

Proces prestrezanja padavin: vpliv fenološke faze, trajanja padavinskega dogodka ter mikrostrukture padavin

Katarina Zabret^{*}, Matjaž Mikoš^{*}, Jože Rakovec^{**}, Mojca Šraj^{*}

Povzetek

Prestrežanje padavin opisuje proces, do katerega pride ob padavinskih dogodkih nad tlemi, poraslimi z vegetacijo, saj ta del padavin zadrži in tako vse ne dosežejo tal. Kolikšen je delež padavin, ki tla dosežejo, je odvisno od številnih značilnosti drevesnih vrst in meteoroloških spremenljivk, ki opisujejo lastnosti rastlinskega pokrova in lastnosti padavinskega dogodka. Meritve padavin na prostem, prepuščenih padavin in odtoka po deblu za navadno brezo (*Betula pendula* Roth.) in črni bor (*Pinus nigra* Arnold), so potekale v urbanem okolju v Ljubljani. Obravnavali smo vpliv fenološke faze, trajanja padavinskega dogodka in njegove mikrostrukture na prepuščene padavine in odtok po deblu za izbrana drevesa. V obdobju olistane krošnje breza povprečno prestreže še enkrat več, bor pa tretjino več padavin kot v zimskem obdobju. Delež prestreženih padavin s trajanjem dogodka pada, kar je bolj opazno za brezo, pri kateri je poleg prepuščenih padavin večji tudi odtok po deblu. Z večanjem hitrosti dežnih kapljic drevesa prestrežejo več padavin, kar je povezano tudi s fenološko fazo, saj so padavinski dogodki z nizkimi hitrostmi kapljic pogostejši v zimskem času.

Ključne besede: prestrežanje padavin, prepuščene padavine, odtok po deblu, fenološka faza, mikrostruktura padavin

Key words: rainfall interception, throughfall, stemflow, phenophase, rainfall microstructure

Uvod

Hidrološki krog opisuje gibanje vode v vseh njenih agregatnih stanjih med zemljo in atmosfero. Sestavljajo ga padavine, površinski odtok, infiltracija, pronicanje v podtalnico, podpovršinski in podzemni tok, evaporacija in transpiracija (Brilly in Šraj, 2005). Pogosto prezrt del hidrološkega kroga je tudi prestrežanje padavin. Ko te padejo na tla, porasla z vegetacijo, vse ne dosežejo tal, saj jih nekaj zadržijo rastline. Te padavine imenujemo prestrežene padavine. Tekom padavinskega dogodka nekaj padavin vseeno doseže tla; padejo lahko skozi odprtine med listi in vejami oziroma prikapljujejo z listov (prepuščene padavine) ali pritečejo po deblu (odtok po deblu). Ker je za prestrežanje padavin bistvena prisotnost vegetacije, se je ta proces najprej začel obravnavati kot del hidrološkega kroga gozdov, v zadnjem času pa postaja čedalje bolj prepoznan tudi drugod, na primer na zelenih površinah v urbanem okolju, kjer lahko znatno zmanjša površinski odtok (Berland in Hopton, 2014). Delež prestreženih padavin se lahko giblje med 6 % in 93 % (Ovington, 1954), vendar so vrednosti v urbanem okolju najpogosteje med 10 % in 50 % (Nakayoshi et al., 2009).

Na delež prestreženih padavin vplivajo različne meteorološke spremenljivke in parametri ter značilnosti drevesnih vrst (Crockford in Richardson, 2000). Značilnosti

^{*} Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana

^{**} Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko, Jadranska ulica 19, 1000 Ljubljana

drevesnih vrst opisujejo lastnosti rastline, najpogosteje dreves, meteorološke spremenljivke pa opisujejo lastnosti padavinskega dogodka in vremenske razmere, ki ga spremljajo. Značilnosti drevesnih vrst, ki vplivajo na prestrežanje padavin, so površina drevesne krošnje, skladiščna zmogljivost krošnje, indeks listne površine, struktura lubja, višina drevesa, prsni premer debla, naklon listov in omočljivost njihove površine, delež odprtin v drevesni krošnji ter hidrofobnost listov, vej in debla (Wood et al., 1998; Crockford in Richardson, 2000; Fleischbein et al., 2005; Deguchi et al., 2006; Nanko et al., 2006; Šraj et al., 2008; Vilhar, 2010; Zabret, 2013). Lastnosti se razlikujejo med iglavci in listavci, razlike pa lahko opazimo tudi med posameznimi drevesnimi vrstami in celo drevesi iste vrste. Pri analizi prestreženih padavin so največkrat upoštevane lastnosti drevesne krošnje, ki jih avtorji opisujejo z več spremenljivkami in parametri. V primeru listavcev je pogosto upoštevana fenološka faza, saj stopnja olistanja krošnje med drugim vpliva na skladiščno zmogljivost krošnje, indeks listne površine in delež odprtin v drevesni krošnji. Meritve na različnih drevesnih vrstah in lokacijah so pokazale, da listnata drevesa prestrežejo več padavin, ko je krošnja olistana kot takrat, ko je neolistana. Takrat se namreč močno poveča tudi odtok po deblu (Herbst et al., 2008; Muzylo et al., 2012; Siegert in Levia, 2014). Podobno drevesa z večjo gostoto krošnje prestrežejo več padavin (Livesley et al., 2014). Hrapavost lubja vpliva predvsem na odtok po deblu, ki ga v primeru dreves z bolj grobim in vpojnim lubjem avtorji največkrat kar zanemarijo (Liu, 1997; Llorens in Gallart, 2000; Pypker et al., 2005; Asadian in Weiler, 2009), medtem ko pri listavcih z gladkim lubjem lahko doseže tudi do 14 % (Bellot in Escarre, 1991).

Meteorološke spremenljivke, ki jih pri prestrežanju padavin lahko upoštevamo, so intenziteta in trajanje padavin, hitrost vetra, temperatura in vlažnost zraka ter mikrostruktura padavin, ki jo približno opišemo s povprečnima spektroma velikosti in hitrosti dežnih kapljic (Crockford in Richardson, 2000; Uijlenhoet in Sempere Torres, 2006; Guevara-Escobar et al., 2007; Asadian in Weiler, 2009). Pri prestrežanju padavin so meteorološke spremenljivke pogosto odvisne ena od druge. Delež prestreženih padavin naj bi z večanjem količine padavin, daljšanjem trajanja dogodka in višjo intenziteto upadal (Toba in Ohta, 2005). Siegert in Levia (2014) sta na primeru dveh različnih listavcev v ZDA opazila, da na odtok po deblu vplivata količina in intenziteta padavin, ne pa tudi trajanje dogodka. Poleg količine padavin in trajanja padavinskega dogodka so Guevara-Escobar in sodelavci (2007) upoštevali še vlažnost zraka, veter in temperaturo, izmed katerih se je izkazalo, da veter občutno vpliva na prostorsko razporeditev prepuščenih padavin in zasičenje drevesne krošnje. Vpliv mikrostrukture padavin na prestrežanje se upošteva le redko (Uijlenhoet in Sempere Torres, 2006).

Upoštevanje številnih različnih spremenljivk hkrati je zelo kompleksno (Siegert in Levia, 2014), zato se v študijah običajno osredotočimo le na manjše število spremenljivk, ki jih podrobneje predstavimo. Namen tega prispevka je predstaviti vpliv nekaterih spremenljivk na prestrežanje padavin dveh različnih drevesnih vrst v urbanem okolju. Upoštevali smo fenološko fazo in trajanje dogodka ter do sedaj le redko obravnavano mikrostrukturo padavin.

Podatki

Meritve prestreženih padavin od jeseni 2013 potekajo na merilni ploskvi v centru Ljubljane ob Oddelku za okoljsko gradbeništvo UL FGG (46°02'32" severno in 14°29'34" vzhodno) na 292 m nadmorske višine. Ploskev je velika približno 600 m², obsega pa travnato površino z dvema skupinama dreves, ki na severni in vzhodni strani meji na parkirišče, na južni ter zahodni strani pa na stavbe. Meritve izvajamo pod dvema

navadnima brezama (*Betula pendula* Roth.), ki se nahajata v levi skupini dreves, in pod dvema črnima boroma (*Pinus nigra* Arnold), ki se nahajata na desni strani merilne ploskve (slika 1).



Slika 1: Merilna ploskev z vidnimi nekaterimi merilnimi inštrumenti.

Na merilni ploskvi merimo celotno količino padavin (P), količino prepuščenih padavin (TF) in odtok po deblu (SF). Meritve padavin potekajo z avtomatskim dežemerom Onset RG2-M (0.2 mm/prekuc) z avtomatskim zapisovalcem podatkov (Onset HOBO Event). Inštrumenti so postavljeni na treh lokacijah: na zunanjem robu merilne ploskve na čistini, na strehi zgradbe ob južni strani ploskve in na travniku na južni strani te stavbe. Prepuščene padavine merimo pod obema vrstama dreves s fiksno postavljenimi koriti (7500 cm^2) in premičnimi totalizatorji ($78,5 \text{ cm}^2$). Tako pod brezama kot pod boroma sta vzdolž krošnje ob deblu postavljeni dve koriti, eno z avtomatskim zapisovanjem podatkov (prekucni tip dežemera Unidata 6506G in avtomatski zapisovalnik podatkov Onset HOBO Event) in drugo, ki se prazni v povezani plastični posodi z zaščito proti izhlapevanju in prostorninama 10 l in 50 l, ki se po vsakem dogodku praznita ročno. Pod vsako skupino dreves se nahaja tudi 10 premičnih totalizatorjev z ročnim praznjenjem, ki jih naključno premikamo pod krošnjama dreves ter tako zajamemo prostorsko spremenljivost prepuščenih padavin. Odtok po deblu se zbira z gumijasto polcevko, ki je ovita okoli debla, nanj pritrjena z žebli ter dodatno zatesnjena s silikonom. Tako zbrane padavine se stekajo na avtomatski merilnik s prekucno posodico (Onset RG2-M) in avtomatskim zapisovalcem podatkov (Onset HOBO Event).

Mikrostrukturo padavin (velikost in hitrost dežnih kapljic) merimo z disdrometrom (Ott Parsivel), ki je postavljen na strehi objekta na južni strani merilne ploskve. Ta lasersko –

optični merilec padavin kapljice razdeli v 1024 razredov, 32 razredov velikosti glede na premer (od 0,062 mm do 24,5 mm) in 32 razredov hitrosti (od 0,05 m/s do 20,8 m/s). Zabeležene podatke smo razdelili na padavinske dogodke tako, da smo upoštevali, da so med koncem enega in začetkom drugega dogodka minile vsaj 3 ure (Hamilton in Rowe, 1949; Steinbuck, 2002). Obdobje sušenja krošnje smo po potrebi prilagajali za vsak dogodek glede na vremenske razmere, na primer upoštevan čas med dvema dogodkoma je bil daljši za zimske padavine, za dogodke, po katerih je bila prisotna megla, ali dogodke z zelo dolgim trajanjem padavin.

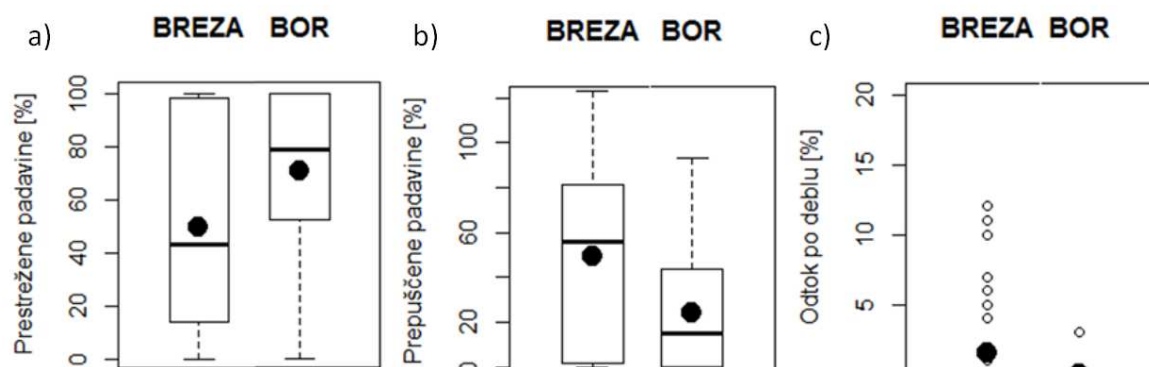
Prestrežene padavine (I) so glede na izmerjene vrednosti in na osnovi bilančne enačbe definirane kot (Šraj, 2009):

$$I = P - TF - SF \quad (1)$$

Prestrežene padavine

V prispevku obravnavamo obdobje meritev od 1. 1. 2014 do 30. 6. 2014. Celotno leto 2014 je bilo zelo mokro, saj povprečne letne količine padavin niso bile tako visoke že vse od leta 1937, v Ljubljani pa je padlo kar 33 % več padavin od dolgoletnega povprečja 1961 – 1990 (Cegnar, 2014). V obravnavanem obdobju smo zabeležili 99 padavinskih dogodkov s skupno vsoto 823,4 mm padavin. Od tega smo v analizi prestreženih padavin upoštevali 75 dogodkov s skupno vsoto 698,5 mm padavin, saj smo izločili podatke, zbrane med 1. in 10. februarjem, ko se je na drevesih nabrala velika količina žleda, in dogodke, pri katerih izmerjene vrednosti zaradi zamašenih merilnikov niso bile reprezentativne.

Glede na vsoto padavin v prvi polovici leta je breza prestregla 23 % padavin, bor pa 53 % padavin (slika 2). Breza je prepustila več padavin kot bor, v primeru dveh dogodkov pa je bila vrednost izmerjenih prepuščenih padavin pod brezo celo večja od vsote padavin dogodka (prepuščene padavine so znašale 123 % in 104 %). Do tega lahko pride zaradi zbiranja prestreženih padavin na robu krošnje, od koder padavine po tem koncentrirano kapljajo na tla (Chang, 2003; Šraj et al., 2008). Prav tako je bil pri brezi večji odtok po deblu, ki je v povprečju znašal 1,23 mm, zabeležili pa smo ga pri 21 dogodkih s padavinami, višjimi od 7 mm. Vrednosti odtoka po deblu pri boru pa so skoraj zanemarljive, saj smo ga zabeležili le pri 13 dogodkih, povprečna vrednost pa je znašala le 0,02 mm.



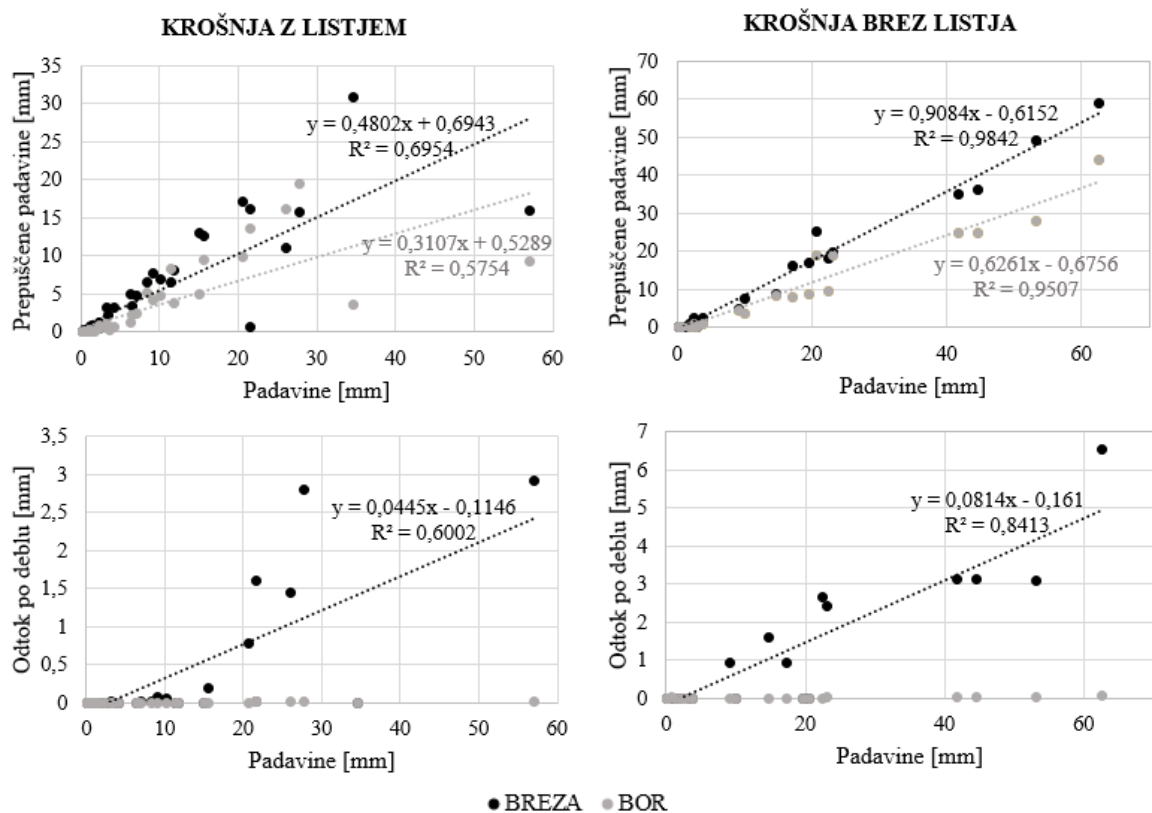
Slika 2: Deleži a) prestreženih in b) prepuščenih padavin ter c) odtoka po deblu za posamezne dogodke. Okvir prikazuje kvartile, ročaji najvišjo in najnižjo vrednost, sredinska črta mediano, pika pa povprečno vrednost.

Vpliv fenološke faze na količino prestreženih padavin

Pri listnatih drevesih ločimo več navzven dobro opaznih morfoloških sprememb v letnem življenjskem obdobju, ki jih imenujemo fenofaze (Vilhar 2014). Določamo jih s fenološkimi opazovanji, pri čemer smo v naši raziskavi obravnavali zimsko obdobje, ko krošnje breze niso olistane, ter fenofazo prvih listov pri brezi (ARSO, 2015). V letu 2014 se je krošnja breze skoraj povsem olistala do 27. marca, ki smo ga postavili za mejo med dvema obdobjema: zimskim, ko krošnje breze niso olistane, ter pomladnim, ko so krošnje breze polno olistane. To delitev zaradi lažje primerjave uporabljamo tudi pri boru, čeprav spada med zimzelena drevesa, a ima lahko v pomladnem času tudi do 60 % več iglic kot pozimi (Margolis et al., 1995). Tako smo v zimskem obdobju zabeležili 29 dogodkov, v pomladnem pa 46 dogodkov.

V zimskem obdobju je breza v povprečju prestregla 30 % padavin na dogodek, prepuščanje pa se je začelo že pri 0,2 mm padavin, med tem ko je za nastanek odtoka po deblu morale pasti skoraj 10 mm padavin (slika 3). V zimskem obdobju je bor povprečno prestregel 60 % padavin na dogodek, minimalen odtok po deblu pa smo zabeležili le v osmih večjih dogodkih.

Delež prestreženih padavin je v pomladnem obdobju večji kot v zimskem tako v primeru breze kot bora. Breza povprečno na dogodek v tem obdobju prestreže še enkrat več padavin, to je 60 %, bor pa kar 78 %. V pomladnem obdobju je pri brezi do prepuščanja padavin in odtoka po deblu prišlo kasneje, saj je bilo za prvega potrebnih vsaj 0,4 mm padavin, za drugega pa 15 mm padavin (slika 3). Do odtoka po deblu pri boru je prišlo še redkeje, in sicer v 5 dogodkih, ko so padavine presegle 20 mm, odtok po deblu pa ni nikoli znašal več kot 0,2 mm.



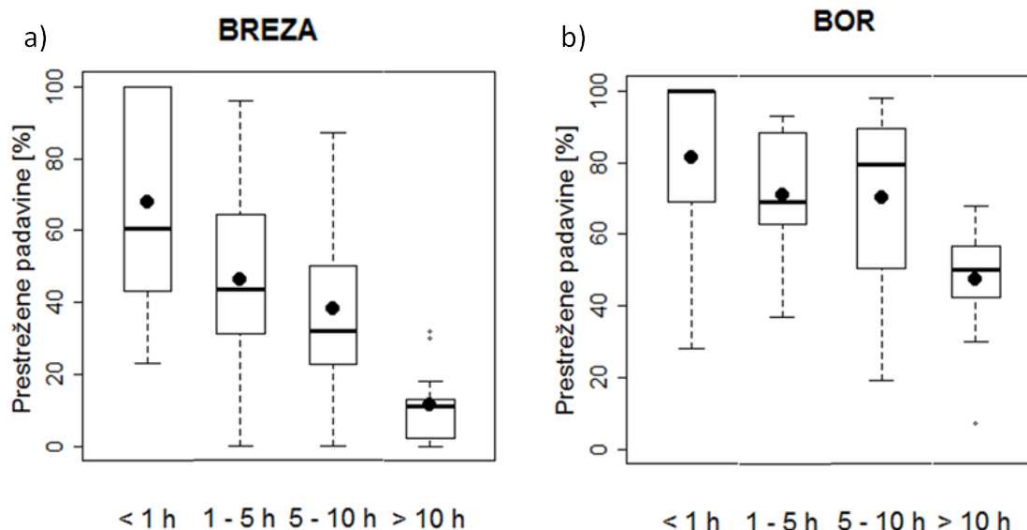
Slika 3: Odvisnost med padavinami in prepuščenimi padavinami oziroma odtokom po deblu za zimsko in pomladno obdobje pri brezi in boru.

Poleg razlike v količini prestreženih padavin pa fenološka faza vpliva tudi na odvisnost med padavinami in prestreženimi padavinami. To odvisnost lahko opišemo z linearno empirično enačbo, ki ima v zimskem obdobju dokaj visok Pearsonov koeficient korelacije, medtem ko je njegova vrednost v pomladnem obdobju nižja, kar opisuje manjšo odvisnost med neodvisnima spremenljivkama (slika 3). Podobne rezultate so predstavili tudi Herbst in sodelavci (2008) za listnat gozd v Veliki Britaniji in Šraj s sodelavci (2008) za listnat gozd v Sloveniji. Na proces delitve padavin na prepuščene padavine in odtok po deblu, ko je krošnja olistana, vpliva več različnih značilnosti drevesnih vrst kot v zimskem času. Takrat je med vejami namreč veliko več odprtin, ki neposredno prepuščajo padavine, ki bi se sicer ujele na listju, se tam zadržale ali kapljale na tla oziroma se stekale po vejah.

Vpliv trajanja padavinskega dogodka na količino prestreženih padavin

Trajanje padavinskega dogodka smo določili kot časovno razliko med prvim in zadnjim zabeleženim zvratom merilnikov padavin. V obravnavanem obdobju so bili zabeleženi padavinski dogodki, dolgi od dveh minut do skoraj petinštirideset ur, v povprečju pa so trajali osem ur. Padavinske dogodke smo glede na trajanje razdelili v 4 skupine: manj kot 1 ura, od 1 do 5 ur, od 5 do 10 ur in več kot 10 ur.

Delež prestreženih padavin upada s trajanjem padavin (slika 4). Upadanje je bolj izrazito v primeru breze, saj je povprečni delež prestreženih padavin pri dogodkih, krajših od 1 ure, enak 68 %, pri dogodkih, daljših od 10 ur, pa doseže le 11 %. S trajanjem padavinskih dogodkov padajo tudi najvišje dosežene vrednosti prestreženih padavin v časovnem razredu. V primeru bora prav tako pride do manjšanja količine prestreženih padavin s trajanjem padavinskega dogodka, vendar je to manj izrazito kot pri brezi. Pri dogodkih, krajših od ene ure, bor v povprečju prestreže 81 % padavin, v primeru padavinskih dogodkov, daljših od 10 ur, pa 47 % padavin. Tolikšno količino padavin pa v povprečju breza prestreže v primeru dogodkov z dolžino med 1 in 5 ur ter 5 in 10 ur (slika 4).



Slika 4: Delež prestreženih padavin v odvisnosti od trajanja padavinskega dogodka za a) brezo in b) bor. Okvir prikazuje kvartile, ročaji najvišjo in najnižjo vrednost, sredinska črta mediano, pika pa povprečno vrednost.

Podobne rezultate padanja količine prestreženih padavin z daljšim trajanjem dogodka so pokazali še v drugih študijah (Guevara-Escobar et al., 2007; Asadian in Weiler, 2009). Xiao in sodelavci (2000) so na primer izmerili, da se v primerjavi s krajšimi dogodki pri tistih, ki trajajo od 1 do 2 uri, delež prestreženih padavin zmanjša za 3 % pri hrastu in za 4 % pri hruški. Zhang in ostali (2015) pa so obravnavali dve vrsti grmovja, enega listnatega (*Caragana korshinskii*) in drugega iglastega (*Artemisia ordosica*) ter opazili približno linearno naraščanje odtoka po deblu z daljšanjem trajanja padavin za listnato grmovje, v primeru iglastega pa je bil odtok po deblu konstanten ne glede na trajanje, delež prestreženih padavin pa je v obeh primerih z daljšim trajanjem padal.

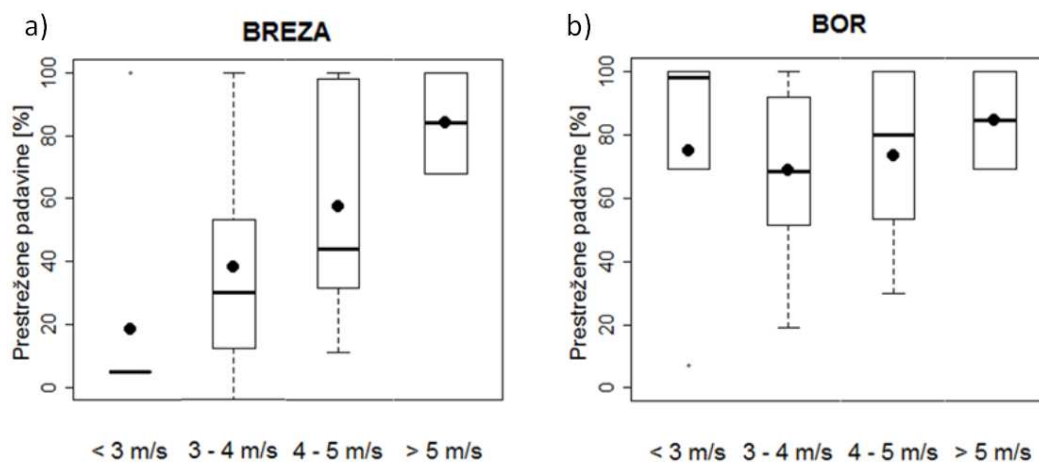
Bor in breza se na trajanje padavin odzivata različno, saj je pri brezi zmanjševanje prestreženih padavin veliko izrazitejše za daljše padavinske dogodke in bolj očitno glede na razrede trajanja dogodka kot pri boru (slika 4). Tako je različen odziv listavca in iglavca najverjetneje posledica drugačnega načina nastanka odtoka po deblu. Pri brezi se, predvsem v obdobju brez listja, odtok po deblu prične pojavljati že pri 20 minut trajajočem dogodku, z daljšanjem padavinskega dogodka pa se veča (povprečno 0 % za trajanje pod 1 uro, 1 % za 1 – 5 ur, 2 % za 5 – 10 ur in 5 % za več kot 10 ur). Pri boru pa smo odtok po deblu zabeležili šele pri vsaj 5 ur trajajočih padavinah, v povprečju pa dosega veliko nižje vrednosti kot pri brezi (0,2 %).

Vpliv mikrostrukture padavin na količino prestreženih padavin

Padavine imajo diskretno naravo, saj jih sestavljajo posamezne dežne kapljice, ki se razlikujejo po številu, hitrosti in velikosti. Te vrednosti opisujejo mikrostrukturo padavinskega dogodka, ki je kot taka pri meteoroloških in hidroloških analizah pogosto prezrta in nadomeščena na primer z intenziteto padavin (Uijlenhoet in Sempere Torres, 2006).

Izmed 75 obravnavanih padavinskih dogodkov smo jih 61 zabeležili z disdrometrom, pri ostalih pa disdrometer ni deloval ali pa jih ni zaznal. Povprečna hitrost kapljic 61 padavinskih dogodkov se je gibala med 2,3 m/s in 5,5 m/s. Največje hitrosti so kapljice dosegale pri kratkih padavinskih dogodkih z majhno vsoto padavin (plohe, nevihte). V teh primerih so bile večinoma vse padavine tudi prestrežene (slika 5). Podobno so bili tudi dogodki z najnižjimi hitrostmi zelo kratki in z majhno količino padavin, vendar pa je v tem primeru pri brezi prišlo do skoraj zanemarljivega prestrežanja (slika 5). Dogodki z najnižjimi hitrostmi kapljic so bili vsi zabeleženi pozimi, do konca februarja, med tem ko so se dogodki z velikimi hitrostmi kapljic pojavljali od konca aprila naprej.

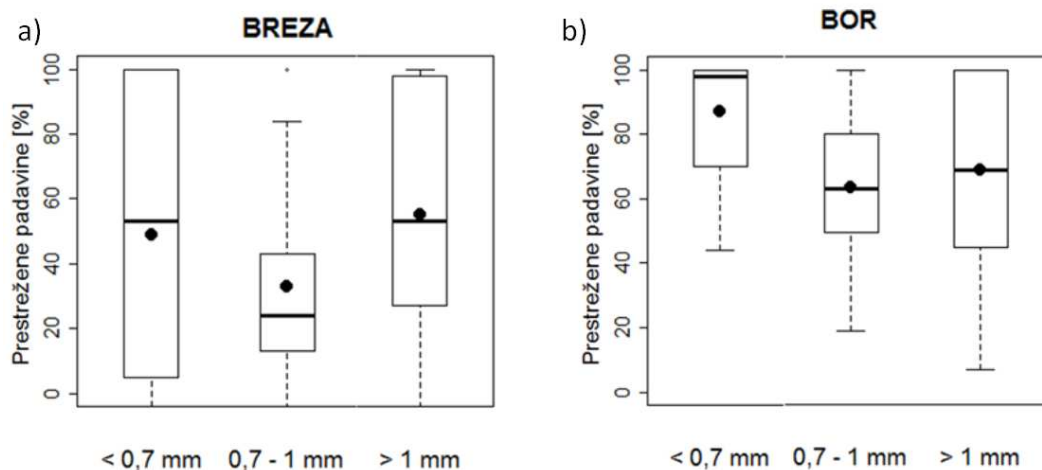
Delež prestreženih padavin s hitrostjo kapljic narašča (slika 5), vendar pa na to seveda vpliva tudi fenološka faza, kar je opazno pri primerjavi rezultatov za brezo in bor. Pri dogodkih z najmanjšo hitrostjo kapljic breza skoraj ne prestreže nobenih padavin, kar je v veliki meri posledica tega, da so te padavine padale v zimskem obdobju, ko je bila krošnja neolistana. V nasprotnem primeru je bil delež prestrežanja pri boru tudi za take hitrosti kapljic dokaj visok.



Slika 5: Odvisnost prestreženih padavin od hitrosti dežnih kapljic za a) brezo in b) bor. Okvir prikazuje kvartile, ročaji najvišjo in najnižjo vrednost, sredinska črta mediano, pika pa povprečno vrednost.

Povprečne vrednosti premera kapljic so se gibale v spodnjih velikostnih razredih in so znašale od 0,48 mm do 1,6 mm. Največji premeri dežnih kapljic so bili zabeleženi pri tistih dogodkih, katerih hitrosti kapljic so bile prav tako najvišje, podobno pa so bile na splošno najmanjše kapljice zabeležene hkrati z najnižjimi hitrostmi.

Odziv breze in bora na kapljice različnih velikosti je podoben (slika 6). Najmanj padavin so drevesa prestregla ob dogodkih s srednjimi premeri kapljic, največ pa v primeru breze pri dogodkih z največjimi premeri in pri boru z najmanjšimi premeri kapljic. To odstopanje je ponovno najverjetneje posledica fenološke faze.



Slika 6: Odvisnost prestreženih padavin od premera dežnih kapljic za a) brezo in b) bor. Okvir prikazuje kvartile, ročaji najvišjo in najnižjo vrednost, sredinska črta mediano, pika pa povprečno vrednost.

Z vplivom mikrostrukture na prestrezanje padavin so se do sedaj ukvarjali le redki raziskovalci. Edino Calder (1996) je z dvostopenjskim stohastičnim modelom prestrezanja, ki upošteva velikosti dežnih kapljic, pokazal, da je prestrezanje nižje, ko so kapljice

majhne, za primer padavin z večjimi kapljicami pa pričakuje počasnejše vlaženje drevesne krošnje in s tem večje prestrezanje. Ostale meritve so se bolj osredotočale na določanje velikosti kapljic prepuščenih padavin pod drevesnimi krošnjami in njihovega vpliva na erozijo (Nanko et al., 2006; Nanko et al., 2008; Nanko et al., 2011) ali na potek omočitve drevesne krošnje pri dogodkih z različno mikrostrukturo (Calder, 1996; Calder et al., 1996; Hall et al., 1996).

Zaključki

Na proces prestrezanja padavin vplivajo različne spremenljivke in parametri, ki pa jih zaradi kompleksnosti posamezne spremenljivke ali parametra in samega procesa prestrezanja padavin ne moremo analizirati istočasno. Zato je potrebnih čim več meritev in analiz procesa prestrezanja padavin na primerih različnih drevesnih vrst v različnih okoljih in podnebnih območjih, ki upoštevajo manjše število spremenljivk naenkrat (Inkläinen et al., 2013). To pa je tudi cilj predstavljene raziskave.

Analizirali smo vpliv fenološke faze, trajanja in mikrostrukture padavin na delež prestreženih padavin za dve različni drevesni vrsti (breza in bor) v urbanem okolju in pri celinskem podnebnju v obdobju 6 mesecev od 1. 1. 2014 do 30. 6. 2014. Za vsako izmed obravnavanih spremenljivk smo zabeležili določen značilen vpliv na proces prestrezanja padavin, hkrati pa se vplivi teh spremenljivk med seboj tudi prepletajo. Tako lahko na splošno rečemo, da drevesa v pomladnem obdobju, ko so krošnje olistane, prestrežejo znatno več padavin kot v zimskem obdobju, ko so krošnje neolistane in da z daljšanjem trajanja dogodka prestrezanje padavin upada, torej drevesa zadržijo čedalje manjše količine padavin. Breza je namreč v pomladnem obdobju v povprečju na dogodek prestregla 60 % padavin, v zimskem obdobju pa le 30 % padavin, pri dogodkih, krajših od ene ure, je prestregla 68 %, pri dogodkih daljši od 10 ur pa v povprečju le še 11 %.

V primeru fenoloških faz in trajanja padavin na opažene zakonitosti vplivajo tudi druge spremenljivke in parametri, ki pa nimajo tako izrazitega vpliva kot v primeru mikrostrukture padavin. V tem primeru se najprej pokaže, da z večanjem hitrosti dežnih kapljic delež prestreženih padavin narašča, najmanjši pa je, ko imajo kapljice srednji premer med 0,7 in 1 mm. Vendar pri podrobnejšem pregledu dogodkov ugotovimo, da v tem primeru pomembno vlogo igra tudi fenološka faza dreves.

Proces prestrezanja padavin z drevesi lahko močno zmanjša površinski odtok tako v naravnem kot tudi v urbanem okolju. Na delež prestreženih padavin ter s tem tudi na zmanjšanje odtoka vplivajo različne spremenljivke, katerih vpliv pa še ni dovolj natančno poznan. Zato bo potrebnih še veliko raziskav, da bomo te spremenljivke in njihovo soodvisnost lahko bolje vključevali v modele in napovedi. Pomemben doprinos bodo predstavljale tudi neprekinjene meritve v urbanem okolju, obravnavane v tem prispevku, s katerimi bomo še nadaljevali.

Literatura

ARSO (2015). Fenologija.

www.arso.gov.si/vreme/napovedi%20in%20podatki/fenologija.pdf (24. 11. 2015)

Asadian, Y., Weiler, M. (2009). A new approach in measuring rainfall interception by urban trees in coastal British Columbia, *Water quality research journal of Canada* 44, 16–25.

Bellot, J., Escarré, A. (1991). Chemical characteristics and temporal variations of nutrients in throughfall and stemflow of three species in Mediterranean holm oak forest, *Forest ecology and management* 4, 11–2, 125–135.

- Berland, A., Hopton, M.E. (2014). Comparing street tree assemblages and associated storm water benefits among communities in metropolitan Cincinnati, Ohio, USA, *Urban forestry and urban greening* 13, 734–741.
- Brilly, M., Šraj, M. (2005). *Osnove hidrologije*. Univerzitetni učbenik. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, 309 p.
- Calder, I.R. (1996). Dependence of rainfall interception on drop size: 1. Development of the two-layer stochastic model, *Journal of hydrology* 185, 1–4, 363–378.
- Calder, I.R., Hall, R.L., Rosier, P.T.W., Bastable, H.G., Prasanna, K.T. (1996). Dependence of rainfall interception on drop size: 2. Experimental determination of the wetting functions and two-layer stochastic model parameters for five tropical tree species, *Journal of hydrology* 185, 1–4, 379–388.
- Cegnar, T. (2014). *Meteorologija*. Naše okolje 21, 12, 3–58.
- Chang, M. (2003). *Forest hydrology - an introduction to water and forests*. CRC Press, Boca Raton, Florida, 373 p.
- Crockford, R.D., Richardson, D.P. (2000). Partitioning of rainfall into throughfall, stemflow and interception: effect of forest type, ground cover and climate, *Hydrological processes* 14, 2903–2920.
- Deguchi, A., Hattori, S., Park, H. (2006). The influence of seasonal changes in canopy structure on interception loss: Application of the revised Gash model, *Journal of hydrology* 318, 80–102.
- Fleischbein, K., Wilcke, W., Goller, R., Boy, J., Valarezo, C., Zech, W., Knoblich, K. (2005). Rainfall interception in a lower montane forest in Ecuador: effects of canopy properties, *Hydrological processes* 19, 1355–1371.
- Guevara-Escobar, A., Gonzales-Sosa, E., Veliz-Chavez, C., Ventura-Ramos, E., Ramos-Salinas, M. (2007). Rainfall interception and distribution patterns of gross precipitation around an isolated *Ficus benjamina* tree in an urban area, *Journal of hydrology* 333, 532–541.
- Hall, R.L., Calder, I.R., Gunawardena, E.R.N., Rosier, P.T.W. (1996). Dependence of rainfall interception on drop size: 3. Implementation and comparative performance of the stochastic model using data from a tropical site in Sri Lanka, *Journal of hydrology* 185, 1–4, 389–407.
- Hamilton, E.L., Rowe, P.B. (1949). Rainfall interception by chaparral in California. State of California, Department of Natural Resources, Division of Forestry, Sacramento, 43 p.
- Herbst, M., Rosier, P.T.W., McNeil, D.D., Harding, R.J., Gowing, D.J. (2008). Seasonal variability of interception evaporation from the canopy of a mixed deciduous forest, *Agricultural and forest meteorology* 148, 1655–1667.
- Inkiläinen, E.N.M., McHalea, M.R., Blanka, G.B., Jamesb, A.L., Nikinmaac, E. (2013). The role of the residential urban forest in regulating throughfall: A case study in Raleigh, North Carolina, USA, *Landscape and urban planning* 119, 91–103.
- Liu, S. (1997). A new model for the prediction of rainfall interception in forest canopies, *Ecological modelling* 99, 151–159.
- Livesley, S.J., Baudinette, B., Glover, D. (2014). Rainfall interception and stemflow by eucalypt street trees - The impacts of canopy density and bark type, *Urban forestry and urban greening* 13, 192–197.
- Llorens, P., Gallart, F. (2000). A simplified method for forest water storage capacity measurement, *Journal of hydrology* 240, 131–144.
- Margolis, H., Oren, R., Whitehead, D., Kaufmann, M. (1995). “Leaf area dynamics of conifer forests” in W. Smith, J. Roy, T. Hinckley, Eds., *Ecophysiology of Coniferous Forests*. Academic Press, San Diego, 181–216.
- Muzyło, A., Llorens, P., Domingo, F. (2012). Rainfall partitioning in a deciduous forest plot in leafed and leafless periods, *Ecohydrology* 5, 759–767.
- Nakayoshi, M., Moriwaki, R., Kawai, T., Kanda, M. (2009). Experimental study on rainfall interception over an outdoor urban-scale model, *Water resources research* 45, 1–10.
- Nanko, K., Hotta, N., Suzuki, M. (2006). Evaluating the influence of canopy species and meteorological factors on throughfall drop size distribution, *Journal of hydrology* 329, 422–431.
- Nanko, K., Mizugaki, S., Onda, Y. (2008). Estimation of soil splash detachment rates on the forest floor of an unmanaged Japanese cypress plantation based on field measurements of throughfall drop sizes and velocities, *Catena* 72, 3, 348–361.

- Nanko, K., Ondab, Y., Ito, A., Moriwakic, H. (2011). Spatial variability of throughfall under a single tree: Experimental study of rainfall amount, raindrops, and kinetic energy, *Agricultural and forest meteorology* 151, 8, 1173–1182.
- Ovington, J.D. (1954). A comparison of rainfall in different woodlands. *Forestry London* 27, 41–53.
- Pypker, T.G., Bond, B.J., Link, T.E., Marks, D., Unsworth, M.H. (2005). The importance of canopy structure in controlling the interception loss of rainfall: Examples from a young and an old-growth Douglas-fir forest, *Agricultural and forest meteorology* 130, 113–129.
- Siegert, C.M., Levia, D.F. (2014). Seasonal and meteorological effects on differential stemflow funnelling ratios for two deciduous tree species, *Journal of hydrology* 519, 446–454.
- Steinbuck, E. (2002): The influence of tree morphology on stemflow in a redwood region second-growth forest. Unpublished Msc Thesis, Faculty of California State University, Chico, 55 p.
- Šraj, M., Brilly, M., Mikoš, M. (2008). Rainfall interception by two deciduous Mediterranean forests of contrasting stature in Slovenia. *Agricultural and forest meteorology* 148, 121–134.
- Šraj, M. (2009). Prestrežene padavine: meritve in analiza. *Geografski vestnik* 81–1, 99–111.
- Toba, T., Ohta, T. (2005). An observational study of the factors that influence interception loss in boreal and temperate forests, *Journal of hydrology*, 313, 3–4, 208–220.
- Uijlenhoet, R., Sempere Torres, D. (2006). Measurement and parameterization of rainfall microstructure, *Journal of hydrology* 328, 1–2, 1–7.
- Vilhar, U. (2010). Padavinski režim v izbranih vrzelih in sestojih dinarskega jelovo-bukovega gozda. *Zbornik gozdarstva in lesarstva* 91, 43–58.
- Vilhar, U. (2014). *Priročnik za fenološka opazovanja dreves v mestu in urbanih gozdovih*. Gozdarski inštitut Slovenije, Ljubljana, 18 p.
- Wood, M.K., Jones, T.L., Vera-Cruz, M.T. (1998). Rainfall interception by selected plants in the Chihuahuan Desert, *Journal of range management* 51, 91–96.
- Xiao, Q., McPherson, E.G., Ustin, S.L., Grismer, M.E., Simpson, J.R. (2000). Winter rainfall interception by two mature open-grown trees in Davis, California, *Hydrological processes* 14, 763–784.
- Zabret, K. (2013). Vpliv značilnosti drevesnih vrst na prestrežanje padavin, *Acta hydrotechnica* 26, 99–116.
- Zhang, Y., Wang, X., Hu, R., Pan, Y., Paradeloc, M. (2015). Rainfall partitioning into throughfall, stemflow and interception loss by two xerophytic shrubs within a rain-fed re-vegetated desert ecosystem, north western China, *Journal of hydrology* 527, 1084–1095.