

# Analiza vpliva mikrostrukture dežnih kapljic na prepuščene padavine pod brezo in borom

Katarina Zabret<sup>\*</sup>, Jože Rakovec<sup>\*\*</sup>, Mojca Šraj<sup>\*</sup>

## Povzetek

Delež prepuščenih padavin, ki dosežejo tla pod vegetacijo, je odvisen od različnih vplivnih spremenljivk, med katerimi je mikrostruktura padavin pogosto prezrta. Mikrostruktura padavin podaja število, velikost in hitrost dežnih kapljic ter se spreminja s časom in prostorom. Meritve padavin na prostem in prepuščenih padavin smo izvedli na raziskovalni ploskvi v Ljubljani, ki je bila vzpostavljena leta 2014. Tekom razvoja treh izbranih padavinskih dogodkov s podobnim trajanjem in različnimi količinami ter intenzitetami padavin smo analizirali vpliv mikrostrukture dežnih kapljic na delež prepuščenih padavin pod navadno brezo (*Betula pendula* Roth) in črnim borom (*Pinus nigra* Arnold). Ugotovili smo, da povečanje velikostnega spektra dežnih kapljic opazno vpliva na povečanje prepuščanja padavin pod borom, ki v primeru zasičenosti drevesne krošnje lahko tudi preseže količino padavin na prostem. Podobnega odziva za primer breze nismo opazili. V primeru obeh drevesnih vrst pa je pojav večjih dežnih kapljic pri majhnih količinah padavin na prostem spodbudil začetek prepuščanja padavin.

**Ključne besede:** prestrežene padavine; prepuščene padavine; mikrostruktura padavin; breza; bor

**Key words:** rainfall interception; throughfall; rainfall microstructure; birch tree; pine tree

## Uvod

Padavine, ki padajo nad vegetacijo, zaradi procesa prestrežanja padavin v celoti ne dosežejo tal. Ob stiku z drevesi se namreč padavine razdelijo na prestrežene padavine, prepuščene padavine in odtok po deblu. Prestrežene padavine ostanejo v drevesni krošnji, postopoma izhlapijo v ozračje in ne dosežejo tal, kar bistveno vpliva na vodno bilanco z gozdom poraščenih območij (Šraj in sod., 2008). Odtok po deblu tvorijo padavine, ki se po vejah ter deblu stekajo do tal. Prepuščene padavine pa so tiste, ki tla dosežejo tako, da padejo neposredno skozi odprtine v drevesni krošnji, postopoma prikapljujejo na tla z zasičenih listov in vej ali pa tla dosežejo zaradi škropljenja prestreženih padavin, ki ga povzroča tresenje krošnje (Nanko in sod., 2006; Bassette in Bussiere, 2008). Posamezne komponente prepuščenih padavin lahko med seboj ločimo glede na njihovo mikrostrukturo. Neposredne prepuščene padavine ohranijo porazdelitev velikosti dežnih kapljic padavin na prostem (Brandt, 1989), premeri kapljic zaradi škropljenja so po navadi manjši od 1,5 mm, medtem ko imajo tiste, ki tla dosežejo s kapljanjem, večje premere (Nanko in sod., 2006).

Mikrostruktura padavin opisuje število dežnih kapljic, njihov premer in hitrost (Uijlenhoet in Sempere Torres, 2006). Kot ena izmed lastnosti padavin je mikrostruktura pomembna spremenljivka, ki poleg količine, intenzitete in trajanja padavin vpliva na deleže prestreženih in prepuščenih padavin ter odtoka po deblu (Zabret in sod., 2018).

---

<sup>\*</sup> Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana

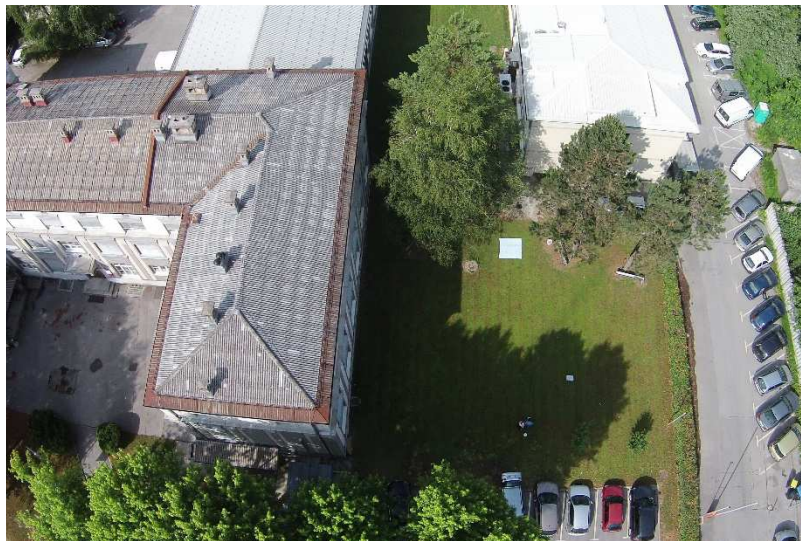
<sup>\*\*</sup> Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko, Jadranska ulica 19, 1000 Ljubljana

Kljub temu pa so število, velikost in hitrost dežnih kapljic le redko upoštevani pri analizah procesa prestrežanja padavin (Zabret in sod., 2017). Raziskovalci na tem področju so do sedaj upoštevali predvsem mikrostrukturo prepuščenih padavin, med tem ko je bila mikrostruktura padavin na prostem pri analizah prestrežanja padavin zanemarjena. Tako so na primer nekateri raziskovalci primerjali velikostno porazdelitev dežnih kapljic na prostem in pod vegetacijo ter določili značilnosti mikrostrukture prepuščenih padavin (Nanko in sod., 2006; Frasson in Krajewski, 2011), iz katere so poskušali definirati posamezne komponente prepuščenih padavin, to sta kapljanje in škropljenje (Nanko in sod., 2006; Bassette in Bussiere, 2008). Primerjali so tudi mikrostrukturo prepuščenih padavin v posameznih fenofazah in pod različnimi drevesnimi vrstami, da bi analizirali vpliv prisotnosti listja oziroma različnih lastnosti listja in iglic (Nanko in sod., 2013; Nanko in sod., 2016). Zaradi spremenjenih lastnosti dežnih kapljic pod drevesom, ki so predvsem zaradi kapljanja po navadi večje, je bilo kar nekaj raziskav usmerjenih tudi v analizo vpliva velikostne porazdelitve prepuščenih padavin na erozijo pod drevesi (Calder in sod., 1993; Geißler in sod., 2012; Goebes in sod., 2015).

Velikost, hitrost in število dežnih kapljic so pomembne lastnosti padavin, ki vplivajo na številne procese hidrološkega kroga, vendar so v raziskavah pogosto prezrte (Uijlenhoet in Sempere Torres, 2006). Najpogosteje njihovo upoštevanje zasledimo na področju raziskav erozivnosti zemljine. Zaradi spremenjene mikrostrukture prepuščenih padavin glede na padavine na prostem je bilo nekaj študij usmerjenih tudi na to področje, vendar pri tem ni bil upoštevan vpliv mikrostrukture padavin na prostem na delež prestreženih padavin. Namen te raziskave je upoštevati vpliv mikrostrukture padavin na prostem na potek prepuščanja padavin. Ker pa na prepuščanje padavin vplivajo še številne druge spremenljivke, bomo v analizi upoštevali meritve pod listavcem in iglavcem ter različno intenzivne padavinske dogodke.

### Metode in podatki

Osnova za predstavljeno analizo so bili rezultati meritev, ki jih od leta 2014 izvajamo na raziskovalni ploskvi ob stavbi Oddelka za okoljsko gradbeništvo UL FGG v Ljubljani. Travnata površina z dvema skupinama dreves se nahaja v manjšem mestnem parku in obsega 600 m<sup>2</sup>. Na severo-zahodnem delu raste skupina borovih dreves (črni bor, *Pinus nigra* Arnold), na jugo-zahodnem delu skupina brezovih dreves (navadna breza, *Betula pendula* Roth), na vzhodnem delu pa najdemo čistino, poraslo s travo (slika 1).



Slika1: Raziskovalna ploskev

Raziskovalna ploskev je opremljena z merilniki za merjenje količine padavin na prostem, prepuščenih padavin in odtoka po deblu pod drevesi ter mikrostrukture padavin na prostem. Padavine na prostem smo merili z dvema avtomatičnima dežemeroma (Onset RG2-M), ki sta postavljena na čistini ob vzhodnem robu ploskve. Dežemera imata prekucnik, umerjen na 0,2 mm na tip, ter avtomatični zapisovalec podatkov (Onset HOBO Event). Prepuščene padavine smo merili s kombinacijo nepremičnih korit in premičnih lijakastih merilnikov. Pod vsako skupino dreves stojita dve ostrorobi koriti s površino 0,75 m<sup>2</sup>. Eno korito je opremljeno s prekucnikom (Unidata 6506G; 50 ml/tip) in z avtomatskim zapisovalnikom podatkov (Onset HOBO Event), drugo pa z zbiralno posodo (60 l), ki smo jo praznili ročno. Poleg tega je pod drevesi razporejenih še 11 lijakastih merilnikov z zbirno površino 78,5 cm<sup>2</sup> in ročnim praznjenjem, katerih lokacijo smo spreminjali na 10 dogodkov. Odtok po deblu smo prestrezali z gumijasto polcevko, ovito okrog debela ene breze in enega bora, pritrjeno z žebliji in silikonom, ki se steka v zbiralni posodi. V primeru bora smo jo praznili ročno, pri brezi pa smo zaradi večje količine odtoka po deblu namestili prekucnik (Onset RG2-M, 0,2 mm/tip) z avtomatskim zapisovalnikom podatkov (Onset HOBO Event). Mikrostrukturo padavin pa smo spremljali z disdrometrom (Ott Parsivel), postavljenim na strehi bližnje stavbe. Merilna površina disdrometra znaša 54 cm<sup>2</sup> in je pokrita z laserskim žarkom, vsako minuto pa so zaznani padavinski delci razvrščeni v 32 razredov hitrosti (od 0 m/s do 22,4 m/s) in velikosti (od 0,25 mm do 26 mm).

Ker sta hitrost in velikost dežnih kapljic med seboj odvisni ( $v = v(D)$ ) (Gunn in Kinzer, 1949), smo pri analizi rezultatov za večjo preglednost obravnavali le velikost dežnih kapljic. Spreminjanje števila različno velikih dežnih kapljic tekom razvoja padavinskega dogodka smo prikazali na kartah jakosti. Za njihov izris smo uporabili paket lattice (Sarkar, 2017) in pripadajočo funkcije levelplot v programu R (R core team, 2015). Vhodni podatki so bili pripravljene v matrikah velikih približno 32 X 77 celic (odvisno od trajanja dogodka), v katerih je bilo podano število dežnih kapljic v določenem velikostnem razredu (vodoravno) za vsako minuto trajanja dogodka (navpično).

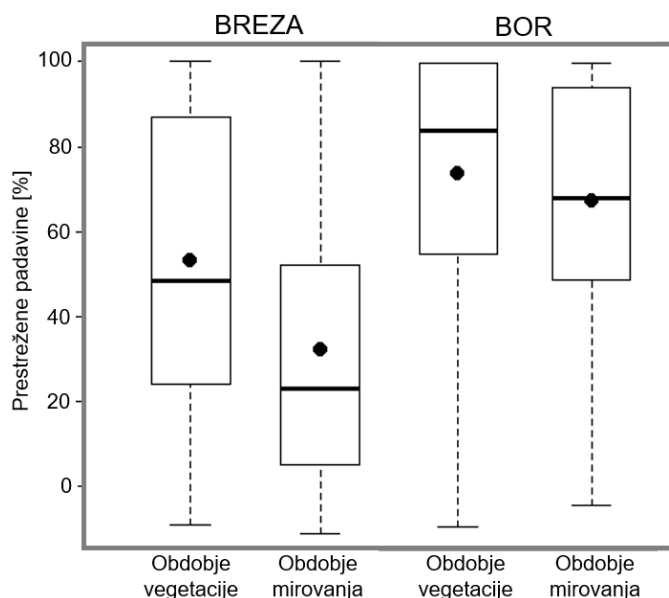
## Rezultati in analiza

### Prepuščene padavine, odtok po deblu in prestrežene padavine

Med 1. januarjem 2014 in 30. junijem 2017 smo na raziskovalni ploskvi zabeležili 468 padavinskih dogodkov. V nadaljnji analizi nismo upoštevali snežnih dogodkov ter dogodkov, pri katerih smo opazili večje napake v delovanju katerega izmed merilnikov. Tako smo analizirali 413 padavinskih dogodkov, katerih vsota je bila 4.110,8 mm padavin. Na dogodek smo zabeležili med 0,2 mm in 167,4 mm padavin. V povprečju je bila intenziteta padavinskih dogodkov enaka 2,3 mm/h ( $\pm 3,6$  mm/h). Povprečno trajanje dogodkov je bilo enako 8,5 ure; najkrajši zabeležen dogodek je bil dolg le 6 minut, najdaljši pa skoraj 5 dni (119 ur).

Količina izmerjenih prepuščenih padavin v obdobju meritev je pod brezo znašala 3.039,0 mm oziroma 74 % vseh na prostem izmerjenih padavin. Pod borom pa smo v celotnem obdobju meritev namerili 2.192,7 mm prepuščenih padavin oziroma 53 % vseh na prostem izmerjenih padavin. Odtoka po deblu pri brezi nismo zabeležili pri 196 dogodkih s količino padavin med 0,2 mm in 29,0 mm, v celoti izmerjen odtok po deblu pa je znašal 130,9 mm, kar predstavlja 3,2 % vseh padavin, izmerjenih na prostem. V primeru bora pa je bil odtok po deblu zanemarljiv, saj smo v celotnem obdobju meritev namerili le 2,7 mm oziroma 0,07 % padavin na prostem. Tako je breza v celoti prestregla 23 %, bor pa 47 % padavin na prostem. Izmerjene vrednosti smo analizirali tudi glede na posamezne

fenofaze, ki smo jih določili glede na olistanost drevesne krošnje breze kot obdobje vegetacije (povsem olistana drevesna krošnja) in obdobje mirovanja (gola drevesna krošnja). Povprečno na dogodek je breza prestregla 45 % ( $\pm 44$  %) padavin, največ v obdobju vegetacije (51 %  $\pm 47$  %) in najmanj v obdobju neolistane krošnje (32 %  $\pm 32$  %). V povprečju je bor na dogodek prestregel 72 % ( $\pm 35$  %) padavin z majhnimi razlikami glede na fenofaze (slika 2).



Slika 2: Prestrežene padavine breze in bora v obdobjih vegetacije in mirovanja

### Vpliv mikrostrukture padavin na prostem na prepuščanje padavin

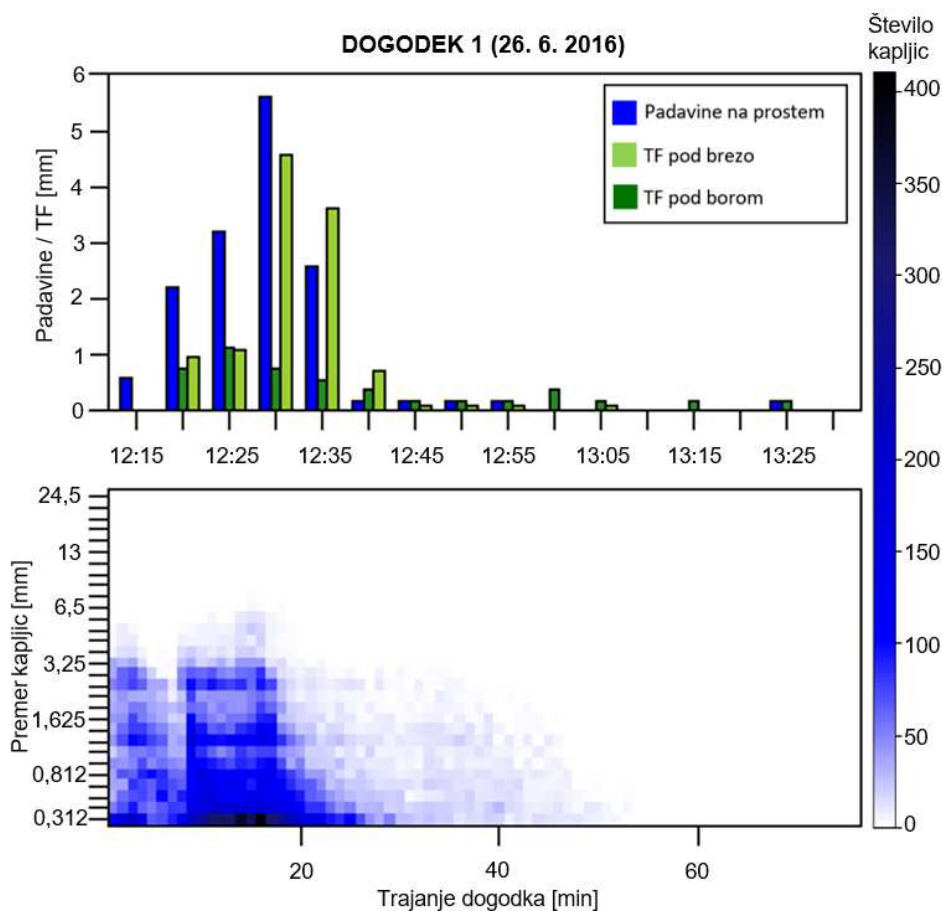
Izmed vseh zabeleženih dogodkov smo izbrali tri dogodke s podobnim trajanjem vendar različno količino, intenziteto in časovno spremenljivostjo mikrostrukture padavin (preglednica 1). Vsi dogodki so bili izmerjeni v obdobju vegetacije, spremembe lastnosti drevesne krošnje, ki jih lahko opišemo z indeksom listne površine (LAI), pa so bile med dogodki zanemarljive (Zabret, 2018). Zaradi različnih lastnosti padavinskih dogodkov smo tako lahko na podobni časovni skali s 5-minutnim časovnim korakom primerjali razvoj prepuščanja padavin pod drevesoma v odvisnosti od velikosti dežnih kapljic.

Preglednica 1: Lastnosti izbranih padavinskih dogodkov

| Dogodek                  | Trajanje padavin [min] | Količina padavin [mm] | Povprečna intenziteta padavin [mm/h] | Prepuščene padavine breza | Prepuščene padavine bor | Premer kapljic* [mm]   |
|--------------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------|
| Dogodek 1<br>26. 6. 2016 | 69                     | 15,2                  | 13,2                                 | 62 %                      | 77 %                    | 0,99<br>( $\pm 0,32$ ) |
| Dogodek 2<br>21. 8. 2016 | 71                     | 33,4                  | 28,2                                 | 64 %                      | 70 %                    | 0,92<br>( $\pm 0,23$ ) |
| Dogodek 3<br>22. 5. 2017 | 54                     | 8,0                   | 8,89                                 | 69 %                      | 31 %                    | 1,11<br>( $\pm 0,30$ ) |

\* Podan je povprečen premer dežnih kapljic  $\pm$  standardna deviacija

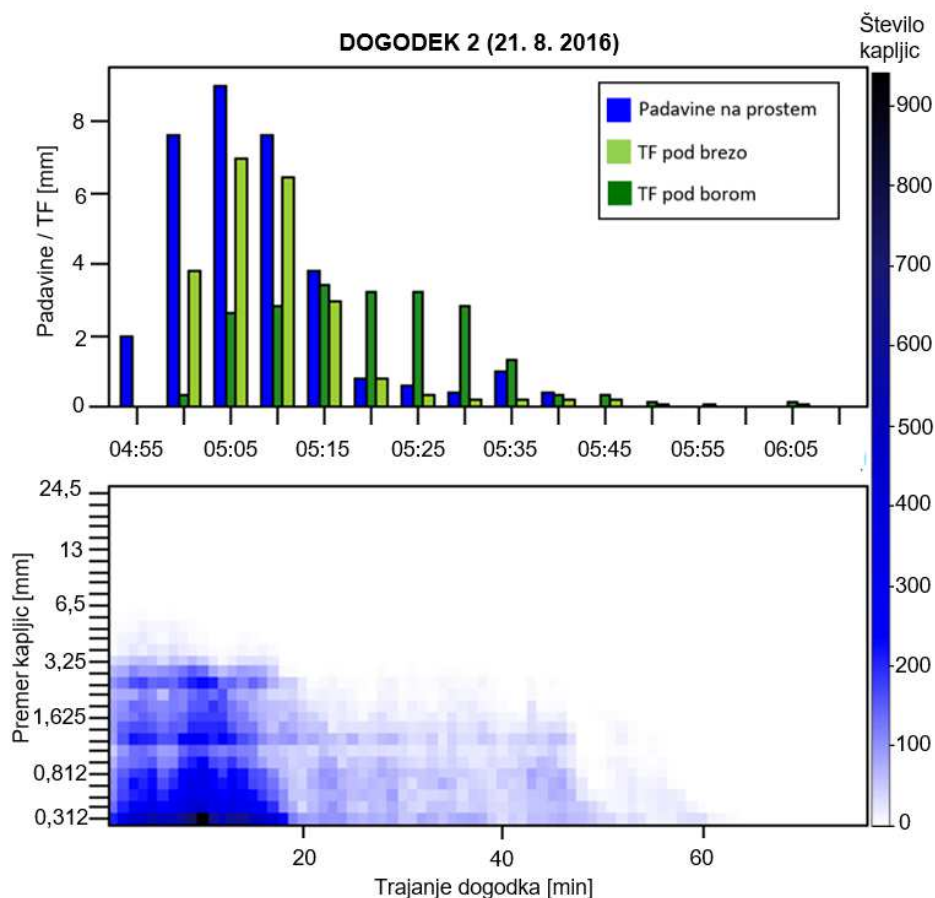
Večina vseh padavin (95 %) pri prvem dogodku 26. 6. 2016 je padla v 30 minutah od začetka dogodka, ko so bile kapljice tudi večje kot v nadaljevanju. Premer dežnih kapljic je v povprečju v prvem delu dogodka znašal 1,09 mm in v drugem delu dogodka 0,78 mm. Največje kapljice padavin na prostem smo zabeležili med 13. in 18. minuto dogodka, ko so njihovi premeri dosegli 9,5 mm. Večje dežne kapljice so vplivale tudi na povečano prepuščanje padavin pod borom, ki je najprej naraslo s 34 % na 81 %, v nadaljevanju (12:35) pa celo preseгло količino padavin na prostem (slika 3). Spremembe v velikosti dežnih kapljic tekom dogodka na prepuščanje padavin pod brezo niso imele vidnega vpliva.



Slika 3: Vsota padavin na prostem ter prepuščenih padavin (TF) pod brezo in borom na 5 minut (zgoraj) in minutni prikaz velikosti ter števila dežnih kapljic na prostem (spodaj) za prvi dogodek

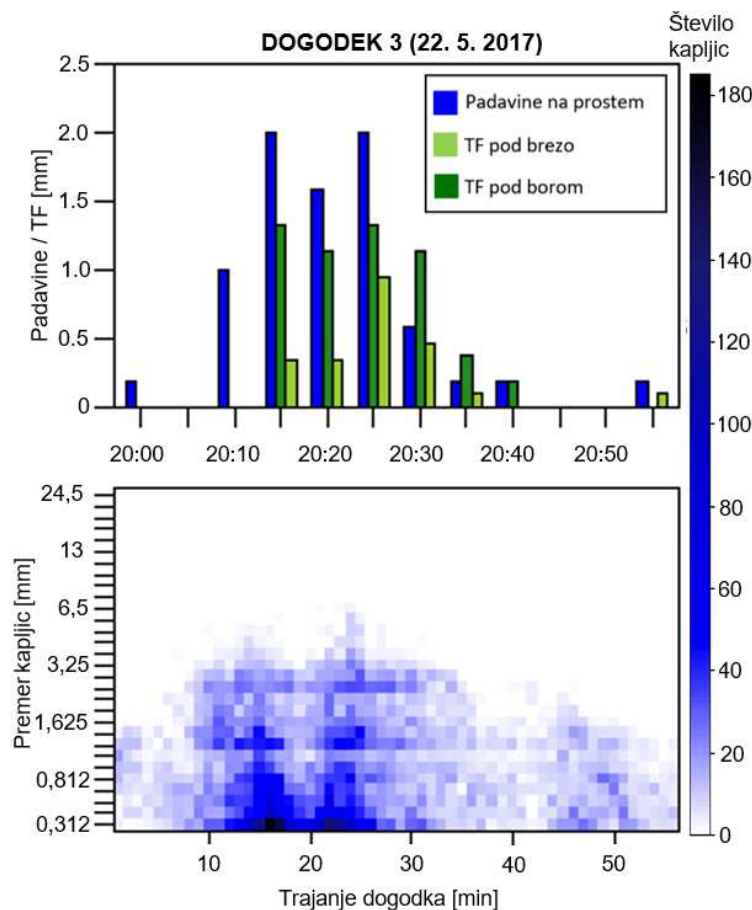
Drugi dogodek (21. 8. 2016) je bil najbolj intenziven in z največjo količino padavin (preglednica 1). Večina padavin (78 %) je padla v prvih 20 minutah od začetka dogodka, ko so bili izmerjeni tudi največji premeri dežnih kapljic do 7,5 mm. V nadaljevanju dogodka pa so bili izmerjeni premeri dežnih kapljic manjši; dosegli so 3,75 mm, v povprečju pa so znašali 0,75 mm. Pod borom se je prepuščanje padavin začelo po 5 minutah od začetka dogodka, sledilo pa je trendu padavin. Tako je v obdobju velikih dežnih kapljic prepuščanje padavin takoj doseglo 51 % in naraščalo, v drugem delu dogodka pa je pričelo upadati (slika 4). Intenzivne in obilne padavine ter velike dežne kapljice na začetku dogodka pa so imele na prepuščanje padavin pod brezo manjši vpliv. Odziv breze je bil počasnejši, saj so v prvem delu dogodka (do 5:10) celotne izmerjene

prepuščene padavine znašale le 28 % vseh prepuščenih padavin, izmerjenih tekom dogodka (slika 4).



Slika 4: Vsota padavin na prostem ter prepuščenih padavin (TF) pod brezo in borom na 5 minut (zgoraj) in minutni prikaz velikosti ter števila dežnih kapljic na prostem (spodaj) za drugi dogodek

Najkrajši dogodek z najmanjšo količino padavin pa je bil tretji dogodek (22. 5. 2017), pri katerem so padavine s stalno porazdelitvijo kapljic prevladoval v sredini dogodka. Podobna je bila tudi sama porazdelitev količine padavin, ki je v času od 20:00 do 20:10 naraščala, do 20:30 ostajala približno enaka in se proti koncu dogodka zmanjševala. Večje dežne kapljice s premeri do 7,5 mm smo zabeležili med 13. in 17. minuto ter med 20. in 25. minuto od začetka dogodka. S pojavom večjih dežnih kapljic se je pričelo prepuščanje padavin pod borom in brezo (20:15). Prepuščene padavine pod borom so takoj dosegle 23 % padavin na prostem, večje kapljice v nadaljevanju dogodka pa so vplivale še na dodatno povečanje prepuščenih padavin na 48 % in 80 % (slika 5). Tudi delež prepuščenih padavin pod brezo je narasel zelo hitro in takoj po pojavu večjih dežnih kapljic dosegel 67 % padavin na prostem.



Slika 5: Vsota padavin na prostem ter prepuščenih padavin (TF) pod brezo in borom na 5 minut (zgoraj) in minutni prikaz velikosti ter števila dežnih kapljic na prostem (spodaj) za tretji dogodek

## Razprava

Vpliv mikrostrukture padavin na prostem na proces prestrežanja padavin so na ravni dogodkov že potrdili nekateri raziskovalci (Nanko in sod., 2006; Zabret in sod., 2018), vendar pa se število, hitrost in velikost dežnih kapljic znatno spreminjajo tudi tekom samega dogodka. Analiza razvoja prepuščenih padavin in sprememb v velikosti dežnih kapljic tekom treh izbranih padavinskih dogodkov je pokazala, da večje dežne kapljice spodbudijo prepuščanje padavin pod borom, med tem ko v primeru breze tega pojava nismo opazili (slike 3 – 5). V primeru vseh treh dogodkov je bil delež prepuščenih padavin pod brezo enakomeren od začetka padavin do njihovega pojemanja, ko je presegel količino padavin na prostem. Tako je bil večji delež prepuščenih padavin v tem primeru najverjetneje posledica zasičenosti krošnje in ne sprememb v velikosti kapljic. Razliko v odzivu teh dveh drevesnih vrst lahko pripišemo različnim vegetacijskim lastnostim. Raziskovalci so namreč pokazali, da listje na svoji površini zadrži več vode kot iglice (Nanko in sod., 2006), poleg tega pa je skladiščna zmogljivost listja večja pri večjih dežnih kapljicah (Keim in sod., 2006; Bassette in Bussiere, 2008). Posledično je listje v krošnji breze pri pojavu večjih dežnih kapljic sposobno te uskladiščiti, kar je najverjetneje razlog, da nismo opazili sprememb v prepuščenih padavinah pod brezo ob spremembi mikrostrukture padavin na prostem.

Vpliv večjih kapljic na povečano prepuščanje padavin pod borom je izrazito opazen pri prvem in tretjem dogodku (sliki 3 in 5). Povečanje dežnih kapljic smo opazili po vsaj 10 minutah od začetka dogodka, kar je vplivalo na povečanje deleža prepuščenih padavin za 57 % oziroma 32 % (preglednica 2). S tem je delež prepuščenih padavin pod drevesom pri prvem dogodku v tem 5-minutnem intervalu znatno presegel 100 % in s tem znašal več kot padavine na prostem. Poleg vseh padavin so tla namreč dosegle še sicer zadržane padavine, ki so zaradi dodatnih tresljajev pričele kapljati s krošnje. Pri drugem dogodku pa so bile večje dežne kapljice prisotne prej, od 4. do 7. minute od začetka dogodka (slika 4). Tudi v tem primeru je prišlo do povečanja prepuščenih padavin, ki pa je bilo z 26 % malo manjše kot pri drugih dveh dogodkih (preglednica 2).

Preglednica 2: Spreminjanje lastnosti padavinskega dogodka in deleža prepuščenih padavin s 5-minutnim časovnim korakom za intervale z opaznim povečanjem velikosti dežnih kapljic

| Dogodek   | Čas   | Intenziteta padavin [mm/5min] | Povprečen premer dežnih kapljic [mm] | Prepuščene padavine bor | Prepuščene padavine breza |
|-----------|-------|-------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|---------------------------|
| Dogodek 1 | 12:30 | 1,12                          | 1,10                                 | 81 %                    | 14 %                      |
|           | 12:35 | 0,52                          | 0,94                                 | 138 %                   | 22 %                      |
|           | 12:40 | 0,04                          | 0,77                                 | 360 %                   | 190 %                     |
| Dogodek 2 | 5:15  | 0,76                          | 0,99                                 | 79 %                    | 90 %                      |
|           | 5:20  | 0,16                          | 0,85                                 | 105 %                   | 404 %                     |
|           | 5:25  | 0,12                          | 0,83                                 | 60 %                    | 538 %                     |
| Dogodek 3 | 20:25 | 0,4                           | 1,26                                 | 48 %                    | 67 %                      |
|           | 20:30 | 0,12                          | 1,35                                 | 80 %                    | 67 %                      |
|           | 20:35 | 0,04                          | 1,11                                 | 60 %                    | 190 %                     |

Prvi in drugi dogodek sta si po trajanju in razporeditvi padavin zelo podobna, razlikujeta pa se po količini in intenziteti padavin (preglednica 1). V obeh primerih je bil odziv prepuščenih padavin pod borom na povečan premer dežnih kapljic podoben, le da je pri prvem dogodku presegel količino padavin na prostem (slika 3), pri drugem pa ne (slika 4). Pri drugem dogodku so bile večje dežne kapljice prisotne že po le 2 mm padlih padavin v 4. minuti po začetku dogodka. Skladiščna zmogljivost krošnje iglastih dreves je bila ocenjena med 2,7 in 2,9 mm padavin (Hutchings in sod., 1988; Llorens in Gallart, 2000; Zabret, 2018), torej ta v trenutku pojava večjih dežnih kapljic pri drugem dogodku še ni bila dosežena. Pri prvem dogodku pa smo dvig vrednosti v velikostnem spektru kapljic zabeležili, ko je padlo 6 mm padavin, ki so že zasičile krošnjo. Podobno kot veter tudi velike dežne kapljice povzročajo tresljaje drevesne krošnje (Nanko in sod., 2006), kar pospeši kapljanje z zasičene krošnje in vpliva na povečanje prepuščenih padavin (Xiao in sod., 2000; Andre in sod., 2008; Zabret in sod., 2017).

Ne glede na različna odziva prepuščenih padavin pod brezo in borom na pojav večjih dežnih kapljic, pa to v primeru obeh drevesnih vrst vpliva na začetek prepuščanja padavin. Pri prvem dogodku se je prepuščanje padavin pod brezo in borom začelo pri le 2 mm padavin, ki so padle v prvih 5 minutah dogodka (slika 3). Prepuščanje padavin se je kmalu po začetku dogodka pojavilo tudi pri drugem dogodku; pod borom se je začelo v 4. minuti ob zapadlih 3 mm, pod brezo pa po 7 minutah in 7,8 mm padavin (slika 4). Začetek prepuščanja padavin pri tretjem dogodku je sovpadal s pojavom večjih in hitrejših dežnih kapljic, kljub majhni količini do tedaj padlih padavin. Pod brezo smo prepuščanje padavin



namreč zaznali pri le 1,2 mm padavin po 12 minutah in pod borom pri 1,8 mm po 14 minutah (slika 5). V obeh primerih skladiščna zmogljivost krošnje še ni bila dosežena. O podobnem pojavu začetka prepuščanja padavin ob zaznanem povečanju velikostnega spektra kapljic so poročali tudi Nanko s sodelavci (2006) in Zabret s sodelavci (2017).

## Zaključki

Mikrostruktura padavin je pomembna vendar pogosto prezrta lastnost padavin, ki vpliva na različne procese hidrološkega kroga. Zaradi načina interakcije med dežnimi kapljicami in vegetacijo, ki znatno vpliva na proces prestrezanja padavin, je pri tem smiselno upoštevati tudi lastnosti kapljic. Podrobna analiza posameznih razvojnih faz padavinskega dogodka je omogočila vpogled v vpliv sprememb v velikostnem spektru dežnih kapljic na delež prepuščenih padavin. Z upoštevanjem dveh različnih drevesnih vrst smo poudarili tudi pomen upoštevanja raznolikih vegetacijskih lastnosti. Večje in hitrejše dežne kapljice hipoma vplivajo na povečanje prepuščanja padavin pod borom, njihov vpliv na prepuščanje padavin pri brezi pa je zanemarljiv. Spremembe v mikrostrukturi padavin na prostem med drugim vplivajo tudi na začetek prepuščanja padavin ter v določenih fazah dogodka tudi na njihovo preseganje količine padavin na prostem. Z dodatnimi analizami raznolikih padavinskih dogodkov in z upoštevanjem novih drevesnih vrst pa bomo vpliv mikrostrukture padavin na prostem na proces prestrezanja padavin lahko razumeli še bolje, saj le-ta bistveno vpliva na vodno bilanco naravnih in urbanih gozdov (Šraj in sod., 2008; Zabret in Šraj, 2015; Zabret, 2018).

## Literatura

- Andre, F., Jonard, M., Ponette, Q. 2008. Precipitation water storage capacity in a temperate mixed oak-beech canopy. *Hydrological Processes* 22: 4130–4141.
- Bassette, C., Bussiere, F. 2008. Partitioning of splash and storage during raindrop impacts on banana leaves. *Agricultural and Forest Meteorology* 148: 991–1004.
- Brandt, C.J. 1989. The size distribution of throughfall drops under vegetation canopies. *Catena* 16: 507–524.
- Calder, I.R., Hall, R.L., Prasanna, K.T. 1993. Hydrological impact of Eucalyptus plantation in India. *Journal of Hydrology* 150: 635–648.
- Frasson, R., Krajewski, W. 2011. Characterization of the drop-size distribution and velocity – diameter relation of the throughfall under the maize canopy. *Agricultural and Forest Meteorology* 151: 1244–1251.
- Geißler, C., Lang, A.C., von Oheimb, G., Härdtle, W., Baruffol, M., Scholten, T. 2012. Impact of tree saplings on the kinetic energy of rainfall - The importance of stand density, species identity and tree architecture in subtropical forests in China. *Agricultural and Forest Meteorology* 156: 31 - 40.
- Goebes, P., Seitz, S., Kühn, P., Li, Y., Niklaus, P.A., von Oheimb, G., Scholten, T. 2015. Throughfall kinetic energy in young subtropical forests: Investigation on tree species richness effects and spatial variability. *Agricultural and Forest Meteorology* 213: 148 - 159.
- Gunn, R., Kinzer, G. D. 1949. The terminal fall velocity for water droplets in stagnant air. *Journal of the Atmospheric Sciences* 6, 243–248.
- Hutchings, N.J., Milne, R., Crowther, J.M. 1988. Canopy storage capacity and its vertical distribution in a Sitka spruce canopy. *Journal of Hydrology* 104: 161–171.
- Keim, R.F., Skaugset, A.E., Weiler, M. 2006. Storage of water on vegetation under simulated rainfall of varying intensity. *Advances in Water Resources* 29: 974–986.

- Llorens, P., Gallart, F. 2000. A simplified method for forest water storage capacity measurement. *Journal of Hydrology* 240: 131–144.
- 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., Watanabe, A., Hotta, N., Suzuki, M. 2013. Physical interpretation of the difference in drop size distributions of leaf drips among tree species. *Agricultural and Forest Meteorology* 169: 74–84.
- Nanko, K., Hudson, S.A., Levia, D.F. 2016. Differences in throughfall drop size distributions in the presence and absence of foliage. *Hydrological Sciences Journal* 61: 620–627.
- R Core Team. 2015. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Dunaj, Avstrija. <http://www.R-project.org/> (Pridobljeno 4. 10. 2017).
- Sarkar, D. 2017. Package 'lattice'. <http://lattice.r-forge.r-project.org/> (Pridobljeno 25. 10. 2017)
- 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.
- Uijlenhoet, R., Sempere Torres, D. 2006. Measurement and parameterization of rainfall microstructure. *Journal of Hydrology* 328: 1–7.
- 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. 2018. Vpliv meteoroloških in vegetacijskih parametrov na prestrezanje padavin. Doktorska disertacija. Ljubljana, UL FGG.
- Zabret, K., Rakovec, J., Mikoš, M., Šraj, M. 2017. Influence of raindrop size distribution on throughfall dynamics under pine and birch trees at the rainfall event level. *Atmosphere* 8: 240.
- Zabret, K., Rakovec, J., Šraj, M. 2018. Influence of meteorological variables on rainfall partitioning for deciduous and coniferous tree species in urban area. *Journal of Hydrology* 558: 29–41.
- Zabret, K., Šraj, M. 2015. Can Urban Trees Reduce the Impact of Climate Change on Storm Runoff? *Urbani izziv*, 26: S165–S178.