

**Piogge simulate in un bosco ceduo di faggio:
ridistribuzione al suolo del soprachioma,
deflusso superficiale e bilancio idrologico**

P. Trucchi, M.C. Andrenelli, E. Bresci



ISBN 978-88-97181-19-4

EdiBios

PIOGGE SIMULATE IN UN BOSCO CEDUO DI FAGGIO: RIDISTRIBUZIONE AL SUOLO DEL SOPRACHIOMA, DEFLUSSO SUPERFICIALE E BILANCIO IDROLOGICO

*Simulated gross-rainfall in a beech coppice: water redistribution
at ground level, superficial runoff and hydrological balance*

P. Trucchi, M.C. Andrenelli**, E. Bresci**

Sommario

L'impiego di un simulatore di pioggia soprachioma, in una parcella con soprassuolo costituito da un ceduo di faggio (*Fagus Selvatica* L.), nella foresta demaniale dell'Acquerino (PO), ha consentito di approfondire l'indagine sull'influenza esercitata dalla copertura forestale sulla redistribuzione al suolo della pioggia, in termini di sottochioma (T) e stemflow (S), nonché sulla quota di afflusso che si trasforma in deflusso superficiale (D). La parcella, di forma rettangolare, copre un'area di circa 40 m². Il soprassuolo è costituito da 3 ceppaie e 4 piante isolate; l'altezza delle piante varia tra un minimo di 3.5 m e un massimo di 15.5 m. Il sottochioma è stato raccolto con 12 bocchette da 100 cm², poste a 70 cm dal suolo; lo stemflow da tutte le piante. Si descrivono le caratteristiche del simulatore e i materiali ed i metodi impiegati. Si illustrano i risultati delle analisi cui sono stati sottoposti i dati di T, S e D e i bilanci idrologici di simulazioni effettuate in condizioni di copertura fogliare e intensità di pioggia diverse.

Summary

The use of a gross-rainfall simulator in a beech coppice (*Fagus Selvatica* L.) plot located in the Acquerino forest (PO) has allowed for the evaluation of rainfall partitioning into throughfall (T), stemflow (S) and superficial runoff (D) due to the forest cover. The plot has a rectangular shape and an area of roughly 40 m². The forest cover is formed of 3 shoots and 4 isolated plants. The height of the plants varies from 3.5 to 15.5 m. The throughfall was collected by 12 rain gauges of 100 cm² placed at a distance of 0.7 m from ground level, the stemflow from all the plants. The characteristics of the rainfall simulator and the method and materials employed are described in detail. T, S and D data are analysed and the hydrological balances of some simulations performed with different degrees of canopy cover and rainfall intensity are illustrated.

* Dipartimento di Economia, Ingegneria, Scienze e Tecnologie agrarie e forestali (DEI-STAF), Università di Firenze, Via S. Bonaventura 13, 50145 Firenze, paolo.trucchi@unifi.it.

** Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo, Piazza Massimo D'Azeglio 30, 50121 Firenze.

1. Introduzione

È ormai noto come la presenza e la tipologia di copertura boschiva influenzi, in differenti ambienti, il ciclo idrologico, in particolare il regime delle portate dei corsi d'acqua, la quota di afflusso che si trasforma in deflusso (superficiale, sotto-superficiale e profondo) nel lungo periodo. Viceversa, sul singolo evento di elevata intensità, tale influenza è maggiormente legata alle condizioni nelle quali si trova il suolo (contenuto idrico, velocità di infiltrazione ecc..) e meno ai fenomeni di intercettazione e traspirazione che dipendono dalla copertura stessa (Jost et al., 2012; Schume et al., 2004; Tani, 1997; Komatsu et al., 2011; Mohammad e Adam, 2010).

Molte ricerche sono state condotte per quantificare la percentuale della precipitazione (P) che, per la presenza di una copertura, si trasforma in sottochioma (T) e stemflow (S) e quale quella che viene sottratta al bilancio idrico del suolo a causa dell'intercettazione (I). La ripartizione di P in T, S e I risulta essere influenzata sia da fattori vegetazionali che da parametri climatici (Crockford e Richardson, 2000; Dietz et al., 2006; Llorens e Domingo, 2007; André et al., 2011).

Per verificare le relazioni intercorrenti in particolare tra P, T, S e deflussi, per oltre un quindicennio le grandezze idrologiche sopra menzionate sono state monitorate in 3 parcelle sperimentali di un ceduo di faggio (*Fagus Silvatica L.*) Nel predetto periodo, i deflussi superficiali, cumulati da aprile a novembre, mai hanno superato il 2.5% del soprachioma registrato nello stesso arco temporale (Giacomin e Trucchi, 1992). La mancanza poi di eventi di pioggia particolarmente intensi non ha permesso di valutare quale potesse essere il ruolo della copertura boschiva sul deflusso superficiale riferito ad eventi singoli di elevata intensità.

Per questo motivo e per condurre prove in condizioni controllate (differenti gradi di copertura fogliare) è stato installato, all'interno di una delle parcelle precedentemente citate, un simulatore di pioggia soprachioma in grado di operare con intensità fino a 100 mm/ora.

2. Materiale e metodo

2.1 Area di studio

La parcella dove si è svolta la sperimentazione si trova nella foresta demaniale dell'Acquerino nell'Appennino Pistoiese (Comune di Cantagallo, provincia di Prato). È di forma rettangolare, disposta con i lati lunghi secondo la massima pendenza, della superficie in pianta di 39.5 m² (10×4 m), ed è stata delimitata all'interno di una delle parcelle del ceduo di faggio originario (ultimo taglio risalente al 1951) non sottoposta ad alcun trattamento selvicolturale. Essa è stata isolata idraulicamente dall'esterno, per gli scambi idrici superficiali, con delle lamiere zincate, infisse verticalmente nel terreno fino ad una profondità di circa 10 cm e sporgenti fuori terra per 15 cm. La delimitazione della parcella, sui lati corti a monte e a valle, è stata eseguita disponendo le lamiere in maniera oppor-

tuna in modo da escludere, nel lato a monte, l'entrata nella parcella dei contributi provenienti dall'alto, e nel secondo caso per raccogliere e convogliare, in un unico punto a valle, i deflussi che si sarebbero potuti generare all'interno della stessa parcella. Per la delimitazione sul lato di valle, sono state utilizzate lamiere conformate a "seggiola", che avrebbero avuto il compito di raccogliere l'eventuale deflusso superficiale. Poiché era stato previsto di misurare il deflusso sia in termini di portata che di volume cumulato totale, alla canaletta di valle è stata collegata una tubazione per la raccolta del deflusso in un serbatoio di accumulo.

Per quanto riguarda la geologia, il versante sul quale è situata la parcella fa parte di un esteso affioramento di arenaria torbiditica riconducibile alla Formazione oligocenica del Macigno di tipo A, costituito da potenti banchi di arenaria quarzoso-feldspatica e cloritica intercalati da sottili livelli siltitici. La giacitura degli strati a franapoggio, con inclinazione tra i 5° e i 6° e l'elevato grado di fratturazione della roccia, ha favorito la formazione di una coltre detritica entro la quale si è sviluppato uno suolo piuttosto spesso. Un rilievo pedologico effettuato sul profilo di una trincea scavata subito a valle della parcella sperimentale fino alla profondità di 130 cm, metteva in evidenza un suolo ricco di scheletro, notevolmente disturbato ad opera degli apparati radicali del faggio, caratterizzato da una notevole macroporosità. Lungo tutto il profilo, il suolo presenta una struttura poliedrica subangolare, indice di buona aggregazione e stabilità strutturale.

I primi 30 cm sono identificati come orizzonti superficiali A0 ed A2 con tessitura franca ad elevata permeabilità; segue un orizzonte illuviale di alterazione franco limoso (Bw) di 60 cm di spessore a permeabilità media. L'orizzonte basale (BC), a 90 cm di profondità, è caratterizzato da tessitura spiccatamente franca e da un incremento della permeabilità oltre che della pietrosità (percentuale di scheletro pari al 40%).

Per valutare le caratteristiche idrologiche del suolo, all'esterno della parcella sono state eseguite misure di velocità di infiltrazione (V_i) utilizzando un infiltrometro a cilindro unico (diametro di 35.7 cm) ed operando con carico costante di 5 cm. I valori della V_i variavano tra 600 e 1200 mm ora⁻¹. La conducibilità idraulica satura, misurata in laboratorio con carico di 5 cm, raggiungeva i 90 mm ora⁻¹.

Un rilievo dendrometrico, mirante a individuare i diametri e l'altezza delle piante presenti all'interno della parcella, è stato eseguito escludendo le piante con diametro del tronco inferiore ai 2.5 cm. Nella parcella erano presenti 3 ceppaie e 4 piante isolate (Tab. 1).

L'altezza delle piante variava da un minimo di 3.5 m ad un massimo di 15.5 m. Ciascuna chioma si sviluppava su differenti piani nella direzione verticale e si sovrapponeva e intersecava con le chiome adiacenti, dando origine ad un complesso sistema di rami che rendeva difficoltosa la determinazione dell'area di pertinenza di ciascuna pianta singola o ceppaia. Quando lo sviluppo fogliare raggiungeva il massimo valore, le aree della parcella che rimanevano scoperte e non protette dalle chiome, risultavano assai ridotte.

Pianta isolata o ceppaia	Numero di polloni o piante isolate	Diametro del pollone o della pianta isolata [cm]	Altezza delle piante [m]
A	1	9	6.5
B	9	25; 18; 16; 15; 5; 5; 4; 3; 3	13.5; 11; 7.5; 8.2; 5; 7; 4.5; 3.5; 3.5
C	1	6	6.5
D	1	20	15.5
E	1	20	15
F	3	14; 7; 6	13; 7; 5
G	9	24; 19; 15; 12; 9; 9; 6; 5; 4	14.5; 15; 8; 9; 4.5; 4; 4.2; 3.5; 4.2

Tab. 1 - Caratteristiche della copertura presente all'interno della parcella sperimentale

2.2 Simulatore di pioggia

L'elevata acclività del sito sperimentale (pendenza del 60%), la sua morfologia accidentata, l'altezza delle piante, la dimensione delle chiome e la densità della copertura, costituivano i fattori di cui maggiormente tener conto per la scelta del tipo di simulatore da installare. L'attenzione nella messa a punto del simulatore di pioggia si è concentrata sull'intensità della precipitazione sopra-chioma e sull'uniformità di distribuzione, riferita alla parcella servita dal simulatore stesso.

Il valore dell'intensità di asperzione con la quale il simulatore doveva operare fu stabilito dover raggiungere i 100 mm ora⁻¹. Tale valore, molto al di sopra dei valori delle piogge massime, per la zona in esame, anche per tempi di ritorno elevati, trovava giustificazione, nel caso di prove prolungate nel tempo, ipotizzando gli interventi come composti da due fasi: la prima in grado di elevare ed uniformare il contenuto di umidità del suolo (questa fase si poteva anche pensare come evento piovoso caduto precedentemente alla pioggia che si voleva simulare), la seconda come pioggia massima i cui effetti si volevano valutare in termini di deflusso superficiale.

Essendo presenti nella parcella piante di altezza superiore ai 15 m, occorreva che il simulatore fosse posto ad un'altezza maggiore. La necessità poi di ottenere un'elevata uniformità di asperzione nonché l'alto valore dell'intensità di pioggia obbligavano all'impiego di ugelli aspersori con gittata elevata, da disporre ad interdistanza tale da poter ottenere l'intensità prestabilita.

Il sistema di distribuzione dell'acqua del simulatore era costituito da due tubazioni metalliche di 60 mm di diametro, ciascuna lunga 6 metri, sulle quali erano montati, sulla loro faccia inferiore, 24 ugelli (12 ugelli per ala) distanti 50 cm l'uno dall'altro.

piante
2; 5; 7;
5; 4;

Le due ali erano poste a 18 m dal suolo, ad una altezza quindi superiore a quella massima raggiunta dalle piante, su di un "castello" in tubi innocenti.

Gli ugelli utilizzati (marca Toro mod. 10 PCF), funzionanti a cono pieno, scelti in base alle caratteristiche che si richiedevano al simulatore, furono sottoposti a prove di laboratorio per ricavare la relazione pressione-portata.

Un'ala, uguale a quella da utilizzarsi in bosco, lunga 4 m, fu utilizzata per la verifica delle caratteristiche del simulatore. Con un'ala di 4 m si otteneva infatti, al centro della stessa, la totale sovrapposizione dei getti uscenti degli ugelli. L'ala di cui sopra era posta a 6 m dal suolo, distanza sufficiente a far sì che le gocce arrivassero a terra con traiettorie verticali. In tal modo si è potuta determinare l'area massima coperta dal simulatore, la distribuzione areale dell'intensità di pioggia, l'indice di uniformità di distribuzione. Variando la pressione agli ugelli tra 0.5 e 1.5 atm si ottenevano intensità di pioggia rispettivamente di 78 e 98 mm ora⁻¹ con uniformità (coefficiente di uniformità di Christiansen) del 72 e 90% riferite all'area della parcella sperimentale (Trucchi e Andrenelli, 2007).

In bosco, per l'alimentazione dell'impianto di simulazione è stata utilizzata una motopompa a valle della quale era posto un contatore che consentiva la registrazione dei volumi d'acqua distribuiti.

2.3 Modalità di raccolta e misura del sottochioma, stemflow e deflusso

Poiché l'area servita dal simulatore era più grande di quella della parcella, l'area esterna è stata impermeabilizzata con teli in polietilene. In tal modo, portate e volumi caduti sulla superficie impermeabilizzata, potevano essere misurati e sottratti a quelli erogati dall'impianto di simulazione, per ottenere il soprachioma riferito alla parcella. Per la misura del sottochioma, sono state installate 12 bocchette pluviometriche da 100 cm² ciascuna, su due allineamenti paralleli, disposti secondo la massima pendenza (Fig. 1).

Lo stemflow è stato misurato attraverso il campionamento delle portate, su tutte le piante presenti all'interno della parcella. Per la raccolta di S sono stati utilizzati appositi collari in gomma, a tronco di cono rovesciato, di sufficiente capienza, fermamente serrati ai tronchi, ad un'altezza da terra di circa 80 cm, ai quali era collegata una tubazione per la raccolta dell'acqua. Per le ceppaie sono stati misurati i totali di S come somma dei contributi dei singoli polloni.

I deflussi superficiali sono stati monitorati con metodo volumetrico, campionando le portate in uscita dalla parcella. In più il deflusso era raccolto in apposito serbatoio.

3. Risultati e discussione

Il rilevamento dei dati di T ed S nonché la registrazione dei volumi distribuiti dall'impianto al netto di quelli caduti esternamente alla parcella, ha permesso di scrivere il bilancio idrologico relativo al soprassuolo per 5 prove svoltesi in diverse condizioni di copertura fogliare.

Nelle figure 2 e 3 sono riportati gli andamenti del T, espresso in termini di

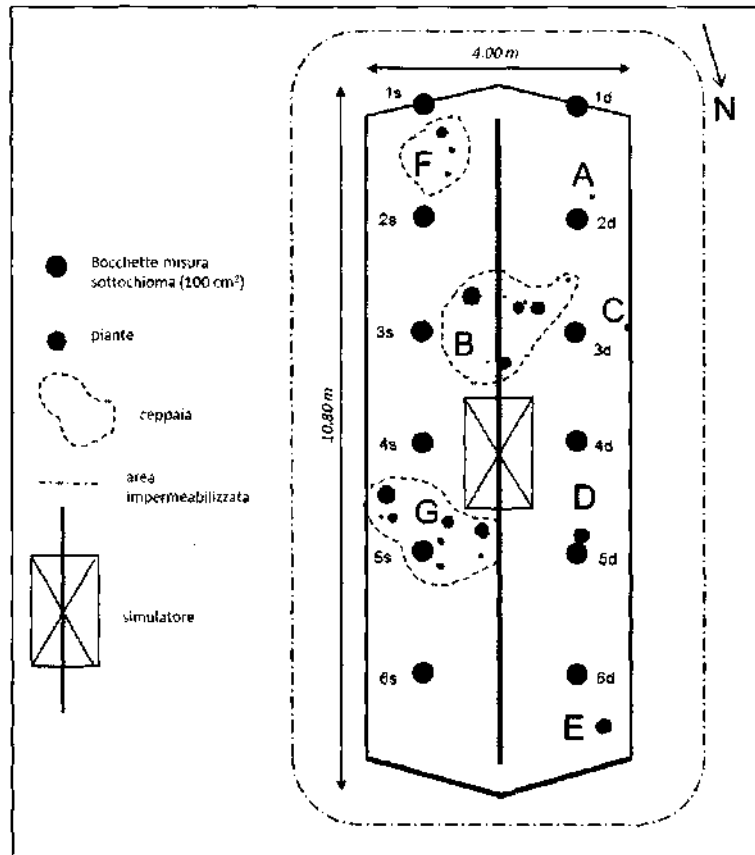


Fig. 1 - Schema della parcella sperimentale

intensità, per tutte le prove alle due pressioni di esercizio nonché i valori dello stemflow.

Il sottochioma misurato dalle 12 bocchette mostra una elevata variabilità spaziale spesso superiore, per ciascuna prova, a quella legata alle diverse condizioni di copertura, per una data posizione di rilevamento.

Gli andamenti di T sono simili nelle diverse prove per ciascuna posizione, tuttavia T presenta minimi e massimi in corrispondenza di determinate bocchette che si giustificano con un diverso grado di copertura locale. Dove il T presenta dei minimi, come nel caso della bocchetta 2d, anche lo stemflow, riferito alla pianta più vicina, la A (pianta con tronco di 9 cm di diametro e raggiunge i 6.5 m di altezza), presenta valori modesti. Il contributo ridotto di T ed S si giustifica, in questo caso, con l'influenza esercitata dalla chioma della ceppaia B (costituita da 9 polloni di diametro variabile da 3 a 25 cm e altezze comprese tra 3.5 e 13.5 m) che viceversa, prossima alla bocchetta 3s, mostra i più alti valori sia di T che di S. Anche nel caso del T registrato al pluviometro 5d (in vicinanza

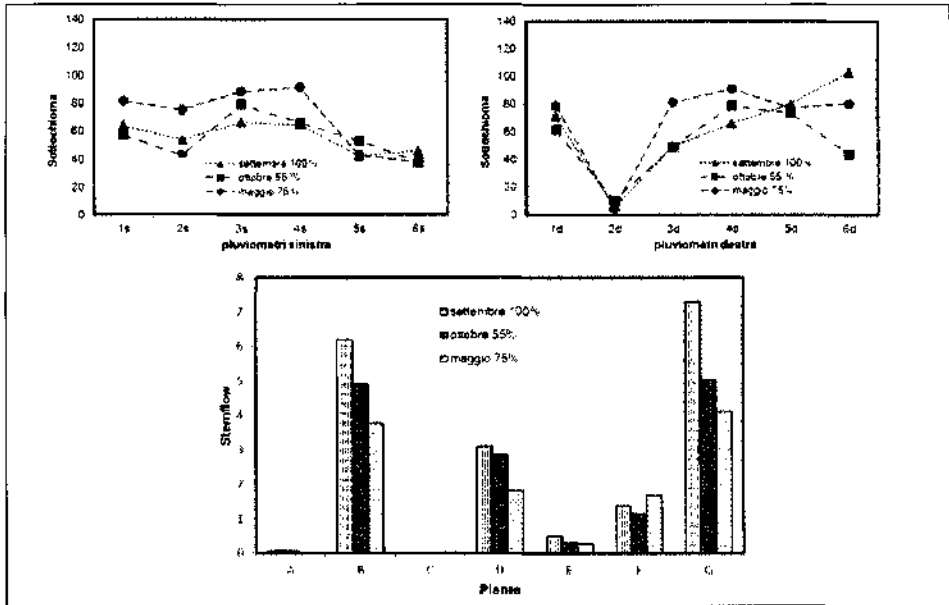


Fig. 2 - Sottochioma (mm ora^{-1}) registrato ai pluviometri nei due allineamenti destro e sinistro e stemflow (l min^{-1}) raccolto per le piante isolate e le ceppaie per le simulazioni condotte alla pressione di 0.5 atm

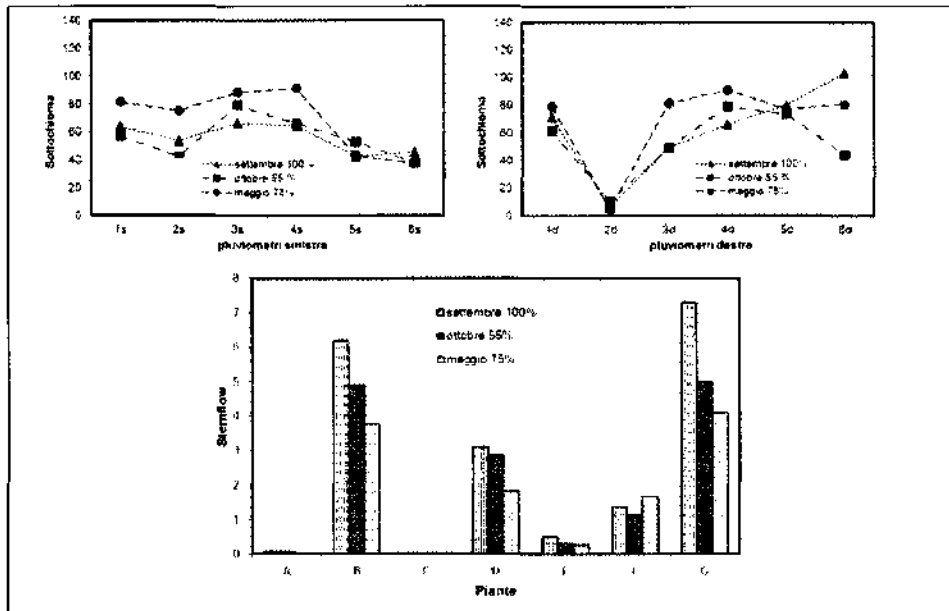


Fig. 3 - Sottochioma (mm ora^{-1}) registrato ai pluviometri nei due allineamenti destro e sinistro e stemflow (l min^{-1}) raccolto per le piante isolate e le ceppaie per le simulazioni condotte alla pressione di 1.5 atm

della pianta D con tronco di diametro pari a 20 cm e altezza di 15.5 m), dove si ha un altro massimo, lo stemflow per la stessa pianta risulta essere assai elevato. In questo caso la pianta D, sviluppata in altezza, con poca chioma ma rami assurgenti, favorisce la formazione di uno stemflow consistente e contemporaneamente permette che si raccolga un T ugualmente elevato. Quanto sopra riportato vale per entrambe le pressioni di funzionamento.

Mediamente il rapporto percentuale T/P si attesta sul 60%, con minimi del 30% e massimi del 70%. In alcuni casi, il T ha presentato valori superiori a quelli del soprachioma (ad esempio nella prova del 3 settembre con copertura pari al 100% e pressione 1.5 atm con P medio di 98 mm ora⁻¹, il pluviometro 6d ha registrato un T pari a 123 mm ora⁻¹; per la stessa data ma con pressione 0.5 atm, il pluviometro di cui sopra presentava un T pari a 103 mm ora⁻¹ a fronte di un P medio di 78 mm ora⁻¹).

Nelle diverse posizioni, quasi nella totalità dei casi, il T presentava valori superiori con la maggior pressione di funzionamento dell'impianto (1.5 atm).

Per quanto riguarda lo stemflow, questo dipende dalla grandezza della chioma della pianta e quindi dei tronchi. Considerato, viceversa, il modesto numero di piante presenti all'interno della parcella, non è possibile valutare il peso che altre caratteristiche vegetazionali (altezza della pianta, numero e disposizione dei rami), possono avere sui valori di S. Comunque, piante anche con uguale diametro del tronco e di simile altezza presentano valori di S assai diversi a causa di una differente disposizione e numero dei rami (pianta D ed E). S varia da un massimo di 8 litri min⁻¹ (ceppaia G) ad un minimo di 0.3 litri min⁻¹ (pianta E) ed è praticamente indipendente dalla pressione di funzionamento dell'impianto.

In termini di intensità, e riferendosi all'area della parcella, lo stemflow varia da un minimo di 17,8 a un massimo di 31,8 mm ora⁻¹ che in termini percentuali rispetto a P rappresentano rispettivamente il 16 e il 28%.

La variabilità di S, per ciascuna pianta o ceppaia, è legata più alla "dimensione" della pianta che al diverso grado di copertura fogliare. Dove quindi le piante presentano tronchi di piccolo diametro e chiome ridotte, lo stemflow è praticamente indipendente dal grado di copertura fogliare; viceversa per le piante più grandi.

Nelle diverse prove effettuate, il deflusso superficiale è risultato sempre molto modesto e praticamente trascurabile rispetto all'afflusso anche a fronte di prove prolungate nel tempo oltre le 3 ore. La presenza o meno di copertura fogliare era ininfluyente rispetto all'entità del deflusso.

Certamente l'elevato spessore del suolo, la sua macroporosità e l'alto valore della velocità di infiltrazione, favoriscono sia il movimento verticale dell'acqua che la possibilità da parte del suolo di accogliere volumi idrici notevoli. La mancanza di movimenti laterali dell'acqua è stata avvalorata dall'assenza di sue venute alla luce, durante le varie simulazioni, sul fronte della trincea scavata a valle della parcella.

Avendo a disposizione per le varie prove i dati dei volumi distribuiti dall'impianto di simulazione (Q_i), di quelli caduti esternamente alla parcella sull'area impermeabilizzata (E) di T ed S, è stato possibile verificare il bilancio idrico espresso dalla relazione $Q_i - E = T + S$, dove evidentemente $Q_i - E = P$, quindi

n), dove si
 ai elevato,
 ma rami
 tempora-
 into sopra
 minimi del
 ori a quelli
 ra pari al
 d ha regi-
 0.5 atm, il
 te di un P

ava valori
 5 atm).
 della chio-
 to numero
 l peso che
 izione dei
 le diame-
 sa di una
 massimo
 è pratica-

low varia
 ercentuali
 dimensio-
 di le pian-
 w è prati-
 le piante

o sempre
 fronte di
 opertura

lto valore
 dell'acqua
 . La man-
 za di sue
 scavata a

puti dal-
 cella sui-
 ncio idri-
 P, quindi

$P=T+S$, valida se si pone l'intercettazione pari a zero, cosa più che accettabile per le prove fatte, se si tiene conto delle intensità con le quali si operava e della durata delle prove stesse.

In figura 4 sono rappresentate, per ciascuna prova e per le due pressioni di lavoro, le quote di T ed S nelle quali si ripartisce P, a meno di un disavanzo che dipende dalla precisione con la quale si misurano le varie voci del bilancio stesso. La correttezza della stima dei vari parametri è d'altra parte legata alle modalità con le quali ciascun parametro viene misurato. A tal proposito, mentre Q_i veniva registrato con un contatore volumetrico, E veniva raccolto in un serbatoio totalizzatore, S veniva misurato sulla totalità delle piante presenti all'interno della parcella, il T veniva campionato con 12 bocchette pluviometriche e dimostrava una elevata variabilità.

Non indifferente è, al di là della "precisione" della misura, il peso relativo che ciascuna voce ha sul totale rappresentato da Q_i.

Normalmente, nel caso di misure campionarie, come appunto quelle riguardanti il T, si può determinare il numero di punti di misura necessari ad ottenere una stima corretta del parametro in esame, in base alla sua "variabilità", fissato un certo livello di confidenza. All'opposto, applicando quanto detto alla stima del T, è possibile, noti i valori di T e la sua variabilità, calcolare gli intervalli di confidenza, per una probabilità assegnata.

Con i valori fiduciarî inferiore e superiore del T per una probabilità del 95%, i bilanci possono essere riscritti. Poiché appare evidente una sottostima del T in tutte le prove, il valore fiduciarî superiore porta a un miglioramento nella chiusura del bilancio.

In 2 casi su 5, per pressioni di esercizio dell'impianto di 1.5 atm, la somma T+S eguaglia P; in un caso l'aggiunta dell'intervallo fiduciarî alla somma T+S eguaglia P, ed infine nei rimanenti due casi il bilancio non si chiude, segno che continua molto probabilmente a permanere una sottostima del T o, quantomeno, si commettono errori di misura nel rilevamento delle altre voci.

Con pressione di alimentazione di 0.5 atm, in 2 prove su 3, la somma T+S praticamente equivale a P; nell'altra l'aggiunta dell'intervallo fiduciarî alla somma T+S non è sufficiente a fare chiudere il bilancio.

Il peso che ha il T rispetto a P, è notevole aggirandosi mediamente intorno al 60% ed è anche per questo che una stima errata di T porta ad errori nel bilancio.

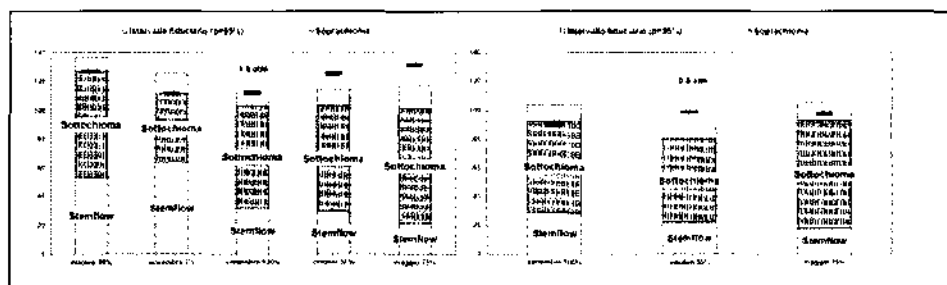


Fig. 4 - Bilancio idrico del soprassuolo ($mm\ ora^{-1}$) per le pressioni di 1.5 e 0.5 atm

I risultati dei bilanci appaiono comunque soddisfacenti, alla luce delle considerazioni fatte soprattutto a proposito della misura del T.

4. Conclusioni

Nelle 5 prove effettuate in diverse condizioni di copertura fogliare, il sottochioma ha sempre mostrato una elevata variabilità dipendente principalmente dalle caratteristiche della copertura (altezza delle piante, dimensione dei tronchi, dimensione della chioma, numero e disposizione dei rami, stagione, ecc.). Tale parametro rappresenta la voce principale del bilancio idrico riferito al soprassuolo.

Lo stemflow risulta dipendere dalla grandezza della chioma, numero e disposizione dei rami.

Il deflusso superficiale è risultato praticamente nullo rispetto alla precipitazione soprachioma; ciò si giustifica con gli alti valori della velocità di infiltrazione certamente condizionati dalla presenza della copertura forestale.

Bibliografia

1. André F., Jonard M., Jonard E., Ponette Q., *Spatial and temporal patterns of throughfall volume in a deciduous mixed-species stand*, *Journal of Hydrology*, 400, 244-254, (2011).
2. Crockford R.H., Richardson D.P., *Partitioning of rainfall into throughfall, stemflow and interception: effect of forest type, ground cover and climate*, *Hydrological Processes*, 14, 2903-2920, (2000).
3. Dietz J., Hölscher D., Leuschner C., Hendrayanto, *Rainfall partitioning in relation to forest structure in differently managed montane forest stands in central Sulawesi, Indonesia*, *Forest Ecology and Management*, 237, 170-178, (2006).
4. Giacomini A., Trucchi P., *Rainfall interception in a beech coppice (Acquerino, Italy)*, *Journal of Hydrology*, 137, 141-147, (1992).
5. Jost G., Schume H., Hager H., Gerhard Markart G., Kohl B., *A hillslope scale comparison of tree species influence on soil moisture dynamics and runoff processes during intense rainfall*, *Journal of Hydrology*, 420-421, 112-124, (2012).
6. Komatsu H., Shinohara Y., Kume T., Otsuki K., *Changes in peak flow with decreased forestry practices: Analysis using watershed runoff data*, *Journal of Environmental Management*, 92, 1528-1536, (2011).
7. Llorens P., Domingo F., *Rainfall partitioning by vegetation under Mediterranean conditions. A review of studies in Europe*, *Journal of Hydrology*, 335, 37-54, (2007).
8. Mohammad A.G., Adam M.A., *The impact of vegetative cover type on runoff and soil erosion under different land uses*, *Catena* 81, 97-103, (2010).
9. Schume H., Jost G., Hager H., *Soil water depletion and recharge patterns in mixed and pure forest stands of European beech and Norway spruce*, *Journal of Hydrology*, 289, 258-274, (2004).
10. Tani M., *Runoff generation processes estimated from hydrological observation on a steep forested hillslope with a thin soil layer*, *Journal of Hydrology*, 200, 84-109, (1997).
11. Trucchi P., Andrenelli M. C., *Beech coppice leaf cover and gross-rainfall qualitative transformation in simulated rainfall events of high intensity*, *Developments in Plant and Soil Science*, Vol. 103, Stokes, A.; Spanos, I.; Norris, J.E.; Cammeraat, E. (Eds.), IX, *Eco- and Ground Bio-Engineering: The Use of Vegetation to Improve Slope Stability*, (2007).