è annualmente il maggior contribuente di sedimento in sospensione: il massimo valori di materiale fine registrato durante lo scioglimento nivale è stato 503.6 t nel 2009, mentre durante l'estate e l'autunno è stato rispettivamente 156.4 t (2015) e 84.2 t (2014). Questo lavoro evidenzia, nell'ultimo decennio, il ruolo chiave avuto dallo scioglimento nivale nei confronti del flusso di sedimenti in sospensione. In questo senso, i precedenti studi eseguiti nel bacino del Rio Cordon hanno evidenziato maggiore eterogeneità nei cicli annuali di isteresi. Questa ricerca è stata finanziata dai progetti di ricerca dell'Università di Padova 'Sediment transfer processes in an Alpine basin: sediment cascades from hillslopes to the channel network-BIRD167919' e 'WoodAlp: linking large wood and morphological dynamics of gravel bed rivers of Eastern Italian Alps-PRAT-CPDA149091'.

Summary

The dynamics of runoff and suspended sediment transport are not completely understood, and related studies in mountain catchments with an extended monitoring period are rare in literature. The patterns of suspended sediment concentration and water discharge result from complex interactions between the processes that determine discharge and sediment transport. In this sense, the analysis of hysteresis loop can be an indicator of different runoff and sediment transport dynamics. The aim of this study is to analyse the annual hysteresis relationship between water runoff and suspended sediment load occurred in an alpine basin. The Rio Cordon is a boulder-bed, step-pool stream draining an area of 5 km² in the Veneto Region (Italy). A continuous monitoring station located at the outlet of the basin provides us with data since 1986. Last decade (2006-2015) of monitoring of fine sediment, fluxes were analysed, evaluating annual hysteresis loops and defining suspended load dynamics. Hysteresis loops investigation show a prevalently circular clockwise loop and an upward triangle shape, thus indicating that snowmelt was the main suspended sediment contributor of the year: maximum value of fine sediment budget recorded during the snowmelt was 503.6 t in 2009, while the maximum value during summer and autumn were 156.4 t (2015) and 84.2 t (2014), respectively. This work stresses out the evident relationship between snowmelt and fine sediment fluxes during the last decade, while, previous investigations performed in the Rio Cordons basin detected more heterogeneity in annual hysteresis loops. This research was supported by the University of Padova Research Projects 'Sediment transfer processes in an Alpine basin: sediment cascades from hillslopes to the channel network-BIRD167919', 'WoodAlp: linking large wood and morphological dynamics of gravel bed rivers of Eastern Italian Alps-PRAT-CPDA149091'.

CONNETTIVITÀ MORFOLOGICA E FUNZIONALE NEL BACINO SPERIMENTALE SPA2 IN SICILIA

Testing structural and functional connectivity at SPA2 experimental basin in Sicily

C.Di Stefano¹

Sommario

Il concetto di *sediment delivery* può essere utilizzato per misurare la *sediment connectivity* di un bacino evidenziando sia la componente strutturale, dipendente dalle unità morfologiche, dalla lunghezza e pendenza della pendice e dal tempo di trasferimento, sia quella funzionale (trasformazione afflussi-deflussi e processi di trasporto solido a scala di unità morfologica).

Nella memoria il concetto di *sediment connectivity* è stato verificato utilizzando il modello SEDD (Sediment Delivery Distributed model), che tiene conto dei processi di trasporto solido a scala di unità morfologica, ed utilizzando le misure di produzione di sedimenti effettuate nella sezione di chiusura del bacino sperimentale SPA2 in Sicilia.

Inizialmente l'espressione del coefficiente di resa solida (*sediment delivery ratio*) SDR_i dell'unità morfologica è stata modificata per mettere in evidenza le due componenti corrispondenti, rispettivamente, alla parte strutturale ($SDR_{L,i}$) e a quella funzionale ($SDR_{F,i}$) della *sediment connectivity*. La distribuzione di frequenza del tempo di trasferimento di ciascuna unità morfologica è stata utilizzata per stimare il coefficiente β_L della componente strutturale del *sediment delivery ratio* di ciascuna unità morfologica.

Poi per il bacino SPA2, suddiviso in unità morfologiche, il modello SEDD è stato calibrato, utilizzando le misure di produzione di sedimenti effettuate nel periodo Aprile 2000-Marzo 2015, per stimare il coefficiente β_F della componente funzionale del *sediment delivery ratio* di ciascuna unità morfologica.

L'analisi effettuata ha permesso di stabilire che la *connectivity* funzionale è dipendente dall'intensità dell'evento erosivo e per eventi contenuti la *sediment connectivity* è governata esclusivamente dalla sua componente strutturale.

Infine, a scala annua, il modello è stato calibrato nel periodo 2000-2015 e le relazioni per la stima del coefficiente $\beta_{F,a}$ della componente funzionale del *sediment delivery ratio* sono state determinate tenendo conto dell'intensità degli eventi erosivi verificatesi.

Summary

The concept of *sediment delivery* can be used as a measure of *sediment connectivity* and it can be linked to both the structural connectivity (morphological unit, slope length, slope steepness, travel time) of a basin and the functional connectivity (rainfall-runoff and sediment transport processes at morphological unit scale).

In this paper the *sediment connectivity* concept was tested at basin scale applying SEDiment Delivery Distributed (SEDD) model, which takes into account the hillslope sediment transport, and using sediment yield measurements carried out at SPA2 experimental basin (Sicily, Italy).

At first the expression of the *sediment delivery ratio* SDR_i of a morphological unit is modified for highlighting two components corresponding to the structural ($SDR_{L,i}$) and functional ($SDR_{F,i}$) components of the *sediment connectivity*, respectively. The frequency distribution of the travel time of each morphological unit for SPA2 basin is used to estimate the coefficient β_L of the structural component of the *sediment delivery ratio* of each morphological unit.

Then for the SPA2 basin discretized into morphological units the SEDD model was calibrated at event scale, using the sediment yield measurements carried out at the outlet of the experimental basin in the period April 2000-March 2015, for estimating the coefficient β_F of the functional component of the *sediment delivery ratio* of each morphological unit.

The developed analysis allowed to establish that the functional connectivity is dependent on the magnitude of erosion events and for low events the *sediment connectivity* is only governed by its structural component.

Finally, at annual scale, the model was calibrated for the period 2000-2015 and relationships for the estimate of the coefficient $\beta_{F,a}$ of the functional component of the *sediment delivery ratio* taking into account the intensity of erosion events occurring in each year were determined.

¹Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali, Università di Palermo

MODELLAZIONE DELLA SEDIMENT CONNECTIVITY IN AREE CALANCHIVE

Modelling sediment connectivity in calanchi areas

N.Caraballo-Arias¹, C. Di Stefano¹, V.Ferro²

Sommario

Il *calanco* è un una tipica forma badland generata da intensi fenomeni erosivi che si presenta come una piccola unità idrografica caratterizzata da versanti molto pendenti, generalmente privi di vegetazione, e da valori elevati della densità di drenaggio. Ad una scala spaziale e temporale breve i *calanchi* presentano processi geomorfologici e forme morfologiche che sono tipiche dei bacini fluviali e, pertanto, possono essere considerati come dei micro-bacini simili a quelli di più grande scala.

Per investigare le caratteristiche morfologiche che controllano la *sediment connectivity* dei bacini calanchivi sono state esaminate due aree studio, localizzate in Sicilia ed in cui ricadono 119 *calanchi*, utilizzando le ortofoto disponibili e i Modelli Digitale del Terreno (MDT) con risoluzione planimetrica a 2 m.

L'applicazione della legge di Hack ha dimostrato che i bacini calanchivi tendono a diventare più larghi al crescere della superficie, suggerendo per tanto che *calanchi* hanno una connettività dei versanti al canale principale minore del caso fluviale. È stata anche verificata l'applicabilità della legge di Melton.

L'analisi ha permesso di determinare la distribuzione di frequenza empirica del tempo di trasferimento $T_{p,i}$, che è il rapporto tra la lunghezza del percorso idraulico sul versante e la relativa pendenza, di ciascuna cella del MDT fino al primo elemento del reticolo dei canali del *calanco*. Per ciascun *calanco* la suddetta analisi ha dimostrato che la probabilità che le particelle solide erose si fermino prima di raggiungere una cella del reticolo può essere utilizzata per esprimere la connettività strutturale dei versanti. Il concetto di *sediment delivery ratio* di ciascuna cella del versante calanchivo SDR_i è stato utilizzato come una misura della connettività sedimentologica dato che valori bassi di SDR_i implicano una mancanza di connettività strutturale e/o idrologica. Per ciascun *calanco* la distribuzione di frequenza empirica del tempo di trasferimento ha consentito sia di testare l'applicabilità dell'espressione di SDR_i utilizzata nel modello SEDD sia di stimare il coefficiente β che in essa compare.

Infine, il valore mediano del tempo di trasferimento e il sediment delivery ratio SDR_w di ciascun bacino calanchivo sono stati calcolati per valutare la connettività strutturale a scala di intera area calanchiva.

Summary

Calanchi, a type of Italian badlands created by a combination of water erosion processes and environmental constraints controlling their development, is a striking example of long-term landscape evolution. In small temporal/spatial scales, the *calanchi* exhibit many of the geomorphic processes and landforms that may be observed in fluvial landscapes, hence they may be considered as micro-basins where geomorphic dynamics and features can be related.

For detecting the morphological characteristics controlling the sediment connectivity of *calanchi* basins, two areas located in Sicily (Italy) were examined. The investigated features were identified on 119 *calanchi* basins and mapped using orthophotographs and 2 m resolution DEMs.

Application of Hack's law to the investigated *calanchi* basins showed that these badlands become more and more wide when their size increases, suggesting that *calanchi* tend to have a low connectivity of the hillslopes to the main channel respect to river basins. The applicability of Melton's law is also tested.

The empirical frequency distribution of the travel time $T_{p,i}$, which is the ratio between the length and the square root of the hillslope steepness, of each cell of the *calanchi* DEM, was established. For each *calanco* the analysis demonstrated that the probability that soil particles stop on the hillslope before arriving at a stream cell can be used to represent the hillslope structural connectivity. The concept of sediment delivery ratio of each hillslope cell SDR_i was used as a measure of sediment connectivity since low values of this ratio imply a lack of connectivity (structural and/or hydrological). For each *calanco* the cumulative frequency distribution of the travel time allowed both to test the applicability of the exponential relationship used in SEDD model to calculate SDR_i and to estimate the coefficient β appearing in this relationship.

Finally, the median travel time and the sediment delivery ratio SDR_w of each *calanco* basin were calculated to evaluate the structural connectivity at *calanchi* scale.

¹Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali, Università di Palermo

²Dipartimento Scienze della Terra e del Mare, Università di Palermo

SULLA STIMA DELLA DISTANZA DI ARRESTO DELLE COLATE DETRITICHE

On the assessment of debris-flow travel distance

V. D'Agostino¹, F. Bettella¹

Sommario

Una colata detritica è un fenomeno alluvionale che si verifica nei bacini montani fortemente acclivi e ove sono presenti instabilità e erosioni importanti di versante e di canale. La valutazione del pericolo di questo fenomeno è basata sulla stima delle zone potenzialmente raggiungibili dal flusso, la cui estensione è dipendente dalla distanza di arresto, qui intesa come distanza orizzontale tra il punto di innesco e il punto più lontano ove si ferma la componente solida della colata. In letteratura sono disponibili diversi metodi per la determinazione di questa variabile e, tra questi, i metodi empirici basati su osservazioni di campo sono di utilizzo molto pratico, anche se una loro applicazione generalizzata può risentire di diverse incertezze (p.e., differenza tra il contesto geologico e idrologico ove la formula è stata determinata e quello specifico del caso in esame). Nella ricerca si analizza, attraverso l'analisi di alcuni eventi reali, l'applicabilità di alcuni dei metodi empirici disponibili in letteratura a un set di eventi verificatisi nelle Alpi Italiane (Regione del Veneto e Regione Trentino Alto Adige). Gli eventi analizzati sono debris flow/debris flood le cui caratteristiche deposizionali sono state ben documentate in campo tramite rilievi post-evento. Gli eventi coprono un ampio intervallo di magnitudo volumetriche ($5.3 \cdot 10^3$ - $1.0 \cdot 10^6$ m³) e si sono verificati in bacini aventi caratteristiche geologiche eterogenee. I metodi di stima applicati sono principalmente quelli che legano la distanza di arresto al volume solido movimentato, incluso lo sviluppo di un'equazione predittiva che è stata calibrata specificamente sui casi presi in esame. I risultati individuano le formule di letteratura dimostrate più affidabili, anche in ragione della reologia del tipo di fenomeno, e i margini di incertezza della stima che sono attesi dalla loro applicazione. Si pone infine l'accento sull'opportunità, proprio in ragione di un'incertezza legata alla natura stocastica dei debris flow, di eseguire la mappatura del rischio e, non di meno, la zonizzazione urbanistica di un conoide interponendo sempre un'area cuscinetto (zona "buffer") fra le zone stimate come 'sicure' e quelle individuate come limite più distale del percorso di arresto.

Summary

Debris flows are common phenomena in mountainous, steep and prone-to-intense-erosion catchments. The hazard assessment in view of their occurrence is mainly based on the estimation of the potential inundated area. The travel distance (the entire horizontal path length) is the most important variable to easily estimate the debris-flow impact on the fan. Different methods exist to predict this variable. Among these, empirical-statistical approaches are the most immediate to apply, although they should be adopted only when conditions are similar to those on which their development was based. In this research, several literature methods to assess the travel distance are presented focusing on the empirical-statistical methods that mostly relate travel distance to the event sediment volume. The debris-flow catchments under analysis have different geological and hydrological features and the deposited volumes cover a wide interval of magnitude (volume range: $5.3 \cdot 10^3$ - $1.0 \cdot 10^6$ m³; Veneto and Trentino Alto Adige Regions, Italian Alps). The literature runout equations are tested through information from after-event field surveys. The research results yield a positive confirmation in using some empirical literature equations as well as a specific calibrated equation, and assessing the degree of uncertainties in the estimate according to the flow type (debris flow/flood). Technical advices close the contribution addressing the opportunity - when maps are produced for risk management and urban planning - to always insert an intermediate hazard zone between 'safe' areas and the expected bound of high-hazard areas (lowest limit of the runout path).

¹Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali, Università degli Studi di Padova, Viale dell'Università, 16, 35020, Legnaro, Padova

ANALISI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO RELATIVO ALLA COLATA DI DETRITICA DI CANCIA NEL COMUNE DI BORCA DI CADORE (BL)

Study on the reduction of the flood risk related to the Cancia debris flow in the Municipality of Borca di Cadore (BL)

G. Benucci, F. Preti

Sommario

Cancia è una piccola frazione del Comune di Borca di Cadore in Provincia di Belluno, sorta tra 950 e 1000 m s.l.m. ca. sulle pendici sud-occidentali del monte Antelao. Il caso della colata detritica di Cancia è un caso da tempo studiato poiché storicamente, ma anche recentemente, ha creato non pochi problemi agli abitanti del paese sottostante la colata. Con la costruzione del villaggio turistico Corte (o ex ENI) a fine anni '50, il canalone di Rovina di Cancia, da cui transita la colata di detrito, è stato prolungato fino all'abitato storico, aumentando il livello di rischio per le infrastrutture ed i residenti, ed a poco sono serviti gli interventi più o meno provvisori finora realizzati: nel 2009 si è infatti verificato l'ultimo incidente mortale con 2 vittime. Nel frattempo gli enti deputati (Regione Veneto e Provincia di Belluno) hanno finanziato diversi studi sulla problematica ed alcuni progetti di soluzioni.

Il presente studio, dopo aver analizzato l'evoluzione storica della colata di detrito, quanto finora realizzato ed i progetti futuri, propone una possibile soluzione alternativa di sistemazione del tratto a valle dell'attuale vasca di raccolta della colata che prevede la realizzazione di uno sfioratore sulla vasca e di un canale che conduca la portata in uscita dalla vasca al vicino Rio Mioliei (corso d'acqua in destra idrografica rispetto al canalone di Rovina di Cancia) fino al collettore principale nel fondo valle torrente Boite.

L'indagine si è basata sull'analisi di aerofoto dell'IGM, di cartografia storica IGM, CTR e DTM, ma anche della nuvola di punti ad alta definizione del Genio Civile da volo LiDAR (tramite CloudCompare).

Inoltre altri rilievi sono stati effettuati nel corso di 3 sopralluoghi, svoltisi rispettivamente ad agosto, novembre e dicembre 2016.

Per l'analisi è stata adottata la portata tecnica di $30 \text{ m}^3/\text{s}$ per il bacino con sezione di chiusura a valle della confluenza ipotizzata tra il nuovo canale e l'attuale alveo del Rio Mioliei, coerente con i valori delle curve inviluppo, con quelli ricavati dagli studi idrologici condotti a corredo dei progetti di sistemazione esaminati ed anche con le registrazioni durante l'evento alluvionale del '66.

La portata di progetto è stata verificata anche con un'analisi idrologica relativa ai sottobacini.

L'analisi idraulica è stata condotta relativamente alla verifica dello stato attuale del torrente Mioliei, dello stato di progetto proposto da un precedente studio, e di un nuovo dimensionamento del canale sfioro dalla vasca di contenimento e l'ampliamento dei tratti tombati e la risagomatura del tratto urbano dell'alveo per lo smaltimento della portata di progetto fino al Boite. Infine, si è ricavata la legge volume-altezza di riempimento della vasca di contenimento.

PROFILI DI VELOCITÀ DI COLATE DETRITICHE IN REGIME GRANULO INERZIALE

Velocity profile of debris flows in the grain-inertial range

C. Gregoret¹, L. Stancanelli², S. Lanzoni³

Sommario

Una serie sistematica di esperimenti di laboratorio viene utilizzata per determinare i profili di velocità di una colata detritica a moto uniforme in regime granulo-inerziale. Gli esperimenti sono stati eseguiti in un canale di laboratorio lungo 10 m e largo 0.2 m. Il canale viene riempito con uno strato di sedimenti che viene saturato. Il successivo rilascio a monte di una portata liquida mobilizza i sedimenti generando un'onda solido-liquida che prima della metà del canale raggiunge condizioni di moto uniforme. Si sono utilizzati tre tipi di materiale: ghiaia di frantoio di diametro 3 e 5 mm e sfere di vetro di diametro 3 mm. Gli esperimenti sono stati eseguiti variando l'inclinazione (16-19° per la ghiaia e 9-12° per le sfere di vetro) e la portata liquida di innesco. I risultati mostrano che la velocità media della colata dipende essenzialmente dalla portata liquida di innesco e di conseguenza i profili di velocità misurati vengono riportati in forma adimensionale mediante la velocità corrispondente alla portata liquida di innesco. I profili vengono confrontati con leggi di letteratura e con una legge di potenza che interpreta i diversi meccanismi frizionale e collisionale che generano gli sforzi all'interno del miscuglio solido-liquido.

Summary

A systematic set of flume experiments is used to study the velocity profiles of a uniform debris flow in the grain inertial range. The experiments have been carried out in a 10 m long and 0.2 m wide laboratory flume that is filled with a layer composed of loose debris. After saturation, a prescribed water discharge is suddenly supplied upstream causing a solid-liquid wave that reaches nearly steady conditions before the half of the flume. Three types of material have been used in the experiments: gravel with mean grain size of 3 and 5 mm, and 3 mm glass spheres. The experimental runs have been carried out varying both the flume slope angle (16-19° for gravel and 9-12° for the glass spheres). Results show that mean debris flow velocity depends on the triggering liquid discharge. Therefore, dimensionless profiles are obtained by scaling the debris flow velocity with the runoff velocity. Dimensionless measured profiles are compared with laws of literature and with a power law that allows the transition between the different rheological regimes (collisional and frictional) that establish in the upper and lower regions of the flow.

¹Dipartimento di Territorio e Sistemi Agro-Forestali, Università di Padova, viale dell'Università 16, 35020 Legnaro (PD)

²Dipartimento di Ingegneria Civile ed Architettura, Università di Catania

³Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale, Università di Padova

IDENTIFICAZIONE DELLE SOGLIE PLUVIOMETRICHE D'INNESCO PER COLATE DETRITICHE: INFLUENZA DELL'ORGANIZZAZIONE SPAZIALE DELLE PIOGGE

Identification of debris flow occurrence thresholds: the influence of the of rainfall spatial organisation

E. Destro¹, D. Zoccatelli¹, F. Marra², M. Borga¹

Sommario

Le colate detritiche rappresentano una importante sorgente di rischio per gli ambienti montani del nostro paese, usualmente fortemente antropizzati. Ai fini della previsione e gestione del rischio da colata, da più di trent'anni si sono sviluppate ricerche volte all'identificazione delle correlazioni esistenti tra le precipitazioni che colpiscono una determinata area e le colate detritiche che si manifestano di conseguenza. Vengono così identificate, generalmente sulla base di dati di pioggia da pluviometri, delle "soglie pluviometriche" che indicano il valore che la precipitazione deve eccedere al fine di innescare il processo di instabilità. Tuttavia, le stazioni pluviometriche sono normalmente localizzate a qualche distanza dal punto di innesco della colata, ed è quindi necessario utilizzare un metodo di stima al fine di determinare il valore di pioggia corrispondente all'evento di innesco. L'organizzazione spazio-temporale di tali piogge condiziona pertanto i risultati che si ottengono correlando i dati da stazione pluviometrica con i periodi di accadimento delle colate, e quindi influenzano la stima della soglia pluviometrica di innesco. L'obiettivo di questo lavoro è di caratterizzare tale organizzazione e di valutare la sua influenza sulla stima delle precipitazioni tramite stazione pluviometrica e sulla identificazione delle soglie pluviometriche.

Al fine di caratterizzare qualitativamente l'organizzazione spaziale delle precipitazioni responsabili dell'innesco di colate detritiche e la loro influenza nella definizione delle soglie di innesco, sono stati analizzati 11 eventi di precipitazione avvenuti nell'alto bacino del fiume Adige tra il 2005 e il 2014, i quali hanno innescato 99 colate detritiche. Stime di precipitazione derivanti da osservazioni radar ad elevata risoluzione spazio-temporale (1 km, 5 minuti) opportunamente corrette, hanno permesso di valutare l'effetto della stima della precipitazione analizzando campi di precipitazione in corrispondenza di aree focalizzate sul punto di innesco della colata e di raggio variabile da 1 a 10 km. L'esame di tali dati evidenzia che la distribuzione spaziale delle piogge innescanti è generalmente non uniforme, e presenta un picco positivo in corrispondenza del punto di innesco. La magnitudo del picco positivo dipende dal tempo di ritorno della precipitazione innescante. Il lavoro mostra che, in relazione a tale caratteristica spaziale, la metodologia di stima più corretta è quella denominata 'nearest neighbour - NN', mentre procedure di stima più complesse portano a risultati meno affidabili. Il lavoro esamina gli effetti del metodo di stima e della densità di stima sulla identificazione delle soglie, mostrando come in genere esse vengano sottostimate al diminuire della densità del campionamento pluviometrico.

Summary

Debris-flows are a significant source of natural hazards in the hilly-mountainous part of Italy. Debris-flows risk is often managed by using warning systems. Operational debris flow warning systems are often based on the use of empirical rainfall thresholds derived from rain gauge observations. However, rain gauges are usually located away from the actual debris-flow locations thus estimation of triggering rainfall properties from rain gauges can be associated with considerable uncertainty. This work examines the uncertainty in gauge based estimation of debris-flow triggering rainfall and evaluates its impact on the identification of rainfall thresholds used for debris-flows prediction. These issues are assessed by using high resolution radar data to represent "actual" space time patterns of precipitation at and around the debris flow initiation points. Rain-gauge network sampling is simulated by randomly sampling radar rainfall fields. Rainfall is estimated by using three rainfall interpolation methods: nearest neighbour (NN), inverse distance weighting (IDW), and ordinary kriging (OK). Comparison of results from these three methods shows that no particular benefit in intensity duration threshold estimation is obtained by using approaches that are more complex than the NN method. NN provides estimates with smaller bias than IDW and OK but larger estimation variance. On average, decrease in gauge density leads to increased underestimation of debris-flow rainfall and subsequently this results in large underestimation of the intensity duration thresholds.

¹Department of Land, Environment, Agriculture and Forestry, University of Padova, Legnaro, Italy

²Institute of Earth Sciences, Hebrew University of Jerusalem, Israel

UN MODELLO MULTIDIMENSIONALE E PROBABILISTICO PER LA GESTIONE FORESTALE DEI VERSANTI

A probabilistic multi-dimensional slope stability analysis for forest management

A. Cislaghi², C. Vergani², E.A. Chiaradia¹, G.B. Bischetti¹

Sommario

I modelli di stabilità basati su un approccio tridimensionale hanno grandi potenzialità per ottenere mappe realistiche della suscettività al franamento superficiale. Quando, tuttavia, questi modelli vengono applicati su aree ampie, emergono alcuni limiti, dovuti principalmente alla variabilità spaziale ed all'incertezza dei parametri in ingresso.

Tali limiti possono essere efficacemente superati combinando un modello tridimensionale con la tecnica Montecarlo, ottenendo così migliori performance ed affidabilità dei risultati.

Mentre l'incertezza e la variabilità dei parametri geotecnici, morfologici e idrologici sono state oggetto di numerose indagini, poco è stato fatto per quanto riguarda il contributo offerto dalla vegetazione che, come è ben noto da tempo, può essere rilevante.

Per contribuire ad una maggiore comprensione del fenomeno e di definire le migliori strategie di gestione forestale ai fini di prevenzione del dissesto idrogeologico, è stato sviluppato un modello tridimensionale probabilistico, in grado di tenere conto della presenza di vegetazione forestale. In particolare, gli obiettivi che si prefigge il presente studio sono: i) definire una distribuzione di probabilità del rinforzo radicale che tenga conto delle caratteristiche dei popolamenti forestali (densità degli alberi, DBH, distanza minima tra gli esemplari), ii) ottenere una distribuzione di probabilità del fattore di sicurezza dei versanti, iii) valutare le conseguenze di diversi scenari di gestione forestale in termini di suscettività al franamento.

Il modello è stato applicato ad un piccolo bacino forestale alpino, caratterizzato da pendenze dei versanti elevate e un elevato rischio di frana. I risultati ottenuti forniscono ai gestori del patrimonio forestale utili indicazioni per comprendere le conseguenze delle diverse strategie di gestione forestale.

Summary

A 3-D physical-based approach to slope stability has been proven to have high potentialities in providing reliable spatially distributed landslides maps. Over large areas, however, such an approach still presents some limitations, mainly related to the variability and the uncertainty of the input parameters.

By combining a 3-D physical-based model with a Monte Carlo technique, such constraints can be overcome, improving the performance and the applicability of the method.

Whereas geotechnical, morphological and hydrological parameters uncertainty have been widely investigated, however, few studies have been focused on the variability of root reinforcement, which, as well known from decades, plays a crucial role in preventing shallow landslides in forested areas.

To contribute to define the effect of different forests management strategies on slope stability, we developed a 3-D model able to properly take into account for the effect of the root systems into the soil.

The main objectives of our study are: (i) to define a probability distribution function for the root reinforcement according to the forest stands characteristics (tree density, mean diameter at breast height, minimum distance between trees), (ii) to obtain a probability distribution of the Factor of Safety through the combination between a 3-D slope stability model and a Monte Carlo simulation technique, and (iii) to evaluate the difference between several forest management scenarios in terms of shallow landslide risk.

The model has been applied to a small Alpine area, mainly covered by forest and characterized by steep slopes and a high landslide hazard. Our findings contribute to provide to forest managers useful indications for understanding the consequences of different strategies of forest management.

¹Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali, Università degli Studi di Milano, via Celoria 2, 20133 Milano, Italia

²Department of Forest science, Bern University of Applied Sciences, Langgasse 85, 3052 Zollikofen, Switzerland

PROCESSI IDROLOGICI E ANALISI DI STABILITÀ DEI MURI A SECCO IN TERRAZZAMENTI AGRICOLI

Hydrological processes and dry-stone wall instability analysis in agricultural terraces

F. Preti, D. Penna D., E. Guastini, A. Errico, Y. Giambastiani¹

Sommario

I terrazzamenti agricoli sono diffusi in tutto il mondo e rivestono un ruolo importante nella stabilità dei versanti e nella riduzione del deflusso e dell'erosione del suolo in zone collinarie agrarie. Ciò nonostante, i principali processi idrologici e idraulici che governano i percorsi di deflusso superficiale e sottosuperficiale e che determinano l'instabilità dei muri a secco in zone terrazzate sono ancora poco conosciuti. Una migliore comprensione di tali processi è essenziale al fine di definire strategie più efficaci e sostenibili per la gestione e la manutenzione dei terrazzamenti agricoli.

In questa memoria vengono riportati i risultati ottenuti tramite un approccio integrato sperimentale e modellistico in un'area terrazzata nel Chianti (Lamole), in provincia di Firenze. Il lavoro si prefigge di definire una dettagliata concettualizzazione dei meccanismi idrologici fondamentali che controllano la generazione di deflusso superficiale e sottosuperficiale in aree terrazzate e di identificare, tramite l'applicazione di un innovativo modello idrologico-idraulico, i fattori che determinano la deformazione e l'eventuale collasso dei muri a secco. Le attività sperimentali comprendono due anni di monitoraggio idrologico in una porzione di suolo a monte di un muro a secco individuato nell'area di studio. La rete di strumenti include la misura di precipitazione, temperatura dell'aria, contenuto idrico del suolo a diverse profondità, altezza dell'eventuale risalita della falda e pressione a due profondità del suolo. Le misure in continuo sono state affiancate da prove sperimentali spazialmente distribuite condotte in campo volte alla determinazione della tessitura del suolo a diverse profondità, della curva caratteristica del suolo e della conducibilità idraulica satura. Inoltre, sono state effettuate campagne specifiche nel corso delle quali sono state impiegate tecniche geofisiche (ERT, GPR, FDEM), coniugate con tecniche GIS, anche durante esperimenti di infiltrazione controllata e di allagamento, per l'analisi della struttura del sottosuolo e delle dinamiche dei flussi idrici superficiali e sottosuperficiali. I dati sperimentali sono stati poi utilizzati per la validazione di un modello idrologico-idraulico che tiene conto del contenuto idrico del suolo e delle pressioni esercitate a monte del muro a secco per valutare la capacità della struttura di contrastare la forza orizzontale esercitata dal materiale di riempimento e/o dall'acqua accumulata dietro il muro stesso durante eventi di precipitazione ordinari.

I risultati delle osservazioni sperimentali di natura interdisciplinare e delle applicazioni del modello numerico hanno consentito di definire una concettualizzazione del funzionamento idrologico e idraulico dei paesaggi terrazzati, individuando i principali meccanismi responsabili della generazione di deflusso e della circolazione idrica superficiale e sottosuperficiale, nonché dei fattori fisici coinvolti nei processi di deformazione, instabilità e possibile collasso di muri a secco sia storici sia recentemente ripristinati. Il miglioramento delle conoscenze apportate da questo studio può consentire di affrontare in maniera più efficace e sostenibile le problematiche legate alla gestione e alla manutenzione delle aree terrazzate in paesaggi rurali montani.

¹Dipartimento di Gestione dei Sistemi Agrari, Alimentari e Forestali, Università degli Studi di Firenze, via San Bonaventura 13, 50145

EFFICACIA ANTIEROSIVA DEI GEOTESSILI: STUDI DI CAMPO CON PIOGGIA ARTIFICIALE

Performances of geotextiles in reducing soil erosion: field studies with artificial rainfall

S. Grimaldi¹, A. Petroselli², P. Cornelini³, F. Tauro¹, P. Ciorba³, G. Cipollari³, R. ^{Rapiti}³

Sommario

È noto in letteratura che la vegetazione svolge un effetto positivo contro l'erosione del suolo, proteggendolo contro l'impatto delle singole gocce di pioggia, riducendo la velocità di scorrimento della lama d'acqua, favorendo l'infiltrazione e la coesione del materiale solido, e riducendone l'erodibilità. Questo effetto benefico è necessario in particolare nel caso di versanti artificiali e a seguito di lavori di costruzione, dove il rischio erosivo da pioggia è maggiore, specialmente prima che la vegetazione sia sviluppata. In queste circostanze l'effetto erosivo può essere diminuito impiegando alcuni materiali tipici dell'ingegneria naturalistica come i geotessili. Scopo del presente contributo è valutare l'efficacia anti erosiva di tre geotessili in commercio rispetto alla configurazione di suolo nudo o di vegetazione spontanea. I geotessili sono composti rispettivamente di una rete di juta, un tessuto in fibre di juta, e un tessuto in fibre di lana, e sono tutti biodegradabili, permeabili e utilizzati comunemente a scopo antierosivo. Una piccola collina artificiale è stata allestita nel Laboratorio MecHydroLab dell'Università degli Studi della Tuscia, a Viterbo, e divisa in cinque versanti. Su tre versanti sono stati disposti i geotessili, sul quarto è stata fatta crescere vegetazione spontanea, e il quinto è stato lasciato in condizioni di suolo nudo. Un simulatore di pioggia è stato utilizzato per generare precipitazioni ad intensità nota (35, 55, 70 mm/h) le quali hanno provocato erosione superficiale da ognuno dei versanti. Il materiale eroso è stato poi pesato allo scopo di quantificare la relazione con l'intensità di pioggia. I risultati mostrano che i tre geotessili sono fortemente efficaci nella riduzione del materiale eroso, e che la loro efficacia è inversamente proporzionale all'intensità di pioggia.

Summary

It is well known that canopy can reduce surface erosion, protecting the soil from the impact of the raindrops, reducing the runoff surface velocity and the related transport capacity, promoting infiltration and incrementing the soil cohesion, in doing so reducing its erodibility. This positive effect is needed in particular on artificial hillslopes and after construction works, when there is a high risk of soil erosion due to rainfall, before the vegetation is fully established. Before the vegetation can perform its positive role, however, the soil erosion can be reduced employing bioengineering materials like biodegradable geotextiles. Aim of the present contribution is to evaluate the performances of three commercial biodegradable geotextiles in terms of soil loss reduction as respect to a bare ground area and a vegetated area. The first geotextile is composed of jute and it is characterized by a net shape, the second is composed of jute fibres, and the last is composed of wool fibres. All the three geotextiles are biodegradable, permeable to the rainfall, and commonly used in hillslopes protection against the erosion. A small artificial hill was built at MecHydroLab in Tuscia University, Viterbo, and divided in five facets. The three investigated geotextiles have been mechanically fixed on the first three facets. The other two facets have been left with spontaneous vegetation and without any vegetation, simulating a bare ground area. An artificial rainfall simulator was used in order to reproduce precipitations with known and replicable characteristics. Different tests were performed varying the rainfall intensity (35, 55 and 70 mm/h), causing surface erosion from each facet. The eroded material was collected and weighted, allowing establishing the relationships with the rainfall intensity. Results showed that the three geotextiles strongly decreased the sediment concentration, and that the geotextiles efficiency is decreasing with the increasing of the rainfall intensity.

¹Department for Innovation in Biological, Agro-food and Forest systems (DIBAF), Tuscia University, Via San Camillo de Lellis snc, Viterbo 01100, Italy

²Department of Economy and Enterprise (DEIM), Tuscia University, Via San Camillo De Lellis snc, 01100 Viterbo, Italy

³Department of Agriculture and Forestry Sciences (DAFNE), Tuscia University, Via San Camillo De Lellis snc, 01100 Viterbo, Italy

INTERAZIONE TRA STRUTTURE ANTROPICHE E CONNETTIVITÀ A SCALA DI VERSANTE

Hillslope connectivity and anthropogenic features interaction

P. Tarolli¹, G. Sofia¹

Sommario

La morfologia del terreno emerge grazie all'azione di forzanti naturali. Alcune attività umane (come pratiche agricole e la costruzione di reti stradali), tuttavia, muovono direttamente o indirettamente grandi quantità di suolo, determinando la creazione di forme morfologiche evidenti. Queste particolari strutture antropiche possono causare rilevanti cambiamenti all'organizzazione geomorfologica del paesaggio, con conseguenze dirette sui processi idrologici superficiali.

Questa ricerca mostra in dettaglio l'interazione tra elementi antropici e la connettività di sedimenti a scala di versante. Vengono presentati due esempi, uno relativo ai terrazzamenti agricoli in Spagna e l'altro relativo a strade forestali in Oregon (USA). L'esempio spagnolo mostra come i cambiamenti nelle attività umane siano in grado di produrre cambiamenti nella potenziale dinamica dei sedimenti in un bacino. L'esempio permette di capire il ruolo svolto dai terrazzamenti come vie preferenziali di connessione tra versante e outlet di un bacino idrografico o come elementi critici di discontinuità. L'analisi del caso di studio americano mostra come, per una corretta gestione del territorio, sia necessario prendere in considerazione l'interazione tra frane, reti stradali e connettività di versante, per comprendere meglio le dinamiche di distribuzione dei sedimenti a scala di bacino. Le analisi proposte possono essere utili per la pianificazione del territorio, e potrebbero contribuire a guidare future linee di ricerca sull'interazione tra elementi antropici e processi superficiali.

Summary

Natural forces drive the creation of surface morphology. Some human activities (such as agricultural practices and the construction of road networks), however, directly or indirectly move large quantities of soil, determining the creation of morphological forms embedded in the topography of the landscape. These peculiar signatures can cause drastic changes to the geomorphological organization of the landscape, with direct consequences on Earth surface processes.

This research shows in detail the interaction between anthropogenic elements and landscape sediment connectivity at a hillslope scale. We present two examples, one related to agricultural terraces in Spain and the other related to forest roads in Oregon (USA). The Spanish study example highlights how changes in human activities can produce changes in the potential responses of a watershed to sediment dynamics. The interaction of anthropogenic features, together with hillslope processes, needs therefore careful consideration. The example allows to understand the role of terraces as slope-outlet or within hillslope coupling/decoupling system. The analysis of the American case study shows how land planners should take into careful consideration the interaction between landslide sediments, road networks and hillslope connectivity, to better understand the watershed sediment dynamics. The proposed analyses can be useful for rural development planning, and they might help guiding future research directions for development-based watershed studies.

¹Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali, Università degli Studi di Padova, viale dell'università 16, Legnaro (PD)