

Padavinski režim v izbranih vrzelih in sestojih dinarskega jelovo-bukovega gozda

Urša VILHAR¹

Izvleček

Količina, oblika in časovna razporeditev padavin so izrednega pomena za gozdne ekosisteme, saj pomembno vplivajo na preskrbo z vodo, kroženje hranil in dinamiko ogljika v ekosistemu. Namen naše raziskave je bil analizirati padavinski režim v dveh sestojih in vrzelih različne velikosti v dinarskem jelovo-bukovem pragozdnem rezervatu Rajhenavski Rog ter v gospodarskem sonaravnem gozdu Snežna jama. V vegetacijskem obdobju v letih 2003 in 2004 smo spremljali prepuščene padavine in odtok po deblu v vrzelih in sestojih, padavine na prostem pa v letih od 2001 do 2007. Meritve padavin v gozdni krajini so redke, čeprav so pomemben vhodni podatek za modeliranje procesov v gozdnih ekosistemih. Uporaba meritev z najbližjih meteoroloških postaj je zaradi njihove oddaljenosti vprašljiva, zato smo dnevne in mesečne količine padavin na prostem primerjali z vrednostmi za klimatološko postajo Kočevje ter EMEP-postajo Iskrba pri Kočevski Reki.

Ključne besede: padavine, vrzeli, gospodarski gozd, pragozdni rezervat, Kočevski Rog

Precipitation regime in selected gaps and mature stands of Dinaric silver fir-beech forest

Abstract

The precipitation amount, form and timing are of particular importance to forest ecosystems. They have a significant impact on water supply, nutrient cycling and dynamics of carbon in the ecosystem. In our study, the precipitation regime of the selected forest stands and gaps in the Snežna jama managed forest and in the Rajhenavski Rog virgin forest remnant has been determined. During the 2003 and 2004 growing seasons, throughfall and stemflow were recorded in the gaps and forest stands. In the years 2001 till 2007, monthly precipitation in the open was measured. Precipitation measurements are rarely performed in forested landscapes, although they constitute an important input variable for process modelling in forest ecosystems. Substitution with measurements from the closest meteorological station is, due to their distance, questionable. Therefore we compared the measured precipitation in the open to daily and monthly precipitation at the Climatological Station Kočevje and EMEP Iskrba Station at Kočevska Reka.

Key words: precipitation, gap, managed forest, virgin forest remnant, Kočevski Rog

1 Uvod

1 Introduction

Padavinski režim je povprečen razpored količine in oblike padavin med letom (SSKJ). Določa tudi, kakšno je razmerje med padavinami v obliki snega in dežja ter kakšna je njihova intenzivnost (CEGNAR 2003). Količina, oblika in časovna razporeditev padavin so izrednega pomena za gozdne ekosisteme, saj pomembno vplivajo na preskrbo z vodo (VILHAR *et al.* 2005), kroženje hranil (SIMONČIČ 1996; DE VRIES *et al.* 2001; KATZENSTEINER 2003) in dinamiko ogljika v ekosistemu (NABUURS / SCHELHAAS 2002; MASERA *et al.* 2003; DUFRENE *et al.* 2005). Padavine, ki pridejo do gozdnih tal, in odtok po deblu so glavni vir rastlinam dostopnih hranil

in so pomembni za kemične in biološke procese v tleh, vključno s pedogenezo, kopičenjem in mobilizacijo potencialno toksičnih snovi ter puferskimi odzivi gozdnih tal (THIMONIER 1998). Posledica okoljskih sprememb, predvsem podnebne spremenljivosti, so tudi spremenljiv padavinski režim (GAMS 1999) ter izjemni vremenski dogodki: poplave, neurja, suše (KAJFEŽ-BOGATAJ 2005). Nastanek vrzeli, bodisi naravnih ali antropogenih, spremeni mikroklimatske razmere sestoja, ki pomembno vplivajo na procese pomlajevanja (SMOLEJ 1977; AUSSENAC 2000; DIACI *et al.* 2005; NAGEL *et al.* 2006). Za ustrezne gozdnogojitvene posege je potrebno poznavanje mikroklimatskih razmer, predvsem temperature zraka, sončnega obsevanja in padavin.

Namen naše raziskave je bil analizirati padavinski režim v dveh gozdnih sestojih in vrzelih različne velikosti.

¹ Dr., U.V., Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, SI - 1000 Ljubljana, Slovenija, ursa.vilhar@gozdis.si

Zanimalo nas je, ali se padavinski režim razlikuje v gospodarskem gozdu ter v pragozdu in ali se padavinski režim razlikuje glede na velikost vrzeli v gospodarskem gozdu. Meritve padavin se v gozdni krajini, oddaljeni od urbanih središč, redko opravljajo (KRAJNC *et al.* 2006), čeprav so pomemben vhodni podatek za modeliranje procesov v gozdnih ekosistemih. Zato smo izmerjene količine padavin nad krošnjami dreves in na prostem primerjali z vrednostmi za klimatološko postajo Kočevje (n.m.v. 461 m) ter EMEP-postajo Iskrba pri Kočevski Reki (n.m.v. 520 m) (vir: arhiv ARSO).

1.1 Padavine

1.1 Precipitation

V naših podnebnih razmerah sta dež in sneg glavni vrsti padavin, ponekod je treba upoštevati tudi roso in izločanje kapljic iz megle (REJIC / SMOLEJ 1988). Značilnost padavin je, da so prostorsko in časovno zelo neenakomerno razporejene, tudi na majhnih razdaljah, zato jih je težko natančno izmeriti. Na porazdelitev padavin vplivajo topografski dejavniki v mezo-merilu, med katerimi je najbolj znano orografsko povzročeno povečanje padavin zaradi dviga in konvergence vodne pare v zraku, in pa dejavniki v manjšem, lokalnem merilu, kot so individualne topografske oblike (od 100 do 1000 m višine) (SHARON / ARAZI 1997). Pomemben del letne količine padavin so predvsem v goratih predelih snežne padavine, katerih razporeditev je bolj variabilna od dežja (TANI 1996). V nekaterih predelih na zahodu ZDA dosežajo snežne padavine od 80 do 90 % vseh letnih padavin in je sneg glavni vir napajanja vodotokov (HEWLETT / NUTTER 1969). V teh predelih je gospodarjenje z gozdom usmerjeno v čim daljše zadrževanje snežne odeje v gozdu.

V gozdu padavine sestavljajo prepuščene padavine (TF), ki so padle v vrzelih in v obliki kapljic odtekale s krošenj (RUTTER 1975). Skupaj z odtokom po deblu (SF) tvorijo sestojne (neto) padavine, razlika med neto in bruto količino padavin (padavine na prostem ali nad krošnjami dreves) pa ponazarja intercepcijo, to je v krošnjah bodisi izhlapela ali absorbirana voda (*ibid.*).

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

kjer je

P padavine / *precipitation* (mm)

TF prepuščene padavine / *throughfall* (mm)

SF odtok po deblu / *stemflow* (mm)

I intercepcija / *interception* (mm)

1.1.1 Sestojne padavine

1.1.1.1 Precipitation in the stand

Sestojne padavine (vsota prepuščenih padavin in odtoka po deblu) v listnatih gozdovih zmernega

pasu dosežajo od 70 do 90 % skupne količine padavin (BORMANN / LIKENS 1986; PRICE / CARLYLE-MOSES 2003). Neenakomerna razporeditev padavin v sestoji pomembno vpliva na razraščanje korenin dreves ter pritalne vegetacije (LARCHER 1995). Pomemben dejavnik pri razporeditvi padavin sta smer in hitrost vetra (KREČMER 1967), ki vplivata na prostorsko razporeditev padavin in »zadrževalno sposobnost krošenj« za padavine. Primerjavo različnih metod merjenja sestojnih padavin in odtoka po deblu je opravil Draaijers s sodelavci (2001). Količina sestojnih padavin in intercepcija v bližini gozdnega roba sta dokaj neodvisni od njegove višine, če je le-ta enaka ali večja od ene drevesne višine, pač pa na njihovo velikost vpliva izpostavljenost gozdnega roba vetru (KLAASEN *et al.* 1996). V sestojni odprtini je porazdelitev prepuščenih padavin preučeval Smolej (1977), ki je ugotovil, da lahko količina dežja sredi sestojne odprtine presega količino dežja s primerjalnega mesta na prostem, kar potrjujejo tudi drugi (PENMAN 1963).

1.1.2 Odtok po deblu

1.1.2.1 Stemflow

Odtok po deblu dosega v listnatih gozdovih zmernega pasu od 5 do 10 % letne količine padavin (CROCKFORD / RICHARDSON 2000; PRICE / CARLYLE-MOSES 2003), v bukovem gozdu lahko tudi do 20 % (RUTTER 1975). V sestojih iglavcev (rdeči bor - *Pinus sylvestris* L., evropski macesen - *Larix decidua* Mill., navadna smreka - *Picea abies* (L.) Karst.) znaša odtok po deblu največ 2 % letne količine padavin (BRECHTEL / PAVLOV 1977). Zaradi majhnega deleža je pomen odtoka po deblu v vodni bilanci gozda pogosto podcenjen, vendar pa ima vnos vode in hranil ob rastlinskem deblu pomemben vpliv na odtok, erozijo tal, podtalnico, prostorsko porazdelitev vlage v tleh, kemizem talne raztopine ter razporeditev pritalne vegetacije in epifitov (LEVIA / FROST 2003). Odtok po deblu je odvisen predvsem od naslednjih dejavnikov (REJIC / SMOLEJ 1988):

- zgradba krošnje, vejni kot – navzgor raščene veje usmerjajo padavinsko vodo k deblu, povešene pa na robove krošenj,
- hrapavost debla,
- sposobnost drevesne skorje za vpijanje vode,
- gostota sestoja oziroma število debel,
- količina in vrsta padavin.

1.1.3 Prestrezanje padavin

1.1.3.1 Interception

Intercepcija krošenj oziroma prestrezanje padavin v krošnjah dosega v gozdovih iglavcev od 15 do 40 % ter v listnatih gozdovih od 10 do 20 % skupne količine letnih padavin (RUTTER 1975). Odvisna je od stopnje

izhlapevanja, smeri in hitrosti vetra, tipa padavin in vegetacije. Goste krošnje dreves z majhnimi, hitro omočljivimi listi ali iglicami zadržijo več padavin kot odprte krošnje z velikimi gladkimi listi (LARCHER 1995). Sklenjen zastor gozdne podrasti je pri intercepciji prav tako pomemben, saj zeliščna plast ne prestreza dosti manj kot drevesna (RAHMANOV 1984, povzeto po ROBIČ, 1994). Zaradi mehkejšje listne površine in drugačne razmestitve listov utegne biti poraba vode za omočenje gozdne podrasti celo večja kot pri drevesnih vrstah (ROBIČ 1994). Roberts in Rosier (1994) sta ugotovila, da letno pritalna vegetacija v sestoji velikega jesena prispeva 30 % k celotni intercepciji.

Intercepcija krošenj je odvisna od pogostnosti, intenzivnosti ter trajanja padavin (GASH *et al.* 1995; TALLAKSEN 1996; CARLYLE-MOSES / PRICE 1999). Stopnja intercepcije je večja ob padavinah s prekinitvami kot ob dolgotrajnih padavinah enake intenzitete in trajanja zaradi povečanega izhlapevanja v vmesnem času (RUTTER 1975). Intercepcija snežnih padavin ni zanemarljiva, saj je lahko v gozdovih iglavcev ob enakomerno razporejenih padavinah v teku celega leta intercepcija v zimskih mesecih enaka tisti v poletnem času (RUTTER 1975). V listnatih gozdovih lahko intercepcija v zimskih mesecih dosega polovico ali celo dve tretjini tiste v poletnem času (ibid.).

Intercepcije ne moremo neposredno meriti, zato jo izračunamo iz razlike med padavinami na prostem ter sestojnimi padavinami (PRICE / CARLYLE-MOSES 2003). Izdelanih je bilo tudi več modelov za ugotavljanje intercepcije krošenj. Najbolj sta razširjena Rutterjev dinamični model (RUTTER 1975) in iz njega izpeljani in poenostavljeni Gashev model (GASH *et al.* 1995; KROES *et al.* 2003; ŠRAJ 2003).

2 Materiali in metode

2 Materials and methods

2.1 Opis raziskovalnih ploskev

2.1 Description of the research sites

Meritve so potekale v letih od 2001 do 2007 na treh raziskovalnih ploskvah:

1. raziskovalna ploskev Snežna jama v gospodarskem gozdu, ki je vključevala podobjektke:

- sklenjeni gozdni Sestoj SS (okvirna velikost 0,15 ha);
- Veliko vrzel SVV (premer od 40 do 45 m);
- Malo vrzel SMV (premer od 25 do 30 m), ki sta bili osnovani v zimi leta 2000 in kjer je pomladek bukve v fazi mladja;
- Mladje (SPC) (premer 40 m), ki je bilo osnovano v letu 1990 in kjer je pomladek bukve v fazi gošče;

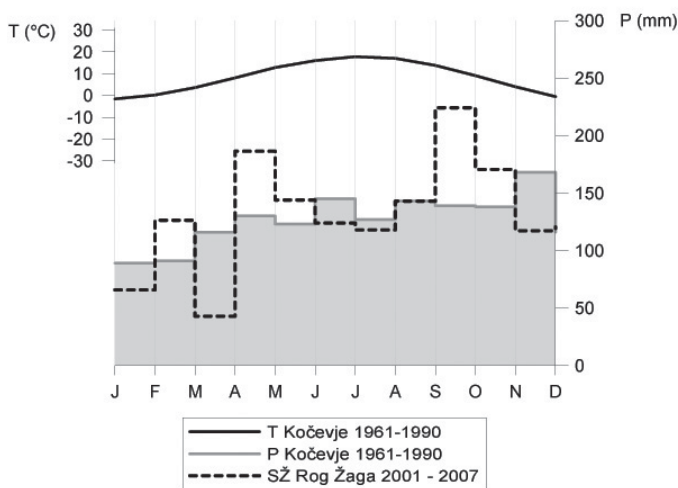
2. raziskovalna ploskev Rajhenavski Rog v pragozdnem rezervatu, ki je vključevala podobjektke:

- sklenjeni gozdni Sestoj (RS) (okvirna velikost 0,15 ha);
- Vrzel RV (premer od 40 do 45 m);

3. raziskovalna ploskev Rog Žaga na prostem (SŽ).

Poudariti moramo, da osnovanje vrzeli takih velikosti ni ustaljen način obnove v teh gozdnih ekosistemih (ROŽENBERGAR / DIACI 2003).

Obraunavani raziskovalni objekti ležijo južno od vrha Kočevskega Roga (45°20'N, 14°30'E, 860 - 890 m n.m.v.), na območju dinarskih jelovo-bukovih gozdov. Podnebje je ostrejše celinsko s povprečno letno količino padavin do 1500 mm (PERKO 1998) (slika 1). Matični substrat so predvsem kredni apnenci, relief je izrazito kraški: razgibano, skalovito, vrtačasto pobočje. Prevladujejo talni tipi: kamnišča, rendzine in rjava pokarbonatna tla (KUTNAR / URBANČIČ 2006). Raziskovalna ploskev Rog Žaga je travnik, raziskovalni ploskvi Snežna jama in Rajhenavski Rog pa spadata v rastlinsko združbo bukve in spomladanske torilnice (*Omphalodo-Fagetum*) (ibid.).



Slika 1: Povprečne mesečne količine padavin (mm) na prostem (SŽ Rog Žaga) (840 m n.m.v.) v letih 2001-2007 ter povprečne mesečne temperature zraka (°C) (T Kočevje) in količine padavin (mm) v Kočevju (P Kočevje) (461 m n.m.v.) za obdobje 1961-1990

Figure 1: Average monthly precipitation (mm) in the open (SŽ Rog Žaga) (840 m a.s.l) in the years 2001-2007, average monthly air temperature (°C) (T Kočevje) and precipitation (mm) (P Kočevje) at Kočevje Climatological Station (461 m a.s.l) during the 1961-1990 period

Raziskovalna ploskev Rajhenavski Rog

Research site Rajhenavski Rog

Raziskovalna ploskev leži na južnem delu pragozdnega rezervata Rajhenavski Rog, ki spada v gospodarsko enoto (GE) Rog v Kočevskem gozdnogospodarskem območju (WAGGONER 1975). Nadmorska višina je 880 m n.m., prevladuje južna ekspozicija. Prevladujoči drevesni vrsti sta bukev (*Fagus sylvatica* L.) in jelka (*Abies alba* Mill.), posamično pa se pojavljajo smreka (*Picea abies* (L.) Karst.), gorski javor (*Acer pseudoplatanus* L.), gorski brest (*Ulmus glabra* Huds.) ter lipovec (*Tilia cordata* Mill.). Skupna lesna zaloga je v letu 1995 znašala 798 m³ ha⁻¹, od tega je bil delež jelke 57 % in delež bukve 43 % (BONČINA 1999). Od leta 1957 se lesna zaloga ni veliko spreminjala, opazen pa je bil upad deleža jelke v lesni zalogi (leta 1957 je znašal 64 %). Delež dreves z večjimi premeri se je povečal, gostota drevja je manjša.

Raziskovalna ploskev Snežna jama

Research site Snežna jama

Raziskovalna ploskev leži v bližini pragozdnega rezervata (približno 1300 m zračne razdalje) v GE Črmošnjice v GGO Novo mesto. Nadmorska višina je med 880 in 890 m n.m., prevladuje jugovzhodna ekspozicija s 30-odstotnim naklonom. Vrstna sestava sestaja je podobna tisti v pragozdnem rezervatu. Skupna lesna zaloga znaša 255 m³ ha⁻¹.

Raziskovalna ploskev Rog Žaga

Research site Rog Žaga

Raziskovalna ploskev leži v bližini drugih ploskev in je edina večja površina v masivu Kočevskega Roga, ki jo porašča travnik. Nadmorska višina je 840 m n.m., prevladuje severozahodna ekspozicija s 30-odstotnim naklonom.

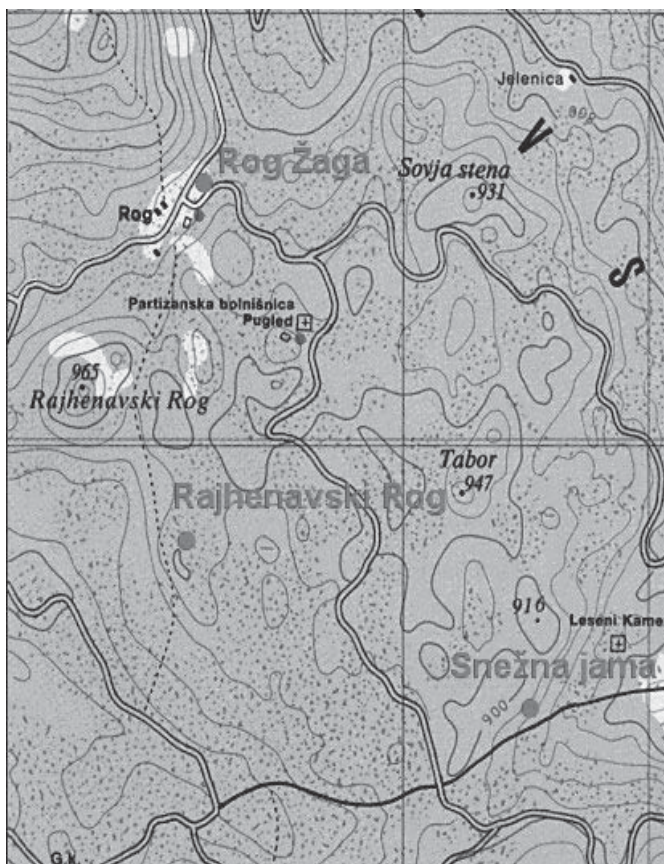
2.2 Meritve prepuščenih padavin in padavin na prostem

2.2 Measurements of throughfall and precipitation in the open

Na raziskovalnih ploskvah Snežna jama in Rajhenavski Rog smo na vseh podploskvah v pravilni prostorski mreži 5 m x 5 m postavili po 10 dežemerov v skladu z navodili UNECE - ICP Forest (ANONYMOUS 2002b) 1,3 m nad tlemi. Tu smo v letih 2003 in 2004 mesečno spremljali prepuščene padavine. Mesečne količine padavin na prostem, za katere domnevamo, da so enake količini padavin, ki dosežejo vrhove krošenj na ploskvah, smo spremljali na raziskovalni ploskvi »Rog Žaga« v letih

od 2001 do 2007.

Na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Sestoj (SS), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Vrzel (RV), smo na višini 2 m z avtomatskimi vremenskimi postajami »Vantage Pro Wireless« (Davis Instruments) merili urne količine padavin v vegetacijskem obdobju v letih 2003 in 2004. V letih od 2004 do 2007 smo v vegetacijskem obdobju dodatno vremensko postajo namestili 25 m nad krošnjami dreves (SJ). Vremenske postaje so bile na raziskovalnih ploskvah nameščene v skladu z navodili UNECE - ICP Forest (ANONYMOUS 2002b), vendar z omejitvami glede na razmere v sestojih in vrzelih.



Slika 2: Lokacija raziskovalnih ploskev Rog Žaga (RŽ), Snežna jama in Rajhenavski Rog

Figure 2: Location of research sites Rog Žaga (RŽ), Snežna jama and Rajhenavski Rog

2.3 Meritve odtoka po deblu

2.3 Stemflow measurements

Na raziskovalni ploskvi Snežna jama smo v sklenjenem gozdnem sestoju (SS) merili odtok vode po deblu na šestih izbranih drevesih različnih premerov. Tako smo dobili reprezentativne vrednosti za obravnavani sestoj. Ker znaša odtok po deblu iglavcev največ 2 % letne

količine padavin (BRECHTEL / PAVLOV 1977), smo upoštevali le odtok po deblu listavcev. Vsi vzorčevalniki so bili izdelani na GIS v Ljubljani (SIMONČIČ 1996) v skladu z navodili UNECE - ICP Forest (DRAAIJERS *et al.* 2001; ANONYMOUS 2002a):

- zaradi gladkega lubja so bila izbrana drevesa bukve (*Fagus sylvatica* L.),
- vzorčevalni trakovi za zbiranje odtoka po deblu so bili nameščeni spiralno okoli debla, na višini vsaj 1,5 m nad tlemi,
- sodi, v katere se je zbirala voda, so bili nameščeni v senci ter pokriti s pokrovi.

Količine odtoka po deblu smo merili v obdobju maj – oktober 2003 mesečno, v obdobju maj – oktober 2004 pa na 14 dni, saj se je izkazalo, da lahko mesečne količine odtoka po deblu ene bukve presežejo prostornino 950 l. Iz dobljenih količin smo izračunali mesečne vrednosti odtoka po deblu (l mesec⁻¹) za obravnavani sestoj v gospodarskem gozdu in pragozdu na dva načina. Pri prvem izračunamo količino odtoka po deblu na enoto površine (l ha⁻¹) s pomočjo razmerja med skupno površino krošenj na obravnavani ploskvi ter površino krošenj dreves, na katerih opravljamo meritve odtoka po deblu (SIMONČIČ 1996):

$$SF = \sum_i^n SF_i * \frac{P}{\sum_i^n P_i} \quad (2)$$

kjer je

SF skupna količina odtoka po deblu na ploskvi (l mesec⁻¹) / *total stemflow at the plot* (l month⁻¹)

SF_i količina odtoka po deblu na izbranih bukvah (l mesec⁻¹) / *stemflow at selected beech trees* (l month⁻¹)

P vsota površin krošenj vseh bukev na ploskvi / *sum of crown surface areas of all beech trees at the plot* (m²)

P_i površina krošenj izbranih bukev / *sum of crown surface areas of selected beech trees* (m²)

Pri drugem načinu izračunamo količino odtoka po deblu na enoto površine (l ha⁻¹) s pomočjo razmerja med skupno temeljnico dreves na obravnavani ploskvi ter temeljnico dreves, na katerih opravljamo meritve odtoka po deblu (ANONYMOUS 2002a):

$$SF = \sum_i^n SF_i * \frac{BA}{\sum_i^n BA_i} \quad (3)$$

kjer je

SF skupna količina odtoka po deblu na ploskvi (l mesec⁻¹) / *total stemflow at the plot* (l month⁻¹)

SF_i skupna količina odtoka po deblu na izbranih bukvah (l mesec⁻¹) / *stemflow at selected beech trees* (l month⁻¹)

BA vsota temeljnic vseh bukev na ploskvi / *sum of basal areas of all beech trees at the plot* (m²)

BA_i temeljnice izbranih bukev / *sum of basal areas of selected beech trees* (m²)

Rezultate v litrih na skupno enoto površine (ha) smo pretvorili v ekvivalent vodnega stolpca v mm. Da bi ugotovili, kakšne so razlike v padavinskem režimu na izbranih objektih, smo za dnevne in mesečne vrednosti posameznih spremenljivk ugotavljali povprečne, minimalne in maksimalne vrednosti. Linearno povezanost posameznih spremenljivk za različne objekte smo ugotavljali s Pearsonovimi koeficienti korelacije (*r*) ter tako ocenili povezanost oziroma podobnost v smislu časovne spremenljivosti. Z analizo variance smo testirali razlike povprečnih vrednosti posameznih spremenljivk med objekti (Statistica for Windows 8.0 1984-2007) ter tako prikazali razlike v absolutnem smislu. Enako je potekala tudi primerjava dnevnih padavin, merjenih nad krošnjami (SJ), ter mesečnih padavin, merjenih na raziskovalni ploskvi na prostem Rog Žaga (SŽ), z vrednostmi za klimatološko postajo Kočevje ter EMEP postajo Iskrba v letih od 2001 do 2007 (vir: arhiv ARSO).

3 Rezultati

3 Results

3.1.1 Padavine

3.1.1.1 Precipitation

3.1.1.1 Dnevne vrednosti prepuščenih padavin – avtomatske meritve

3.1.1.1.1 Daily precipitation and throughfall – automatic measurements

Dnevne količine prepuščenih padavin z avtomatskih vremenskih postaj smo primerjali s padavinami, izmerjenimi na raziskovalni ploskvi Snežna jama, Nad krošnjami (SJ) v letu 2004. V povprečju so bile največje količine padavin izmerjene Nad krošnjami dreves (SJ), najmanjše pa v Sestoji (SS) (preglednica 1).

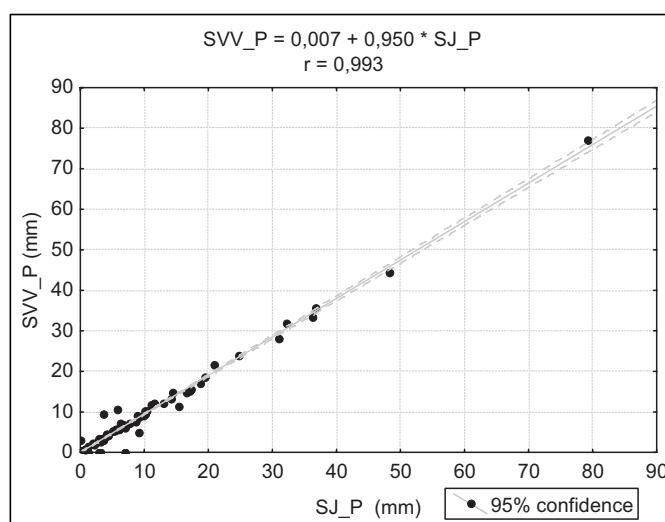
Največje število padavinskih dni je bilo v Sestoji (SS), in sicer 63,6 %, najmanjše pa v Vrzelih v Rajhenavskem Rogu (RV), in sicer 42,4 %. V jesenskem času so bile predvsem na podobjektu Sestoj (SS) izmerjene majhne količine prepuščenih padavin, ki se ne ujemajo s količinami, merjenimi na drugih objektih. Razlog za ta pojav je najverjetneje listje v merilnih posodah, ki se je kljub rednemu odstranjevanju nabiralo in mašilo merilni inštrument. Rezultatov za podobjekt Sestoj (SS) na raziskovalni ploskvi Snežna jama zato ne moremo upoštevati pri nadaljnji analizi.

Linearna odvisnost med prepuščenih padavinami v Veliki vrzeli (SVV) in padavinami Nad krošnjami (SJ) je prikazana na sliki 3. Dnevne količine padavin na podobjektih se dobro ujemajo (*r* = 0,993).

Preglednica 1: Povprečne, minimalne in maksimalne dnevne količine padavin (mm) in standardni odkloni, merjeni z avtomatskimi postajami na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Vrzel (RV), v letih 2003 in 2004 ter na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Nad krošnjami (SJ), v letu 2004. N je skupno število meritev.

Table 1: Mean, minimum, maximum daily throughfall (mm) and standard deviations 2 m above ground at research site Snežna jama, plot Large Gap (SVV), Stand (SS), and at research site Rajhenavski Rog, plot Gap (RV), in 2003 and 2004, and at research site Snežna jama, plot 25 m Above the Tree Crowns (SJ), in 2004. N is total number of observations.

Podobjekt / Plot	N	Povprečje / Mean (mm)	Minimum / Minimum (mm)	Maksimum / Maximum (mm)	Std. Odklon / Std.Dev.
SS	352	1,9	0,0	34,0	4,2
SVV	369	3,5	0,0	77,0	7,9
RV	283	2,9	0,0	44,7	6,6
SJ	180	4,1	0,0	79,3	9,4



Slika 3: Prepuščene padavine (SVV_P) (mm) glede na skupno dnevno količino padavin Nad krošnjami (SJ_P) (mm) za leto 2004 na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV). Skupno število meritev je 176.

Figure 3: Throughfall (mm) in Large Gap (SVV_P) in relation to daily precipitation (mm) Above the Tree Crowns (SJ_P) for 2004 at research site Snežna jama, plot Large Gap (SVV). Total number of observations is 176.

Analiza variance je pokazala, da so med povprečnimi vrednostmi v Veliki vrzeli SVV_P in SJ_P statistično značilne razlike (pri $p < 0,000$). Sklepamo, da se je količina padavin sredi Velike vrzeli (SVV) zaradi vpliva obdajajočega sestoja razlikovala od tiste Nad krošnjami drevce (SJ).

3.1.1.2 Primerjava dnevni količin padavin na raziskovalni ploskvi Snežna jama Nad krošnjami (SJ), na EMEP-postaji Iskrba in klimatološki postaji Kočevje

3.1.1.2 Comparison of daily precipitation at research plot Snežna jama Above the Tree Crowns (SJ), EMEP Iskrba Station and Climatological Station Kočevje

Dnevne količine padavin smo spremljali na raziskovalni ploskvi Snežna jama Nad krošnjami (SJ) in jih primerjali s količinami padavin na EMEP-postaji Iskrba in na klimatološki postaji Kočevje v letih od 2004 do 2007 (preglednica 2).

Skupna količina padavin v letih od 2004 do 2007 je bila višja na EMEP-postaji Iskrba kot na klimatološki postaji Kočevje. Skupne vsote za raziskovalno ploskev Snežna jama Nad krošnjami (SJ) ne moremo primerjati, ker smo meritve opravljali le med vegetacijskimi obdobji in manjkajo vsakoletni podatki od novembra do aprila. Dnevne količine padavin na raziskovalni ploskvi Snežna jama Nad krošnjami (SJ) so bile med vegetacijskimi obdobji bolj korelirane z vrednostmi na EMEP-postaji Iskrba ($r = 0,350$) kot na klimatološki postaji Kočevje ($r = 0,281$) (preglednica 3).

Na Sliki 4 je prikazana korelacija med dnevnimi količinami padavin, merjenimi na raziskovalni ploskvi Snežna jama Nad krošnjami (SJ) in EMEP-postajo Iskrba ter klimatološko postajo Kočevje (ARSO) med vegetacijskimi obdobji v letih od 2004 do 2007.

Preglednica 2: Dnevne količine padavin (mm), merjene na raziskovalni ploskvi Snežna jama Nad krošnjami (SJ), EMEP-postaji Iskrba in na klimatološki postaji Kočevje v letih od 2004 do 2007. N je skupno število meritev.

Table 2: Mean daily precipitation (mm) at research site Rog Snežna jama Above the Tree Crowns (SJ), Climatological Station Kočevje and EMEP Iskrba Station during 2004-2007. N is total number of observations.

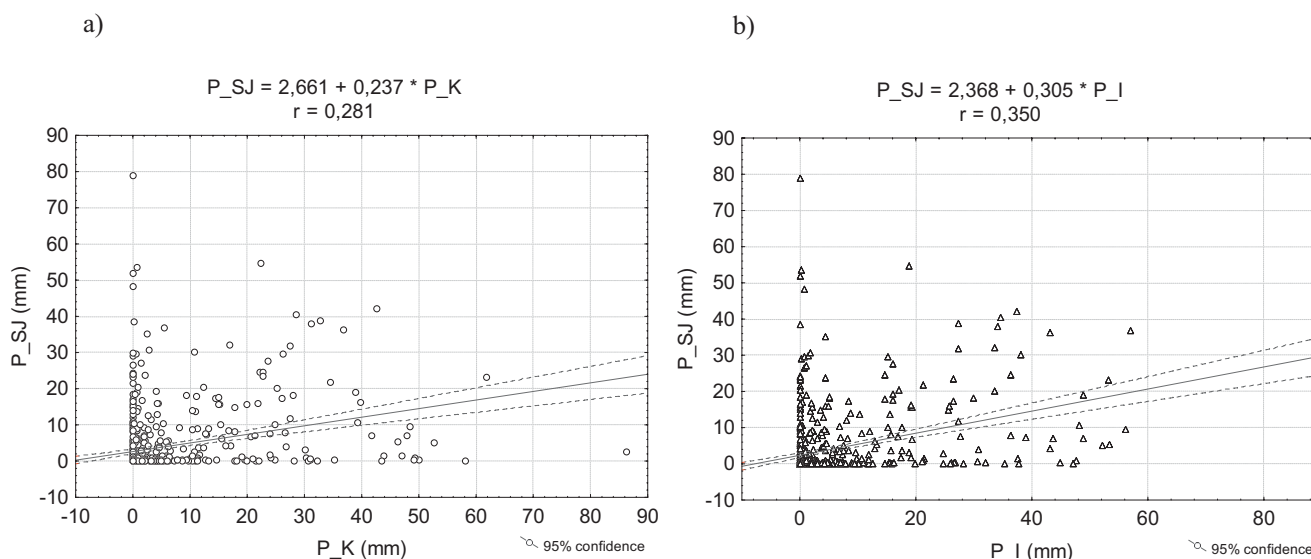
Podobjekt / Plot	N	Vsota / Sum (mm)	Povp. / Mean (mm)	Minimum / Minimum (mm)	Maksimum / Maximum (mm)	Std. odklon / Std.Dev.
SJ	697	2559,8*	3,7	0,0	79,0	8,5
Kočevje	1461	5773,4	4,0	0,0	86,3	9,3
Iskrba	1461	6084,8	4,2	0,0	87,3	9,5

*manjša skupna vsota padavin je posledica manjšega števila meritev (N)

Preglednica 3: Pearsonovi koeficienti korelacije (r) med mesečnimi količinami padavin (mm) na raziskovalni ploskvi Rog Žaga na prostem (SŽ) in EMEP-postajo Iskrba ter klimatološko postajo Kočevje v letih od 2004 do 2007. Skupno število meritev je 697. Statistično značilni koeficienti so označeni s krepko pisavo (p < 0,05).

Table 3: Pearson's coefficient of correlation (r) for monthly precipitation (mm) at research site Rog Žaga in open field (SŽ) and EMEP Iskrba Station and Climatological Station Kočevje during 2004-2007. Total number of observations is 697. Statistically significant coefficients are in bold (p < 0.05).

	SJ	Kočevje	Iskrba
SJ	1	0,281	0,350
Kočevje	0,281	1	0,852
Iskrba	0,350	0,852	1



Slika 4: Linearna odvisnost med dnevnimi količinami padavin (mm) na raziskovalni ploskvi Snežna jama Nad krošnjami (SJ) in na a) klimatološki postaji Kočevje ter b) na EMEP-postaji Iskrba v letih od 2004 do 2007. Skupno število meritev je 697.

Figure 4: Linear regression between daily precipitation (mm) at research site Rog Snežna jama Above the Tree Crowns (SJ) and a) Climatological Station Kočevje and b) EMEP Iskrba Station and during 2004-2007. Total number of observations is 697.

Na raziskovalni ploskvi Snežna jama Nad krošnjami (SJ) so bile pogosto izmerjene majhne ali nične dnevne količine padavin, ki se ne ujemajo s količinami, merjenimi na drugih objektih. Med izmerjenimi dnevnimi padavinami na klimatološki postaji Kočevje in EMEP-postaji Iskrba je ujemanje boljše ($r = 0,852$), saj je dni, ko na eni postaji padavin ni bilo izmerjenih, na drugi pa, veliko manj.

3.1.1.3 Primerjava mesečnih količin padavin

3.1.1.3 Comparison of monthly precipitation

Mesečne količine padavin smo spremljali na raziskovalni ploskvi na prostem Rog Žaga (SŽ) in jih primerjali s količinami padavin na EMEP-postaji Iskrba in na klimatološki postaji Kočevje v letih od 2001 do 2007 (preglednica 4).

Preglednica 4: Povprečne mesečne količine padavin (mm), merjene na raziskovalni ploskvi Rog Žaga na prostem (SŽ), EMEP-postaji Iskrba in na klimatološki postaji Kočevje v letih od 2001 do 2007

Table 4: Mean monthly precipitation (mm) at research site Rog Žaga in open field (SŽ), Climatological Station Kočevje and EMEP Iskrba Station during 2001-2007

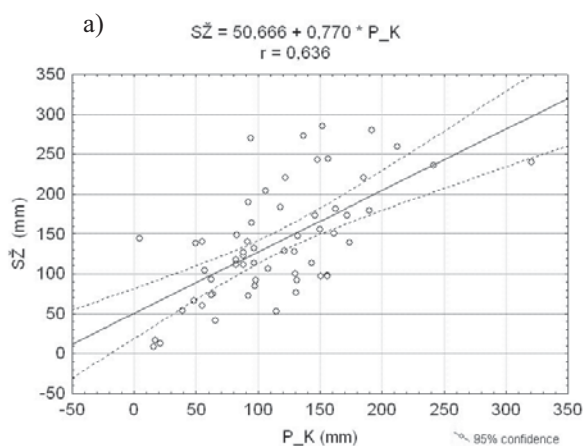
Podobjekt / Plot	N	Vsota / Sum (mm)	Povp. / Mean (mm)	Minimum / Minimum (mm)	Maksimum / Maximum (mm)	Std. odklon / Std.Dev.
SŽ	60	8302,8*	138,4	8,8	284,8	69,4
Kočevje	84	9625,2	114,6	3,0	324,0	60,0
Iskrba	84	10109,5	120,4	2,9	312,8	65,6

*manjša skupna vsota padavin je posledica manjšega števila meritev (N)

Preglednica 5: Pearsonovi koeficienti korelacije (r) med mesečnimi količinami padavin (mm) na raziskovalni ploskvi Rog Žaga na prostem (SŽ) in EMEP-postaji Iskrba ter klimatološko postajo Kočevje v letih od 2001 do 2007. Skupno število meritev je 60. Statistično značilni koeficienti so označeni s krepko pisavo ($p < 0,05$).

Table 5: Pearson's coefficient of correlation (r) for monthly precipitation (mm) at research site Rog Žaga in open field (SŽ) and EMEP Iskrba Station and Climatological Station Kočevje during 2001-2007. Total number of observations is 60. Statistically significant coefficients are in bold ($p < 0.05$).

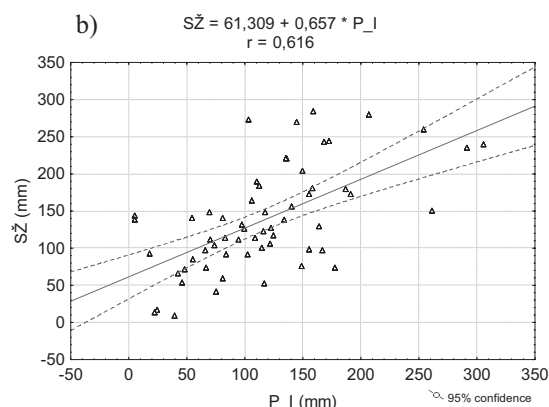
	SŽ	Kočevje	Iskrba
SŽ	1	0,636	0,616
Kočevje	0,636	1	0,853
Iskrba	0,616	0,853	1



V povprečju so bile največje mesečne količine padavin v letih od 2001 do 2007 izmerjene na raziskovalni ploskvi Rog Žaga (SŽ), najmanjše pa na klimatološki postaji Kočevje. Mesečne količine padavin na raziskovalni ploskvi Rog Žaga (SŽ) so bile bolj korelirane z vrednostmi na klimatološki postaji Kočevje ($r = 0,636$) kot na EMEP-postaji Iskrba ($r = 0,616$).

Na sliki 5 je prikazana korelacija med mesečnimi količinami padavin, merjenimi na raziskovalni ploskvi Rog Žaga na prostem (SŽ), in EMEP-postaji Iskrba ter klimatološko postajo Kočevje (ARSO) v letih od 2001 do 2007.

Analiza variance ni pokazala statistično značilnih razlik med povprečji mesečnih padavin. Sklepamo lahko, da se povprečja mesečnih padavin v daljšem časovnem obdobju šestih let na raziskovalni ploskvi Rog Žaga (SŽ), EMEP-postaji Iskrba ter klimatološki postaji Kočevje ne razlikujejo bistveno.



Slika 5: Linearna odvisnost med mesečnimi količinami padavin (mm) na raziskovalni ploskvi na prostem Rog Žaga (SŽ) in a) klimatološko postajo Kočevje ter b) EMEP-postajo Iskrba v letih od 2001 do 2007. Skupno število meritev je 60.

Figure 5: Linear regression between monthly precipitation (mm) at research site Rog Žaga in open field (SŽ) and a) Climatological Station Kočevje and b) EMEP Iskrba Station and during 2001-2007. Total number of observations is 60.

3.1.1.4 Mesečne količine prepuščenih padavin v vrzelih in v sestojih

3.1.1.4 Monthly precipitation in the gaps and throughfall for the stands

Osnova za analizo je bilo 12 meritev mesečnih prepuščenih padavin v vegetacijskem obdobju v letih 2003 in 2004 (maj – oktober). Za ploskev Rajhenavski Rog, podobjekt Vrzel (RV), za oktober 2004 ni meritev, saj je bila ploskev konec oktobra uničena. V letu 2003 je najmanjša absolutna količina prepuščenih padavin padla v juliju na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Vrzel (RV) (43,7 mm), največja pa oktobra na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) (211,0 mm). V letu 2004 je bila najmanjša absolutna količina prepuščenih padavin zabeležena junija v Vrzelih (RV) (71,3 mm), največja pa avgusta v Veliki vrzeli (SVV) (246,2 mm).

V nekaterih primerih so izmerjene količine prepuščenih padavin presegle količine, izmerjene na ploskvi na prostem Rog Žaga (SŽ) (preglednica 6). Do tega je prišlo na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV), v avgustu in oktobru 2003 ter maju in juliju 2004. V Sestoji (SS) je

izmerjena količina prepuščenih padavin preseгла padavine na prostem (SŽ) v avgustu 2003 in juliju 2004, v Mladju (SPC) v avgustu 2003 ter maju in juliju 2004, na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS), pa v maju in juliju 2004. Za Sestoj na raziskovalni ploskvi Snežna jama (SS) ter na ploskvi Rajhenavski Rog (RS) so prikazane tudi sestojne padavine (vsota prepuščenih padavin in odtoka po deblu) za posamezne mesece. Iz rezultatov je razvidno, da so sestojne padavine v sklenjenem Sestoji (SS) na raziskovalni ploskvi Snežna jama presegle količino padavin na prostem v avgustu in oktobru 2003 ter maju in juliju 2004. V Sestoji (RS) in Vrzelih (RV) na ploskvi Rajhenavski Rog so sestojne padavine presegle količino padavin na prostem v avgustu 2003 ter maju in juliju 2004.

Ko smo primerjali povprečne mesečne količine prepuščenih padavin (v odstotkih glede na padavine na prostem) za posamezne dežemere, so se statistično značilne razlike (pri $p < 0,05$) pokazale le na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS), in sicer med dežemeri 1 in 4 ($p = 0,006$), 1 in 7 ($p = 0,001$) ter 7 in 10 ($p = 0,006$). Malo statistično značilnih razlik med srednjimi vrednostmi na posameznih dežemerih je verjetno posledica velike variabilnosti vrednosti, kljub preračunu v odstotke glede na padavine na prostem.

Preglednica 6: Deleži prepuščenih padavin (%) v količini padavin (mm) na prostem Rog Žaga (SŽ) ter absolutne količine prepuščenih padavin (mm), izmerjene v vegetacijskem obdobju v letih 2003 in 2004 na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), Mladje (SPC), ter na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS), Vrzel (RV). Za Sestoj na raziskovalni ploskvi Snežna jama (SS) ter na ploskvi Rajhenavski Rog (RS) so prikazane tudi sestojne padavine (mm) (vsota prepuščenih padavin (TF) in odtoka po deblu (SF)). S krepko pisavo so označeni deleži nad 100 %.

Table 6: Percentage of monthly throughfall (%) in precipitation (mm) in the open at research site Rog Žaga (SŽ) and monthly values of precipitation (mm) in 2003 and 2004 at research site Snežna jama, plot Stand (SS), Large Gap (SVV), Small Gap (SMV), Regeneration (SPC) and at research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS) and Gap (RV). For Stand at research site Snežna jama (SS) and Stand at research site Rajhenavski Rog (RS), monthly sums of throughfall (TF) and stemflow (SF) (mm) are also presented. Percentages higher than 100% are in bold.

		maj.03	jun.03	jul.03	avg.03	sep.03	okt.03	maj.04	jun.04	jul.04	avg.04	sep.04	okt.04
SŽ	(mm)	103,8	84,4	92,6	74,0	139,4	190,4	155,8	204,3	97,2	244,4	117,2	235,6
SS	% SŽ	58,78	71,60	67,08	107,94	72,46	92,37	99,61	49,33	112,47	84,89	92,29	82,46
	(mm)	61,0	60,4	62,1	79,9	101,0	175,9	155,2	100,8	109,3	207,5	108,2	194,3
	std (mm)	7,6	11,3	6,5	6,4	11,8	8,7	16,2	10,1	8,8	18,6	36,3	21,5
	TF+SF												
	% SŽ		79,54	72,45	118,42	82,15	101,20	106,03	52,80	122,99	90,99	99,67	88,46
	(mm)		67,1	67,1	87,7	114,6	192,7	165,1	107,9	119,5	222,4	116,8	208,4
SVV	% SŽ	78,20	95,78	68,48	129,72	87,80	110,83	131,05	59,75	130,75	100,74	98,11	95,06
	(mm)	81,2	80,8	63,4	96,0	122,4	211,0	204,1	122,1	127,1	246,2	115,0	224,0
	std (mm)	1,7	1,6	14,0	1,5	1,8	10,7	19,2	3,8	4,7	15,2	2,7	2,8
SMV	% SŽ	71,29	92,57	71,00	124,03	84,23	106,38	124,64	57,02	124,35	97,04	93,45	88,12
	(mm)	74,0	78,1	65,7	91,8	117,4	202,5	194,1	116,5	120,9	237,2	109,5	207,6
	std (mm)	7,5	6,2	8,3	9,0	10,0	13,1	19,4	11,6	10,0	16,1	9,8	9,9
SPC	% SŽ	69,26	91,47	67,76	125,34	74,93	96,18	110,68	58,14	134,16	91,98	88,40	80,98
	(mm)	71,9	77,2	62,7	92,8	104,5	183,1	172,4	118,8	130,4	224,8	103,6	190,8
	std (mm)	7,9	7,0	9,9	5,7	15,2	7,7	8,5	5,2	2,8	14,1	6,9	18,2
RS	% SŽ	53,81	78,09	52,26	94,20	80,90	86,62	102,08	46,64	120,99	80,38	82,01	68,76
	(mm)	55,9	65,9	48,4	69,7	112,8	164,9	159,0	95,3	117,6	196,4	96,1	162,0
	std (mm)	10,2	13,2	14,3	9,4	22,8	13,5	20,5	17,1	19,2	22,1	18,3	
	TF+SF												
	% SŽ		84,47	56,59	102,63	88,70	93,73	107,24	49,44	129,46	85,28	87,95	73,59
	(mm)		71,3	52,4	76,0	123,7	178,5	167,0	101,0	125,8	208,4	103,1	173,4
RV	% SŽ	75,17	96,90	59,44	101,82	82,85	96,27	117,87	50,25	120,44	85,82	87,60	80,76
	(mm)	78,1	81,8	55,0	75,4	115,5	183,3	183,6	102,7	117,1	209,7	102,7	190,3
	std (mm)	5,8	6,3	14,1	5,3	19,9	9,1	8,5	11,4	13,6	20,2	9,6	36,3

Preglednica 7: Povprečni deleži prepuščenih mesečnih količin padavin v količini padavin na prostem Rog Žaga (SŽ) (%) v letih 2003 in 2004 na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), Mladje (SPC), ter na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) in Vrzel (RV). Za Sestoj na raziskovalni ploskvi Snežna jama (SS) ter na ploskvi Rajhenavski Rog (RS) so prikazane tudi sestoje padavine (mm) (vsota prepuščenih padavin (TF) in odtoka po deblu (SF)).

Table 7: Average monthly throughfall as a percentage of precipitation in the open at research site Rog Žaga (SŽ) in 2003 and 2004 at research site Snežna jama, plot Stand (SS), Large Gap (SVV), Small Gap (SMV), Regeneration (SPC), and at research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS) and Gap (RV). For Stand at research site Snežna jama (SS) and Stand at research site Rajhenavski Rog (RS), monthly sums of throughfall (TF) and stemflow (SF) (mm) are also presented.

%	SS (%)		SVV	SMV	SPC	RS		RV
		TF+SF					TF+SF	
2003	78,4	90,8	95,1	91,6	87,5	74,3	85,2	85,5
2004	86,8	93,5	102,1	97,4	94,1	86,1	88,8	90,5
Povprečno / Mean	82,6	90,0	98,9	94,5	90,8	78,9	84,8	87,9

Razlike med deleži prepuščenih mesečnih količin padavin v letih 2003 in 2004 (preglednica 6) so bile največje na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS), kjer so bile količine v letu 2004 za 12 % višje kot v letu 2003. Na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), so bile prepuščene padavine v letu 2004 višje za 11 %, v Veliki vrzeli (SVV) 7 %, v Mali vrzeli (SMV) 6 %, v Mladju (SPC) pa so bili deleži v letu 2004 za odstotek nižji kot v letu 2003. Na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Vrzel (RV), so bile količine prepuščenih padavin v letu 2004 višje od padavin v 2003 za 6 %.

Največ prepuščenih padavin (primerjamo deleže v padavinah na prostem) je v letih 2003 in 2004 padlo v vrzelih, in sicer v naslednjem vrstnem redu: raziskovalna ploskev Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), Mladje (SPC), raziskovalna ploskev Rajhenavski Rog, podobjekt Vrzel (RV). Nato sledita raziskovalna ploskev Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), in raziskovalna ploskev Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS). To se ujema z meritvami avtomatskih postaj za dnevne vrednosti. Če upoštevamo tudi vrednosti odtoka

po deblih za obravnavana sestoja SS in RS, se količine sestojnih padavin približajo količinam prepuščenih padavin v vrzelih.

3.2 Odtok po deblu

3.2 Stemflow

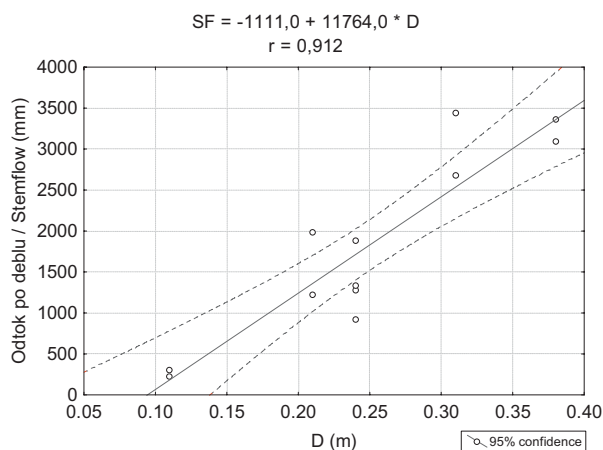
Količine odtoka vode po deblih smo spremljali na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), na šestih bukovih drevesih (*Fagus sylvatica* L.) različnih premerov. Mesečne vrednosti ter vsota za meritveno obdobje v letih 2003 in 2004 so prikazane v preglednici 8.

Med skupno količino odtoka po deblih posameznih dreves v letih 2003 in 2004 smo ugotovili visoko stopnjo korelacije ($r = 0,976$). Linearna odvisnost med premerom izbranih dreves ter skupno količino odtoka po deblu v meritvenem obdobju v letih 2003 in 2004 je statistično značilna pri $p < 0,05$ (slika 6). Za leto 2003 je $r = 0,951$, za leto 2004 pa je $r = 0,924$.

Preglednica 8: Mesečne količine (l mesec⁻¹) ter vsota odtoka po deblu (l) na drevesih različnih prsnih premerov (D) (m) za meritveno obdobje v letih 2003 in 2004 na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS)

Table 8: Monthly stemflow (l month⁻¹) and total stemflow (l) for trees with different diameter at breast height (D) (m) in the 2003 and 2004 growing seasons at research plot Snežna jama, plot Stand (SS)

Drevo / Tree	D (m)	Odtok po deblu (l mesec ⁻¹) 2003 / Stemflow (l month ⁻¹)						Skupaj / Total (l)	Odtok po deblu (l mesec ⁻¹) 2004 / Stemflow (l month ⁻¹)						Skupaj / Total (l)
		jun	jul	avg	sep	okt	2003		maj	jun	jul	avg	sep	okt	
1	0,24	200	145	166	350	420	1281	317	167	270	325	287	512	1878	
2	0,31	400	315	317	750	900	2682	510	390	520	930	470	625	3445	
3	0,24	125	80	153	190	375	923	220	145	173	304	173	314	1329	
4	0,11	21	26	33	65	79	224	60	32	45	71	31	65	304	
5	0,38	335	248	600	950	955	3088	410	344	501	725	634	744	3358	
6	0,21	187	128	200	254	455	1224	374	264	427	464	43	414	1986	



Slika 6: Odtok po deblu (mm) glede na premer dreves D (m) v vegetacijskem obdobju za leti 2003 in 2004 na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS)
Figure 6: Stemflow (mm) in relation to stem diameter D (m) in the 2003 and 2004 growing seasons at research site Snežna jama, plot Stand (SS)

projekcijo krošenj dreves na podobjektu (SS in RS) ter projekcijo krošenj dreves z vzorčevalniki za oba sestoja podoben količniku med skupno temeljnico podobjekta in temeljnico izbranih dreves. Za raziskovalno ploskev Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), znaša razmerje med projekcijami krošenj 3,9, razmerje med temeljnicami 3,0; za ploskev Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS), znaša razmerje med projekcijami krošenj 3,1, prav tako razmerje med temeljnicami 3,1.

Na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), znaša skupni delež odtoka po deblu glede na padavine na prostem (SŽ) v obdobju junij – oktober 2003 8,0 %, v obdobju maj – oktober 2004 pa 6,4 % (preglednica 9). Na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS), je ocenjeni delež zaradi nižje temeljnice na enoto površine (v SS znaša 0,171 m² ha⁻¹, v RS pa 0,138 m² ha⁻¹) nižji in znaša v obdobju junij – oktober 2003 6,2 %, v obdobju maj – oktober 2004 pa 5,0 %.

Preglednica 9: Delež (%) in mesečna količina odtoka po deblu (mm) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS) (meritve), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) (ocena), v količini padavin na prostem (SŽ) za merilno obdobje v letih 2003 in 2004

Table 9: Stemflow (mm) at research site Snežna jama, plot Stand (SS) (measurements), and research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS) (estimate), in percentage of monthly precipitation in the open at research site Rog Žaga (SŽ) in the 2003 and 2004 measurement period

	SS (merjeno / measured)		RS (ocena / estimate)	
	mm	%	mm	%
jun.03	7	7,9	5	6,4
jul.03	5	5,4	4	4,3
avg.03	8	10,5	6	8,4
sep.03	14	9,0	11	7,2
okt.03	17	7,6	14	6,1
Skupaj / Total 2003	50	8,0	40	6,4
maj.04	10	6,4	8	5,2
jun.04	7	3,5	6	2,8
jul.04	10	10,5	8	8,5
avg.04	15	6,1	12	4,9
sep.04	9	7,4	7	5,9
okt.04	14	6,0	11	4,8
Skupaj / Total 2004	65	6,2	52	5,0

Za lažjo primerjavo skupne mesečne količine odtoka po deblu za obravnavana sestoja na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), in ploskev Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS), smo z razmerjem temeljnic ter projekcij krošenj (upoštevali smo samo bukev, saj pri jelki ocenjujemo, da je odtok po deblu zanemarljivo majhen) ocenili delež mesečnih količin odtoka po deblu za posamezni sestoj v količini padavin na prostem (SŽ). Po uporabi obeh metod smo izračunali, da je količnik med

3.3 Prestrežanje padavin

3.3 Interception

Intercepcijo oziroma prestrežanje padavin v drevesnih krošnjah smo izračunali kot razliko med padavinami na prostem ter prepuščenimi padavinami in odtokom po deblu za podobjekt Sestoj (SS) na raziskovalni ploskvi Snežna jama ter podobjekt Sestoj (RS) na raziskovalni ploskvi

Rajhenavski Rog (preglednica 10). Omeniti moramo, da je bila pokrovnost pritalne vegetacije v obeh sestojih zelo majhna, zato smo delež intercepcije pritalne vegetacije pri skupni intercepciji gozdnega sestoja zanemarili.

Na podobjektu Sestoj (SS) na raziskovalni ploskvi Snežna jama se je delež intercepcije v mesečni količini padavin na prostem gibal od 1,6 % v mesecu maju 2004 do 28,8 % v mesecu juniju 2004. Na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS), pa so bili deleži intercepcije od 3,6 % v juliju 2004 do 39,8 % v juliju 2003. V obdobju maj – oktober 2003 je bil skupni delež intercepcije na obeh podobjektih višji kot v obdobju maj – oktober 2004, pri čemer je razlika večja za Sestoj (SS) v Snežni jami (18,8 % in 12,6 %).

Preglednica 10: Mesečne količine intercepcije (mm) ter deleži (%) v količini padavin na prostem (SŽ) za podobjekt Sestoj (SS) na raziskovalni ploskvi Snežna jama ter podobjekt Sestoj (RS) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog za meritveno obdobje v letih 2003 in 2004

Table 10: Monthly values of interception (mm) at research site Snežna jama, plot Stand (SS) and research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS), in percentage of monthly precipitation in the open at research site Rog Žaga (SŽ) in the 2003 and 2004 measurement period

	SŽ		SS		RS	
	mm	mm	%	mm	%	
maj.03	104	30	28,8	20	19,7	
jun.03	84	20	23,4	15	17,8	
jul.03	93	19	20,9	37	39,8	
avg.03	74	10	12,9	21	28,1	
sep.03	151	35	23,0	30	19,7	
okt.03	221	24	10,7	43	19,3	
Skupaj / Total 2003	727	137	18,8	145	20,0	
maj.04	156	3	1,6	6	3,7	
jun.04	204	55	26,9	61	29,7	
jul.04	97	8	8,4	3	3,6	
avg.04	244	24	9,9	40	16,3	
sep.04	117	12	10,1	28	23,6	
okt.04	236	30	12,6	62	26,4	
Skupaj / Total 2004	1054	131	12,5	200	18,9	

4 Razprava

4 Discussion

Omejitev raziskave na le dve vegetacijski obdobji ne omogoča popolnega vpogleda v splošen padavinski režim na obravnavanih raziskovalnih ploskvah. V letu 2003 smo v Sloveniji zabeležili eno najhujših poletnih suš v zadnjih petdesetih letih (ROBIČ 2003; SUŠNIK / ŽUST 2003). Po izjemnem poletju 2003 so se podnebne razmere poleti 2004 vrnile v običajne okvire (CEGNAR 2004). Kočevski Rog sicer ne sodi v območja, ki so bila v letu 2003 ogrožena zaradi hude (kmetijske) suše, vendar je v vegetacijskem obdobju leta 2003 v Kočevju padlo 626 mm

padavin, kar pomeni 77 % povprečne količine padavin za vegetacijsko obdobje v letih od 1961 do 1990 (vir: arhiv ARSO). V vegetacijskem obdobju 2004 je v Kočevju padlo 888 mm padavin, kar je 109 % povprečne količine padavin za vegetacijsko obdobje v letih od 1961 do 1990. Izbor let 2003 in 2004 nam je omogočil prikaz padavinskega režima v izbranih gozdnih sestojih v ekstremnih razmerah: v sušnih razmerah v vegetacijskem obdobju leta 2003 ter v običajno do nadpovprečno mokrem vegetacijskem obdobju v letu 2004 (VILHAR 2006, VILHAR 2009).

Uporaba avtomatskih vremenskih postaj omogoča analizo padavinskega režima za posamezne dni ali celo posamezne padavinske dogodke. Problematična pri tovrstnih raziskavah je pravilna namestitev postaje nad krošnje dreves in njeno vzdrževanje. Primerjava dnevni količin padavin, izmerjenih na raziskovalni ploskvi Snežna jama Nad krošnjami dreves (SJ), s padavinami v Veliki vrzeli (SVV) v letu 2004 je pokazala, da se je količina padavin sredi Velike vrzeli (SVV) zaradi vpliva obdajajočega sestoja razlikovala od tiste Nad krošnjami dreves (SJ). Meritve padavin v vrzeli, četudi njen polmer presega povprečno sestojno višino, ne more nadomestiti meritve padavin nad krošnjami dreves oziroma na prostem.

Mesečne količine prepuščenih padavin so na vseh objektih, tudi v obeh sestojih, vsaj v enem mesecu presegle količine padavin na prostem, izmerjene na ploskvi Rog Žaga (SŽ). Tudi drugi viri navajajo, da lahko v sestojni odprtini pade več dežja kot na prostem, kljub močno izraženemu vplivu sestojnega roba (KREČMER 1967; SMOLEJ 1977). Povečana količina prepuščenih padavin je posledica vrtnčenja zraka v odprtini, pri čemer večja količina padavin v odprtini pade na privetni strani (KREČMER 1967). Postavi se tudi vprašanje zadostnega števila dežemerov, ki je bilo na obravnavanih podobjektih 10. UNECE - ICP Forest Manual priporoča uporabo vsaj 10 do 15 vzorčevalnikov za prepuščene padavine na sestoj, saj je tudi pri tem številu v homogenem sestoju težko doseči natančnost 10 % in manj za letno količino padavin (DRAAIJERS *et al.* 2001). Glede na to, da so se statistično značilne razlike med mesečnimi količinami prepuščenih padavin (v odstotkih glede na padavine na prostem) za posamezne dežemere pokazale le na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS), sklepamo, da sta bila število ter razporeditev dežemerov na vseh ostalih objektih primerna. Največ prepuščenih padavin (primerjali smo jih z deleži v padavinah na prostem) je v letih 2003 in 2004 padlo v vrzelih. Nato sledita raziskovalna ploskev Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), in raziskovalna ploskev Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS). Če upoštevamo tudi meritve odtoka po deblih za obravnavana sestoja (SS, RS), se količine sestojih padavin v sestojih (SS, RS) približajo količinam prepuščenih padavin v vrzelih. V Sestoju (RS) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog so v vegetacijskem obdobju 2003 sestojne padavine znašale 85,2 %, v vegetacijskem obdobju 2004 88,8 %, v Sestoju (SS) na raziskovalni ploskvi Snežna jama pa 90,8 % in 93,5 % padavin na prostem. Rezultati ustrezajo odstotku

sestojnih padavin v bukovem sestoju na Zavodnjah v količini padavin na prostem za obdobje od junija 1994 do junija 1995, ki je znašal 86 % (SIMONČIČ 1996), pri čemer so prepuščene padavine znašale 82 %, odtok po deblu pa 5 %. Tudi v odraslem bukovem sestoju v dolini Rena je bil v vegetacijskem obdobju 1968 delež sestojnih padavin v količini padavin na prostem podoben, saj je znašal 83 % (BRECHTEL / PAVLOV 1977), pri čemer so prepuščene padavine prispevale 69 %, odtok po deblu pa 14 %. Sestojne padavine za bukov sestoj v avstrijskih Kalkalpen v vegetacijskem obdobju 1996 so znašale 90 % (80 % prepuščene padavine, 10 % odtok po deblu), v vegetacijskem obdobju 1997 pa 83 % (72 % prepuščene padavine, 11 % odtok po deblu) (KATZENSTEINER 2000). V mešanem gozdu listavcev v južnem Ontariu je v vegetacijskem obdobju 1995 delež sestojnih padavin v skupni količini padavin znašal 81,2 % (77,5 % prepuščene padavine, 3,7 % odtok po deblu) (PRICE / CARLYLE-MOSES 2003). Na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), je znašal skupni delež odtoka po deblu glede na padavine na prostem (SŽ) v obdobju junij – oktober 2003 8 %, v obdobju maj – oktober 2004 pa 6 %. Na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS), je ocenjeni delež zaradi nižje temeljnice na enoto površine nižji in je znašal v obdobju junij – oktober 2003 6 %, v obdobju maj – oktober 2004 pa 5 %. Dobljeni rezultati za odtok po deblu so podobni ugotovitvam drugih raziskovalcev. Granier s sodelavci (2000) navaja deleže odtoka po deblu za sestoje bukve v gozdu Hesse v vegetacijskem obdobju 1996 in 1997 5 % v skupni količini padavin. Rezultate meritev odtoka po deblu bi lahko izboljšali z meritvami odtoka po deblu na drevesih z večjimi prsnimi premeri (nad 40 cm) ter z večjim številom vzorčevalnikov (uporabili smo jih 6). UNECE - ICP Forest Manual priporoča uporabo vsaj 5-10 vzorčevalnikov za določanje odtoka vode po deblu, saj je tudi pri tem številu v homogenem sestoju težko doseči natančnost 10 % in manj (DRAAIJERS *et al.* 2001). Na splošno lahko ugotovimo, da so bile v vegetacijskem obdobju 2004 v povprečju izmerjene večje količine prepuščenih padavin kot v vegetacijskem obdobju 2003, kar se ujema z ugotovitvami z avtomatskih merilnih postaj.

Delež zadržanih padavin oziroma intercepcije v skupni količini padavin na prostem (SŽ) je na podobjektu Sestoj (SS) na raziskovalni ploskvi Snežna jama v obdobju maj – oktober 2003 znašal 18,8 %, v obdobju maj – oktober 2004 pa 12,6 %. Na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS), so bili deleži intercepcije v skupni količini padavin na prostem v obdobju maj – oktober 2003 20 %, v obdobju maj – oktober 2004 pa 18,9 %. Do teh razlik je najverjetneje prišlo zaradi drugačne porazdelitve in intenzitete padavin (BRECHTEL / PAVLOV 1977) v letih 2003 in 2004. Razlog za večjo intercepcijo krošenj na podobjektu Sestoj (RS) je drugačna zgradba sestoja (TOBÓN MARIN *et al.* 2000), saj dosegajo drevesa na podobjektu RS večje premere in višine. Rezultati ustrezajo vrednostim intercepcije odraslega bukovega

sestoja v dolini Rena v vegetacijskem obdobju 1968 (16 - 24 %) (BRECHTEL / PAVLOV 1977) in rezultatom za intercepcijo mešanega gozda listavcev v južnem Ontariu v vegetacijskem obdobju 1995 (18,8 %) (PRICE / CARLYLE-MOSES 2003). Podobna je bila intercepcija sestoja hrastov na Danskem v vegetacijskem obdobju v letu 1981 (16,4 %) (RASMUSSEN / RASMUSSEN 1984), intercepcija mešanega sestoja bukve in smreke v vegetacijskem obdobju 1991 (15,5 %) (SCHUME *et al.* 2003) in intercepcija bukovega sestoja v avstrijskih Kalkalpen (KATZENSTEINER 2000). V vegetacijskem obdobju 1996 je znašala intercepcija 10 %, v vegetacijskem obdobju 1997 pa 17 %. Granier s sodelavci (2000) navaja deleže intercepcije za sestoje bukve v gozdu Hesse v vegetacijskem obdobju 1996 25,3 % in 1997 26,8 % ter v gozdu Aubure 23,4 %. Intercepcijo bukovega gozda je v model napajana in praznjenja kraškega vodonosnika v zaledju izvirov Vipave vključila M. Petrič (2002), ki ugotavlja, da je znašal povprečen delež intercepcije bukovega gozda v skupni količini padavin 16,5 %, dnevne vrednosti pa so glede na intenziteto padavin in letni čas variirale od 2 do 68 %. M. Šraj (2003) je ugotavljala intercepcijo gozdne združbe gradna, puhastega hrasta in malega jesena (*Orno-Quercetum petrae-pubescentis*) v povodju reke Dragonje, kjer je le-ta znašala 25,5 do 28,4 % v letni količini padavin.

Za splošen opis padavinskega režima na izbranih raziskovalnih ploskvah smo uporabili meritve padavin na prostem v daljšem časovnem obdobju v letih od 2001 do 2007. Mesečne padavine na raziskovalni ploskvi Rog Žaga (SŽ) so bile bolj korelirane z meritvami padavin na EMEP-postaji Iskrba kot za klimatološko postajo Kočevje. Tudi dnevne padavine na raziskovalni ploskvi Snežna jama Nad krošnjami (SJ) so bile bolj korelirane s količinami padavin na EMEP-postaji Iskrba kot na klimatološki postaji Kočevje, le da je bilo ujemanje dnevnih padavin bistveno slabše. Razlog za slabše ujemanje dnevnih padavin v primerjavi z mesečnimi je v številu dni, ko na raziskovalni ploskvi Snežna jama Nad krošnjami (SJ) padavin ni bilo ali pa so bile minimalne, na preostalih dveh objektih pa so bile izmerjene količine precejšnje. Do tega je prišlo predvsem v času poletnih neviht pa tudi jesenskih nalivov. Na količino padavin v največji meri vplivajo orografski dejavniki in veter (FRANTAR 2008). Takšni odkloni mesečnih, predvsem pa dnevnih padavin so pričakovani, saj obravnavane raziskovalne ploskve ležijo v masivu Kočevskega Roga na nadmorski višini med 860 in 890 m in so oddaljene od EMEP-postaje Iskrba 16 km zračne razdalje, od klimatološke postaje Kočevje pa 13 km, in obe sta v nižini. Sklepamo, da je v primeru nerazpoložljivosti podatkov o padavinah za obravnavane raziskovalne ploskve uporaba dnevnih količin padavin z EMEP-postaje Iskrba ali klimatološke postaje Kočevje neustrezna. Za potrebe modeliranja procesov v gozdnih ekosistemih je uporaba mesečnih padavin iz bližnjih meteoroloških postaj primernejša, pri čemer za obravnavane raziskovalne ploskve priporočamo uporabo podatkov, izmerjenih

na EMEP-postaji Iskrba, in iz njih izpeljane transferne funkcije.

5 Zahvala

5 Acknowledgement

Raziskava je potekala v okviru projekta Nature-based Management of beech in Europe (NAT-MAN QLK-CT99-1349) v 5. okvirnem programu EU, doktorske naloge »Vodna bilanca dinarskega jelovo-bukovega gozda v Kočevskem Rogu« na Univ. v Ljubljani, BF, Odd. za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, ter na Gozdarskem inštitutu Slovenije, podoktorskega aplikativnega raziskovalnega projekta »Ohranjanje kakovosti in količine vodnih virov v gozdnem prostoru« (Z4-9641-0404-06) ter Programske skupine za gozdno biologijo, ekologijo in tehnologijo.

6 Summary

Precipitation regime represents the average quantities and types of rainfall during the year. It also describes the relationship between precipitation in the form of snow and rain, and what their intensity is. The rainfall amount, form and timing are of particular importance to forest ecosystems. They have a significant impact on water supply, nutrient cycling and dynamics of carbon in the ecosystem.

In our study, the precipitation regime of a Dinaric silver fir - European beech forest in the selected forest stands and gaps of a managed forest and a virgin forest remnant was determined. The investigated research sites are located in the northern part of the Dinaric Alps in SE Slovenia (880 - 890 m a.s.l.). In the virgin forest remnant, a 0.15 ha plot representing the closed Stand (RS) (ca.) and Large gap (RV) (diameter c. 45 m) was investigated. The setup in the managed forest included the closed Forest Stand (SS) (c. 0.15 ha), Large Gap (SVV) (diameter c. 45 m) and Small Gap (SMV) (diameter c. 30 m), established in winter 2000, and the older Regeneration Gap (SPC) (diameter c. 45 m), established in 1990.

Hourly average values of precipitation were collected during the 2003 growing season with three weather stations (Vantage Pro wireless, Davis Instruments); during the 2004-2007 growing seasons, a fourth weather station named Above the Tree Crowns (SJ) was added. On each of the research sites, nine rain collectors in a systematic 5 x 5 m grid were placed to follow monthly throughfall during two hydrologically contrasting growing seasons: dry in 2003 and more humid in 2004. Three rain collectors were placed in the closest open area at the Rog Žaga research plot (SŽ) in the years 2001 - 2007 in order to obtain precipitation amounts in the open, which were assumed to be the same as the precipitation amounts above the tree crowns. In the managed Forest Stand (SS), we selected six beech trees with different diameters for monthly stemflow measurements. To define the precipitation regime differences among the

selected research plots, the measured monthly throughfall and stemflow for the plots in managed and virgin forest were compared. Interception of the closed forest stands was calculated from the measured data on throughfall, stemflow and precipitation in the open. A comparison of daily precipitation Above the Tree Crowns (SJ), monthly precipitation in the open (SŽ) and Climatological Station Kočevje and EMEP Iskrba Station in 2001-2007 was also made.

On all plots, the measured throughfall was higher in the 2003 growing season compared to 2004. Monthly throughfall exceeded precipitation in the open at Rog Žaga (SŽ) on all plots at least ones during the measurement period. There were no statistically significant differences among rain collectors on any plot, except the virgin forest Remnant Stand (RS). We conclude that the number and spatial arrangement of rain collectors on these plots were adequate.

Monthly throughfall in the 2003 and 2004 growing seasons was highest in the gaps, followed by the Closed Stand (SS) in the research plot Snežna jama and the Closed Stand (RS) in research plot Rajhenavski Rog. Throughfall in the Closed Stand (RS) in the virgin forest remnant Rajhenavski Rog was 85.2% of the precipitation in the open in the growing season 2003 and 88.8% in 2004. In the managed Forest Stand (SS), the throughfall was 90.8% of the precipitation in the open in 2003 and 93.5% in 2004, respectively. The stemflow for the managed Forest Stand (SS) was 8% of the precipitation in the open in the growing season 2003 and 6% in 2004. The estimated stemflow in the virgin forest Remnant Stand (RS) was lower: 6% of the precipitation in the open in the growing season 2003 and 5% in 2004. Interception in the managed Forest Stand (SS) was 18.8% of the precipitation in the open in the growing season 2003 and 12.6% in 2004. In the virgin forest Remnant Stand (RS), the interception was 20% of the precipitation in the open in the growing season 2003 and 18.9% in 2004. Daily data on precipitation from automated weather stations in the Large Gap (SVV) and Above the Tree Crowns (SJ), measured in the growing season 2004, differed owing to the influence of the surrounding forest edge in the Large Gap (SVV). Monthly precipitation in the open (SŽ) recorded in 2001-2007 was more correlated to EMEP Iskrba Station than to the Climatological Station Kočevje. The agreement between daily precipitation values at measurement locations was poorer but still better at the EMEP Iskrba Station than at the Climatological Station Kočevje. We conclude that in the event of missing data on monthly precipitation at the selected research plots, the data from EMEP Iskrba Station can be applied using transfer functions.

7 Viri

7 References

ANONYMOUS 2002a. Measurement of Deposition and Air

- Pollution. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, United Nations Economic Commission for Europe Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. Part VI: 45 s.
- ANONYMOUS 2002b. Meteorological Monitoring on Intensive Monitoring Plots. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, United Nations Economic Commission for Europe Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. Part VII: 23 s.
- AUSSENAC, G. 2000. Interactions between forest stands and microclimate: Ecophysiological aspects and consequences for silviculture. *Annales of Forest Science* 57. s. 287-301.
- BONČINA, A. 1999. Stand dynamics of the virgin forest Rajhenavski Rog (Slovenia) during the past century. *Virgin Forests and Forest Reserves in Central and Eastern European Countries*. J. Diaci. Ljubljana, BF, Oddelek za gozdarstvo: 95-110 s.
- BORMANN, F.H., LIKENS, G.E. 1986. *Patterns and Process in a Forested Ecosystem*. New York, Springer-Verlag. s. 253.
- BRECHTEL, H.M., PAVLOV, M.B. 1977. Niederschlagsbilanz von Waldbeständen verschiedener Baumarten und Altersklassen in der Rhein-Main-Ebene. Hessische Forstliche Versuchsanstalt, Institut fuer Forsthydrologie s. 80.
- CARLYLE-MOSES, D.E., PRICE, A.G. 1999. An evaluation of the Gash interception model in a northern hardwood stand. *Journal of Hydrology* 214. 1-4: s. 103-110.
- CEGNAR, T. 2003. Podnebne spremembe in padavinski režim. 14. MIŠIČEV VODARSKI DAN 2003 s.
- CEGNAR, T. 2004. Poletje 2004. Mesečni bilten, Agencija Republike Slovenije za okolje 8. XI: s. 24-31.
- CROCKFORD, R.H., RICHARDSON, D.P. 2000. Partitioning of rainfall into throughfall, stemflow and interception: effect of forest type, ground cover and climate. *Hydrological processes* 14. s. 2903-2920.
- DE VRIES, W., REINDS, G.J., VAN DER SALM, C., DRAAIJERS, G.P.J., BLEEKER, A., ERISMAN, J.W., AUEE, J., GUNDERSEN, P., KRISTENSEN, H.L., VAN DOBBEN, H., ZWART, D.D., DEROME, J., VOOGD, J.C.H., VEL, E.M. 2001. *Intensive Monitoring of Forest Ecosystems in Europe*. EU Commission, United Nations Economic Commission for Europe s. 177.
- DIACI, J., PISEK, R., BONČINA, A. 2005. Regeneration in experimental gaps of subalpine *Picea abies* forest in the Slovenian Alps. *European journal of Forest Research* 124. s. 29-36.
- DRAAIJERS, G.P.J., BLEEKER, A., VAN DER VEEN, D., ERISMA, J.W., MOELS, H., FONTEIJN, P., GEUSENBROEK, M. 2001. Field inter-comparison of throughfall, stemflow and precipitation measurements performed within the framework of the Pan European Intensive Monitoring Program of EU/ICP forest. TNO, EU Commission s. 221.
- DUFRENE, E., DAVI, H., FRANCOIS, C., MAIRE, G.L., DANTEC, V.L., GRANIER, A. 2005. Modelling carbon and water cycles in a beech forest: Part I: Model description and uncertainty analysis on modelled NEE. *Ecological Modelling* 185. 2-4: s. 407-436.
- FRANTAR, P., ED. 2008. *Vodna bilanca Slovenije 1971-2000*. Ljubljana, MOP-ARSO. s. 119.
- GAMS, I. 1999. Spremenljivi sezonski padavinski režimi in njegov vpliv na suše in povodnji. *Ujma* 13. s. 195-198.
- GASH, J.H.C., LLOYD, C.R., LACHAUD, G. 1995. Estimating sparse forest rainfall interception with an analytical model. *Journal of Hydrology* 170. 1-4: s. 79-86.
- GRANIER, A., BIRON, P., LEMOINE, D. 2000. Water balance, transpiration and canopy conductance in two beech stands. *Agricultural and Forest Meteorology* 100. 4: s. 291-308.
- HEWLETT, J.D., NUTTER, W.L. 1969. *An Outline of Forest Hydrology*, School of Forest resources, University of Georgia. s.
- KAJFEŽ-BOGATAJ, L. 2005. Podnebne spremembe in njihovi vplivi na kakovost življenja ljudi. *Acta agriculturae Slovenica* 85. 1: s. 41-54.
- KATZENSTEINER, K. 2000. *Wasser- und Stoffhaushalt von Waldecosystemen in den noerdlichen Kalkalpen*. Wien, Universitaet fuer Bodenkultur. s. 159.
- KATZENSTEINER, K. 2003. Effects of harvesting on nutrient leaching in a Norway spruce (*Picea abies* Karst.) ecosystem on a Lithic Leptosol in the Northern Limestone Alps. *Plant and Soil* 250. s. 59-73.
- KLAASEN, W., LANKREIJER, H.J.M., VEEN, A.W.L. 1996. Rainfall interception near a forest edge. *Journal of Hydrology* 185. s. 349-361.
- KRAJNC, N., MAVSAR, R., VILHAR, U., SIMONČIČ, P. 2006. Intenzivni monitoring gozdnih ekosistemov in program Forest Focus v Sloveniji. Intensive monitoring of forest ecosystems and Forest Focus program in Slovenia. Monitoring gospodarjenja z gozdom in gozdnato krajino. Monitoring the management of forests and forest landscapes. *Gozdarski študijski dnevi 2006*. D. Hladnik. Ljubljana, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Biotehniška fakulteta. Department of Forestry and Renewable Forest Resources, Biotechnical Faculty: 111-124 s.
- KREČMER, V. 1967. *Das Mikroklima der Kieferlochkahlschlaege*. IV Teil: Vertikale Niederschlaege, Luftfeuchtigkeit. *Wetter und Leben* 19. 9-10: s. 203-214.
- KROES, J.G., VAN DAM, J.C., GROENENDIJK, M., HENDRIKS, R.F.A. 2003. *SWAP 3.0 reference manual (Draft version)*. Wageningen, Alterra, Green World Research s. 180.
- KUTNAR, L., URBANČIČ, M. 2006. Vpliv rastiščnih in sestojnih razmer na pestrost tal in vegetacije v izbranih bukovich in jelovo-bukovich gozdovich na Kočevskem. Influence of site and stand conditions on diversity of soil and vegetation in selected beech and fir-beech forests in the Kočevje region. *Zbornik gozdarstva in lesarstva* 80. s. 3-30.
- LARCHER, W. 1995. *Physiological Plant Ecology*, Springer. s.
- LEVIA, D.F., FROST, E.E. 2003. A review and evaluation of stemflow literature in the hydrologic and biogeochemical cycles of forested and agricultural ecosystems. *Journal of Hydrology* 274. 1-4: s. 1-29.
- MASERA, O.R., GARZA-CALIGARIS, J.F., KANNINEN, M., KAREINEN, T., LISKI, J., NABUURS, G.J., PUSSINEN, A., DE JONG, B.H.J., MOHREN, G.M.J. 2003. Modeling carbon sequestration in afforestation, agroforestry and forest management projects: the CO2FIX V.2 approach.

- Ecological Modelling 164. s. 177-199.
- NABUURS, G.J., SCHELHAAS, M.J. 2002. Carbon profiles of typical forest types across Europe assessed with CO2FIX. *Ecological Indicators* 1. s. 213-223.
- NAGEL, T.A., SVOBODA, M., DIACI, J. 2006. Regeneration patterns after intermediate wind disturbance in an old-growth *Fagus-Abies* forest in southeastern Slovenia. *Forest Ecology and Management* 226. 1-3: s. 268-278.
- PENMAN, H.L. 1963. *Vegetation and hydrology*, Commonwealth Bureau of Soils. s. 124.
- PERKO, D. 1998. *Slovenija - pokrajine in ljudje*. Ljubljana, Mladinska knjiga. s.
- PETRIČ, M. 2002. Characteristics of Recharge-Discharge Relations in Karst Aquifer. *Postojna-Ljubljana, Založba ZRC, Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU (Zbirka Carsologica)*. s. 154.
- PRICE, A.G., CARLYLE-MOSES, D.E. 2003. Measurement and modelling of growing-season canopy water fluxes in a mature mixed deciduous forest stand, southern Ontario, Canada. *Agricultural and Forest Meteorology* 119. 1-2: s. 69-85.
- RASMUSSEN, K., R., RASMUSSEN, S. 1984. The summer water balance in a Danish oak stand. *Nordic Hydrology* 15. s. 213-222.
- REJIC, M., SMOLEJ, I. 1988. *Sladkovodni ekosistemi in varstvo voda, Gozdna hidrologija*. Ljubljana, Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani, BF, VTOZD za gozdarstvo. s. 225.
- ROBERTS, J., ROSIER, P.T.W. 1994. Comparative estimates of transpiration of ash and beech forest at a chalk site in southern Britain. *Journal of Hydrology* 162. 3-4: s. 229-245.
- ROBIČ, D. 1994. Hidrološka vloga gozdnega zastora in odprta vprašanja pri ugotavljanju vodne bilance gozdov. *Gozd in voda: zbornik republiškega seminarja, Poljče, 11.-13. oktober 1994*, Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo. 61-76 s.
- ROBIČ, M. 2003. *Podzemne vode v aluvialnih vodonosnikih v avgustu 2003*. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje, Urad za monitoring s. 3.
- ROŽENBERGAR, D., DIACI, J. 2003. Comparative studies of gap-phase regeneration in managed and natural beech forests in different parts of Europe: relations between tree regeneration and light, soil conditions, and ground vegetation. Part 5 - Case study partner report from Slovenia. *NatMan project WP3. Deliverable 12 and 21., Nat-Man Project, funded by EU 5th Framework Programme* s. 38.
- RUTTER, A.J. 1975. *The Hydrological Cycle in Vegetation. Vegetation and Atmosphere*. M. J. L., Academic press London, New York, San Francisco s.
- SCHUME, H., HAGER, H., JOST, G. 2003. Soil water dynamics and evapotranspiration in a spruce monoculture and a mixed broadleaf-conifer stand. *Ecologia* 22. 3: s. 86-101.
- SHARON, D., ARAZI, A. 1997. The distribution of wind-driven rainfall in a small valley: an empirical basis for numerical model verification. *Journal of Hydrology* 201. 1: s. 21-48.
- SIMONČIČ, P. 1996. Odziv gozdnega ekosistema na vplive kislinskih odložin s poudarkom na preučevanju prehranskih razmer za smreko (*Picea abies* (L.) Karst.) in bukev (*Fagus sylvatica* L.) v vplivnem območju TE Šoštanj. *Oddelek za gozdarstvo*. Ljubljana, Univerza v Ljubljani: 153 s.
- SMOLEJ, I. 1977. *Klima sestojne odprtine in njen gozdnogojitveni pomen*. Biotehniška fakulteta. Ljubljana, Univerza v Ljubljani: 73 s.
- Statistica for Windows 8.0 1984-2007. Tulsa, StatSoft, Inc. s.
- SUŠNIK, A., ŽUST, A. 2003. *AGROMETEOROLOGIJA*. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje, Urad za meteorologijo s. 9.
- ŠRAJ, M. 2003. *Modeliranje in merjenje prestreženih padavin na povodju reke Dragonje*. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani: 236 s.
- TALLAKSEN, L.M. 1996. Comparative Model Estimates of Interception Loss in a Coniferous Forest Stand. *Nordic Hydrology* 27. s. 143-160.
- TANI, M. 1996. An approach to annual water balance for small mountainous catchments with wide spatial distribution of rainfall and snow water equivalent. *Journal of Hydrology* 183. s. 205-225.
- THIMONIER, A. 1998. Measurement of Atmospheric Deposition under Forest Canopies: Some Recommendations for Equipment and Sampling Design. *Environmental Monitoring and Assessment* 52. s. 353-387.
- TOBÓN MARIN, C., BOUTEN, W., SEVINK, J. 2000. Gross rainfall and its partitioning into throughfall, stemflow and evaporation of intercepted water in four forest ecosystems in western Amazonia. *Journal-of-Hydrology* 237. 1-2: s. 40-57.
- VILHAR, U. 2006. *Vodna bilanca dinarskega jelovo-bukovega gozda na Kočevskem rogu. WATER BALANCE OF A DINARIC SILVER FIR - BEECH FOREST IN KOČEVSKI ROG*. Doktorska disertacija. Biotehniška fakulteta, Odd. za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire. Ljubljana, Univerza v Ljubljani: 246 s.
- VILHAR, U., ED. 2009. *Vpliv gospodarjenja na vodno bilanco jelovo-bukovih gozdov Dinarskega krasa. Influence of management on water balance of the silver fir-beech forests in the dinaric karst*. *Studia forestalia Slovenica* 133. Ljubljana Gozdarski inštitut Slovenije. s. 122.
- VILHAR, U., STARR, M., URBANČIČ, M., SMOLEJ, I., SIMONČIČ, P. 2005. Gap evapotranspiration and drainage fluxes in a managed and a virgin dinaric silver fir-beech forest in Slovenia: a modelling study. *European journal of Forest Research* 124. 3: s. 165-175.
- WAGGONER, P.E. 1975. *Micrometeorological Models. Vegetation and Atmosphere*. M. J. L., Academic press London, New York, San Francisco. 1 s.