

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Urša VILHAR

**VODNA BILANCA DINARSKEGA JELOVO-BUKOVEGA GOZDA V
KOČEVSKEM ROGU**

DOKTORSKA DISERTACIJA

**WATER BALANCE OF A DINARIC SILVER FIR-BEECH FOREST
IN KOČEVSKI ROG**

DOCTORAL DISSERTATION



Ljubljana, 2006

Doktorska disertacija je bila opravljena na Univerzi v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire in na Gozdarskem inštitutu Slovenije, Oddelek za gozdno ekologijo.

Senat Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire je za mentorja imenoval prof. dr. Jurija Diacija in za somentorico prof. dr. Lučko Kajfež – Bogataj.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: dr. Primož Simončič
Gozdarski inštitut Slovenije

Član: prof. dr. Jurij Diaci
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire

Član: prof. dr. Lučka Kajfež Bogataj
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: prof. dr. Klaus Katzensteiner
University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna, Institute for Forest Ecology

Datum zagovora: 15.2.2006

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Urša Vilhar

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Dd
- DK GDK 111.84:116:231:497.12*06 "Kočevski Rog"(043.3)
- KG mikroklima gozda/vodna bilanca/modeliranje/naravno pomlajevanje/tvorba vrzeli/Kočevski Rog
- AV VILHAR, Urša, univ. dipl. inž. gozdarstva
- SA DIACI, Jurij (mentor)/KAJFEŽ – BOGATAJ, Lučka (somentor)
- KZ SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
- LI 2006
- IN VODNA BILANCA DINARSKEGA JELOVO - BUKOVEGA GOZDA NA KOČEVSKEM ROGU
- TD Doktorska disertacija
- OP XLV, 250 str., 53 pregl., 61 sl., 222 vir.
- IJ sl
- JI sl/en
- AI V nalogi smo raziskali značilnosti vodnega cikla v procesu naravnega pomlajevanja v dinarskem jelovo-bukovem pragozdu ter v gospodarskem sonaravnem gozdu. Prikazali smo vpliv vrzeli na mikroklimatske razmere ter na posamezne elemente vodne bilance v vegetacijskem obdobju 2003 in 2004 ter pri tem uporabili modeliranje. Uporabili smo »Kloridno metodo« na letni osnovi, ki vključuje določitev vsebnosti Cl⁻ v padavinah na prepuščenih padavinah ter v talni raztopini, enostavnejši model WATBAL, ki računa vodno bilanco z mesečnim časovnim korakom, ter model BROOK90 z dnevnim časovnim korakom. Vremenske spremenljivke smo merili s štirimi meteorološkimi postajami, ki so tekom vegetacijskega obdobja beležile vremenske spremenljivke na izbranih mestih. Ugotovili smo, da je bila dejanska evapotranspiracija največja v sestojih, sledi mladje, najnižja pa je bila v vrzelih. Količine odtoka so bile najvišje v vrzelih, sledi mladje, najnižje pa so bile v sestojih. Model BROOK90 je na podlagi rezultatov kalibracije, verifikacije in analize občutljivosti modelov najbolje simuliral vodno bilanco na izbranih raziskovalnih ploskvah. Model omogoča spreminjanje številnih parametrov, s katerimi opišemo tip vegetacij, horizontalno in vertikalno zgradbo sestoja ter lastnosti tal. Dnevni časovni korak omogoča večjo občutljivost elementov vodne bilance na vremenske razmere, vendar pa model zahteva večje število vhodnih spremenljivk, ki jih ne moremo meriti na terenu.

KEY WORD DOCUMENTATION

- DN Dd
- DC FDC 111.84:116:231:497.12*06 "Kočevski Rog"(043.3)
- CX forest microclimate/water balance/modeling/natural regeneration/gap formation/
Kočevski Rog
- AU VILHAR, Urša
- AA DIACI, Jurij (supervisor)/KAJFEŽ – BOGATAJ, Lučka (co-supervisor)
- PP SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
- PB University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Department of Forestry and
Renewable Forest Resources
- PY 2006
- TI WATER BALANCE OF A DINARIC SILVER FIR – BEECH FOREST IN
KOČEVSKI ROG
- DT Doctoral dissertation
- NO XLV, 250 p., 53 tab., 61 fig., 33 ann., 222 ref.
- LA sl
- AL sl/en
- AB In the current study the water balance in the process of natural regeneration in a managed Dinaric silver fir – beech forest and a virgin forest remnant was investigated. We were interested in how managed and virgin forests influence the microclimate and water balance components. The influence of forest gaps on the microclimate and water balance components was shown for growing seasons in 2003 and 2004 with microclimatic process models. We used the chloride balance on a yearly basis, which needs analysis of Cl⁻ concentrations in throughfall and soil solution, a simple water balance model (WATBAL), which calculates water balance on monthly basis and the BROOK90 model, which calculates water balance on daily basis. Meteorological data were collected during growing seasons with four weather stations at selected locations. Simulated actual evapotranspiration was highest in the forest stand, lower for the regeneration stand and lowest in the gaps. Simulated drainage flux was highest in the gaps, followed by the regeneration stand and lowest in forest stands. According to calibration and verification based on measured throughfall fluxes and soil moisture contents and sensitivity analysis the BROOK90 model proved best at simulating water balance at selected research sites. The model performed well in a number of options regarding vegetation type, horizontal and vertical structure of forest stand description as well as division of soil into more horizons. Daily intervals make the components of water balance more sensitive to weather conditions but in return increase the number of needed input parameters, which are rarely available for forest stands in remote areas.

KAZALO VSEBINE

Ključna dokumentacijska informacija.....	III
Kazalo vsebine	VI
Kazalo preglednic.....	XV
Kazalo slik.....	XXVI
Kazalo prilog.....	XXXVI
Okrajšave in simboli.....	XLIV

TABLE OF CONTENTS

Key word documentation	IV
Table of Contents	XI
List of tables	XXI
List of figures	XXXI
List of attachments	XL
Abbreviations and symbols	XLIV

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	PREGLED OBJAV	2
2.1	GOZDNA HIDROLOGIJA	2
2.2	VODNA BILANCA GOZDA	4
2.2.1	Padavine	4
2.2.1.1	Sestojne padavine.....	5
2.2.1.2	Odtok po deblu.....	5
2.2.1.3	Prestrezanje padavin.....	6
2.2.2	Evapotranspiracija	7
2.2.2.1	Izhlapevanje	7
2.2.2.2	Transpiracija.....	7
2.2.2.3	Potencialna (referenčna) evapotranspiracija	8
2.2.2.3.1.	Thornthwaitova metoda.....	9
2.2.2.3.2.	Modificirana Jensen-Haiseva metoda	10
2.2.2.3.3.	Penman – Monteithova metoda.....	11
2.2.2.4	Evapotranspiracija gozda	11
2.2.3	Odtok	13
2.2.3.1	Površinski odtok.....	13
2.2.3.2	Infiltracija in globoko pronicanje.....	13
2.2.3.2.1.	Richardsov (Darcyjev) model	14
2.2.4	Vsebnost vlage v tleh	15
2.2.4.1	Meritve volumske vsebnosti vlage v tleh s TDR napravo	15
2.2.4.2	Kalibracija TDR naprave	16
2.3	MODELIRANJE VODNE BILANCE GOZDA	17
2.3.1	Kloridna metoda	17
2.3.2	WATBAL	18
2.3.3	BROOK90	19
2.4	NARAVNO POMLAJEVANJE IN VLAŽNOSTNE RAZMERE V TLEH	21
3	CILJI NALOGE IN RAZISKOVALNE HIPOTEZE	22
4	MATERIALI IN METODE	23
4.1	OPIS RAZISKOVALNIH PLOSKEV	23
4.1.1	Podnebje, tla, vegetacija	24
4.1.1.1	Raziskovalna ploskev Rajhenavski Rog	25
4.1.1.2	Raziskovalna ploskev Snežna jama.....	25

4.2	METODE DELA	25
4.2.1	Vremenske spremenljivke	25
4.2.2	Prepuščene padavine in padavine na prostem	28
4.2.3	Vzorčenje talne raztopine.....	29
4.2.4	Meritve odtoka po deblu.....	29
4.2.5	Vsebnost kloridnih ionov	31
4.2.6	Talne razmere.....	31
4.2.6.1	Debeline plasti.....	32
4.2.6.2	Vodno-zračne lastnosti tal	32
4.2.6.3	Hidravlična prevodnost nasičenih tal	33
4.2.7	Vsebnost vlage v tleh.....	34
4.2.7.1	Vsebnost vlage v tleh na globini od 0 do 40 cm	34
4.2.7.2	Vsebnost vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm	34
	4.2.7.2.1. Prostorska interpolacija s krigingom.....	35
4.2.7.3	Kalibracija TDR naprave	36
4.2.8	Kloridna metoda	38
4.2.9	WATBAL.....	39
4.2.9.1	Vhodne spremenljivke.....	39
4.2.9.2	Kalibracija in verifikacija modela WATBAL	40
4.2.9.3	Analiza občutljivost modela WATBAL.....	41
4.2.10	BROOK90.....	41
4.2.10.1	Vhodne spremenljivke.....	41
4.2.10.2	Kalibracija in verifikacija modela BROOK90	43
4.2.10.3	Občutljivost modela BROOK90	44
4.3	NARAVNO POMLAJEVANJE V VRZELIH	44
4.3.1	Razvoj klic in mladja v vrzelih	44
4.3.2	Odvisnost gostote mladja od ekoloških razmer.....	44
4.3.2.1	Svetlobne razmere	47
4.3.2.2	Talne razmere	47
4.3.2.3	Naklon, ekspozicija in površinska skalovitost	47
4.3.2.4	Zastiranje pritalne vegetacije	48
4.3.2.5	Pokritost ploskve z odmrlim lesom.....	48
5	REZULTATI	49
5.1	MIKROKLIMATSKE RAZMERE NA RAZISKOVALNIH PLOSKVAH	49
5.1.1	Temperatura zraka	49
5.1.1.1	Razlike v temperaturi zraka na raziskovalni ploskvi Snežna jama ter Iskrba in Kočevje	54
5.1.2	Temperatura tal	58
5.1.3	Relativna zračna vlaga.....	61

5.1.3.1	Razlike v relativni zračni vlagi na raziskovalni ploskvi Snežna jama ter Iskrba in Kočevje	65
5.1.4	Smer in hitrost vetra	68
5.1.5	Padavine	71
5.1.5.1	Dnevne vrednosti prepuščenih padavin – avtomatske meritve	71
5.1.5.2	Razlike v dnevni količini padavin na raziskovalni ploskvi Snežna jama, merilna postaja Nad krošnjami, ter Iskrba in Kočevje	75
5.1.5.3	Mesečne količine prepuščenih padavin v vrzelih in v sestojih	77
5.2	ODTOK PO DEBLU	80
5.3	PRESTREZANJE PADAVIN	82
5.4	VSEBNOST VLAŽE V TLEH	83
5.4.1	Vsebnost vlage v tleh na globini od 0 do 40 cm	83
5.4.2	Vsebnost vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm	87
5.5	VODNA BILANCA	98
5.5.1	Rezultati Kloridne metode	98
5.5.2	Rezultati modela WATBAL	99
5.5.2.1	Kalibracija modela WATBAL	99
5.5.2.2	Občutljivost modela WATBAL	102
5.5.2.3	Rezultati modela WATBAL	103
5.5.2.3.1.	Mesečne vrednosti	103
5.5.2.3.2.	Vrednosti za vegetacijsko obdobje	104
5.5.3	Rezultati modela BROOK90	105
5.5.3.1	Kalibracija modela BROOK90	105
5.5.3.2	Občutljivost modela BROOK90	110
5.5.3.3	Rezultati modela BROOK90	111
5.5.3.3.1.	Dnevne vrednosti	112
5.5.3.3.2.	Mesečne vrednosti	114
5.5.3.3.3.	Vrednosti za vegetacijsko obdobje	115
5.5.4	Primerjava modelov za izračun vodne bilance	116
5.5.4.1	Primerjava ocene mesečnih odtokov z modeloma WATBAL in BROOK90	117
5.5.4.2	Primerjava ocene mesečnih vrednosti dejanske evapotranspiracije z modeloma WATBAL in BROOK90	117
5.5.4.3	Primerjava ocene odtokov v podtalje za vegetacijsko obdobje s Kloridno metodo ter modeloma WATBAL in BROOK90	118
5.5.4.4	Primerjava ocene dejanske evapotranspiracije za vegetacijsko obdobje z modeloma WATBAL in BROOK90	119
5.6	NARAVNO POMLAJEVANJE V VRZELIH	121
5.6.1	Razvoj klic in mladja v vrzelih	121
5.6.1.1	Velika vrzel (SVV)	121
5.6.1.2	Mala vrzel (SMV)	123
5.6.2	Višine, višinski prirastek ter premer na koreničniku	126

5.6.3	Odvisnost gostote mladja od ekoloških razmer	127
5.6.3.1	Svetlobne razmere	127
5.6.3.2	Talne razmere	129
5.6.3.3	Naklon, ekspozicija in površinska skalovitost	131
5.6.3.4	Zastiranje pritalne vegetacije	132
5.6.3.5	Pokritost ploskve z odmrlim lesom	133
5.6.3.6	Odvisnost gostote mladja od ekoloških razmer v štirih tipih ploskvic	133
5.6.3.6.1.	Bukev	134
5.6.3.6.2.	Jelka	134
5.6.3.6.3.	Gorski javor	135
5.6.3.6.4.	Smrtnost klic	137
5.6.3.6.5.	Povprečna višina, višinski prirastek ter premer nad koreničnikom ...	137
5.6.3.7	Odvisnost gostote mladja od ekoloških razmer –multipla regresija	139
5.6.3.7.1.	Povprečna višina, višinski prirastek ter premer nad koreničnikom ...	141
5.6.3.8	Odvisnost gostote mladja od ekoloških razmer – faktorska analiza	142
5.6.3.8.1.	Povprečna višina, višinski prirastek ter premer nad koreničnikom ...	145
6	RAZPRAVA	146
6.1	MIKROKLIMATSKE RAZMERE	147
6.2	PADAVINE IN ODTOK PO DEBLU	149
6.3	VSEBNOST VLAGE V TLEH	151
6.4	PRIMERJAVA IZBRANIH MODELOV ZA VODNO BILANCO GOZDA	153
6.4.1	Kloridna metoda	153
6.4.2	Model WATBAL	154
6.4.3	Model BROOK90	155
6.4.4	Primerjava Kloridne metode ter modelov WATBAL in BROOK90	156
6.5	VODNA BILANCA	158
6.5.1	Dnevne vrednosti vodne bilance	159
6.5.2	Vodna bilanca za vegetacijsko obdobje	160
6.6	NARAVNO POMLAJEVANJE V VRZELIH	162
6.6.1	Razvoj klic in mladja v vrzelih	162
6.6.2	Odvisnost gostote mladja od ekoloških razmer	164
6.6.2.1	Bukev	164
6.6.2.2	Jelka	164
6.6.2.3	Gorski javor	165
6.6.2.4	Povprečna višina, višinski prirastek ter premer nad koreničnikom	166
7	SKLEPI	168
8	POVZETEK	170

9	RAZŠIRJENI POVZETEK V ANGLEŠČINI	175
10	VIRI.....	181
	ZAHVALA.....	196
	PRILOGE	197

TABLE OF CONTENTS

INTRODUCTION	1
LITERATURE OVERVIEW	2
FOREST HYDROLOGY.....	2
WATER BALANCE OF FORESTS.....	4
Precipitation	4
Precipitation in the stand.....	5
Stem flow 5	
Interception.....	6
Evapotranspiration	7
Evaporation	7
Transpiration	7
Potential (reference) evapotranspiration	8
Thornthwaite method	9
Modified Jensen-Haise method.....	10
Penman – Monteith method	11
Forest evapotranspiration	11
Drainage flux	13
Surface drainage.....	13
Infiltration and deep percolation	13
Richards (Darcy) model	14
Soil moisture content	15
Measurements of soil moisture content with TDR.....	15
Calibration of TDR.....	16
MODELLING OF FOREST WATER BALANCE	17
Chloride balance	17
WATBAL	18
BROOK90	19
NATURAL REGENERATION AND SOIL MOISTURE.....	21
AIM OF THE STUDY AND RESEARCH HYPOTHESIS	22
MATERIALS AND METHODS	23
DESCRIPTION OF THE RESEARCH SITES	23
Climate, soil and vegetation	24
METHODS.....	25
Meteorological data	25

Throughfall and precipitation in the open	28
Soil solution sampling	29
Stemflow measurements	29
Chloride concentrations	31
Soil properties	31
Soil moisture content	34
Kriging	35
TDR calibration.....	36
Chloride balance	38
WATBAL	39
BROOK90	41
NATURAL REGENERATION IN GAPS	44
Development of seedlings in the gaps	44
Seedling density in relation to ecological factors	44
Inclination, exposition and surface covered by rocks	47
Coarse woody debris at plots	48
RESULTS	49
MICROCLIMATE OF THE RESEARCH SITES.....	49
Air temperature	49
Differences between air temperature at research site Snežna jama, EMEP station and Kočevje station.....	54
Soil temperature	58
Relative humidity	61
Differences between relative humidity at research site Snežna jama, EMEP station and Kočevje station.....	65
Wind direction and wind speed	68
Precipitation	71
Differences between daily precipitation at research site Snežna jama, plot Above crowns, EMEP station and Kočevje station	75
STEMFLOW	80
INTERCEPTION	82
SOIL MOISTURE CONTENT	83
Soil moisture content in depth 0 – 40 cm	83
Soil moisture content in depth 0 – 10 cm	87
WATER BALANCE.....	98

Results of Chloride balance	98
Results of model WATBAL	99
Monthly values.....	103
Vegetation period values.....	104
Results of model BROOK90	105
Calibration of model BROOK90.....	105
Daily values.....	112
Monthly values.....	114
Vegetation period values.....	115
Comparison of selected water balance models	116
Comparison of monthly drainage flux estimates with models WATBAL and BROOK90..	117
Comparison of monthly actual evapotranspiration estimates with models WATBAL and BROOK90.....	117
Comparison of drainage flux estimates for growing season with Chloride balance and models WATBAL and BROOK90	118
Comparison of actual evapotranspiration estimates for growing season with models WATBAL and BROOK90.....	119
NATURAL REGENERATION IN GAPS	121
Development of seedlings in the gaps	121
Large gap (SVV).....	121
Small gap (SMV).....	123
Average height, height increment and shoot diameter	126
Seedling density in relation to ecological factors	127
Light conditions.....	127
Inclination, exposition and surface covered by rocks	131
Coarse woody debris at plots	133
(<i>Fagus sylvatica</i>).....	134
(<i>Abies alba</i>).....	134
(<i>Acer pseudoplatanus</i>).....	135
Seedling mortality	137
Average height, height increment and shoot diameter.....	137
Seedling density in relation to ecological factors – multiple regression.....	139
Average height, height increment and shoot diameter.....	141
Average height, height increment and shoot diameter.....	145
DISCUSSION	146
MICROCLIMATE.....	147
PRECIPITATION AND STEMFLOW	149
SOIL MOISTURE CONTENT.....	151
COMPARISON OF SELECTED WATER BALANCE MODELS	153
Chloride balance	153

Model WATBAL	154
Model BROOK90	155
Comparison of Chloride balance, WATBAL and BROOK90 model.....	156
WATER BALANCE.....	158
Daily values of water balance	159
Water balance for growing season.....	160
NATURAL REGENERATION IN GAPS	162
Development of seedlings in the gaps	162
Seedlings density in relation to ecological factors	164
(<i>Fagus sylvatica</i>)	164
(<i>Abies alba</i>)	164
(<i>Acer pseudoplatanus</i>).....	165
Average height, height increment and shoot diameter	166
CONCLUSIONS.....	168
SUMMARY.....	170
EXTENDED SUMMARY IN ENGLISH.....	175
REFERENCES	181
ACKNOWLEDGMENTS	196
ATTACHEMENTS.....	197

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1:	Vrednosti koeficienta rastline (K_c) za nasade domačega oreha (Allen in sod., 1998).....	9
Preglednica 2:	Skupna letna količina padavin (mm) ter delež evapotranspiracije (%) za različne gozdne tipe	12
Preglednica 3:	Seznam vremenskih meritev na posameznih podobjektih	26
Preglednica 4:	Povprečne debeline in vrste horizontov ter prevladujoča vrsta tal na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Mala vrzel (SMV), Sestoj (SS) in Velika vrzel (SVV) ter na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) in Vrzel (RV). Oznake plasti: O = organski horizont, A = humusnoakumulacijski horizont, (B) = kambični horizont, M = mineralni del tal.....	32
Preglednica 5:	Dozdevna gostota, poljska kapaciteta za vodo (FC), točka venenja (PWP) in rastlinam dostopna vlaga v tleh (AWC) za razvite rendzine (<i>Rendzic Leptosols</i>) in rjava pokarbovatna tla (<i>Eutric Cambisols</i>), na globinah od 0 – 10 cm in od 0 do 40 cm.....	33
Preglednica 6:	Povprečne vrednosti koeficienta hidravlične prevodnosti K za posamezne plasti tal za razvite rendzine (LPrz) in rjava pokarbovatna tla (CMeu) v Rajhenavskem Rogu (Zupanc, 2003b)	34
Preglednica 7:	Kalibracijske krivulje za pretvorbo dielektrične konstante tal K_a v volumsko vsebnost vlage v tleh ter koeficient determinacije (R^2) za prevladujoče talne enote: razvite rendzine (LPrz) in rjava pokarbovatna tla (CMeu) na ploskvah Snežna jama in Rajhenavski Rog na globini od 0 do 10 cm.	37
Preglednica 8:	t – test za odvisne vzorce: testiranje razlik med volumskimi vsebnostmi vlage na globini od 0 do 10 cm, pridobljenimi z gravimetrično metodo, kalibracijskimi krivuljami ter Toppovo enačbo za prevladujoče talne enote na ploskvah Snežna jama in Rajhenavski Rog. Statistično značilni koeficienti so označeni s krepko pisavo ($p < 0,05$), $p < 0,01$ so označeni s poševno pisavo.	37
Preglednica 9:	t – test za odvisne vzorce: testiranje razlik med volumskimi vsebnostmi vlage na globini od 0 do 40 cm, pridobljene s gravimetrično metodo, kalibracijskimi krivuljami ter Toppovo enačbo za rjava pokarbovatna tla (CMeu) na ploskvi Snežna jam. Statistično značilni koeficienti so označeni s krepko pisavo ($p < 0,05$), $p < 0,01$ so označeni s poševno pisavo.....	38
Preglednica 10:	Ocena indeksa listne površine na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS) in Mladju SPC v jeseni 2004.....	43
Preglednica 11:	Enaindvajset spremenljivk in njihove okrajšave, ki smo jih uporabili v analizi	45
Preglednica 12:	Pearsonovi koeficienti korelacije (r) med urnimi temperaturami zraka na višini 2 m nad tlemi na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Rob velike vrzeli (SVVR), Mala vrzel (SMV), ter na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Vrzel (RV) in Sestoj (RS) v letih 2003 in 2004. Skupno število meritev je 6600. Statistično značilni koeficienti so označeni s krepko pisavo ($p < 0,05$).	52

Preglednica 13: Pearsonovi koeficienti korelacije (r) med dnevnimi temperaturami zraka na višini 25 m nad tlemi na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Nad krošnjami (SJ) ter EMEP postajo Iskrba ter klimatološko postajo Kočevje (ARSO) v letu 2004. Skupno število meritev je 180. Statistično značilni koeficienti so označeni s krepko pisavo ($p < 0,05$).	54
Preglednica 14: Analiza variance za razlike med dnevnimi temperaturami zraka, merjenimi na višini 25 m nad tlemi merilna postaja Nad krošnjami (SJ) ter EMEP postajo Iskrba in klimatološko postajo Kočevje (ARSO) v letu 2004. Skupno število meritev je 180. Statistično značilni koeficienti so označeni s krepko pisavo ($p < 0,05$), $p < 0,01$ so označeni s poševno pisavo.	55
Preglednica 15: Pearsonovi koeficienti korelacije (r) med urnimi temperaturami tal na višini 5 cm nad tlemi (+5) 5 cm v tleh (-5) ter 20 cm v tleh (-20) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Sestoj (SS) v letih 2003 in 2004. $N = 4318$. Statistično značilni koeficienti so označeni s krepko pisavo ($p < 0,05$).	60
Preglednica 16: Analiza variance za razlike med povprečnimi urnimi temperaturami tal na višini 5 cm nad tlemi (T1,) 5 cm v tleh (T2) ter 20 cm v tleh (T3) raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Sestoj (SS) v letih 2003 in 2004. Skupno število meritev je 4318. Statistično značilni koeficienti so označeni s krepko pisavo ($p < 0,05$), $p < 0,01$ so označeni s poševno pisavo.	61
Preglednica 17: Pearsonovi koeficienti korelacije (r) med dnevnimi vrednostmi relativne zračne vlage na višini 2 m nad tlemi ter na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Rob velike vrzeli (SVVR), Mala vrzel (SMV), ter na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Vrzel (RV) in Sestoj (RS) v letih 2003 in 2004. Skupno število meritev je 150. Statistično značilni koeficienti so označeni s krepko pisavo ($p < 0,05$).	63
Preglednica 18: Pearsonovi koeficienti korelacije (r) med povprečnimi dnevnimi vrednostmi relativne zračne vlage, merjenimi na višini 25 m nad tlemi na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Nad krošnjami (SJ) ter EMEP postajo Iskrba ter klimatološko postajo Kočevje (ARSO) v letu 2004. Skupno število meritev je 180. Statistično značilni koeficienti so označeni s krepko pisavo ($p < 0,05$).	65
Preglednica 19: Analiza variance za razlike med povprečnimi dnevnimi vrednostmi relativne zračne vlage na višini 25 m nad tlemi ter na raziskovalni ploskvi Snežna jama, Nad krošnjami (SJ) ter EMEP postajo Iskrba ter klimatološko postajo Kočevje (ARSO) v letu 2004. Skupno število meritev je Statistično značilni koeficienti so označeni s krepko pisavo ($p < 0,05$), $p < 0,01$ so označeni s poševno pisavo.	66
Preglednica 20: Pearsonovi koeficienti korelacije (r) med urnimi hitrostmi vetra ($m s^{-1}$) na višini 2 m na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS) in Velika vrzel (SVV) v letih 2003 in 2004 ter v letu 2004 na višini 25 m nad krošnjami dreves (SJ) in na višini 2 m na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Vrzel (RV). Skupno število meritev je 8855. Statistično značilni koeficienti so označeni s krepko pisavo ($p < 0,05$).	69

Preglednica 21: Povprečne, minimalne in maksimalne dnevne količine padavin in standardni odkloni, merjene 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.	72
Preglednica 22: Značilnosti padavin v obravnavanem obdobju v letih 2003 in 2004 na raziskovalni ploskvi Snežna jama	75
Preglednica 23: Pearsonovi koeficienti korelacije (r) med dnevnimi količinami padavin na višini 25 m nad tlemi na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Nad krošnjami (SJ) ter EMEP postajo Iskrba ter klimatološko postajo Kočevje (ARSO) v letu 2004. Skupno število meritev je 180. Statistično značilni koeficienti so označeni s krepko pisavo ($p < 0,05$).	75
Preglednica 24: Analiza variance za razlike med dnevnimi količinami padavin na višini 25 m nad tlemi ter na raziskovalni ploskvi Snežna jama, Nad krošnjami (SJ) ter EMEP postajo Iskrba ter klimatološko postajo Kočevje (ARSO) v letu 2004. Skupno število meritev je 180. Statistično značilni koeficienti so označeni s krepko pisavo ($p < 0,05$), $p < 0,01$ so označeni s poševno pisavo.	76
Preglednica 25: Deleži prepuščenih padavin v količini padavin na prostem Rog Žaga (SŽ) ter absolutne količine prepuščenih padavin, 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 sestoje padavine (vsota prepuščenih padavin (TF) in odtoka po deblu (SF)). S krepko pisavo so označeni deleži nad 100 %.	78
Preglednica 26: 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 (vsota prepuščenih padavin (TF) in odtoka po deblu (SF)).	79
Preglednica 27: Mesečne količine ter vsota odtoka po deblu na izbranih drevesih za meritveno obdobje v letih 2003 in 2004.	80
Preglednica 28: Delež mesečnih količin odtoka po deblu 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 meritveno obdobje v letih 2003 in 2004.	81
Preglednica 29: Mesečne količine intercepcije 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.	82
Preglednica 30: Pearsonovi koeficienti korelacije (r) med volumsko vsebnostjo vlage v tleh (vol %), izmerjeno s TDR na globini od 0 do 40 cm v letih 2003 in 2004, na ploskvah 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). Skupno število meritev je 48. Statistično značilni koeficienti so označeni s krepko pisavo ($p < 0,05$), $r > 0,5$ so označeni s poševno pisavo.	85
Preglednica 31:	Rezultati t – testa za razlike v povprečnih vrednostih volumnske vsebnosti vlage v tleh (vol %) v obdobju junij – oktober in november – maj v letih 2003 in 2004, izmerjene s TDR na globini od 0 do 40 cm, na ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), Mladje (SPC), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) in Vrzel (RV). Statistično značilni koeficienti so označeni s krepko pisavo ($p < 0,05$), $p < 0,01$ so označeni s poševno pisavo.	87
Preglednica 32:	Multiple regresijske enačbe za odvisnost vsebnosti vlage v tleh (vol %) v globini tal 0 – 10 cm od ekoloških dejavnikov na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV). Statistično značilni koeficienti so označeni s krepko pisavo ($p < 0,05$), $p < 0,01$ so označeni s poševno pisavo. Okrajšave spremenljivk, ki smo jih uporabili v analizi, so razvidne iz Preglednice 11.	94
Preglednica 33:	Povprečne vrednosti poljske kapacitete tal (FC) in točke venenja (PWP) za Veliko (SVV) in Malo vrzel (SMV) na raziskovalni ploskvi Snežna jama.	94
Preglednica 34:	Linearne regresije ($y = a + bx$), relativna povprečna kvadrirana napaka (RMSE) ter indeks ujemanja (D) za izračunane (po Hargreavsu za klimatološko postajo Kočevje, vir: ARSO) (x) in simulirane vrednosti (WATBAL) potencialne (referenčne) evapotranspiracije (PET) (mm) (y) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), Mladje (SPC), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) in Vrzel (RV) v letih 2003 in 2004.	100
Preglednica 35:	Linearne regresije ($y = a + bx$), relativna povprečna kvadrirana napaka (RMSE) ter indeks ujemanja (D) za merjene (x) in simulirane (y) (WATBAL) vsebnosti vlage v tleh (SM) (mm) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), Mladje (SPC), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) in Vrzel (RV) v letih 2003 in 2004.	101
Preglednica 36:	Parametri, uporabljeni za simulacijo vodne bilance z modelom WATBAL v obdobjih maj – oktober 2003 ter maj – oktober 2004 na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), Mladje (SPC), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) in Vrzel (RV).	102
Preglednica 37:	Analiza občutljivosti parametrov, uporabljenih za simulacijo vodne bilance z modelom WATBAL na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS).	103
Preglednica 38:	Linearne regresije ($y = a + bx$), relativna povprečna kvadrirana napaka (RMSE) ter indeks ujemanja (D) za izmerjene (x) in simulirane (y) (BROOK90) mesečne količine prepuščenih padavin (TF) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) v letih 2003 in 2004.	106

Preglednica 39: Linearne regresije ($y = a + bx$), relativna povprečna kvadrirana napaka (RMSE) ter indeks ujemanja (D) za merjene (x) in simulirane (y) (BROOK90) vsebnosti vlage v tleh (SM) (mm) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), Mladje (SPC), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) in Vrzel (RV) v letih 2003 in 2004	107
Preglednica 40: Parametri, uporabljeni za simulacijo vodne bilance z modelom BROOK90 v obdobjih maj – oktober 2003 ter maj – oktober 2004 na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), Mladje (SPC), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) in Vrzel (RV).....	109
Preglednica 41: Analiza občutljivosti parametrov, uporabljenih za simulacijo vodne bilance z modelom BROOK90 na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS).....	111
Preglednica 42: Rezultati modela BROOK90 za vodno bilanco na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), Mladje (SPC) in na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Vrzel (RV) in Sestoj (RS) v vegetacijskem obdobju 2003 in 2004.....	116
Preglednica 43: Gostota ($N\ ha^{-1}$) osebkov drevesnih vrst na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) pri popisih spomladi 2003, spomladi 2004 in jeseni 2004.....	122
Preglednica 44: Gostota osebkov ($N\ ha^{-1}$) drevesnih vrst na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Mala vrzel (SMV) pri popisih spomladi 2001, spomladi 2004 in jeseni 2004.....	124
Preglednica 45: Razvrstitev ploskvic v štiri tipe glede na direktno (DSF %) in difuzno (ISF %) sevanje. Mediane, ki so bile uporabljene kot mejne vrednosti, znašajo: $M_{ISF} = 24,7\ %$, $M_{DSF} = 31,2\ %$	128
Preglednica 46: Rezultati Kruskal-Wallisovega testa za štiri tipe ploskvic. Okrajšave spremenljivk, ki smo jih uporabili v analizi, so razvidne iz Preglednice 11. Statistično značilni p so označeni s krepko pisavo ($p < 0,05$), $p < 0,01$ so označeni s poševno pisavo.....	134
Preglednica 47: Multiple regresijske enačbe za odvisnost gostote osebkov posameznih drevesnih vrst ($N\ ha^{-1}$) od ekoloških dejavnikov na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV). Statistično značilni koeficienti so označeni s krepko pisavo ($p < 0,05$), $p < 0,01$ so označeni s poševno pisavo. Okrajšave spremenljivk, ki smo jih uporabili v analizi, so razvidne iz Preglednice 11.....	140
Preglednica 48: Multiple regresijske enačbe za odvisnost višine (h), višinskega prirastka terminalnega poganjka ($hpri$) ter premera na korenčniku (d) petih dominantnih osebkov bukve do 21 cm na ploskvi od ekoloških dejavnikov na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV). Statistično značilni koeficienti so označeni s krepko pisavo ($p < 0,05$), $p < 0,01$ so označeni s poševno pisavo. Okrajšave spremenljivk, ki smo jih uporabili v analizi, so razvidne iz Preglednice 11.	142
Preglednica 49: Deleži skupne variabilnosti, pojasnjeni z izločenimi faktorji	143
Preglednica 50: Faktorske uteži petih glavnih faktorjev glede na izhodiščne spremenljivke. Vrednosti večje od $\pm 0,50$ so označene s krepko pisavo.	

Okrajšave spremenljivk, ki smo jih uporabili v analizi, so razvidne iz Preglednice 11.....	143
Preglednica 51: Rezultati multiple regresije za odvisnost gostote osebkov gorskega javorja (<i>Acer pseudoplatanus</i>) (N ha ⁻¹) od faktorskih vrednosti na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV). Statistično značilni trendi so označeni s krepko pisavo (p < 0,05), p < 0,01 so označeni s poševno pisavo.....	145
Preglednica 52: Rezultati multiple regresije za odvisnost višine, višinskega prirastka terminalnega poganjka ter premera petih dominantnih osebkov bukve do 21 cm od faktorskih vrednosti na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV). Statistično značilni trendi so označeni s krepko pisavo (p < 0,05), p < 0,01 so označeni s poševno pisavo.	145
Preglednica 53: Količine Cl ⁻ ionov (mg m ⁻²) v prepuščenih padavinah (P) ter odtoku (DF) (izračunan z modelom BROOK90) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) in Vrzel (RV) v obdobju maj - oktober 2003 in maj - oktober 2004.	154

LIST OF TABLES

Table 1:	Crop coefficients (K_c) for Walnut orchard (Allen in sod., 1998)	9
Table 2:	Total annual precipitation (mm) and per cent of evapotranspiration of different forest types.....	12
Table 3:	List of meteorological measurements at research sites and plots.....	26
Table 4:	Average thickness of horizons (cm) and prevailing soil plots at research site Snežna jama, plot Small gap (SMV), Stand (SS) and Large gap (SVV); research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS), Gap (RV). Horizons: O = organic horizon, A = humus accumulation horizon, (B) = cambic horizon, M = mineral part of soil	32
Table 5:	Bulk density, Field capacity (FC), Permanent wilting point (PWP) and Plant available water in soil (AWC) for <i>Rendzic Leptosols</i> and <i>Eutric Cambisols</i>	33
Table 6:	Average coefficient of hydraulic permittivity K at different soil depths for <i>Rendzic Leptosols</i> (LPrz) and <i>Eutric Cambisols</i> (CMeu) in Rajhenavski Rog (Zupanc, 2003b)	34
Table 7:	Calibration curve for transformation of dielectric constant K_a into soil moisture content and coefficient of determination (R^2) for prevailing soil plots: <i>Rendzic Leptosols</i> (LPrz) and <i>Eutric Cambisols</i> (CMeu) at 0 – 10 cm depth at research site Snežna jama and Rajhenavski Rog.....	37
Table 8:	t – test for dependent samples: test for differences between soil moisture content at 0 – 10 cm depth, obtained with gravimetric method, calibration curve and Topp's equation for prevailing soil plots: <i>Rendzic Leptosols</i> (LPrz) and <i>Eutric Cambisols</i> (CMeu) at research site Snežna jama and Rajhenavski Rog. Statistically significant coefficients are in bold ($p < 0,05$), for $p < 0,01$ are in <i>italics</i>	37
Table 9:	t – test for dependent samples: test for differences between soil moisture content at 0 – 40 cm depth, obtained with gravimetric method, calibration curve and Topp's equation for soil plot <i>Eutric Cambisols</i> (CMeu) at research site Snežna jama. Statistically significant coefficients are in bold ($p < 0,05$), for $p < 0,01$ are in <i>italics</i>	38
Table 10:	Leaf area index estimates at research site Snežna jama, plot Stand (SS) and Regeneration (SPC) in Autumn 2004.....	43
Table 11:	Twenty-one variables and their abbreviations, used in the analysis	45
Table 12:	Pearson's coefficient of correlation (r) for hourly air temperatures 2 m above ground at research site Snežna jama, plot Stand (SS), Large gap (SVV), Edge of the large gap (SVVR), Small gap (SMV) and at research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS), Gap (RV) in 2003 and 2004. Total number of observations is 6600. Statistically significant coefficients are in bold ($p < 0,05$).....	52
Table 13:	Pearson's coefficient of correlation (r) for daily air temperatures 25 m above ground at research site Snežna jama, plot Above crowns (SJ) and EMEP station Iskrba and climatological station Kočevje in 2004. Total number of observations is 180. Statistically significant coefficients are in bold ($p < 0,05$).....	54
Table 14:	Results of one-way ANOVA for daily air temperatures 25 m above ground at research site Snežna jama, plot Above crowns (SJ) and EMEP station Iskrba and climatological station Kočevje in 2004. Total number of observations is 180. Statistically significant coefficients are in bold ($p < 0,05$), $p < 0,01$ are in <i>italics</i>	55

Table 15: Pearson's coefficient of correlation (r) for average hourly soil temperatures 5 cm above ground, 5 and 20 cm below surface at research site Snežna jama, plot Stand (SS) and Large gap (SVV) in 2003 and 2004. $N = 4318$. Statistically significant coefficients are in bold ($p < 0,05$).	60
Table 16: Results of one-way ANOVA for average hourly soil temperatures 5 cm above ground, 5 and 20 cm below surface at research site Snežna jama, plot Stand (SS) and Large gap (SVV) in 2003 and 2004. Total number of observations is 4318. Statistically significant coefficients are in bold ($p < 0,05$), for $p < 0,01$ are in <i>italics</i> .	61
Table 17: Pearson's coefficient of correlation (r) for average daily relative humidity 2 m above ground at research site Snežna jama, plot Stand (SS), Large gap (SVV), Edge of the large gap (SVVR), Small gap (SMV) and average daily relative humidity 2 m above ground at research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS), Gap (RV) in 2003 and 2004. Total number of observations is 150. Statistically significant coefficients are in bold ($p < 0,05$).	63
Table 18: Pearson's coefficient of correlation (r) for daily relative humidity 25 m above ground at research site Snežna jama, plot Above crowns (SJ) and EMEP station Iskrba and climatological station Kočevje in 2004. Total number of observations is 180. Statistically significant coefficients are in bold ($p < 0,05$).	65
Table 19: Results of one-way ANOVA for daily relative humidity 25 m above ground at research site Snežna jama, plot Above crowns (SJ) and EMEP station Iskrba and climatological station Kočevje in 2004. Total number of observations is Statistically significant coefficients are in bold ($p < 0,05$), for $p < 0,01$ are in <i>italics</i> .	66
Table 20: Pearson's coefficient of correlation (r) for hourly wind speed ($m\ s^{-1}$) 2 m above ground at research site Snežna jama, plot Stand (SS), Large gap (SVV) in 2003 and 2004 and 25 m Above crowns (SJ) and at research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS), Gap (RV) in 2004. Total number of observations is 8855. Statistically significant coefficients are in bold ($p < 0,05$).	69
Table 21: Mean, minimum, maximum daily throughfall and standrad 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 crowns (SJ) in 2004.	72
Table 22: Precipitation in measuring period in 2003 and 2004 at research site Snežna jama	75
Table 23: Pearson's coefficient of correlation (r) for daily precipitation 25 m above ground at research site Snežna jama, plot Above crowns (SJ) and EMEP station Iskrba and climatological station Kočevje in 2004. Total number of observations is 180. Statistically significant coefficients are in bold ($p < 0,05$).	75
Table 24: Results of one-way ANOVA for daily precipitation 25 m above ground at research site Snežna jama, plot Above crowns (SJ) and EMEP station Iskrba and climatological station Kočevje in 2004. Total number of observations is 180. Statistically significant coefficients are in bold ($p < 0,05$), for $p < 0,01$ are in <i>italics</i> .	76
Table 25: Percentage of monthly throughfall of precipitation in the open at research site Rog Žaga (SŽ) and monthly values of precipitation 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) also monthly sums of throughfall (TF) and stemflow (SF) are presented. Percentage higher than 100 % is in bold.....	78
Table 26:	Percentage (%) of monthly throughfall 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) also monthly sums of throughfall (TF) and stemflow (SF) are presented.....	79
Table 27:	Monthly stemflow and total sum for selected trees in growing season 2003 and 2004.....	80
Table 28:	Percentage of stem flow at research site Snežna jama, plot Stand (SS) (measurements) and research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS) (estimate), in monthly precipitation in the open at research site Rog Žaga (SŽ).....	81
Table 29:	Monthly values and percentage of interception at research site Snežna jama, plot Stand (SS) and research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS), in monthly precipitation in the open at research site Rog Žaga (SŽ).....	82
Table 30:	Pearson's coefficient of correlation (r) for soil moisture content (vol %), measured with TDR at 0 – 40 cm depth 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), Gap (RV) in 2003 and 2004. Total number of observations is 48. Statistically significant coefficients are in bold ($p < 0,05$), $r > 0,5$ are in <i>italics</i>	85
Table 31:	Results of the t-test for soil moisture content (vol %) between June – October and November – May in 2003 and 2004, measured with TDR at 0 – 40 cm depth 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), Gap (RV) in 2003 and 2004. Statistically significant coefficients are in bold ($p < 0,05$), for $p < 0,01$ are in <i>italics</i>	87
Table 32:	Multiple regression equations for testing relation between soil moisture content (vol %) in 0 – 10 cm depth and ecological factors at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) and Small gap (SMV). Statistically significant coefficients are in bold ($p < 0,05$), $p < 0,01$ are in <i>italics</i> . Abbreviations of variables, used in the analysis, are shown in Table 11.....	94
Table 33:	Average values for Field capacity (FC) and Permanent wilting point (PWP) at Large (SVV) and Small gap (SMV) at research site Snežna jama.....	94
Table 34:	Linear regressions ($y = a + bx$), “Root Mean Square Error« (RMSE) and index of agreement (D) between calculated (Hargreave’s method, ARSO) (x) and simulated values (y) for potential (reference crop) evapotranspiration (PET) (mm) 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) in 2003 and 2004.....	100
Table 35:	Linear regressions ($y = a + bx$), “Root Mean Square Error« (RMSE) and index of agreement (D) between simulated (y) (WATBAL) and measured values (x) for soil moisture contents of rooting zone (SM) (mm) 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) in 2003 and 2004	101
Table 36:	Parameters, used in WATBAL for water balance simulation in period May – October 2003 and May – October 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)	102
Table 37:	Sensitivity analysis of parameters, used in WATBAL for water balance simulation at research site Snežna jama, plot Stand (SS)	103
Table 38:	Linear regression ($y = a + bx$), “Root Mean Square Error« (RMSE) and index of agreement (D) between simulated (y) (BROOK90) and measured values (x) for throughfall (TF) at research site Snežna jama, plot Stand (SS) and at research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS) in 2003 and 2004	106
Table 39:	Linear regressions ($y = a + bx$), “Root Mean Square Error« (RMSE) and index of agreement (D) between simulated (y) (BROOK90) and measured values (x) for soil moisture contents of rooting zone (SM) (mm) 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) in 2003 and 2004	107
Table 40:	Parameters, used in BROOK90 for water balance simulation in period May – October 2003 and May – October 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)	109
Table 41:	Sensitivity analysis of parameters, used in BROOK90 for water balance simulation at research site Snežna jama, plot Stand (SS)	111
Table 42:	Results of model BROOK90 for water balance at research site Snežna jama, plot Stand (SS), Large gap (SVV), Small gap (SMV), Regeneration (SPC) in growing season in 2003 and 2004	116
Table 43:	Density ($N ha^{-1}$) of different tree species at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) according to regeneration inventory in Spring 2003, Spring 2004 and Autumn 2004	122
Table 44:	Density of different tree species ($N ha^{-1}$) at research site Snežna jama, plot Small gap (SMV) according to regeneration inventory in Spring 2003, Spring 2004 and Autumn 2004	124
Table 45:	Four types of plots according to direct (DSF %) and indirect (ISF %) site factor. Median values used for threshold were $M_{ISF} = 24,7 \%$, $M_{DSF} = 31,2 \%$	128
Table 46:	Sum of ranks and results from Kruskal-Wallis test according to four plot types. Abbreviations of variables, used in the analysis, are shown in Table 11. Statistically significant p are in bold ($p < 0,05$), $p < 0,01$ are in <i>italics</i>	134
Table 47:	Multiple regression equations for testing relation between density of seedlings of selected tree species ($N ha^{-1}$) and ecological factors at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) and Small gap (SMV). Statistically significant coefficients are in bold ($p < 0,05$), $p < 0,01$ are in <i>italics</i> . Abbreviations of variables, used in the analysis, are shown in Table 11	140
Table 48:	Multiple regression equations for testing relation between height (h), height increment of terminal shoot (hpri) and diameter (d) of 5 dominant beech seedlings up to 21 cm at plot and ecological factors at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) and Small gap (SMV). Statistically significant	

	coefficients are in bold (p < 0,05), for p < 0,01 are in <i>italics</i> . Abbreviations of variables, used in the analysis, are shown in Table 11.	142
Table 49:	Factor statistics after five factors have been extracted.....	143
Table 50:	The matrix of factor loadings using PCA analysis. Factor loadings greater than $\pm 0,50$ are in bold . Abbreviations of variables, used in the analysis, are shown in Table 11.	143
Table 51:	Results of multiple regression testing relation between density of seedlings of <i>Acer pseudoplatanus</i> ($N ha^{-1}$) according to factor scores at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) and Small gap (SMV). Statistically significant trends are in bold (p < 0,05), for p < 0,01 are in <i>italics</i>	145
Table 52:	Results of multiple regression testing relation between height, height increment of terminal shoot and diameter of 5 dominant beech seedlings up to 21 cm according to factor scores at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) and Small gap (SMV). Statistically significant trends are in bold (p < 0,05), for p < 0,01 are in <i>italics</i>	145
Table 53:	Amounts of Cl^{-} ions ($mg m^{-2}$) in throughfall (P) and drainage flux (DF) (calculated with BROOK90) at research site Snežna jama, plot Stand (SS), Large gap (SVV), Small gap (SMV) and at research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS) and Gap (RV) in period May - October 2003 and May - October 2004.	154

KAZALO SLIK

Slika 1:	Primer oblike vala elektromagnetnega valovanja, kot ga zabeleži osciloskop TDR naprave (prirejeno po Dirksen, 1999)	16
Slika 2:	Shematski prikaz procesov, simuliranih v modelu WATBAL (prirejen po Starr, 2004a)	18
Slika 3:	Shematski prikaz procesov, simuliranih v modelu BROOK90 (Federer, 1995b).....	20
Slika 4:	Lokacija raziskovalnega objekta Snežna jama in Rajhenavski Rog	23
Slika 5:	Povprečne mesečne količine padavin na prostem (P Rog Žaga) (n.m.v. 740 m) v letih 2003 in 2004 ter povprečne temperature zraka (T Kočevje 61-90) in količine padavin v Kočevju (P Kočevje 61-90) (n.m.v. 461 m) za obdobje 1961 – 1990	24
Slika 6:	Skica raziskovalne ploskve Snežna jama ter merilni inštrumenti	27
Slika 7:	Skica raziskovalne ploskve Rajhenavski Rog ter merilni inštrumenti	28
Slika 8:	Raziskovalna ploskev Rog Žaga (SŽ).....	29
Slika 9:	Spiralni vzorčevalni trak za vzorčenje odtoka vode po deblu na bukvi (<i>Fagus sylvatica</i> L.).....	30
Slika 10:	Skica raziskovalne ploskve Snežna jama Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV) s prostorsko pravilno mrežo (5 x 5 m in 1 x 1 m) meritev volumske vsebnosti vlage v tleh s TDR na globini od 0 do 10 cm.....	35
Slika 11:	Vrednosti količnika c_i / c_v v odvisnosti od količine prepuščenih padavin (P) za leta 2001, 2002, 2003, 2004 na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) in podobjekt Vrzel (RV).....	39
Slika 12:	Povprečne, minimalne in maksimalne dnevne temperature zraka na višini 2 m nad tlemi na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Rob velike vrzeli (SVVR), Mala vrzel (SMV) v letih 2003 in 2004, podobjekt Nad krošnjami (SJ) v letu 2004, ter na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Vrzel (RV) in Sestoj (RS) v vegetacijskem obdobju 2003 in 2004	50
Slika 13:	Maksimalne dnevne temperature zraka na višini 2 m nad tlemi na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Rob velike vrzeli (SVVR), Mala vrzel (SMV) in na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Vrzel (RV) in Sestoj (RS) v obdobju med 1.8.03 in 30.8.03	51
Slika 14:	Minimalne dnevne temperature zraka, merjene na višini 2 m nad tlemi na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Rob velike vrzeli (SVVR), Mala vrzel (SMV) in na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Vrzel (RV) in Sestoj (RS) v obdobju med 1.10.03 in 31.10.03	51
Slika 15:	Frekvenčna porazdelitev razlik med urnimi temperaturami zraka na višini 2 m nad tlemi na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS) ter (a) Velika vrzel (SVV), (b) Rob velike vrzeli (SVVR), (c) Mala vrzel (SMV), v letih 2003 in 2004. Skupno število meritev je 8378. Frekvenčna porazdelitev razlik med povprečnimi urnimi temperaturami zraka, merjenimi na višini 2 m nad tlemi na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Vrzel (RV) in (d) Sestoj (RS) v letih 2003 in 2004. Skupno število meritev je 6701.....	53

Slika 16:	Razlike med povprečnimi dnevnimi temperaturami zraka na višini 25 m nad tlemi na raziskovalni ploskvi Snežna jama, merilna postaja Nad krošnjami (SJ) ter EMEP postajo Iskrba ter klimatološko postajo Kočevje (ARSO) v letu 2004. Pozitivne razlike so nastale, ko so bile temperature zraka Nad krošnjami (SJ) višje.....	56
Slika 17:	Frekvenčna porazdelitev razlik med povprečnimi dnevnimi temperaturami zraka, merjenimi na višini 25 m nad tlemi na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Nad krošnjami (SJ) ter EMEP postajo Iskrba ter klimatološko postajo Kočevje (ARSO) v letu 2004. Skupno število meritev je 180.....	57
Slika 18:	Povprečne mesečne temperature zraka na višini 25 m nad tlemi na raziskovalni ploskvi Snežna jama, merilna postaja Nad krošnjami (SJ) ter EMEP postajo Iskrba ter klimatološko postajo Kočevje (ARSO) v letu 2004.....	58
Slika 19:	Povprečne dnevne vrednosti temperature tal, merjene na višini 5 cm nad tlemi ter 5 in 20 cm v tleh na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS) in Velika vrzel v letih 2003 in 2004 (SVV)	59
Slika 20:	Okvir z ročaji za urne temperature tal na višini 5 cm nad tlemi (+5) ter 5 (-5) in 20 cm (-20) v tleh na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Sestoj (SS) v letih 2003 in 2004	60
Slika 21:	Povprečne, minimalne, maksimalne dnevne vrednosti relativne zračne vlage na višini 2 m nad tlemi na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Rob velike vrzeli (SVVR), Mala vrzel (SMV) v letih 2003 in 2004, podobjekt Nad krošnjami (SJ) v letu 2004, ter na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Vrzel (RV) in Sestoj (RS) v letih 2003 in 2004	62
Slika 22:	Frekvenčna porazdelitev razlik med povprečnimi urnimi vrednostmi relativne zračne vlage, merjenimi na višini 2 m nad tlemi na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS) ter Velika vrzel (SVV), Rob velike vrzeli (SVVR), Mala vrzel (SMV), v letih 2003 in 2004. Skupno število meritev je 8373, razen v Veliki vrzeli (SVV), kjer jih je 5032. Frekvenčna porazdelitev razlik med povprečnimi urnimi vrednostmi relativne zračne vlage, merjenimi na višini 2 m nad tlemi na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Vrzel (RV) in Sestoj (RS) v letih 2003 in 2004. Skupno število meritev je 7095.....	64
Slika 23:	Razlike med povprečnimi dnevnimi vrednostmi relativne zračne vlage na višini 25 m nad tlemi na raziskovalni ploskvi Snežna jama, merilna postaja Nad krošnjami (SJ) ter EMEP postajo Iskrba ter klimatološko postajo Kočevje (ARSO) v letu 2004. Pozitivne razlike pomenijo, da so bile temperature zraka Nad krošnjami (SJ) višje.	67
Slika 24:	Frekvenčna porazdelitev razlik med povprečnimi vrednostmi relativne zračne vlage na višini 25 m nad tlemi na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Nad krošnjami (SJ) ter EMEP postajo Iskrba ter klimatološko postajo Kočevje (ARSO) v letu 2004. Skupno število meritev je 180.....	68
Slika 25:	Povprečne dnevne hitrosti vetra na višini 2 m na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS) in Velika vrzel (SVV) v letih 2003 in 2004 ter v letu 2004 na višini 25 m nad krošnjami dreves (SJ) in na višini 2 m na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Vrzel (RV)	70

Slika 26:	Frekvenčna porazdelitev razlik med povprečnimi dnevnimi hitrostmi vetra, merjenimi na višini 2 m nad tlemi na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Sestoj (SS) v obdobju maj – oktober 2003 in 2004. Skupno število meritev je 351.....	71
Slika 27:	Frekvenčna porazdelitev dnevne količine prepuščenih padavin na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Sestoj (SS) ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Vrzel (RV) v letih 2003 in 2004 ter Nad krošnjami (SJ) v letu 2004.....	73
Slika 28:	Prepuščene padavine (SVV_P) v odvisnosti od skupne dnevne količine padavin (SJ_P) za leto 2004 na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Nad krošnjami (SJ). Skupno število meritev je 176.....	74
Slika 29:	Dnevne količine padavin na višini 25 m nad tlemi ter na raziskovalni ploskvi Snežna jama, Nad krošnjami (SJ) v odvisnosti od dnevne količine padavin z EMEP postaje Iskrba ter klimatološke postaje Kočevje (ARSO) v letu 2004.....	76
Slika 30:	Odtok po deblu (mm) v odvisnosti od premera dreves (m) v vegetacijskem obdobju za leti 2003 in 2004 na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS).....	80
Slika 31:	Volumska vsebnost vlage v tleh (vol %), izmerjena s TDR na globini od 0 do 40 cm 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) v letih 2003 in 2004.....	84
Slika 32:	Okvir z ročaji za povprečne volumske vsebnosti vlage v tleh (vol %) za obdobje maj – oktober 2003 in maj – oktober 2004, izmerjene s TDR na globini od 0 do 40 cm 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)	86
Slika 33:	Povprečne volumske vsebnosti vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm, zmanjšane za vsebnost skeleta, za raziskovalno ploskev v Snežni jami, podobjekt Velika vrzel (SVV), v letih 2003 in 2004	88
Slika 34:	Okvir z ročaji za povprečne volumske vsebnosti vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm, zmanjšane za vsebnost skeleta za raziskovalno ploskev v Snežni jami, podobjekt Mala vrzel (SMV), v letih 2003 in 2004.....	88
Slika 35:	Volumske vsebnosti vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm za raziskovalno ploskev v Snežni jami, podobjekt Velika vrzel (SVV), v letu 2003	91
Slika 36:	Volumske vsebnosti vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm za raziskovalno ploskev v Snežni jami, podobjekt Velika vrzel (SVV), v letu 2004	92
Slika 37:	Volumske vsebnosti vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm za raziskovalno ploskev v Snežni jami, podobjekt Mala vrzel (SMV), v letu 2003	93
Slika 38:	Volumske vsebnosti vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm za raziskovalno ploskev v Snežni jami, podobjekt Mala vrzel (SMV), v letu 2004.....	93
Slika 39:	Volumske vsebnosti vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm za raziskovalno ploskev v Snežni jami, podobjekt Velika vrzel (SVV), v letu 2003, pri čemer so vsebnosti vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm, ki so manjše od povprečne vrednosti za točko venenja (PWP), označene z rdečo barvo.....	96
Slika 40:	Volumske vsebnosti vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm za raziskovalno ploskev v Snežni jami, podobjekt Mala vrzel (SMV), v letu 2003, pri	

	čemer so vsebnosti vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm, ki so manjše od povprečne vrednosti za točko venenja (PWP), označene z rdečo barvo.....	97
Slika 41:	Deleži odtoka v skupni količini padavin na prostem po Kloridni metodi (%) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) v obdobju maj - oktober 2001 in maj - oktober 2002 (vir: podatkovna baza GIS) ter na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) in Vrzel (RV) v obdobju maj -oktober 2003 in maj - oktober 2004.....	98
Slika 42:	Primerjava merjenih in simuliranih vsebnosti vlage v tleh (SM) (mm) z modelom WATBAL na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), Mladje (SPC), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) in Vrzel (RV) v letih 2003 in 2004.....	101
Slika 43:	Rezultati modela WATBAL: padavine na prostem (P = 100 %), odtok (DF) in dejanska evapotranspiracija (AET) (v mm in %) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), Mladje (SPC), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) in Vrzel (RV) v obdobju maj - oktober 2003 in 2004.....	105
Slika 44:	Primerjava merjenih in simuliranih (BROOK90) količin prepuščenih padavin (TF) (mm) z modelom BROOK90 na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) v letih 2003 in 2004	106
Slika 45:	Primerjava merjenih in simuliranih vsebnosti vlage v tleh (SM) (mm) z modelom BROOK90 (mm) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), Mladje (SPC), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) in Vrzel (RV) v letih 2003 in 2004	108
Slika 46:	Rezultati modela BROOK90: dnevne količine padavin nad krošnjami (P), dejanske evapotranspiracije (AET) ter odtoka (DF) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS) v obdobju maj – oktober 2003 in 2004.....	113
Slika 47:	Rezultati modela BROOK90: dnevne količine padavin nad krošnjami (P), dejanske evapotranspiracije (AET) ter odtoka (DF) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) v obdobju maj – oktober 2003 in 2004.....	113
Slika 48:	Odtok (DF) v količini padavin na prostem (%) na podobjektu Sestoj (SS), Velika Vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV) in Mladje (SPC) na raziskovalni ploskvi Snežna jama ter sestoj (RS) in Vrzel (RV) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog v vegetacijskem obdobju 2003 in 2004: Thornthwaitova metoda, Kloridna metoda, WATBAL in BROOK90.....	119
Slika 49:	Dejanska evapotranspiracija (AET) v količini padavin na prostem (%) na podobjektu Sestoj (SS), Velika Vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV) in Mladje (SPC) na raziskovalni ploskvi Snežna jama ter sestoj (RS) in Vrzel (RV) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog v vegetacijskem obdobju 2003 in 2004: WATBAL in BROOK90. Potencialna evapotranspiracija (PET) za obravnavano območje po Thornthwaitovi metodi.	120
Slika 50:	Gostota ($N\ ha^{-1}$) osebkov drevesnih vrst na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV) pri popisih	

	spomladi 2001, spomladi 2003, spomladi 2004 (2004a) in jeseni 2004 (2004b).....	125
Slika 51:	Okvir z ročaji za višino, višinski prirastek terminalnega poganjka v zadnjem letu ter premer tik nad koreničnikom petih dominantnih osebkov bukve do 21 cm višine na ploskvi v letih 2001, 2003 in 2004.....	126
Slika 52:	Odvisnost med direktnim (DSF %) in difuznim (ISF %) sevanjem (N = 158) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV). Črtkane črte predstavljajo mediane, katerih vrednosti so bile uporabljene za razvrstitev ploskvic v štiri tipe glede na svetlobne razmere.....	128
Slika 53:	Razvrstitev ploskvic v štiri tipe glede na direktno (DSF %) in difuzno (ISF %) sevanje v vegetacijskem obdobju 2003 na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV):.....	129
Slika 54:	Razvrstitev ploskvic glede na talne enote in podtipe na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV): rjava pokarbonatna tla (oznaka 1), razvite rendzine (oznaka 2) ter nerazvite rendzine (oznaka 3). ① ② ③.....	130
Slika 55:	Okvir z ročaji za naklon, ekspozicijo in površinsko skalovitost na podobjektih Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV) na raziskovalni ploskvi Snežna jama.....	131
Slika 56:	Pritalna vegetacija, prisotna na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV), pri popisu v letu 2004.....	132
Slika 57:	Gostota klic, osebkov do 21 cm ter osebkov od 21 do 50 cm višine glede na razvrstitev ploskvic v štiri tipe na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV).....	136
Slika 58:	Okvir z ročaji za povprečno višino dominantnih osebkov bukve do 21 cm glede na razvrstitev ploskvic v štiri tipe na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV).....	138
Slika 59:	Povprečen višinski prirastek terminalnega poganjka dominantnih osebkov bukve do 21 cm glede na razvrstitev ploskvic v štiri tipe na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV)....	139
Slika 60:	Okvir z ročaji za povprečen premer na koreničniku dominantnih osebkov bukve do 21 cm glede na razvrstitev ploskvic v štiri tipe na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV)....	139
Slika 61:	Okvir z ročaji za povprečno višino, višinski prirastek terminalnega poganjka ter premer na koreničniku petih dominantnih osebkov bukve do 21 cm na ploskvi v letih 2001, 2003 in 2004.....	141

LIST OF FIGURES

Figure 1: Waveform of electromagnetic wave as seen at oscilloscop (after Dirksen, 1999).....	16
Figure 2: Flow chart of model WATBAL (changed after Starr, 2004a).....	18
Figure 3: Flow chart of model BROOK90 (Federer, 1995b).....	20
Figure 4: Location of research sites Snežna jama and Rajhenavski Rog.....	23
Figure 5: Average monthly precipitation in the open (P Rog Žaga) (740 m a.s.l) in years 2003 and 2004, average monthly air temperature (T Kočevje 61-90) and precipitation at Kočevje climatological station (P Kočevje 61-90) (461 m a.s.l) in the period 1961 – 1990.....	24
Figure 6: Top view and instrumentation of the research site Snežna jama.....	27
Figure 7: Top view and instrumentation of the research site Rajhenavski Rog.....	28
Figure 8: Research site Rog Žaga (SŽ) in the open field.....	29
Figure 9: Spiral stemflow collector at a beech tree (<i>Fagus sylvatica</i> L.).....	30
Figure 10: Research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) and Small gap (SMV) with grid (5 x 5 m and 1 x 1 m) of TDR volumetric soil moisture measurements at 0 – 10 cm depth.....	35
Figure 11: c_i / c_v ratio in relation to monthly throughfall (P) for years 2001, 2002, 2003, 2004 at research site Snežna jama, plot Stand (SS), Large gap (SVV), Small gap (SMV) and at research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS), Gap (RV).....	39
Figure 12: Mean, maximum and minimum daily air temperatures at 2 m above ground at research site Snežna jama, plot Stand (SS), Large gap (SVV), Edge of the large gap (SVVR), Small gap (SMV) in 2003 and 2004 and average daily air temperature at 25 m above ground at research site Snežna jama, plot Above crowns (SJ) in 2004 and at research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS), Gap (RV) in growing season in 2003 and 2004.....	50
Figure 13: Maximal daily air temperature at 2 m above ground at research site Snežna jama, plot Stand (SS), Large gap (SVV), Edge of the large gap (SVVR), Small gap (SMV) and at research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS), Gap (RV) in period from 1.8.03 to 30.8.03.....	51
Figure 14: Minimal daily air temperatures at 2 m above ground at research site Snežna jama, plot Stand (SS), Large gap (SVV), Edge of the large gap (SVVR), Small gap (SMV) and at research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS), Gap (RV) in period from 1.10.03 to 31.10.03.....	51
Figure 15: Frequency distribution of differences in hourly air temperatures 2 m above ground at research site Snežna jama, plot Stand (SS) and (a) Large gap (SVV), (b) Edge of the large gap (SVVR), (c) Small gap (SMV) in 2003 and 2004. Total number of observations is 8378. Frequency distribution of differences in hourly air temperatures at 2 m above ground at research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS) and (d) Gap (RV) in 2003 and 2004. Total number of observations is 6701.....	53
Figure 16: Differences between daily air temperatures at 25 m above ground at research site Snežna jama, plot Above crowns (SJ) and EMEP station Iskrba and climatological station Kočevje in 2004. Values above 0 indicate that air temperatures Above crowns (SJ) were higher.....	56
Figure 17: Frequency distribution of differences in daily air temperatures at 25 m above ground at research site Snežna jama, plot Above crowns (SJ) and	

EMEP station Iskrba and climatological station Kočevje in 2004. Total number of observations is 180.	57
Figure 18: Mean monthly air temperatures at 25 m above ground at research site Snežna jama, plot Above crowns (SJ) and EMEP station Iskrba and climatological station Kočevje in 2004.	58
Figure 19: Average daily soil temperatures at 5 cm above ground, 5 and 20 cm below surface at research site Snežna jama, plot Stand (SS) and Large gap (SVV) in 2003 and 2004.	59
Figure 20: Box-Whisker plots for hourly soil temperatures at 5 cm above ground (+5), 5 (-5) and 20 (-20) cm below surface at research site Snežna jama, plot Stand (SS) and Large gap (SVV) in 2003 and 2004.	60
Figure 21: Average, minimum, maximum daily relative humidity 2 m above ground at research site Snežna jama, plot Stand (SS), Large gap (SVV), Edge of the large gap (SVVR), Small gap (SMV) in 2003 and 2004, average daily air temperature 25 m above ground at research site Snežna jama, plot Above crowns (SJ) in 2004 and average daily relative humidity 2 m above ground at research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS), Gap (RV) in 2003 and 2004.	62
Figure 22: Frequency distribution of differences in average daily relative humidity 2 m above ground at research site Snežna jama, plot Stand (SS) and Large gap (SVV), Edge of the large gap (SVVR), Small gap (SMV). Total number of observations is 8373, except for the Large gap (SVV): 5032. Frequency distribution of differences in average daily relative humidity 2 m above ground at research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS), Gap (RV) in 2003 and 2004. Total number of observations is 7095.	64
Figure 23: Differences between daily relative humidity 25 m above ground at research site Snežna jama, plot Above crowns (SJ) and EMEP station Iskrba and climatological station Kočevje in 2004. Values above 0 indicate that air temperatures Above crowns (SJ) are higher.	67
Figure 24: Frequency distribution of differences in daily relative humidity 25 m above ground at research site Snežna jama, plot Above crowns (SJ) and EMEP station Iskrba and climatological station Kočevje in 2004. Total number of observations is 180.	68
Figure 25: Average daily wind speed 2 m above ground at research site Snežna jama, plot Stand (SS), Large gap (SVV) in 2003 and 2004 and 25 m Above crowns (SJ) and at research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS), Gap (RV) in 2004.	70
Figure 26: Frequency distribution of differences in average daily wind speed 2 m above ground at research site Snežna jama, plot Stand (SS) and Large gap (SVV) in May – October 2004. Total number of observations is 351.	71
Figure 27: Frequency distribution of daily throughfall 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 crowns (SJ) in 2004.	73
Figure 28: Throughfall in Large gap (SVV_P) in relation to daily precipitation above crowns (SJ_P) for 2004 at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) and Above crowns (SJ). Total number of observations is 176.	74
Figure 29: Daily precipitation 25 m above ground at research site Snežna jama, plot Above crowns (SJ) in relation to daily precipitation at EMEP station Iskrba and climatological station Kočevje in 2004.	76

Figure 30: Stemflow (mm) in relation to stem diameter (m) in growing season 2003 and 2004 at research site Snežna jama, plot Stand (SS).....	80
Figure 31: Soil moisture content (vol %), measured with TDR at 0 – 40 cm depth 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), Gap (RV) in 2003 and 2004	84
Figure 32: Box-Whisker plots for average soil moisture content (vol %) for the period May – October 2003 and May – October 2004, measured with TDR at 0 – 40 cm depth 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), Gap (RV) in 2003 and 2004.....	86
Figure 33: Average soil moisture content (vol %), corrected for the stoniness, measured with TDR at 0 – 10 cm depth at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) in 2003 and 2004	88
Figure 34: Box-Whisker plots for average soil moisture content (vol %) corrected for the stoniness, measured with TDR at 0 – 10 cm depth at research site Snežna jama, plot Small gap (SMV) in 2003 and 2004	88
Figure 35: Soil moisture content (vol %), measured with TDR at 0 – 10 cm depth at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) in 2003.....	91
Figure 36: Soil moisture content (vol %), measured with TDR at 0 – 10 cm depth at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) in 2004.....	92
Figure 37: Soil moisture content (vol %), measured with TDR at 0 – 10 cm depth at research site Snežna jama, plot Small gap (SMV) in 2003.....	93
Figure 38: Soil moisture content (vol %), measured with TDR at 0 – 10 cm depth at research site Snežna jama, plot Small gap (SMV) in 2004.....	93
Figure 39: Soil moisture content (vol %), measured with TDR at 0 – 10 cm depth at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) in 2003. Values below average wilting point (PWP) are marked with red.....	96
Figure 40: Soil moisture content (vol %), measured with TDR at 0 – 10 cm depth at research site Snežna jama, plot Small gap (SMV) in 2003. Values below average wilting point (PWP) are marked with red.....	97
Figure 41: Drainage fluxes according to Chloride balance in total precipitation in the open (%) at research site Snežna jama, plot Stand (SS), Large gap (SVV), Small gap (SMV) and at research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS) in period May - October 2001 and May - October 2002 (data base GIS) and at research site Snežna jama, plot Stand (SS), Large gap (SVV), Small gap (SMV) and at research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS) and Gap (RV) in period May - October 2003 and May - October 2004.....	98
Figure 42: Simulated and measured values for soil moisture contents of rooting zone (SM) (mm) with model WATBAL 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) in 2003 and 2004.....	101
Figure 43: Results of WATBAL simulations: precipitation in the open (P = 100 %), drainage fluxes (DF) and actual evapotranspiration (AET) (in mm and %) 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) in period May - October 2003 and 2004.....	105

Figure 44: Simulated (BROOK90) and measured values for throughfall (TF) (mm) at research site Snežna jama, plot Stand (SS), and at research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS) and Gap (RV) in 2003 and 2004	106
Figure 45: Simulated and measured values for soil moisture contents of rooting zone (SM) (mm) with model BROOK90 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) in 2003 and 2004	108
Figure 46: Results of Brook 90: daily values for precipitation above crowns (P), actual evapotranspiration (AET) and drainage (DF) at research site Snežna jama Stand (SS) in period May – October 2003 and 2004.....	113
Figure 47: Results of Brook 90: daily values for precipitation above crowns (P), actual evapotranspiration (AET) and drainage (DF) at research site Snežna jama Large gap (SVV) in period May – October 2003 and 2004	113
Figure 48: Drainage flux (DF) as percentage of precipitation in the open (%) at Stand (SS), Large gap (SVV), Small gap (SMV), Regeneration (SPC) at research site Snežna jama and Stand (RS) and Gap (RV) at research site Rajhenavski Rog in growing season 2003 and 2004: Thornthwaite method, Chloride balance, WATBAL and BROOK90.....	119
Figure 49: Actual evapotranspiration (AET) as percentage of precipitation in the open (%) at Stand (SS), Large gap (SVV), Small gap (SMV), Regeneration (SPC) at research site Snežna jama and Stand (RS) and Gap (RV) at research site Rajhenavski Rog in growing season 2003 and 2004: Thornthwait method, WATBAL and BROOK90. Potential evapotranspiration (PET) for investigated location after Thornthwaite method.....	120
Figure 50: Density ($N\ ha^{-1}$) of different tree species at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) and Small gap (SMV) according to regeneration inventory in Spring 2001, Spring 2003, Spring 2004 (2004a) and Autumn 2004 (2004b)	125
Figure 51: Box-Whisker plots for height, height increment of terminal shoot from the last year and shoot diameter of five dominant beech seedlings up to 21 cm height at plots in years 2001, 2003 and 2004.....	126
Figure 52: Direct (DSF %) and indirect (ISF %) site factor dependence ($N = 158$) at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) and Small gap (SMV). Dashed lines represent median values that were used for defining four types of plots according to their direct and indirect site factors.....	128
Figure 53: Four types of pots according to direct (DSF %) and indirect (ISF %) site factor in growing season 2003 at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) and Small gap (SMV):	129
Figure 54: Soil units and subunits of plots at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) and Small gap (SMV): <i>Eutric Cambisols</i> (1), <i>Cambi - Rendzic Leptosols</i> (2), <i>Eutric Leptosols</i> (3). ① ② ③	130
Figure 55: Box-Whisker plots for inclination, exposition and percentage surface covered by rocks at Large gap (SVV) and Small gap (SMV) at research site Snežna jama	131
Figure 56: Ground vegetation, present at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) and Small gap (SMV) according to inventory in 2004.....	132

Figure 57: Density of 1 year – old seedlings, seedlings up to 21 cm and seedlings from 21 to 50 cm height according to four types of pots at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) and Small gap (SMV).	136
Figure 58: Box-Whisker plots for average height of beech seedlings up to 21 cm according to four types of pots at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) and Small gap (SMV).	138
Figure 59: Average height increment of terminal shoot of beech seedlings up to 21 cm according to four types of pots at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) and Small gap (SMV).	139
Figure 60: Box-Whisker plots for average diameter of beech seedlings up to 21 cm according to four types of pots at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) and Small gap (SMV).	139
Figure 61: Box-Whisker plots for average height, height increment of terminal shoot and diameter of 5 dominant beech seedlings up to 21 cm at plot in years 2001, 2003 and 2004	141

KAZALO PRILOG

Priloga A:	pF krivulja za rjava pokarbonatna tla (CMeu) ter za razvite rendzine (LPrz), globina od 0 – 10 cm in 0 – 40 cm. FC - Poljska kapaciteta / Field capacity (2,52 pF / 0,33 MPa), PWP - Točka venenja / Permanent wilting point (4,18 pF / 15 MPa).....	198
Priloga B1:	Volumska vsebnost vlage v tleh, izpeljana s pomočjo kalibracijske krivulje ter Toppove enačbe v odvisnosti od volumske vsebnosti vlage v tleh z gravimetrično metodo za prevladujoče talne enote: razvite rendzine (LPrz) in rjava pokarbonatna tla (CMeu) na ploskvah Snežna jama in Rajhenavski Rog na globini od 0 do 10 cm.	199
Priloga B2:	Volumska vsebnost vlage v tleh, izpeljana s pomočjo kalibracijske krivulje ter Toppove enačbe v odvisnosti od volumske vsebnosti vlage v tleh, ugotovljene z gravimetrično metodo za talno enoto rjava pokarbonatna tla (CMeu) na raziskovalni ploskvi Snežna jama na globini od 0 do 40 cm.....	200
Priloga C:	Povprečne dnevne temperature zraka, merjene na višini 2 m nad tlemi na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Rob velike vrzeli (SVVR), Mala vrzel (SMV), na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Vrzel (RV) in Sestoj (RS) v letih 2003 in 2004, ter povprečne dnevne vrednosti temperature zraka, merjene na višini 25 m nad tlemi na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Nad krošnjami (SJ) v letu 2004	201
Priloga D:	Povprečne dnevne vrednosti relativne zračne vlage, merjene na višini 2 m nad tlemi na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Rob velike vrzeli (SVVR), Mala vrzel (SMV), na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Vrzel (RV) in Sestoj (RS) v letih 2003 in 2004, ter povprečne dnevne vrednosti temperature zraka, merjene na višini 25 m nad tlemi na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Nad krošnjami (SJ) v letu 2004.....	202
Priloga E:	Povprečne dnevne hitrosti vetra glede na prevladujoče smeri na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Nad krošnjami (SJ) in podobjekt Vrzel (RV) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog v letu 2004 (maj – oktober), podobjekt Sestoj (SS) in podobjekt Velika vrzel (SVV) na raziskovalni ploskvi Snežna jama v letih 2003 in 2004 (maj – oktober).....	203
Priloga F:	Dnevne količine padavin, merjene na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Sestoj (SS) ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Vrzel (RV) v letih 2003 in 2004 ter Nad krošnjami (SJ) v letu 2004.....	205
Priloga G1:	Okvirji z ročaji za odstotke prepuščenih mesečnih padavin v količini padavin na prostem Rog Žaga (SŽ), izmerjeni 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) in Vrzel (RV)....	207
Priloga G2:	Rezultati t - testa za ugotavljanje razlik med mesečnimi količinami prepuščenih padavinami po posameznih dežemerih na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS). Vse količine prepuščenih padavin so izražene kot odstotki v količini padavin na prostem (SŽ). Skupno število meritev je 10. Statistično značilni p so označeni s krepko pisavo (p < 0,05), p < 0,01 so označeni s poševno pisavo.	209

Priloga G3:	Rezultati t - testa za odvisne vzorce za ugotavljanje razlik med mesečnimi količinami prepuščenih padavin v letu 2003 in 2004 po posameznih dežemerih 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). Vse količine prepuščenih padavin so v absolutnih vrednostih (mm). Statistično značilni trendi so označeni s krepko pisavo ($p < 0,05$), $p < 0,01$ so označeni s poševno pisavo.....	210
Priloga H1:	Eksperimentalni variogrami za povprečne vrednosti volumnske vsebnosti vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm za raziskovalno ploskev v Snežni jami, podobjekt Mala vrzel (SMV), v letu 2003	211
Priloga H2:	Eksperimentalni variogrami za povprečne vrednosti volumnske vsebnosti vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm za raziskovalno ploskev v Snežni jami, podobjekt Mala vrzel (SMV), v letu 2004	212
Priloga H3:	Eksperimentalni variogrami za povprečne vrednosti volumnske vsebnosti vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm za raziskovalno ploskev v Snežni jami, podobjekt Velika vrzel (SVV), v letu 2003.....	213
Priloga H4:	Eksperimentalni variogrami za povprečne vrednosti volumnske vsebnosti vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm za raziskovalno ploskev v Snežni jami, podobjekt Velika vrzel (SVV), v letu 2004.....	215
Priloga I1:	Povprečne vrednosti in standardni odkloni volumnske vsebnosti vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm ter koeficienti modelov variogramov, prilagojenih meritvam, za raziskovalno ploskev v Snežni jami, podobjekt Mala vrzel (SMV), v letih 2003 in 2004	217
Priloga I2:	Povprečne vrednosti in standardni odkloni volumnske vsebnosti vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm ter koeficienti modelov variogramov, prilagojenih meritvam, za raziskovalno ploskev v Snežni jami, podobjekt Velika vrzel (SVV), v letih 2003 in 2004	218
Priloga J:	Koeficient korelacije (r), relativna povprečna napaka (RME) ter relativna povprečna kvadrirana napaka (RMSE) med merjenimi in interpoliranimi vrednostmi za volumnsko vsebnost vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm eksperimentalnih modelov variogramov, za raziskovalno ploskev Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV), v letih 2003 in 2004.....	219
Priloga K:	Analizni rezultati prepuščenih padavin in talne raztopine na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) in Vrzel (RV) v obdobju maj - oktober 2003 in maj - oktober 2004.....	220
Priloga L:	Primerjava merjenih in simuliranih vsebnosti vlage v tleh (SM) z modelom WATBAL na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), Mladje (SPC), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) in Vrzel (RV) v letih 2003 in 2004....	222
Priloga M:	Rezultati modela WATBAL: mesečni deleži odtoka (DF) in dejanske evapotranspiracije (AET) v količini padavin na prostem (P = 100 %) (v mm in %) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), Mladje (SPC), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) in Vrzel (RV) v obdobju maj - oktober 2003 in 2004.....	223

Priloga N:	Primerjava merjenih in simuliranih vsebnosti vlage v tleh (SM) (mm) z modelom BROOK90 na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), Mladje (SPC), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) in Vrzel (RV) obdobju maj – oktober v letih 2003 in 2004	226
Priloga O1:	Rezultati modela BROOK90: dnevne količine padavin nad krošnjami (P), odtok (DF) in dejansko evapotranspiracijo (AET) (v mm in %) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), Mladje (SPC), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) in Vrzel (RV) v obdobju maj - oktober 2003 in 2004.....	227
Priloga O2:	Rezultati modela BROOK90: mesečne količine odtoka (DF) in dejanske evapotranspiracije (AET) (v mm in % glede na padavine nad krošnjami) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), Mladje (SPC), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) in Vrzel (RV) v obdobju maj - oktober 2003 in 2004.....	230
Priloga P1:	Primerjava rezultatov modelov WATBAL in BROOK90: mesečne količine odtoka (DF) v količini padavin na prostem (%) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), Mladje (SPC), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) in Vrzel (RV) v obdobju maj - oktober 2003 in 2004.	233
Priloga P2:	Primerjava rezultatov modelov WATBAL in BROOK90: mesečne količine dejanske evapotranspiracije (AET) v količini padavin na prostem (%) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), Mladje (SPC), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) in Vrzel (RV) v obdobju maj - oktober 2003 in 2004.....	236
Priloga R1:	Difuzno (ISF %) (levo) in direktno (DSF %) sevanje (desno) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV) v vegetacijskem obdobju 2003.....	239
Priloga R2:	Skeletnost (%) ter debeline Ol, Of in Oh horizontov (O), A horizonta in skupna debelina (B)rz, E in Bt (B+E) horizontov v cm na mreži 5 x 5 m ter v dveh kvadrantih tudi 1 x 1 m (skupno 220 točk) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV).....	240
Priloga R3:	Skupno zastiranje pritalne vegetacije na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV) pri popisu v letu 2004	242
Priloga R4:	Delež površine, prekrte z vejami (levo) ter odmrlim lesom (desno) na ploskvicah na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV) pri popisu v letu 2004	243
Priloga S:	Okvir z ročaji (mediane, kvartilni razmiki, maksimumi in minimumi) za ekološke dejavnike glede na razvrstitev ploskvic v štiri tipe na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV). Okrajšave spremenljivk, ki smo jih uporabili v analizi, so razvidne iz Preglednice 11.	244
Priloga T1:	Spearmanova korelacija rangov (R) med rezultati petih izločenih faktorjev ter gostoto klic, osebkov do 21 cm višine ter osebkov od 21 do 50 cm višine na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV). Predstavljene so le statistično značilne odvisnosti (p < 0,05).	247

- Priloga T2: Spearmanova korelacija rangov (R) med rezultati petih izločenih faktorjev ter višino, višinskim prirastkom terminalnega poganjka ter premerom petih dominantnih osebkov bukve do 21 cm na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV). Predstavljene so le statistično značilne odvisnosti ($p < 0,05$)..... 248
- Priloga U: Model reliefa in vsebnost vlage v tleh 11.08.2003 (a), ter globina mineralnega dela tal (M horizont) (b), difuznega sevanja ISF (c) in direktnega sevanja DSF (d) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Mala vrzel (SMV) in Velika vrzel (SVV)..... 249

LIST OF ATTACHEMENTS

Attachment A:	pF curve for <i>Eutric Cambisols</i> (CMeu) and <i>Rendzic Leptosols</i> (LPrz), soil depth from 0 – 10 cm and 0 – 40 cm. FC - Field capacity (2,52 pF / 0,33 MPa), PWP - Permanent wilting point (4,18 pF / 15 MPa).....	198
Attachment B1:	Volumetric soil moisture content, derived from calibration curve and Topp's equation, in relation to soil moisture content, obtained with gravimetric method, for prevailing soil units: <i>Rendzic Leptosols</i> (LPrz) and <i>Eutric Cambisols</i> (CMeu) at 0 – 10 cm depth at research site Snežna jama and Rajhenavski Rog.....	199
Atachment B2:	Volumetric soil moisture content, derived from calibration curve and Topp's equation, in relation to soil moisture content, obtained with gravimetric method, for soil unit <i>Eutric Cambisols</i> (CMeu) at research site Snežna jama at 0 – 40 cm depth.....	200
Attachment C:	Average daily air temperature at 2 m above ground at research site Snežna jama, plot Stand (SS), Large gap (SVV), Edge of the large gap (SVVR), Small gap (SMV), at research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS), Gap (RV) in 2003 and 2004 and average daily air temperature at 25 m above ground at research site Snežna jama, plot Above crowns (SJ) in 2004.....	201
Attachment D:	Average daily relative humidity 2 m above ground at research site Snežna jama, plot Stand (SS), Large gap (SVV), Edge of the large gap (SVVR), Small gap (SMV), at research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS), Gap (RV) in 2003 and 2004 and average daily air temperature at 25 m above ground at research site Snežna jama, plot Above crowns (SJ) in 2004.....	202
Attachment E:	Average daily wind speed according to prevailing direction at research site Snežna jama, plot Above crowns (SJ) and, plot Stand (RS) at research site Rajhenavski Rog in 2004 (May – October), plot Stand (SS) and plot Large gap (SVV) at research site Snežna jama in 2003 and 2004 (May – October).....	203
Attachment F:	Daily precipitation 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 crowns (SJ) in 2004.....	205
Attachment G1:	Box-Whisker plots for percentage of monthly throughfall 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).....	207
Attachment G2:	t - test for monthly throughfall at research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS). Throughfall is presented as percentage of precipitation in the open (SŽ). Total number of observations is 10. Statistically significant p are in bold ($p < 0,05$), for $p < 0,01$ are in italics.	209
Attachment G3:	t - test for dependent samples for monthly throughfall in years 2003 and 2004 at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV), Small gap (SMV), Stand (SS), Regeneration (SPC) and at research site Rajhenavski Rog, plot Gap (RV) and Stand (RS). Throughfall is	

	presented in absolute values (mm). Statistically significant trends are in bold ($p < 0,05$), for $p < 0,01$ are in italics.	210
Attachment H1:	Experimental variograms for soil moisture content (vol %), measured with TDR at 0 – 10 cm depth at research site Snežna jama, plot Small gap (SMV) in 2003	211
Attachment H2:	Experimental variograms for soil moisture content (vol %), measured with TDR at 0 – 10 cm depth at research site Snežna jama, plot Small gap (SMV) in 2004	212
Attachment H3:	Experimental variograms for soil moisture content (vol %), measured with TDR at 0 – 10 cm depth at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) in 2003	213
Attachment H4:	Experimental variograms for soil moisture content (vol %), measured with TDR at 0 – 10 cm depth at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) in 2004	215
Attachment I1:	Average soil moisture content (vol %), measured with TDR at 0 – 10 cm depth, standard deviations and coefficients of the variogram models fitted to the data at research site Snežna jama, plot Small gap (SMV) in 2003 and 2004	217
Attachment I2:	Average soil moisture content (vol %), measured with TDR at 0 – 10 cm depth, standard deviations and coefficients of the variogram models fitted to the data at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) in 2003 and 2004	218
Attachment J:	Coefficients of correlation (r), relative mean error (RME) and relative mean square error (RMSE) for average soil moisture content (vol %), measured with TDR at 0 – 10 cm depth and of the variogram models fitted to the data at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) and Small gap (SMV) in 2003 and 2004	219
Attachment K:	Chloride concentrations in throughfall and soil solution at research site Snežna jama, plot Stand (SS), Large gap (SVV), Small gap (SMV) and at research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS) in period May - October 2003 and May - October 2004	220
Attachment L:	Simulated and measured values for soil moisture contents of rooting zone (SM) with model WATBAL 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) in 2003 and 2004	222
Attachment M:	Results of WATBAL simulations: monthly percentage of drainage fluxes (DF) and actual evapotranspiration (AET) of precipitation in the open ($P = 100\%$) (in mm and %) 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) in period May - October 2003 and 2004	223
Attachment N:	Simulated and measured values for soil moisture contents of rooting zone (SM) (mm) with model BROOK90 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) period May – October in 2003 and 2004	226
Attachment O1:	Results of model BROOK90: daily precipitation above crowns (P), drainage fluxes (DF) and actual evapotranspiration (AET) 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) in period May - October 2003 and 2004.	227
Attachment O2:	Results of model BROOK90: monthly drainage fluxes (DF) and actual evapotranspiration (AET) (in mm and % of precipitation above crowns) 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) in period May - October 2003 and 2004.	230
Attachment P1:	Comparison of model WATBAL and BROOK90 results: monthly drainage fluxes (DF) as percentage of precipitation in the open (%) 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) in period May - October 2003 and 2004.	233
Attachment P2:	Comparison of model WATBAL and BROOK90 results: monthly actual evapotranspiration (AET) as percentage of precipitation in the open (%) 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) in period May - October 2003 and 2004.	236
Attachment R1:	Indirect (ISF %) (left) and direct (DSF %) site factor (right) at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) and Small gap (SMV) in growing season 2003.	239
Attachment R2:	Soil rock content (%) and thickness of O _l , O _f and O _h horizons (O), thickness of A horizon and thickness of (B) _{rz} , E and B _t horizons (B+E) at grid 5 x 5 m and 1 x 1 m (N = 220) at research site Snežna jama plot Large gap (SVV) and Small gap (SMV).	240
Attachment R3:	Total ground vegetation cover at single plots at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) and Small gap (SMV) according to inventory in 2004.	242
Attachment R4:	Percentage of ground covered with branches (left) and coarse woody debris (right) at single plots at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) and Small gap (SMV) according to inventory in 2004.	243
Attachment S:	Box-Whisker plots (median, quartiles, maximum and minimum) of ecological factors according to four types of pots at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) and Small gap (SMV). Abbreviations of variables, used in the analysis, are shown in Table 11.	244
Attachment T1:	Spearman's rank order correlation (R) between five factor scores and density of 1 year – old seedlings, seedlings up to 21 cm height and seedlings from 21 – 50 cm height at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) and Small gap (SMV). Only statistically significant relations (p < 0,05) are presented.	247
Attachment T2:	Spearman's rank order correlation (R) between five factor scores and height, height increment of terminal shoot and diameter of 5 dominant beech seedlings up to 21 cm at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) and Small gap (SMV). Only statistically significant relations (p < 0,05) are presented.	248

Attachment U:	Relief model and soil moisture content 11.08.2003 (a), depth of mineral soil (M horizon) (b), difusse radiation (ISF) (c), and direct radiation (DSF) (d) at research site Snežna jama, plot Small gap (SMV) and Large gap (SVV).....	249
---------------	---	-----

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

ABBREVIATIONS AND SYMBOLS

Okrajšave imen podobjektov na raziskovalnih ploskvah

Abbreviations of names of plots at research sites

SS	raziskovalna ploskev Snežna jama, podobjekt Sestoj research site Snežna jama, plot Stand
SVV	raziskovalna ploskev Snežna jama, podobjekt Velika vrzel research site Snežna jama, plot Large gap
SMV	raziskovalna ploskev Snežna jama, podobjekt Mala vrzel research site Snežna jama, plot Small gap
SPC	raziskovalna ploskev Snežna jama, podobjekt Mladje research site Snežna jama, plot Regeneration
RS	raziskovalna ploskev Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj research site Rajhenavski Rog, plot Stand
RV	raziskovalna ploskev Rajhenavski Rog, podobjekt Vrzel research site Rajhenavski Rog, plot Gap
RŽ	raziskovalna ploskev Rog Žaga na prostem research site Rog Žaga in the open field

Okrajšave in kratice

Abbreviations and acronyms

<i>AET</i>	dejanska evapotranspiracija / actual evapotranspiration (mm)
<i>BA</i>	vsota temeljnic vseh bukev na ploskvi / sum of basal areas of all beech trees at the plot (m ²)
<i>BA_i</i>	temeljnice izbranih bukev / sum of basal areas of selected beech trees (m ²)
<i>c</i>	hitrost elektromagnetnega valovanja v prostoru / the velocity of electromagnetic waves in free space ($3 * 10^8$) (ms ⁻¹)
<i>c_p</i>	specifična toplota zraka / specific heat of air (1005 J kg ⁻¹)
<i>D</i>	indeks ujemanja / index of agreement
<i>DF</i>	odtok / drainage flux drainage flux and runoff (mm)
<i>DP</i>	globoko pronicanje / deep percolation (mm)
<i>E</i>	nadmorska višina / elevation (m)
<i>e₁, e₂</i>	nasičeni parni tlak za povprečno mesečno minimalno in maksimalno temperaturo zraka / saturation vapor pressure for the mean monthly minimum and maximum air temperatures (mb)

<i>ET</i>	evapotranspiracija, ki se deli na izhlapevanje in transpiracijo / evapotranspiration, which consists of evaporation and transpiration (mm)
<i>ET_t</i>	evapotranspiracija izbrane rastline (mm dan ⁻¹) / crop evapotranspiration (mm day ⁻¹)
<i>ET_{tr}</i>	referenčna evapotranspiracija detelje (mm dan ⁻¹) / alfalfa reference crop evapotranspiration (mm day ⁻¹)
<i>FC</i>	poljska kapaciteta tal za vodo / field capacity (vol %, mm)
<i>G</i>	dolgovalovno sevanje tal (MJ m ⁻² dan ⁻¹) / soil heat flux (MJ m ⁻² day ⁻¹)
<i>I</i>	intercepcija / interception (mm)
<i>K_a</i>	dielektrična konstanta tal / dielectric constant of soil
<i>K_c</i>	koeficient rastline / crop coefficient
<i>K_h</i>	hidravlična prevodnost / hydraulic conductivity (m ³ s ⁻¹)
<i>L</i>	dolžina TDR elektrode / rod length (m)
<i>L*</i>	specifična izparilna toplota vode / specific heat of vaporization (J kg ⁻¹)
<i>LAI</i>	indeks listne površine / leaf area index (m ² m ⁻²)
<i>P</i>	padavine / precipitation (mm)
<i>PET</i>	potencialna (referenčna) evapotranspiracija / potential (reference) evapotranspiration (mm)
<i>PET_{JH}</i>	potencialna evapotranspiracija po Jensen – Haise metodi (cm mesec ⁻¹) / potential evapotranspiration after Jensen – Haise method (cm mo ⁻¹)
<i>PWP</i>	točka venenja / permanent wilting point (vol %, mm)
<i>Q_i</i>	vnos vode v tla / the input water flux (mm)
<i>Q_s</i>	sončno obsevanje (kJ m ⁻² mesec ⁻¹) / solar radiation term (kJ m ⁻² month ⁻¹)
<i>Q_v</i>	iznos vode iz tal / the output water flux (mm)
<i>R</i>	površinski odtok / surface runoff (mm)
<i>r_a</i>	aerodinamična upornost / aerodynamic resistance (s m ⁻¹)
<i>RMSE</i>	relativna povprečna kvadrirana napaka / Root Mean Square Error
<i>R_n</i>	neto sevanje (MJ m ⁻² dan ⁻¹) / net radiation (MJ m ⁻² day ⁻¹)
<i>r_s</i>	stomatalna upornost / stomatal resistance (s m ⁻¹)
<i>SAI</i>	specifični indeks listne površine / specific area index (m ² kg ⁻¹)
<i>SF</i>	odtok po deblu / stemflow (mm)
<i>SF_i</i>	količina odtoka po deblu na izbranih bukvah (mm ha ⁻¹ mesec ⁻¹) / stemflow at selected beech trees (mm ha ⁻¹ month ⁻¹)
<i>T</i>	povprečna mesečna temperatura zraka / mean monthly temperature (°C)
<i>t</i>	trajanje potovanja signala / duration of signal transfer (s)
<i>TF</i>	prepuščene padavine / throughfall (mm)
<i>z</i>	dolžina toka v smeri z / flow in the z direction (m)
<i>γ</i>	psihometrijska konstanta / psychrometric constant
<i>ΔSM</i>	sprememba količine vode, zadržane v tleh, opadu in fitomasi / change in water storage in the soil, in the layer of litter and phytomass
<i>δ</i>	gostota zraka pri konstantnem tlaku / air density at constant pressure (kg m ⁻³)
<i>θ</i>	vsebnost vode v tleh / soil water content (m ³ m ⁻³)

1 UVOD INTRODUCTION

Zaradi velike gozdnatosti v Sloveniji in blagodejnega vpliva gozda na vodne razmere ima gozd pomembno vlogo pri preskrbi z vodo, pri uravnavanju vodnega odtoka in pri vplivu na vodo kot biotop za številne oblike življenja. Gozd s svojimi gostimi krošnjami, listnim opadom ter globokimi koreninskimi sistemi odločilno vpliva na vodo, tla ter snovne tokove v povodjih. Gozdna tla imajo veliko sposobnost zadrževanja vode in zmanjševanja hitrosti površinskega odtoka, s čimer se zmanjša tudi nevarnost erozije tal (Chang, 2002). Dobro ohranjena tla ter vegetacijska odeja imajo še toliko večji pomen na krasu, ki obsega 44 % površine v Sloveniji (Gams, 1974).

Okoljske spremembe, predvsem podnebna spremenljivost, večplastno zadevajo tudi gozdove (Kajfež-Bogataj, 2001; Simončič in sod., 2001). Ker je gospodarjenje z gozdovi manj intenzivno kot s kmetijskimi površinami, je neposredni vpliv podnebne spremenljivosti nanje toliko večji (Granier in sod., 2000). Različni scenariji podnebnih sprememb napovedujejo dvig temperatur zraka za večino Slovenije (Kajfež-Bogataj in Hočevar, 1994; Bergant in Kajfež-Bogataj, 1998, 1999; Kajfež-Bogataj, 2000), ki naj bi se odrazile kot meteorološka in fiziološka suša (Zupanc in sod., 2002). Zviševanje temperatur zraka je lahko razlog za razvoj večjega števila parazitov (predvsem patogenih gliv in za gozdove škodljivih žuželk) ali pa omogoča širjenje in razvoj vrst, ki jih zaradi nižjih zimskih temperatur do sedaj ni bilo (Jurc in sod., 2003). Posledica podnebne spremenljivosti so tudi izjemni vremenski dogodki (poplave, neurja, suše) (Kajfež-Bogataj, 2005), spremenljiv padavinski režim (Gams, 1999) ter povečane koncentracije CO₂. Preskrba gozdne vegetacije z vodo je eden najbolj omejujočih dejavnikov v večini gozdnih ekosistemov (Zierl, 2001), saj vpliva na zdravstveno stanje gozdov (Fischer in sod., 1999) in njihovo proizvodno sposobnost (Kajfež-Bogataj in Robič, 1985). Za razumevanje kroženja snovi v gozdnih ekosistemih ter za napovedovanje trendov njihovega razvoja glede na atmosferske vnose je količinska ocena hidrološkega stanja nujno potrebna (De Vries in sod., 2001). Ugotavljanje vodne bilance gozda omogoča oceno stresa zaradi suše ter simulacijo različnih scenarijev za prihodnost (Kajfež-Bogataj in Hočevar, 1994; Hammel in Kennel, 2001; Post in Jones, 2001; Wellpott in sod., 2005).

V Sloveniji gospodarimo z gozdovi sonaravno. Eno splošnih načel sonaravnega gojenja gozdov je, da posege v gozd prilagajamo naravnim razvojnim zakonitostim, s čimer ohranjamo trajnost gozda in njegovih funkcij, izrabljamo samodejnost ter ohranjamo ustrezno proizvodno raven gozdnih sestojev (Bončina, 1997). Uspešnost naravnega obnavljanja gozdov je eden osnovnih kriterijev za ohranjanje trajnosti gozdnega ekosistema (Gašperšič, 1997). V razvoju ekosistemov se izoblikuje določen vzorec pomlajevanja, ki vpliva na kratkoročno in dolgoročno ravnotežje v zgradbi sestojev (Bončina in Diaci, 1998). Za proučevanje obnovitvenih ciklov gozdov je pomembno poznavanje vzorcev naravnih motenj,

ki povzročajo nastanek različno velikih vrzeli in vplivajo na razvojno dinamiko sestojev in horizontalno strukturo gozda. Sestojne vrzeli v naravnem gozdu nastajajo zaradi notranjih (endogenih) dejavnikov (odmrtje) in zunanjih dejavnikov, kot so vetrolom, snegolom, Gozdarji poskušajo doseči podoben učinek z ustrezno tehniko obnove gozdov. Posnemanje naravnih zgradb ter naravnih vzorcev pomlajevanja, ki so prilagojeni lokalnim rastiščnim pogojem, pomeni velik napredek v sonaravnemu gojenju gozdov, vendar je to mogoče le v razmeroma ohranjenih gospodarskih gozdovih.

Nastanek vrzeli, bodisi naravnih ali antropogenih, spremeni mikroklimatske razmere sestoja ter pomembno vpliva na procese pomlajevanja (Smolej, 1977; Aussenac, 2000). Za ustrezne gozdnogojitvene posege je potrebno poznavanje mikroklimatskih razmer, najpomembnejše klimatske spremenljivke pa so temperatura zraka, svetloba in voda. Namen naše raziskave je bil ovrednotiti vodno bilanco izbranega gozdnega ekosistema, ki je slabo poznana, njeno ovrednotenje pa je potrebno za razumevanje vpliva spremenljivosti podnebja na zgradbo, rast, zdravstveno stanje in stabilnost gozdov. Želeli smo tudi raziskati osnovne mikroklimatske razmere, vodno bilanco, procese naravnega pomlajevanja v vrzelih in povezave med njimi, da bi izboljšali gozdnogojitvene odločitve pri uvajanju sestojev v obnovo.

2 PREGLED OBJAV LITERATURE OVERVIEW

2.1 GOZDNA HIDROLOGIJA FOREST HYDROLOGY

Gozdna hidrologija je področje hidrologije, ki se ukvarja s preučevanjem vplivov gozda in z njim povezane vegetacije na kroženje vode, vključno z erozijo, kakovostjo vode in mikroklimo (Hewlett in Nutter, 1969). Prvi »moderni« eksperimenti primerjalne gozdne hidrologije, so bili izpeljani v Švici v Emmentalu v začetku 20. stoletja, ko je obsežno krčenje gozdov za kmetijske površine povzročilo zaporedje nesreč v Alpah. Številne vasi so bile poplavljene, pojavili so se zemeljski plazovi, kmetijske površine pa so uničile naplavine (Von Burger, 1954b, 1954a), (Von Casparius, 1959), (McCulloch in Robinson, 1993). Namen teh raziskav je bil poiskati odgovor na vprašanje, ali in v kakšnem smislu vpliva gozd na vodni režim in še posebej na odtok voda v primerjavi z drugimi oblikami vegetacije (v tem primeru s pašniki). Raziskave na področju gozdne hidrologije so vse do šestdesetih let 20. stoletja obravnavale predvsem količino in razporeditev vode, odtekle iz eksperimentalnih povodij (Huff in sod., 2000; Cognard-Plancq in sod., 2001; Post in Jones, 2001; Brown in sod., 2005; Sun in sod., 2005), za katero so predpostavljali, da je čista in vsebuje samo sedimente (McCulloch in Robinson, 1993). Kvaliteta vode ni bila obravnavana vse do pojava »kislega dežja«, ko se je z uvajanjem hidrokemije pričelo raziskovanje medsebojnih odnosov »naravnih« notranjih procesov ter zunanjih vplivov, kot so antropogeni depoziti sulfatov in dušikovih oksidov (*ibid.*).

Domače raziskave, ki bi jih lahko uvrstili v področje gozdne hidrologije, so se pričele na področju hudourničarstva in varstva tal pred erozijo (Jesenovec, 1995). Klimo sestojne odprtine in njen gozdnogojitveni pomen ter porazdelitev dežja v sestojni odprtini je proučeval Smolej (1977; 1978). Isti avtor je prvi pri nas predstavil osnove gozdne hidrologije (Rejic in Smolej, 1988). Model za izračun fotosinteze ter proizvodnje biomase za sestoj vrb je uporabila Kajfež-Bogataj (1990). Vpliv ravninskih gozdov na krajevno klimo na primeru obdravskih ravnij je obravnaval Golob (1990). Analizo protierozijskih ukrepov v Sloveniji s poudarkom na izvedenih ukrepih v Polhograjskih Dolomitih z ekološkega vidika je izvedel Horvat (1992). Pomemben korak v povezovanju različnih strok, katerih dejavnost se stika na področju gozdne hidrologije, je bil republiški seminar z naslovom: Gozd in voda. Rezultat seminarja je bila publikacija (Anko, 1994), ki z različnih zornih kotov obravnava problematiko gospodarjenja z vodami in gozdovi. Vpliv podnebne spremenljivosti na proizvodno sposobnost bukovega sestoja sta z uporabo modela PERUN 3 simulirala Kajfež-Bogataj in Hočevar (1994). Erozijsko in hudourniško problematiko s poudarkom na vplivu gospodarjenja z gozdovi na delovanje hudournikov je v monografiji »Pogubna razigranost« analiziral Horvat (1995). Vodno bilanco gozda je v okviru proučevanja prehranskih razmer za smreko (*Picea abies* (L.) Karst.) in bukev (*Fagus sylvatica* L.) v vplivnem območju TE Šoštanj prikazal Simončič (1996). Mikroklimatološke posebnosti visoke rastlinske odeje na primeru hmelja je obravnavala Kajfež-Bogataj (Kajfež-Bogataj, 1997), parametre hrapavosti za hmeljni nasad pa je ocenil Bergant s sodelavci (Bergant, 1997). O soodvisnosti gozda in gozdnih vodotokov je opravil raziskavo Pihler (1999). Intercepcijo bukovega gozda je v model napajanja in praznjenja kraškega vodonosnika v zaledju izvirov Vipave vključila Petričeva (2002), Šrajeva (2003) je ugotavljala intercepcijo gozdne združbe gradna, puhastega hrasta in malega jesena (*Orno-Quercetum petrae-pubescentis*) v povodju reke Dragonje.

Dandanes so razlogi za raziskovanja na področju gozdne hidrologije večinoma enaki kot pred desetletji: reševanje problemov v zvezi s količino odtoka, kakovostjo voda, poplavami, erozijo, sedimentacijo, itd. Pojavili so se tudi novi: globalne podnebne spremembe, kakovost habitatov, biodiverzitet, sonaravni razvoj,... (O'Loughlin in Dunin, 1993).

2.2 VODNA BILANCA GOZDA WATER BALANCE OF FORESTS

Ob predpostavki, da edini vnos vode predstavljajo padavine in da ni prisoten lateralni dotok, lahko kroženje vode opišemo z naslednjo enačbo (Larcher, 1995):

$$P = ET + DF + \Delta SM \quad (1)$$

kjer je

P padavine / precipitation

ET evapotranspiracija, ki se deli na izhlapevanje in transpiracijo / evapotranspiration, which consists of evaporation and transpiration

DF odtok / drainage flux and runoff

ΔSM sprememba vsebnosti vlage v tleh, opadu in fitomasi / change in moisture content in the soil, litter layer and phytomass

Na življenje rastlin in živali v gozdnem ekosistemu močno vplivajo klimatske razmere blizu površine tal – mikroklima (Barry, 2001). Mikroklimatske razmere, kot so temperatura zraka in tal, svetloba, hitrost vetra ter vlaga (Chen in sod., 1999) so določene z vegetacijo in tlemi ter se spreminjajo na razdaljah od nekaj cm (površina rastlin) do 100 m (Barry, 2001). V povezavi z obliko površja mikroklimatske razmere pomembno vplivajo na variabilnost rastlinske odeje. Že majhne razlike v topografiji, naklonu pobočja in ekspoziciji lahko povzročijo velike razlike v vrstni sestavi in/ali številčnosti vegetacije zaradi sprememb kombiniranega učinka sončnega obsevanja, izhlapevanja, hitrosti vetra ter debeline snežne odeje. Poznavanje mikroklimatskih razmer je bistveno za empirične raziskave na terenu, teoretično modeliranje ter dolgoročno gozdnogospodarsko načrtovanje v gozdnih ekosistemih (Chen in sod., 1999).

2.2.1 Padavine Precipitation

V naših podnebnih razmerah sta dež in sneg glavni vrsti padavin, ponekod je potrebno upoštevati tudi roso in izločanje kapljic iz megle (Rejic in 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 pogojeno 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 in Arazi, 1997). Pomemben del letne količine padavin predstavljajo predvsem v goratih predelih snežne padavine, katerih razporeditev je bolj variabilna od dežja (Tani, 1996). V nekaterih predelih na zahodu ZDA predstavljajo snežne padavine od 80 do 90 % vseh letnih padavin in je sneg

glavni vir napajanja vodotokov (Hewlett in Nutter, 1969). V teh predelih je gospodarjenje z gozdom usmerjeno v čim daljše zadrževanje snežne odeje v gozdu.

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

$$P = TF + SF + I \quad (2)$$

kjer je

<i>P</i>	.... padavine / precipitation
<i>TF</i>	.... prepuščene padavine / throughfall
<i>SF</i>	.... odtok po deblu / stemflow
<i>I</i>	.... intercepcija / interception

2.2.1.1 Sestojne padavine

Precipitation in the stand

Sestojne padavine (vsota prepuščenih padavin in odtoka po deblu) v listnatih gozdovih zmernega pasu predstavljajo od 70 do 90 % skupne količine padavin (Bormann in Likens, 1986; Price in Carlyle-Moses, 2003). Neenakomerna razporeditev padavin v sestoji pomembno vpliva na razraščanje korenin dreves ter pritalne vegetacije (Larcher, 1995). Pomemben dejavnik pri razporeditvi padavin je smer in hitrost vetra (Krečmer, 1967b), ki vpliva 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 so 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 in sod., 1996). V sestojni odprtini je porazdelitev prepuščenih padavin preučeval Smolej (1977), ki je ugotovil, da lahko količina dežja v sredini sestojne odprtine presega količino dežja s primerjalnega mesta na prostem, kar potrjujejo tudi drugi (Penman, 1963).

2.2.1.2 Odtok po deblu

Stem flow

Odtok po deblu predstavlja od 5 do 10 % od letne količine padavin v listnatih gozdovih zmernega pasu (Crockford in Richardson, 2000; Price in 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 in Pavlov, 1977). Zaradi relativno majhnega deleža je pomen odтока po deblu v vodni bilanci gozda pogosto podcenjen, vendar pa ima kot točkovni 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 in Frost, 2003).

Odtok po deblu je odvisen predvsem od naslednjih dejavnikov (Rejic in 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

2.2.1.3 Prestrezanje padavin

Interception

Intercepcija krošenj oziroma prestrezanje padavin v krošnjah predstavlja 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 mehkejše 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 prispeva 30 % k celotni intercepciji v sestoji velikega jesena.

Intercepcija krošenj je odvisna od pogostnosti, intenzivnosti ter trajanja padavin (Gash in sod., 1995; Tallaksen, 1996; Carlyle-Moses in 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 tekom celega leta intercepcija v zimskih mesecih enaka tisti v poletnem času (Rutter, 1975). V listnatih gozdovih lahko intercepcija v zimskih mesecih predstavlja polovico ali celo dve tretjini tiste v poletnem času (*ibid.*).

Ker intercepcije ne moremo neposredno meriti, se jo ponavadi izračuna iz razlike med padavinami na prostem ter sestojnimi padavinami (Price in Carlyle-Moses, 2003). Izdelanih je bilo tudi več modelov za ugotavljanje intercepcije krošenj. Najbolj sta razširjena Rutterjev

dinamični model (Rutter, 1975) in iz njega izpeljan in poenostavljen Gashev model (Gash in sod., 1995; Kroes in sod., 2003; Šraj, 2003).

2.2.2 Evapotranspiracija

Evapotranspiration

Evapotranspiracija je prehajanje ali tok vode v obliki vodne pare z zemeljske površine in skozi rastline, ki rastejo na njej, v atmosfero (Hočevar/Petkovšek 1995), in obsega (Thompson, 1999):

- izhlapevanje vode neposredno z mokrih površin drevja, pritalne vegetacije, tal, vodnih površin ter
- transpiracijo rastlin

2.2.2.1 Izhlapevanje

Evaporation

Za proces izhlapevanja so pomembne naslednje vremenske spremenljivke: sončno obsevanje, temperatura zraka, relativna zračna vlaga, ter hitrost vetra (Allen in sod., 1998). Pod sklenjeno rastlinsko odejo je izhlapevanje tudi v poletnih mesecih majhno, saj do tal dospe le malo energije (Kimmins, 1997). Kjer se akumulirajo organske snovi, je izhlapevanje še dodatno zmanjšano, saj ni neprekinjene povezave mineralnega dela tal preko por s površino tal.

2.2.2.2 Transpiracija

Transpiration

Transpiracija je prehajanje ali tok vode v obliki vodne pare skozi listne reže – stome (Hočevar in Petkovšek, 1995) ter druge dele rastlin (Matičič 1984) v atmosfero. Ker je transpiracija v bistvu proces izhlapevanja, zanjo velja Daltonov zakon, po katerem je velikost izhlapevanja sorazmerna razliki parnih tlakov med izhlapevajočo površino in okoljem (Matičič, 1984). Pri transpiraciji je to razlika med parnim tlakom v medceličnih prostorih ter parnim tlakom zraka v okolici lista. Če je rastlinam na voljo dovolj vode in sončnega obsevanja, potem majhna relativna zračna vlaga in veter pospešujeta transpiracijo. Kadar pa v tleh vode primanjkuje, gre transpiracija na račun vlage listov (iglic) in drugih tkiv, ki zaradi stalnega izgubljanja vlage začenjajo veneti. Glavni posredniki pri izmenjavi ogljikovega dioksida in vodne pare med rastlino in atmosfero so stomatalne celice (Rutter, 1975). Na splošno velja, da so normalno odprte čez dan ter zaprte ponoči, ob visokih temperaturah zraka ali visoki stopnji transpiracije pa se lahko zaprejo tudi čez dan. Možno je tudi napredujoče zmanjševanje velikosti stomatalnih odprtih čez dan kot odgovor na sušnost tal. Upornost za difuzijo vodne pare iz listov v okoliški zrak je odvisna od upornosti kutikule (povrhnjice) ter od stomatalne upornosti.

Izhlapevanje in transpiracija potekata sočasno in ju je težko ločiti (Allen in sod., 1998). Metode merjenja, ki vključujejo predvsem lizimetre (Anonymus, 2001), so zapletene, dolgotrajne in finančno zahtevne. Zato je bila razvita cela vrsta fizikalnih enačb za ugotavljanje stopnje potencialne (referenčne) evapotranspiracije (Thompson, 1999), ki vključujejo vremenske spremenljivke in parametre za rastline. V Sloveniji je model za simuliranje temperature in vsebnosti vlage v tleh (MEBIT) izdelala Kastelec – Virant (1993), ki vključuje spreminjanje velikosti členov energijske bilance na površini tal ter masni tok vode in vodne pare v tleh. Primerjavo različnih metod za izračun referenčne evapotranspiracije v Sloveniji je opravil Kurnik (2002). Za izračun potencialne in dejanske evapotranspiracije nasadov breskev v Vipavski dolini je Zupančeva (2003a) uporabila Penman-Monteithovo enačbo (vključeno v model SWAP) ter modificirano Penman-Monteithovo enačbo (vključeno v model GLEAMS). Na tem mestu omenjamo Thorntwaitovo metodo kot najbolj uporabljeno ter modificirano Jensen-Haisevo in Penman-Monteithovo enačbo, ki sta bili uporabljene za prikaz vodne bilance gozda v naši raziskavi.

2.2.2.3 Potencialna (referenčna) evapotranspiracija

Potential (reference) evapotranspiration

Koncept potencialne evapotranspiracije (PET) je prvi predstavil Thornthwaite (1948, cit. po Thompson, 1999), ki je PET definiral kot stopnjo evapotranspiracije iz z rastlinjem gosto in enakomerno porasle površine pri neomejeni vsebnosti vlage v tleh. V navodilih FAO za izračun potreb rastlin po namakanju Allen s sodelavci (1998) tako definirano PET imenuje »Evapotranspiracija rastlin pri standardnih pogojih« (ET_c). Namesto PET pa predlaga uporabo »Referenčne evapotranspiracije rastline (ET_0)«, ki je definirana kot evapotranspiracija s travo gosto in enakomerno porasle površine, ki je zadostno preskrbljena z vodo. Višina trave naj bi bila 0,12 m, površinski koeficient trenja upornost 70 s m^{-1} ter albedo 0,23. Za njen izračun priporoča uporabo Penman-Monteithove enačbe (6) kot standardne metode za izračun referenčne evapotranspiracije. »Referenčne evapotranspiracije rastline« izraža intenziteto izhlapevanja v danih klimatskih razmerah na določeni lokaciji in v določenem času in ne vključuje lastnosti rastlin in tal. Razlog za uvedbo koncepta »Referenčne evapotranspiracije rastline« je ta, da v resnici ni ene same potencialne evapotranspiracije, pač pa različne rastline različno intenzivno transpirirajo (Thompson, 1999). Tako na primer detelja transpirira približno 15 % več vode kot trava pri enakih klimatskih razmerah in talni vlagi. Za referenčni rastlini sta bili izbrani trava in detelja. Evapotranspiracijo kake druge rastline po tem konceptu izračunamo po enačbi (Allen in sod., 1998):

$$ET_t = ET_{tr} * K_c \quad (3)$$

kjer je

ET_t evapotranspiracija izbrane rastline (mm dan⁻¹) / crop evapotranspiration (mm day⁻¹)

ET_{tr} referenčna evapotranspiracija detelje (mm dan⁻¹) / alfalfa reference crop evapotranspiration (mm day⁻¹)

K_c koeficient rastline / crop coefficient

Za K_c (angl. crop coefficient) se je uveljavil predvsem na področju agronomije izraz »Koeficient pridelka« (Kajfež-Bogataj, ustni vir). Ker v naši raziskavi obravnavamo gozdno vegetacijo, bomo uporabljali izraz »Koeficient rastline« (Kurnik, 2002). K_c je eksperimentalno določen količnik za določeno rastlino in se zaradi spreminjanja anatomije listov, višine rastline, aerodinamičnih lastnosti in albeda spreminja tekom razvoja rastline. Allen s sodelavci (1998) vrednosti K_c za gozdno drevje ne navaja. Kot primer pa lahko navedemo vrednosti K_c za nasade domačega oreha, katerega višina je dosegla 5 m (Preglednica 1).

Preglednica 1: Vrednosti koeficienta rastline (K_c) za nasade domačega oreha (Allen in sod., 1998)

Table 1: Crop coefficients (K_c) for Walnut orchard (Allen in sod., 1998)

Obdobje rasti / Growing period	Začetno / Initial	Srednje / Middle	Kasno / End
	$K_{c\,ini}$	$K_{c\,mid}$	$K_{c\,end}$
Domači oreh / Walnut	0,50	1,10	0,65*

*vrednost $K_{c\,end}$ se nanaša na obdobje pred odpadanjem listja. Ko listje odpade, so vrednosti za nasad, kjer ni pritalne vegetacije, $K_{c\,end} = 0,20$ ter za nasad, kjer je pritalna vegetacija prisotna $K_{c\,end} = 0,80$

2.2.2.3.1. Thornthwaitova metoda Thornthwaite method

To je eden najbolj uporabljenih empiričnih modelov za oceno potencialne evapotranspiracije (Chang, 2002). Potencialna evapotranspiracija je izražena kot funkcija povprečne mesečne temperature zraka (T) ter od temperature odvisnega kaloričnega indeksa (J). Te spremenljivke je enostavno pridobiti, vendar ima metoda več pomanjkljivosti. Ne upošteva hitrosti vetra (Svet, 1993) ter tipa vegetacije (Thompson, 1999) in praviloma podceni PET. Za temperature zraka pod 0 °C predpostavlja, da je PET = 0. Enačba se glasi (Thompson, 1999):

za $T > 0$ je

$$PET_{Thorn} = 1,6 * \left(\frac{10 * T}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{T}{5} \right)^{1.514}} \right)^a \quad (4)$$

kjer je

PET_{Thorn} »neprilagojena« potencialna evapotranspiracija za standardni mesec s 360 urami dnevne svetlobe (cm mesec⁻¹) / »unadjusted« potential evapotranspiration for a standard month with 360 hours of daylight (cm month⁻¹)

T povprečna mesečna temperatura zraka / mean monthly temperature (°C)

J letni kalorični indeks / annual heat index

n dolžina časovnega intervala v dnevih / duration of time interval in days

Thornthwaitova metoda je bila pogosto uporabljena v raziskavah značilnosti povodij (Lu in sod., 2005), klasifikacijah podnebja (Hočevar in Petkovšek, 1995) ter ocenah potreb po namakanju (Chang, 2002). Najbolje se obnese pri ocenah vodne bilance za večja območja in daljša obdobja, predvsem v humidnem podnebju. Hočevar in Kajfež-Bogataj (1994) sta model uporabila za analizo vodne bilance za 18 lokacij v Sloveniji ter prikaz delitve Slovenije glede na parametre, ki vplivajo na oblikovanje sušnih razmer.

2.2.2.3.2. Modificirana Jensen-Haiseva metoda Modified Jensen-Haise method

Izvirna Jensen-Haiseva metoda je nastala na podlagi številnih meritev evapotranspiracije v zahodnem delu ZDA ter je vključevala povprečno mesečno temperaturo zraka ter sončno obsevanje kot neodvisni spremenljivki. Modificirana metoda vključuje pojem »približka parnega tlaka« za prilagoditev nadmorske višine (Thompson, 1999). Primerna je za izračun potencialne evapotranspiracije za obdobje od petih dni do enega meseca.

$$PET_{JH} = \frac{\left(T - \left(-2,5 - 0,14 * (e_2 - e_1) - \frac{E}{550} \right) \right) * Q_s}{\left(38 - \frac{2 * E}{305} \right) + 7,3 * \left(\frac{50}{e_2 - e_1} \right)} \quad (5)$$

kjer je

PET_{JH} potencialna evapotranspiracija (cm mesec⁻¹) / potential evapotranspiration (cm month⁻¹)

T povprečna mesečna temperatura zraka / mean monthly temperature (°C)

e_1, e_2 nasičeni parni tlak za povprečno mesečno minimalno in maksimalno temperaturo zraka / saturation vapor pressure for the mean monthly minimum and maximum air temperatures (mb)

E nadmorska višina / elevation (m)

Q_s sončno obsevanje (kJ m⁻² mesec⁻¹) / solar radiation term (kJ m⁻² month⁻¹)

2.2.2.3.3. Penman – Monteithova metoda Penman – Monteith method

Penman-Monteithova metoda je eden najbolj fizikalno zasnovanih modelov transpiracije (Thompson, 1999). Razvita je bila kot nadgradnja modificirane Penmanove metode. Ker vključuje stomatalno upornost in aerodinamično upornost, ne potrebujemo empirično ugotovljenega koeficienta rastline. Evapotranspiracija je podana z efektivno bilanco sevanja (razlika med globalnim sevanjem in dolgovalovnim sevanjem tal), razliko v nasičenosti zraka ter z naraščanjem krivulje nasičenosti parnega tlaka v odvisnosti od temperature. Upoštevana je tudi hitrost vetra, višina in zgradba aerodinamične upornosti rastlinske plasti ter srednja vrednost stomatalne upornosti sestoja (Allen in sod., 1998):

$$ET_a = \frac{1}{L^*} * \frac{\Delta (R_n - G) + \frac{\delta * c_p}{r_a} * (e_s - e_a)}{s + \gamma * (1 + \frac{r_s}{r_a})} \quad (6)$$

kjer je

- ET_a referenčna evapotranspiracija (mm dan⁻¹) / reference evapotranspiration (mm day⁻¹)
- L^* specifična izparilna toplota vode / specific heat of vaporization (J kg⁻¹)
- δ gostota zraka pri konstantnem tlaku / air density at constant pressure (kg m⁻³)
- R_n neto sevanje (MJ m⁻² dan⁻¹) / net radiation (MJ m⁻² day⁻¹)
- G dolgovalovno sevanje tal (MJ m⁻² dan⁻¹) / soil heat flux (MJ m⁻² day⁻¹)
- c_p specifična toplota zraka / specific heat of air (1005 J kg⁻¹)
- r_a aerodinamična upornost / aerodynamic resistance (s m⁻¹)
- r_s stomatalna upornost / stomatal resistance (s m⁻¹)
- e_a parni tlak / vapor pressure (kPa)
- e_s nasičeni parni tlak / saturation vapor pressure (kPa)
- s utežnostna konstanta, odvisna od temperature / slope of the saturation vapour pressure temperature relationship (kPa)
- γ psihometrijska konstanta / psychrometric constant

Penman-Monteithova enačba je nedvomno najbolj natančna, a hkrati tudi najbolj zahtevna glede števila vhodnih spremenljivk (Thompson, 1999). Vremenske spremenljivke večinoma niso vse na voljo, predvsem hitrost vetra in parametri upornosti, zato je uporabnost te metode omejena (Chang, 2002).

2.2.2.4 Evapotranspiracija gozda Forest evapotranspiration

Evapotranspiracija gozdnega sestoja je skoraj proporcionalna masi zelenega dela rastlin (Larcher, 1995). Preglednica 2 prikazuje, kako različni so deleži letne evapotranspiracije v količini padavin v različnih gozdnih ekosistemih po svetu. V vedno zelenem gozdu v Keniji znaša delež evapotranspiracije v letni količini padavin 81 %, v listnatih gozdovih v Evropi med 53 % in 93 %, Alpskem visokogorju med 43 % in 52 %. Najnižje deleže v letni količini padavin doseže evapotranspiracija v gorskem gozdu Južnih Andov (25 %) ter mešanem sestoj iglavcev in listavcev v Švici (21 %).

Preglednica 2: Skupna letna količina padavin (mm) ter delež evapotranspiracije (%) za različne gozdne tipe

Table 2: Total annual precipitation (mm) and per cent of evapotranspiration of different forest types

Tip gozda / Forest type	Padavine / Precipitation (mm a ⁻¹)	% evapotranspiracije v skupni količini padavin / % of evapotranspiration in total precipitation	Vir / Reference
Iglast gozd v tajgi / Coniferous Taiga forest	525	54	Rutter, 1968, povzeto po / after Kimmins, 1997
/Gorski gozd (Južni Andi) / Mountain forest (Southern Andes)	2000	25	povzeto po / after Larcher 1995
Visokogorski gozd (Alpe) / Mountain forest (Alps)	1640	52	povzeto po / after Larcher 1996
Gorski gozd (Evropa) / Mountain forest (Europe)	1000	43	povzeto po / after Larcher 1995
Gorski gozd (ZDA) / Mountain forest (USA)	1300	38	povzeto po / after Larcher 1996
Gozd iglavcev (Evropa) / Coniferous forest (Europe)	730	60	povzeto po / after po Larcher 1996
Sestoj smreke (Velika Britanija) / Spruce stand (GB)	1350	59	Rutter, 1968, povzeto po / after Kimmins, 1997
Sestoj bora (Kalifornija) / Pine stand (California)	1230	52	Rutter, 1968, povzeto po / after Kimmins, 1997
Mešan sestoj iglavcev in listavcev (Švica) / Mixed stand (Switzerland)	1650	21	Rutter, 1968, povzeto po / after Kimmins, 1997
Gozd listavcev (Evropa) / Deciduous stand (Europe)	457	93	Rutter, 1968, povzeto po / after Kimmins, 1997
Gozd listavcev (Evropa) / Deciduous stand (Europe)	600	67	povzeto po / after Larcher 1995
Sestoj hrasta / Oak stand	966	53	Schnock 1971, povzeto po / after Larcher 1995
Vednozeleni gozd (Kenija) / Evergreen forest (Kenia)	1950	81	Rutter, 1968, povzeto po / after Kimmins, 1997

2.2.3 Odtok Drainage flux

Voda, ki prispe do gozdnih tal, odteka po površini (R), se infiltrira v tla (DP) ali ostane na površini tal (Rejic/Smolej 1988).

$$DF = R + DP \quad (7)$$

kjer je

- DF skupni odtok / drainage flux (mm)
 R površinski odtok / surface runoff (mm)
 DP globoko pronicanje / deep percolation (mm)

2.2.3.1 Površinski odtok Surface drainage

Do površinskega odtoka pride, kadar je intenziteta padavin večja od stopnje infiltracije in pronicanja vode skozi tla (Chang, 2002). Delež vode, ki odteče po površini, je odvisen predvsem od naklona terena ter tipa in gostote vegetacije (Larcher, 1995). V gozdu je odvisen od zgradbe drevesnih vrst, kakovosti talnega opada, nagiba, rabe tal ter z njo povezane propustnosti tal (Rejic in Smolej, 1988) in je kar za polovico manjši kot s polja ali druge negozdne površine. Gravitacijska sila na strmih pobočjih v hribovitih predelih ter povečan površinski odtok v povezavi z zmanjšano kapaciteto tal in rastlinja za zadrževanje znatno vplivajo na povečanje nevarnosti poplav, erozije in zemeljskih plazov (Larcher, 1995).

2.2.3.2 Infiltracija in globoko pronicanje Infiltration and deep percolation

Infiltracija in gibanje vode v tleh sodita med najpomembnejše hidrološke procese, saj določata stopnjo in količino vode, razpoložljive za površinski in podpovršinski odtok, evapotranspiracijo ter odtok v podtalje (Schöniger in Dietrich, 2001). Infiltracija je bolj ali manj enakomerno pronicanje vode v tla (Matičič, 1984). Poteka pod vplivom težnosti in kapilarnih sil. Proces zadrževanja vode v tleh opredeljujejo hidravlične lastnosti tal, ki so odvisne predvsem od fizikalnih in kemijskih lastnosti tal (Jury in sod., 1991). Hitrost pronicanja, ki jo izražamo s hitrostjo zniževanja vodne plasti na površini zemljišča, je zelo različna, saj je odvisna ne samo od teksture in strukture tal, temveč tudi od začetne vsebnosti vlage v tleh (Matičič, 1984). Kompleksna heterogena narava tal povzroča zelo variabilne tokove vode (Gish in sod., 1996). Preferencialni tok predstavlja nehomogeno gibanje vode

skozi tla, h kateremu največ prispevajo rastlinske korenine, saj oblikujejo prostor, ki lahko služi kot pot temu toku. Ločimo tri različne mehanizme preferencialnega toka:

1. tok skozi makropore (angl. macropore flow) – predstavlja tok vode skozi nepretrgane kanale, ki so jih ustvarili deževniki, odmrle korenine in talne frakcije.
2. stebričast tok (angl. finger flow) – ob gibanju vode v grobozrnatih in suhih tleh pride do tvorbe diskretnih stolpcem podobnih tokov
3. lijakast tok (angl. funnel flow) – nastane pri vsaki teksturni oviri z naklonom, ki predstavlja spremembo v razporeditvi in velikosti por, kar vpliva na potek toka vode.

Vse tri oblike preferencialnega toka se lahko pojavijo sočasno. Ocenjevanje velikosti in obsega preferencialnega toka je težko, saj ga ne moremo zaznati in meriti.

Za izračun vodnih tokov v tleh se pogosto uporablja modele kapacitet (angl. capacity models) ter modele, ki temeljijo na Richardsovemu obrazcu. Modeli kapacitet zahtevajo malo informacij o lastnostih tal (vsebnost vode pri poljski kapaciteti tal ter pri točki venenja), medtem ko modeli po Richardsu zahtevajo polno retenzijsko krivuljo tal ter vrednosti za hidravlično prevodnost nasičenih tal. Modeli kapacitet so omejeni na dobro drenirana tla z globokim nivojem podtalnice (De Vries in sod., 2001).

2.2.3.2.1. Richardsov (Darcyjev) model Richards (Darcy) model

Ta model je osnovna teoretična enačba za infiltracijo vode v homogen porozni sistem (Dingman, 2002). Uporablja se kot osnova za matematično modeliranje infiltracije, ekfiltracije ter prerazporejanja vode ob danem izhodiščnem stanju ter zgornji in spodnji meji. Delitev tal v posamezne plasti omogoča uporabo enačbe v zaporedju za posamezno plast tal ter v kratkih časovnih presledkih.

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = - \frac{\partial K_h}{\partial z'} + \frac{\partial}{\partial z'} * \left[K_h(\theta) * \frac{\partial \theta}{\partial z'} \right] \quad (8)$$

kjer je

- θ vsebnost vlage v tleh / soil moisture content ($m^3 m^{-3}$)
 K_h hidravlična prevodnost / hydraulic conductivity ($m^3 s^{-1}$)
 z dolžina toka v smeri z / flow in the z direction (m)

Prednost tega modela je v relativno enostavni določljivosti hidravlične prevodnosti tal ter vodno-zračnih lastnosti tal s pF krivuljo (Schöniger in Dietrich, 2001).

2.2.4 Vsebnost vlage v tleh

Soil moisture content

ΔSM v enačbi vodne bilance gozda (1) označuje spremembo količine vode, zadržane v tleh. Njena velikost je omejena z maksimalno količino vode, ki jo tla lahko zadržijo (Jury in sod., 1991). Vsebnost vlage v tleh, evapotranspiracija ter padavine so v hidrološkem krogu medsebojno tesno povezane ter lahko značilno vplivajo ena na drugo v času in prostoru (Mahmood in Hubbard, 2003). Vsebnost vlage v tleh predstavlja osnovni dejavnik, ki opisuje hidrološki status in transport vode v nenasičenih plasteh tal, hkrati pa vpliva na druge fizikalne lastnosti in procese v tleh (Jury in sod., 1991; Dirksen, 1999). V gozdnih tleh je nihanje vlage v tleh usklajeno s količino padavin in izhlapevanjem, a le v tleh blizu površja. Voda, zadržana v tleh, vključuje poleg kapilarne vode in rastlinam dostopne gravitacijske vode tudi vodo, shranjeno v biomasi, zoomasi in opadu (Larcher, 1995). Količina vode, zadržane v tleh, je v pasu zmernega podnebja največja po taljenju snega ali po spomladanskem deževju. Tekom poletja vsebnost vlage v tleh vztrajno upada vse do poznega poletja. Z jesenskim deževjem se zaloge vode obnovijo, kar lahko v globljih plasteh tal traja tudi več tednov.

2.2.4.1 Meritve volumske vsebnosti vlage v tleh s TDR napravo

Measurements of soil moisture content with TDR

»Time domain reflectometry« (TDR) je postala ena najbolj razširjenih metod posrednega ugotavljanja vsebnosti vlage v tleh (Schaap in sod., 1996; Dirksen, 1999; Noborio, 2001; Persson in Bertacchi, 2003). Za razliko od gravimetrične metode, ki velja za najbolj natančno, a vključuje odvzem vzorcev tal, TDR metoda ni destruktivna. TDR naprava določi dielektrično konstanto tal K_a z uporabo enostavnih elektrod, vstavljenih v tla (Noborio, 2001). Elektrode so navadno v obliki dveh ali treh vzporednih jeklenih ali medeninastih palic. Naprava proizvaja visokofrekvenčni elektromagnetni signal, ki potuje preko elektrod in se na mestih s spremenjeno upornostjo deloma odbije, preostali del pa potuje naprej do konca elektrod. Taka mesta odboja so predvsem na začetku (točka A) in koncu elektrod (točka B) (Slika 1). Trajanje potovanja signala t od začetka do konca elektrod se določi z osciloskopom po naslednji enačbi:

$$t = \frac{2 * L * K_a^{0,5}}{c} \quad (9)$$

kjer je

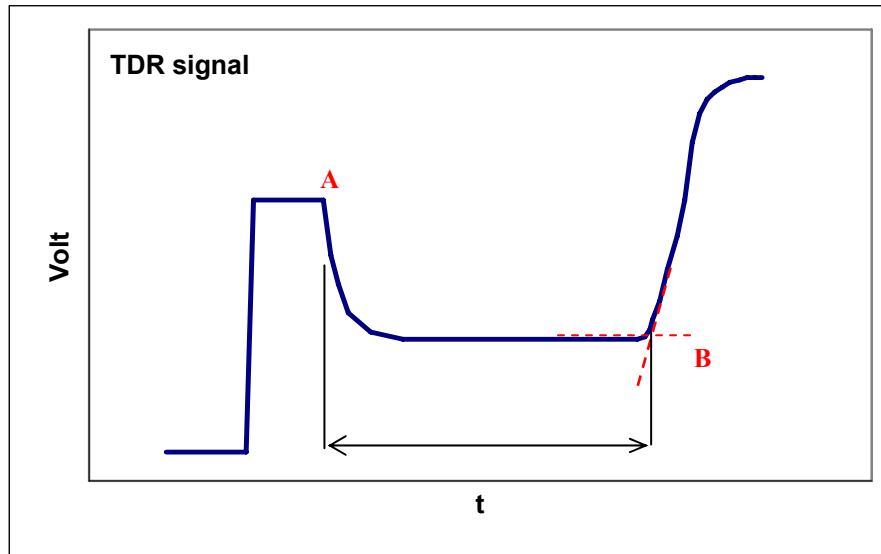
t trajanje potovanja signala / duration of signal transfer (s)

L dolžina TDR elektrode / rod length (m)

K_a dielektrična konstanta tal / dielectric constant of soil

c hitrost elektromagnetnega valovanja v prostoru / the velocity of electromagnetic waves in free space ($3 * 10^8$) (ms^{-1})

Osciloskop zabeleži iz nastalega elektromagnetnega valovanja obliko vala (angl. waveform).



Slika 1: Primer oblike vala elektromagnetnega valovanja, kot ga zabeleži osciloskop TDR naprave (prirejeno po Dirksen, 1999)

Figure 1: Waveform of electromagnetic wave as seen at oscilloscop (after Dirksen, 1999)

2.2.4.2 Kalibracija TDR naprave Calibration of TDR

Postopek kalibracije je pri uporabi TDR naprave v gozdnih tleh zaželen, saj je bila večina raziskav s TDR napravo opravljenih v homogenih kmetijskih tleh. Kalibracija meritev volumske vsebnosti vlage s TDR v izbranih tleh poteka tako, da izmerimo K_a v nizu vzorcev tal z znanimi volumskimi vsebnostmi vlage ter s primerno dozdevno gostoto. Vzorci tal morajo obsegati širši razpon volumske vsebnosti vlage v tleh. Tako pridobimo kalibracijsko krivuljo, kjer je K_a prikazan v odvisnosti od volumske vsebnosti vlage v izbranih tleh, ali obratno. Druga možnost za pretvorbo K_a v volumsko vsebnost vlage v tleh je uporaba empirične enačbe, ki jo je na podlagi analize številnih vrst tal predlagal Topp:

$$\theta = (-530 + 292 * K_a - 5,5 * K_a^2 + 0,043 * K_a^3) * 10^{-4} \quad (10)$$

kjer je

θ volumska vsebnost vlage v tleh po Toppu / volumetric soil moisture content according to Topp ($m^3 m^{-3}$)

K_a dielektrična konstanta substrata / dielectric constant

Topp s sodelavci (Topp in sod., 1980, 1982; Topp in Davis, 1985) je pričakoval, da bo empirična enačba ustrezno opisala odvisnost ne glede na talno enoto, gostoto tal, temperaturo ali slanost (Dirksen, 1999). Izkazalo pa se je, da tako imenovana »Toppova enačba« (enačba 10) podcenjuje volumsko vsebnost vlage v organskih tleh in v vermikulitu, medtem ko jo v nabrekajočih in nenabrekajočih glinenih tleh precenjuje (Noborio, 2001). Tako je za tla z bodisi nizko dozdevno gostoto, posebnimi mineralnimi lastnostmi, glino, z visoko vsebnostjo organske snovi, itd. potreben za taka tla specifičen postopek kalibracije (Dirksen, 1999).

2.3 MODELIRANJE VODNE BILANCE GOZDA MODELLING OF FOREST WATER BALANCE

Za področje gozdne hidrologije ter kroženja snovi v gozdnih ekosistemih je izdelana cela vrsta računalniških modelov (Arp in Yin, 1992; Van Grinsven, 1995). Kompleksnejši hidrološki modeli, ki opisujejo sistem zrak – rastlina – tla, so zelo zahtevni glede vhodnih parametrov (Perrin in sod., 2001). Če zahtevanih parametrov ne moremo pridobiti z meritvami ali privzeti iz literature, je morda bolje uporabiti enostavnejše in manj zahtevne modele. Njihove napovedi bodo sicer manj točne, a nas ne bodo privedle do napačnih zaključkov.

2.3.1 Kloridna metoda Chloride balance

Kot ena enostavnejših metod za izračun vodne bilance tal Kloridna metoda temelji na predpostavki, da je kloridni ion (Cl^-) v tleh inerten in so vnosi in iznosi Cl^- ionov v tleh v ravnovesju (Anonymous, 2002c):

$$Q_i * c_i = Q_v * c_v \quad (11)$$

ali

$$Q_v = Q_i * \frac{c_i}{c_v} \quad (12)$$

kjer je

Q_i vnos vode v tla (prepuščene padavine) / the input water flux (mm)

Q_v iznos vode iz tal / the output water flux (mm)

c_i koncentracija Cl^- ionov v prepuščenih padavinah / the input Cl^- concentration in throughfall (mg l^{-1})

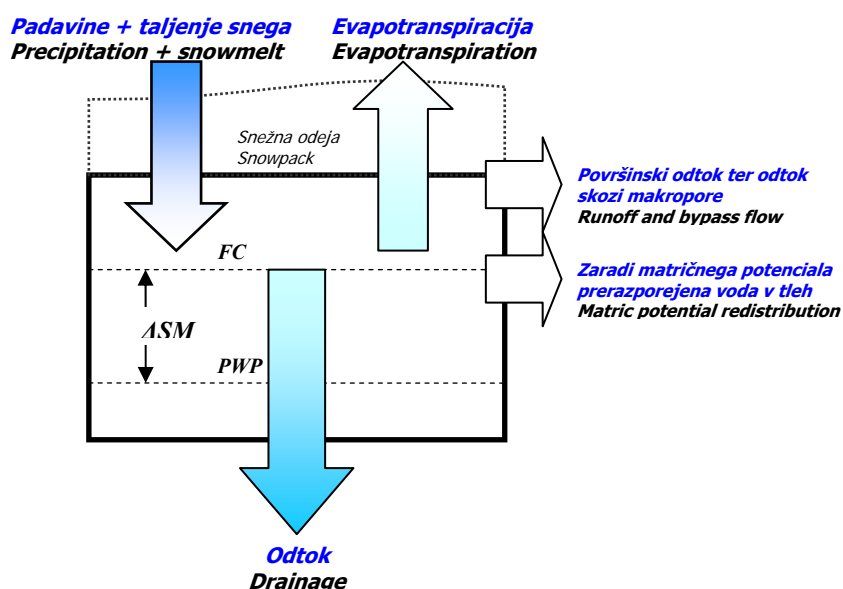
c_v koncentracija Cl^- ionov v talni raztopini / the output Cl^- concentration in soil solution (mg l^{-1})

Koncentracije Cl^- ionov v prepuščenih padavinah in v talni raztopini naj bi bile enake (Anonymous, 2002c). Metoda je primerna za raziskave, v katerih se vzorči talna raztopina z lizimetri s keramičnimi svečkami brez podtlaka, saj taki lizimetri vzorčijo le talno raztopino (pronicajočo vodo v tleh). Lizimetri s podtlakom vzorčijo talno raztopino iz plasti tal okoli

lizimetrov, odvisno od vzpostavljenega vakuuma ter vsebnosti vlage v tleh v obdobju vzorčenja. Ker vhodne količine kloridnih ionov niso konstantne in se nekaj klorida lahko obdrži v ekosistemu, je ta metoda primerna za izračun vodne bilance za daljša obdobja (5 – 10 let) (De Vries in sod., 2001).

2.3.2 WATBAL WATBAL

WATBAL je enostaven model za ocenjevanje mesečne vodne bilance, vključno s tokovi vode v tleh, ki so ga razvili na Finskem gozdarskem inštitutu METLA (Starr, 1999, 2004b). Prednost tega modela je, da zahteva vhodne spremenljivke, katerih vrednosti je razmeroma lahko pridobiti z meritvami, zato je bil priporočen tudi za modeliranje vodne bilance gozdnih sestojev na ploskvah Intenzivnega spremljanja stanja gozdov (Anonymous, 2002a).



Slika 2: Shematski prikaz procesov, simuliranih v modelu WATBAL (prirejen po Starr, 2004a)
Razlaga kratic je podana v poglavju Okrajšave in simboli.

Figure 2: Flow chart of model WATBAL (changed after Starr, 2004a)
Abbreviations are listed in chapter Abbreviations and symbols.

Mesečni vnosi vode (padavine) so v ravnovesju z iznosi (evapotranspiracijo, odtokom ter spremembo količine vode, zadržane v tleh) za izbrano plast tal (Starr, 2004b). Vhodne vremenske spremenljivke so povprečne mesečne temperature zraka, mesečne količine padavin in povprečna mesečna oblačnost. Izračun potencialne (referenčne) evapotranspiracije temelji na modificirani Jensen-Haisevi metodi (Thompson, 1999) (enačba 5) in je v modelu označena s PET. Z uporabo koeficienta rastline (K_c) se PET pretvori v vrednosti dejanske evapotranspiracije (AET) obravnavanega sestoja. K_c vsebuje informacije o razlikah v fiziologiji, aerodinamičnih lastnostih in albedu med referenčno rastlino (deteljo) v standardnih pogojih ter izbranim gozdnim sestojem. Poleg razlik v koriščenju zalog vode v tleh med

rastlinskimi vrstami je K_c odvisen tudi od lastnosti tal, ki vplivajo na črpanje vode v procesu transpiracije. Vhodni parametri, ki se nanašajo na sestoj, so: sklep krošenj, indeks listne površine tekom vegetacijskega obdobja in delež korenin v obravnavani plasti tal. Vodno-zračne lastnosti tal so opisane z vsebnostjo vlage v tleh pri poljski kapaciteti tal za vodo (FC) ter pri točki venenja (PWP). Rezultati modela so mesečne vrednosti PET, AET, vodni ekvivalent debeline snežne odeje in taljenja snega, vsebnost vlage v tleh (SM) in odtok v podtalje. Do odtoka pride, ko je količina v tla pronicajoče vode večja od evapotranspiracije in je vsebnost vlage v izbrani plasti tal enaka FC. SM se giblje med PWP in FC, ki predstavljata spodnjo in zgornjo mejo rastlinam dostopne vode v tleh. Rezultati modela omogočajo izračun razmerja AET / PET in deficita vlage v tleh (razlika med vsebnostjo vlage v tleh in za rastline dostopno vlogo v tleh). Oba predstavljata merilo stresa zaradi suše in lahko pomagata pri razlagah časovne variabilnosti pokritosti tal z vegetacijo, rasti dreves, mikrobiološke aktivnosti v tleh, idr (Starr, 1999, 2001, 2004b).

WATBAL je v primerjalni študiji z zahtevnejšimi modeli dal zadovoljive rezultate (Van der Salm in sod., 2004). Za ugotavljanje sprememb v vodni bilanci in kroženju hranil v vrzelih bukovega gozda na Danskem ga je uporabila Ritter (2004). Vodno bilanco dinarskega jelovo bukovega gozda in vrzeli je z njim modelirala Vilhar (2003; 2005).

2.3.3 BROOK90 **BROOK90**

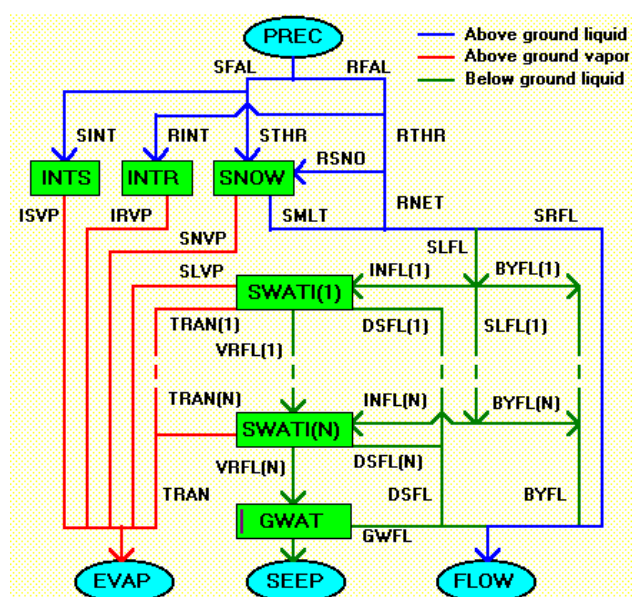
Hidrološki model BROOK90 simulira vodno bilanco na izbrani površini v dnevnem časovnem koraku (Federer, 1995a). Model izračuna intercepcijo in transpiracijo izbrane rastlinske plasti, izhlapevanje snega in tal, debelino in taljenje snežne odeje, gibanje vode skozi več plasti tal, odtok vode po nevihtah, odtok vode skozi makropore, zakasnen odtok vode iz tal ter gibanje nivoja podtalnice. Gre za točkovni princip modela (ang. lumped model) ki ne upošteva horizontalne porazdelitve parametrov in lateralnega odtoka vode v okoliška tla. Model zahteva veliko število parametrov, ki so fizikalno osnovani ter za katere obstajajo predlagane vrednosti.

Za izračun potencialne evapotranspiracije BROOK90 uporablja pristop Schuttlewortha in Wallacea (Schuttleworth in Wallace, 1985), po katerem se ločeno izračunava evapotranspiracija krošenj ter izhlapevanje iz tal s Penman-Monteithovo enačbo (enačba 6) (Federer, 1995a). Vhodne spremenljivke za model vključujejo dnevne količine padavin, maksimalno in minimalno temperaturo zraka, sončno obsevanje, parni tlak, hitrost vetra. Voda v modelu se upošteva v naslednjih oblikah: v krošnjah zadržan dež (INTR) in sneg (INTS), sneg na tleh (SNOW), vlaga v izbranih plasteh tal (SWAT) ter podtalnica (GWAT). Izhlapevanje se deli na pet komponent: izhlapevanje v krošnjah zadržanega dežja (IRVP) in snega (ISVP), izhlapevanje snega (SNVP), izhlapevanje vode iz zgornjih plasti tal (SLVP), transpiracija iz plasti tal, v katerih se nahajajo korenine (TRAN). Izhlapevanje v krošnjah

zadržanega dežja in snega se izračunava z upornostjo krošenj enako nič ter z aerodinamično upornostjo, ki je odvisna od višine krošenj, s sposobnostjo krošenj za zadrževanje padavin ter s povprečnim trajanjem neviht. Pri potencialni evapotranspiraciji je obravnavana upornost krošenj odvisna od maksimalne prevodnosti listov, zmanjšane zaradi vlage, temperature ter prehajanja svetlobe. Aerodinamična upornost je odvisna od indeksa listne površine, ki se lahko sezonsko spreminja, ter od višine krošenj, ki določa indeks površine debla. Upornost za izhlapevanje vode iz tal je odvisna od vodnega potenciala zgornje plasti tal. Prepuščene padavine (dež in sneg) lahko:

- pronicajo v zgornjo plast tal,
- pronicajo v globlje plasti tal skozi makropore,
- preidejo neposredno v površinski vodotok skozi vertikalne makropore in/ali z lateralnim odtokom po makroporah,
- preidejo neposredno v površinski vodotok preko z vodo nasičenega površja tal.

BROOK90 omogoča simulacijo vertikalnega toka vode v tleh za 1 do 25 plasti tal različnih debelin, stopnje prekoreninjenja ter vodno-zračnih lastnosti (Federer in sod., 2003). Vodno-zračne lastnosti tal so opisane z razmerjem med volumsko vsebnostjo vlage v tleh, vodnim potencialom ter hidravlično prevodnostjo, kot jo opisujeta Clapp in Hornberg (1978). Voda v tleh se giblje vertikalno po Darcyjevem zakonu. Voda prehaja v podtalnico z odtokom v podtalje zaradi sile težnosti.



Slika 3: Shematski prikaz procesov, simuliranih v modelu BROOK90 (Federer, 1995b)
Razlaga kratic je podana v poglavju Okrajšave in simboli.

Figure 3: Flow chart of model BROOK90 (Federer, 1995b)
Abbreviations are listed in chapter Abbreviations and symbols.

Model BROOK90 je za simulacijo vpliva spremenjene rabe tal na odtok in evapotranspiracijo uporabil Buchtele s sodelavci (1998). Za izračun vodne bilance ter kroženja hranil bukovega in smrekovega sestoja v Kalkalpen v Avstriji je model BROOK90 uporabil Katzensteiner

(2000; 2003). Hammel in Kennel (2001) sta model prilagodila in ga uporabila za simulacijo vodne bilance različnih gozdnih združb na Bavarskem. Vpliv talnih razmer na letno evapotranspiracijo, simulirano z modeloma BROOK90 in WBM, je obravnaval Federer s sodelavci (2003). Vodno bilanco ter stres zaradi suše je za sestoje rdečega bora v dolini Rena s pomočjo modela BROOK90 ugotavljal Wellpott s sodelavci (2005).

2.4 NARAVNO POMLAJEVANJE IN VLAŽNOSTNE RAZMERE V TLEH NATURAL REGENERATION AND SOIL MOISTURE

Sestojne vrzeli so pomembne za zgradbo gozda ter za populacijsko dinamiko gozdnega drevja (Runkle, 1989) (Whitmore, 1989; Denslow in Spies, 1990; Yamamoto, 2000). Pomen sestojnih vrzeli, ki nastanejo zaradi padca dreves, za zgradbo gozda, je obravnaval Canham s sodelavci (1990). Pregled raziskav o sestojni dinamiki pragozdov vzhodne srednje Evrope sta podala Standovar in Kenderes (2003), pregled raziskav o vzorcih pomlajevanja v pragozdnih srednje Evrope pa sta pripravila Bončina in Diaci (1998). Značilnosti sestojnih vrzeli v evropskih bukovih gozdnih so obravnavane v poročilih evropskega projekta NATMAN (Nature-based Management of Beech in Europe) (Roženberger, 2000; Diaci in Roženberger, 2001; Diaci, 2002a; Roženberger in Diaci, 2003a, 2003b).

Z zakonitostmi naravnega pomlajevanja dinarskega jelovo-bukovega gozda so se ukvarjali številni raziskovalci. Gašperšič (1972) je postavil hipotezo o vplivu rastočega deleža jelke v lesni zalogi na zmanjšano lastno naravno pomlajevanje. Z dinamiko pomlajevanja in razvojnimi značilnostmi pragozdnih rezervatov na Kočevskem Rogu sta se ukvarjala Mlinšek (1967) ter Mlinšek in Zupančič (1974), v pragozdnem ostanku Rajhenavski Rog pa Hartman (1984; 1987). Bončina (1997; 1999) je primerjal strukturo pragozda in gospodarskega sonaravnega gozda. Razvojne značilnosti sestojev v pragozdnih ostankih Pečka in Rajhenavski Rog je proučeval Roženberger (2000). Primerjava dveh pristopov za proučevanje dinamike gozda na temelju horizontalne zgradbe sestojev (vzorci motenj kot ameriški ter razvojne faze kot srednjeevropski pristop) je bila izvedena v dinarskem jelovo-bukovem pragozdnem rezervatu Strmec (Konečnik in Zaplotnik, 2001).

Na proces naravnega pomlajevanja pomembno vplivajo spremenjene mikroklimatske razmere ob nastanku vrzeli (Liechty in sod., 1992; Diaci, 1997; Morecroft in sod., 1998; Chen in sod., 1999; Collet in sod., 2001; Potter in sod., 2001; Proe in sod., 2001). V Sloveniji se je z mikroklimo sestojnih vrzeli ter vzorcem naravnega pomlajevanja ukvarjal Diaci s sodelavci (1997; 2000a; 2000c; 2002b; 2005), pri čemer je bil glavni poudarek na svetlobnih razmerah. Kljub velikemu pomenu za zdravstveno stanje, produktivnost in trajnost gozdnih ekosistemov (Bhatti in sod., 2000) je bilo dinamiki vsebnosti vlage v tleh v raziskavah o uspešnosti naravnega pomlajevanja namenjene le malo pozornosti. Vpliv vsebnosti vlage v tleh na naravno pomlajevanje bukve je skupaj z drugimi ekološkimi dejavniki (svetloba, kompeticija

pritalne vegetacije) obravnaval Madsen (1994). Rajkai in Gacsi (2004) sta obravnavala prostorsko razporeditev vlage v tleh v vrzelih gospodarskega gozda bukve. Vpliv stopnje zastiranja krošenj v povezavi z vlago v tleh na kalivost bukovega žira je proučeval Ammer s sodelavci (2002). Vpliv velikosti vrzeli v bukovem sestoju na višino, premer ter anatomske in morfološke lastnosti naravnega bukovega pomladka je obravnavala Collet s sodelavci (2001; 2002). Prostorsko in časovno dinamiko vlage v tleh v sestoju duglazije je proučeval Shaap s sodelavci (1997), v mešanem sestoju smreke in bukve pa Schume s sodelavci (2003b; 2004). Prostorsko razporeditev temperature in vlage tal na robovih posek v subalpskem višinskem pasu Britanske Kolumbije je proučeval Redding s sodelavci (2002). Bruckner s sodelavci (1999) je proučeval medsebojne vplive vsebnosti vlage v tleh, pH vrednosti ter mineralizacijo dušika v zmernih gozdovih iglavcev.

3 CILJI NALOGE IN RAZISKOVALNE HIPOTEZE

AIM OF THE STUDY AND RESEARCH HYPOTHESIS

V nalogi smo raziskali značilnosti vodnega cikla v procesu naravnega pomlajevanja v dinarskem jelovo-bukovem pragozdu ter v gospodarskem sonaravnem gozdu. Zanimalo nas je, kako vplivajo vrzeli v pragozdu in v sonaravno gospodarjenem gozdu na mikroklimatske razmere ter na posamezne elemente vodne bilance (evapotranspiracijo, intercepcijo, odtok v podtalje,...). Prikazali smo vodno bilanco dinarskega jelovo-bukovega gozda in pri tem uporabili modeliranje. Cilji raziskave so bili:

- ugotoviti, kakšne so mikroklimatske razmere na izbranih objektih v pragozdu ter gospodarskem sonaravnem gozdu ter prikazati elemente vodne bilance za posamezne razvojne faze v pragozdu ter sonaravno gospodarjenem gozdu
- preizkusiti primernost različnih modelov za izračun vodne bilance v gozdu ter preveriti njihove rezultate z meritvami
- raziskati vpliv vlažnostnih razmer v tleh v povezavi z nekaterimi mikroklimatskimi dejavniki na naravno pomlajevanje bukovo-jelovega dinarskega gozda

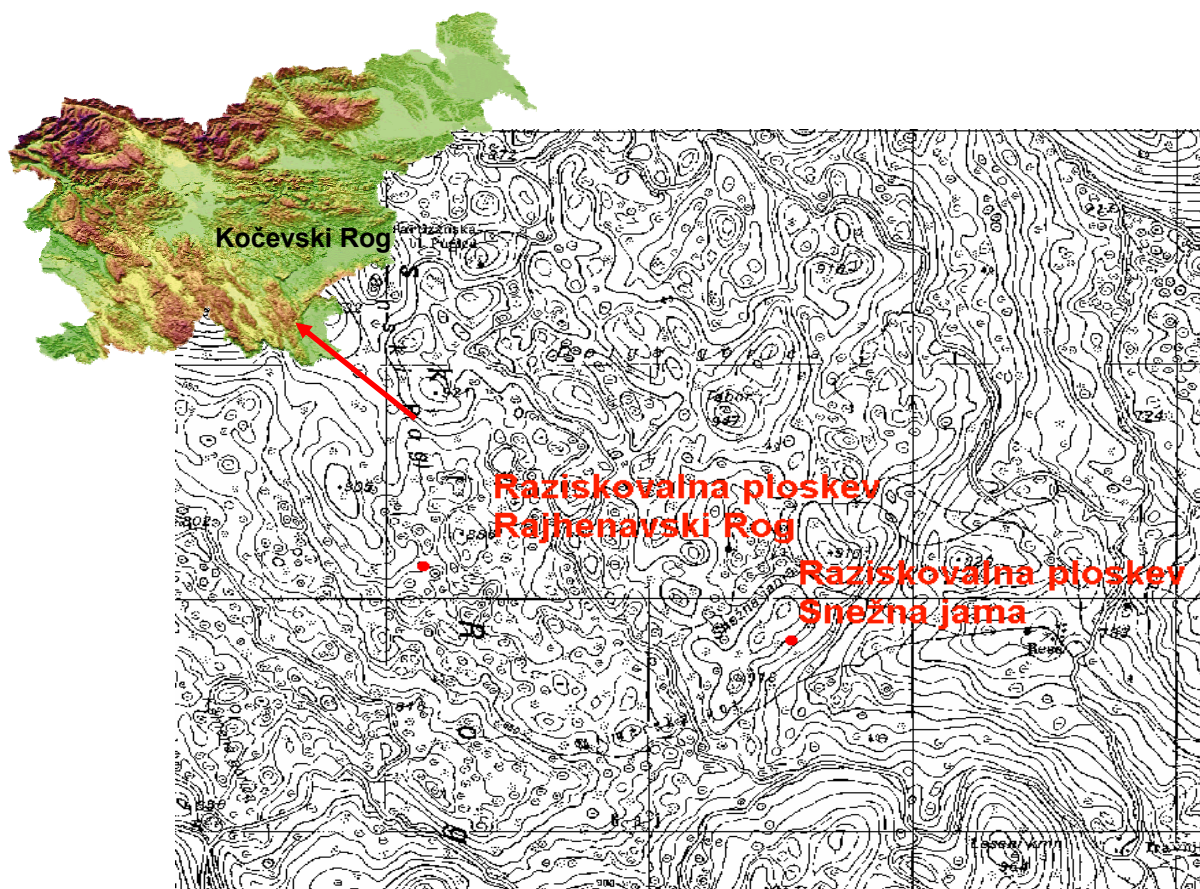
Raziskovalne hipoteze:

1. Vodna bilanca se razlikuje glede na mesto meritve
 - na sredini vrzeli in v gozdnem sestoju na obravnavanem raziskovalnem objektu
 - na sredini vrzeli v gospodarskem gozdu in na sredini vrzeli v pragozdu
 - na sredini vrzeli, osnovane v letu 2000 in na sredini vrzeli, ki je bila osnovana v letu 1990
2. Za grobo oceno vodne bilance gozda so enostavni modeli primernejši od bolj zapletenih zaradi manjšega števila potrebnih vhodnih parametrov
3. Vlažnostne razmere v tleh vplivajo na uspešnost naravnega pomlajevanja dinarskega jelovo-bukovega gozda, kadar je padavin malo in nastopijo sušne razmere

4 MATERIALI IN METODE MATERIALS AND METHODS

4.1 OPIS RAZISKOVALNIH PLOŠKEV DESCRIPTION OF THE RESEARCH SITES

Naloga je potekala v vegetacijskem obdobju (obsega mesece od maja do vključno oktobra) v letih 2003 in 2004 na dveh raziskovalnih objektih, in sicer v gospodarskem gozdu (raziskovalna ploskev Snežna jama) in pragozdu (raziskovalna ploskev Rajhenavski Rog). Objekt v pragozdu je vključeval podobjekte: sklenjeni gozdni Sestoj (RS) (okvirna velikost 0,15 ha) ter večja Vrzel RV (premer od 40 do 45 m). Objekt v gospodarskem gozdu je vključeval podobjekte: sklenjeni gozdni Sestoj SS (okvirna velikost 0,15 ha), Velika vrzel SVV (premer od 40 do 45 m) ter Mala vrzel SMV (premer od 25 do 30 m), ki sta bili osnovani v zimi leta 2000 in kjer je pomladek bukve v fazi mladja, in pa vrzel Mladje SPC (premer približno 40 m), ki je bila osnovana v letu 1990 in kjer je bukov pomladek v fazi gošče. Poudariti moramo, da osnovanje vrzeli takih velikosti ni ustaljen način obnove v teh gozdnih ekosistemih (Roženbergar in Diaci, 2003a).

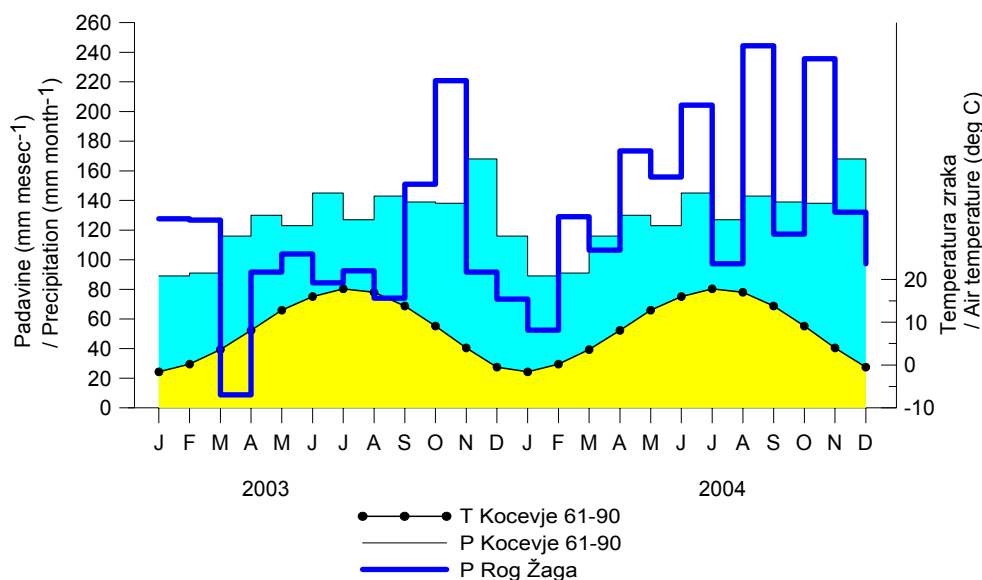


Slika 4: Lokacija raziskovalnega objekta Snežna jama in Rajhenavski Rog

Figure 4: Location of research sites Snežna jama and Rajhenavski Rog

4.1.1 Podnebje, tla, vegetacija Climate, soil and vegetation

Obravnavana raziskovalna objekta se nahajata na grebenu roškega masiva (45°20'N, 14°30'E, 860 - 890 m n.v.), južno od vrha Kočevskega Roga, na območju dinarskih jelovo-bukovih gozdov. Podnebje je dinarsko gorsko s povprečno letno količino padavin do 1500 mm (Kraigher in sod., 2002). Matični substrat so predvsem kredni apnenci, relief je izrazito kraški: razgibano, skalovito, vrtačasto pobočje. Matična podlaga sestoji iz apnenca, dolomitiziranega apnenca in dolomita. Prevladujejo talni tipi: kamnišča, rendzine in rjava pokarbonatna tla (FAO, 1990; WRB, 1998; Urbančič, 2004). Oba raziskovalna objekta spadata v dinarski jelovo-bukov gozd oziroma rastlinsko združbo bukve in spomladanske torilnice (*Omphalodo-Fagetum* (Tregubov 1957, corr. Puncer 1980) Marinšek *et al.* 1993), (Puncer, 1980).



Slika 5: Povprečne mesečne količine padavin na prostem (P Rog Žaga) (n.m.v. 740 m) v letih 2003 in 2004 ter povprečne temperature zraka (T Kočevje 61-90) in količine padavin v Kočevju (P Kočevje 61-90) (n.m.v. 461 m) za obdobje 1961 – 1990

Figure 5: Average monthly precipitation in the open (P Rog Žaga) (740 m a.s.l) in years 2003 and 2004, average monthly air temperature (T Kočevje 61-90) and precipitation at Kočevje climatological station (P Kočevje 61-90) (461 m a.s.l) in the period 1961 – 1990

4.1.1.1 Raziskovalna ploskev Rajhenavski Rog Research site Rajhenavski Rog

Raziskovalna ploskev se nahaja na južnem delu pragozdnega rezervata Rajhenavski Rog, ki spada v gospodarsko enoto (GE) Rog v Kočevskem gozdnogospodarskem območju (GGO). Nadmorska višina je 880 m n.m., prevladuje južna ekspozicija.

Pragozdni rezervat Rajhenavski Rog v prvem ureditvenem elaboratu Leopolda Hufnagla iz leta 1894 ni bil označen kot rezervat, pač pa so bile v evidenčne knjige vpisane manjše sečnje (Hartman, 1987). Domnevno je do sečenj prišlo zopet na začetku 20. stoletja ter v letu 1948 v robnem območju rezervata, ko je bilo posekane 7 % lesne zaloge. Danes pragozdni rezervat (oddelek 31) obsega 51,14 ha. 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 $798 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, 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 (1957 je znašal 64 %). Delež dreves z večjimi premeri se je povečal, gostota drevja je manjša.

4.1.1.2 Raziskovalna ploskev Snežna jama Research site Snežna jama

Raziskovalna ploskev se nahaja v bližini pragozdnega rezervata (približno 1300 m zračne razdalje) v GE Čermošnjice v GGO Novo mesto. Nadmorska višina je med 880 in 890 m n.m., prevladuje jugovzhodna ekspozicija s 30 % naklonom. Vrstna sestava sestaja je podobna tisti v pragozdnem rezervatu. Skupna lesna zaloga znaša $255 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

4.2 METODE DELA METHODS

4.2.1 Vremenske spremenljivke Meteorological data

Vremenske spremenljivke smo merili s tremi vremenskimi postajami »Vantage Pro Wireless« (Davis Instruments), ki so tekom vegetacijske dobe v letih 2003 in 2004 beležile urne vrednosti za temperaturo zraka, relativno zračno vlago, smer in hitrost vetra ter padavine na izbranih mestih. Vremenske postaje so bile na raziskovalnih ploskvah nameščene v skladu z navodili ICP Forest (Anonymous, 2002b), vendar z omejitvami glede na razmere v sestojih in vrzelih. Za vremenske postaje je bil na Agenciji republike Slovenije za okolje (ARSO) v Umerjevalnem laboratoriju izveden postopek kalibracije za relativno zračno vlago ter

temperaturo zraka (Pavlovčič, 2004). Pri relativni zračni vlagi je bilo ugotovljeno v povprečju 2,2 % odstopanje v razponu med 20 in 95 %, pri temperaturi zraka pa so bila odstopanja med $\pm 0,25$ in $\pm 0,45$ °C.

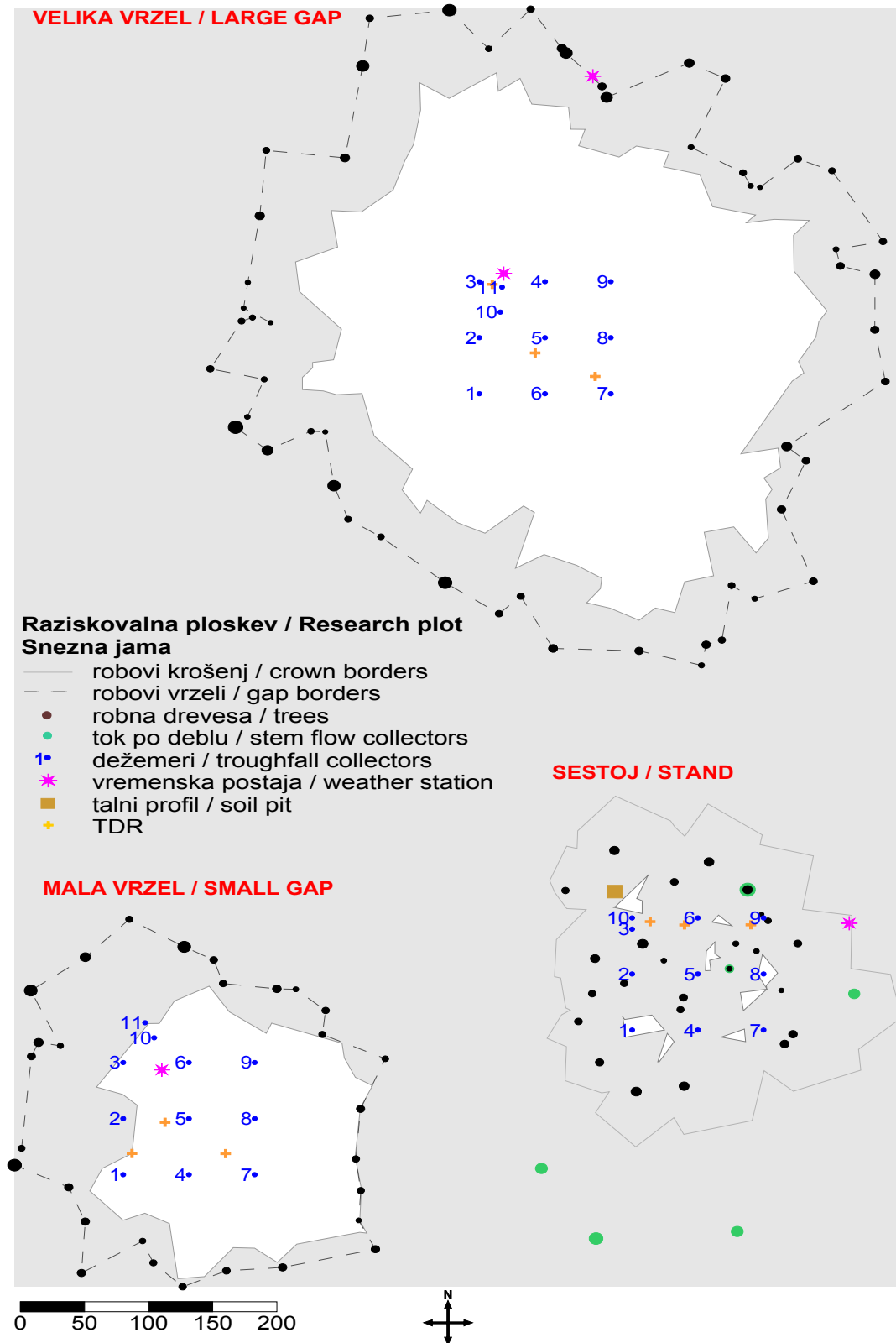
Preglednica 3: Seznam vremenskih meritev na posameznih podobjektih

Table 3: List of meteorological measurements at research plots

Raziskovalna ploskev / Research site	Podobjekt / Plot	Temp. zraka na 2. m / Air temperature (°C)	Rel. zračna vlaga / Relative humidity (%)	Padavine / Precipitation (mm)	Smer in hitrost vetra / Wind speed and direction (m s ⁻¹)	Glob. sončno obsevanje / Global radiation (W m ⁻²)	Temp. tal na globini 5 in 20 cm / Soil temperature (°C)
Snežna jama	SVV	√	√	√	√	√	√
	SMV	√	√				
	SS	√	√	√	√		√
	SPC	√	√				
Rajhenavski Rog	RV	√	√	√	√		
	RS	√	√				

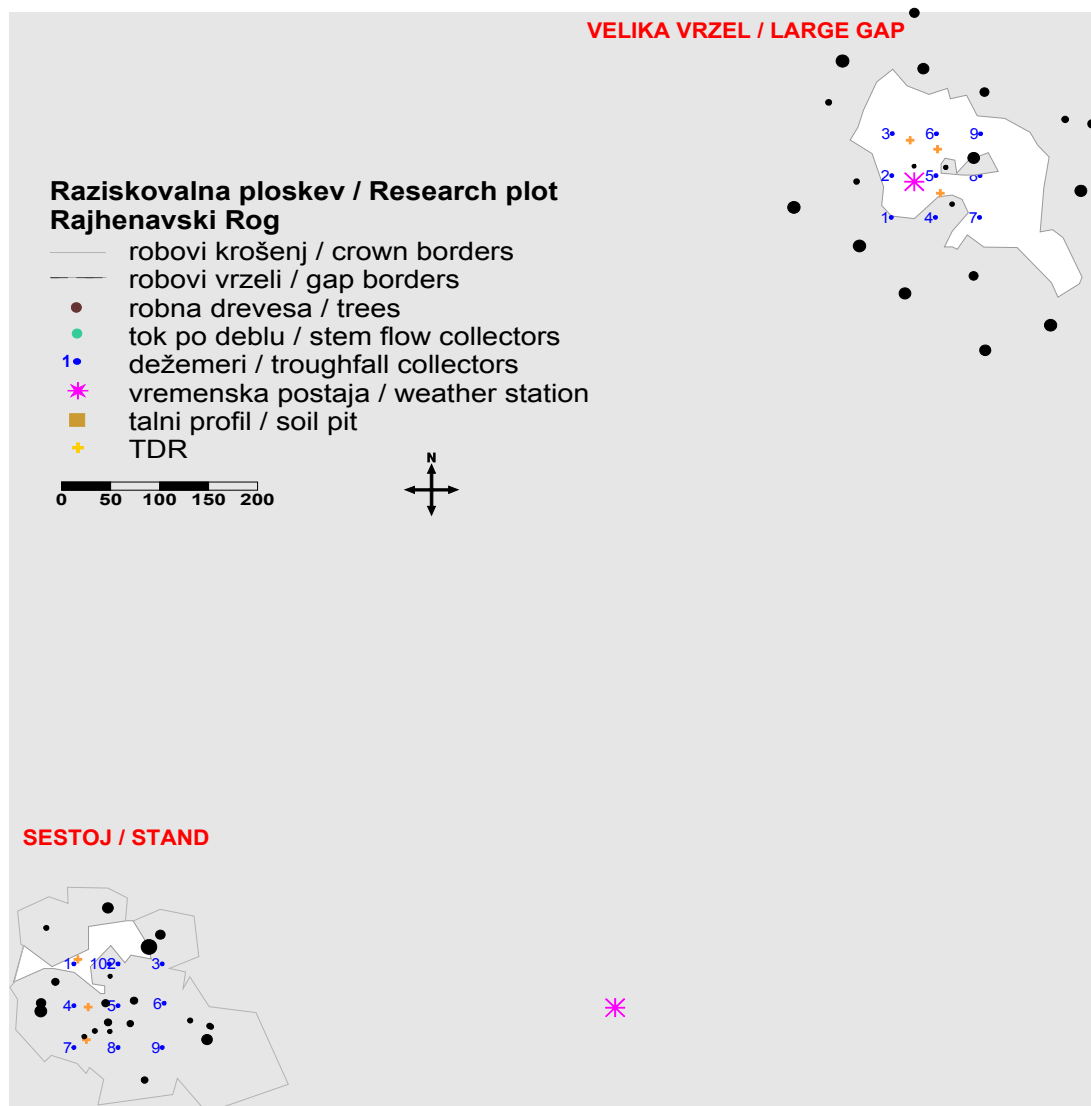
Za potrebe modeliranja smo vrednosti temperature zraka, relativne zračne vlage in sončnega obsevanja pridobili za klimatološko postajo Kočevje ter EMEP postajo Iskrba (vir: arhiv ARSO).

Na Sliki 6 in 7 so prikazane raziskovalne ploskve Snežna jama in Rajhenavski Rog z podobjekti ter merilnimi inštrumenti.



Slika 6: Skica raziskovalne ploskve Snežna jama ter merilni inštrumenti

Figure 6: Top view and instrumentation of the research site Snežna jama



Slika 7: Skica raziskovalne ploskve Rajhenavski Rog ter merilni inštrumenti

Figure 7: Top view and instrumentation of the research site Rajhenavski Rog

4.2.2 Prepuščene padavine in padavine na prostem Throughfall and precipitation in the open

Na vseh podobjektih smo v pravilni prostorski mreži 5 x 5 m postavili po 9 dežemerov, na podobjektu Mladje (SPC) pa zaradi izjemno velike skeletnosti tal 3 dežemere. Količino padavin na prostem, za katero predpostavljamo, da je enaka količini padavin, ki doseže vrhove krošenj na ploskvah, smo spremljali na raziskovalni ploskvi »Rog Žaga« (Slika 8). Količino padavin v dežemerih smo spremljali mesečno od maja do oktobra 2003 ter od maja do oktobra 2004, količino padavin na prostem pa mesečno od januarja 2003 do decembra 2004.



Slika 8: Raziskovalna ploskev Rog Žaga (SŽ)

Figure 8: Research site Rog Žaga (SŽ) in the open field

4.2.3 Vzorčenje talne raztopine Soil solution sampling

Vzorke talne raztopine smo zbirali z lizimetri s keramičnimi svečkami z mikrometrskimi porami (Simončič, 1996). V ta namen so bile na vsakem od raziskovalnih podobjektov SVV, SMV, SS, RS in RV vstavljene po tri keramične svečke v globini 50 cm pod organsko plastjo tal. Keramične svečke so s plastično cevko povezane s steklenicami, v katerih se zbira talna raztopina. V steklenicah (0,5 l) se vzpostavi podtlak 0,6 bara z ročno vakuumsko črpalko. Vzorčenje talne raztopine je potekalo mesečno od maja do oktobra 2003 ter od maja do oktobra 2004.

4.2.4 Meritve odtoka po deblu Stemflow measurements

V gospodarskem gozdu smo v gozdnem sestoju merili odtok vode po deblu na šestih izbranih drevesih različnih premerov, da smo dobili reprezentativne vrednosti za obravnavani sestoj. Ker znaša odtok po deblu iglavcev največ 2 % letne količine padavin (Brechtel in Pavlov, 1977), smo upoštevali le odtok po deblu listavcev. Slika 9 prikazuje spiralni vzorčevalni trak za vzorčenje odtoka vode po deblu na bukvi (*Fagus sylvatica* L.), s plastično cevjo in sodi za zbiranje odtoka. Vsi vzorčevalniki so bili izdelani na GIS v Ljubljani (Simončič, 1996) v skladu z navodili ECE - ICP Forest (Draaijers in sod., 2001; Anonymous, 2002a):

- izbrana drevesa so bila bukve (*Fagus sylvatica* L.) zaradi gladkega lubja
- 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



Slika 9: Spiralni vzorčevalni trak za vzorčenje odtoka vode po deblu na bukvi (*Fagus sylvatica* L.)
Figure 9: Spiral stemflow collector at a beech tree (*Fagus sylvatica* L.)

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 950 l. Iz dobljenih količin smo izračunali mesečne vrednosti odtoka po deblu na ha ($\text{mm ha}^{-1}\text{mesec}^{-1}$) za obravnavani sestoj v gospodarskem gozdu in pragozdu na dva načina. Pri prvem izračunamo količino odtoka po deblu na enoto površine (mm ha^{-1}) s pomočjo razmerja med skupno površino krošenj na obravnavani ploskvi ter površino krošenj dreves, na katerih izvajamo meritve odtoka po deblu (Simončič, 1996):

$$SF = \sum_i^n SF_i * \frac{P}{\sum_i^n P_i} \quad (13)$$

kjer je

SF skupna količina odtoka po deblu na ploskvi ($\text{mm ha}^{-1}\text{mesec}^{-1}$) / total stemflow at the plot ($\text{mm ha}^{-1}\text{month}^{-1}$)

SF_i količina odtoka po deblu na izbranih bukvah ($\text{mm ha}^{-1}\text{mesec}^{-1}$) / stemflow at selected beech trees ($\text{mm ha}^{-1}\text{month}^{-1}$)

P vsota površin krošenj vseh bukev na ploskvi / sum of crown surface areas of all beech trees at the plot (m^2)

P_i površina krošenj izbranih bukev dreves / sum of crown surface areas of selected beech trees (m^2)

Pri drugem načinu izračunamo količino odtoka po deblu na enoto površine (mm ha^{-1}) s pomočjo razmerja med skupno temeljnico dreves na obravnavani ploskvi ter temeljnico dreves, na katerih izvajamo meritve toka po deblu (Anonymous, 2002a):

$$SF = \sum_i^n SF_i * \frac{BA}{\sum_i^n BA_i} \quad (14)$$

kjer je

SF skupna količina odtoka po deblu na ploskvi ($\text{mm ha}^{-1} \text{mesec}^{-1}$) / total stemflow at the plot ($\text{mm ha}^{-1} \text{month}^{-1}$)

SF_i skupna količina odtoka po deblu na izbranih bukvah ($\text{mm ha}^{-1} \text{mesec}^{-1}$) / stemflow at selected beech trees ($\text{mm ha}^{-1} \text{month}^{-1}$)

BA vsota temeljnic vseh bukev na ploskvi / sum of basal areas of all beech trees at the plot (m^2)

BA_i temeljnice izbranih bukev / sum of basal areas of selected beech trees (m^2)

4.2.5 Vsebnost kloridnih ionov Chloride concentrations

Kloridni ioni v vzorcih prepuščenih padavin in talne raztopine so bili določeni v Laboratoriju za gozdno ekologijo (GIS) in sicer z ionsko kromatografijo po standardni metodi ISO 10304 (1998). Oznaka metode je W IC-A ISO 10304. Analize so bile do oktobra 2003 izvedene na aparatu Spectra Physics P100 – SHODEX CD 5 z anionsko kolono DIONEX AS4A SC (4 x 250 mm) in uporabo kemijske surpresije. Analize za vzorce, prejete po oktobru 2003, so bile izvedene na aparatu Metrohm. Za analizo anionov se uporablja kolona Metro Sep A Supp4, 250 x 4mm in kemijska surpresija.

4.2.6 Talne razmere Soil properties

Talne razmere in morfološke lastnosti tal so bile ugotovljene s polkrožno sondo do 40 cm globoko na šestnajstih mestih vsakega od podobjektov, razen na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Mladje (SPC) (Urbančič, 2004). Določene so bile debeline horizontov ter skeletnost tal. Podobjekte smo razvrstili glede na dve prevladujoči talni enoti: razvite rendzine (*Rendzic Leptosols* - LPrz) in rjava pokarbonatna tla (*Eutric Cambisols* - CMeu). Na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV) smo na mreži 5 x 5 m ter v dveh kvadrantih tudi 1 x 1 m določili talne razmere in morfološke lastnosti tal s polkrožno sondo do 40 cm globoko na 220 točkah (Urbančič, 2004).

4.2.6.1 Debeline plasti

Thickness of horizons

Povprečne debeline in vrste plasti, ugotovljene na 16. sondažnih izvrtkih na vsakem od podobjektov, so prikazane v Preglednici 4.

Preglednica 4: Povprečne debeline in vrste horizontov ter prevladujoča vrsta tal na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Mala vrzel (SMV), Sestoj (SS) in Velika vrzel (SVV) ter na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) in Vrzel (RV). Oznake plasti: O = organski horizont, A = humusnoakumulacijski horizont, (B) = kambični horizont, M = mineralni del tal

Table 4: Average thickness of horizons (cm) and prevailing soil plots at research site Snežna jama, plot Small gap (SMV), Stand (SS) and Large gap (SVV); research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS), Gap (RV). Horizons: O = organic horizon, A = humus accumulation horizon, (B) = cambic horizon, M = mineral part of soil

Raziskovalna ploskev / Research site	Podobjekt	Debelina horizonta / Thickness of horizon (cm)			Globina mineralnega dela tal / Depth of mineral part (cm)	Skupna debelina tal / Soil thickness (cm)	Skeletnost / Soil rock content (%)	Prevladujoča vrsta tal / Prevailing soil unit
		O	A	(B)				
Snežna jama	SMV	3	11	14	25	28	26	Nerazvite rendzine / <i>Eutric Leptosols</i>
	SS	4	11	18	28	32	24	Rjava pokarbovatna tla / <i>Eutric Cambisols</i>
	SVV	1	12	19	31	31	22	Rjava pokarbovatna tla / <i>Eutric Cambisols</i>
Rajhenavski Rog	RS	5	14	14	28	33	30	Razvite rendzine / <i>Rendzic Leptosols</i>
	RV	5	5	20	25	30	23	Rjava pokarbovatna tla / <i>Eutric Cambisols</i>

4.2.6.2 Vodno-zračne lastnosti tal

Soil hydraulic properties

Vodno-zračne lastnosti tal smo pridobili iz podatkovne baze GIS-a. Za obe prevladujoči talni enoti, razvite rendzine in rjava pokarbovatna tla, sta bila narejena reprezentančna profila, iz katerih so bili na različnih globinah (0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-25, 25-30, 30-35, 35-40 cm) vzeti vzorci za analize vodno-zračnih lastnosti tal: dozdevna gostota, poljska kapaciteta za vodo (0,33 MPa), točka venenja (1,5 MPa) in rastlinam dostopna (razpoložljiva) vlaga v tleh ter izdelane pF krivulje (Lukanc, 1992; Simončič in Urbančič, 2000), ki so prikazane v Prilogi A.

Preglednica 5: Dozdevna gostota, poljska kapaciteta za vodo (FC), točka venenja (PWP) in rastlinam dostopna vlaga v tleh (AWC) za razvite rendzine (*Rendzic Leptosols*) in rjava pokarbonatna tla (*Eutric Cambisols*), na globinah od 0 – 10 cm in od 0 do 40 cm

Table 5: Bulk density, Field capacity (FC), Permanent wilting point (PWP) and Plant available water in soil (AWC) for *Rendzic Leptosols* and *Eutric Cambisols*

Globina tal / Soil depth (cm)	Dozdevna gostota / Bulk density (g cm ⁻³)	FC (vol %)	PWP (vol %)	AWC (vol %)
<i>Eutric Cambisols</i>				
0 - 10	0.87	39.06	14.68	24.38
0 - 40	1.16	46.13	14.71	31.42
<i>Rendzic Leptosols</i>				
0 - 10	0.54	31.48	17.31	14.16
0 - 40	0.96	38.57	18.51	20.07

4.2.6.3 Hidravlična prevodnost nasičenih tal Saturated hydraulic permittivity

Vrednosti za hidravlično prevodnost nasičenih tal smo pridobili v “Laboratoriju katedre za urejanje kmetijskega prostora in agrohidrologijo”, kjer so bile opravljene analize talnih vzorcev iz reprezentančnih profilov za dva prevladujoča tipa tal: razvite rendzine in rjava pokarbonatna tla v Rajhenavskem Rogu (Zupanc, 2003b). Meritve hidravlične prevodnosti tal so bile izvedene na Darcyevem aparatu po standardni metodi s stalnim in z nestalnim pritiskom. Povprečna vrednost koeficienta hidravlične prevodnosti K za rjava pokarbonatna tla za vrhnji A horizont je 0,024 cm s⁻¹ (srednje prepusten horizont). Povprečna vrednost koeficienta K za talno plast (B)_{rz1} je 0,014 cm s⁻¹ (srednje prepustna tla). Povprečna vrednost K talne plasti (B)_{rz3} je 0,033 cm s⁻¹ (srednje prepusten horizont). Povprečna vrednost koeficienta hidravlične prevodnosti K za razvite rendzine za vrhnjo talno plast je 0,449 cm s⁻¹ (dobro prepustna tla). Povprečna vrednost koeficienta K za horizont A/C je 0,297 cm s⁻¹ (dobro prepustna tla). Povprečna vrednost K horizonta (B)_{rzC} je 0,014 cm s⁻¹ (srednje prepustna tla).

Preglednica 6: Povprečne vrednosti koeficienta hidravlične prevodnosti K za posamezne plasti tal za razvite rendzine (LPrz) in rjava pokarbonatna tla (CMeu) v Rajhenavskem Rogu (Zupanc, 2003b)

Table 6: Average coefficient of hydraulic permittivity K at different soil depths for *Rendzic Leptosols* (LPrz) and *Eutric Cambisols* (CMeu) in Rajhenavski Rog (Zupanc, 2003b)

Globina tal / Soil depth (cm)	Oznaka plasti / Horizon (cm)	K (cm s ⁻¹)
Eutric Cambisols		
0 - 5	A	0.024
5-20	(B) _{rz1}	0.014
20 - 40	(B) _{rz2}	0.071
55 - 65	(B) _{rz3}	0.033
Rendzic Leptosols		
0 - 5	A	0.449
5-20	A/C	0.297
20 - 40	(B) _{rz} C	0.014

4.2.7 Vsebnost vlage v tleh

Soil moisture content

4.2.7.1 Vsebnost vlage v tleh na globini od 0 do 40 cm

Soil moisture content at 0 – 40 cm depth

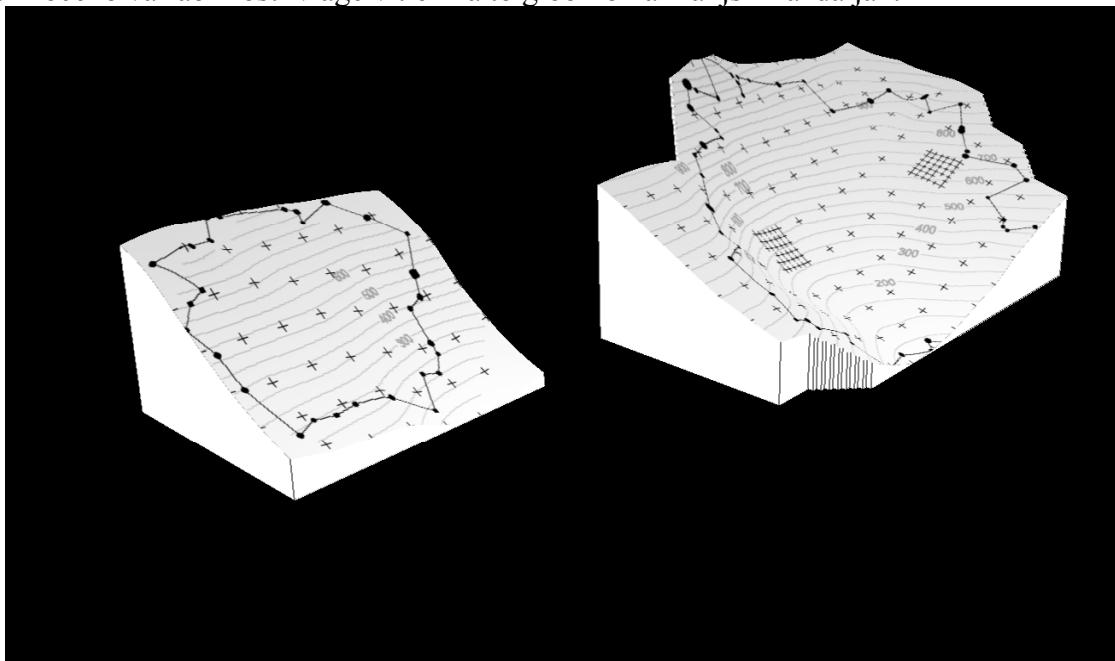
Volumsko vsebnost vlage v tleh smo merili z napravo TDR100 (Textronix model 1502 B/C, PRENART EQUIPMENT ApS, Copenhagen, Danska), ki z uporabo programa AUTOTDR preko prenosnega računalnika omogoča avtomatsko pridobivanje in analizo TDR meritev (Thomsen, 1994). Na vsakem od podobjektov smo v tla vstavili po tri pare 0,40 m dolgih jeklenih konic (elektrod), pri čemer smo pare konic vstavili v tla tam, kjer so bila tla dovolj globoka. Meritve smo na vsakem podobjektu izvajali v vegetacijskem obdobju 2003 mesečno, v vegetacijskem obdobju 2004 na 14 dni. Vrhovi konic so bili pokriti z opadom, razen v času meritve.

4.2.7.2 Vsebnost vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm

Soil moisture content at 0 – 10 cm depth

Na točkah prostorsko pravilne mreže 5 x 5 m na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV) smo v vegetacijskem obdobju v letih 2003 in 2004 mesečno spremljali volumske vsebnosti vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm (Slika 10). V Mali vrzeli (SMV) smo vstavili 44, v Veliki (SVV) pa 115 parov jeklenih konic dolžine 0,10 m. Meritve smo izvajali na vseh točkah v istem dnevu. Dodatno smo v letu 2004 v dveh

kvadrantih prostorsko pravilne mreže 5 x 5 m postavili še mrežo 1 x 1 m s 66 pari konic, da bi dobili oceno variabilnosti vlage v tleh za to globino na manjših razdaljah.



Slika 10: Skica raziskovalne ploskve Snežna jama Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV) s prostorsko pravilno mrežo (5 x 5 m in 1 x 1 m) meritev volumnske vsebnosti vlage v tleh s TDR na globini od 0 do 10 cm

Figure 10: Research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) and Small gap (SMV) with grid (5 x 5 m and 1 x 1 m) of TDR volumetric soil moisture measurements at 0 – 10 cm depth

4.2.7.2.1. Prostorska interpolacija s krigingom Kriging

Za prostorski prikaz volumnske vsebnosti vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm smo uporabili objektivno prostorsko interpolacijo, imenovano splošni kriging (Isaaks in Srivastava, 1989; Nielsen in Wendroth, 2003). Z objektivno prostorsko interpolacijo na osnovi prostorsko enakomerno razporejenih meritev izračunamo vrednosti spremenljivk na lokacijah, kjer ni meritev (Kastelec, 2001). Teoretične osnove ter izrazoslovje je v slovenščini predstavila Kastelec (2001) v okviru objektivne prostorske interpolacije vremenskih spremenljivk in njihovega kartiranja. Na tem mestu predstavljamo le uporabljene metode in osnovne postopke.

Izmerjene vsebnosti vlage v tleh na posameznih točkah smo zmanjšali za s sondažo ocenjeno vsebnost skeleta v neposredni bližini točke. Za vsako mesečno serijo meritev na podobjektu smo preverili normalnost porazdelitve. Nato smo ocenili prostorsko porazdelitev mesečnih meritev vsebnosti vlage v tleh z modelom osnovnega kriginga. Za vsako mesečno meritev na posameznem podobjektu smo določili variograme, pri čemer smo uporabili priporočeno

kombinacijo avtomatskega prilagajanja s programom Surfer 8 ter subjektivne ocene (Schume in sod., 2003b). Za variogram smo privzeli, da je izotropen (prostorska povezanost je odvisna le od dolžine in nič od smeri), kar se je kasneje izkazalo, da ni upravičeno. To smo ugotovili na podlagi količnika in smeri anizotropije, ki nakazujeta stopnjo in smer večje zveznosti med vrednostmi (Isaaks in Srivastava, 1989). Variabilnost na razdaljah, manjših od intervala meritev, in napako merilnega inštrumenta (vpliv zlatega zrna ali angl. nugget effect) (Nielsen in Wendroth, 2003) je ocenjena z ekstrapolacijo vrednosti variograma pri majhnih razdaljah. Da bi izboljšali oceno »vpliva zlatega zrna«, smo v letu 2004 v Veliki vrzeli (SVV) v dveh kvadrantih 5 x 5 m postavili še mrežo 1 x 1 m. Izbira ustreznega variograma in ustrezne vplivne okolice za posamezne mesečne meritve je bila izvedena na osnovi navzkrižnega preverjanja rezultatov kriginga, pri čemer smo izračunali dve statistiki (Kastelec, 2001): relativno povprečno napako (RME) ter relativno povprečno kvadrirano napako (RMSE – angl. Root Mean Square Error). Izračunali smo tudi korelacijski koeficient med interpoliranimi in izmerjenimi vrednostmi. Ker je bila v določenih primerih ta korelacija zelo šibka, smo za vsako meritev uporabili tudi interpolacijo s pomočjo »potence tehtane sredine razdalj« (angl. Inverse distance to a power) (INDP) (Surfer 8., 2002). Pri tej metodi so interpolirane vrednosti izbrane točke izračunane s pomočjo tehtanja razdalj do sosednjih točk na izbrano potenco. Z večanjem oddaljenosti točk od izbrane meritve se manjša njihova utež, pri čemer višja potencia pomeni manjšo utež za bolj oddaljene meritve. Tudi za to metodo smo izračunali RME, RMSE in korelacijski koeficient med interpoliranimi in izmerjenimi vrednostmi. Primerjali smo uporabnost kriginga v primerjavi s INDP za prostorsko interpolacijo meritev vsebnosti vlage v tleh.

Za izdelavo prostorskih prikazov smo uporabili variogram, za katerega smo na osnovi navzkrižnega preverjanja dobili najboljše rezultate. Vsi grafični prikazi modelov variogramov ter prostorski prikazi so narejeni s programom Surfer 8.

4.2.7.3 Kalibracija TDR naprave TDR calibration

Kalibracija meritev volumske vsebnosti vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm s TDR je potekala tako, da smo na raziskovalnih ploskvah Snežna jama in Rajhenavski Rog vzeli vzorce obeh prevladujočih talnih tipov: razvitih rendzin (LPrz) in rjavih pokarbonatnih tal (CMeu) (Urbančič, 2004). Za vsak talni tip s posamezne ploskve smo pripravili niz vzorcev tal z znanimi volumskimi vsebnostmi vlage (izmerjene z gravimetrično metodo) ter vsakemu izmerili dielektrično konstanto tal K_a (Dirksen, 1999). Izpeljali smo kalibracijske krivulje za posamezne talne enote s ploskev Snežna jama in Rajhenavski Rog (Preglednica 7, Priloga B1). Toppova enačba podcenjuje z gravimetrično metodo ugotovljeno vsebnost vlage v tleh, kar je še posebej značilno za rjava pokarbonatna tla (CMeu) pri volumskih vsebnostih vlage v tleh nad 30 %.

Preglednica 7: Kalibracijske krivulje za pretvorbo dielektrične konstante tal K_a v volumsko vsebnost vlage v tleh ter koeficient determinacije (R^2) za prevladujoče talne enote: razvite rendzine (LPrz) in rjava pokarbonatna tla (CMeu) na ploskvah Snežna jama in Rajhenavski Rog na globini od 0 do 10 cm.

Table 7: Calibration curve for transformation of dielectric constant K_a into soil moisture content and coefficient of determination (R^2) for prevailing soil plots: *Rendzic Leptosols* (LPrz) and *Eutric Cambisols* (CMeu) at 0 – 10 cm depth at research site Snežna jama and Rajhenavski Rog

		Kalibracijska krivulja / Calibration curve		R^2
Rajhenavski Rog	CMeu	$y = 0.0114x^3 - 0.7048x^2 + 15.786x - 70.244$		0.942
	LPrz	$y = 0.0029x^3 - 0.2214x^2 + 6.3449x - 23.419$		0.998
Snežna jama	CMeu	$y = 0.0039x^3 - 0.2628x^2 + 6.8943x - 22.324$		0.978
	LPrz	$y = 0.0035x^3 - 0.2897x^2 + 8.0267x - 20.334$		0.999

S t – testom za odvisne vzorce smo lahko potrdili, da se s Toppovo enačbo pridobljene vsebnosti vlage v tleh statistično značilno razlikujejo (pri $p < 0,05$) od merjenih z gravimetrično metodo (razen za LPrz v Rajhenavskem Rogu), medtem ko za vrednosti, pridobljene s kalibracijskimi krivuljami, statistično značilnih razlik nismo mogli potrditi (Preglednica 8). Za interpretacijo meritev smo zato uporabili izpeljane kalibracijske krivulje za posamezno talno enoto (Preglednica 7).

Preglednica 8: t – test za odvisne vzorce: testiranje razlik med volumskimi vsebnostmi vlage na globini od 0 do 10 cm, pridobljenimi z gravimetrično metodo, kalibracijskimi krivuljami ter Toppovo enačbo za prevladujoče talne enote na ploskvah Snežna jama in Rajhenavski Rog. Statistično značilni koeficienti so označeni s krepko pisavo ($p < 0,05$), $p < 0,01$ so označeni s poševno pisavo.

Table 8: t – test for dependent samples: test for differences between soil moisture content at 0 – 10 cm depth, obtained with gravimetric method, calibration curve and Topp's equation for prevailing soil plots: *Rendzic Leptosols* (LPrz) and *Eutric Cambisols* (CMeu) at research site Snežna jama and Rajhenavski Rog. Statistically significant coefficients are in bold ($p < 0,05$), for $p < 0,01$ are in *italics*.

		Povprečje / Mean 2003		St.d.	N	t-vrednost / t-value	p
Rajhenavski Rog	Cme	Gravimetrično / Gravimetric	34.61	21.82			
		Kalibracija / Calibration	34.64	21.24	7	-0.016	0.988
		Topp	22.46	10.41	7	2.654	0.038
	LPK	Gravimetrično / Gravimetric	28.24	18.02			
		Kalibracija / Calibration	28.55	18.48	7	-0.858	0.424
		Topp	26.44	15.82	7	1.670	0.146
Snežna jama	Cme	Gravimetrično / Gravimetric	31.24	20.00			
		Kalibracija / Calibration	30.93	19.32	8	0.286	0.783
		Topp	24.92	14.25	8	2.698	0.031
	LPK	Gravimetrično / Gravimetric	34.72	19.95			
		Kalibracija / Calibration	35.09	20.45	6	-1.139	0.306
		Topp	25.30	19.68	6	5.473	0.003

Kalibracijo meritev volumske vsebnosti vlage na globini od 0 do 40 cm s TDR je izvedel Adam (2004) za prevladujoči talni tip: rjava pokarbonatna tla (CMeu) na ploskvi Snežna jama. Ker nismo ugotovili, da bi se s Toppovo enačbo pridobljene vrednosti za volumsko vsebnost vlage v tleh statistično značilno razlikovale od tistih, ugotovljenih z gravimetrično metodo, smo za interpretacijo meritev na globini od 0 do 40 cm uporabili Toppovo enačbo (Preglednica 9, Priloga B2).

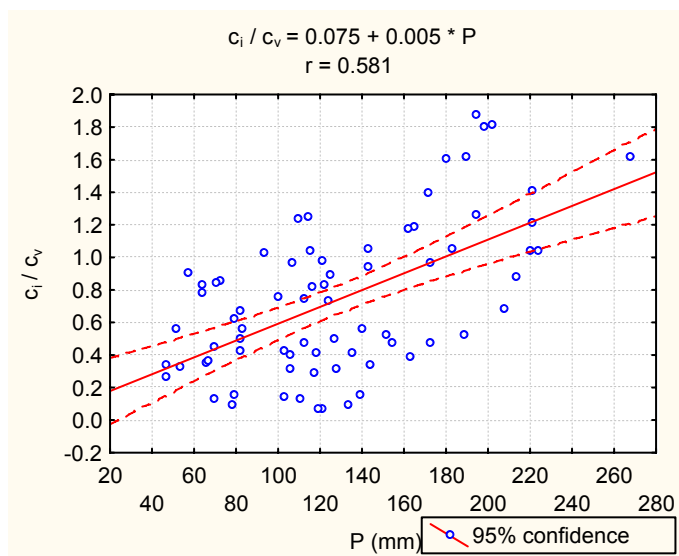
Preglednica 9: t – test za odvisne vzorce: testiranje razlik med volumskimi vsebnostmi vlage na globini od 0 do 40 cm, pridobljene s gravimetrično metodo, kalibracijskimi krivuljami ter Toppovo enačbo za rjava pokarbonatna tla (CMeu) na ploskvi Snežna jam. Statistično značilni koeficienti so označeni s krepko pisavo ($p < 0,05$), $p < 0,01$ so označeni s poševno pisavo.

Table 9: t – test for dependent samples: test for differences between soil moisture content at 0 – 40 cm depth, obtained with gravimetric method, calibration curve and Topp's equation for soil plot *Eutric Cambisols* (CMeu) at research site Snežna jama. Statistically significant coefficients are in bold ($p < 0,05$), for $p < 0,01$ are in *italics*.

			Povprečje / Mean	St.d.	N	t-vrednost / t-value	p
Gravimetrično / Gravimetric			22.87	10.27			
Snežna jama	CMeu	Kalibracija / Calibration	18.35	9.87	8	6.803	0.000
		Topp	18.28	9.78	8	6.953	0.000

4.2.8 Kloridna metoda Chloride balance

Kloridna metoda temelji na predpostavki, da so vnosi in iznosi kloridnih ionov (Cl^-) v tleh v ravnovesju (Anonymous, 2002c). Ta metoda zahteva meritve koncentracij Cl^- ionov v prepuščenih padavinah in v talni raztopini, ki smo jih pridobili z rednimi mesečnimi vzorčenji na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) in Vrzel (RV) v obdobju maj - oktober 2003 in maj - oktober 2004. Ker je metoda primerna za izračun vodne bilance za daljša časovna obdobja, smo iz podatkovne baze GIS pridobili vrednosti koncentracij Cl^- ionov v sestojnih padavinah in v talni raztopini v obdobju maj - oktober 2001 in maj - oktober 2002 na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS). Podobjekt Vrzel (RV) takrat še ni bil osnovan. V primeru, da vzorca prepuščenih padavin ali talne raztopine ni bilo oziroma so analize pokazale od povprečja odstopajoče vrednosti, smo za izračun mesečnega odtoka uporabili z linearno regresijo pridobljene vrednosti količnika med koncentracija Cl^- ionov v sestojnih padavinah ter talni raztopini c_i / c_v (Slika 11).



Slika 11: Vrednosti količnika c_i / c_v v odvisnosti od količine prepuščenih padavin (P) za leta 2001, 2002, 2003, 2004 na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) in podobjekt Vrzel (RV).
 c_i je koncentracija Cl⁻ ionov v sestojnih padavinah (mg l⁻¹), c_v je koncentracija Cl⁻ ionov v talni raztopini (mg l⁻¹)

Figure 11: c_i / c_v ratio in relation to monthly throughfall (P) for years 2001, 2002, 2003, 2004 at research site Snežna jama, plot Stand (SS), Large gap (SVV), Small gap (SMV) and at research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS), Gap (RV)
 c_i is the input Cl⁻ concentration in in throughfall (mg l⁻¹), c_v is the output Cl⁻ concentration in soil solution (mg l⁻¹)

4.2.9 WATBAL WATBAL

4.2.9.1 Vhodne spremenljivke Input data

Model potrebuje vhodne vremenske spremenljivke, parametre o rastlinah ter parametre o talnih razmerah. Ocene povprečne mesečne oblačnosti in povprečne mesečne temperature zraka smo pridobili iz klimatološke postaje Kočevje za obdobje med 1961 in 1990, pri čemer smo upoštevali temperaturni gradient – 0,6 °C na 100 m n.m. (Barry, 2001). Meritve globalnega sončnega obsevanja za leti 2003 in 2004 smo pridobili s EMEP postaje Iskrba. Padavine na prostem smo mesečno merili na podobjektu Rog Žaga. Parametre za pokrovnost krošenj ter potek razvoja indeksa listne površine (LAI) smo pridobili iz ocene LAI (opis v poglavju o vhodnih parametrih za model BROOK90). Določili smo plast tal, za katero smo simulirali vodni tok ter razporeditev korenin v tej plasti tal. Predpostavili smo, da so v sestoji

tla prekoreninjena vse do matične podlage, torej v povprečju do globine 40 cm. Tudi na sredini vrzeli, kjer je bila v letih 2003 in 2004 prisotna bujna pritalna vegetacija, smo sklepali, da se večina živih korenin nahaja v zgornjih 40 cm tal. Ker se raziskovalni objekti nahajajo v dinarskem krasu, korenine dreves nimajo stika s podtalnico, zato je pri modeliranju nismo upoštevali. Vrednosti za vsebnost vlage v tleh pri poljski kapaciteti tal za vodo (FC), uporabljene v modelu, smo izračunali kot povprečje meritev vsebnosti vlage v tleh v mesecih oktober in november 2004 na vsakem podobjektu (Ritter, 2004). Predpostavili smo, da je bila vsebnost vode v tleh v teh mesecih blizu poljske kapacitete tal. Morda vsebnost vode v tleh v teh mesecih odraža nasičenost tal z vodo, ne pa poljske kapacitete tal za vodo, vendar smo te vrednosti uporabili zaradi medsebojne primerjave vsebnosti vlage v tleh med podobjekti. Vsebnost vlage v tleh pri točki venenja (PWP) smo pridobili iz podatkovne baze GIS-a, pri čemer smo jih korigirali glede na delež skeleta v posamezni plasti tal. Vodno-zračne lastnosti tal smo pridobili iz podatkovne baze GIS-a (Lukanc, 1992; Simončič in Urbančič, 2000; Urbančič, 2004).

4.2.9.2 Kalibracija in verifikacija modela WATBAL

Calibration and validation of model WATBAL

Model smo kalibrirali za vegetacijsko obdobje v letu 2003 in posebej v letu 2004, saj se določenih parametrov ne da spreminjati med simulacijo modela. V postopku kalibracije smo primerjali simulirane vrednosti potencialne evapotranspiracije (PET) ter potencialno evapotranspiracijo, izračunano za klimatološko postajo Kočevje (vir: arhiv ARSO) po Penman - Monteithu. Verifikacijo modela smo izvedli s primerjavo simuliranih in merjenih vsebnosti vlage v tleh na globini 0-40 cm, merjenih s TDR mesečno oziroma na 14 dni na vsakem podobjektu na treh mestih. Ujemanje med merjenimi in simuliranimi vsebnostmi vlage v tleh smo preverili z različnimi statističnimi metodami. Ena bolj enostavnih je metoda regresijskih diagramov in določitve koeficienta korelacije (r), ki podaja stopnjo ujemanja med merjenimi in simuliranimi vrednostmi in ga uporabljamo kot mero natančnosti (Petrič, 2000). Drug način za prikaz odstopanj simuliranih vrednosti (P) od merjenih (O) je relativna povprečna kvadrirana napaka (RMSE – angl. Root Mean Square Error) (Thompson, 1999):

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{n}} \quad (15)$$

kjer je

O_i merjena vrednost / measured value

P_i simulirana vrednost / simulated value

n število meritev / number of measurements

Rezultat te enačbe podaja velikost napake med simuliranimi in merjenimi vrednostmi, zato je primerjava napake za različne simulacije in modele v relativnem smislu težavna. Neposredno

primerjavo relativne napake omogoča »Indeks ujemanja D« (angl. Index of agreement). Indeks zavzema vrednosti med 0 in 1. Vrednosti indeksa blizu 1 pomenijo boljše ujemanje merjenih in simuliranih vrednosti. Izračunamo ga po naslednji enačbi:

$$D = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|P_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2} \right] \quad (16)$$

kjer je

P_i simulirana vrednost / simulated value

O_i merjena vrednost / measured value

\bar{O} povprečje vseh merjenih vrednosti / average of all measured value

4.2.9.3 Analiza občutljivost modela WATBAL

Sensitivity analysis of model WATBAL

Namen analize občutljivosti modela je ugotoviti, v kakšni meri lahko nezanesljivost rezultatov modela pripišemo različnim virom nezanesljivosti pri vhodnih spremenljivkah za model (Saltelli, 2005). Analiza občutljivosti modela je sestavni del procesa modeliranja, saj zagotavlja kvaliteto postopkov modeliranja, nepristranskost rezultatov ter obseg možnega zaupanja rezultatom (Saltelli, 2002). Občutljivost modela na velikost posameznih parametrov smo testirali z 10 % povečanjem oziroma zmanjšanjem šestih najvplivnejših parametrov za raziskovalno ploskev Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS).

4.2.10 BROOK90 BROOK90

4.2.10.1 Vhodne spremenljivke

Input data

Vremenske spremenljivke smo pridobili z vremenskimi postajami »Vantage Pro Wireless« (Davis Instruments), ki so tekom vegetacijske dobe v letih 2003 in 2004 beležile urne vrednosti za temperaturo zraka, relativno zračno vlago, smer in hitrost vetra ter padavine na izbranih podobjektih. Za vegetacijsko obdobje 2004 smo uporabili meritve iz postaje Nad krošnjami dreves (SJ). V letu 2003, ko te postaje še ni bilo, smo vrednosti pridobili s pomočjo regresijske odvisnosti med posameznimi vremenskimi spremenljivkami Nad krošnjami (SJ) ter na podobjektu Velika vrzel (SVV) na raziskovalni ploskvi Snežna jama v letu 2004. Ker lahko padavine na majhnih razdaljah zelo variirajo, pride do odstopanj med dnevnimi in mesečnimi količinami padavin (De Vries in sod., 2001). Zato smo količine dnevnih padavin iz

avtomatskih dežemerov korigirali s mesečnimi meritvami padavin na prostem po naslednji enačbi:

$$P_{a,d} = P_{m,d} * \frac{P_{m,m}}{P_{sum,m,d}} \quad (17)$$

kjer je

$P_{a,d}$ prilagojene dnevne količine padavin (mm dan⁻¹) / adjusted daily precipitation (mm day⁻¹)

$P_{m,d}$ merjene dnevne količine padavin (mm dan⁻¹) / measured daily precipitation (mm day⁻¹)

$P_{m,m}$ merjene mesečne količine padavin (mm mesec⁻¹) / measured monthly precipitation (mm month⁻¹)

$P_{sum,m,d}$ mesečne vsote merjenih dnevnih količin padavin (mm mesec⁻¹) / monthly sums of measured daily precipitation (mm month⁻¹)

Vrednosti za maksimalno višino dreves (MAXH) smo pridobili z meritvami višin vseh dreves na podobjektih. Vrednosti za maksimalni indeks listne površine (MAXLAI) smo pridobili z meritvami, ki smo jih izvedli za podobjekta Sestoj (SS) in Mladje (SPC) na raziskovalni ploskvi Snežna jama v jeseni 2004, po metodologiji ECE - ICP Forest (Bastrup-Birk in Breda, 2004). Na ploskvi SS smo v pravilni prostorski mreži postavili 10 posod, na ploskvi SPC pa 3 posode z površino 0,24 m². Ko je v mesecu novembru vse listje odpadlo z dreves, smo vzorce prenesli v LGE na GIS-u, ter jim določili suho težo (sušenje pri 105 °C 24 ur). Iz podvzorca 200 listov smo določili specifični indeks listne površine (angl. Specific leaf area – SLA) tako, da smo listom določili razmerje med površino (UTHSCSA ImageTool Version 3.0) (Dove, 1996-2002) in suho težo (sušenje pri 105 °C 24 ur). S pomočjo SLA smo pretvorili vrednosti suhe teže ostalih vzorcev v vrednosti LAI. V Sestoj (SS) smo na 10. mestih, razporejenih v pravilni prostorski mreži, ugotovili povprečno vrednost indeksa $6,8 \pm 0,6$, v Mladju (SPC) pa na 3 mestih $5,1 \pm 0,5$.

Preglednica 10: Ocena indeksa listne površine na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS) in Mladju SPC v jeseni 2004

Table 10: Leaf area index estimates at research site Snežna jama, plot Stand (SS) and Regeneration (SPC) in autumn 2004

		LAI (m ² m ⁻²)
SS	1	6.9
	2	6.6
	3	6.9
	4	7.1
	5	7.1
	6	5.5
	7	6.4
	8	6.5
	9	6.7
	10	8.1
Povprečje / Mean		6.8
SPC	1	4.7
	2	5.6
	3	5.1
Povprečje / Mean		5.1

Vrednosti za povprečne debeline plasti tal (THICK) ter delež skeleta (STONEF) smo pridobili s sondažo tal na 16. mestih na vsakem podobjektu. Vodno-zračne lastnosti tal smo pridobili iz podatkovne baze GIS-a: THETA_F - volumska vsebnost vlage v tleh pri poljski kapaciteti tal, THS_AT - volumska vsebnost vlage v tleh pri nasičenosti, K_F – hidravlična prevodnost tal pri poljski kapaciteti tal, BEXP - eksponent v odvisnosti [- log (THETA/THETA_F) / log (PSIM/PSIF)], pri čemer je THETA - volumska vsebnost vlage v tleh, PSIM – potencial vode v tleh, PSIF - potencial vode v tleh pri poljski kapaciteti tal. Ker se raziskovalni objekti nahajajo v dinarskem krasu, korenine dreves nimajo stika s podtalnico, zato je pri modeliranju nismo upoštevali.

4.2.10.2 Kalibracija in verifikacija modela BROOK90

Calibration and verification of model BROOK90

Model BROOK90 smo kalibrirali za podobjekt Sestoj (SS) na raziskovalni ploskvi Snežna jama ter podobjekt Sestoj (RS) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, pri čemer smo primerjali merjene sestojne padavine (vsota prepuščenih padavin in odtoka po deblu) in simulirane mesečne vrednosti za sestojne padavine. Nato smo v postopku verifikacije modela primerjali s TDR metodo merjene ter simulirane vrednosti vsebnosti vlage v tleh. Takrat smo tudi prilagodili vhodne parametre za ostale podobjekte na posamezni raziskovalni ploskvi. Tudi za model BROOK90 smo simulirane in merjene vrednosti primerjali z različnimi

statistikami: koeficient korelacije (r), »Koren povprečnega kvadrata odklona« (RMSE) ter Indeks ujemanja (D).

4.2.10.3 Občutljivost modela BROOK90

Sensitivity analysis of model BROOK90

Občutljivost modela na velikost posameznih parametrov smo testirali z 10 % povečanjem oziroma zmanjšanjem dvanajstih najvplivnejših parametrov za raziskovalno ploskev Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS).

4.3 NARAVNO POMLAJEVANJE V VRZELIH NATURAL REGENERATION IN GAPS

4.3.1 Razvoj klic in mladja v vrzelih Development of seedlings in the gaps

Številčnost in kakovost naravnega pomlajevanja ter popis pritalne vegetacije smo izvedli na raziskovalni ploskvi Snežna jama Mala vrzel (SMV) in Velika vrzel (SVV). V gozdnem sestoju in vrzelih smo osnovali mrežo 5 x 5 m, ki je bila postavljena tako, da je v največji možni meri zajela območje vrzeli, prehod vrzeli v sklenjen sestoj in gozdni sestoj. Vsaka točka te mreže je predstavljala levo spodnje oglišče kvadratne ploskvice velikosti 1,5 x 1,5 m, kar pomeni, da je bila površina vsake ploskvice 2,25 m². V SVV (113 ploskvic) in v SMV (44 ploskvic) smo izvedli popis številčnosti pomladka drevesnih vrst spomladi 2004 in jeseni 2004, v SVV pa tudi spomladi 2003. Rezultate naših popisov smo primerjali s popisom iz leta 2001, izvedenim po enaki metodologiji (Diaci in sod., 2000b) na Katedri za gojenje gozdov Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani v okviru projekta NAT – MAN (Roženberger in Diaci, 2003a).

Na vsaki od ploskvic smo prešteli število osebkov pomladka drevesnih vrst, in sicer število klic (eno leto stari osebki), osebkov do 21 cm višine, ter osebkov od 21 do 50 cm višine. Za 5 najvišjih osebkov bukve do 21 cm višine na ploskvi smo izmerili povprečno višino, višinski prirastek terminalnega poganjka v zadnjem letu in premer tik nad koreničnikom. Razlike v številu klic spomladi in jeseni 2004 (smrtnost klic) smo izrazili kot delež v številu spomladanskih klic.

4.3.2 Odvisnost gostote mladja od ekoloških razmer Seedling density in relation to ecological factors

Ugotavljali smo odvisnost med 21. spremenljivkami, s katerimi smo opisali ekološke dejavnike na posamezni ploskvi pravilne mreže 5 x 5 m, ter gostoto klic, osebkov do 21 cm

višine ter od 21 do 50 cm višine. Dodatno smo ugotavljali tudi odvisnost med izbranimi ekološkimi dejavniki in smrtnostjo klic (razlika v številu klic spomladi in jeseni 2004 smo izrazili kot delež v številu spomladanskih klic), povprečno višino, višinskim prirastkom terminalnega poganjka v zadnjem letu ter premerom tik nad koreničnikom pri petih dominantnih osebkih bukve na ploskvi do 21 cm višine. Ekološki, dejavniki, ki smo jih uporabili v analizi, so prikazani v nadaljevanju: svetlobne razmere, površinska skalovitost, ekspozicija, naklon, skeletnost, talne enote, skupna debelina Ol, Of in Oh horizontov, debelina A horizonta, skupna debelina (B)rz, E in Bt horizontov, globina mineralnega dela tal, zastiranje pritalne vegetacije, povprečna, minimalna in maksimalna vsebnost vlage v tleh v letih 2003 in 2004, delež površine, prekrte z vejami ter delež površine, prekrte z odmrlim lesom. Okrajšave spremenljivk, ki smo jih uporabili v analizi, so razvidne iz Preglednice 11.

Preglednica 11: Enaindvajset spremenljivk in njihove okrajšave, ki smo jih uporabili v analizi

Table 11: Twenty-one variables and their abbreviations, used in the analysis

Spremenljivka / Variable	Okrajšava / Abbreviation
Direktno sevanje / Direct site factor (%)	DSF
Skupna odprtost / Total site factor (%)	TSF
Difuzno sevanje / Diffuse site factor (%)	ISF
Delež površine, pokrite s skalami / Surface covered by rocks (%)	SKAL
Ekspozicija / Exposition (°)	EKSP
Naklon / Inclination (%)	INCL
Skeletnost / Soil rock content (%)	SKEL
Talna enota ali podtip / Soil unit or subunit	TLA
Debelina O horizontov / Thickness of O horizons (Ol + Of + Oh) (cm)	O
Debelina A horizonta / Thickness of A horizon (cm)	A
Debelina B+E horizontov / Thickness of B+E horizons ((B)rz + E + Bt) (cm)	B+E
Debelina mineralnega dela tal / Depth of mineral part of soil (cm)	M
Zastiranje pritalne vegetacije / Ground vegetation cover (%)	ZAST
Maksimalna vsebnost vlage v tleh / Maximal soil moisture content 2003 (%)	SM_MAX03
Minimalna vsebnost vlage v tleh / Minimal soil moisture content 2003 (%)	SM_MIN03
Povprečna vsebnost vlage v tleh / Average soil moisture content 2003 (%)	SM_POVP03
Maksimalna vsebnost vlage v tleh / Maximal soil moisture content 2004 (%)	SM_MAX04
Minimalna vsebnost vlage v tleh / Minimal soil moisture content 2004 (%)	SM_MIN04
Povprečna vsebnost vlage v tleh / Average soil moisture content 2004 (%)	SM_POVP04
Delež površine, pokrite z vejami / % of surface, covered by branches (%)	VEJE
Delež površine, pokrite z odmrlim lesom / % of surface, covered by coarse woody debris (%)	CWD

Uporabili smo tri različne statistične metode:

1. razvrstitev ploskvic v štiri tipe glede na prejeta količino difuznega in direktnega sevanja. Kot mejne vrednosti smo uporabili mediane za delež difuznega (ISF) in direktnega DSF (%) sevanja (Diaci, 2002b; Roženberger in Diaci, 2003a).
2. analiza odvisnosti z bivariatno Spearmanovo korelacijo rangov ter multiplo regresijo s postopnim vključevanjem značilnih regresorjev (Forward stepwise procedure) (Košmelj, 1983). Spremenljivke so bile dodane v model z zahtevo, da je bil $F > 3$. Da bi zadostili pogojem homogenosti varianc, multilinearosti in normalnosti, smo odvisne spremenljivke logaritemsko transformirali. Neodvisne spremenljivke v odstotkih (DSF, TSF, ISF, SKAL, INCL, SKEL, ZAST, VEJE, CWD) smo transformirali s korensko arcus sinus enačbo, globine horizontov O, A, B+E, globine mineralnega dela tal (M) in talno enoto (TLA) smo transformirali s kvadratnim korenem, ekspozicijo (EKSP) pa logaritemsko. V primeru, da nobena od neodvisnih spremenljivk v modelu ni bila značilna pri $p < 0,05$ ter da je bil R^2 manjši od 0,20, regresijske enačbe nismo prikazali. Točkovne ocene DSF, ISF, TSF, vsebnosti vlage v tleh, globine horizontov ter talne enote so bile izvedene na levem spodnjem vogalu ploskvice ali znotraj ploskvice, tako da je bila stopnja prostorske odvisnosti med točkovnimi ocenami ter ocenami za celotno ploskvico minimalna. Standardne napake ocen parametrov v multipli regresiji niso bile korigirane zaradi prostorske avtokorelacije. Vse statistične analize smo izvedli z uporabo programa STATISTICA version 6.0 (Statistica for Windows, 1984-1995).
3. faktorska analiza, s katero na podlagi velikega števila spremenljivk in z upoštevanjem odvisnosti med njimi opredelimo manjše število sintetičnih, med seboj neodvisnih spremenljivk - faktorjev, ki pojasnjujejo kar se da velik del celotne variance (Košmelj, 1986). Matriko vrednosti (21 x 158) smo analizirali z metodo glavnih komponent (PCA). Pri tej metodi je vsaka spremenljivka opredeljena kot linearna kombinacija izbranih faktorjev. Za poenostavitev rešitve smo uporabili metodo ortogonalne rotacije »Varimax« (Košmelj, 1986). Ustreznost izločenih faktorjev smo presojali na podlagi lastnih vrednosti faktorjev (> 1) ter komunalitete, ki izraža prispevek izločenih faktorjev k pojasnitvi variance posamezne spremenljivke. Vsaka spremenljivka je predstavljena z linearno kombinacijo petih novih sintetičnih spremenljivk (izločenih faktorjev). Faktorske uteži so merilo, kako močna je odvisnost med posamezno spremenljivko in faktorjem. Pri vsebinski analizi faktorjev upoštevamo predvsem tiste faktorske uteži, ki imajo visoke (pozitivne ali negativne) vrednosti (Košmelj, 1986).

Eden od ciljev faktorske analize je določanje faktorskih vrednosti za vsako opazovano enoto, v našem primeru ploskvico. Razvrstitev rastlinskih vrst v faktorskem prostoru je lahko osnova za njihovo uvrščanje v ekološke skupine (Bončina, 1997). V ta namen smo s Spearmanovo korelacijo rangov ter multiplo regresijo proučili odvisnost med

faktorskimi vrednostmi za vseh pet izločenih faktorjev na posamezni ploskvici, pri čemer smo prikazali le statistično značilne odvisnosti pri $p < 0,05$.

4.3.2.1 Svetlobne razmere

Light conditions

Na prostorsko pravilni mreži 5 x 5 m so bile na vseh 158. ploskvicah v Veliki vrzeli (SVV) in Mali vrzeli (SMV) izmerjene svetlobne razmere (relativna osvetljenost oziroma obsevanje) s pomočjo hemisferičnih fotografij in ovrednotene s programsko opremo WinScanopy 2003 pro-b (Čater, 2005). Vsi posnetki so bili izdelani v enakih oziroma primerljivih razmerah difuzne svetlobe, pred sončnim vzhodom poleti 2003, ko je bilo drevje matičnega sestoja v polnem olistanju. Vegetacijsko obdobje za ovrednotenje posnetkov je bilo določeno od 5. maja do 25. septembra. Za model razporeditve difuznega sevanja je bil izbran model "SOC" (angl. Standard overcast sky). Za parameter sevanja je bila izračunana pozicija sonca vsake 3 minute, za solarno konstanto smo opredelili vrednost 1370 Wm^{-2} , atmosferska prepustnost je znašala 0,6, pretvorni faktor med Rad - PAR vrednostmi 0,51 in 0,15 korekcijski faktor za difuzno sevanje. Uporabljena je bila nastavev "Real size method" (realne velikosti sonca). Za splošne razmere sevanja je bil uporabljen parameter skupne odprtosti (TSF) (angl. total openness), definiran kot delež neba v hemisferi, ki ga sestoj ne zakriva, poznan tudi kot odstotek odprtosti neba (angl. percent open sky), za nadaljnje analize pa še direktno (DSF) in difuzno sevanje pod sestojem (ISF) (WinSCANOPY for hemispherical image analysis, 2003). Klasifikacijska metoda vrednotenja točk je slonela na barvni analizi in je bila enaka za vse posnetke na posamezni ploskvi.

4.3.2.2 Talne razmere

Soil properties

Na pravilni prostorski mreži 5 x 5 m na vseh 158. ploskvicah v Veliki vrzeli (SVV) in Mali vrzeli (SMV) so bile s sondažnimi izvrtki ugotovljene debeline in vrste plasti (v cm), tipi tal, skeletnost (%) in humusna oblika (Urbančič, 2004).

4.3.2.3 Naklon, ekspozicija in površinska skalovitost

Inclination, exposition and surface covered by rocks

Na ploskvicah velikosti 1,5 x 1,5 m v Veliki vrzeli (SVV) (113 ploskvic) in v Mali vrzeli (SMV) (44 ploskvic) smo z vizualno oceno določili naklon posamezne ploskvice, ekspozicijo (glavnih osem smeri neba) ter delež površine, pokrite s skalami – površinsko skalovitost.

4.3.2.4 Zastiranje pritalne vegetacije Ground vegetation cover

Na ploskvicah velikosti 1,5 x 1,5 m v SVV (113 ploskvic) in v SMV (44 ploskvic) smo izvedli popis pritalne vegetacije v juliju 2004. Popis je vključeval pomladek drevesnih vrst, lesnate grmovnice, vsa zelišča, trave, mahove, itd. do višine 1,3 m. Vegetacijo smo določili do vrste razen mahov (združeni v skupino *Bryophyta* sp.), šašev iz družine ostričevk (*Cyperaceae*) (označeni kot *Carex* sp.), bekic iz družine ločkovk (*Juncaceae*) (označene kot *Luzula* sp.), ločja iz družine ločkovk (*Juncaceae*) (označene kot *Juncus* sp.), robid iz družine rožnic (*Rozaceae*) (označene kot *Rubus* sp.) in vijolic iz družine vijoličevk (*Violaceae*) (označene kot *Viola* sp.). Zastiranje je bilo ocenjeno vizualno v odstotkih (ocene 0,1 - 0,5 - 1 - 2 - 3 - 4 - 10 - 20 - 30 - 40 - 50 - 60 - 70 - 80 - 90 in 100). Zastiranje pritalne vegetacije je bilo definirano kot delež površine ploskvice v odstotkih, na kateri je določena rastlinska vrsta prisotna, vključno s prekrivajočimi se plastmi ter na ploskvico segajočimi listi rastlin, ki so rasle izven območja ploskvice. Tako je lahko zastiranje na posamezni ploskvici preseglo 100 %.

4.3.2.5 Pokritost ploskve z odmrlim lesom Coarse woody debris at plots

Na ploskvicah smo ocenili pokritost ploskve z odmrlim lesom (debla nad 10 cm premera) po metodologiji, prirejeni po van Heesu (2003) (Kraigher in sod., 2002):

- 1 – skorja nedotaknjena ali je manjka do 50 %, les je trd
- 2 – skorja manjka na več kot 50 % površine, les je trd
- 3 – les je mehak, nož prodre 1-5 cm globoko
- 4 – les je zelo mehak, nož prodre več kot 5 cm globoko, prisotne velike razpoke
- 5 – večji kosi lesa manjkajo, les deloma že razkrojen
- 6 – viden le še osrednji del debla, večji del že razkrojen

5 REZULTATI RESULTS

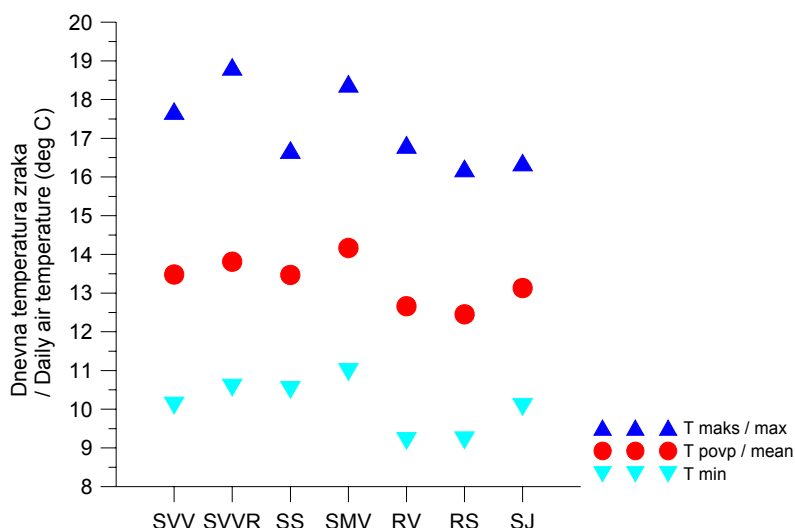
5.1 MIKROKLIMATSKE RAZMERE NA RAZISKOVALNIH PLOSKVAH MICROCLIMATE OF THE RESEARCH SITES

5.1.1 Temperatura zraka Air temperature

Temperaturo zraka smo merili na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Rob velike vrzeli (SVVR), Mala vrzel (SMV) in na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Vrzel (RV) in Sestoj (RS) v letih 2003 in 2004 na višini dveh metrov (Priloga C). Na višini 25 m nad tlemi smo merili temperaturo zraka na raziskovalni ploskvi Snežna jama podobjektu Nad krošnjami (SJ) v letu 2004.

V obravnavanem obdobju (maj – oktober 2003 in maj – oktober 2004) smo najvišje urne temperature zraka izmerili na podobjektu Mala vrzel (SMV) (14,4 °C), sledi Rob velike vrzeli (SVVR) (13,8 °C) na raziskovalni ploskvi Snežna jama. Najnižje urne temperature zraka smo izmerili na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) (12,5 °C) ter Vrzel (RV) (12,7 °C).

Na raziskovalni ploskvi Snežna jama je bil razpon dnevni temperatur najmanjši v Sestoj (SS) (minimalna in maksimalna temperatura zraka sta bili 10,5 °C in 16,7 °C) (Slika 12). Sledi Nad krošnjami (SJ), kjer je bila minimalna dnevna temperatura zraka 10,1 °C, maksimalna dnevna temperatura zraka pa 16,4 °C. Največji razpon dnevni temperatur zraka je bil na Robu velike vrzeli (SVVR) (minimalna in maksimalna temperatura zraka sta bili 10,6 °C in 18,8 °C). V Veliki vrzeli (SVV) je bila dnevna minimalna temperatura zraka 10,1 °C, dnevna maksimalna temperatura zraka pa 17,7 °C. Na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog so bile minimalne in maksimalne dnevne temperature zraka nižje kot na raziskovalni ploskvi Snežna jama. Razpon dnevni temperatur je bil manjši v Sestoj (RS) (minimalna in maksimalna temperatura zraka sta bili 9,2 °C in 16,2 °C), v Vrzel (RV) je bila dnevna minimalna temperatura zraka 9,2 °C, dnevna maksimalna temperatura zraka pa 16,8 °C.

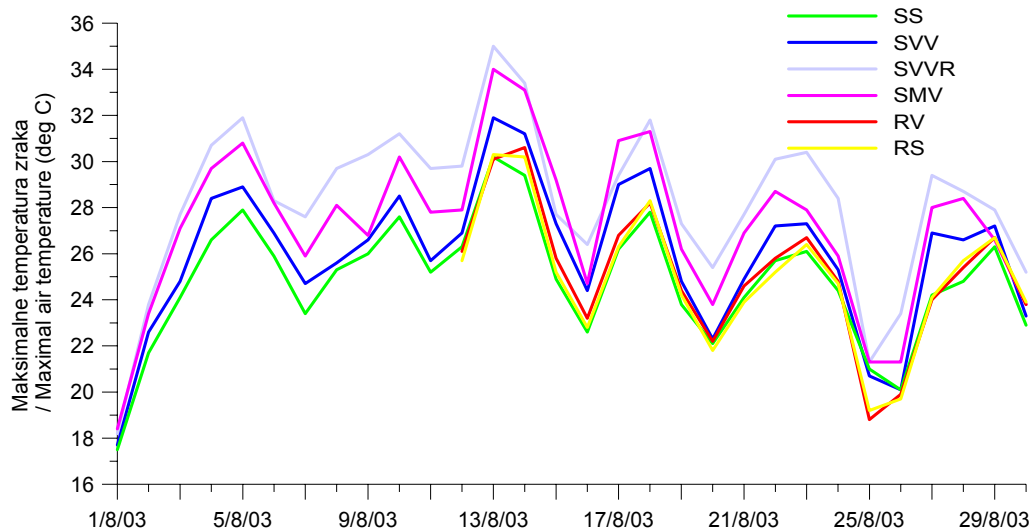


Slika 12: Povprečne, minimalne in maksimalne dnevne temperature zraka na višini 2 m nad tlemi na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Rob velike vrzeli (SVVR), Mala vrzel (SMV) v letih 2003 in 2004, podobjekt Nad krošnjami (SJ) v letu 2004, ter na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Vrzel (RV) in Sestoj (RS) v vegetacijskem obdobju 2003 in 2004

Figure 12: Mean, maximum and minimum daily air temperatures at 2 m above ground at research site Snežna jama, plot Stand (SS), Large gap (SVV), Edge of the large gap (SVVR), Small gap (SMV) in 2003 and 2004 and average daily air temperature at 25 m above ground at research site Snežna jama, plot Above crowns (SJ) in 2004 and at research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS), Gap (RV) in growing season in 2003 and 2004

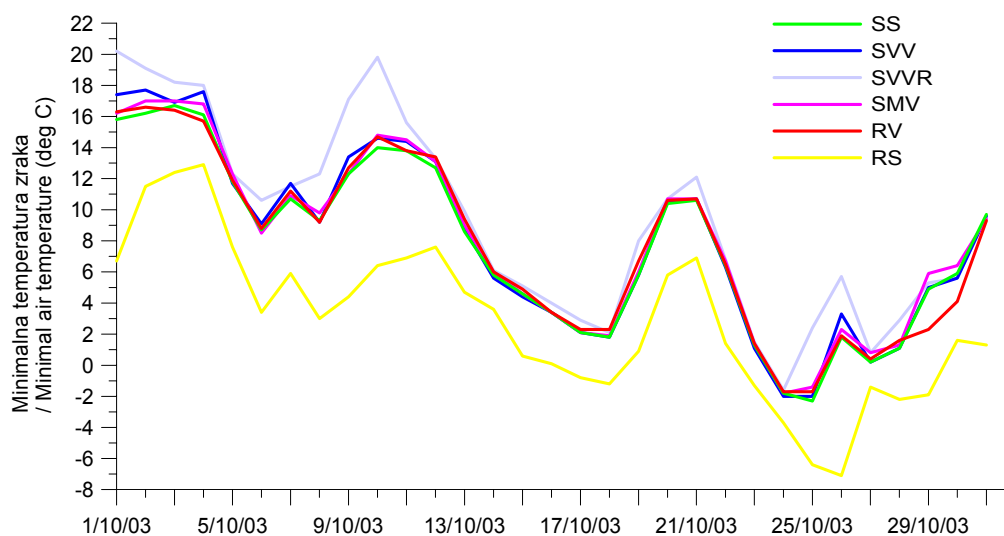
V času meritev so temperature zraka dosegle najvišje vrednosti v mesecu avgustu 2003. Potek maksimalnih dnevnih temperatur je prikazan na Sliki 13. Najvišje dnevne temperature so bile na Robu velike vrzeli (SVVR) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, sledijo Mala vrzel (SMV) ter Velika vrzel (SVV). V Sestoj (SS) na raziskovalni ploskvi Snežna jama ter Sestoj (RS) in Vrzeli (RV) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog so bile maksimalne dnevne temperature najnižje in na vseh treh objektih podobne.

Najnižje vrednosti v času meritev so temperature zraka dosegle v mesecu oktobru 2003. Potek minimalnih dnevnih vrednosti je prikazan na Sliki 14. Najnižje dnevne temperature so bile v Sestoj (RS) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, v Vrzeli (RV) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog ter v Veliki vrzeli (SVV), Mali vrzeli (SMV) in Sestoj (SS) na raziskovalni ploskvi Snežna jama so bile minimalne vrednosti podobne, najvišje dnevne temperature pa so bile izmerjene na Robu velike vrzeli (SVVR) na raziskovalni ploskvi Snežna jama.



Slika 13: Maksimalne dnevne temperature zraka na višini 2 m nad tlemi na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Rob velike vrzeli (SVVR), Mala vrzel (SMV) in na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Vrzel (RV) in Sestoj (RS) v obdobju med 1.8.03 in 30.8.03

Figure 13: Maximal daily air temperature at 2 m above ground at research site Snežna jama, plot Stand (SS), Large gap (SVV), Edge of the large gap (SVVR), Small gap (SMV) and at research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS), Gap (RV) in period from 1.8.03 to 30.8.03



Slika 14: Minimalne dnevne temperature zraka, merjene na višini 2 m nad tlemi na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Rob velike vrzeli (SVVR), Mala vrzel (SMV) in na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Vrzel (RV) in Sestoj (RS) v obdobju med 1.10.03 in 31.10.03

Figure 14: Minimal daily air temperatures at 2 m above ground at research site Snežna jama, plot Stand (SS), Large gap (SVV), Edge of the large gap (SVVR), Small gap (SMV) and at research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS), Gap (RV) in period from 1.10.03 to 31.10.03

Urne temperature zraka na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS) so se najbolj ujemale s temperaturami zraka v Mali vrzeli (SMV), najbolj pa so odstopale temperature zraka na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Vrzel (RV) (Preglednica 12). Močna je bila korelacija med temperaturami zraka v Sestoji (SS) in Robu velike vrzeli (SVVR) ter Mali (SMV) in Veliki vrzeli (SVV) na raziskovalni ploskvi Snežna jama ter med temperaturami zraka v Sestoji (RS) in Vrzeli (RV) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog ($r \geq 0,99$).

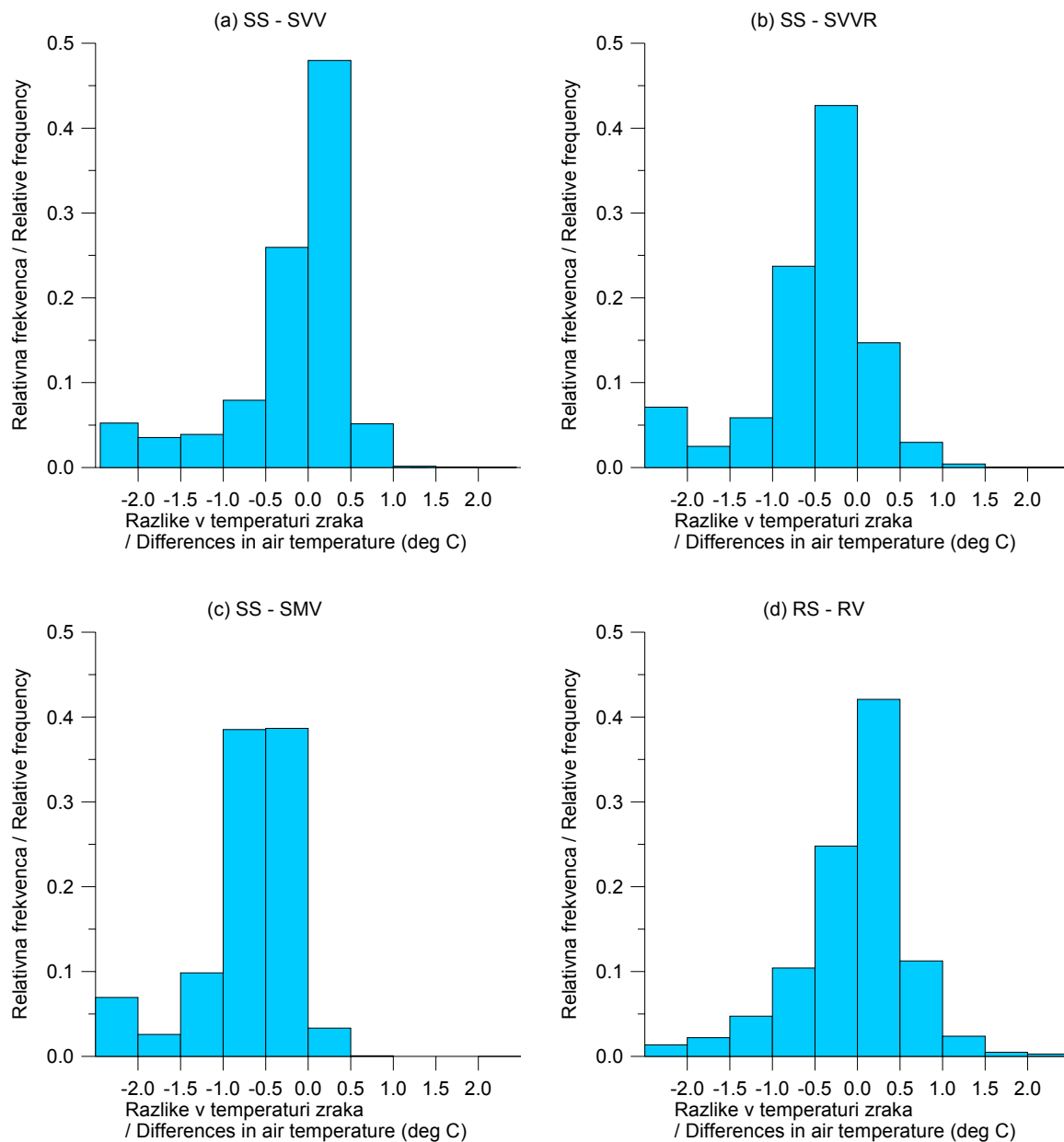
Preglednica 12: Pearsonovi koeficienti korelacije (r) med urnimi temperaturami zraka na višini 2 m nad tlemi na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Rob velike vrzeli (SVVR), Mala vrzel (SMV), ter na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Vrzel (RV) in Sestoj (RS) v letih 2003 in 2004. Skupno število meritev je 6600. Statistično značilni koeficienti so označeni s krepko pisavo ($p < 0,05$).

Table 12: Pearson's coefficient of correlation (r) for hourly air temperatures 2 m above ground at research site Snežna jama, plot Stand (SS), Large gap (SVV), Edge of the large gap (SVVR), Small gap (SMV) and at research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS), Gap (RV) in 2003 and 2004. Total number of observations is 6600. Statistically significant coefficients are in bold ($p < 0,05$).

	SVV	SVVR	SS	SMV	RV	RS
SVV	1					
SVVR	0.980	1				
SS	0.989	0.987	1			
SMV	0.993	0.983	0.991	1		
RV	0.975	0.978	0.975	0.978	1	
RS	0.965	0.980	0.978	0.974	0.992	1

Med vsemi merilnimi mesti na dveh metrih višine so bile statistično značilne razlike med urnimi temperaturami zraka pri $p < 0,05$.

Na raziskovalni ploskvi Snežna jama so bile razlike med povprečnimi urnimi temperaturami na 2 m nad tlemi v Veliki vrzeli (SVV) in Sestoji (SS) največkrat med 0 in 0,5 °C (90 % meritev). Preostale meritve (10 %) se ne razlikujejo za več kot 1 °C (Slika 15). Tudi temperature na Robu velike vrzeli (SVVR) in v Sestoji (SS) so se razlikovale v 81 % meritev za 0,5 °C, 16 % meritev se je razlikovalo le za 0,5 do 1 °C, 2 % pa za več kot 1 °C. Med Malo vrzeljo (SMV) in Sestojem (SS) so bile najpogostejše temperaturne razlike do 0,5 °C (98 %), le 2 % razlik pa je bilo večjih.



Slika 15: Frekvenčna porazdelitev razlik med urnimi temperaturami zraka na višini 2 m nad tlemi na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS) ter (a) Velika vrzel (SVV), (b) Rob velike vrzeli (SVVR), (c) Mala vrzel (SMV), v letih 2003 in 2004. Skupno število meritev je 8378. Frekvenčna porazdelitev razlik med povprečnimi urnimi temperaturami zraka, merjenimi na višini 2 m nad tlemi na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Vrzel (RV) in (d) Sestoj (RS) v letih 2003 in 2004. Skupno število meritev je 6701.

Figure 15: Frequency distribution of differences in hourly air temperatures 2 m above ground at research site Snežna jama, plot Stand (SS) and (a) Large gap (SVV), (b) Edge of the large gap (SVVR), (c) Small gap (SMV) in 2003 and 2004. Total number of observations is 8378. Frequency distribution of differences in hourly air temperatures at 2 m above ground at research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS) and (d) Gap (RV) in 2003 and 2004. Total number of observations is 6701.

V Mali vrzeli (SMV) je bil delež dni z nižjimi povprečnimi temperaturami kot v Sestoju (SS) 98 %, podobno je bilo na Robu velike vrzeli (SVVR), kjer ta delež znaša 96 %. V Veliki vrzeli (SVV) so bile nižje dnevne temperature izmerjene v 77 % dni. Sklepamo lahko, da so bile povprečne dnevne temperature v Mali vrzeli (SMV) in na Robu velike vrzeli (SVVR) večinoma višje od tistih v Sestoju (SS). V Veliki vrzeli (SVV) so bile povprečne dnevne temperature večinoma višje, zaradi vpliva vrzeli pa so bile pogosto tudi nižje.

V Rajhenavskem Rogu so bile razlike med povprečnimi urnimi temperaturami na 2 m nad tlemi v Vrzeli (RV) in Sestoju (RS) največkrat med 0 in 0,5 °C (75 % meritev), 20 % meritev se je razlikovalo med 0,5 in 1 °C, 4 % meritev med 1 in 1,5 °C, 1 % meritev pa med 1,5 in 2 °C. V Vrzeli (RV) so v 49 % meritvenih dni višje od tistih v Sestoju (RS), v preostalih dneh pa nižje. Tudi v tej vrzeli so se izoblikovale ekstremnejše temperaturne razmere kot v sestoju.

5.1.1.1 Razlike v temperaturi zraka na raziskovalni ploskvi Snežna jama ter Iskrba in Kočevje

Differences between air temperature at research site Snežna jama, EMEP station and Kočevje station

Povprečne dnevne temperature zraka na podobjektu Nad krošnjami (SJ) so se dobro ujemale s temperaturami na klimatološki postaji Kočevje ($r = 0,965$) ter malo manj s temperaturami na EMEP postaji Iskrba ($r = 0,830$). Pearsonovi koeficienti korelacije (r) so prikazani v Preglednici 13.

Preglednica 13: Pearsonovi koeficienti korelacije (r) med dnevnimi temperaturami zraka na višini 25 m nad tlemi na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Nad krošnjami (SJ) ter EMEP postajo Iskrba ter klimatološko postajo Kočevje (ARSO) v letu 2004. Skupno število meritev je 180. Statistično značilni koeficienti so označeni s krepko pisavo ($p < 0,05$).

Table 13: Pearson's coefficient of correlation (r) for daily air temperatures 25 m above ground at research site Snežna jama, plot Above crowns (SJ) and EMEP station Iskrba and climatological station Kočevje in 2004. Total number of observations is 180. Statistically significant coefficients are in bold ($p < 0,05$).

	Iskrba	Kočevje	SJ
Iskrba	1		
Kočevje	0.859	1	
SJ	0.830	0.965	1

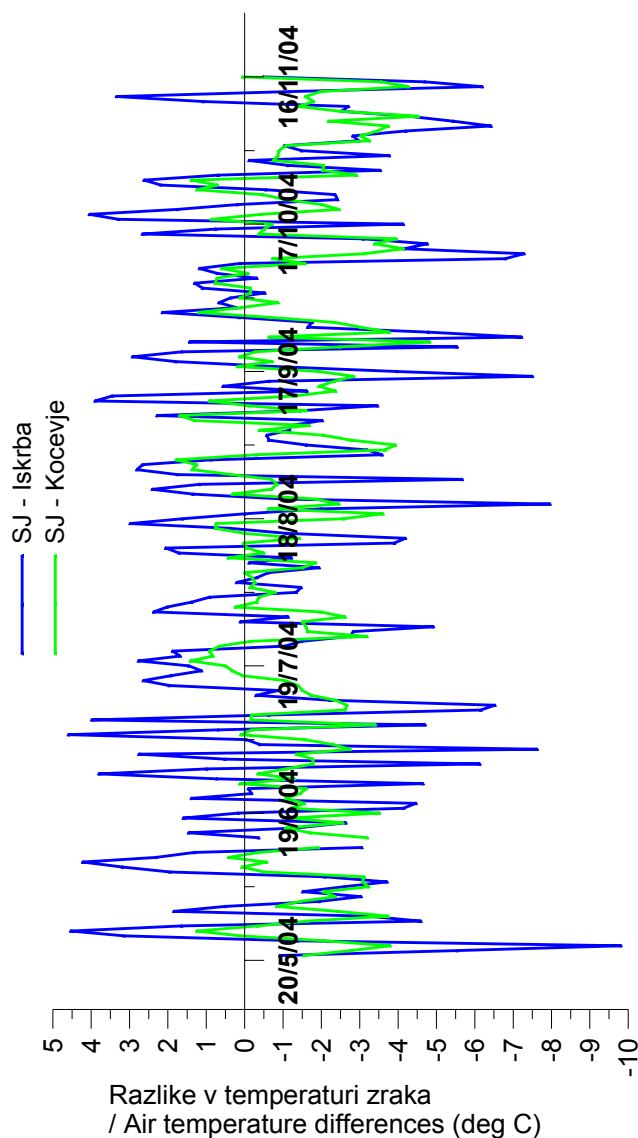
Razlike med temperaturami so bile statistično značilne za vsa tri merilna mesta (Preglednica 14). Povprečne dnevne temperature na klimatološki postaji Kočevje so bile bolj podobne tistim na raziskovalni ploskvi Snežna jama kot tiste na Iskrbi, saj je bil razpon razlik med Kočevjem in Nad krošnjami (SJ) manjši od tistega med Iskrbo in Nad krošnjami (SJ).

Preglednica 14: Analiza variance za razlike med dnevnimi temperaturami zraka, merjenimi na višini 25 m nad tlemi merilna postaja Nad krošnjami (SJ) ter EMEP postajo Iskrba in klimatološko postajo Kočevje (ARSO) v letu 2004. Skupno število meritev je 180. Statistično značilni koeficienti so označeni s krepko pisavo ($p < 0,05$), $p < 0,01$ so označeni s poševno pisavo.

Table 14: Results of one-way ANOVA for daily air temperatures 25 m above ground at research site Snežna jama, plot Above crowns (SJ) and EMEP station Iskrba and climatological station Kočevje in 2004. Total number of observations is 180. Statistically significant coefficients are in bold ($p < 0,05$), $p < 0,01$ are in *italics*.

	SJ		Iskrba		Kočevje	
	F	p	F	p	F	p
SJ			17.93	<i>0.000</i>	96.81	<i>0.000</i>
Iskrba	16.27	<i>0.000</i>			67.29	<i>0.000</i>
Kočevje	89.17	<i>0.000</i>	67.82	<i>0.000</i>		

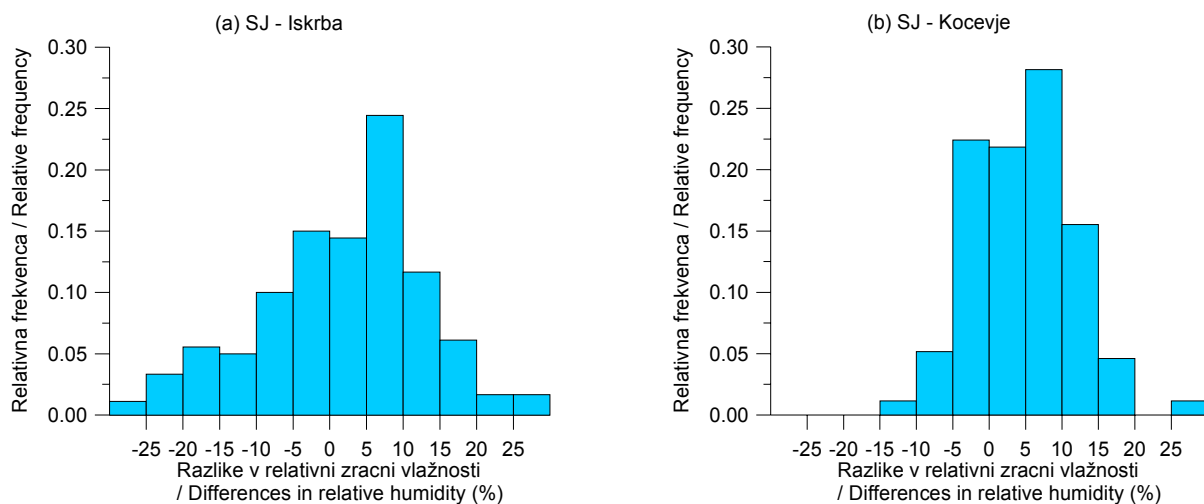
Na Sliki 16 so prikazane razlike med povprečnimi dnevnimi temperaturami zraka na višini 25 m nad tlemi na raziskovalni ploskvi Snežna jama, merilna postaja Nad krošnjami (SJ) ter EMEP postajo Iskrba ter klimatološko postajo Kočevje (ARSO) v letu 2004. Nad krošnjami dreves so bile povprečne dnevne temperature nižje od tistih v Kočevju v 78 % dni ter nižje od tistih na Iskrbi v 57 % dni.



Slika 16: Razlike med povprečnimi dnevnimi temperaturami zraka na višini 25 m nad tlemi na raziskovalni ploskvi Snežna jama, merilna postaja Nad krošnjami (SJ) ter EMEP postajo Iskrba ter klimatološko postajo Kočevje (ARSO) v letu 2004. Pozitivne razlike so nastale, ko so bile temperature zraka Nad krošnjami (SJ) višje.

Figure 16: Differences between daily air temperatures at 25 m above ground at research site Snežna jama, plot Above crowns (SJ) and EMEP station Iskrba and climatological station Kočevje in 2004. Values above 0 indicate that air temperatures Above crowns (SJ) were higher.

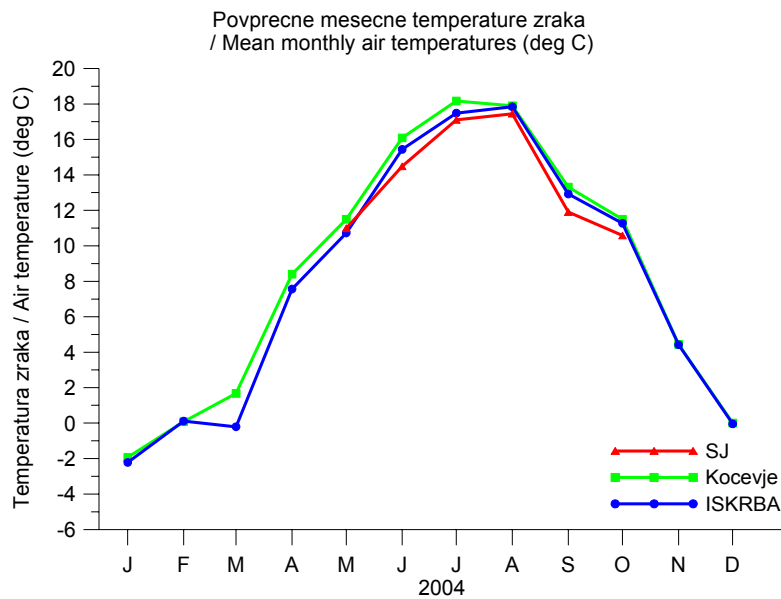
Frekvenčna porazdelitev temperaturnih razlik je prikazana na Sliki 17. Za Iskrbo je znašal delež temperaturnih razlik do 2 °C 53 %, razlike pa so dosegle tudi 9,8 °C. Do tega je prišlo 23.5.2004, ko je bila povprečna dnevna temperatura zraka na raziskovalni ploskvi Snežna jama 4,1 °C, na Iskrbi pa 13,9 °C. Za klimatološko postajo Kočevje je znašal delež temperaturnih razlik med 0 in 2 °C 70 %, razlike pa so bile od + 1,8 do – 4,8 °C.



Slika 17: Frekvenčna porazdelitev razlik med povprečnimi dnevnimi temperaturami zraka, merjenimi na višini 25 m nad tlemi na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Nad krošnjami (SJ) ter (a) EMEP postajo Iskrba in (b) klimatološko postajo Kočevje (ARSO) v letu 2004. Skupno število meritev je 180.

Figure 17: Frequency distribution of differences in daily air temperatures at 25 m above ground at research site Snežna jama, plot Above crowns (SJ) and (a) EMEP station Iskrba and (b) climatological station Kočevje in 2004. Total number of observations is 180.

Na Sliki 18 so prikazane povprečne mesečne temperature zraka na višini 25 m nad tlemi na raziskovalni ploskvi Snežna jama, merilna postaja Nad krošnjami (SJ) ter EMEP postajo Iskrba ter klimatološko postajo Kočevje (ARSO) v letu 2004. Nad krošnjami dreves so bile povprečne mesečne temperature zraka nižje od tistih v Kočevju od 0,5 do 1,6 C ter od 0,4 do 1,0 nižje od tistih na Iskrbi. V primerjavi z dnevnimi povprečji so povprečne mesečne temperature zraka na raziskovalni ploskvi Snežna jama precej bolj podobne tistim v Kočevju in Iskrbi.

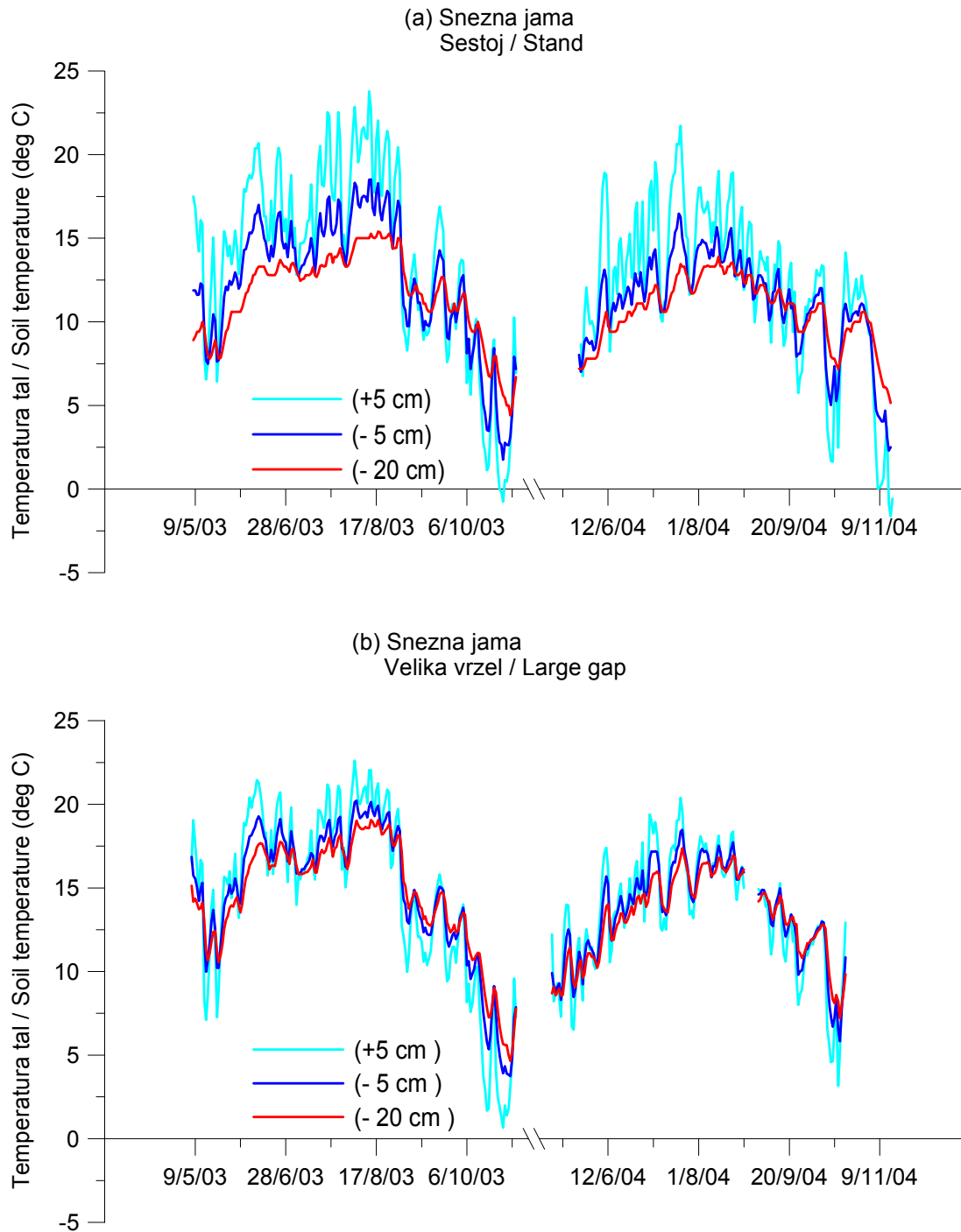


Slika 18: Povprečne mesečne temperature zraka na višini 25 m nad tlemi na raziskovalni ploskvi Snežna jama, merilna postaja Nad krošnjami (SJ) ter EMEP postajo Iskrba ter klimatološko postajo Kočevje (ARSO) v letu 2004.

Figure 18: Mean monthly air temperatures at 25 m above ground at research site Snežna jama, plot Above crowns (SJ) and EMEP station Iskrba and climatological station Kočevje in 2004.

5.1.2 Temperatura tal Soil temperature

Temperature tal smo merili na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS) in Velika vrzel (SVV) na višini 5 cm nad tlemi, 5 cm v tleh in 20 cm v tleh (Slika 19). V Sestoj (SS) so bile razlike med temperaturami tal na različnih globinah večje, večja so bila tudi nihanja tekom meritvenega obdobja.

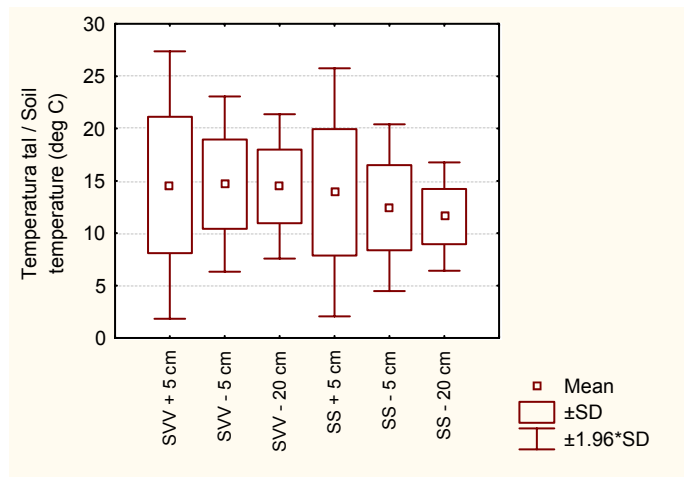


Slika 19: Povprečne dnevne vrednosti temperature tal, merjene na višini 5 cm nad tlemi ter 5 in 20 cm v tleh na raziskovalni ploskvi Snežna jama, (a) podobjekt Sestoj (SS) in (b) Velika vrzel (SVV) v letih 2003 in 2004

Figure 19: Average daily soil temperatures at 5 cm above ground, 5 and 20 cm below surface at research site Snežna jama, (a) plot Stand (SS) and (b) Large gap (SVV) in 2003 and 2004

Slika 20 prikazuje mediane, kvartilne razmike, maksimume in minimume za urne temperature tal na višini 5 cm nad tlemi (+5) ter 5 (-5) in 20 cm (-20) v tleh na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Sestoj (SS) v letih 2003 in 2004, pri čemer so

prikazane povprečne vrednosti in standardni odkloni. Največji razpon temperatur je bil 5 cm nad tlemi, pri čemer so bile v povprečju temperature v Veliki vrzeli (SVV) za 1 °C višje od tistih v Sestoji (SS). Na globini 5 cm v tleh so bile razlike med povprečnimi vrednostmi v Veliki vrzeli (SVV) in Sestoji (SS) večje (2,3 °C), na globni 20 cm pa 2,7 °C.



Slika 20: Okvir z ročaji za urne temperature tal na višini 5 cm nad tlemi (+5) ter 5 (-5) in 20 cm (-20) v tleh na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Sestoj (SS) v letih 2003 in 2004
 Figure 20: Box-Whisker plots for hourly soil temperatures at 5 cm above ground (+5), 5 (-5) and 20 (-20) cm below surface at research site Snežna jama, plot Stand (SS) and Large gap (SVV) in 2003 and 2004

Pearsonovi koeficienti korelacije (r) so statistično značilni ($p < 0,05$) za vse pare (Preglednica 15). Koeficienti korelacije so zelo visoki ($r \geq 0,960$) med temperaturami tal, merjenimi na 5 cm in 20 cm globine v Sestoji (SS) in Veliki vrzeli (SVV). Temperature, merjene 5 cm nad tlemi, so se v Sestoji (SS) in Vrzelji (SVV) najbolj ujemale s tistimi na globini 5 cm v tleh na istem merilnem mestu.

Preglednica 15: Pearsonovi koeficienti korelacije (r) med urnimi temperaturami tal na višini 5 cm nad tlemi (+5) 5 cm v tleh (-5) ter 20 cm v tleh (-20) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Sestoj (SS) v letih 2003 in 2004. $N = 4318$. Statistično značilni koeficienti so označeni s krepko pisavo ($p < 0,05$).

Table 15: Pearson's coefficient of correlation (r) for average hourly soil temperatures 5 cm above ground, 5 and 20 cm below surface at research site Snežna jama, plot Stand (SS) and Large gap (SVV) in 2003 and 2004. $N = 4318$. Statistically significant coefficients are in bold ($p < 0,05$).

	SVV +5	SVV -5	SVV -20	SS +5	SS -5	SS -20
SVV +5	1					
SVV -5	0.879	1				
SVV -20	0.760	0.962	1			
SS +5	0.935	0.937	0.844	1		
SS -5	0.871	0.979	0.947	0.957	1	
SS -20	0.700	0.898	0.963	0.776	0.908	1

Med urnimi temperaturami tal, merjenimi na višini 5 cm nad tlemi, 5 cm v tleh ter 20 cm v tleh v Veliki vrzeli (SVV) so statistično značilne razlike ($p < 0,01$), prav tako v Sestoju (SS) (Preglednica 16). Statistično značilne razlike so tudi med povprečnimi urnimi temperaturami tal, merjenimi na enakih višinah v Veliki vrzeli (SVV) in Sestoju (SS).

Preglednica 16: Analiza variance za razlike med povprečnimi urnimi temperaturami tal na višini 5 cm nad tlemi (T1,) 5 cm v tleh (T2) ter 20 cm v tleh (T3) raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Sestoj (SS) v letih 2003 in 2004. Skupno število meritev je 4318. Statistično značilni koeficienti so označeni s krepko pisavo ($p < 0,05$), $p < 0,01$ so označeni s poševno pisavo.

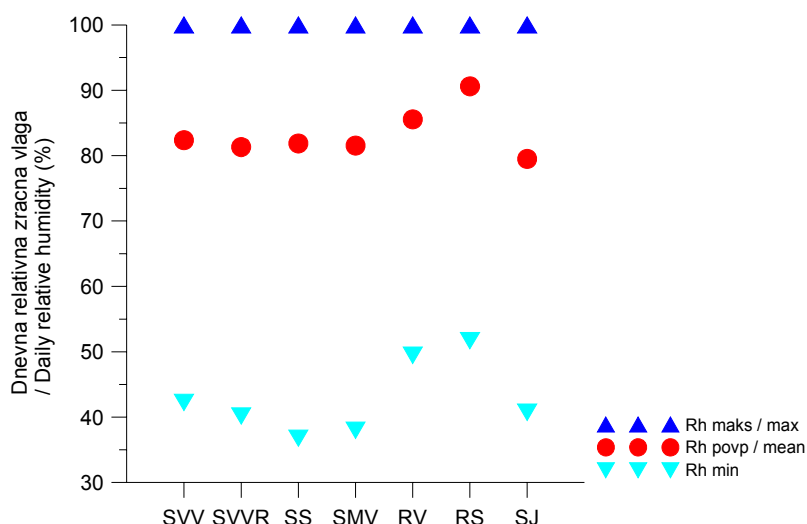
Table 16: Results of one-way ANOVA for average hourly soil temperatures 5 cm above ground, 5 and 20 cm below surface at research site Snežna jama, plot Stand (SS) and Large gap (SVV) in 2003 and 2004. Total number of observations is 4318. Statistically significant coefficients are in bold ($p < 0,05$), for $p < 0,01$ are in *italics*.

	SVV_T1		SVV_T2		SVV_T3		SS_T1		SS_T2		SS_T3	
	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p
SVV_T1			845	0.000	395	0.000	1023	0.000	690	0.000	391	0.000
SVV_T2	845	0.000			3331	0.000	1223	0.000	4877	0.000	1795	0.000
SVV_T3	357	0.000	3029	0.000			437	0.000	2104	0.000	5690	0.000
SS_T1	1373	0.000	1772	0.000	722	0.000			2436	0.000	623	0.000
SS_T2	777	0.000	4964	0.000	2475	0.000	1768	0.000			1842	0.000
SS_T3	209	0.000	979	0.000	3833	0.000	237	0.000	1089	0.000		

5.1.3 Relativna zračna vlaga Relative humidity

Relativno zračno vlago smo merili na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Rob velike vrzeli (SVVR), Mala vrzel (SMV) in na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Vrzel (RV) in Sestoj (RS) v letih 2003 in 2004 na višini dveh metrov (Priloga D). Na višini 25 m nad tlemi smo merili relativno zračno vlago na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Nad krošnjami (SJ) v letu 2004.

V obravnavanem obdobju smo najvišje dnevne vrednosti relativne zračne vlage izmerili na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS), sledi Vrzel (RV), nanižje vrednosti pa so bile na raziskovalni ploskvi Snežna jama, Nad krošnjami dreves (SJ) (Slika 21).



Slika 21: Povprečne, minimalne, maksimalne dnevne vrednosti relativne zračne vlage na višini 2 m nad tlemi na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Rob velike vrzeli (SVVR), Mala vrzel (SMV) v letih 2003 in 2004, podobjekt Nad krošnjami (SJ) v letu 2004, ter na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Vrzel (RV) in Sestoj (RS) v letih 2003 in 2004

Figure 21: Average, minimum, maximum daily relative humidity 2 m above ground at research site Snežna jama, plot Stand (SS), Large gap (SVV), Edge of the large gap (SVVR), Small gap (SMV) in 2003 and 2004, average daily air temperature 25 m above ground at research site Snežna jama, plot Above crowns (SJ) in 2004 and average daily relative humidity 2 m above ground at research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS), Gap (RV) in 2003 and 2004

Pearsonovi koeficienti korelacije (r) med relativno zračno vlago, merjeno na raziskovalni ploskvi Snežna jama v Sestoj (SS) in Veliki vrzeli (SVV) ter v Mali vrzeli (SMV) in na Robu velike vrzeli (SVVR) so zelo visoki ($r \geq 0,990$) (Preglednica 17). Med vsemi merilnimi mesti na dveh metrih višine so statistično značilne razlike pri $p < 0,05$.

Na ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS) se je relativna zračna vlaga razlikovala od tiste v Veliki vrzeli (SVV) med 0 in 10 % v 74 % meritev. V 20 % meritev so bile razlike od 5 do 10 %, večjih razlik pa je bilo le 6 %. Delež razlik v relativni zračni vlage na Robu velike vrzeli (SVVR) in v Sestoj (SS) med 0 in 10 % je manjši in sicer 56 %, 34 % meritev se je razlikovalo med 5 in 10 %, 10 % meritev pa se je razlikovalo za več kot 10 %. Podobno je bilo v Mali vrzeli (SMV), kjer je bilo 52 % meritev z razliko relativne zračne vlage s Sestojem (SS) med 0 in 10 %, 10 % meritev pa se je razlikovalo za več kot 10 %.

Preglednica 17: Pearsonovi koeficienti korelacije (r) med dnevnimi vrednostmi relativne zračne vlage na višini 2 m nad tlemi ter na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Rob velike vrzeli (SVVR), Mala vrzel (SMV), ter na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Vrzel (RV) in Sestoj (RS) v letih 2003 in 2004. Skupno število meritev je 150. Statistično značilni koeficienti so označeni s krepko pisavo ($p < 0,05$).

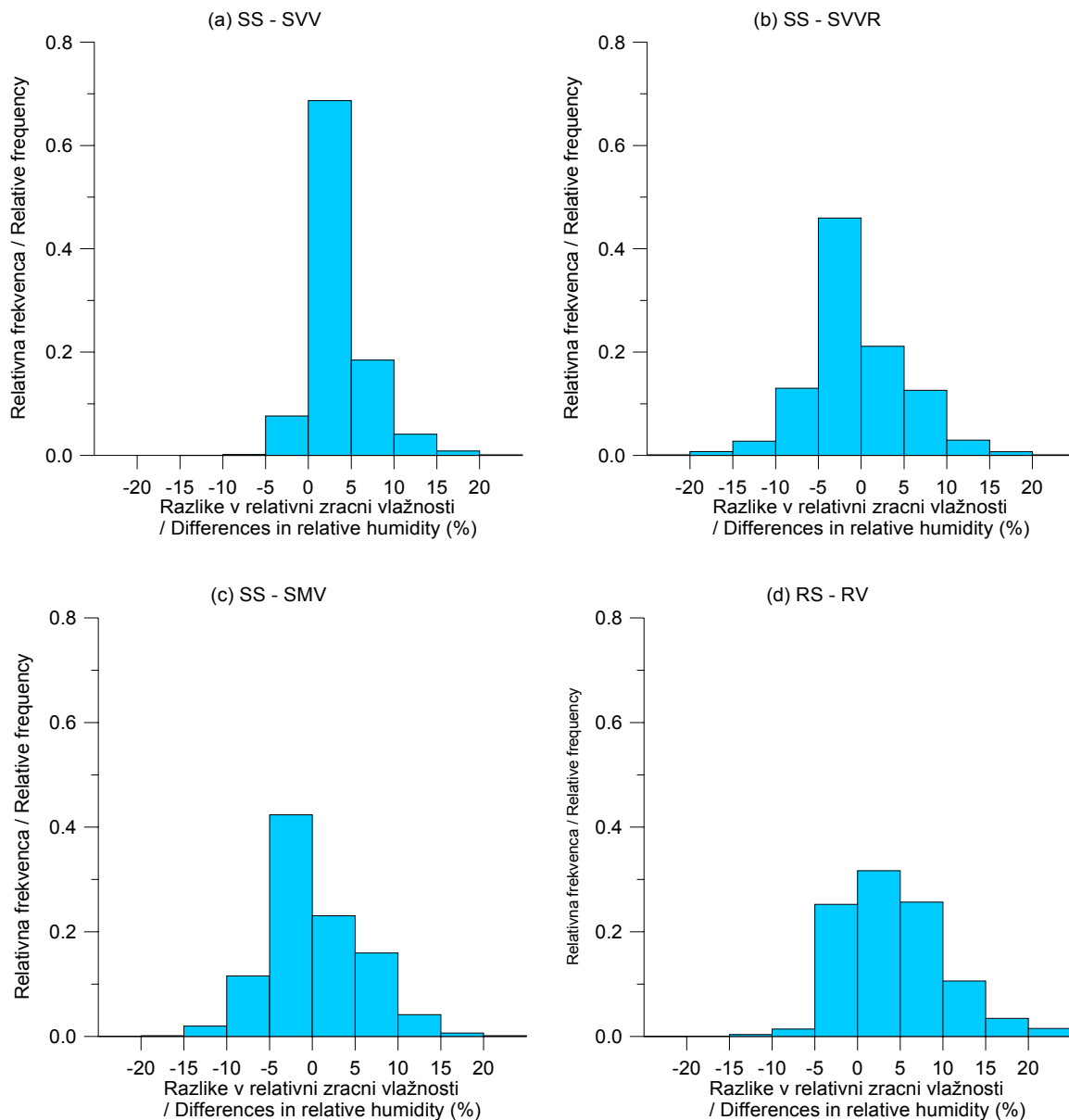
Table 17: Pearson's coefficient of correlation (r) for average daily relative humidity 2 m above ground at research site Snežna jama, plot Stand (SS), Large gap (SVV), Edge of the large gap (SVVR), Small gap (SMV) and average daily relative humidity 2 m above ground at research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS), Gap (RV) in 2003 and 2004. Total number of observations is 150. Statistically significant coefficients are in bold ($p < 0,05$).

	SVV	SVVR	SS	SMV	RV	RS
SVV	1					
SVVR	0.980	1				
SS	0.995	0.982	1			
SMV	0.981	0.993	0.983	1		
RV	0.917	0.907	0.922	0.919	1	
RS	0.880	0.914	0.890	0.915	0.905	1

V Rajhenavskem Rogu so bile razlike med povprečnimi urnimi vrednostmi relativne zračne vlage na 2 m nad tlemi v Vrzeli (RV) in Sestoj (RS) v 43 % med največkrat med 0 in 10 %, razlik nad 10 % pa je bilo 22 %.

Povprečne dnevne vrednosti relativne zračne vlage so se od tistih v Sestoj (SS) razlikovale najmanj v Mali vrzeli (SMV), kjer so prevladovala med 0 in 5 % višje vrednosti (43 % meritev) ter med 0 in 5 % nižje vrednosti (31 % meritev). Podobno je bilo na Robu velike vrzeli (SVVR), kjer je bil delež meritev, višjih kot v Sestoj (SS) med 0 in 5 % 57 %, delež nižjih pa 34 %. V Veliki vrzeli (SVV) so bile izmerjene nižje vrednosti povprečne dnevne relativne zračne vlage med 0 in 5 % v 73 % meritev, 27 % meritev je bilo nižjih kot v Sestoj za 5 do 10 %, višjih vrednosti pa je bilo manj kot odstotek.

Vrednosti povprečne dnevne relativne zračne vlage v Veliki vrzeli (SVV) so bile nižje od tistih v Sestoj (SS) (Slika 22). Na Robu velike vrzeli (SVVR) so bile te vrednosti večinoma višje, a v tretjini primerov tudi nižje. V Mali vrzeli (SMV) so vrednosti povprečne dnevne relativne zračne vlage najmanj odstopale od tistih v Sestoj (SS).



Slika 22: Frekvenčna porazdelitev razlik med povprečnimi urnimi vrednostmi relativne zračne vlage, merjenimi na višini 2 m nad tlemi na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS) ter (a) Velika vrzel (SVV), (b) Rob velike vrzeli (SVVR), (c) Mala vrzel (SMV), v letih 2003 in 2004. Skupno število meritev je 8373, razen v Veliki vrzeli (SVV), kjer jih je 5032. (d) Frekvenčna porazdelitev razlik med povprečnimi urnimi vrednostmi relativne zračne vlage, merjenimi na višini 2 m nad tlemi na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Vrzel (RV) in Sestoj (RS) v letih 2003 in 2004. Skupno število meritev je 7095.

Figure 22: Frequency distribution of differences in average daily relative humidity 2 m above ground at research site Snežna jama, plot Stand (SS) and (a) Large gap (SVV), (b) Edge of the large gap (SVVR), (c) Small gap (SMV). Total number of observations is 8373, except for the Large gap (SVV): 5032. (d) Frequency distribution of differences in average daily relative humidity 2 m above ground at research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS), Gap (RV) in 2003 and 2004. Total number of observations is 7095.

5.1.3.1 Razlike v relativni zračni vlagi na raziskovalni ploskvi Snežna jama ter Iskrba in Kočevje

Differences between relative humidity at research site Snežna jama, EMEP station and Kočevje station

Povprečne dnevne vrednosti relativne zračne vlage na podobjektu Nad krošnjami (SJ) so se bolj ujemale z vrednostmi na klimatološki postaji Kočevje ($r = 0,835$) kot z vrednostmi na EMEP postaji Iskrba ($r = 0,587$) (Preglednica 18).

Preglednica 18: Pearsonovi koeficienti korelacije (r) med povprečnimi dnevnimi vrednostmi relativne zračne vlage, merjenimi na višini 25 m nad tlemi na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Nad krošnjami (SJ) ter EMEP postajo Iskrba ter klimatološko postajo Kočevje (ARSO) v letu 2004. Skupno število meritev je 180. Statistično značilni koeficienti so označeni s krepko pisavo ($p < 0,05$).

Table 18: Pearson's coefficient of correlation (r) for daily relative humidity 25 m above ground at research site Snežna jama, plot Above crowns (SJ) and EMEP station Iskrba and climatological station Kočevje in 2004. Total number of observations is 180. Statistically significant coefficients are in bold ($p < 0,05$).

	Iskrba	Kočevje	SJ
Iskrba	1		
Kočevje	0.478	1	
SJ	0.587	0.835	1

Razlike med dnevnimi vrednostmi relativne zračne vlage so na vseh treh mestih statistično značilne (Preglednica 19). Sklepamo lahko, da so bile dnevne vrednosti relativne zračne vlage na klimatološki postaji Kočevje bolj podobne tistim na raziskovalni ploskvi Snežna jama kot tiste na Iskrbi, saj je koeficient korelacije precej višji, pa tudi razpon razlik med Kočevjem in Nad krošnjami (SJ) je bil manjši od tistega med Iskrbo in Nad krošnjami (SJ).

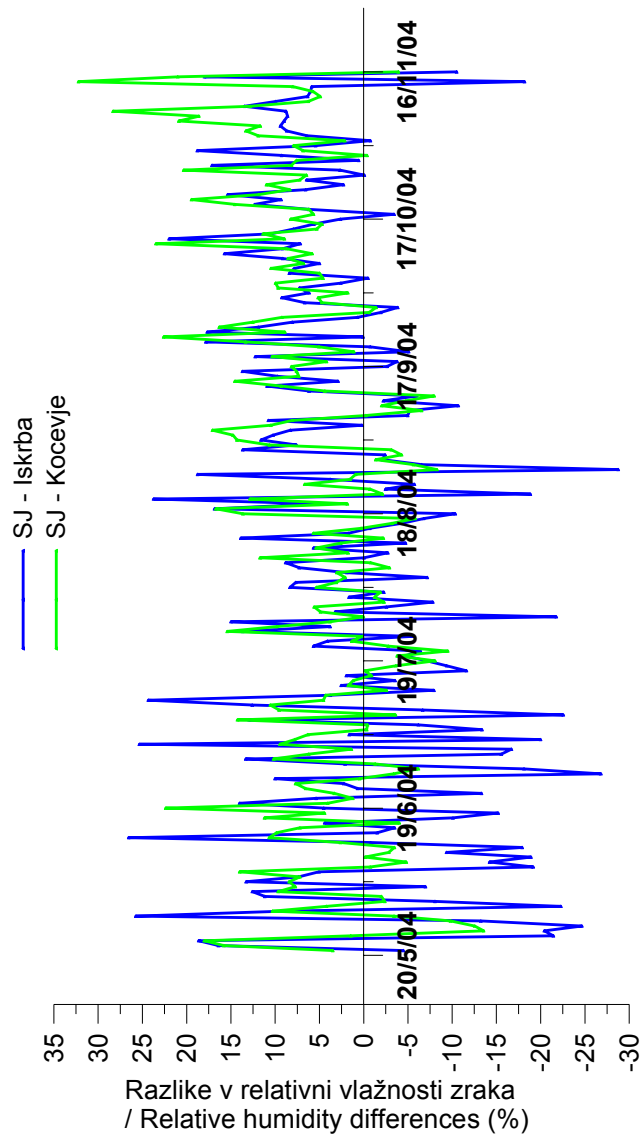
Preglednica 19: Analiza variance za razlike med povprečnimi dnevnimi vrednostmi relativne zračne vlage na višini 25 m nad tlemi ter na raziskovalni ploskvi Snežna jama, Nad krošnjami (SJ) ter EMEP postajo Iskrba ter klimatološko postajo Kočevje (ARSO) v letu 2004. Skupno število meritev je 180. Statistično značilni koeficienti so označeni s krepko pisavo ($p < 0,05$), $p < 0,01$ so označeni s poševno pisavo.

Table 19: Results of one-way ANOVA for daily relative humidity 25 m above ground at research site Snežna jama, plot Above crowns (SJ) and EMEP station Iskrba and climatological station Kočevje in 2004. Total number of observations is 180. Statistically significant coefficients are in bold ($p < 0,05$), for $p < 0,01$ are in *italics*.

	SJ		Iskrba		Kočevje	
	F	p	F	p	F	p
SJ			3.78	<i>0.000</i>	15.17	<i>0.000</i>
Iskrba	4.09	<i>0.000</i>			2.56	<i>0.000</i>
Kočevje	10.24	<i>0.000</i>	3.10	<i>0.000</i>		

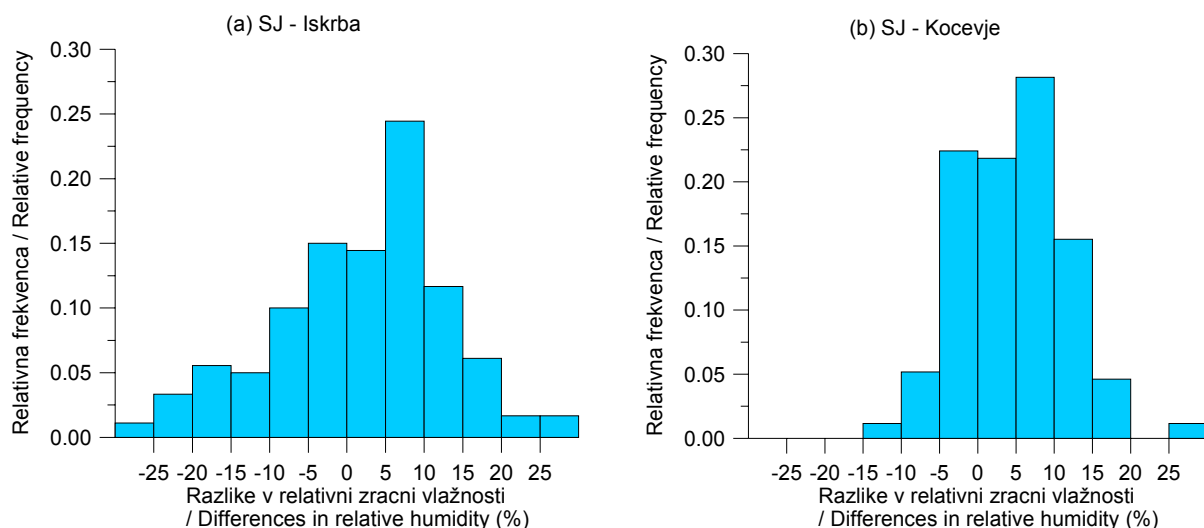
Na Sliki 22 so prikazane razlike med povprečnimi dnevnimi vrednostmi relativne zračne vlage na višini 25 m nad tlemi na raziskovalni ploskvi Snežna jama, merilna postaja Nad krošnjami (SJ) in EMEP postajo Iskrba ter klimatološko postajo Kočevje (ARSO) v letu 2004. Nad krošnjami dreves so bile povprečne dnevne vrednosti relativne zračne vlage nižje od tistih v Kočevju v 28 % dni ter nižje od tistih na Iskrbi v 40 % dni.

Frekvenčna porazdelitev razlik med povprečnimi dnevnimi vrednostmi relativne zračne vlage je prikazana na Sliki 24. Za Iskrbo je znašal delež razlik do 10 % 63 %, razpon razlik je bil od -29 % do +27 %. Za klimatološko postajo Kočevje je znašal delež razlik 77 % med 0 % in 10 %, razlike pa so bile od -14 % do 32 %.



Slika 23: Razlike med povprečnimi dnevnimi vrednostmi relativne zračne vlage na višini 25 m nad tlemi na raziskovalni ploskvi Snežna jama, merilna postaja Nad krošnjami (SJ) ter EMEP postajo Iskrba ter klimatološko postajo Kočevje (ARSO) v letu 2004. Pozitivne razlike pomenijo, da so bile temperature zraka Nad krošnjami (SJ) višje.

Figure 23: Differences between daily relative humidity 25 m above ground at research site Snežna jama, plot Above crowns (SJ) and EMEP station Iskrba and climatological station Kočevje in 2004. Values above 0 indicate that air temperatures Above crowns (SJ) are higher.



Slika 24: Frekvenčna porazdelitev razlik med povprečnimi vrednostmi relativne zračne vlage na višini 25 m nad tlemi na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Nad krošnjami (SJ) ter EMEP postajo Iskrba ter klimatološko postajo Kočevje (ARSO) v letu 2004. Skupno število meritev je 180.

Figure 24: Frequency distribution of differences in daily relative humidity 25 m above ground at research site Snežna jama, plot Above crowns (SJ) and EMEP station Iskrba and climatological station Kočevje in 2004. Total number of observations is 180.

5.1.4 Smer in hitrost vetra Wind direction and wind speed

Smer in hitrosti vetra smo merili v obdobju maj – oktober 2003 in maj – oktober 2004 na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS) in podobjekt Velika vrzel (SVV), v obdobju maj – oktober 2004 pa na podobjektu Nad krošnjami (SJ) na raziskovalni ploskvi Snežna jama in podobjektu Vrzel (RV) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog (Priloga E).

Nad krošnjami dreves (SJ) je v letu 2004 prevladoval zahodnik (W 25,4 %), pogosti so bili tudi vetrovi iz jugovzhodne smeri (ESE 23,3 % in SE 21,2 %). Vetrovi so dosegli hitrosti nad 2 m s^{-1} . Brezveterja v času meritev ni bilo.

Na ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) je v letih 2003 in 2004 prevladoval jugozahodni veter (v letu 2003 41,7 % in v letu 2004 38,1 %), ki je dosegel v letih 2003 in 2004 hitrosti nad $0,5 \text{ m s}^{-1}$, v letu 2004 pa tudi nad $1,0 \text{ m s}^{-1}$. Dokaj pogosto se je pojavljal tudi severozahodnik (v letu 2003 17,8 % in v letu 2004 12,2 %) ter severnik (v letu 2003 9 % in v letu 2004 18,0 %), ki pa nista presešla hitrosti $0,5 \text{ m s}^{-1}$. Delež brezveterja je v letu 2003 znašal 2,2 %, v letu 2004 pa 12,6 %. V Sestoju (SS) na ploskvi Snežna jama so prevladovali vetrovi iz jugovzhoda (SE 22,8 % v letu 2003 % in v letu 2004 12,2 % ter ESE 13,9 % v letu 2003 % in v letu 2004 14,3 %), pogosti so bili tudi vetrovi iz severne in severozahodne smeri.

Hitrost vetrov ni presegla $0,5 \text{ m s}^{-1}$. Značilna je večja razpršenost prevladujočih smeri vetrov. Delež brezveterja je v letu 2003 znašal 49,2 %, v letu 2004 pa 74,3 %.

V Vrzeli (RV) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog je v letu 2004 prevladoval severozahodnik (30,2 % iz smeri NW ter 9,0 % iz NNW), pogost je bil tudi jugovzhodni veter (10,6 %). Hitrosti so bile pod $0,5 \text{ m s}^{-1}$, delež brezveterja pa je znašal 49,4 %.

Slika 25 prikazuje povprečne dnevne hitrosti vetra (m s^{-1}), merjene na višini 2 m na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS) in Velika vrzel (SVV) v letih 2003 in 2004 ter v letu 2004 na višini 25 Nad krošnjami dreves (SJ) in na višini 2 m na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Vrzel (RV). Najvišje hitrosti so bile izmerjene Nad krošnjami dreves (SJ), kjer so 14.11.2005 dosegle tudi $7,6 \text{ m s}^{-1} \text{ h}^{-1}$. Najvišje povprečne dnevne hitrosti so bile dosežene isti dan (14.11.2004: $6,1 \text{ m s}^{-1}$). Na ostalih merilnih mestih povprečne dnevne hitrosti vetra niso presegle $1,1 \text{ m s}^{-1}$.

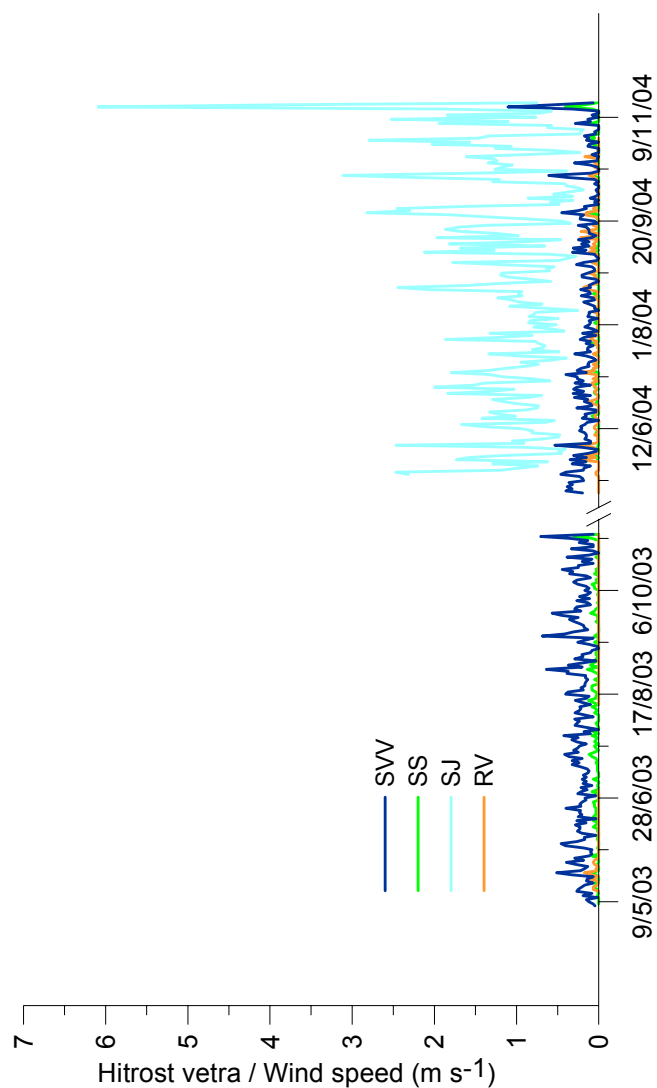
Pearsonovi koeficienti korelacije (r) so statistično značilni (pri $p < 0,05$) za vse pare (Preglednica 20), pri čemer je r večji od 0,50 le za hitrosti vetra Nad krošnjami (SJ) ter Veliko vrzel (SVV) ($r = 0,515$).

Najpogosteje so bile v Veliki vrzeli (SVV) hitrosti vetra višje od tistih v Sestoj (SS) za $0,3 \text{ m s}^{-1}$ in sicer za $0,1 \text{ m s}^{-1}$ v 30 % dni, med $0,1$ in $0,2 \text{ m s}^{-1}$ za 37 % dni in med $0,2$ in $0,3 \text{ m s}^{-1}$ za 21 % dni (Slika 26). V Veliki vrzeli (SVV) so hitrosti vetra presegle tiste v Sestoj (SS) za več kot $0,5 \text{ m s}^{-1}$ le v 2 % merjenih dni.

Preglednica 20: Pearsonovi koeficienti korelacije (r) med urnimi hitrostmi vetra (m s^{-1}) na višini 2 m na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS) in Velika vrzel (SVV) v letih 2003 in 2004 ter v letu 2004 na višini 25 Nad krošnjami dreves (SJ) in na višini 2 m na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Vrzel (RV). Skupno število meritev je 8855. Statistično značilni koeficienti so označeni s krepko pisavo ($p < 0,05$).

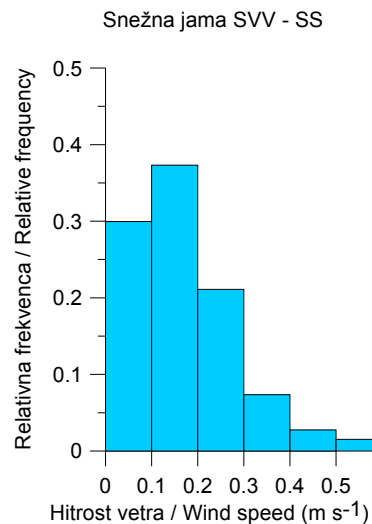
Table 20: Pearson's coefficient of correlation (r) for hourly wind speed (m s^{-1}) 2 m above ground at research site Snežna jama, plot Stand (SS), Large gap (SVV) in 2003 and 2004 and 25 m Above crowns (SJ) and at research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS), Gap (RV) in 2004. Total number of observations is 8855. Statistically significant coefficients are in bold ($p < 0,05$).

	SVV_WS	SS_WS	RV_WS	SJ_WS
SVV_WS	1			
SS_WS	0.356	1		
RV_WS	0.401	0.227	1	
SJ_WS	0.515	0.299	0.484	1



Slika 25: Povprečne dnevne hitrosti vetra na višini 2 m na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS) in Velika vrzel (SVV) v letih 2003 in 2004 ter v letu 2004 na višini 25 m Nad krošnjami dreves (SJ) in na višini 2 m na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Vrzel (RV)

Figure 25: Average daily wind speed 2 m above ground at research site Snežna jama, plot Stand (SS), Large gap (SVV) in 2003 and 2004 and 25 m Above crowns (SJ) and at research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS), Gap (RV) in 2004



Slika 26: Frekvenčna porazdelitev razlik med povprečnimi dnevnimi hitrostmi vetra, merjenimi na višini 2 m nad tlemi na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Sestoj (SS) v obdobju maj – oktober 2003 in 2004. Skupno število meritev je 351.

Figure 26: Frequency distribution of differences in average daily wind speed 2 m above ground at research site Snežna jama, plot Stand (SS) and Large gap (SVV) in May – October 2004. Total number of observations is 351.

5.1.5 Padavine Precipitation

5.1.5.1 Dnevne vrednosti prepuščenih padavin – avtomatske meritve Daily precipitation and throughfall – automatic measurements

Avtomatske meritve urnih vrednosti prepuščenih padavin so potekale v letih 2003 in 2004 na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Sestoj (SS) ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Vrzel (RV). V letu 2004 smo v Snežni jami dodali tudi merilno postajo Nad krošnjami (SJ). V povprečju so bile največje količine padavin izmerjene Nad krošnjami dreves (SJ), najmanjše pa v Sestoji (SS) (Preglednica 21).

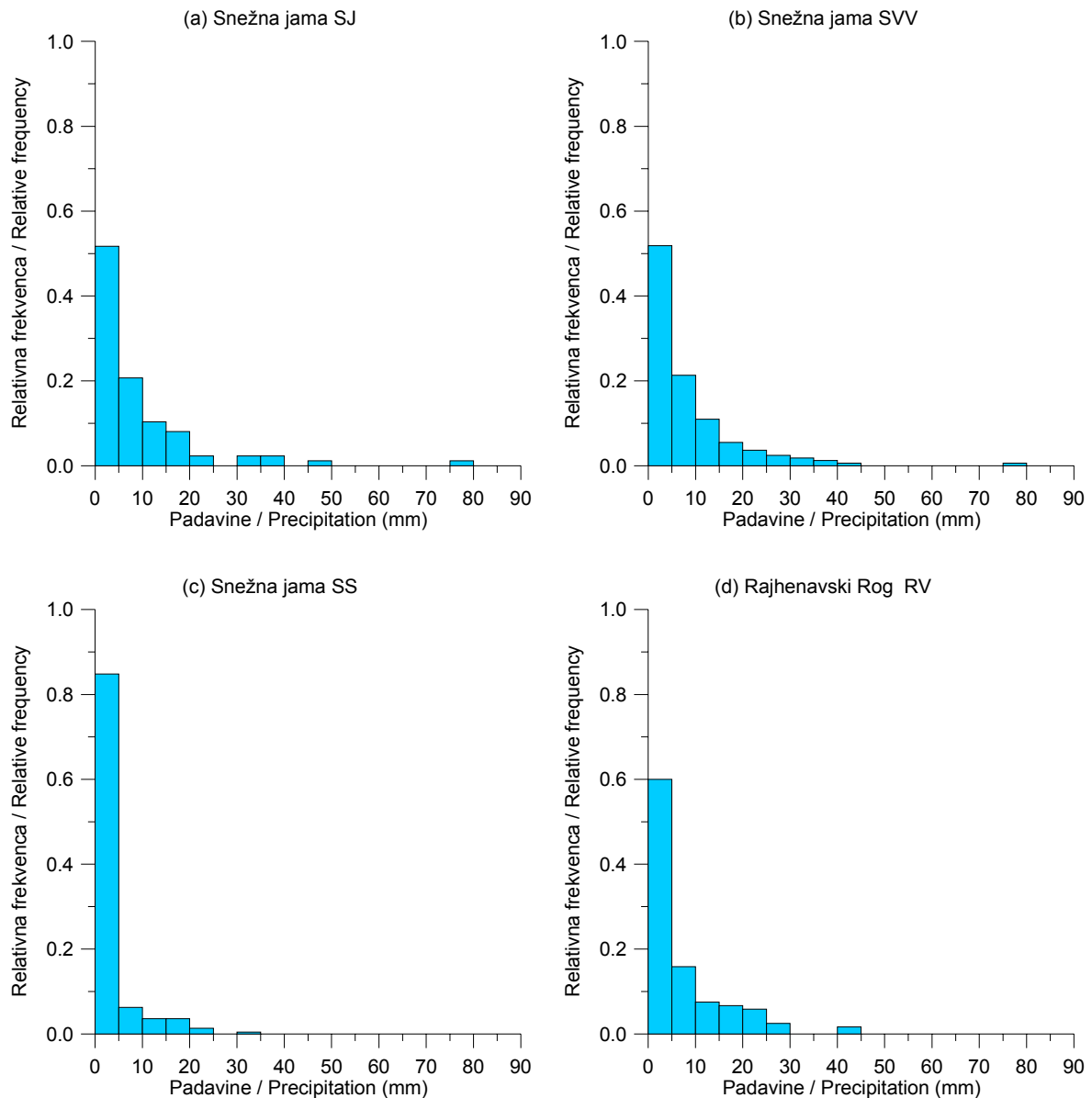
Preglednica 21: Povprečne, minimalne in maksimalne dnevne količine padavin in standardni odkloni, merjene z avtomatskimi postajami na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Vrzel (RV) v letih 2003 in 2004 ter na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Nad krošnjami (SJ) v letu 2004.

Table 21: Mean, minimum, maximum daily throughfall 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 crowns (SJ) in 2004

Podobjekt / Plot	N	Povprečje / Mean	Minimum	Maksimum / Maximum	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

Najmanjše število dni brez prepuščenih padavin je bilo v Sestoji (SS), in sicer 36,4 %, največje pa v Vrzel v Rajhenavskem Rogu (RV), in sicer 57,6 %. Na vseh štirih merilnih mestih je bila najpogostejša intenziteta prepuščenih padavin med 0 in 5 mm dan⁻¹, pri čemer je bil v Sestoji (SS) ta tip padavin prisoten kar v 86 % (Slika 27). V Prilogi F je prikazana značilnost prepuščenih padavin tekom vegetacijskega obdobja, pri čemer je razvidno, da so bile predvsem na podobjektu Sestoj (SS) v jesenskem času leta 2003 in 2004 izmerjene majhne količine prepuščenih padavin, ki ne sovpadajo z količinami, merjenimi na ostalih objektih. Razlog za ta pojav je najverjetneje nabrano 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.

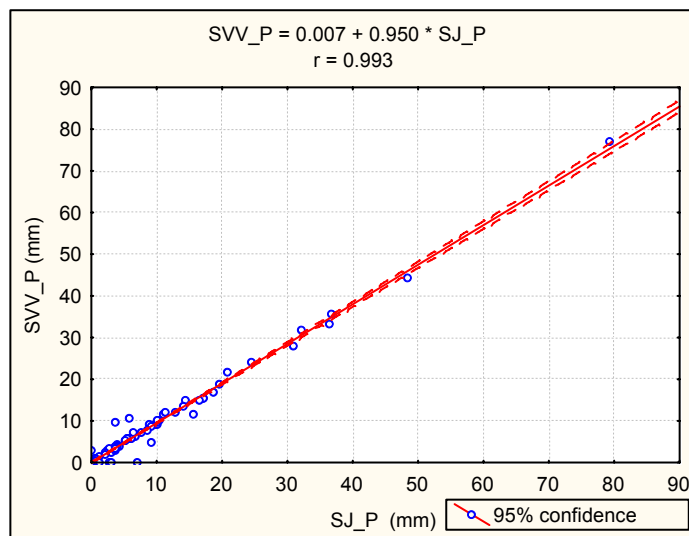
Največja intenzivnost padavin je bila dosežena Nad krošnjami SJ (79,3 mm dan⁻¹) ter v Veliki vrzeli (SVV): 77,0 mm dan⁻¹ dne 7.8.04. Tudi sicer so bile intenzitete prepuščenih padavin nad 30 mm dan⁻¹ izmerjene v poletnem času (julij, avgust), v času poletnih neviht.



Slika 27: Frekvenčna porazdelitev dnevne količine prepuščenih padavin na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Sestoj (SS) ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Vrzel (RV) v letih 2003 in 2004 ter Nad krošnjami (SJ) v letu 2004

Figure 27: Frequency distribution of daily throughfall 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 crowns (SJ) in 2004

Linearna odvisnost med prepuščenih padavinami v Veliki vrzeli (SVV) in padavinami Nad krošnjami (SJ) je prikazana na Sliki 28. Dnevne količine padavin na podobjektih se dobro ujemajo ($r = 0,993$).



Slika 28: Prepuščene padavine (SVV_P) v odvisnosti od skupne dnevne količine padavin (SJ_P) za leto 2004 na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Nad krošnjami (SJ). Skupno število meritev je 176.

Figure 28: Throughfall in Large gap (SVV_P) in relation to daily precipitation above crowns (SJ_P) for 2004 at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) and Above crowns (SJ). 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 v sredini Velike vrzeli (SVV) zaradi vpliva obdajajočega sestoja razlikovala od tiste Nad krošnjami dreves (SJ).

V Preglednici 22 je prikazana značilnost padavin v obravnavanem obdobju v letih 2003 in 2004, ki so bile izmerjene z avtomatsko vremensko postajo na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Nad krošnjami (SJ). V vegetacijskem obdobju 2004 je padlo kar za 33 % več padavin kot v vegetacijskem obdobju 2003, pri čemer je bil delež padavinskih dni le za 5 % višji kot v obravnavanem obdobju 2003. V letu 2003 je v maju, juniju, juliju in avgustu padlo zelo malo padavin (pod $100 \text{ mm mesec}^{-1}$), večje količine smo izmerili šele v septembru (102 mm) in oktobru (149 mm). V letu 2004 je v juniju in juliju padlo približno 100 mm, v avgustu kar 200 mm, v septembru 82 mm in oktobru 175 mm padavin. V vegetacijskem obdobju 2004 so bile padavine vse mesece dokaj obilne, še najmanj jih je bilo v septembru. V juniju in juliju 2004 je padlo za 50 % več padavin kot v letu 2003, v avgustu 2004 pa kar za 130 % več kot avgusta 2003.

Preglednica 22: Značilnosti padavin v obravnavanem obdobju v letih 2003 in 2004 na raziskovalni ploskvi Snežna jama

Table 22: Precipitation in measuring period in 2003 and 2004 at research site Snežna jama

Obdobje / Period	Št. dni / No. of days	Št. dni s padavinami / No. of days with precipitation	Odstotek dni s padavinami / Percentage of days with precipitation (%)	Vsota / Sum (mm)	Mediana / Median	90 percentile	Maksimum / Maximim
7.5.03 -2.11.03	180	75	42	555	4.3	20.4	33.8
12.5.04 -16.11.04	189	89	47	737	4.6	21.3	77.0

5.1.5.2 Razlike v dnevni količini padavin na raziskovalni ploskvi Snežna jama, merilna postaja Nad krošnjami, ter Iskrba in Kočevje
Differences between daily precipitation at research site Snežna jama, plot Above crowns, EMEP station and Kočevje station

Dnevne količine padavin na podobjektu Nad krošnjami (SJ) so bile bolj korelirane z vrednostmi na EMEP postaji Iskrba ($r = 0,625$) kot z vrednostmi na klimatološki postaji Kočevje ($r = 0,213$) (Preglednica 23).

Preglednica 23: Pearsonovi koeficienti korelacije (r) med dnevnimi količinami padavin na višini 25 m nad tlemi na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Nad krošnjami (SJ) ter EMEP postaji Iskrba ter klimatološko postajo Kočevje (ARSO) v letu 2004. Skupno število meritev je 180. Statistično značilni koeficienti so označeni s krepko pisavo ($p < 0,05$).

Table 23: Pearson's coefficient of correlation (r) for daily precipitation 25 m above ground at research site Snežna jama, plot Above crowns (SJ) and EMEP station Iskrba and climatological station Kočevje in 2004. Total number of observations is 180. Statistically significant coefficients are in bold ($p < 0,05$).

	Iskrba	Kočevje	SJ
Iskrba	1		
Kočevje	0.243	1	
SJ	0.625	0.213	1

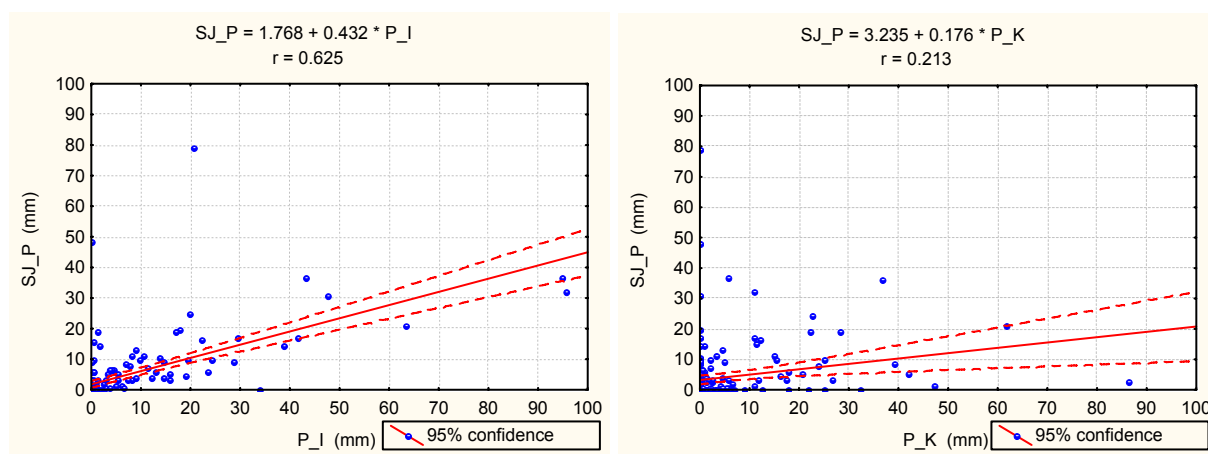
Razlike med dnevnimi količinami padavin so bile na vseh treh mestih statistično značilne (Preglednica 24).

Preglednica 24: Analiza variance za razlike med dnevnimi količinami padavin na višini 25 m nad tlemi ter na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Nad krošnjami (SJ) ter EMEP postajo Iskrba ter klimatološko postajo Kočevje (ARSO) v letu 2004. Skupno število meritev je 180. Statistično značilni koeficienti so označeni s krepko pisavo ($p < 0,05$), $p < 0,01$ so označeni s poševno pisavo.

Table 24: Results of one-way ANOVA for daily precipitation 25 m above ground at research site Snežna jama, plot Above crowns (SJ) and EMEP station Iskrba and climatological station Kočevje in 2004. Total number of observations is 180. Statistically significant coefficients are in bold ($p < 0,05$), for $p < 0,01$ are in italics.

	SJ		Iskrba		Kočevje	
	F	p	F	p	F	p
SJ			15.96	<i>0.000</i>	1.50	0.069
Iskrba	37.88	<i>0.000</i>			3.39	<i>0.000</i>
Kočevje	4.23	<i>0.000</i>	2.71	<i>0.000</i>		

Na Sliki 29 je prikazana linearna odvisnost med dnevnimi količinami padavin, merjenimi na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Nad krošnjami (SJ) ter EMEP postajo Iskrba in klimatološko postajo Kočevje (ARSO) v letu 2004.



Slika 29: Dnevne količine padavin na višini 25 m nad tlemi ter na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Nad krošnjami (SJ) v odvisnosti od dnevne količine padavin z EMEP postaje Iskrba ter klimatološke postaje Kočevje (ARSO) v letu 2004

Figure 29: Daily precipitation 25 m above ground at research site Snežna jama, plot Above crowns (SJ) in relation to daily precipitation at EMEP station Iskrba and climatological station Kočevje in 2004

5.1.5.3 Mesečne količine prepuščenih padavin v vrzelih in v sestojih Monthly precipitation in the gaps and throughfall for the stands

Osnova za analizo je bilo 12 meritev mesečne količine prepuščenih padavin v vegetacijskem obdobju v letu 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 Vrzeli (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 25). 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) na ploskvi Rajhenavski Rog so sestojne padavine presegle količino padavin na prostem v avgustu 2003 ter maju in juliju 2004.

Točkovne vrednosti prepuščenih padavin za posamezna krajša časovna obdobja se lahko med seboj močno razlikujejo. Tako so bila največja odstopanja mesečnih količin prepuščenih padavin (standardni odkloni) na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Vrzel (RV) (44,2 mm v letu 2003 in 69,4 mm v letu 2004), najmanjša pa na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) (5,2 v letu 2003 in 8,1 v letu 2004). Da bi bilo mogoče primerjati posamezne podobjekte med seboj, smo vrednosti preračunali v odstotke glede na povprečno količino padavin na prostem (SŽ) in jih tako izenačili (Priloga G1).

Preglednica 25: Deleži prepuščenih padavin v količini padavin na prostem Rog Žaga (SŽ) ter absolutne količine prepuščenih padavin, 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 (vsota prepuščenih padavin (TF) in odtoka po deblu (SF)). S krepko pisavo so označeni deleži nad 100 %.

Table 25: Percentage of monthly throughfall of precipitation in the open at research site Rog Žaga (SŽ) and monthly values of precipitation 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) also monthly sums of throughfall (TF) and stemflow (SF) are presented. Percentage higher than 100 % is 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
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
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
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

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 ($p = 0,006$) (Priloga G2). 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.

Razlike med povprečji prepuščenih mesečnih količin padavin (deleži glede na padavine na prostem Rog Žaga (SŽ)) v letih 2003 in 2004 (Preglednica 26) so bile največje na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS), kjer so bile količine v letu 2004 za 16 % 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 za 6 %, v Sestoji (RS) pa za 16 %.

Preglednica 26: 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 sestojne padavine (vsota prepuščenih padavin (TF) in odtoka po deblu (SF)).

Table 26: Monthly throughfall as a percentage of 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) also monthly sums of throughfall (TF) and stemflow (SF) are presented.

%	SS		SVV	SMV	SPC	RS		RV
		TF+SF				TF+SF		
2003	78.37	90.75	95.13	91.58	92.04	74.31	85.22	85.46
2004	86.84	93.49	102.14	97.44	91.61	86.07	88.83	90.46
Skupaj / Total	82.61	92.25	98.61	94.51	91.84	79.72	87.19	87.98

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 (Priloga G3). Če upoštevamo tudi vrednosti odtoka po deblih za obravnavana sestojna (SS, RS), se količine sestojnih padavin izenačijo s količinami prepuščenih padavin v vrzelih.

5.2 ODTOK PO DEBLU STEMFLOW

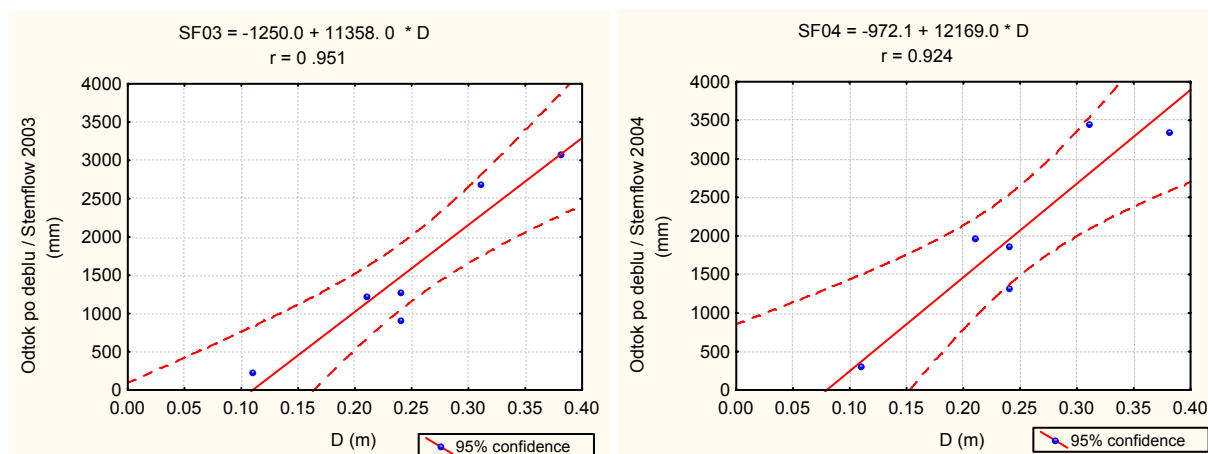
Količine odtoka vode po deblih smo spremljali na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), na šestih drevesih (bukev – *Fagus sylvatica* L.) različnih premerov. Mesečne vrednosti ter vsota za meritveno obdobje v letih 2003 in 2004 so prikazane v Preglednici 27.

Preglednica 27: Mesečne količine ter vsota odtoka po deblu na izbranih drevesih za meritveno obdobje v letih 2003 in 2004

Table 27: Monthly stemflow and total sum for selected trees in growing season 2003 and 2004

Drevo / Tree	d (m)	Odtok po deblu (l mesec ⁻¹) / Stemflow (l month ⁻¹)					Skupaj / Total (l)	Odtok po deblu (l mesec ⁻¹) / Stemflow (l month ⁻¹)					Skupaj / Total (l)	
		jun-03	jul-03	avg-03	sep-03	okt-03		2003	maj-04	jun-04	jul-04	avg-04		sep-04	okt-04	2004
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

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 30). Za leto 2003 je $r = 0,951$, za leto 2004 pa je $r = 0,924$.



Slika 30: Odtok po deblu (mm) v odvisnosti od premera dreves (m) v vegetacijskem obdobju za leti 2003 in 2004 na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS)

Figure 30: Stemflow (mm) in relation to stem diameter (m) in growing season 2003 and 2004 at research site Snežna jama, plot Stand (SS)

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 projekcijo krošenj podobjekta ter projekcijo krošenj dreves z vzorčevalniki za oba sestoja (SS in RS) 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 28). Na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) je ocenjeni delež zaradi nižje temeljnice na enoto površine (v SS znaša $0,171 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, v RS pa $0,138 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$) nižji in znaša v obdobju junij – oktober 2003 6,2 %, v obdobju maj – oktober 2004 pa 5,0 %.

Preglednica 28: Delež mesečnih količin odtoka po deblu 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 meritveno obdobje v letih 2003 in 2004

Table 28: Stem flow 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)

	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

5.3 PRESTREZANJE PADAVIN 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 29). Omeniti moramo, da je bila pokrovnost pritalne vegetacije v obeh sestojih zelo mahjna, 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 29: Mesečne količine intercepcije 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 29: Monthly values of interception 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)

	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	

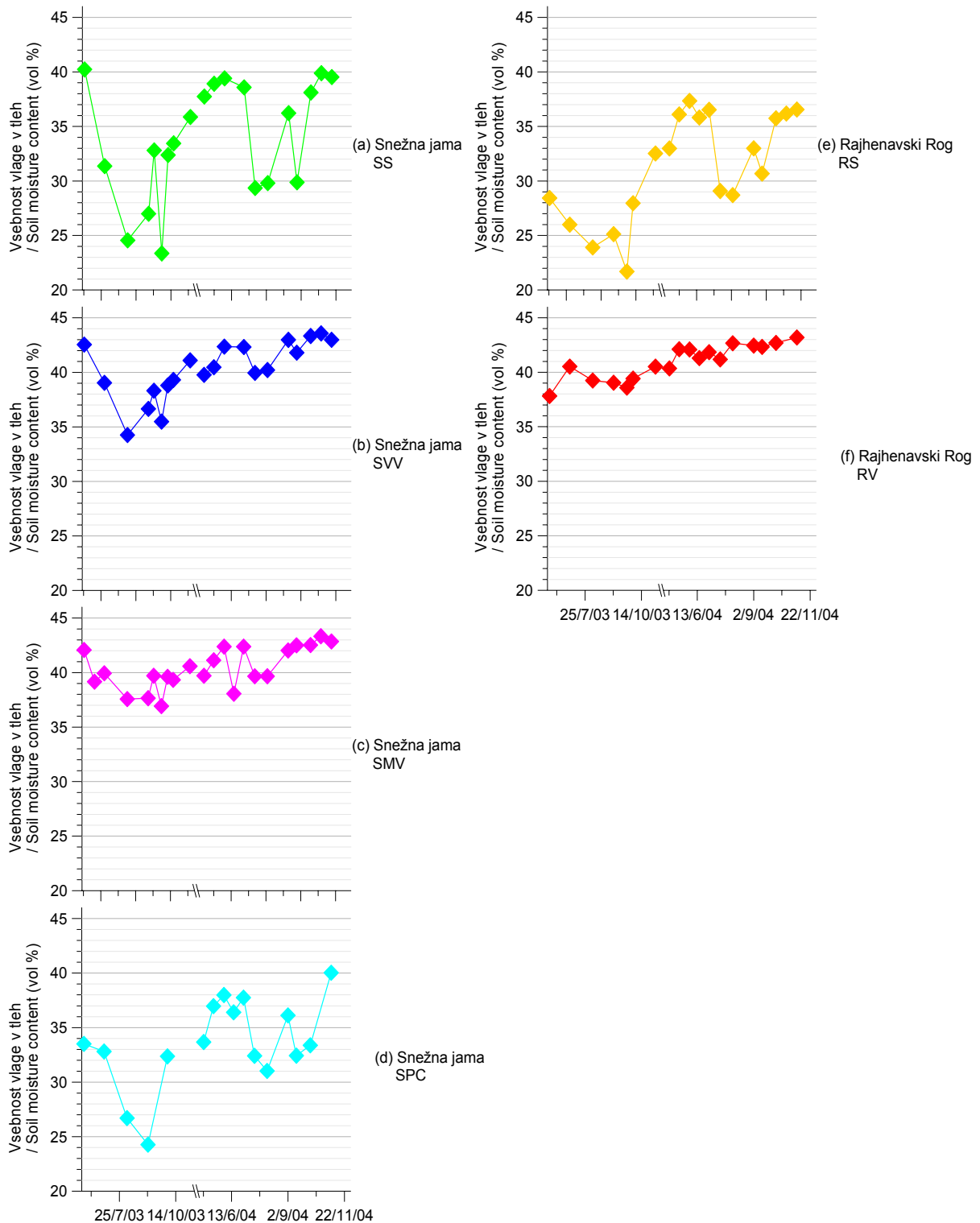
5.4 VSEBNOST VLAGE V TLEH SOIL MOISTURE CONTENT

Padavine so na obravnavanih raziskovalnih ploskvah edini vir vlage v tleh, saj podtalnica ni prisotna.

5.4.1 Vsebnost vlage v tleh na globini od 0 do 40 cm Soil moisture content in depth 0 – 40 cm

Slika 31 prikazuje trenutne volumske vsebnosti vlage v tleh (vol %), izmerjene s TDR na globini od 0 do 40 cm 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). Najvišje vrednosti so bile izmerjene na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) v oktobru 2004, najnižje pa na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) v septembru 2003. Iz letnega poteka volumske vsebnosti vlage v tleh je razvidno, da so bile vrednosti v vrzelih (SVV, SMV in RV) višje od vrednosti v Mladju (SPC) in sestojih (SS, RS) preko celega vegetacijskega obdobja v letih 2003 in 2004.

V sestojih na obeh raziskovalnih ploskvah (Sestoj (SS) na raziskovalni ploskvi Snežna jama ter Sestoj (RS) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog) so bile vlažnostne razmere podobne, saj so pearsonovi koeficienti korelacije (r) statistično značilni (pri $p < 0,05$) ter višji od 0,70 (Preglednica 30). Prav tako so bile vlažnostne razmere podobne v vrzelih (Velika vrzel (SVV) na raziskovalni ploskvi Snežna jama ter Vrzel (RV) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog). V Mali vrzeli (SMV) na raziskovalni ploskvi Snežna jama so bile vlažnostne razmere najbolj podobne tistim v Veliki vrzeli (SVV). V Mladju (SPC) je bil koeficient korelacije dokaj visok ($r = 0,577$) za Veliko vrzel (SVV) na raziskovalni ploskvi Snežna jama kot tudi za Sestoj (RS) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog ($r = 0,563$), kar kaže na posebnost vlažnostnih razmer v primerjavi s sestojem ali vrzeljo.



Slika 31: Volumska vsebnost vlage v tleh (vol %), izmerjena s TDR na globini od 0 do 40 cm 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) v letih 2003 in 2004

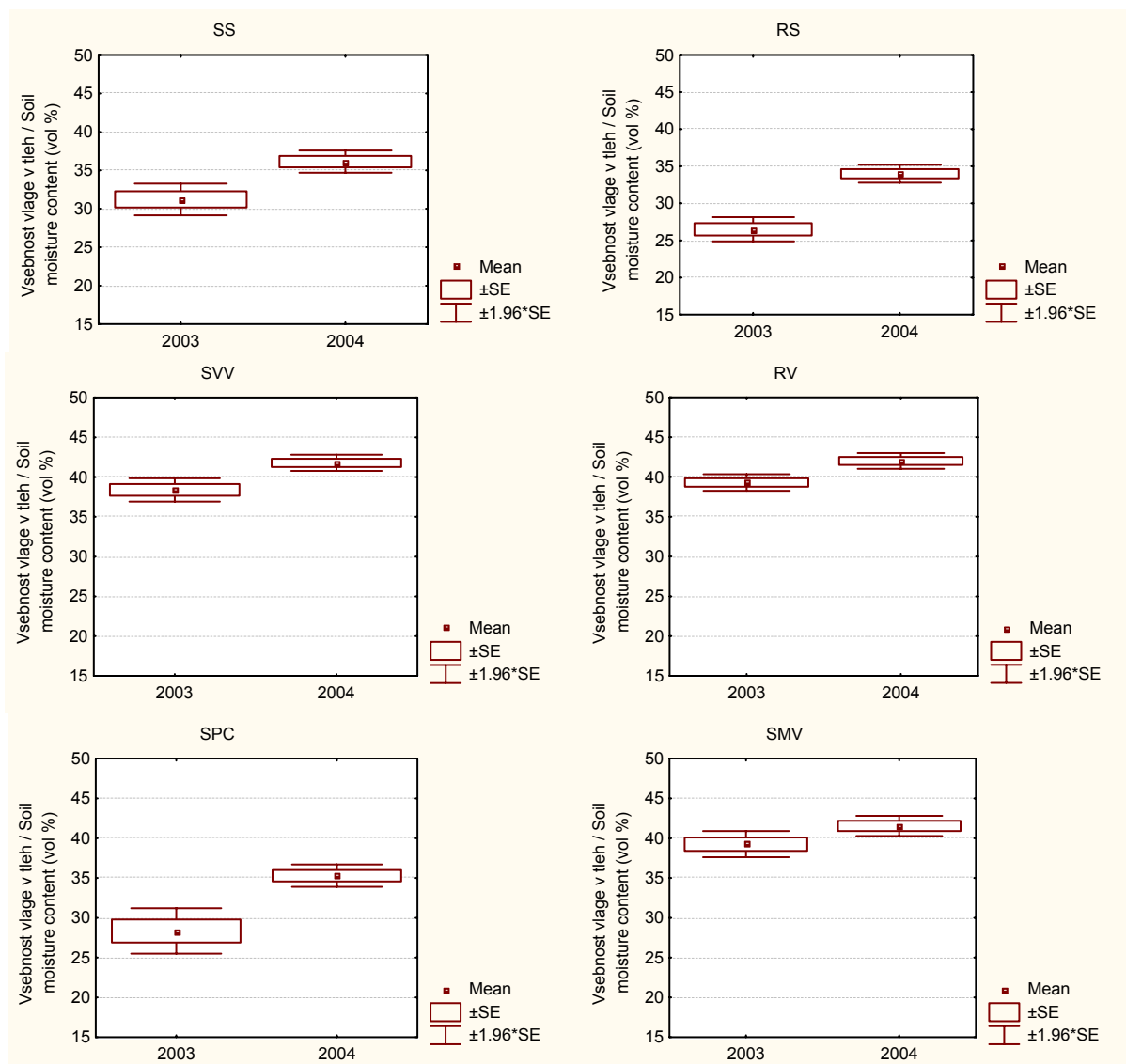
Figure 31: Soil moisture content (vol %), measured with TDR at 0 – 40 cm depth at research site Snežna jama, plot Stand (SS), Large gap (SVV), Small gap (SMV), Regeneration (SPC) and at research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS), Gap (RV) in 2003 and 2004

Preglednica 30: Pearsonovi koeficienti korelacije (r) med volumsko vsebnostjo vlage v tleh (vol %), izmerjeno s TDR na globini od 0 do 40 cm v letih 2003 in 2004, na ploskvah 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). Skupno število meritev je 48. Statistično značilni koeficienti so označeni s krepko pisavo ($p < 0,05$), $r > 0,5$ so označeni s poševno pisavo.

Table 30: Pearson's coefficient of correlation (r) for soil moisture content (vol %), measured with TDR at 0 – 40 cm depth 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), Gap (RV) in 2003 and 2004. Total number of observations is 48. Statistically significant coefficients are in bold ($p < 0,05$), $r > 0,5$ are in *italics*.

	SVV	SMV	SS	SPC	RV	RS
SVV	1					
SMV	0.502	1				
SS	0.457	0.254	1			
SPC	0.577	0.398	0.435	1		
RV	0.783	0.366	0.101	0.537	1	
RS	0.517	0.470	0.802	0.563	0.340	1

Okvir z ročaji za povprečne vrednosti in standardne odklone volumske vsebnosti vlage v tleh (vol %) za obdobje maj – oktober 2003 in maj – oktober 2004, izmerjene s TDR na globini od 0 do 40 cm 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) so prikazane na Sliki 32. Razlike med povprečnimi vrednostmi za vegetacijsko obdobje v letih 2003 in 2004 so bile največje na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) (v letu 2004 so bile vrednosti za 28 % višje kot v letu 2003), na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Mladje (SPC) (24 %) in Sestoj (SS) (16 %).



Slika 32: Okvir z ročaji za povprečne volumske vsebnosti vlage v tleh (vol %) za obdobje maj – oktober 2003 in maj – oktober 2004, izmerjene s TDR na globini od 0 do 40 cm 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)

Figure 32: Box-Whisker plots for average soil moisture content (vol %) for the period May – October 2003 and May – October 2004, measured with TDR at 0 – 40 cm depth 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), Gap (RV) in 2003 and 2004.

Na podobjektih pod zastorom krošenj (SPC, SS, RS) so volumske vsebnosti vlage v tleh upadle ob začetku vegetacijskega obdobja ter dosegle najnižje vrednosti v avgustu in septembru, nato pa s pričetkom odpadanja listja ponovno narasle. Povprečne volumske vsebnosti vlage v sestoji (SS in RS) so bile v obdobju, ko so bila drevesa olistana (junij – oktober) značilno višje od vrednosti izven vegetacijskega obdobja, medtem ko teh razlik za vrzeli nismo mogli potrditi (Preglednica 31).

Preglednica 31: Rezultati t – testa za razlike v povprečnih vrednostih volumske vsebnosti vlage v tleh (vol %) v obdobju junij – oktober in november – maj v letih 2003 in 2004, izmerjene s TDR na globini od 0 do 40 cm, na ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), Mladje (SPC), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) in Vrzel (RV). Statistično značilni koeficienti so označeni s krepko pisavo ($p < 0,05$), $p < 0,01$ so označeni s poševno pisavo.

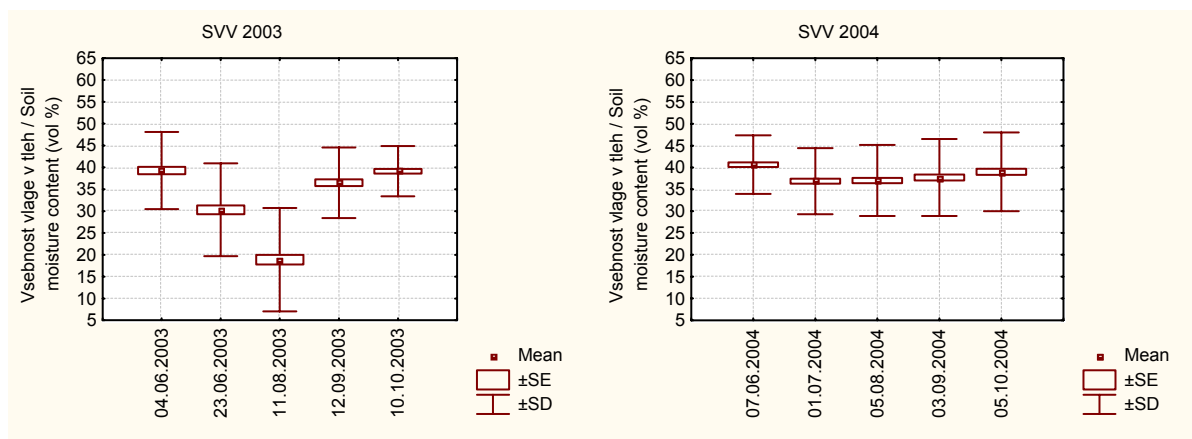
Table 31: Results of the t-test for soil moisture content (vol %) between June – October and November – May in 2003 and 2004, measured with TDR at 0 – 40 cm depth at research site Snežna jama, plot Stand (SS), Large gap (SVV), Small gap (SMV), Regeneration (SPC) and at research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS), Gap (RV) in 2003 and 2004. Statistically significant coefficients are in bold ($p < 0,05$), for $p < 0,01$ are in *italics*.

	Povprečje / Mean november – maj November – May	Povprečje / Mean junij – oktober June – October	t-vrednost / t-value	p
SVV	41.083	40.059	0.832	0.409
SMV	41.063	40.334	0.524	0.602
SS	38.015	32.899	3.155	0.003
SPC	32.777	32.858	-0.041	0.968
RV	41.542	40.797	0.752	0.455
RS	34.539	30.284	2.657	0.010

5.4.2 Vsebnost vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm Soil moisture content in depth 0 – 10 cm

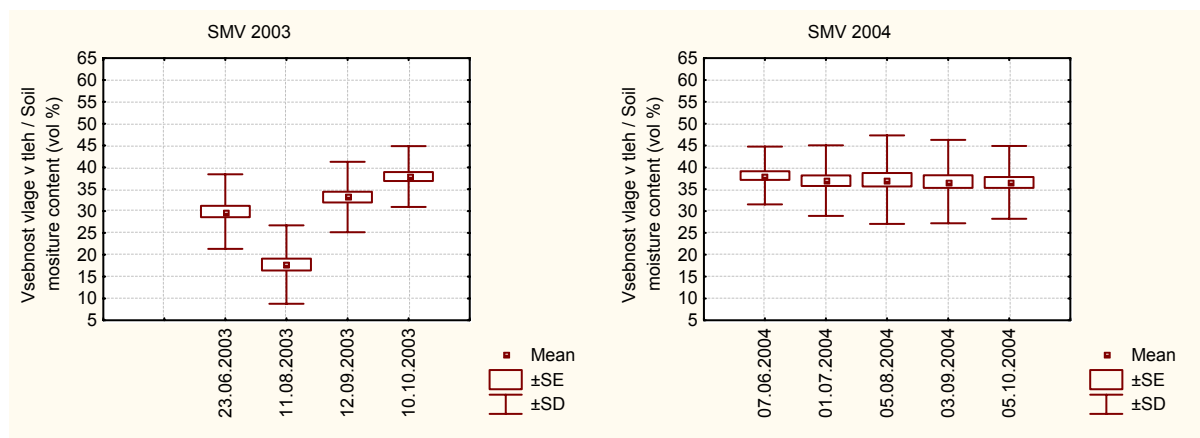
Povprečne volumske vsebnosti vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm ter standardni odkloni za raziskovalno ploskev v Snežni jami, podobjekt Velika vrzel (SVV), so prikazane na Sliki 33. V vegetacijskem obdobju 2003 so bile povprečne volumske vsebnosti vlage v tleh v Veliki vrzeli (SVV) nižje od tistih v vegetacijskem obdobju 2004, razponi vrednosti (standardni odklon) pa so bili večji (v letu 2003 med 5,7 in 11,8 ter v letu 2004 med 6,7 in 9,0). Predvsem v avgustu 2003 so bile ugotovljene vrednosti izredno nizke, saj so v povprečju dosegle le 18,9 %. V vegetacijskem obdobju 2004 so bile izmerjene vrednosti precej izenačene, v povprečju so volumske vsebnosti vlage v tleh znašale od 36,9 do 40,6 %.

Na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Mala vrzel (SMV) so bile razmere podobne. Na Sliki 34 so prikazane povprečne vrednosti in standardni odkloni za volumske vsebnosti vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm za raziskovalno ploskev v Snežni jami, podobjekt Mala vrzel (SMV). V avgustu leta 2003 so dosegle povprečne volumske vsebnosti vlage v tleh 17,7 % medtem ko so bile v letu 2004 v vseh mesecih med 36,6 in 38,1 %. V Mali vrzeli (SMV) je bil standardni odklon v letu 2003 med 6,0 in 9,0 %, v letu 2004 pa med 6,6 in 10,1.



Slika 33: Povprečne volumske vsebnosti vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm, zmanjšane za vsebnost skeleta, za raziskovalno ploskev v Snežni jami, podobjekt Velika vrzel (SVV), v letih 2003 in 2004

Figure 33: Average soil moisture content (vol %), corrected for the stoniness, measured with TDR at 0 – 10 cm depth at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) in 2003 and 2004



Slika 34: Okvir z ročaji za povprečne volumske vsebnosti vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm, zmanjšane za vsebnost skeleta za raziskovalno ploskev v Snežni jami, podobjekt Mala vrzel (SMV), v letih 2003 in 2004

Figure 34: Box-Whisker plots for average soil moisture content (vol %) corrected for the stoniness, measured with TDR at 0 – 10 cm depth at research site Snežna jama, plot Small gap (SMV) in 2003 and 2004

V Prilogah od H1 do H4 so prikazani modeli variogramov za meritve vsebnosti vlage v tleh, zmanjšane za vsebnost skeleta (VWC). Koeficienti modelov variogramov, prilagojenih meritvam VWC so prikazani v Prilogi I1 in I2.

V Mali vrzeli (SMV) v letu 2003 empirični semivariogrami za datume meritev 23.6.03, 11.8.03 in 12.9.03 nakazujejo nekonstantnost variance v obravnavani prostorski domeni. Linearni modeli variogramov so lahko posledica obstoja trenda v obravnavanih meritvah. Za meritve dne 10.10.03 se je kot najprimernejši izkazal sferični model variograma, katerega varianca doseže zgornji nivo pri 10 m razdalje med meritvami. Pri večjih razdaljah pari meritev med seboj niso več v korelaciji. V letu 2004 so empirični semivariogrami pokazali

razmeroma slabo prostorsko povezanost meritev. Semivariogram za meritve 5.8.04 ne izraža prostorske povezanosti. 1.7.04 se varianca izravna na razdalji 11 m, 3.9.04 pa na približno 12 m. Pri vseh modelih variogramov je bila prisotna izrazita anizotropija. Količnik anizotropije je znašal med 1,69 in 2, kar sodi v rang »zmerne« anizotropije (Surfer 8. User's Guide., 2002). Smer je določena s kotom anizotropije, ki znaša od 92,71 do 123,40 in nakazuje smer večje zveznosti med vrednostmi (Isaaks in Srivastava, 1989).

Iz dobljenih modelov lahko sklepamo, da znaša na podobjektu Mala vrzel (SMV) maksimalna razdalja, na kateri so meritve med seboj povezane, 10 m. Pri vseh meritvah je prisotna anizotropija.

V Veliki vrzeli (SVV) v letu 2003 smo lahko spremljali proces izsuševanja spomladi razmeroma namočenih tal. Za datum meritve 4.6.03 varianca počasi narašča z razdaljo med meritvami in se izravna pri 15 m. Dne 23.6.03 je v empiričnem semivariogramu opazna »luknja« (angl. hole effect), ko je prostorska povezanost med vrednostmi na večjih razdaljah močnejša kot na krajših. Varianca meritev ni konstantna, saj variance naraščajo linearno z razdaljo med meritvami. Dne 11.8.03, ko je vsebnost vlage v tleh dosegla najnižje vrednosti, se prag variograma dvigne, prostorska povezanost na majhnih razdaljah je bila velika, na velikih pa manjša. Dne 12.9.03 po krajšem deževnem obdobju se ponovno vzpostavi vzorec razmeroma počasnega upadanja variance z razdaljo, ki doseže nivo izravnave pri 25 m. Prag variograma 10.10.03 še upade, varianca se izravna na razdalji 20 m. V letu 2004 empirični variogrami ne nakazujejo prostorske odvisnosti med meritvami. V vseh meritvenih dneh se pokaže »luknja«, ko je prostorska povezanost med vrednostmi na večjih razdaljah (približno 12 m) močnejša kot na manjših. Meritve z dne 5.8.04, še bolj pa 3.9.04 in 5.10.04 nakazujejo celo manjšo prostorsko povezanost vrednosti na razdaljah od 1 do 5 m, kot pa nad 5 m. Z zgostitvijo mreže na 1 x 1 m nismo pridobili boljše ocene variabilnosti na majhnih razdaljah. Pri vseh modelih variogramov, razen 1.7.04 in 5.8.04 je prisotna izrazita anizotropija. Smer je določena s kotom anizotropije, ki znaša od 105,80 do 145,00 in nakazuje smer večje zveznosti med meritvami. Najvišji in tudi najnižji kot anizotropije dosežejo v letu 2004, ko je prostorska odvisnost med meritvami majhna.

Iz dobljenih modelov lahko sklepamo, da znaša maksimalna razdalja, na kateri so meritve na podobjektu Velika vrzel (SVV) med seboj povezane, 25 m. V padavinsko bogatem vegetacijskem obdobju, ko so bila tla več mesecev izdatno namočena, prostorske povezanosti med meritvami vlage v tleh ni. Pri vseh meritvah je prisotna anizotropija.

Če primerjamo koeficiente korelacije (r) ter z navzkrižnim preverjanjem pridobljene statistike med merjenimi in interpoliranimi vrednostmi (Priloga J) ugotovimo, da je za meritve v Veliki vrzeli (SVV) z dne 5.8.04, 3.9.04 in 5.10.04 primernejša metoda interpolacije »potenca tehtane sredine razdalj« (INDP) kot pa kriging.

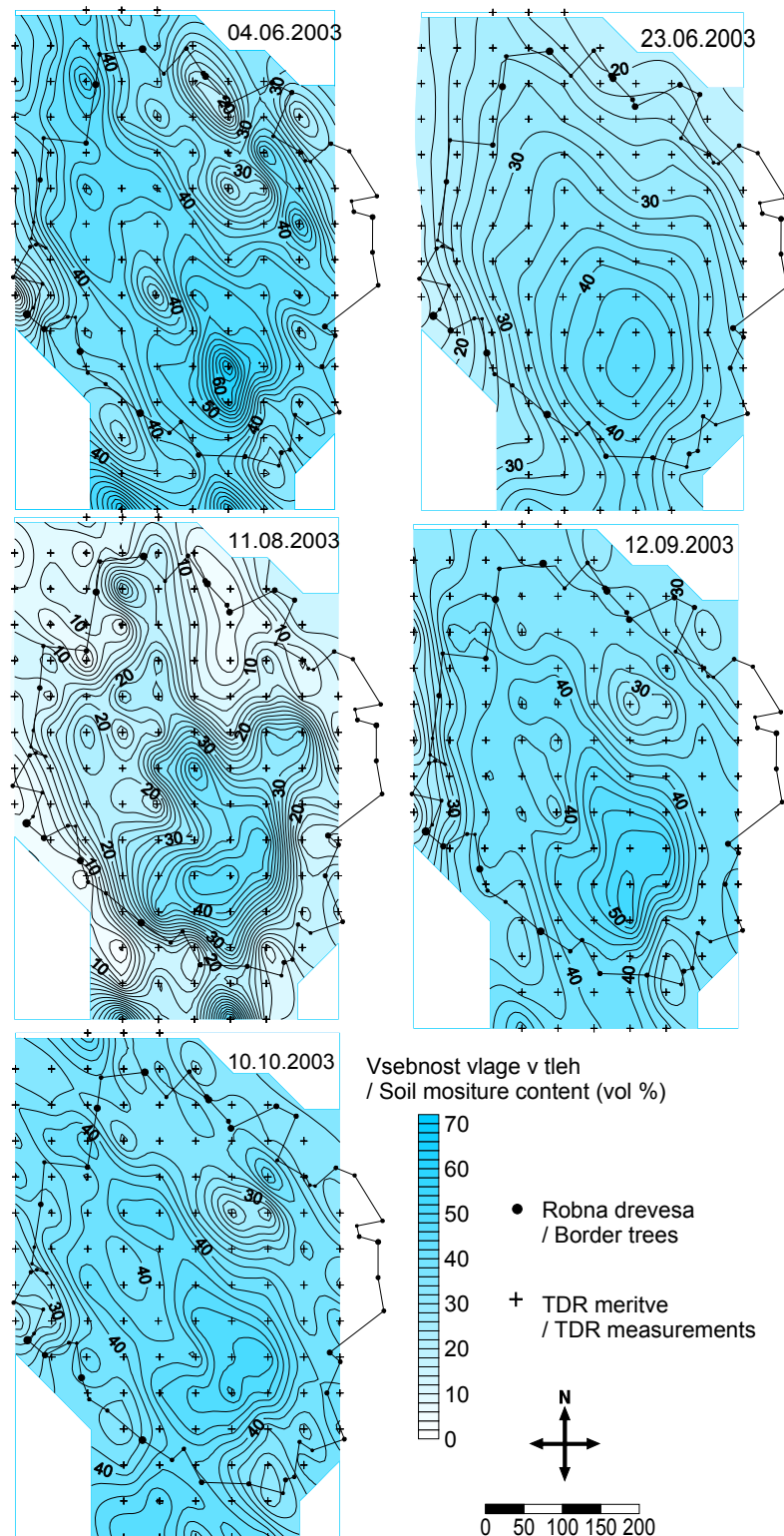
Z izdelavo prostorskih prikazov (angl. contour map) iz interpoliranih vrednosti si lahko pomagamo pri določanju območij z izrazito višjimi ali nižjimi vrednostmi, ki vplivajo na slab rezultat pri variogramih. Pri tem je potrebno omeniti, da so interpolirane vrednosti manj variabilne od merjenih, zato je prostorski prikaz bolj enakomeren in ustvari vtis manjše variabilnosti (Isaaks in Srivastava, 1989). Prostorski prikazi so zato le pripomoček pri analizi meritev, kvantitativno pa so vprašljivi.

Za meritve v letu 2003 je na končnih prostorskih prikazih za SVV (Slika 35) in SMV (Slika 37) lepo viden prehod iz razmeroma namočenih tal (4.6.2003) do izsušenih tal (11.8.2003) ter ponovnega namočenja tal (10.10.2003). V sredini vrzeli so bile vsebnosti vlage v tleh višje kot pod zastorom obdajajočega sestoja. Še posebej pride do izraza izsušenost tal pod sestojem v sušnem obdobju (11.8.2003), ko so bile vrednosti vlage v tleh pod sestojem izredno nizke (pod 10 %), na jugovzhodnem robu vrzeli pa so ostale celo na 45 %. Prostorski prikazi za posamezne meritve v letu 2004 so na obeh podobjektih (SVV: Slika 36 in SMV: Slika 38) zelo podobni, saj so bila tla tekom vegetacijskega obdobja dobro namočena.

Da bi ugotovili, kateri od opazovanih ekoloških dejavnikov najbolj vpliva na vsebnost vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm smo s pomočjo multiple regresije ugotavljali odvisnost med 21. spremenljivkami, s katerimi smo opisali ekološke dejavnike na posamezni ploskvi pravilne mreže 5 x 5 m, ter povprečnimi, minimalnimi in maksimalnimi vsebnostmi vlage v tleh za vegetacijsko obdobje 2003 in 2004. Ekološki, dejavniki, ki smo jih uporabili v analizi, so prikazani v nadaljevanju: svetlobne razmere, površinska skalovitost, ekspozicija, naklon, skeletnost, talne enote, skupna debelina O₁, O_f in O_h horizontov, debelina A horizonta, skupna debelina (B)_{rz}, E in B_t horizontov, globina mineralnega dela tal, zastiranje pritalne vegetacije, delež površine, prekrite z vejami ter delež površine, prekrite z odmrlim lesom. Okrajšave spremenljivk, ki smo jih uporabili v analizi, so razvidne iz Preglednice 11. Prikazali smo le statistično značilne (pri $p < 0,05$) regresijske enačbe (Preglednica 32). Za maksimalne vsebnosti vlage v tleh za vegetacijsko obdobje R^2 niso bili večji od 0,20, zato rezultatov nismo prikazali. Ker pri nobeni od enačb multiple regresije R^2 ni bil večji od 0,50, ti rezultati le nakazujejo morebitne povezave med vsebnostjo vlage v tleh in ekološkimi spremenljivkami.

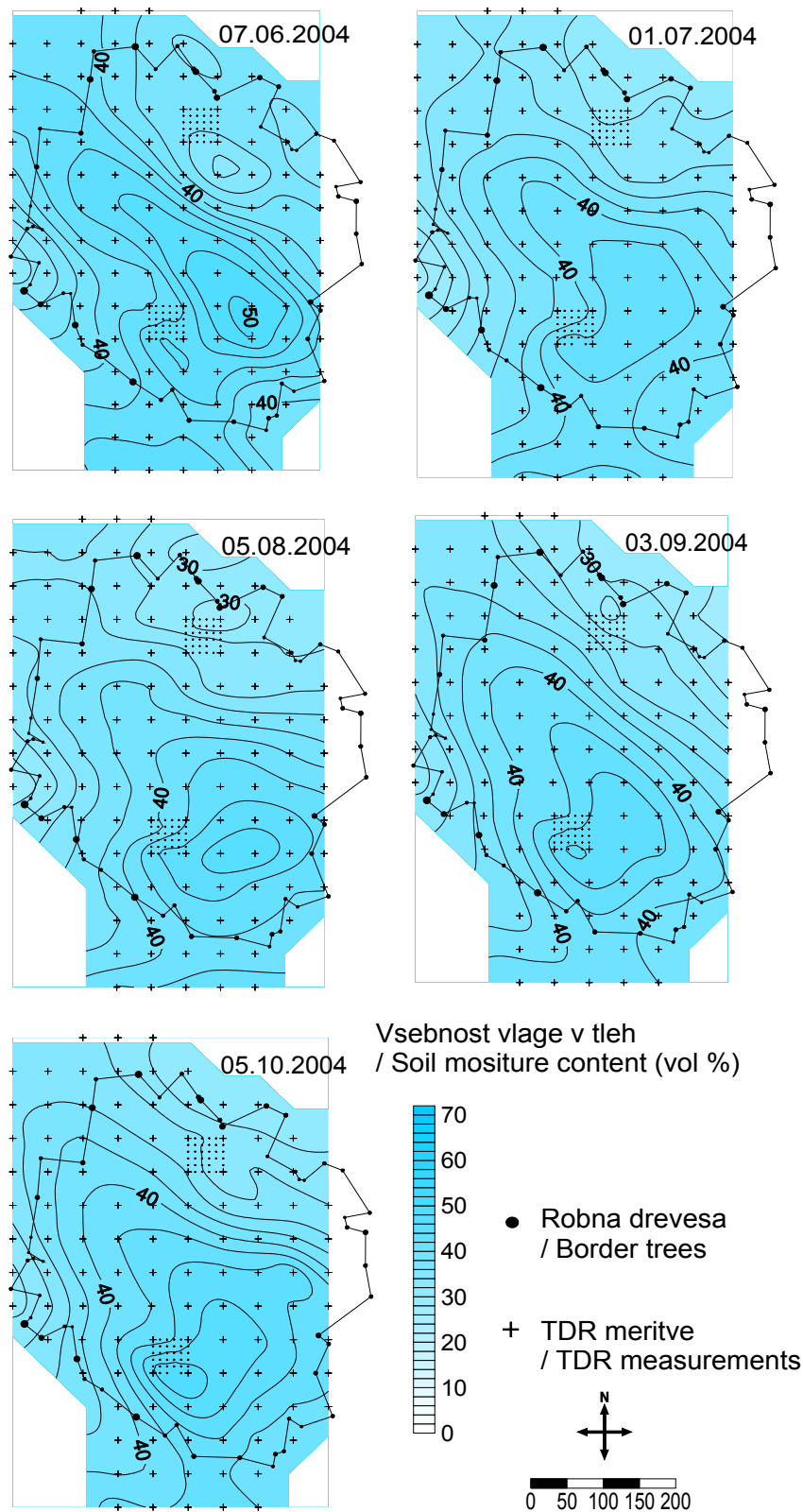
Na minimalne vsebnosti vlage v tleh so najbolj vplivale visoke vrednosti difuznega sevanja (ISF) in nizke vrednosti direktnega sevanja (DSF). V vegetacijskem obdobju 2003 so bile minimalne vsebnosti vlage v tleh višje pri večjem zastiranju pritalne vegetacije (ZAST), v vegetacijskem obdobju 2004 pa pri manjših naklonih (INCL). Povprečne vsebnosti vlage v tleh so bile v obeh vegetacijskih obdobjih višje pri višjih vrednostih difuznega sevanja (ISF). V vegetacijskem obdobju 2003 so bile povprečne vsebnosti vlage v tleh višje pri manjši skupni odprtosti (TSF), pri večjem zastiranju pritalne vegetacije (ZAST) ter pri večjih debelinah O horizontov (O). V vegetacijskem obdobju 2004 so bile povprečne vsebnosti

vlage v tleh višje pri nižjih vrednostih direktnega sevanja (DSF) ter pri večjih debelinah O horizontov (O).



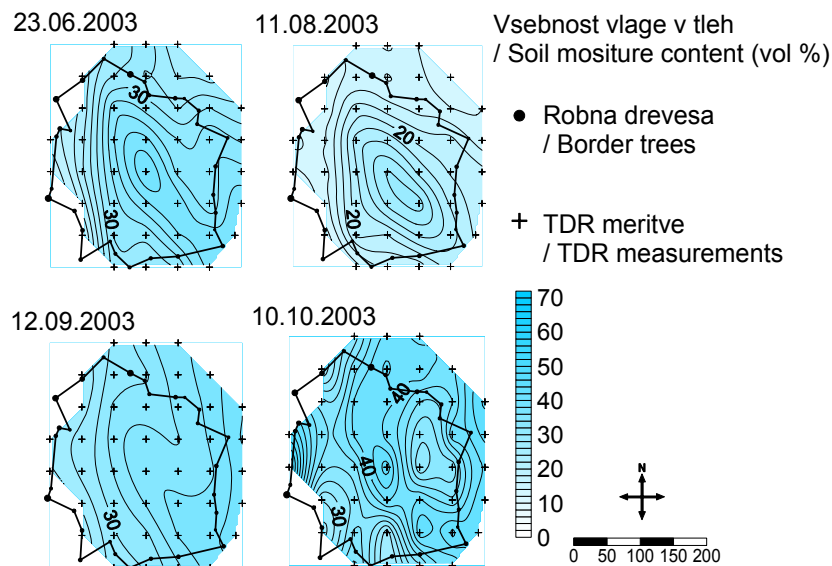
Slika 35: Volumske vsebnosti vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm za raziskovalno ploskev v Snežni jami, podobjekt Velika vrzel (SVV), v letu 2003

Figure 35: Soil moisture content (vol %), measured with TDR at 0 – 10 cm depth at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) in 2003



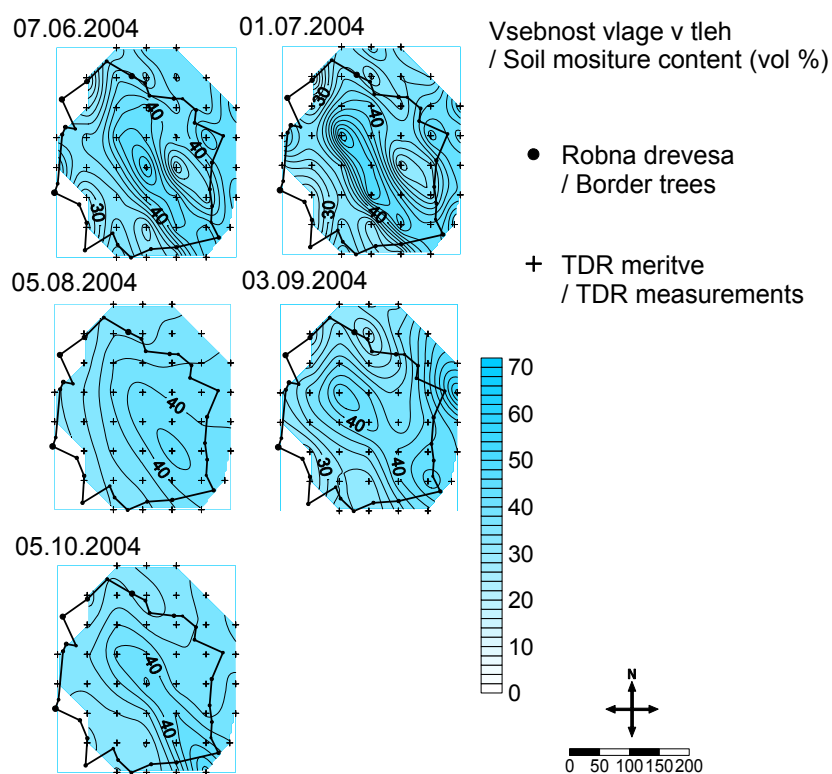
Slika 36: Volumske vsebnosti vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm za raziskovalno ploskev v Snežni jami, podobjekt Velika vrzel (SVV), v letu 2004

Figure 36: Soil moisture content (vol %), measured with TDR at 0 – 10 cm depth at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) in 2004



Slika 37: Volumske vsebnosti vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm za raziskovalno ploskev v Snežni jami, podobjekt Mala vrzel (SMV), v letu 2003

Figure 37: Soil moisture content (vol %), measured with TDR at 0 – 10 cm depth at research site Snežna jama, plot Small gap (SMV) in 2003



Slika 38: Volumske vsebnosti vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm za raziskovalno ploskev v Snežni jami, podobjekt Mala vrzel (SMV), v letu 2004

Figure 38: Soil moisture content (vol %), measured with TDR at 0 – 10 cm depth at research site Snežna jama, plot Small gap (SMV) in 2004

Preglednica 32: Multiple regresijske enačbe za odvisnost vsebnosti vlage v tleh (vol %) v globini tal 0 – 10 cm od ekoloških dejavnikov na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV). Statistično značilni koeficienti so označeni s krepko pisavo ($p < 0,05$), $p < 0,01$ so označeni s poševno pisavo. Okrajšave spremenljivk, ki smo jih uporabili v analizi, so razvidne iz Preglednice 11.

Table 32: Multiple regression equations for testing relation between soil moisture content (vol %) in 0 – 10 cm depth and ecological factors at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) and Small gap (SMV). Statistically significant coefficients are in bold ($p < 0,05$), $p < 0,01$ are in *italics*. Abbreviations of variables, used in the analysis, are shown in Table 11.

Vsebnost vlage v tleh / Soil moisture content (vol %)		N	R ²	F	p
2003	SM_MIN03 = 0.086 + 0.900 x ISF - <i>0.277</i> * DSF + 0.083 * ZAST	158	0.41	35.33	0.000
	SM_POVP03 = <i>0.417</i> + 0.530 * ISF - <i>0.145</i> * TSF + 0.04 * ZAST + 0.028 * O	158	0.44	30.51	0.000
2004	SM_MIN04 = 0.586 + 0.428 * ISF - <i>0.112</i> * DSF - 0.042 * INCL	158	0.29	20.73	0.000
	SM_POVP04 = 0.575 + 0.398 * ISF - <i>0.090</i> * DSF + 0.027 * O	158	0.32	24.01	0.000

S pomočjo ugotovljenih deležev prevladujočih talnih enot in skeletnosti za posamezno vrzel (SVV, SMV) ter iz podatkovne baze GIS-a pridobljenih laboratorijskih vrednosti za točko venenja za reprezentančne profile (Preglednica 5) smo izračunali povprečno vrednost točke venenja (PWP) za Veliko (SVV) in Malo vrzel (SMV) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, ki je prikazana v Preglednici 33.

Preglednica 33: Povprečne vrednosti poljske kapacitete tal (FC) in točke venenja (PWP) za Veliko (SVV) in Malo vrzel (SMV) na raziskovalni ploskvi Snežna jama

Table 33: Average values for Field capacity (FC) and Permanent wilting point (PWP) at Large (SVV) and Small gap (SMV) at research site Snežna jama

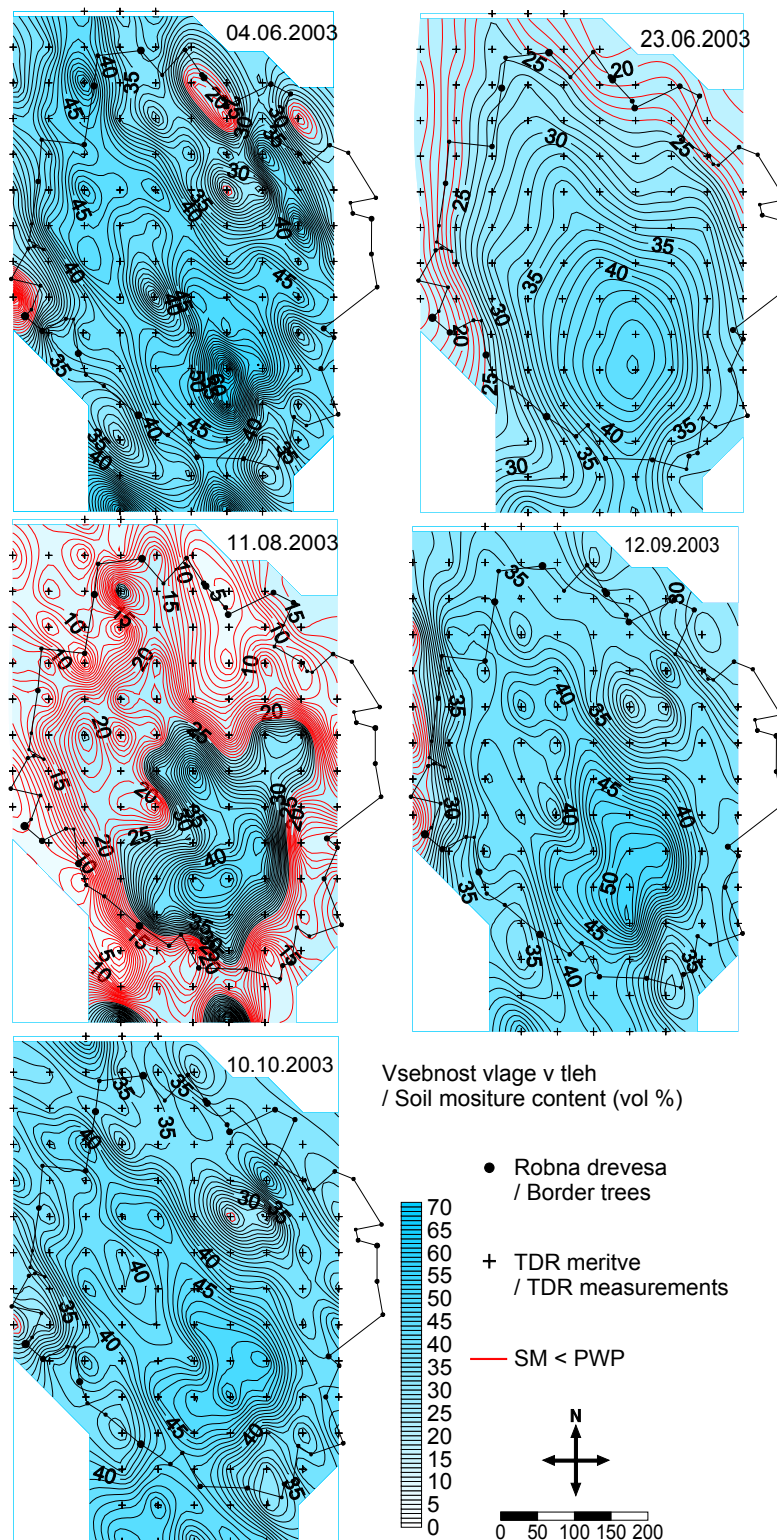
Raziskovalna ploskev / Research site	Podobjekt / Plot	Skeletnost / Soil rock content (%)	Rjava pokarbonatna tla / <i>Eutric Cambisols</i> (%)	Razvite rendzine / <i>Rendzic Leptosols</i> (%)	Nerazvite rendzine / <i>Eutric Leptosols</i> (%)	FC (vol %)	PWP (vol %)
			1	2	3		
Snežna jama	SMV	25.0	65.9	9.1	25.0	53.3	23.4
	SVV	23.8	65.3	15.3	19.3	55.5	23.8

FC Poljska kapaciteta tal / Field capacity (0,33 MPa) (vol %)
PWP Točka venenja / Permanent wilting point (1,5 MPa) (vol %)

Točka venenja je definirana kot vsebnost vlage pri vodnem potencialu tal 1,5 MPa in predstavlja tisto vsebnost vlage v tleh, pri kateri rastline vlage iz tal ne morejo sprejeti in pričnejo veneti (Kutílek in Nielsen, 1994). Je z dogovorom določena vrednost, ki je bila ugotovljena za omejeno število kmetijskih rastlin. Upoštevati moramo dejstvo, da se v

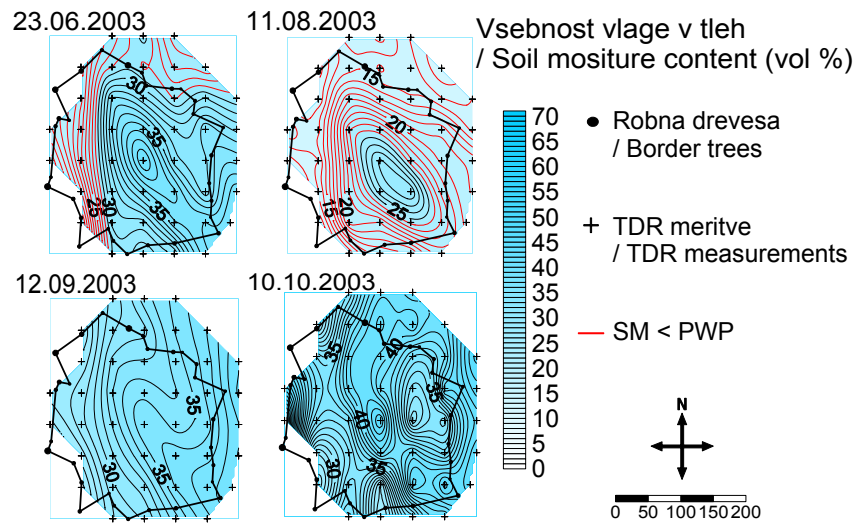
laboratoriju ugotovljena točka venenja nanaša na neporušen vzorec tal iz reprezentančnega profila in ne na posamezno ploskvico, kjer smo izvajali meritve. Na Sliki 39 in 40 so za Veliko (SVV) in Malo vrzel (SMV) na raziskovalni ploskvi Snežna jama prikazane vsebnosti vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm v vegetacijskem obdobju 2003, ki so manjše od povprečne vrednosti za točko venenja (PWP) in so označene z rdečo barvo.

Vsebnosti vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm, merjene v začetku junija 2003 v Veliki vrzeli (SVV), so bile nižje od povprečne točke venenja (PWP) le na posameznih ploskvicah. Konec junija 2003 so bile vrednosti nižje od PWP na severnem in zahodnem robu Velike (SVV) in Male vrzeli (SMV) ter so se v avgustu 2003 razširile v obeh vrzelih tako, da so bile vsebnosti vlage v tleh višje od PWP le na majhnem območju v sredini in jugovzhodnem delu vrzeli. V vegetacijskem obdobju 2004 vsebnosti vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm pri nobeni meritvi niso bile nižje od PWP.



Slika 39: Volumske vsebnosti vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm za raziskovalno ploskev v Snežni jami, podobjekt Velika vrzel (SVV), v letu 2003, pri čemer so vsebnosti vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm, ki so manjše od povprečne vrednosti za točko venenja (PWP), označene z rdečo barvo.

Figure 39: Soil moisture content (vol %), measured with TDR at 0 – 10 cm depth at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) in 2003. Values below average wilting point (PWP) are marked with red.



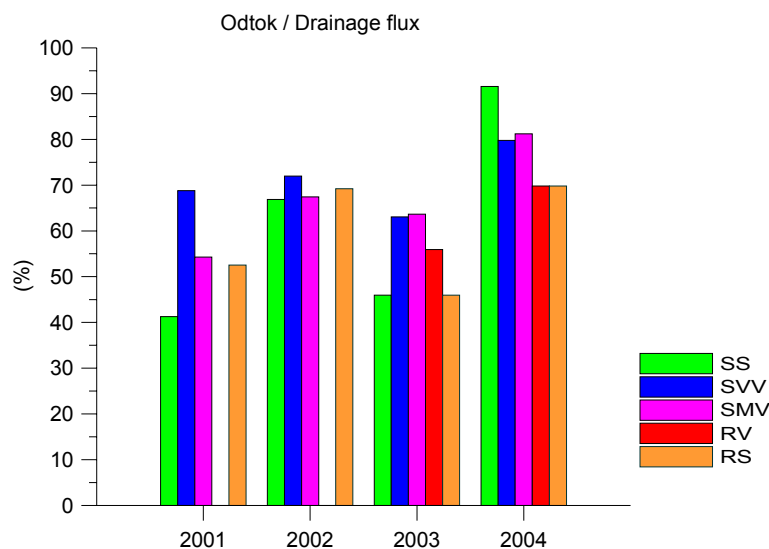
Slika 40: Volumske vsebnosti vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm za raziskovalno ploskev v Snežni jami, podobjekt Mala vrzel (SMV), v letu 2003, pri čemer so vsebnosti vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm, ki so manjše od povprečne vrednosti za točko venenja (PWP), označene z rdečo barvo.

Figure 40: Soil moisture content (vol %), measured with TDR at 0 – 10 cm depth at research site Snežna jama, plot Small gap (SMV) in 2003. Values below average wilting point (PWP) are marked with red.

5.5 VODNA BILANCA WATER BALANCE

5.5.1 Rezultati Kloridne metode Results of Chloride balance

Rezultati analiz o koncentraciji Cl⁻ ionov v prepuščenih padavinah in v talni raztopini so prikazani v Prilogi K. Ker se Kloridna metoda uporablja za izračun vodne bilance za daljša časovna obdobja, mesečnih vrednosti odtoka, izračunanih s to metodo, nismo prikazali. Na Sliki 41 so prikazani deleži odtoka v količini padavin na prostem na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) v obdobju maj - oktober 2001 in maj - oktober 2002 (vir: podatkovna baza GIS) ter na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) in Vrzel (RV) v obdobju maj - oktober 2003 in maj - oktober 2004.



Slika 41: Deleži odtoka v skupni količini padavin na prostem po Kloridni metodi (%) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) v obdobju maj - oktober 2001 in maj - oktober 2002 (vir: podatkovna baza GIS) ter na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) in Vrzel (RV) v obdobju maj -oktober 2003 in maj - oktober 2004.

Figure 41: Drainage fluxes according to Chloride balance in total precipitation in the open (%) at research site Snežna jama, plot Stand (SS), Large gap (SVV), Small gap (SMV) and at research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS) in period May - October 2001 and May - October 2002 (data base GIS) and at research site Snežna jama, plot Stand (SS), Large gap (SVV), Small gap (SMV) and at research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS) and Gap (RV) in period May - October 2003 and May - October 2004.

Deleži odtoka v skupni količini padavin na prostem po Kloridni metodi od maja do oktobra v letih od 2001 do 2004 so znašali na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS) od 41 % do 92 %, Velika vrzel (SVV) od 63 % do 80 %, Mala vrzel (SMV) od 54 % do 81 %, na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) od 46 % do 70 % in Vrzel (RV) od 56 % do 70 %. Za vsa obravnavana obdobja je bil najvišji delež odtoka v skupni količini padavin izračunan za raziskovalno ploskev Snežna jama, podobjekt Velika Vrzel (SVV) (71 %), sledi Mala vrzel (SMV) (67 %) ter Vrzel (RV) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog (63 %). Najnižji delež v skupni količini padavin je imel odtok na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) (59 %), le nekaj višji pa je bil delež odtoka v Sestoj (SS) na raziskovalni ploskvi Snežna jama (61 %).

5.5.2 Rezultati modela WATBAL

Results of model WATBAL

5.5.2.1 Kalibracija modela WATBAL

Calibration of model WATBAL

V postopku kalibracije modela smo primerjali po Hargreavsu izračunane vrednosti za potencialno (referenčno) evapotranspiracijo (za vremensko postajo Kočevje, vir: arhiv ARSO) ter simulirane vrednosti. Ker je potencialna evapotranspiracija računana za referenčno rastlino (deteljo), so odstopanja pričakovana. Simulirane vrednosti potencialne evapotranspiracije so v povprečju nižje od izračunanih.

Linearna regresija, relativna povprečna kvadrirana napaka (RMSE) ter indeks ujemanja (D) za izračunane (po Penman - Monteithu za klimatološko postajo Kočevje, vir: ARSO) in simulirane vrednosti (WATBAL) potencialne (referenčne) evapotranspiracije na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), Mladje (SPC), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) in Vrzel (RV) v letih 2003 in 2004 so prikazane v Preglednici 34.

Kot boljši pokazatelj ujemanja izračunanih in simuliranih vrednosti potencialne (referenčne) evapotranspiracije se je pokazal »indeks ujemanja D«, saj omogoča neposredno primerjavo relativne napake. Na podlagi indeksa D je bilo ujemanje izračunanih in simuliranih vrednosti najboljše na podobjektu Velika vrzel (SVV) na raziskovalni ploskvi Snežna jama ter na podobjektu Sestoj (RS) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog. Sledi nato Sestoj (SS), Mladje (SPC) ter Mala vrzel (SMV) na raziskovalni ploskvi Snežna jama. Najnižja vrednost indeksa D je bila na podobjektu Vrzel (RV) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog. Relativna povprečna kvadrirana napaka (RMSE), ki podaja velikost napake med simuliranimi in merjenimi oziroma izračunanimi vrednostmi, je bila najnižja na podobjektu Velika vrzel (SVV) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, najvišja pa na podobjektu Vrzel (RV) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog.

Preglednica 34: Linearne regresije ($y = a + bx$), relativna povprečna kvadrirana napaka (RMSE) ter indeks ujemanja (D) za izračunane (po Penman - Monteithu za klimatološko postajo Kočevje, vir: ARSO) (x) in simulirane vrednosti (WATBAL) potencialne (referenčne) evapotranspiracije (PET) (mm) (y) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), Mladje (SPC), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) in Vrzel (RV) v letih 2003 in 2004

Table 34: Linear regressions ($y = a + bx$), "Root Mean Square Error« (RMSE) and index of agreement (D) between calculated (Penman - Monteith's method, ARSO) (x) and simulated values (y) for potential (reference crop) evapotranspiration (PET) (mm) 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) in 2003 and 2004

PET (mm)		a	b	r	RMSE	D	N
Snežna jama	SS	31.58	0.65	0.530	43.663	0.719	24
	SVV	3.01	0.71	0.620	39.546	0.759	24
	SMV	18.25	0.58	0.465	46.480	0.662	24
	SPC	17.50	0.59	0.527	41.237	0.717	24
Rajhenavski Rog	RS	11.40	0.74	0.552	44.917	0.722	24
	RV	27.95	0.54	0.385	53.791	0.590	24

V postopku verifikacije modela smo primerjali s TDR metodo merjene ter simulirane vsebnosti vlage v tleh (SM) (Priloga L). Na vseh podobjektih so bile simulirane SM v letu 2003 višje od merjenih, v letu 2004 pa nižje od merjenih.

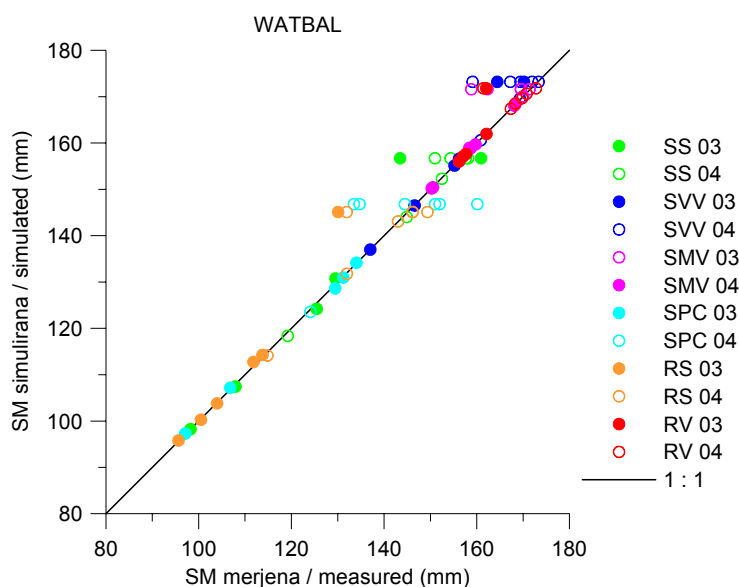
Koeficient korelacije (r) ter indeks D sta dosegla najvišje vrednosti na podobjektu Sestoj (SS) na raziskovalni ploskvi Snežna jama ter na podobjektu Sestoj (RS) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog (Preglednica 35). Sledi Mladje (SPC) ter Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV) na raziskovalni ploskvi Snežna jama. Najnižji vrednosti koeficient korelacije (r) ter indeksa D sta bili na podobjektu Vrzel (RV) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog. Relativna povprečna kvadrirana napaka (RMSE) je bila najnižja ravno na podobjektu Vrzel (RV) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, najvišja pa na podobjektu Mladje (SPC) na raziskovalni ploskvi Snežna jama.

Grafični prikaz odvisnosti med merjenimi in simuliranimi vrednostmi SM je podan na Sliki 42. Pri višjih vsebnostih vlage v tleh je ujemanje slabše, kar je izrazito predvsem na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV) ter na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS).

Preglednica 35: Linearne regresije ($y = a + bx$), relativna povprečna kvadrirana napaka (RMSE) ter indeks ujemanja (D) za merjene (x) in simulirane (y) (WATBAL) vsebnosti vlage v tleh (SM) (mm) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), Mladje (SPC), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) in Vrzel (RV) v letih 2003 in 2004

Table 35: Linear regressions ($y = a + bx$), "Root Mean Square Error« (RMSE) and index of agreement (D) between simulated (y) (WATBAL) and measured values (x) for soil moisture contents of rooting zone (SM) (mm) 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) in 2003 and 2004

SM (mm)		a	b	r	RMSE	D	N
Snežna jama	SS	-0.69	1.01	0.979	4.288	0.989	13
	SVV	-7.86	1.07	0.935	5.091	0.947	13
	SMV	8.24	0.96	0.864	4.462	0.910	13
	SPC	18.37	0.86	0.921	6.783	0.958	12
Rajhenavski Rog	RS	1.05	1.01	0.958	3.878	0.988	13
	RV	27.69	0.84	0.777	3.147	0.924	11



Slika 42: Primerjava merjenih in simuliranih vsebnosti vlage v tleh (SM) (mm) z modelom WATBAL na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), Mladje (SPC), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) in Vrzel (RV) v letih 2003 in 2004

Figure 42: Simulated and measured values for soil moisture contents of rooting zone (SM) (mm) with model WATBAL 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) in 2003 and 2004

Parametri, uporabljeni za simulacijo vodne bilance z modelom WATBAL v obdobjih maj – oktober 2003 ter maj – oktober 2004 po končanem postopku kalibracije in verifikacije, so prikazani v Preglednici 36.

Preglednica 36: Parametri, uporabljeni za simulacijo vodne bilance z modelom WATBAL v obdobjih maj – oktober 2003 ter maj – oktober 2004 na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), Mladje (SPC), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) in Vrzel (RV)

Table 36: Parameters, used in WATBAL for water balance simulation in period May – October 2003 and May – October 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)

	Snežna jama				Rajhenavski Rog	
	SVV	SMV	SS	SPC	RV	RS
Vhodni parametri / Input parameters						
Pokrovnost krošenj / Canopy cover fraction	0.5	0.5	1	1	1	1
Globina koreninjenja / Depth of rooting zone (cm)	40	40	40	40	40	40
Vsebnost vlage v tleh pri FC* / Soil moisture of rooting zone at FC* (mm)	173.2	171.6	156.7	146.8	171.8	145.1
Vsebnost vlage v tleh pri PWP** / Soil moisture content of rooting zone at PWP** (mm)	137.0	150.2	98.0	97.3	156.0	95.8
Kalibrirani parametri / Calibrated parameters						
Koeficient rastline / Crop coefficient 2003	1.0	1.8	1.0	1.1	1.4	1.1
Koeficient rastline / Crop coefficient 2004	1.2	1.5	1.4	1.2	1.7	1.1
Matric Loss 2003***	0.05	0.20	0.20	0.20	0.25	0.20
Matric Loss 2004	0.20	0.14	0.13	0.10	0.11	0.23

* FC - Poljska kapaciteta tal za vodo / Field capacity

** PWP - Točka venenja / Permanent Wilting Point

*** Matric Loss - Delež zaradi matričnega potenciala prerazporejene vode v tleh / Matric potential losses of soil water

5.5.2.2 Občutljivost modela WATBAL

Sensitivity analysis od model WATBAL

Občutljivost modela na velikost posameznih parametrov je bila testirana z 10 % povečanjem oziroma zmanjšanjem najvplivnejših parametrov (prikazani so v Preglednici 37) pri simulaciji odtoka v podtalje za raziskovalno ploskev Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS). Analiza je pokazala, da je najvplivnejši parameter »Vsebnost vlage v tleh pri FC«, saj je 10 % povečanje povzročilo 21,8 % zmanjšanje, 10 % zmanjšanje parametra pa je povzročilo 30,7 % povečanje končne simulirane vrednosti odtoka za vegetacijsko obdobje. Tudi parametra Koeficient rastline (K_c) ter »Matric loss - Delež zaradi matričnega potenciala prerazporejene vode v tleh« sta precej občutljiva, saj je zmanjšanje teh parametrov povzročilo 28,6 % in 27,0 % povečanje

končne simulirane vrednosti odtoka za vegetacijsko obdobje, povečanje vrednosti parametrov pa je znižalo odtok za 17,0 % in 17,1 %.

Preglednica 37: Analiza občutljivosti parametrov, uporabljenih za simulacijo vodne bilance z modelom WATBAL na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS)

Table 37: Sensitivity analysis of parameters, used in WATBAL for water balance simulation at research site Snežna jama, plot Stand (SS)

Parameter	Odtok / Drainage flux (%)	
	+ 10 %	- 10 %
Pokrovnost krošenj / Canopy cover fraction	/	-7.2
Globina koreninjenja / Depth of rooting zone, (cm)	-7.2	-7.2
Vsebnost vlage v tleh pri FC* / Soil moisture of rooting zone at FC* (mm)	-21.8	30.7
Vsebnost vlage v tleh pri PWP** / Soil moisture content of rooting zone at PWP** (mm)	4.7	-5.4
Koeficient rastline / Crop coefficient	-17.0	28.6
Matric Loss ***	-17.1	27.0

* FC - Poljska kapaciteta tal za vodo / Field capacity

** PWP - Točka venenja / Permanent Wilting Point

*** Matric Loss - Delež zaradi matričnega potenciala prerazporejene vode v tleh / Matric potential losses of soil water

5.5.2.3 Rezultati modela WATBAL

Water balance results of model WATBAL

5.5.2.3.1. Mesečne vrednosti Monthly values

Mesečne vrednosti za odtok (DF) in dejansko evapotranspiracijo (AET) na posameznem podobjektu v letih 2003 in 2004 so podane v Prilogi M. Ker smo meritve vsebnosti vlage v tleh izvajali le v obdobju maj - oktober 2003 in maj - oktober 2004, in je model kalibriran le za ti dve obdobji, bomo pri analizi rezultatov upoštevali le obravnavano obdobje.

V vegetacijskem obdobju 2004 so bile količine padavin (P), dejanske evapotranspiracije (AET) in odtoka (DF) višje kot v vegetacijskem obdobju 2003. V letu 2003 je AET dosegla najvišje vrednosti v mesecu maju na podobjektu Sestoj (RS) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog (127 % padavin na prostem). Tudi sicer je AET v poletnih mesecih 2003 (junij, julij, avgust) presegla količino padavin na prostem (SS, SVV – junij, julij; SMV – julij; SPC, RV – avgust; RS – maj), kar kaže na stres rastlin zaradi pomanjkanja padavin in vlage v tleh. V letu 2004 je AET presegla količino padavin na prostem le na podobjektu Sestoj (SS) (118 %) in Mladje (SPC) (109 %) na raziskovalni ploskvi Snežna jama v mesecu juliju, ko smo izmerili najmanjšo količino padavin na prostem v tem vegetacijskem obdobju. Najnižje

vrednosti je AET dosegla na vseh podobjektih v oktobru, ko se je pričela fenofaza odpadanja listja.

Odtok (DF) se je v vegetacijskem obdobju 2003 pojavil na podobjektu Sestoj (SS) na raziskovalni ploskvi Snežna jama v vseh mesecih. Na ostalih podobjektih odtoka ni bilo v juliju (SVV, SMV, RS) oziroma avgustu (SPC, RV). Najvišje vrednosti v letu 2003 je dosegel meseca oktobra na podobjektu Velika vrzel (SVV) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, kjer je znašal 80 % padavin na prostem. Na ostalih podobjektih so bile vrednosti odtoka v mesecu oktobru 2003 od 57 % (SS) do 78 %. V vegetacijskem obdobju 2004 se je odtok pojavljal na vseh podobjektih v vseh mesecih. Najvišje vrednosti v vegetacijskem obdobju 2004 je dosegel oktobra na podobjektu Velika vrzel (SVV) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, kjer je znašal 94 % padavin na prostem. Na ostalih podobjektih so bile vrednosti odtoka v mesecu oktobru 2004 od 80 % do 86 % padavin na prostem.

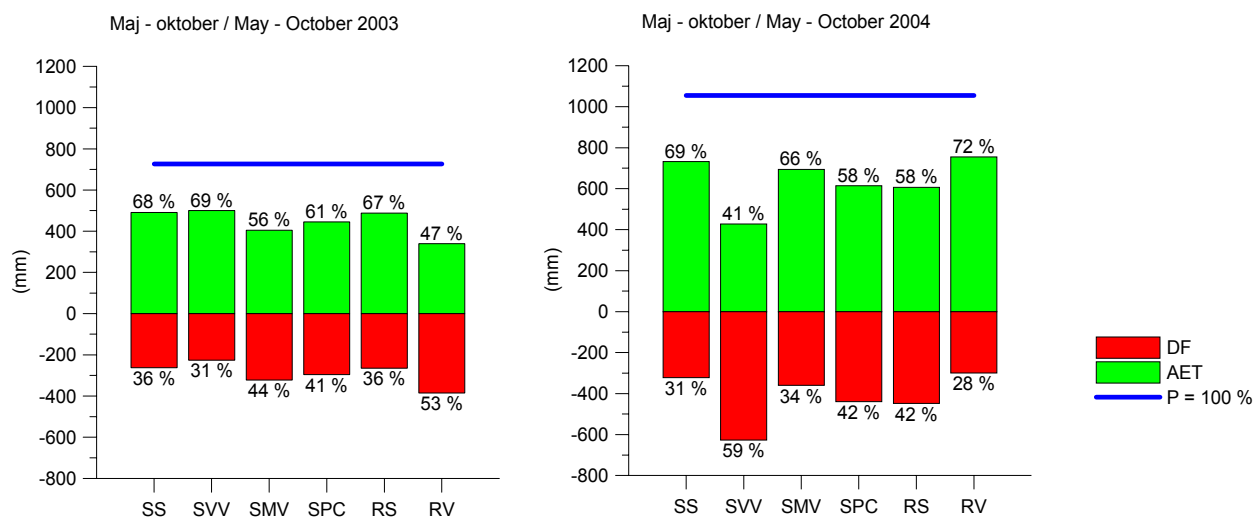
5.5.2.3.2. Vrednosti za vegetacijsko obdobje Vegetation period values

Vrednosti za padavine na prostem (P), odtok (DF) in dejansko evapotranspiracijo (AET) na posameznem podobjektu v vegetacijskem obdobju v letih 2003 in 2004 so prikazane na Sliki 43. Najvišje vrednosti dejanske evapotranspiracije (AET) v vegetacijskem obdobju 2003 so bile dosežene na podobjektu Velika vrzel (SVV) na raziskovalni ploskvi Snežna jama (69 %). Sledita podobjekt Sestoj (SS) na raziskovalni ploskvi Snežna jama (68 %) ter Sestoj (RS) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog (67 %). Najnižje vrednosti AET so bile na podobjektu Vrzel (RV) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog (47 %). V vegetacijskem obdobju 2004 so bile najvišje vrednosti AET na podobjektu Vrzel (RV) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog (72 %), sledi podobjekt Sestoj (SS) na raziskovalni ploskvi Snežna jama (69 %). Najnižje vrednosti AET so bile na podobjektu Velika vrzel (SVV) na raziskovalni ploskvi Snežna jama (41 %).

Odtok (DF) je bil v vegetacijskem obdobju 2003 najvišji na podobjektu Vrzel (RV) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog (53 %), najnižji pa na podobjektu Velika vrzel (SVV) na raziskovalni ploskvi Snežna jama (31 %). Na ostalih podobjektih so bili v vegetacijskem obdobju 2003 deleži odtoka v skupni količini padavin na prostem med 36 % in 44 %. V vegetacijskem obdobju 2004 je bil DF najvišji na podobjektu Velika vrzel (SVV) z 59 %, najnižji pa na podobjektu Vrzel (RV) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog z 28 %. Na ostalih podobjektih so bili v vegetacijskem obdobju 2004 deleži odtoka v skupni količini padavin na prostem med 31 % in 42 %.

Skupna količina padavin na prostem v vegetacijskem obdobju 2004 je bila za 45 % višja od tiste v vegetacijskem obdobju 2003. Skupni odtok je bil v letu 2004 na podobjektu Velika vrzel (SVV) na raziskovalni ploskvi Snežna jama višji od tistega v letu 2003 za 177 %, na

podobjektu Sestoj (RS) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog za 69 %, na podobjektu Mladje (SPC) na raziskovalni ploskvi Snežna jama za 48 %, na podobjektu Sestoj (SS) za 23 %, na podobjektu Mala vrzel (SMV) za 12 %, na podobjektu Vrzel (RV) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog pa je bil odtok v vegetacijskem obdobju 2004 za 22 % nižji kot v vegetacijskem obdobju 2003.



Slika 43: Rezultati modela WATBAL: padavine na prostem ($P = 100\%$), odtok (DF) in dejanska evapotranspiracija (AET) (v mm in %) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), Mladje (SPC), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) in Vrzel (RV) v obdobju maj - oktober 2003 in 2004

Figure 43: Results of WATBAL simulations: precipitation in the open ($P = 100\%$), drainage fluxes (DF) and actual evapotranspiration (AET) (in mm and %) 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) in period May - October 2003 and 2004

5.5.3 Rezultati modela BROOK90 Results of model BROOK90

5.5.3.1 Kalibracija modela BROOK90 Calibration of model BROOK90

Model BROOK90 smo kalibrirali za podobjekt Sestoj (SS) na raziskovalni ploskvi Snežna jama ter podobjekt Sestoj (RS) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, pri čemer smo primerjali merjene mesečne prepuščene padavine in simulirane mesečne vrednosti za prepuščene padavine (TF). Nato smo v postopku verifikacije modela primerjali s TDR metodo merjene trenutne vsebnosti vlage v tleh ter simulirane vrednosti. Takrat smo tudi prilagodili vhodne parametre za ostale podobjekte na posamezni raziskovalni ploskvi.

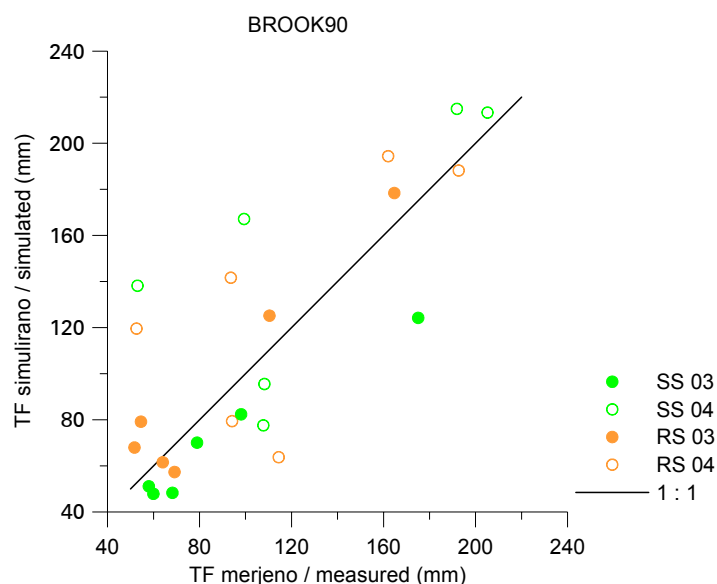
Za oba podobjekta, Sestoj (SS) na raziskovalni ploskvi Snežna jama in Sestoj (RS) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog smo s kalibracijo dosegli visoke vrednosti koeficienta korelacije ($r > 0,770$) ter indeksa ujemanja ($D > 0,875$), pri čemer je ujemanje med merjenimi in simuliranimi mesečnimi vrednostmi za prepuščene padavine (TF) boljše na podobjektu Sestoj (RS) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog (Preglednica 38).

Preglednica 38: Linearne regresije ($y = a + bx$), relativna povprečna kvadrirana napaka (RMSE) ter indeks ujemanja (D) za izmerjene (x) in simulirane (y) (BROOK90) mesečne količine prepuščenih padavin (TF) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) v letih 2003 in 2004

Table 38: Linear regression ($y = a + bx$), "Root Mean Square Error« (RMSE) and index of agreement (D) between simulated (y) (BROOK90) and measured values (x) for throughfall (TF) at research site Snežna jama, plot Stand (SS) and at research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS) in 2003 and 2004

TF (mm)		a	b	r	RMSE	D	N
Snežna jama	SS	0.88	15.53	0.771	37.649	0.875	12
Rajhenavski Rog	RS	0.88	23.73	0.813	31.716	0.890	12

Odvisnost med merjenimi in simuliranimi vrednostmi za prepuščene padavine (TF) je prikazana na Sliki 44.



Slika 44: Primerjava merjenih in simuliranih količin prepuščenih padavin (TF) (mm) z modelom BROOK90 na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) v letih 2003 in 2004

Figure 44: Simulated (BROOK90) and measured values for throughfall (TF) (mm) at research site Snežna jama, plot Stand (SS), and at research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS) and Gap (RV) in 2003 and 2004

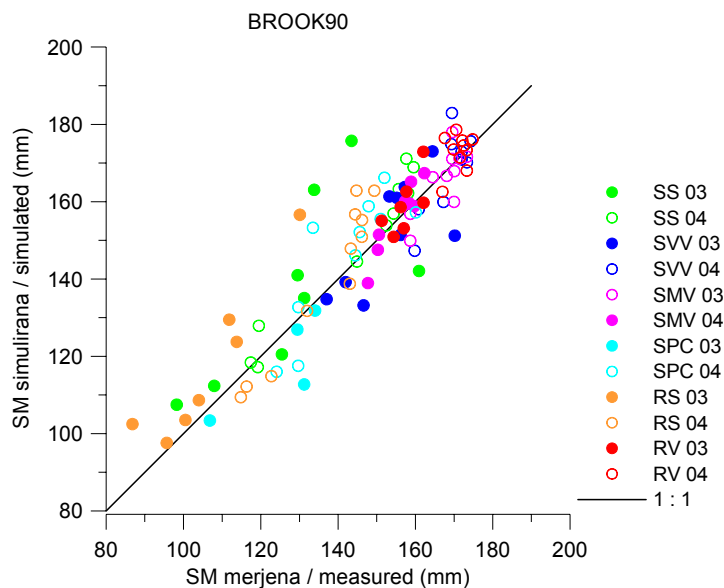
V postopku verifikacije modela za vsak podobjekt posebej smo ponovno ugotovili zelo dobro ujemanje med merjenimi in simuliranimi vrednostmi za vsebnost vlage v tleh (SM) na vseh podobjektih, saj so bili koeficienti korelacije (r) višji od 0,820, indeksi ujemanja (D) pa višji od 0,886 (Preglednica 39). Najboljše ujemanje je bilo na podobjektu Sestoj (RS) na ploskvi Rajhenavski Rog, najslabše pa na Veliki vrzeli (SVV) na raziskovalni ploskvi Snežna jama (Slika 45, Priloga N).

Preglednica 39: Linearne regresije ($y = a + bx$), relativna povprečna kvadrirana napaka (RMSE) ter indeks ujemanja (D) za merjene (x) in simulirane (y) (BROOK90) vsebnosti vlage v tleh (SM) (mm) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), Mladje (SPC), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) in Vrzel (RV) v letih 2003 in 2004

Table 39: Linear regressions ($y = a + bx$), "Root Mean Square Error" (RMSE) and index of agreement (D) between simulated (y) (BROOK90) and measured values (x) for soil moisture contents of rooting zone (SM) (mm) 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) in 2003 and 2004

SM (mm)		a	b	r	RMSE	D	N
Snežna jama	SS	1.04	2.47	0.854	12.817	0.897	18
	SVV	1.08	-13.85	0.820	8.285	0.886	18
	SMV	1.13	-21.64	0.869	4.873	0.917	18
	SPC	1.29	-39.48	0.886	9.904	0.906	14
Rajhenavski Rog	RS	1.01	5.65	0.913	10.489	0.929	18
	RV	1.01	0.60	0.853	4.963	0.905	17

Grafični prikaz odvisnost med merjenimi in simuliranimi vrednostmi za vsebnost vlage v tleh (SM) je podan na Sliki 45.



Slika 45: Primerjava merjenih in simuliranih vsebnosti vlage v tleh (SM) (mm) z modelom BROOK90 (mm) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), Mladje (SPC), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) in Vrzel (RV) v letih 2003 in 2004

Figure 45: Simulated and measured values for soil moisture contents of rooting zone (SM) (mm) with model BROOK90 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) in 2003 and 2004

Parametri, uporabljeni za simulacijo vodne bilance z modelom BROOK90 v obdobjih maj – oktober 2003 ter maj – oktober 2004 po končanem postopku kalibracije in verifikacije so prikazani v Preglednici 40.

Preglednica 40: Parametri, uporabljeni za simulacijo vodne bilance z modelom BROOK90 v obdobjih maj – oktober 2003 ter maj – oktober 2004 na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), Mladje (SPC), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) in Vrzel (RV)

Table 40: Parameters, used in BROOK90 for water balance simulation in period May – October 2003 and May – October 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)

Vhodni parametri / Input parameters		Snežna jama - managed forest								Rajhenavski Rog - virgin forest remnant			
		SVV		SMV		SS		SPC		RV		RS	
		2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004
MAXLAI - Indeks listne površine / Leaf area index	Plast tal / Soil layer	3.00	4.00	4.00	3.00	7.00	6.00	5.00	4.50	2.00	2.00	7.00	6.00
MAXH - Maksimalna višina / maximal height (m)		0.30	0.50	0.30	0.75	20.00	20.00	2.00	2.30	0.25	0.50	28.00	28.00
STONEF - Delež skeleta / Stone fraction (vol %)	L1 ⁺	0.15	0.15	0.15	0.15	0.10	0.10	0.10	0.10	0.15	0.15	0.10	0.10
	L2 ^{**}	0.25	0.25	0.25	0.25	0.20	0.20	0.25	0.25	0.25	0.25	0.20	0.20
	L3 ^{***}	0.45	0.45	0.45	0.45	0.30	0.30	0.30	0.30	0.45	0.45	0.30	0.30
THETAF - Volumska vsebnost vlage v tleh pri poljski kapaciteti tal / Volumetric soil moisture content at field capacity (vol %)	L1	0.42	0.42	0.41	0.41	0.38	0.38	0.38	0.38	0.42	0.34	0.34	0.36
	L2	0.28	0.29	0.28	0.28	0.24	0.24	0.24	0.24	0.28	0.33	0.22	0.24
	L3	0.29	0.31	0.29	0.29	0.25	0.25	0.25	0.25	0.29	0.33	0.23	0.25
THSAT - Volumska vsebnost vlage v tleh pri nasičenosti / Volumetric soil moisture content at saturation (vol %)	L1	0.42	0.42	0.42	0.46	0.71	0.71	0.71	0.71	0.42	0.36	0.74	0.74
	L2	0.40	0.40	0.30	0.34	0.60	0.60	0.60	0.60	0.40	0.34	0.62	0.62
	L3	0.37	0.37	0.30	0.30	0.57	0.57	0.57	0.57	0.37	0.34	0.57	0.57
BEXP - Eksponent v odvisnosti $\psi - \theta$ / Exponent in $\psi - \theta$ relationship	L1	6.75	7.75	9.50	11.50	6.75	6.75	6.75	6.75	9.10	11.50	7.10	7.10
	L2	6.75	7.75	9.50	11.50	6.75	6.75	6.75	6.75	9.10	11.50	7.10	7.10
	L3	7.75	8.75	10.50	12.50	7.75	7.75	7.75	7.75	10.10	12.50	8.10	8.10
Calibrated parameters													
FRINTL - Delež intercepcije dežja na enoto indeksa listne površine / Intercepted fraction of rain per plot of projected LAI ^{****} (vol%)		0.00	0.01	0.00	0.01	0.07	0.01	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.07
FRINTS - Delež intercepcije dežja na enoto indeksa površine debla / Intercepted fraction of rain per plot of projected SAI ^{****} (vol%)		0.00	0.01	0.00	0.01	0.06	0.01	0.04	0.05	0.05	0.05	0.06	0.07

CINTRL - Maksimalna intercepcija dežja na enoto indeksa listne površine / Maximal interception storage of rain per plot of projected LAI (vol %)	0.10	0.20	0.10	0.20	0.25	0.15	0.50	1.00	0.05	0.10	0.35	1.00
CINTRS - Maksimalna intercepcija dežja na enoto indeksa površine debla / Maximal interception storage of rain per plot of projected SAI (vol %)	0.10	0.20	0.10	0.20	0.25	0.15	0.50	1.00	0.05	0.10	0.35	1.00
DENSEF - Količnik za gostoto krošenj / Canopy density multiplier	0.40	0.30	0.05	0.05	1.00	1.00	1.00	1.00	0.05	0.05	1.00	1.00
QFFC - Delež hitrega odtoka pri poljski kapaciteti / Quick flow fraction at field capacity (%)	0.10	0.01	0.10	0.00	0.30	0.20	0.35	0.35	0.30	0.25	0.50	0.25
* L1	....	Plast tal / Soil layer 1 (0 – 10 cm)										
** L2	....	Plast tal / Soil layer 2 (10 – 30 cm)										
*** L3	....	Plast tal / Soil layer 3 (30 – 40 cm)										
**** LAI	....	Indeks listne površine / Leaf area index										
***** SAI	....	Indeks debelne površine / Stem area index										

5.5.3.2 Občutljivost modela BROOK90

Sensitivity analysis of model BROOK90

Občutljivost modela na velikost posameznih parametrov je bila testirana z 10 % povečanjem oziroma zmanjšanjem najvplivnejših parametrov (Preglednica 41) za raziskovalno ploskev Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS). Analiza je pokazala, da je najvplivnejši parameter »QFFC - Delež hitrega odтока pri poljski kapaciteti«, saj je 10 % povečanje oziroma zmanjšanje povzročilo 3 % povečanje oziroma zmanjšanje končne simulirane vrednosti odтока za vegetacijsko obdobje. Vplivna sta tudi »DENSEF - Količnik za gostoto krošenj«, katerega zmanjšanje je povzročilo 2,4 % zmanjšanje končne simulirane vrednosti odтока za vegetacijsko obdobje, ter »MAXLAI - Indeks listne površine«, katerega povečanje oziroma zmanjšanje je povzročilo 2,2 % povečanje oziroma zmanjšanje končne simulirane vrednosti odтока za vegetacijsko obdobje. Spremenjene vrednosti ostalih parametrov so povzročile spremembe končnih vrednosti odтока, manjše od 1 %.

Preglednica 41: Analiza občutljivosti parametrov, uporabljenih za simulacijo vodne bilance z modelom BROOK90 na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS)

Table 41: Sensitivity analysis of parameters, used in BROOK90 for water balance simulation at research site Snežna jama, plot Stand (SS)

Vhodni parametri / Input parameters	Plast tal / Soil layer	Odtok / Drainage flux (%)	
		+ 10 %	- 10 %
MAXLAI - Indeks listne površine / Leaf area index		-2.2	2.2
MAXH - Maksimalna višina / Maximal height (m)		-0.4	0.4
STONEF - Delež skeleta / Stone fraction	L1 [*]	0.1	-0.1
	L2 ^{**}	0.2	-0.2
	L3 ^{***}	0.1	-0.1
THETAF - Volumska vsebnost vlage v tleh pri poljski kapaciteti tal / Volumetric soil water content at field capacity	L1	-0.9	0.9
	L2	-1.5	1.5
	L3	-0.6	0.6
THSAT - Volumska vsebnost vlage v tleh pri nasičenosti / Volumetric soil water content at saturation	L1	0.3	-0.4
	L2	0.6	-0.7
	L3	0.0	0.0
BEXP - Eksponent v odvisnosti QW / Exponent in QW relationship	L1	0.5	-0.5
	L2	0.8	-0.9
	L3	0.5	-0.5
FRINTL - Delež intercepcije dežja na enoto indeksa listne površine / Intercepted fraction of rain per plot of projected LAI ^{****}		-0.4	0.4
FRINTS - Delež intercepcije dežja na enoto indeksa površine debla / Intercepted fraction of rain per plot of projected SAI		0.0	0.0
CINTRL - Maksimalna intercepcija dežja na enoto indeksa listne površine / Maximal interception storage of rain per plot of projected LAI		-0.9	0.8
CINTRS - Maksimalna intercepcija dežja na enoto indeksa površine debla / Maximal interception storage of rain per plot of projected SAI ^{*****}		-0.1	0.1
DENSEF - Količnik za gostoto krošenj / Canopy density multiplier			2.4
QFFC - Delež hitrega odtoka pri poljski kapaciteti / Quick flow fraction at field capacity		3.0	-2.9
* L1	.... Plast tal / Soil layer 1 (0 – 10 cm)		
** L2	.... Plast tal / Soil layer 2 (10 – 30 cm)		
*** L3	.... Plast tal / Soil layer 3 (30 – 40 cm)		
**** LAI	.... Indeks listne površine / Leaf area index		
***** SAI	.... Indeks debelne površine / Stem area index		

5.5.3.3 Rezultati modela BROOK90

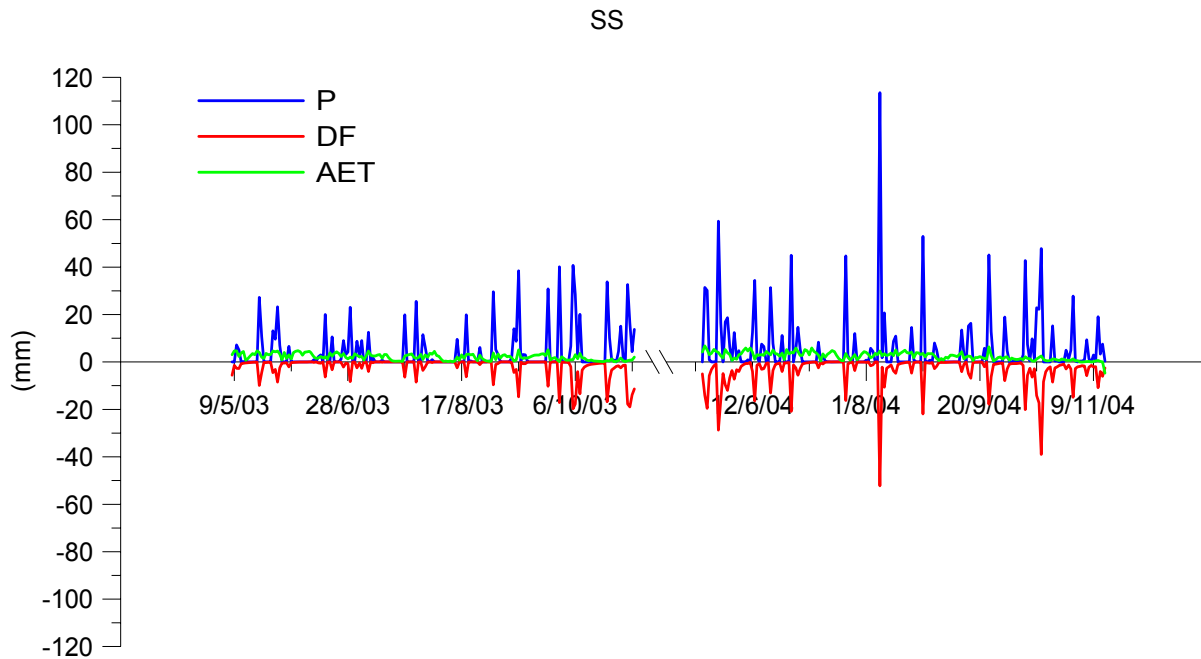
Water balance results for model BROOK90

Ker smo meritve vremenskih spremenljivk, sestojnih padavin ter vsebnosti vlage v tleh izvajali le v obdobju maj - oktober 2003 in maj - oktober 2004 in je model kalibriran le za ti dve obdobji, smo za ti obdobji tudi prikazali rezultate.

5.5.3.3.1. Dnevne vrednosti Daily values

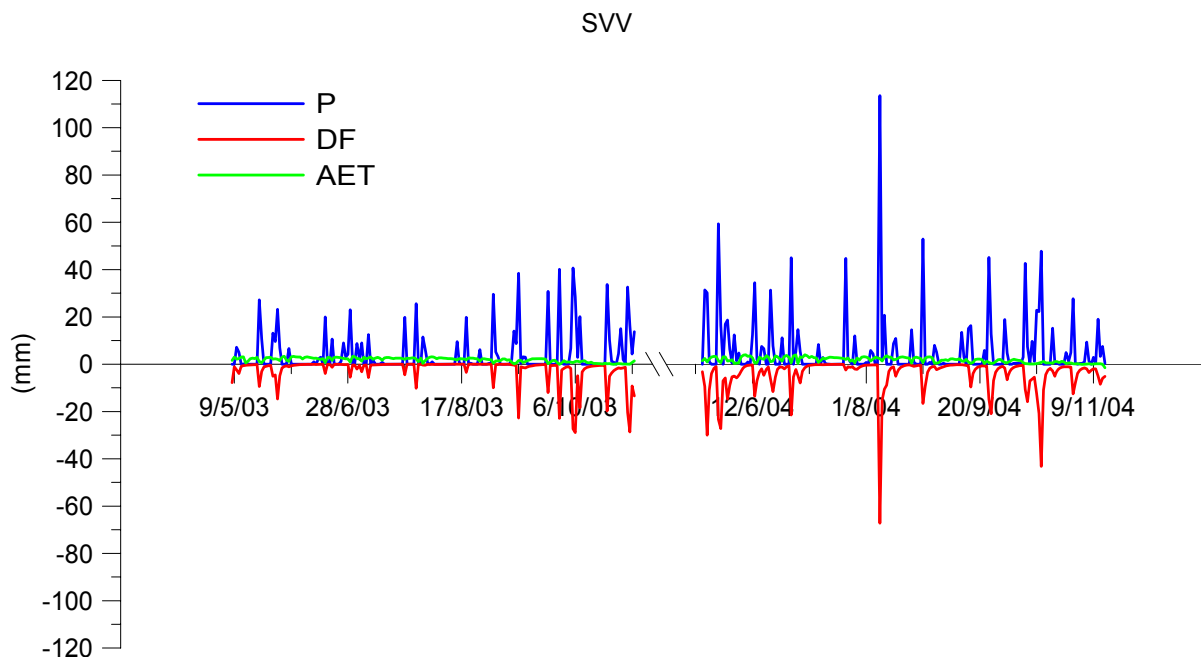
Na Slikah 46 in 47 so prikazane dnevne količine padavin nad krošnjami dreves (P), dejanske evapotranspiracije (AET) ter odtoka (DF) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS) in Velika vrzel (SVV) v obdobju maj – oktober v letih 2003 in 2004. Za ostale objekte so prikazi v Prilogi O1. Količina padavin (P) je bila v vegetacijskem obdobju leta 2004 višja kot v 2003, zato so količine odtoka (DF) v vegetacijskem obdobju 2004 višje. Dnevne vrednosti dejanske evapotranspiracije (AET) so bile v vegetacijskem obdobju 2004 višje od tistih v 2003 na podobjektih Sestoj (SS), Sestoj (RS) ter Mladje (SMV), v Vrzeli (RV) so bile izenačene, v vrzelih (SVV, SMV) pa so bile v 2004 nižje. Dnevne vrednosti AET so bile najnižje na podobjektu Vrzel (RV) (v 2003 in 2004 $1,1 \text{ mm dan}^{-1}$), najvišje pa na podobjektu Sestoj (RS) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog (v 2003 povp $2,2 \text{ mm dan}^{-1}$, v 2004 povp $2,9 \text{ mm dan}^{-1}$). Sestoj (SS) na raziskovalni ploskvi Snežna jama je imel nižje (v 2003 povp $2,1 \text{ mm dan}^{-1}$, v 2004 povp $2,5 \text{ mm dan}^{-1}$), a podobne vrednosti AET kot Sestoj (RS) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog. Sledi Mladje (SPC) (v 2003 povp $1,9 \text{ mm dan}^{-1}$, v 2004 povp $2,1 \text{ mm dan}^{-1}$) na raziskovalni ploskvi Snežna jama. Velika (SVV) (v 2003 $1,9 \text{ mm dan}^{-1}$, v 2004 $1,7 \text{ mm dan}^{-1}$) in Mala vrzel (SMV) (v 2003 $1,9 \text{ mm dan}^{-1}$, v 2004 $1,5 \text{ mm dan}^{-1}$) na raziskovalni ploskvi Snežna jama imata podobne vrednosti AET.

Dnevne količine odtoka (DF) na vseh podobjektih imajo enak vzorec kot dnevne količine padavin. Dnevne količine DF na podobjektu Sestoj (SS) (v 2003 povp $2,0 \text{ mm dan}^{-1}$, v 2004 povp $3,7 \text{ mm dan}^{-1}$) na raziskovalni ploskvi Snežna jama so bile zelo podobne, a malenkost višje od tistih v Sestoj (RS) (v 2003 povp $2,0 \text{ mm dan}^{-1}$, v 2004 povp $3,3 \text{ mm dan}^{-1}$) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog. V Mladju (SPC) na raziskovalni ploskvi Snežna jama so bile dnevne količine DF višje (v 2003 povp $2,2 \text{ mm dan}^{-1}$, v 2004 povp $4,1 \text{ mm dan}^{-1}$), sledita dokaj izenačeni Velika vrzel (SVV) (v 2003 povp $2,3 \text{ mm dan}^{-1}$, v 2004 povp $4,4 \text{ mm dan}^{-1}$) ter Mala vrzel (SMV) (v 2003 povp $2,3 \text{ mm dan}^{-1}$, v 2004 povp $4,6 \text{ mm dan}^{-1}$). Najvišje količine DF so bile v Vrzeli (RV) (v 2003 povp $2,0 \text{ mm dan}^{-1}$, v 2004 povp $5,1 \text{ mm dan}^{-1}$) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog.



Slika 46: Rezultati modela BROOK90: dnevne količine padavin nad krošnjami (P), dejanske evapotranspiracije (AET) ter odtoka (DF) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS) v obdobju maj – oktober 2003 in 2004.

Figure 46: Results of Brook 90: daily values for precipitation above crowns (P), actual evapotranspiration (AET) and drainage (DF) at research site Snežna jama Stand (SS) in period May – October 2003 and 2004



Slika 47: Rezultati modela BROOK90: dnevne količine padavin nad krošnjami (P), dejanske evapotranspiracije (AET) ter odtoka (DF) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) v obdobju maj – oktober 2003 in 2004.

Figure 47: Results of Brook 90: daily values for precipitation above crowns (P), actual evapotranspiration (AET) and drainage (DF) at research site Snežna jama Large gap (SVV) in period May – October 2003 and 2004

Model BROOK90 omogoča prikaz razmerja med dejansko transpiracijo (TRAN) in potencialno transpiracijo (PTRAN) kot ekofiziološki indeks za sušne razmere (TI) (Hammel in Kennel, 2001; Zierl, 2001; Wellpott in sod., 2005). Kadar so vrednosti TI enake 1, je sestoj zadostno preskrbljen z vodo, nižje vrednosti TI pa pomenijo pomanjkanje vode (Hammel in Kennel, 2001). Na podobjektu Sestoj (SS) na raziskovalni ploskvi Snežna jama je do stresa zaradi suše prišlo v vegetacijskem obdobju 2003 prvič v juniju ter se je intenzivno pojavljal vse do 31.8.03. V vegetacijskem obdobju 2004 se je na tem podobjektu stres pojavil le enkrat in sicer v obdobju od 17.7.04 do 23.7.04. Na podobjektu Mladje (SPC) na raziskovalni ploskvi Snežna jama in na podobjektu Sestoj (RS) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog se je stres pojavil v istem času, ter v RS še dodatno v obdobju med 1. in 7. 8.04. Obdobja stresa zaradi suše so se na podobjektu Mala vrzel (SMV) pojavila med 9.5.03 in 23.9.03 ter med 22.5.04 in 8.10.04. Na podobjektu Velika vrzel (SVV) je bilo obdobje stresa v letu 2003 enako kot na Mali vrzeli (SMV), v letu 2004 pa je trajalo od 25.5.04 do 5.10.04. Na podobjektu Vrzel (RV) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog je obdobje stresa za rastline trajalo od 9.5.03 do 30.8.03 ter od 25.5.04 do 23.7.04. Najnižje povprečne dnevne vrednosti TI so bile na podobjektu Mala vrzel (SMV) (v 2003 0,9 in 2004 0,8), ki mu sledi Velika vrzel (SVV) (TI v 2003 0,9 in 2004 0,9) na raziskovalni ploskvi Snežna jama. V vrzelih so bili povprečni dnevni TI v vegetacijskem obdobju 2003 enaki ali zelo podobni tistim v vegetacijskem obdobju 2004. V Sestoji (SS) in Mladju (SPC) na raziskovalni ploskvi Snežna jama ter Sestoji (RS) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog so bile povprečne dnevne vrednosti TI v 2003 0,8 in 2004 1,0. V obeh sestojih (SS, RS) in Mladju (SPC) je bil stres zaradi suše v vegetacijskem obdobju 2003 prisoten, v vegetacijskem obdobju 2004 pa ne. Največje povprečne dnevne vrednosti TI je model simuliral na podobjektu Vrzel (RV) (TI v 2003 1,0 in 2004 1,0) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, kjer stresa zaradi suše v vegetacijskem obdobju 2003 in 2004 ni bilo.

5.5.3.3.2. Mesečne vrednosti Monthly values

Mesečne količine padavin nad krošnjami (P) so seštevek dnevnih količin ter so enake količini padavin na prostem, ki smo jih mesečno spremljali na raziskovalni ploskvi Rog Žaga. Tudi mesečne količine dejanske evapotranspiracije (AET) in odtoka (DF) za vse podobjekte na raziskovalnih ploskvah Snežna jama in Rajhenavski Rog smo izračunali kot vsoto dnevnih vrednosti in so podane v Prilogi O2.

V vegetacijskem obdobju 2003 je AET dosegla najvišje količine v juniju na podobjektu Sestoj (SS) na raziskovalni ploskvi Snežna jama (101 % v količini padavin na prostem). V vegetacijskem obdobju 2004 je AET presegla količino padavin nad krošnjami le na podobjektu Sestoj (RS) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog v juliju (102 %), ko smo

izmerili najmanjšo količino padavin na prostem v tem vegetacijskem obdobju. Najnižje količine AET so bile na vseh podobjektih v oktobru, ko se je pričela fenofaza odpadanja listja.

Odtok (DF) je v vegetacijskem obdobju 2003 dosegel najvišje količine na vseh podobjektih oktobra. Na podobjektu Mala vrzel (SMV) na raziskovalni ploskvi Snežna jama je DF znašal 92 % padavin na prostem, najmanj pa je bilo DF na podobjektu Vrzel (RV) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog z 57 %. Najnižje količine DF so bile z modelom BROOK90 simulirane v avgustu 2003, kjer deleži v količini padavin na prostem znašajo od 10 % na podobjektu Mala vrzel (SMV) na raziskovalni ploskvi Snežna jama do 37 % na podobjektu Vrzel (RV) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog in Mladju (SPC) na raziskovalni ploskvi Snežna jama. V vegetacijskem obdobju 2004 so bili deleži DF v mesečni količini padavin na prostem višji in so se gibali med 36 % v juliju na podobjektu Sestoj (RS) in 90 % v oktobru na podobjektu vrzel (RV) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog.

5.5.3.3.3. Vrednosti za vegetacijsko obdobje Vegetation period values

Vrednosti za padavine nad krošnjami oziroma na prostem (P), odtok (DF) in dejansko evapotranspiracijo (AET) na posameznem podobjektu v vegetacijskem obdobju v letih 2003 in 2004 smo izračunali kot vsoto dnevnih količin in so prikazane v Preglednici 42. Najvišje količine AET v vegetacijskem obdobju 2003 so bile na podobjektu Sestoj (RS) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog (53 %). Sledi podobjekt Sestoj (SS) na raziskovalni ploskvi Snežna jama (52 %). Najnižje količine AET so bile na podobjektu Vrzel (RV) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog (26 %). V vegetacijskem obdobju 2004 so bile prav tako najvišje količine AET simulirane na podobjektu Sestoj (RS) (49 %), najnižje pa na podobjektu Vrzel (RV) (19 %) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog. Odtok (DF) je bil v vegetacijskem obdobju 2003 najvišji na podobjektih Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV) na raziskovalni ploskvi Snežna jama (54 %), najnižji pa na podobjektu Sestoj (RS) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog (46 %). V vegetacijskem obdobju 2004 je bil DF najvišji na podobjektu Mala vrzel (SMV) na raziskovalni ploskvi Snežna jama (74 %), najnižji pa na podobjektu Sestoj (RS) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog (51 %).

Skupna količina padavin na prostem (raziskovalna ploskev Rog Žaga) v vegetacijskem obdobju 2004 je bila za 45 % višja od tiste v vegetacijskem obdobju 2003. Posledično je bil v vegetacijskem obdobju 2004 na vseh podobjektih višji tudi odtok. Na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog je bil odtok 142 % višji od tistega v letu 2003, na podobjektu Mala vrzel (SMV) 97 %, v Veliki vrzeli (SVV) 86 %, v Sestoj (SS) 80 %, v Mladju (SPC) na raziskovalni ploskvi Snežna jama 76 %, na v Sestoj (RS) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog 60 %.

Preglednica 42: Rezultati modela BROOK90 za vodno bilanco na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), Mladje (SPC) in na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Vrzel (RV) in Sestoj (RS) v vegetacijskem obdobju 2003 in 2004

Table 42: Results of model BROOK90 for water balance at research site Snežna jama, plot Stand (SS), Large gap (SVV), Small gap (SMV), Regeneration (SPC) in growing season in 2003 and 2004

	SS		SVV		SMV		SPC		RS		RV				
	BROOK90	Merjeno / Measured	BROOK90	BROOK90	BROOK90	BROOK90	BROOK90	BROOK90	BROOK90	Merjeno / Measured	BROOK90	BROOK90			
maj – oktober / May - October 2003	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	
P	724	100	724	100	724	100	724	100	724	100	724	100	724	100	
TF	593	82	538	72			620	86	570	79	514	69			
SF			50	8							40	6			
TF+SF			588	80							554	75			
I	110	15	151	20			83	11	134	18	188	25			
AET	379	52			328	45	334	46	339	47	382	53		187	26
DF	341	47			394	54	393	54	385	53	337	46		353	49
maj – oktober / May - October 2004															
P	1053	100	1053	100	1053	100	1053	100	1053	100	1053	100	1053	100	
TF	907	86	871	78					930	88	787	75	815	73	
SF			65	6									52	5	
TF+SF			936	85									867	78	
I	146	14	131	12					123	12	266	25	200	18	
AET	443	42			311	30	268	25	376	36	517	49		201	19
DF	613	58			733	70	774	74	679	64	540	51		855	81

P – padavine na prostem na raziskovalni ploskvi Rog Žaga / precipitation in the open at research plot Rog Žaga

TF – prepuščene padavine / throughfall

SF – odtok po deblu / stemflow

I – intercepcija / interception

AET – dejanska evapotranspiracija / actual evapotranspiration

DF – odtok v podtalje / drainage flux

5.5.4 Primerjava modelov za izračun vodne bilance Comparison of selected water balance models

Na podlagi rezultatov kalibracije, verifikacije in analize občutljivosti modelov smo ugotovili, da je model BROOK90 najboljše simuliral vodno bilanco na izbranih raziskovalnih ploskvah, zato smo ga uporabili kot standard v primerjavi z rezultati ostalih dveh modelov (Kloridna metoda, WATBAL).

5.5.4.1 Primerjava ocene mesečnih odtokov z modeloma WATBAL in BROOK90 Comparison of monthly drainage flux estimates with models WATBAL and BROOK90

Mesečni deleži odtoka (DF) v skupni količini padavin na prostem, simulirani z modeloma WATBAL in BROOK90 so prikazani v Prilogi P1. Model WATBAL je v vegetacijskem obdobju 2003 DF simuliral v vseh mesecih razen v juliju na podobjektih Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV) na raziskovalni ploskvi Snežna jama in Sestoj (RS) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog ter v avgustu na podobjektu Mladje (SPC) na raziskovalni ploskvi Snežna jama in Vrzel (RV) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog. Model BROOK90 je simuliral DF v vseh mesecih v obeh vegetacijskih obdobjih. Na vseh podobjektih je bil pri modelu BROOK90 viden trend upadanja količine DF od spomladi proti poletju, ko je odtok dosegel najnižje vrednosti, nato pa je narasel v jesenskih mesecih, ko je dosegel najvišje vrednosti. Ta trend je bil izrazitejši v vrzelih (SVV, SMV, RV), ter v letu 2003, ko so padavine v vegetacijskem obdobju dosegle nižje vrednosti kot v 2004. Pri modelu WATBAL je podoben trend viden le za simulirane DF za podobjekt Sestoj (SS) na raziskovalni ploskvi Snežna jama v vegetacijskem obdobju 2003.

5.5.4.2 Primerjava ocene mesečnih vrednosti dejanske evapotranspiracije z modeloma WATBAL in BROOK90 Comparison of monthly actual evapotranspiration estimates with models WATBAL and BROOK90

Mesečni deleži dejanske evapotranspiracije (AET) v skupni količini padavin na prostem, simulirani z modeloma WATBAL in BROOK90 so prikazani v Prilogi P2. Ujemanje med vrednostmi je bilo boljše v vegetacijskem obdobju 2003 ($r = 0,681$) kot v 2004 ($r = 0,563$). Količine AET, simulirane z modelom WATBAL, so se z količinami AET, izračunanimi z modelom BROOK90, najboljše ujemale na podobjektu Sestoj (SS) ($r = 0,802$), sledita Mladje (SPC) ($r = 0,762$) na raziskovalni ploskvi Snežna jama in Sestoj (RS) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog ($r = 0,760$). V Veliki vrzeli (SVV) je koeficient korelacije znašal 0,707. Najslabše ujemanje med simuliranimi količinami AET je bilo ugotovljeno v Vrzeli (RV) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog ($r = 0,328$) ter Mala Vrzel (SMV) na raziskovalni ploskvi Snežna jama ($r = 0,358$).

5.5.4.3 Primerjava ocene odtokov v podtalje za vegetacijsko obdobje s Kloridno metodo ter modeloma WATBAL in BROOK90

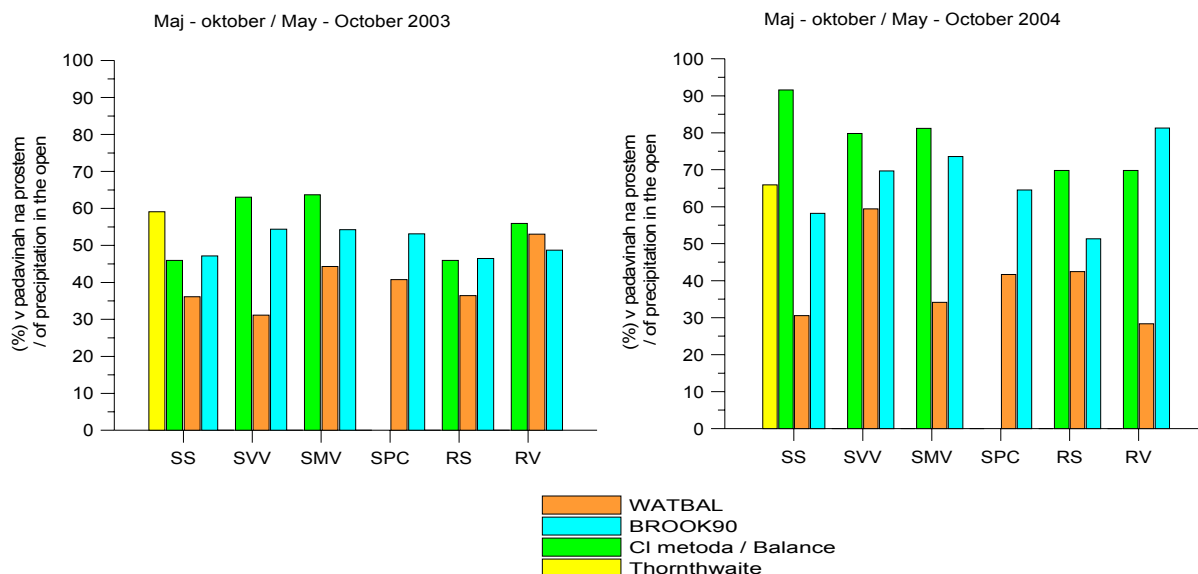
Comparison of drainage flux estimates for growing season with Chloride balance and models WATBAL and BROOK90

Rezultati modela WATBAL za simulirane količine odtoka (DF) se slabše ujemajo z rezultati modela BROOK90 kot rezultati Kloridne metode, saj so korelacijski koeficienti nižji kot pri Kloridni metodi. Koeficient korelacije med simuliranimi količinami DF z modelom BROOK90 in WATBAL je 0,475, z modelom BROOK90 in Kloridno metodo pa 0,848. Ujemanje rezultatov za količine odtoka (DF) med modelom BROOK90 in Kloridno metodo je boljše za vegetacijsko obdobje 2003 ($r = 0,958$) kot za vegetacijsko obdobje 2004 ($r = -0,186$), ko ujemanja praktično ni. Med rezultati modelov BROOK90 in WATBAL ujemanja ni za nobeno vegetacijsko obdobje (2003: $r = -0,091$; 2004: $r = -0,188$).

V vegetacijskem obdobju 2003 sta Kloridna metoda in BROOK90 prikazala največji odtok (DF) na podobjektu Velika Vrzel (SVV) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, model WATBAL pa je največji DF prikazal na podobjektu Vrzel (RV) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog (Slika 48). Najmanjši DF sta Kloridna metoda in BROOK90 prikazala na podobjektih Sestoj (RS) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog in Sestoj (SS) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, WATBAL pa na podobjektu Velika Vrzel (SVV) na raziskovalni ploskvi Snežna jama. Deleži DF v skupni količini padavin na prostem so se v vegetacijskem obdobju 2003 pri modelu BROOK90 gibali med 46 % in 54 %, pri Kloridni metodi med 46 % in 64 % ter pri modelu WATBAL med 31 % in 53 %. V vegetacijskem obdobju 2004 je Kloridna metoda prikazala največji DF na podobjektu Sestoj (SS) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, BROOK90 na podobjektu Vrzel (RV) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, WATBAL pa na podobjektu na podobjektu Velika Vrzel (SVV) na raziskovalni ploskvi Snežna jama. Najmanjši DF je bil pri Kloridni metodi na podobjektih Sestoj (RS) in Vrzel (RV) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, pri modelu BROOK90 na podobjektu Sestoj (RS) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, pri modelu WATBAL pa na podobjektih Sestoj (SS) in Mala vrzel (SMV) na raziskovalni ploskvi Snežna jama. Deleži DF v skupni količini padavin na prostem so se v vegetacijskem obdobju 2004 pri modelu BROOK90 gibali med 51 % in 81 %, pri Kloridni metodi med 70 % in 92 % ter pri WATBALu med 28 % in 59 %. Količine DF, simulirane z modelom WATBAL, so predstavljale v povprečju 60 % količin DF, simuliranih z modelom BROOK90.

Za primerjavo metod so na Sliki 48 prikazani tudi rezultati Enačbe 1 za izračun vodne bilance, pri čemer smo potencialno (referenčno) evapotranspiracijo izračunali s pomočjo Thornthwaitove metode (Enačba 5). Količino odtoka za vegetacijsko obdobje smo izračunali kot vsoto mesečnih odtokov. Ker je metoda zelo splošna, smo jo prikazali le kot oceno količine odtoka za obravnavano območje. V vegetacijskem obdobju 2003 je odtok po

Thornthwaitu znašal 59 % v količini padavin na prostem, v vegetacijskem obdobju 2004 pa 66 %.



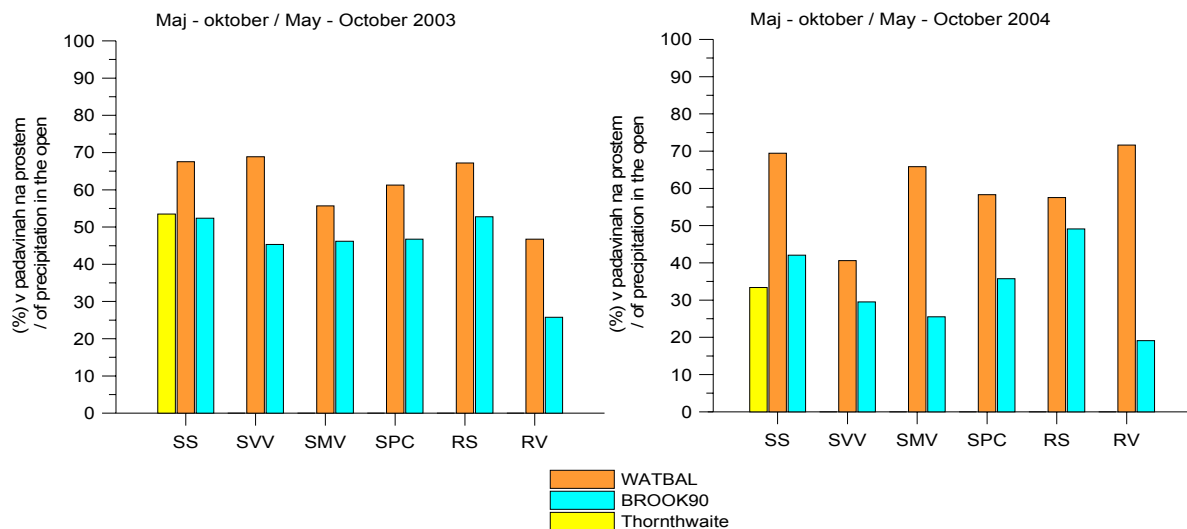
Slika 48: Odtok (DF) v količini padavin na prostem (%) na podobjektu Sestoj (SS), Velika Vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV) in Mladje (SPC) na raziskovalni ploskvi Snežna jama ter sestoj (RS) in Vrzel (RV) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog v vegetacijskem obdobju 2003 in 2004: Thornthwaitova metoda, Kloridna metoda, WATBAL in BROOK90

Figure 48: Drainage flux (DF) as percentage of precipitation in the open (%) at Stand (SS), Large gap (SVV), Small gap (SMV), Regeneration (SPC) at research site Snežna jama and Stand (RS) and Gap (RV) at research site Rajhenavski Rog in growing season 2003 and 2004: Thornthwaite method, Chloride balance, WATBAL and BROOK90

5.5.4.4 Primerjava ocene dejanske evapotranspiracije za vegetacijsko obdobje z modeloma WATBAL in BROOK90

Comparison of actual evapotranspiration estimates for growing season with models WATBAL and BROOK90

Deleži dejanske evapotranspiracije (AET) v skupni količini padavin na prostem, simulirane za vegetacijski obdobji v letih 2003 in 2004 z modeloma WATBAL in BROOK90, so prikazani na Sliki 49. Ujemanje med količinami AET je bilo boljše v vegetacijskem obdobju 2003 ($r = 0,859$) kot v 2004 ($r = -0,158$), ko ujemanja praktično ni bilo.



Slika 49: Dejanska evapotranspiracija (AET) v količini padavin na prostem (%) na podobjektu Sestoj (SS), Velika Vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV) in Mladje (SPC) na raziskovalni ploskvi Snežna jama ter Sestoj (RS) in Vrzel (RV) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog v vegetacijskem obdobju 2003 in 2004: WATBAL in BROOK90. Potencialna evapotranspiracija (PET) za obravnavano območje po Thornthwaitovi metodi.

Figure 49: Actual evapotranspiration (AET) as percentage of precipitation in the open (%) at Stand (SS), Large gap (SVV), Small gap (SMV), Regeneration (SPC) at research site Snežna jama and Stand (RS) and Gap (RV) at research site Rajhenavski Rog in growing season 2003 and 2004: WATBAL and BROOK90. Potential evapotranspiration (PET) for investigated location after Thornthwaite method.

V vegetacijskem obdobju 2003 je model WATBAL simuliral največjo dejansko evapotranspiracijo (AET) na podobjektih Velika Vrzel (SVV) (69 %), Sestoj (SS) na raziskovalni ploskvi Snežna jama (68 %) ter Sestoj (RS) (67 %) raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog. Najmanjša AET je bila na podobjektu Vrzel (RV) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog (47 %). BROOK90 je v istem obdobju najvišjo AET simuliral v Sestoj (SS) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog (53 %) ter Sestoj (SS) na raziskovalni ploskvi Snežna jama (52 %), najnižjo pa prav tako v Vrzel (RV) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog (26 %). V vegetacijskem obdobju 2004 je model WATBAL simuliral največjo AET na podobjektih Vrzel (RV) (72 %) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, Sestoj (SS) (69 %) in Mala vrzel (SVV) (66 %) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, najmanjšo AET pa v Veliki vrzeli (SVV) (41 %) na raziskovalni ploskvi Snežna jama. Model BROOK90 je v istem obdobju simuliral največjo AET v Sestoj (RS) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog (49 %) ter v Sestoj (SS) na raziskovalni ploskvi Snežna jama (42 %), nanižjo AET pa v Vrzel (RV) (19 %) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog.

Za primerjavo metod so na Sliki 49 prikazani tudi rezultati Enačbe 1 za izračun vodne bilance, pri čemer smo potencialno (referenčno) evapotranspiracijo izračunali s pomočjo Thornthwaitove metode (Enačba 5). Ker je metoda zelo splošna, smo jo prikazali le kot oceno

potencialne evapotranspiracije (PET) za obravnavano območje. V vegetacijskem obdobju 2003 je PET po Thornthwaitu znašala 54 % v količini padavin na prostem, v vegetacijskem obdobju 2004 pa 33 %.

5.6 NARAVNO POMLAJEVANJE V VRZELIH NATURAL REGENERATION IN GAPS

5.6.1 Razvoj klic in mladja v vrzelih Development of seedlings in the gaps

5.6.1.1 Velika vrzel (SVV) Large gap (SVV)

V Veliki vrzeli (SVV) na raziskovalni ploskvi Snežna jama smo pri vseh popisih ugotovili največji delež gorskega javorja (*Acer pseudplatanus*). Spomladi 2001 je bilo v skupnem številu klic vseh popisanih drevesnih vrst 42 % gorskega javorja, spomladi 2003 11 %, spomladi 2004 69 % in jeseni 2004 72 %. V skupnem številu mladja vseh popisanih drevesnih vrst je bilo spomladi 2001 70 % gorskega javorja, spomladi 2003 54 %, spomladi 2004 58 % in jeseni 2004 52 %. Osebkov med 21 in 50 cm višine v popisu spomladi 2001 ni bilo, spomladi 2003 je delež gorskega javorja znašal 16 %, spomladi in jeseni 2004 pa 17 % v skupnem številu osebkov med 21 in 50 cm višine. Nato sledi bukev (*Fagus sylvatica*), pri kateri je bilo spomladi 2001 8 %, spomladi 2003 66 %, spomladi 2004 in jeseni 2004 pa 1 % klic v skupnem številu klic vseh popisanih drevesnih vrst. V skupnem številu mladja vseh popisanih drevesnih vrst je bilo spomladi 2001 20 %, spomladi 2003 31 %, spomladi 2004 29 % in jeseni 2004 31 % mladja bukve. Osebkov med 21 in 50 cm višine v popisu spomladi 2001 ni bilo, spomladi 2003 je delež bukve znašal 67 %, spomladi in jeseni 2004 pa 68 % v skupnem številu osebkov med 21 in 50 cm višine. Jelka (*Abies alba*) je imela pri popisu spomladi 2001 50 % delež, spomladi 2003 22 %, spomladi 2004 in jeseni 2004 pa 13 % delež v skupnem številu prešteti klic. V skupnem številu mladja vseh popisanih drevesnih vrst je bilo spomladi 2001 10 %, spomladi 2003 10 %, spomladi 2004 9 % in jeseni 2004 10 % jelke. Osebkov med 21 in 50 cm višine je bilo spomladi 2001 100 %, spomladi 2003 ter spomladi in jeseni 2004 pa 4 % v skupnem številu osebkov med 21 in 50 cm višine.

Ostale drevesne vrste so se na podobjektu pojavljale šele v letih 2003 in 2004. Delež klic navadne smreke (*Picea abies*) v skupnem številu klic vseh popisanih drevesnih vrst je bil spomladi 2003 11 %, spomladi 2004 16 % in jeseni 2004 14 %. V skupnem številu mladja vseh popisanih drevesnih vrst so znašali deleži osebkov navadne smreke 1 % pri vseh treh popisih v letih 2003 in 2004. Osebkov smreke med 21 in 50 cm višine ni bilo. Klic ive (*Salix caprea*) nismo zasledili pri nobenem popisu, pač pa so deleži mladja v skupnem številu mladja vseh popisanih drevesnih vrst znašali 2 % ter deleži osebkov med 21 in 50 cm višine 10 % pri vseh treh popisih v letih 2003 in 2004. Osebke ostalih drevesnih vrst smo zasledili le

posamič: navadna jrebika (*Sorbus aucuparia* L.), gorski brest (*Ulmus glabra* Huds.), trepetlika (*Populus tremula* L.). V Preglednici 43 so prikazane gostote osebkov posameznih drevesnih vrst pri popisih spomladi 2001, spomladi 2003, spomladi 2004 in jeseni 2004 na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV).

Preglednica 43: Gostota ($N\ ha^{-1}$) osebkov drevesnih vrst na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) pri popisih spomladi 2003, spomladi 2004 in jeseni 2004

Table 43: Density ($N\ ha^{-1}$) of different tree species at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) according to regeneration inventory in spring 2003, spring 2004 and autumn 2004

Vrsta / Species		2001		2003		2004 pomlad / spring		2004 jesen / autumn	
		$N\ ha^{-1}$	%	$N\ ha^{-1}$	%	$N\ ha^{-1}$	%	$N\ ha^{-1}$	%
<i>Fagus sylvatica</i>	1 leto / year	94	8.3	202	55.6	404	1.2	202	1.0
	< 21 cm	2386	20.2	8848	31.3	6667	28.6	6182	33.1
	21 - 50 cm	0	0.0	1980	67.1	1980	68.1	1980	68.1
	Skupaj / Total	2480	18.5	11030	35.0	9051	15.1	8364	19.9
<i>Abies alba</i>	1 leto / year	561	50.0	81	22.2	4364	12.9	2667	13.0
	< 21 cm	1170	9.9	2747	9.7	2141	9.2	1859	10.0
	21 - 50 cm	468	100.0	121	4.1	121	4.2	121	4.2
	Skupaj / Total	2199	16.4	2949	9.3	6626	11.0	4646	11.1
<i>Acer pseudoplatanus</i>	1 leto / year	468	41.7	40	11.1	23475	69.3	14667	71.7
	< 21 cm	8234	69.8	15354	54.4	13495	58.0	9778	52.4
	21 - 50 cm	0	0.0	485	16.4	485	16.7	485	16.7
	Skupaj / Total	8702	65.0	15879	50.3	37455	62.4	24929	59.3
<i>Picea abies</i>	1 leto / year			40	11.1	5576	16.5	2909	14.2
	< 21 cm			323	1.1	202	0.9	162	0.9
	21 - 50 cm			0	0.0	0	0.0	0	0.0
	Skupaj / Total	0	0.0	364	1.2	5778	9.6	3071	7.3
<i>Sorbus aucuparia</i>	1 leto / year			0	0.0	40	0.1	0	0.0
	< 21 cm			121	0.4	81	0.3	40	0.2
	21 - 50 cm			81	2.7	40	1.4	40	1.4
	Skupaj / Total	0	0.0	202	0.6	162	0.3	81	0.2
<i>Salix caprea</i>	1 leto / year			0	0.0	0	0.0	0	0.0
	< 21 cm			485	1.7	364	1.6	323	1.7
	21 - 50 cm			283	9.6	283	9.7	283	9.7
	Skupaj / Total	0	0.0	768	2.4	646	1.1	606	1.4
<i>Ulmus glabra</i>	1 leto / year			0	0.0	0	0.0	0	0.0
	< 21 cm			40	0.1	40	0.2	40	0.2
	21 - 50 cm			0	0.0	0	0.0	0	0.0
	Skupaj / Total	0	0.0	40	0.1	40	0.1	40	0.1
<i>Populus tremula</i>	1 leto / year			0	0.0	0	0.0	0	0.0
	< 21 cm			323	1.1	283	1.2	283	1.5
	21 - 50 cm			0	0.0	0	0.0	0	0.0
	Skupaj / Total	0	0.0	323	1.0	283	0.5	283	0.7
Skupaj / Total	1 leto / year	1123	8.4	364	1.2	33859	56.4	20444	48.7
	< 21 cm	11789	88.1	28242	89.5	23273	38.8	18667	44.4
	21 - 50 cm	468	3.5	2949	9.3	2909	4.8	2909	6.9
	Skupaj / Total	13380	100.0	31556	100.0	60040	100.0	42020	100.0

5.6.1.2 Mala vrzel (SMV) Small gap (SMV)

V Mali vrzeli (SMV) je imel tako kot v Veliki vrzeli (SVV) pri vseh popisih največji delež v skupnem številu klic in mladja gorski javor (*Acer pseudoplatanus*). Spomladi 2001 je bilo v skupnem številu klic vseh popisanih drevesnih vrst 40 % gorskega javorja, spomladi 2004 85 % in jeseni 2004 87 %. V skupnem številu mladja vseh popisanih drevesnih vrst je bilo spomladi 2001 86 % gorskega javorja, spomladi in jeseni 2004 pa 64 %. Osebkov med 21 in 50 cm višine je bilo spomladi 2001 100 %, spomladi in jeseni 2004 pa je delež gorskega javorja znašal 36 % v skupnem številu osebkov med 21 in 50 cm višine. Nato sledi bukev (*Fagus sylvatica*), pri kateri je bilo spomladi 2001 0 %, spomladi 2004 in jeseni 2004 pa 2 % klic v skupnem številu klic vseh popisanih drevesnih vrst. V skupnem številu mladja vseh popisanih drevesnih vrst je bilo spomladi 2001 8 %, spomladi in jeseni 2004 pa 31 % mladja bukve. Osebkov med 21 in 50 cm višine v popisu spomladi 2001 ni bilo, spomladi in jeseni 2004 pa je delež bukve znašal 61 % v skupnem številu osebkov med 21 in 50 cm višine. Jelka (*Abies alba*) je imela pri popisu spomladi 2001 60 % delež, spomladi 2004 12 % in jeseni 2004 10 % delež v skupnem številu prešteti klic. V skupnem številu mladja vseh popisanih drevesnih vrst je bilo spomladi 2001 6 %, spomladi in jeseni 2004 pa 3 % jelke. Osebkov jelke med 21 in 50 cm višine nismo našli pri nobenem od popisov.

Ostale drevesne vrste so se na podobjektu pojavljale posamič šele v letih 2003 in 2004: navadna smreka (*Picea abies* (L.) Karst), iva (*Salix caprea* (L.)), navadna jerebika (*Sorbus aucuparia* L.).

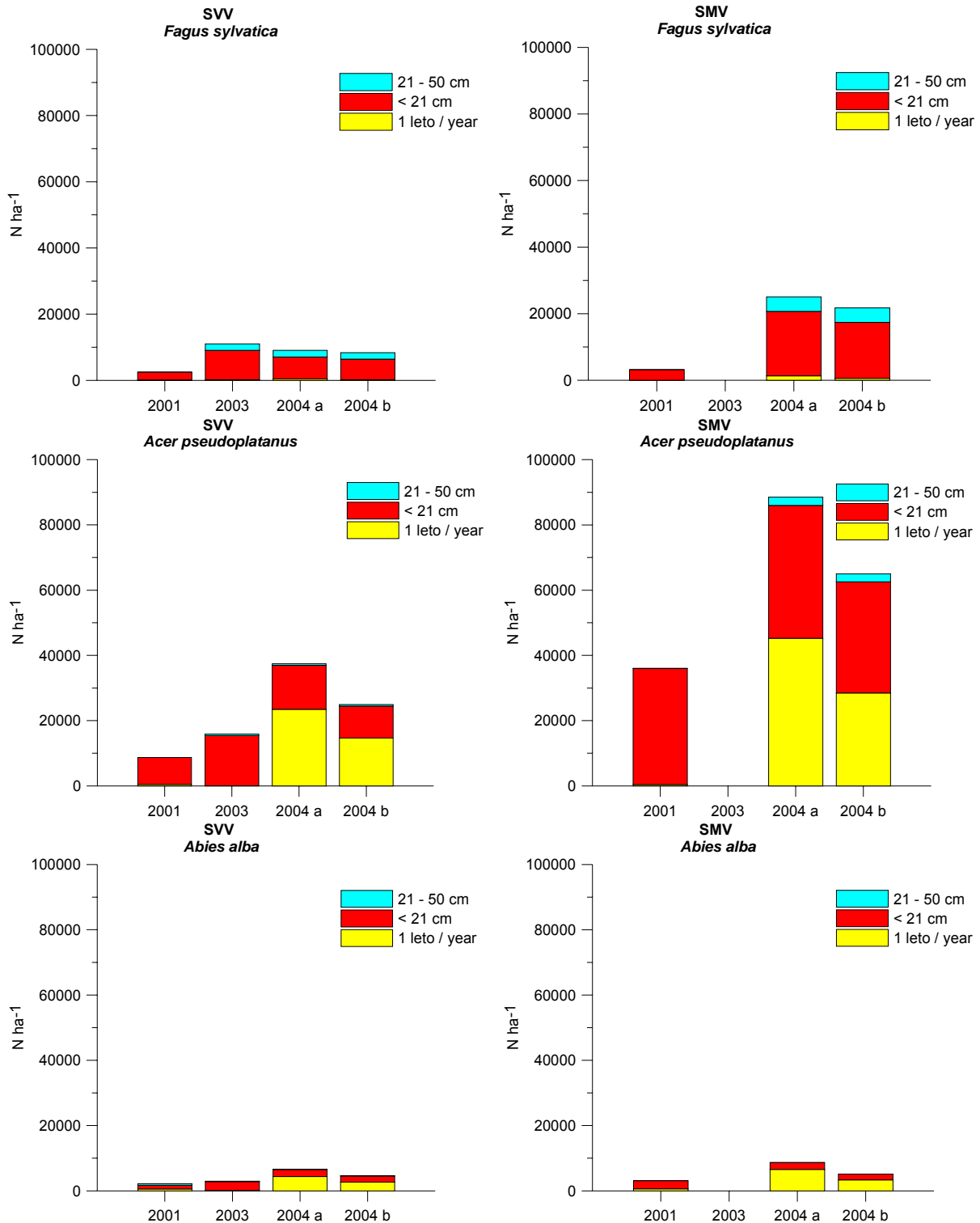
V Preglednici 44 so prikazane gostote osebkov posameznih drevesnih vrst pri popisih spomladi 2001, spomladi 2003, spomladi 2004 in jeseni 2004 na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Mala vrzel (SMV).

Preglednica 44: Gostota osebkov ($N\ ha^{-1}$) drevesnih vrst na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Mala vrzel (SMV) pri popisih spomladi 2001, spomladi 2004 in jeseni 2004

Table 44: Density of different tree species ($N\ ha^{-1}$) at research site Snežna jama, plot Small gap (SMV) according to regeneration inventory in spring 2003, spring 2004 and autumn 2004

Vrsta / Species		2001		2004 pomlad / spring		2004 jesen / autumn	
		$N\ ha^{-1}$	%	$N\ ha^{-1}$	%	$N\ ha^{-1}$	%
<i>Fagus sylvatica</i>	1 leto / year	0	0.0	1313	2.5	606	1.9
	< 21 cm	3204	7.8	19394	30.6	16768	31.3
	21 - 50 cm	0	0.0	4343	61.4	4343	61.4
	Skupaj / Total	3204	7.6	25051	20.2	21717	23.2
<i>Abies alba</i>	1 leto / year	620	60.0	6566	12.3	3333	10.2
	< 21 cm	2481	6.0	2121	3.3	1818	3.4
	21 - 50 cm	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	Skupaj / Total	3101	7.3	8687	7.0	5152	5.5
<i>Acer pseudoplatanus</i>	1 leto / year	413	40.0	45253	84.7	28485	87.0
	< 21 cm	35556	86.2	40707	64.2	34040	63.5
	21 - 50 cm	103	100.0	2525	35.7	2525	35.7
	Skupaj / Total	36072	85.1	88485	71.4	65051	69.6
<i>Picea abies</i>	1 leto / year			202	0.4	202	0.6
	< 21 cm			404	0.6	404	0.8
	21 - 50 cm			101	1.4	101	1.4
	Skupaj / Total	0	0.0	707	0.6	707	0.8
<i>Sorbus aucuparia</i>	1 leto / year			101	0.2	101	0.3
	< 21 cm			505	0.8	303	0.6
	21 - 50 cm			101	1.4	101	1.4
	Skupaj / Total	0	0.0	707	0.6	505	0.5
<i>Salix caprea</i>	1 leto / year			0	0.0	0	0.0
	< 21 cm			303	0.5	303	0.6
	21 - 50 cm			0	0.0	0	0.0
	Skupaj / Total	0	0.0	303	0.2	303	0.3
Skupaj / Total	1 leto / year	1034	2.4	53434	43.1	32727	35.0
	< 21 cm	41240	97.3	63434	51.2	53636	57.4
	21 - 50 cm	103	0.2	7071	5.7	7071	7.6
	Skupaj / Total	42377	100.0	123939	100.0	93434	100.0

Slika 50 prikazuje gostoto osebkov ($N\ ha^{-1}$) posameznih drevesnih vrst pri popisih spomladi 2001, spomladi 2003, spomladi 2004 in jeseni 2004 na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV). Če opazujemo nihanje gostote osebkov do 21 cm višine skozi čas ugotovimo, da je bila v obeh vrzelih gostota gorskega javorja največja, vendar je upadala, da je bila bukev precej pogosta ter da je njen delež naraščal, in da je bilo jelke v opazovanem obdobju konstantno malo. Gorski javor je bil uspešnejši v Mali vrzeli, bukev je bila enako uspešna v obeh vrzelih, jelka pa je bila uspešnejša v Veliki vrzeli (SVV).

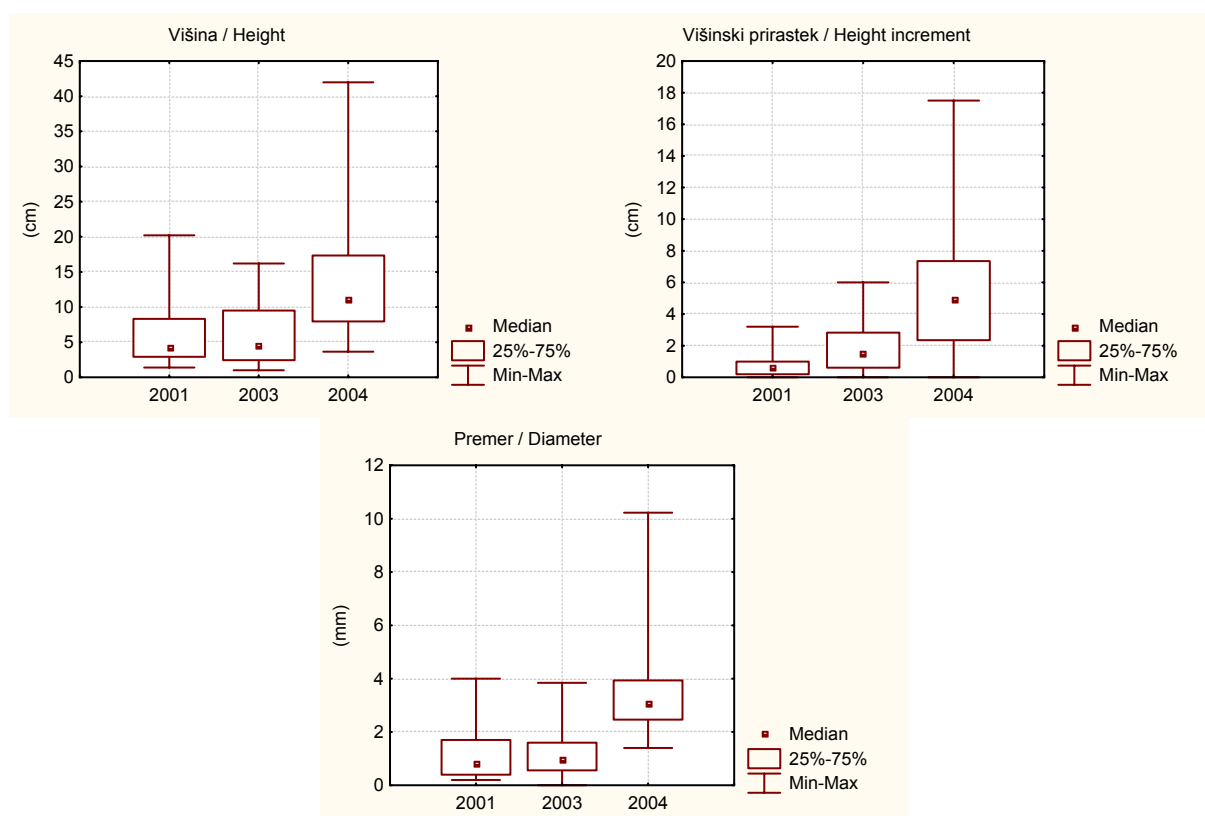


Slika 50: Gostota ($N\ ha^{-1}$) osebkov drevesnih vrst na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV) pri popisih spomladi 2001, spomladi 2003, spomladi 2004 (2004a) in jeseni 2004 (2004b)

Figure 50: Density ($N\ ha^{-1}$) of different tree species at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) and Small gap (SMV) according to regeneration inventory in spring 2001, spring 2003, spring 2004 (2004a) and autumn 2004 (2004b)

5.6.2 Višine, višinski prirastek ter premer na koreničniku Average height, height increment and shoot diameter

Na Sliki 51 so prikazane mediane, kvartilni razmiki, maksimumi in minimumi (Košmelj, 2001) za višino, višinski prirastek terminalnega poganjka v zadnjem letu ter premer tik nad koreničnikom petih dominantnih osebkov bukve do 21 cm višine na ploskvici za posamezni popis v letih 2001, 2003 in 2004. Povprečna višina je v letu 2001 v SMV znašala 6,8 cm in v SVV 5,6 cm. V letu 2003 so le meritve za SVV (6 cm), v letu 2004 pa je bila povprečna višina v SVV višja in je znašala 14,6 cm, v SMV pa 10,8 cm. Višinski prirastek terminalnega poganjka je v letu 2001 v SMV znašal 0,7 cm, v SVV pa 0,8 cm. Za leto 2003 so le meritve za SVV, kjer je višinski prirastek znašal 1,9 cm. V letu 2004 je bil višinski prirastek v SMV 4,9 cm, v SVV pa 5,8 cm. Premer nad koreničnikom je v letu 2001 znašal v SMV 1,1 mm, v SVV 1,0 mm. V letu 2003 je v SVV znašal 1,24 mm (v SMV ni bilo meritev), v letu 2004 pa je bil premer nad koreničnikom v SMV 3,0 mm in v SVV 3,7 mm.



Slika 51: Okvir z ročaji za višino, višinski prirastek terminalnega poganjka v zadnjem letu ter premer tik nad koreničnikom petih dominantnih osebkov bukve do 21 cm višine na ploskvici v letih 2001, 2003 in 2004

Figure 51: Box-Whisker plots for height, height increment of terminal shoot from the last year and shoot diameter of five dominant beech seedlings up to 21 cm height at plots in years 2001, 2003 and 2004

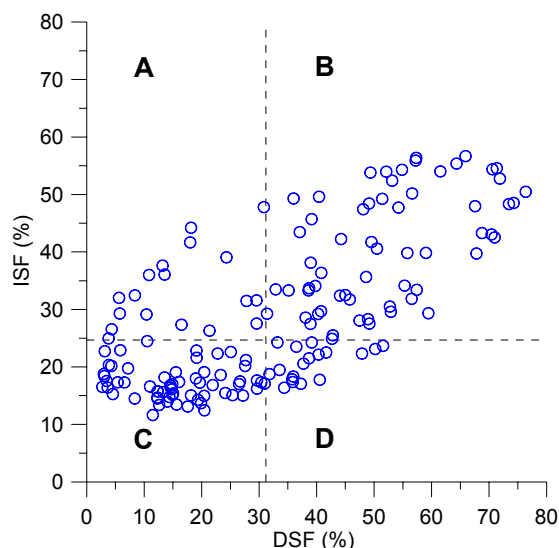
5.6.3 Odvisnost gostote mladja od ekoloških razmer Seedling density in relation to ecological factors

Ugotavljali smo odvisnost med ekološkimi dejavniki na posamezni ploskvi pravilne prostorske mreže 5 x 5 m, ter gostoto klic, osebkov do 21 cm višine ter od 21 do 50 cm višine in smrtnostjo klic, povprečno višino, višinskim prirastkom terminalnega poganjka v zadnjem letu ter premerom tik nad koreničnikom pri petih dominantnih osebkih bukve na ploskvi do 21 cm višine. Ekološki, dejavniki, ki smo jih uporabili v analizi, so prikazani v nadaljevanju: svetlobne razmere, površinska skalovitost, ekspozicija, naklon, skeletnost, talne enote, skupna debelina Ol, Of in Oh horizontov, debelina A horizonta, skupna debelina (B)rz, E in Bt horizontov, globina mineralnega dela tal, zastiranje pritalne vegetacije, povprečna, minimalna in maksimalna vsebnost vlage v tleh v letih 2003 in 2004, delež površine, prekrite z vejami ter delež površine, prekrite z odmrlim lesom.

5.6.3.1 Svetlobne razmere Light conditions

Poleg količine svetlobe je za pomladek in pritalno vegetacijo izrednega pomena tudi kakovost svetlobe (Diaci, 1999). Z meritvami svetlobnih razmer (relativna osvetljenost oziroma obsevanje) s pomočjo hemisferičnih fotografij in ovrednotenja s programsko opremo WinScanopy 2003 pro-b (Čater, 2005) smo ugotovili delež direktnega (DSF) in difuznega (ISF) sevanja za obdobje od 5. maja do 25. septembra 2003. Vsota obeh predstavlja skupno odprtost (TSF). Prostorska porazdelitev ISF ter DSF v Veliki (SVV) in Mali (SMV) vrzeli je prikazana v Prilogi R1. Največ difuznega sevanja (ISF) so prejele ploskvice v osrednjem (60 %) ter vzhodnem delu vrzeli, pod zastorom robnih dreves so vrednosti hitro upadle, vendar nikjer pod 11,6 %. Direktno sevanje (DSF) je bilo največje v severnem delu vrzeli (75 %), najnižje vrednosti (2,7 %) pa smo izmerili pod zastorom na južnem delu Male vrzeli (SMV) in pod zastorom na jugovzhodnem delu Velike vrzeli (SVV).

Odvisnost med direktnim (DSF %) in difuznim (ISF %) sevanjem na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV) je prikazana na Sliki 52. Koeficient korelacije med ISF in DSF ($r = 0,712$, $p = 0,05$) je relativno visok. Pogosto ta korelacija ni tako visoka zaradi asimetričnosti porazdelitve direktnega sevanja v vrzelih krošenj (Roženberger in Diaci, 2003a).



Slika 52: Odvisnost med direktnim (DSF %) in difuznim (ISF %) sevanjem (N = 158) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekta Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV). Črtkane črte predstavljajo mediane, katerih vrednosti so bile uporabljene za razvrstitev ploskvic v štiri tipe glede na svetlobne razmere

Figure 52: Direct (DSF %) and indirect (ISF %) site factor dependence (N = 158) at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) and Small gap (SMV). Dashed lines represent median values that were used for defining four types of plots according to their direct and indirect site factors.

Vse ploskvice smo razdelili na štiri tipe glede na prejeto količino difuznega in direktnega sevanja (Preglednica 45). Kot mejne vrednosti smo uporabili mediane za ISF in DSF (Diaci, 2002b), (Roženberger in Diaci, 2003a): $M_{ISF} = 24,7 \%$, $M_{DSF} = 31,2 \%$.

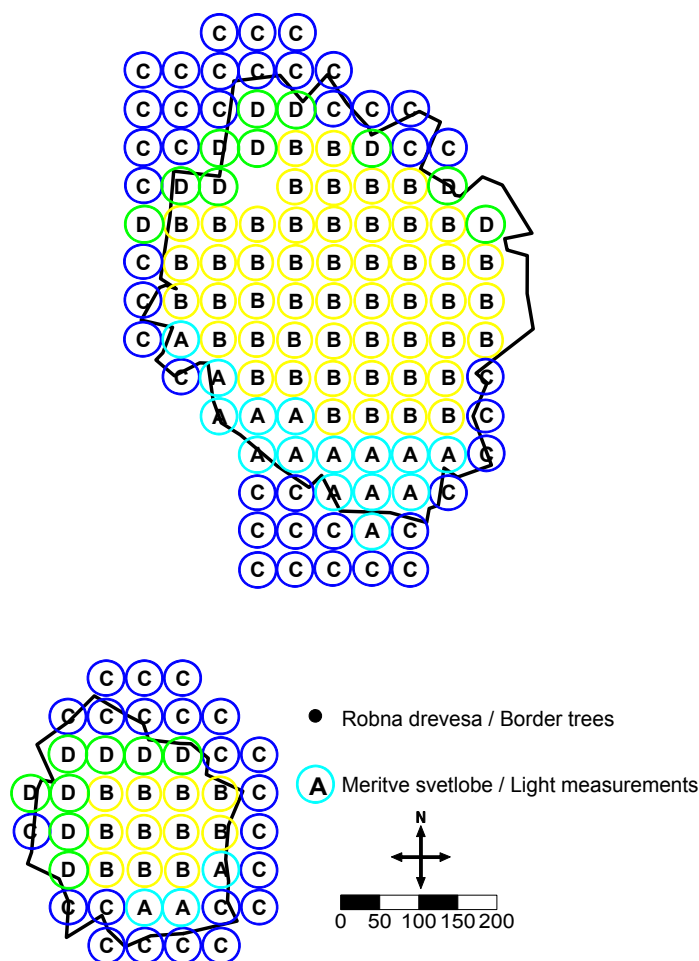
Preglednica 45: Razvrstitev ploskvic v štiri tipe glede na direktno (DSF %) in difuzno (ISF %) sevanje.

Mediane, ki so bile uporabljene kot mejne vrednosti, znašajo: $M_{ISF} = 24,7 \%$, $M_{DSF} = 31,2 \%$.

Table 45: Four types of plots according to direct (DSF %) and indirect (ISF %) site factor. Median values used for threshold were $M_{ISF} = 24,7 \%$, $M_{DSF} = 31,2 \%$.

Tip ploskvic / Plot type	ISF (%)	DSF (%)	N	%
A	visok / high	nizek / low	18	11.4
B	visok / high	visok / high	61	38.6
C	nizek / low	nizek / low	61	38.6
D	nizek / low	visok / high	18	11.4
Skupaj / Total			158	100.0

Prostorski prikaz razvrstitve ploskvic v štiri tipe glede na direktno (DSF %) in difuzno (ISF %) sevanje je na Sliki 53. V tip B z visokim ISF in DSF so razvrščene ploskvice na sredini vrzeli. V tip C z nizkim ISF in DSF so razvrščene ploskvice v sestoji ter na robu vrzeli. V tip A z visokim ISF ter nizkim DSF so razvrščene ploskvice v južnem delu vrzeli (V Mali vrzeli so le 3), v tip D z nizkim ISF ter visokim DSF pa so uvrščene ploskvice na severnem in severovzhodnem robu vrzeli.



Slika 53: Razvrstitev ploskvic v štiri tipe glede na direktno (DSF %) in difuzno (ISF %) sevanje v vegetacijskem obdobju 2003 na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV): **A B C D**

Figure 53: Four types of pots according to direct (DSF %) and indirect (ISF %) site factor in growing season 2003 at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) and Small gap (SMV): **A B C D**

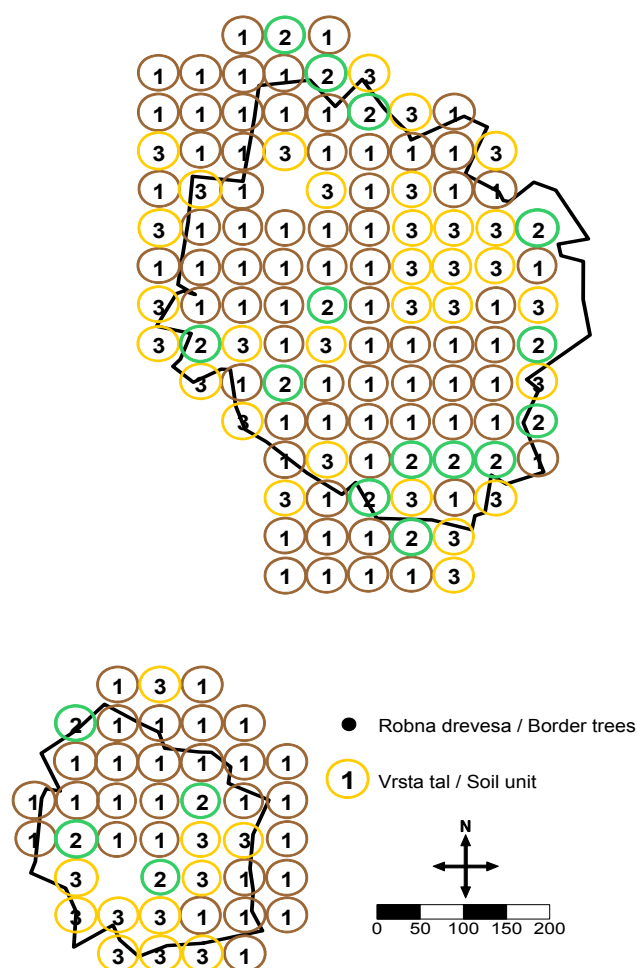
5.6.3.2 Talne razmere Soil properties

Na pravilni prostorski mreži 5 x 5 m na vseh 158. ploskvicah v Veliki vrzeli (SVV) in Mali vrzeli (SMV) so bile s sondažnimi izvrtki ugotovljene debeline in vrste plasti (v cm), tipi tal, skeletnost (%) in humusna oblika

Skeletnost (%) ter debeline O₁, O_f in O_h horizontov (O), A horizonta in skupna debelina (B)_{rz}, E in B_t (B+E) v cm so prikazane v Prilogi R2. Organski O horizonti so bili v Veliki vrzeli (SVV) najtanjši v osrednjem delu vrzeli (min 0,5 cm), v Mali vrzeli (SMV) pa v zahodnem delu vrzeli in na severozahodnem robu vrzeli (min 1,5 cm). Najdebelejši O horizonti so bil na južnem robu ter v sestoji na severovzhodu Velike vrzeli (SVV) (maks 11,5

cm). V Veliki vrzeli (SVV) so znašale debeline A horizonta od 2 do 37 cm, v Mali vrzeli (SMV) pa od 2 do 30 cm. Debeline B+E horizontov so bile v Veliki vrzeli (SVV) od 0 do 87,5 cm, v Mali vrzeli pa od 0 do 44 cm. Debeline A horizonta so bile v Veliki (SVV) in Mali vrzeli (SMV) višje tam, kjer je večja skeletnost tal ($r = 0,48$; $p = 0,05$) in so debeline B+E horizontov nižje ($r = -0,58$; $p = 0,05$). Debeline B + E horizontov so bile obratno sorazmerne tudi s skeletnostjo ($r = -0,56$, $p = 0,05$). Za debeline O horizontov so bile korelacije razmeroma šibke; z debelino A horizonta $r = 0,20$ in z debelino B+E horizontov $r = -0,24$ (pri $p = 0,05$).

Za analizo smo uporabili tudi talne enote, določene pri popisu talnih lastnosti (Urbančič, 2004), s katerimi najlažje opišemo kompleks dejavnikov, ki vplivajo na zgoraj obravnavane lastnosti tal. Za posamezne ploskvice smo določili talni enoti: rjava pokarbonatna tla in rjave rendzine, ki smo jih razdelili na dva podtipa: razvite rendzine in nerazvite rendzine (Slika 54).



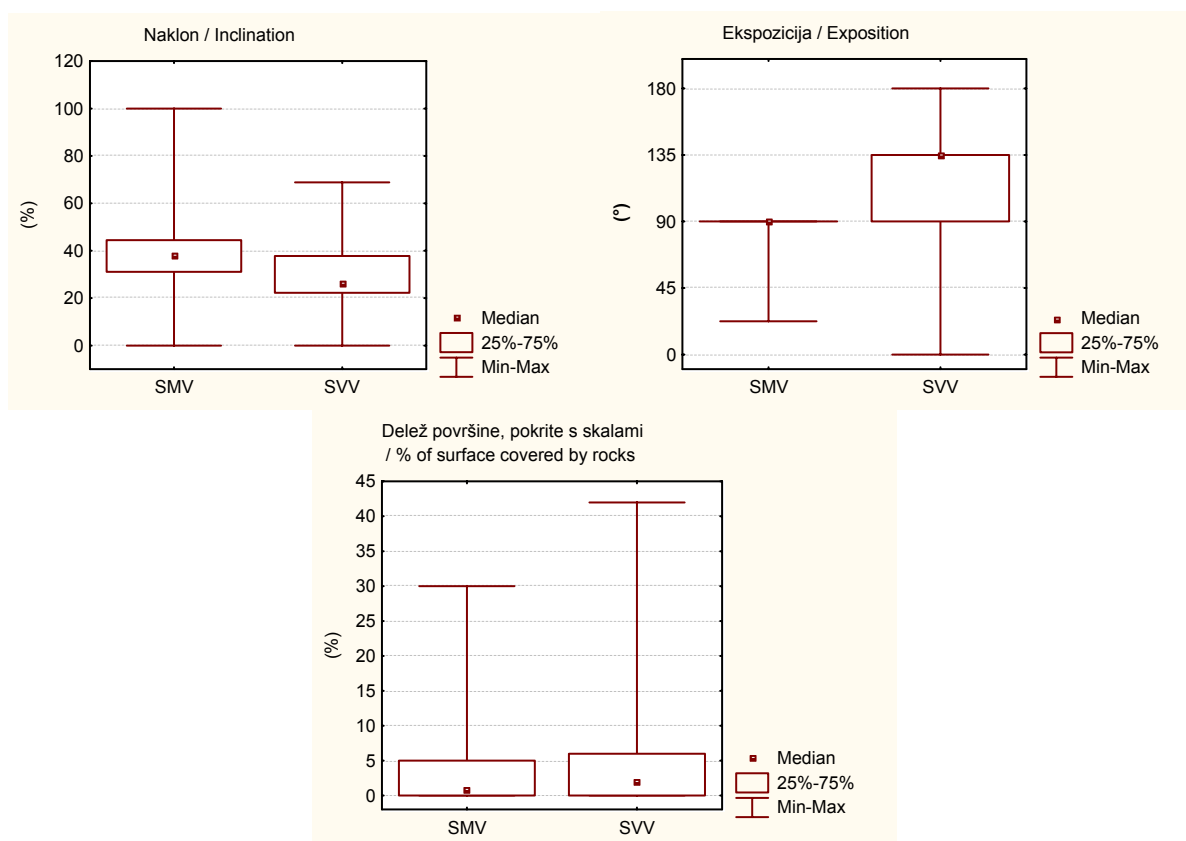
Slika 54: Razvrstitev ploskvice glede na talne enote in podtipe na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjeka Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV): rjava pokarbonatna tla (oznaka 1), razvite rendzine (oznaka 2) ter nerazvite rendzine (oznaka 3). 1 2 3

Figure 54: Soil units and subunits of plots at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) and Small gap (SMV): *Eutric Cambisols* (1), *Cambi - Rendzic Leptosols* (2), *Eutric Leptosols* (3). 1 2 3

5.6.3.3 Naklon, ekspozicija in površinska skalovitost Inclination, exposition and surface covered by rocks

Slika 55 prikazuje mediane, kvartile razmike, maksimume in minimume (Košmelj, 2001) za naklon, ekspozicijo ter površinsko skalovitost na ploskvicah na podobjektih Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV).

Na podobjektu Velika vrzel (SVV) je povprečen naklon znašal 30 %, v Mali vrzeli (SMV) 38 %, pri čemer so bili maksimalni nakloni v SVV 69 %, v SMV pa so dosegli tudi 100 %. V Veliki vrzeli (SVV) so prevladovale vzhodne (E) in jugovzhodne (SE) ekspozicije, medtem ko so v Mali vrzeli (SMV) prevladovale vzhodne (E) ekspozicije. Južnih ekspozicij (S) v SMV ni bilo, v SVV pa je imela južno ekspozicijo ena četrtnina ploskvic. Površinska skalovitost je bila večja v Veliki vrzeli (SVV), kjer je v povprečju znašala 4,7 % površine ploskvice, v Mali vrzeli (SMV) pa je znašala 3,6 %. V SVV so maksimalni deleži znašali 42 %, v SMV pa 30 %.



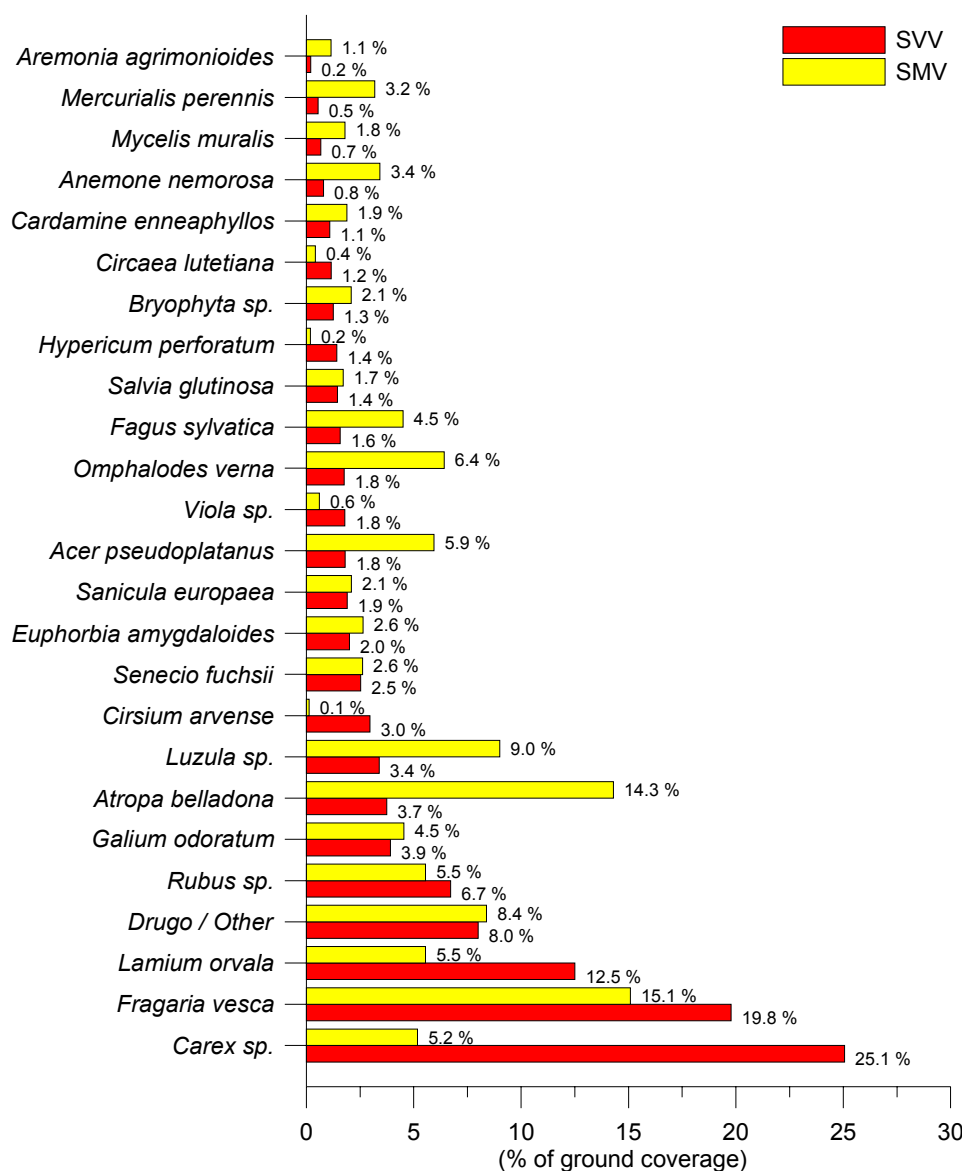
Slika 55: Okvir z ročaji za naklon, ekspozicijo in površinsko skalovitost na podobjektih Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV) na raziskovalni ploskvi Snežna jama

Figure 55: Box-Whisker plots for inclination, exposition and percentage surface covered by rocks at Large gap (SVV) and Small gap (SMV) at research site Snežna jama

5.6.3.4 Zastiranje pritalne vegetacije

Ground vegetation cover

Na obeh podobjektih (157 ploskvic) je bilo ugotovljenih 90 rastlinskih vrst in skupin, od tega 9 drevesnih in 9 grmovnih vrst (Slika 56). V Veliki vrzeli (SVV) (113 ploskvic) in prav tako v Mali vrzeli (SMV) (44 ploskvic) je doseglo vsaj 1 % pokrovnosti 20 vrst in skupin. Največji delež v SVV je imela skupina šašev (*Carex* sp.) z 25,1 %, nato sledi navadni jagodnjak (*Fragaria vesca* L.) z 18,2 % in velecvetna mrtva kopriva (*Lamium orvala* L.) z 11,5 %. V SMV je imel največji delež navadni jagodnjak (*Fragaria vesca* L.) z 13,8 %, sledi volčja češnja (*Atropa belladona* L.) s 13,1 % in skupina bekic (*Luzula* sp.) z 8,3 %.



Slika 56: Pritalna vegetacija, prisotna na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV), pri popisu v letu 2004

Figure 56: Ground vegetation, present at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) and Small gap (SMV) according to inventory in 2004

Največja pokrovnost pritalne vegetacije je bila ocenjena v osrednjem delu Velike vrzeli (SVV) (Priloga R3), kjer so deleži skupnega zastiranja na ploskvici dosegli 155 %. Tudi v Mali vrzeli (SMV) so ploskvice z največjimi deleži zastiranja v osrednjem delu vrzeli, največji delež pa je dosegel 135,5 %.

5.6.3.5 Pokritost ploskve z odmrlim lesom Coarse woody debris at plots

Največja pokrovnost odmrlega lesa je bila ocenjena na robu vrzeli ter v obdajajočem sestoju (Priloga R4), kjer so deleži skupnega zastiranja na ploskvici dosegli 76 %. V Veliki vrzeli (SVV) je bil povprečen delež odmrlega lesa 7 %, v (SMV) pa 12 %.

5.6.3.6 Odvisnost gostote mladja od ekoloških razmer v štirih tipih ploskvic Seedlings density in relation to ecological factors – four plot types

Za štiri tipe ploskvic (A, B, C in D) smo obravnavane ekološke dejavnike (Preglednica 11) prikazali v Prilogi S. Zastiranje pritalne vegetacije je bilo najvišje v B ter najnižje v C tipu. Debeline O horizontov so bile največje v C tipu ploskvic, nato sledi D, najmanjše pa so bile v B in A tipu. Pokritost z vejami je bila najvišja v C in A tipu, najnižja pa v B in D. Skupna pokrovnost odmrlega lesa je bila največja v D, najmanjša pa v B tipu. Minimalne ter povprečne vsebnosti vlage v tleh so bile višje v B in A tipu ter nižje v D in C tipu. Maksimalne vsebnosti vlage v tleh so bile najnižje v D tipu, v ostalih tipih pa so bile izenačene.

S Kruskal-Wallisovim testom smo ugotavljali značilne razlike v ekoloških dejavnikih med štirimi tipi ploskvic. Med tipi ploskvic smo ugotovili statistično značilne razlike za svetlobne razmere, zastiranje pritalne vegetacije, ekspozicijo, debelino O horizontov, površino, ki jo prekrivajo veje in odmrli les ter za vlažnostne razmere (Preglednica 46).

Preglednica 46: Rezultati Kruskal-Wallisovega testa za štiri tipe ploskvic. Okrajšave spremenljivk, ki smo jih uporabili v analizi, so razvidne iz Preglednice 11. Statistično značilni p so označeni s krepko pisavo ($p < 0,05$), $p < 0,01$ so označeni s poševno pisavo.

Table 46: Sum of ranks and results from Kruskal-Wallis test according to four plot types. Abbreviations of variables, used in the analysis, are shown in Table 11. Statistically significant p are in bold ($p < 0,05$), $p < 0,01$ are in italics.

	A	B	C	D			
Št. Ploskvic / No. Of plots	18	61	61	18			
Spremenljivka / Variable	Vsota rangov / Sum of ranks				N	H	p
DSF	729	7632	2431	1769	158	122.54	0.000
ISF	1888	7513	2097	1063	158	124.02	0.000
TSF	826	7685	2341	1710	158	124.05	0.000
EKSP	903	4480	2565	1505	137	14.46	0.002
O	1136	3331	6900	1195	158	55.69	0.000
ZAST	1419	6907	2902	1176	157	68.64	0.000
VEJE	1633	3775	5743	1410	158	18.26	0.000
CWD	1570	3958	5423	1610	158	10.40	0.015
SM MIN03	1746	6394	3467	955	158	42.30	0.000
SM MAX03	1523	5866	4207	966	158	17.28	0.001
SM POVP03	1751	6423	3511	876	158	44.31	0.000
SM MIN04	1736	6013	3889	924	158	27.12	0.000
SM MAX04	1596	5935	4135	896	158	21.54	0.000
SM POVP04	1647	6182	3870	862	158	31.25	0.000

5.6.3.6.1. Bukev (*Fagus sylvatica*)

Klic bukve je bilo v vseh popisih zanemarljivo malo. Osebkov do 21 cm je bilo pri vseh popisih največ v D tipu, nato sledi C tip, prav tako osebkov od 21 do 50 cm. Statistično značilne razlike med tipi ploskvic so bile za osebkve do 21 cm v letu 2001 ($H(3, N = 137) = 8,32$; $p = 0.0398$) ter osebkve nad 21 cm v 2003 ($H(3, N = 109) = 9,03$; $p = 0,0290$).

5.6.3.6.2. Jelka (*Abies alba*)

Klice jelke so bile v letu 2001 najpogostejše na ploskvicah tipa D, v letu 2003 pa so bile prisotne le na dveh ploskvicah. V 2004 jih je bilo največ v D in najmanj v B tipu. Osebkov do 21 cm je bilo pri popisu 2001 največ v D, sledil je B tip. Statistično značilne razlike med tipi so pri tveganju ($H(3, N = 137) = 6,874$; $p = 0,0760$). V 2003 je bilo število osebkov do 21 cm po tipih izenačeno, v 2004 pa jih je bilo največ v C in najmanj v D tipu. Statistično značilnih razlik med tipi ploskvic v letih 2003 in 2004 ni bilo. Osebkov nad 21 cm pri popisu v letu

2001 nismo našli, v letih 2003 in 2004 pa jih je bilo največ na ploskvicah v B in najmanj v D tipu.

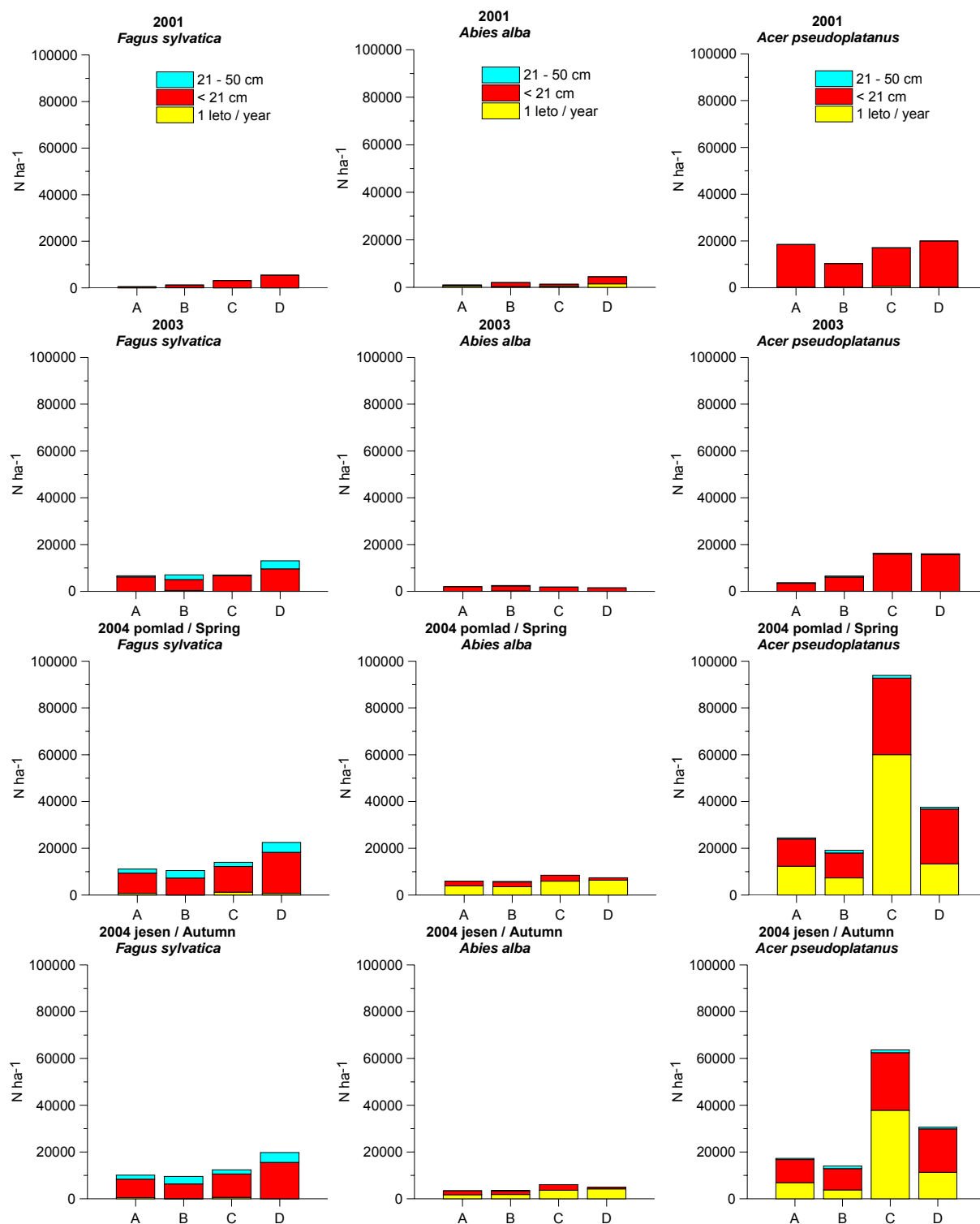
5.6.3.6.3. Gorski javor
 (*Acer pseudoplatanus*)

Klic gorskega javorja je bilo pri popisu v letu 2001 največ v ploskvicah tipa C, ostali tipi so bili izenačeni. V 2003 so se klice pojavile le v tipu B, v 2004 jih je bilo najmanj v B in največ v C tipu, kjer smo spomladi našli kar 60.000 osebkov ha⁻¹ v C. Do jesenskega popisa 2004 je število klic upadlo za skoraj 40 %. Razlike med tipi so bile spomladi 2004 (H (3, N = 158) = 16,34; p = 0,001) in jeseni 2004 (H (3, N = 158) = 26,11; p = 0,000) statistično značilne.

Osebkov do 21 cm je bilo v 2001 največ v D, sledil je tip A. V 2003 jih je bilo največ v D in podobno v C tipu, najmanj v A. Razlike med tipi so statistično značilne (H (3, N = 109) = 21,31; p = 0,0001). V 2004 je bilo največ osebkov do 21 cm v C tipu, sledil je D, najmanj jih je bilo v tipu B. Razlike so značilne (H (3, N = 158) = 20,16; p = 0,0002).

Osebki od 21 do 50 cm so bili pri popisu 2001 le na ploskvicah tipa C. V 2003 jih je bilo največ v B tipu, najmanj pa v izenačenih A in D. 2004 je bilo največ osebkov v tipu B in C, sledil je tip D. Statistično značilnih razlik med tipi ni bilo pri nobenem popisu.

Na Sliki 57 je prikazana gostota klic, gostota osebkov do 21 cm ter gostota osebkov od 21 do 50 cm višine glede na razvrstitev ploskvic v štiri tipe na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV).



Slika 57: Gostota klic, osebkov do 21 cm ter osebkov od 21 do 50 cm višine glede na razvrstitev ploskvic v štiri tipe na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV).

Figure 57: Density of 1 year – old seedlings, seedlings up to 21 cm and seedlings from 21 to 50 cm height according to four types of pots at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) and Small gap (SMV).

5.6.3.6.4. Smrtnost klic Seedling mortality

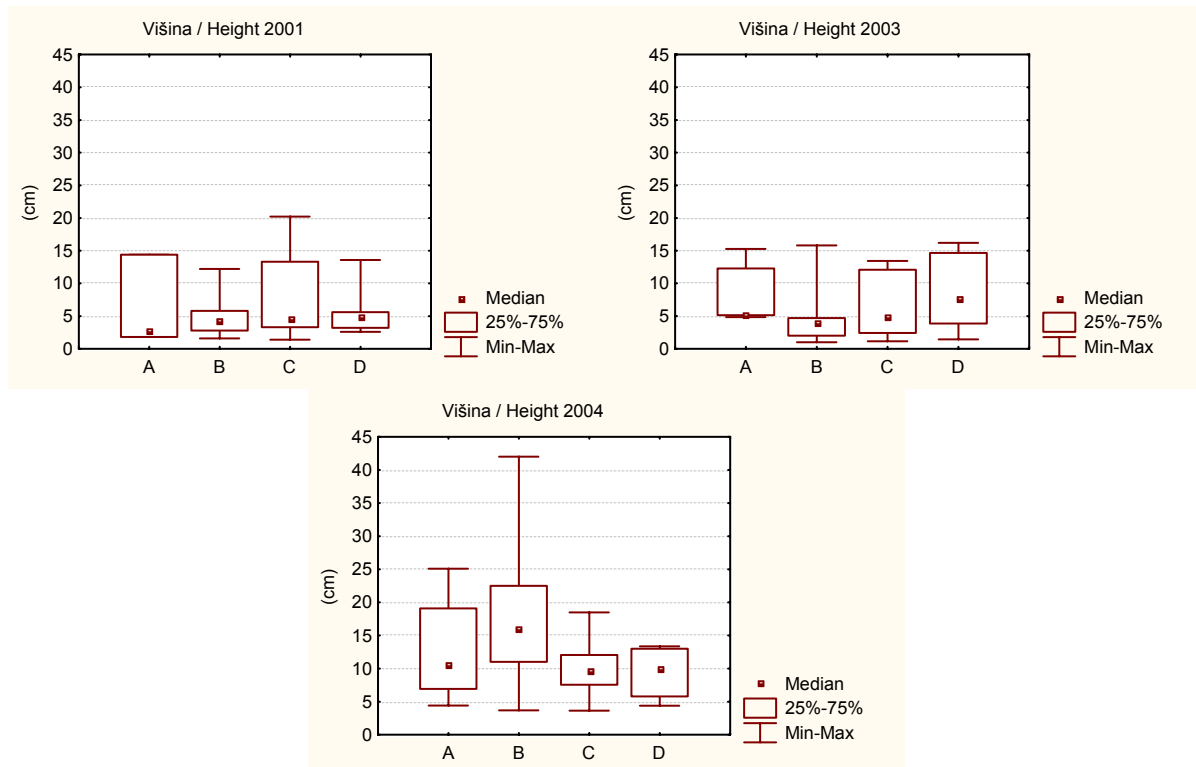
Razliko v številu klic spomladi in jeseni 2004 (smrtnost klic) smo izrazili kot delež v številu spomladanskih klic. Za nobeno od obravnavanih drevesnih vrst razlike v smrtnosti med tipi ploskvic niso bile statistično značilne. Pri bukvi je bila smrtnost v letu 2004 zaradi izredno majhnega števila klic zanemarljiva. Pri jelki je bila največja smrtnost na ploskvicah tipa D, kjer je bila tudi sicer gostota klic največja. Pri gorskem javorju je bila največja smrtnost klic na ploskvicah C tipa, kjer je bila njihova gostota prav tako največja.

5.6.3.6.5. Povprečna višina, višinski prirastek ter premer nad koreničnikom Average height, height increment and shoot diameter

Pri petih dominantnih osebkih bukve do 21 cm višine na ploskvici smo ugotavljali povprečno višino, višinski prirastek terminalnega poganjka v zadnjem letu ter premer tik nad koreničnikom. Na Sliki 58 so prikazane mediane, kvartilni razmiki, maksimumi in minimumi (Košmelj, 2001) za višino, na Sliki 59 za višinski prirastek terminalnega poganjka v zadnjem letu ter na Sliki 60 za premer tik nad koreničnikom petih dominantnih osebkov bukve do 21 cm višine na ploskvici za posamezni popis v letih 2001, 2003 in 2004.

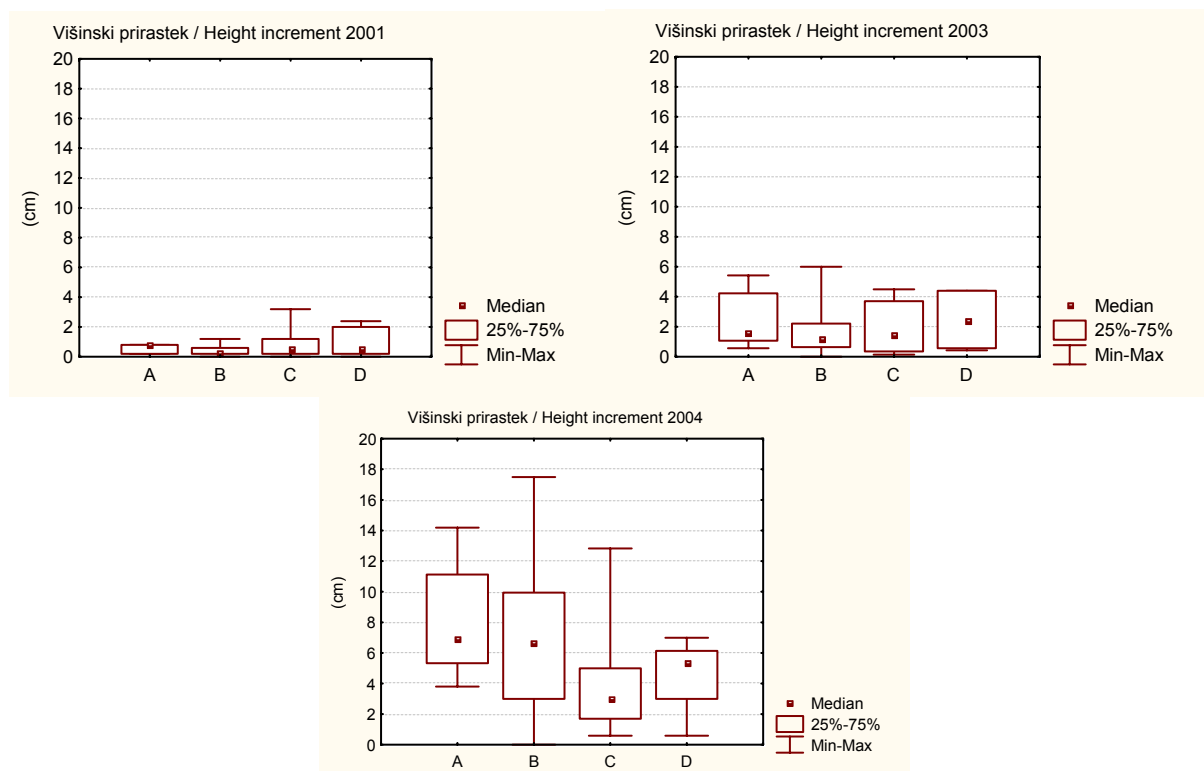
Višine osebkov v letu 2001 med tipi ploskvic niso bile statistično značilno različne. V letu 2003 so bili najvišji osebki na ploskvicah tipa A in D, najnižji v B, razlike so bile značilne pri $p = 0,087$ ($H(3, N = 52) = 6,58$). V letu 2004 so bili najvišji osebki v tipu B, sledil je A, najnižji pa so bili na ploskvicah v D tipu. Razlike so bile statistično značilne ($H(3, N = 91) = 19,85$; $p = 0,0002$).

Višinski prirastki osebkov so bili v letu 2001 na ploskvicah tipov C in D za malenkost višji kot v A in B. V 2003 je bil višinski prirastek najvišji v D tipu, v 2004 je bil najvišji v tipu A, sledil je tip B. Razlike med tipi ploskvic za višinske prirastke so bile v 2004 statistično značilne ($H(3, N = 90) = 17,75$; $p = 0,0005$).



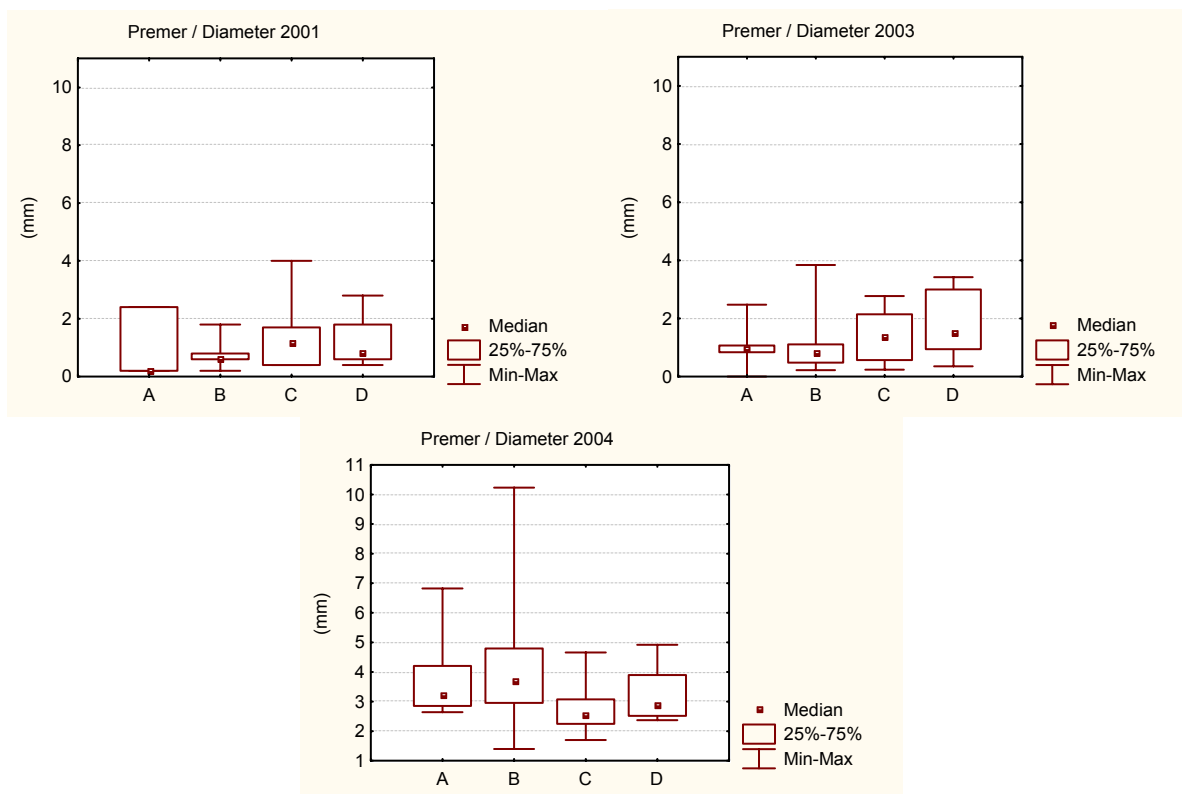
Slika 58: Okvir z ročaji za povprečno višino dominantnih osebkov bukve do 21 cm višine glede na razvrstitev ploskvic v štiri tipe na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV).

Figure 58: Box-Whisker plots for average height of beech seedlings up to 21 cm high according to four types of pots at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) and Small gap (SMV).



Slika 59: Povprečen višinski prirastek terminalnega poganjka dominantnih osebkov bukve do 21 cm višine glede na razvrstitev ploskvic v štiri tipe na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV).

Figure 59: Average height increment of terminal shoot of beech seedlings up to 21 cm high according to four types of pots at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) and Small gap (SMV).



Slika 60: Okvir z ročaji za povprečen premer na koreničniku dominantnih osebkov bukve do 21 cm višine glede na razvrstitev ploskvic v štiri tipe na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV).

Figure 60: Box-Whisker plots for average diameter of beech seedlings up to 21 cm high according to four types of pots at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) and Small gap (SMV).

5.6.3.7 Odvisnost gostote mladja od ekoloških razmer –multipla regresija

Seedling density in relation to ecological factors – multiple regression

Ugotavljali smo odvisnost med 21. spremenljivkami, s katerimi smo opisali ekološke dejavnike (Preglednica 11), ter gostoto klic, osebkov do 21 cm višine ter od 21 do 50 cm višine. Dodatno smo ugotavljali tudi odvisnost med povprečno višino, višinskim prirastkom terminalnega poganjka, premerom na koreničniku petih osebkov bukve do 210 cm višine na ploskvi in smrtnostjo klic bukve, jelke in gorskega javorja v letu 2004 ter vsemi naštetimi spremenljivkami. Prikazali smo le statistično značilne (pri $p < 0,05$) regresijske enačbe, pri katerih je R^2 večji od 0,20 (Preglednica 47).

Gostota osebkov bukve (*Fagus sylvatica*) do 21 cm višine je bila pri popisu leta 2001 negativno odvisna od difuznega sevanja (ISF), pomemben vpliv pa so imele tudi vlažnostne razmere (SM_MAX03 in SM_POVP04) ter lastnosti tal (O, SKEL, B+E).

Gostota osebkov jelke (*Abies alba*) do 21 višine je bila negativno odvisna od debeline mineralnega dela tal (M) ter pozitivno odvisna od debeline B+E ter A horizontov v popisih leta 2003 in 2004.

Na gostoto klic in starejših osebkov gorskega javorja (*Acer pseudoplatanus*) so najbolj vplivale nizke vrednosti difuznega sevanja (ISF). Gostota klic je bila večja na mestih z manjšim naklonom (INCL) ter večjim deležem površine, pokrite z vejami (VEJE). Gostota osebkov do 21 cm višine je bila manjša na mestih z večjo površinsko skalovitostjo (ROCK).

Ker pri nobeni od enačb multiple regresije R^2 ni bil večji od 0,50, ti rezultati le nakazujejo morebitne povezave med gostoto osebkov in ekološkimi spremenljivkami.

Preglednica 47: Multiple regresijske enačbe za odvisnost gostote osebkov posameznih drevesnih vrst ($N\ ha^{-1}$) od ekoloških dejavnikov na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV). Statistično značilni koeficienti so označeni s krepko pisavo ($p < 0,05$), $p < 0,01$ so označeni s poševno pisavo. Okrajšave spremenljivk, ki smo jih uporabili v analizi, so razvidne iz Preglednice 11.

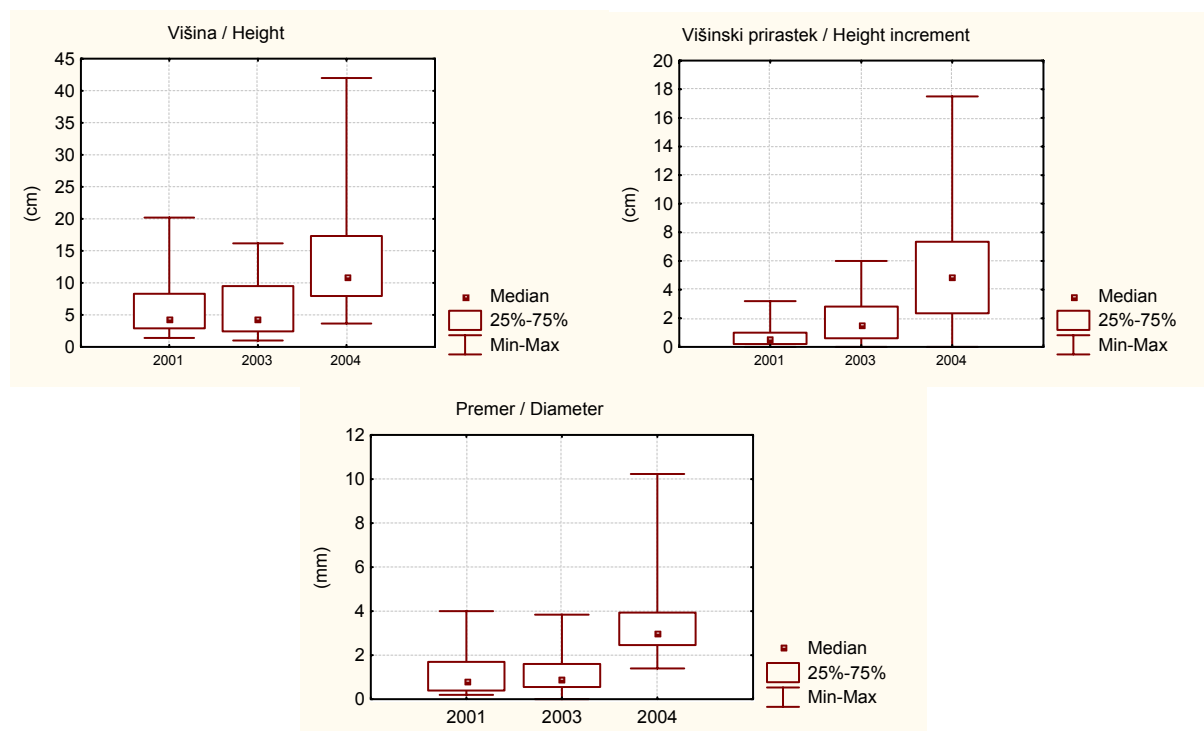
Table 47: Multiple regression equations for testing relation between density of seedlings of selected tree species ($N\ ha^{-1}$) and ecological factors at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) and Small gap (SMV). Statistically significant coefficients are in bold ($p < 0,05$), $p < 0,01$ are in *italics*. Abbreviations of variables, used in the analysis, are shown in Table 11.

			N	R ²	p
<i>Fagus sylvatica</i>	< 21 cm	$b_{2001} = 0.52 - 0.50 * ISF + 0.79 * SM_MAX03 - 0.08 * O - 0.54 * SM_POVP04 - 0.44 * SKEL - 0.01 * B+E$	132	0.21	0.000
<i>Abies alba</i>	< 21 cm	$j_{2003} = -0.08 - 0.01 * M + 0.04 * TLA + 0.02 * B+E + 0.02 * A$	114	0.23	0.000
		$j_{2004} = -0.07 - 0.01 * M + 0.03 * TLA + 0.01 * B+E + 0.01 * A$	158	0.21	0.000
<i>Acer pseudoplatanus</i>	1 leto / year	$gj_{2004p} = 1.19 - 1.22 * ISF - 0.36 * INCL + 0.53 * VEJE$	158	0.21	0.000
		$gj_{2004j} = 1.16 - 1.21 * ISF - 0.42 * INCL + 0.40 * VEJE$	158	0.27	0.000
	< 21 cm	$gj_{2003} = 1.56 - 2.03 * ISF - 0.30 * INCL + 0.63 * DSF - 0.63 * ROCK - 0.14 * O$	111	0.41	0.000
		$gj_{2004p} = 0.86 - 1.43 * ISF - 0.55 * ROCK + 0.52 * SM_MAX04$	158	0.23	0.000
2004p	.... popis spomladi 2004 / inventory in spring 2004				
2004j	.... popis jeseni 2004 / inventory in autumn 2004				

Pri multipli regresiji za odvisnost smrtnosti klic v obdobju od pomladi do jeseni 2004 od ekoloških dejavnikov R^2 niso bili večji od 0,20, zato rezultatov nismo prikazali.

5.6.3.7.1. Povprečna višina, višinski prirastek ter premer nad koreničnikom Average height, height increment and shoot diameter

Slika 61 prikazuje mediane, kvartile razmike, maksimume in minimume (Košmelj, 2001) za povprečno višino, višinski prirastek terminalnega poganjka ter premer na koreničniku petih dominantnih osebkov bukve na ploskvici. V letu 2001 se še niso odzvali na spremembe v vrzeli. V letu 2003 so rahlo narasli le višinski prirastki, medtem ko se višine in premeri niso bistveno povečali.



Slika 61: Okvir z ročaji za povprečno višino, višinski prirastek terminalnega poganjka ter premer na koreničniku petih dominantnih osebkov bukve do 21 cm na ploskvici v letih 2001, 2003 in 2004

Figure 61: Box-Whisker plots for average height, height increment of terminal shoot and diameter of 5 dominant beech seedlings up to 21 cm at plot in years 2001, 2003 and 2004

V Preglednici 48 so prikazane le statistično značilne ($p < 0,05$) regresijske enačbe, pri katerih je bil R^2 večji od 0,20.

V letu 2001 je bila povprečna višina petih dominantnih osebkov bukve do 21 cm višine na ploskvici statistično značilno negativno odvisna od skeletnosti (SKEL), debeline mineralnega dela tal (M) ter pozitivno odvisna od talne enote (TLA) in površinske skalovitosti (ROCK). Vse spremenljivke opisujejo talne razmere, na podlagi katerih lahko sklepamo, da so bile višine večje na razvitih in nerazvitih rendzinah kot na rjavih pokarbonatnih tleh. V letu 2004 je bila višina osebkov v pozitivni odvisnosti z difuznim sevanjem (ISF).

Višinski prirastek je bil v letu 2001 statistično značilno negativno odvisen od difuznega sevanja (ISF), debeline O horizontov (O) ter naklona (INCL).

Premer na korenčniku je bil v letu 2003 v negativni odvisnosti z difuznim sevanjem (ISF) ter skeletnostjo (SKEL), v 2004 pa v pozitivni odvisnosti z difuznim sevanjem (ISF) in negativni odvisnosti z naklonom (INCL).

R^2 je bil večji od 0,50 le pri višini osebkov v letu 2001 ($R^2 = 0,95$), zato sklepamo, da ostali rezultati le nakazujejo morebitne povezave med višinami osebkov, višinskimi prirastki in premerom na korenčniku ter ekološkimi spremenljivkami.

Preglednica 48: Multiple regresijske enačbe za odvisnost višine (h), višinskega prirastka terminalnega poganjka (hpri) ter premera na korenčniku (d) petih dominantnih osebkov bukve do 21 cm na ploskvi od ekoloških dejavnikov na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV). Statistično značilni koeficienti so označeni s krepko pisavo ($p < 0,05$), $p < 0,01$ so označeni s poševno pisavo. Okrajšave spremenljivk, ki smo jih uporabili v analizi, so razvidne iz Preglednice 11.

Table 48: Multiple regression equations for testing relation between height (h), height increment of terminal shoot (hpri) and diameter (d) of 5 dominant beech seedlings up to 21 cm at plot and ecological factors at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) and Small gap (SMV). Statistically significant coefficients are in bold ($p < 0,05$), for $p < 0,01$ are in *italics*. Abbreviations of variables, used in the analysis, are shown in Table 11.

		N	df	R^2	p
Višina / Height	$h_{2001} = -70.58 - 0.69 * SKEL - 1.50 * M + 0.97 * TIP + 0.52 * ROCK$	13	4	0.95	0.000
	$h_{2004} = 3.14 + 0.35 * ISF$	77	1	0.31	0.000
Višinski prirastek / Height increment	$hpri_{2001} = 3.17 - 0.04 * ISF - 0.28 * O - 0.02 * INCL$	39	3	0.27	0.011
Premer / Diameter	$d_{2003} = 3.03 - 0.03 * ISF - 0.04 * SKEL$	40	2	0.23	0.008
	$d_{2004} = 2.65 + 0.05 * ISF - 0.02 * INCL$	77	2	0.25	0.000

5.6.3.8 Odvisnost gostote mladja od ekoloških razmer – faktorška analiza

Seedlings density in relation to different ecological factors – Factor analysis

Prostorsko razporeditev ploskvic glede na ekološke dejavnike smo ugotavljali s faktorško analizo. Prvih 5 faktorjev je pojasnilo 72,1 % skupne spremenljivosti ekoloških dejavnikov na ploskvicah v Veliki (SVV) in Mali vrzeli (SMV) (Preglednica 49). Z dobljenimi faktorji smo primerjali gostoto klic, osebkov do 21 cm višine ter od 21 do 50 cm višine izbranih drevesnih vrst (bukev, jelka, gorski javor). Dodatno smo ugotavljali tudi odvisnost med faktorji in višino, višinskim prirastkom terminalnega poganjka, premerom na korenčniku osebkov

bukve do 21 cm višine na ploskvici ter smrtnostjo klic bukve, jelke in gorskega javorja v letu 2004.

Preglednica 49: Deleži skupne variabilnosti, pojasnjeni z izločenimi faktorji

Table 49: Factor statistics after five factors have been extracted

Faktor / Factor	Lastna vrednost / Eigenvalue	Delež variabilnosti (%) / % of Variability	Kum. delež variabilnosti (%) / Cumul.% of Variability
1	5.80	27.6	27.6
2	3.61	17.2	44.8
3	2.97	14.1	58.9
4	1.67	8.0	66.9
5	1.09	5.2	72.1

Faktorske uteži posameznih faktorjev po spremenljivkah so predstavljene v Preglednici 50. Vsaka spremenljivka je predstavljena z linearno kombinacijo petih novih sintentičnih spremenljivk (izločenih faktorjev).

Preglednica 50: Faktorske uteži petih glavnih faktorjev glede na izhodiščne spremenljivke. Vrednosti večje od $\pm 0,50$ so označene s krepko pisavo. Okrajšave spremenljivk, ki smo jih uporabili v analizi, so razvidne iz Preglednice 11.

Table 50: The matrix of factor loadings using PCA analysis. Factor loadings greater than $\pm 0,50$ are in **bold**. Abbreviations of variables, used in the analysis, are shown in Table 11.

Faktor / Factor	1	2	3	4	5
ROCK	-0.0931	-0.3526	0.0638	-0.6453	0.2176
EXP	-0.0130	-0.1005	0.3666	-0.7202	-0.2492
INCL	-0.0418	-0.0551	0.1362	-0.8535	-0.0543
DSF	0.0637	0.0298	0.9221	-0.1274	0.0537
ISF	0.4643	0.0123	0.7554	-0.0699	0.1741
TSF	0.1056	0.0283	0.9319	-0.1285	0.0665
SKEL	-0.0347	-0.7467	-0.0904	-0.4130	0.1081
TLA	0.0817	-0.7659	0.1878	0.1300	0.0401
O	-0.1200	-0.2977	-0.5054	0.3412	-0.2758
A	0.0584	-0.8709	0.0108	0.0360	0.0407
B+E	0.0473	0.9104	0.1633	0.1368	-0.0042
M	0.1246	0.5432	0.3154	0.2865	0.0535
ZAST	0.3088	0.1485	0.6108	0.0771	0.2128
SM_MIN03	0.8392	0.0377	0.2046	-0.0524	0.0971
SM_MAX03	0.7599	0.0356	-0.0090	0.0602	0.1241
SM_POVP03	0.9331	0.0064	0.1834	0.0286	0.0982
SM_MIN04	0.8573	-0.0035	0.1186	0.0496	0.0078
SM_MAX04	0.6800	-0.0061	-0.0069	0.0357	-0.0275
SM_POVP04	0.9406	-0.0395	0.1056	0.0341	0.0079
VEJE	-0.1402	0.1078	-0.2216	-0.0546	-0.8022
CWD	-0.0841	0.0397	-0.1075	-0.0418	-0.8388

Iz Preglednice 50 je razvidno, da so razlike v faktorskih utežeh med ekološkimi dejavniki. Za meritve vsebnosti vlage v tleh so faktorske uteži za Faktor 1 največje. Za Faktor 2 so največje uteži pri spremenljivkah, ki opisujejo lastnosti tal. Negativni predznak nekaterih faktorskih uteži nakazuje, da se te spremenljivke spreminjajo v nasprotni smeri (Košmelj, 1983). Z Faktorjem 2 narašča debelina B + E horizontov ter debelina mineralnega dela tal, upada debelina A horizonta in skeletnost tal, upada vrednost talne enote: sklepamo, da prevladujejo rjava pokarbonatna tla. S Faktorjem 3 naraščajo vrednosti TSF, DSF, ISF ter zastiranje pritalne vegetacije, upada pa globina O horizonta. Za Faktor 3 imajo najvišje uteži spremenljivke, ki opisujejo razmere na sredini vrzeli. Za Faktor 4 imajo največje uteži, ki so vse negativne, spremenljivke, ki opisujejo mikrorelief: naklon, ekspozicija, površinska skalovitost. Za Faktor 5 imata najvišje in hkrati negativne uteži delež površine, pokrite z vejami ter delež površine, pokrit z odmrlim lesom.

S Spearmanovo korelacijo rangov (Spearmanovi R) ter multiplo regresijo smo proučili odvisnost med faktorskimi vrednostmi za vseh pet izločenih faktorjev na posamezni ploskvici ter gostoto klic, osebkov do 21 cm višine ter od 21 do 50 cm višine izbranih drevesnih vrst (bukev, jelka, gorski javor). Ugotavljali smo tudi odvisnost med faktorskimi vrednostmi ter smrtnostjo klic bukke, jelke in gorskega javorja v letu 2004 in povprečno višino, višinskim prirastkom terminalnega poganjka, premerom na korenčniku petih dominantnih osebkov bukke do 21 cm višine na ploskvici. Upoštevali smo le statistično značilne odvisnosti (pri $p < 0,05$) pri obeh analizah ter multiple regresijske enačbe, pri katerih je bil R^2 večji od 0,20. Rezultati Spearmanove korelacije rangov so podani v Prilogah T1 in T2.

Spearmanovi R so bili višji od 0,40 ter R^2 pri multipli regresijski enačbi večji od 0,20 le za odvisnost osebkov gorskega javorja višine do 21 cm spomladi 2003 od faktorskih vrednosti (Priloga T1, Preglednica 51). Pri ostalih drevesnih vrstah gostota osebkov po ploskvicah glede na Spearmanove R in multiplo regresijo ni bila v tako močni odvisnosti z izločenimi faktorji.

Gostota osebkov gorskega javorja višine do 21 cm je bila pri popisu spomladi 2003 najštevilčnejša na ploskvicah z manjšo vsebnostjo vlage v tleh (negativna odvisnost s Faktorjem 1), večjo skalovitostjo in večjimi nakloni (pozitivna odvisnost s Faktorjem 4) ter na ploskvicah, ki niso v sredini vrzeli (negativna odvisnosti s Faktorjem 3).

Pri multipli regresiji za odvisnost smrtnosti klic v obdobju od pomladi do jeseni 2004 od ekoloških dejavnikov R^2 niso bili večji od 0,20, zato rezultatov nismo prikazali.

6 RAZPRAVA DISCUSSION

Problemi z naravnim pomlajevanjem so vsaj tako stari kot gozdarska stroka sama (Diaci, 1997). Z razvojem mehanizacije po drugi svetovni vojni je v številnih evropskih državah delež naravnega pomlajevanja upadel, vendar je v zadnjem času predvsem zaradi varstva okolja in pritiska javnosti zanimanje za naravne tehnike obnove gozdnih sestojev naraslo. V želji po čim večjem zaslužku pogosto pride do pospeševanja izbranih in zaželenih drevesnih vrst, namesto da bi v strategijo gospodarjenja z gozdovi vgradili procese pomlajevanja, kot ti potekajo v naravi (Mlinšek, 1992). Raziskave v pragozdnih rezervatih so bistvenega pomena za razumevanje procesov naravnega pomlajevanja (Bončina in Diaci, 1998; Standovar in Kenderes, 2003), prav tako tudi proučevanje značilnosti sestojnih vrzeli naravnega ali antropogenega nastanka (Runkle, 1989; Whitmore, 1989; Canham in sod., 1990; Denslow in Spies, 1990; Bončina, 1997; Diaci, 1997; Roženberger, 2000; Yamamoto, 2000; Diaci in Roženberger, 2001; Diaci, 2002a; Roženberger in Diaci, 2003a, 2003b; Diaci in sod., 2005).

Mikrorastiščne razmere pomembno vplivajo na procese naravnega pomlajevanja (Diaci, 2002b; Diaci in sod., 2005). Poznavanje primernih velikosti vrzeli ter ugodnejših mest za naravno pomlajevanje različnih drevesnih vrst znotraj vrzeli (Diaci, 1997; Diaci in sod., 2005) lahko pomembno prispeva k uspešnim gozdnogojitvenim posegom. Tehnike obnove, pri katerih pride do oblikovanja vrzeli s premerom nad povprečno višino dreves, v območju raziskave v preteklosti niso bile uporabljene (Roženberger in Diaci, 2003a), saj nastanek tako velike vrzeli drastično spremeni mikroklimatske razmere sestoja (Liechty in sod., 1992; Chen in sod., 1999; Collet in sod., 2002; Agestam in sod., 2003). Namen naše raziskave je bil ugotoviti razlike med sestojem ter novonastalimi vrzeli različnih velikosti v osnovnih mikroklimatskih razmerah, vodni bilanci in procesu naravnega pomlajevanja v vrzelih, da bi ugotovili, ali so take tehnike obnove primerne za obravnavani gozdni ekosistem.

Omejitev raziskave na le dve vegetacijski obdobji ne omogoča vpogleda v splošne vremenske razmere. V letu 2003 je prišlo v Sloveniji do ene najhujših poletnih suš v zadnjih pedesetih letih (Robič, 2003; Sušnik in 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 le 509 mm padavin, kar predstavlja 63 % 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 znaša kar 109 % povprečne količine padavin za vegetacijsko obdobje v letih od 1961 do 1990. Izbor let 2003 in 2004 nam je omogočil prikaz osnovnih mikroklimatskih razmer, vodne bilance in razvoja pomladka 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.

6.1 MIKROKLIMATSKE RAZMERE MICROCLIMATE

Najvišje dnevne temperature zraka so bile izmerjene na Robu velike vrzeli (SVVR) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, sledijo Mala vrzel (SMV) ter Velika vrzel (SVV). V Sestoju (SS) na raziskovalni ploskvi Snežna jama ter Sestoju (RS) in Vrzeli (RV) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog so bile maksimalne dnevne temperature zraka nižje in na vseh treh objektih podobne. Najnižje dnevne temperature zraka so bile v Sestoju (RS) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog. V Vrzeli (RV) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog ter v Veliki vrzeli (SVV), Mali vrzeli (SMV) in v Sestoju (SS) na raziskovalni ploskvi Snežna jama so bile minimalne vrednosti podobne, višje minimalne temperature pa so bile izmerjene na Robu velike vrzeli (SVVR) na raziskovalni ploskvi Snežna jama. To potrjujejo tudi druge raziskave (Krečmer, 1966)

Povprečna dnevna relativna vlaga na raziskovalni ploskvi Snežna jama je bila na vseh podobnih dokaj izenačena. Minimalne vrednosti so bile najnižje v Sestoju (SS), sledila je Mala vrzel (SMV), nato Rob velike vrzeli (SVVR) in Velika vrzel (SVV). Na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog je bila dnevna relativna zračna vlaga višja od tiste na raziskovalni ploskvi Snežna jama, pri čemer je bila v Sestoju (RS) višja kot v Vrzeli (RV).

Prisotnost oziroma odsotnost gozdnega drevja bolj vpliva na temperaturo tal kot na temperaturo zraka (Morecroft in sod., 1998; Chen in sod., 1999). Temperature tal v Sestoju (SS) na raziskovalni ploskvi Snežna jama so bile v povprečju nižje od temperatur tal v Veliki vrzeli (SVV), kar ustreza ugotovitvam drugih avtorjev (Krečmer, 1967a; Liechty in sod., 1992; Morecroft in sod., 1998; Bhatti in sod., 2000). Ekstremne razmere v sredini Velike vrzeli (SVV) so vplivale na večjo izenačenost temperatur na različnih globinah v primerjavi s Sestojem (SS), kjer so krošnje dreves ščitile tla pred premočnim segrevanjem (Krečmer, 1967a). Organska plast gozdnih tal nad mineralnim delom tal deluje kot toplotna izolacija (Bhatti in sod., 2000), saj imajo suha gozdna tla majhno prostorninsko toplotno kapaciteto ter zelo nizko toplotno prevodnost. Temperatura tal lahko pomembno vpliva na hitrost rasti drevja, kar je večjega pomena na rastiščih na višjih nadmorskih višinah ter s krajšo vegetacijsko dobo (Zabowski in sod., 2000).

Urne hitrosti vetra so bile najnižje v Sestoju (SS) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, kjer je bila prisotna večja razpršenost prevladujočih smeri vetrov, verjetno zaradi vpliva dreves na vrtinčenje zraka (Golob, 1990; Morecroft in sod., 1998; Barry, 2001). V Vrzeli (RV) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog so bile hitrosti vetra podobne, a višje kot v Sestoju (SS) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, najvišje pa so bile v Veliki vrzeli (SVV). Raziskave v subalpskem svetu Švice so pokazale, da lahko griči in doline velikosti 5 – 12 m spremenijo

hitrost vetra za $\pm 60\%$, če je smer pravladujočih vetrov pravokotna na griče (Barry, 2001). Še pomembnejši je vpliv vertikalnih vrtincev v zavetrju za ovirami, kakršna je lahko gozdni sestoj. Posledica vpliva dreves in grmičevja na režim vetra je značilno in ponavljajoče se kopičenje snega v zavetrnih legah. Brezveterja v času meritev Nad krošnjami dreves (SJ) ni bilo, v Sestoji (SS) na raziskovalni ploskvi Snežna jama je v letu 2003 znašal 49,2 %, v letu 2004 pa 74,3 % ur.

Gozd z zmanjševanjem temperaturnih ekstremov in z zadrževanjem vetra v pritalni plasti blaži mikroklimo (Golob, 1990; Morecroft in sod., 1998). Na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog so bile dnevne temperature zraka nižje kot na raziskovalni ploskvi Snežna jama, relativna zračna vlaga pa je bila višja. Na podobjektu Sestoj (RS) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog so bili temperaturni razponi manjši, relativna zračna vlaga pa je bila višja kot v Vrzeli (RV). Na raziskovalni ploskvi Snežna jama so bile temperature najbolj ekstremne na Robu velike vrzeli (SVVR), predvsem so bile tu dosežene najvišje urne temperature. Odločilna pri tem je bila lokacija merile postaje na severnem robu vrzeli z južno ekspozicijo. Severna stran vrzeli je v vegetacijskem obdobju najtoplejša (Krečmer, 1966), južna ekspozicija pa še dodatno prispeva k višjim maksimalnim temperaturam (Lookingbill in Urban, 2003; Holst in sod., 2005). Pričakovali smo, da bodo zaradi velikosti vrzeli mikroklimatske razmere na sredini Velike vrzeli (SVV) ekstremnejše od razmer na sredini Male vrzeli (SMV), kakor navajajo viri (Krečmer, 1966). Vendar na podlagi naših rezultatov ugotavljamo, da ima na mikroklimatske razmere poleg zgradbe sestoja (Chen in sod., 1999) velik vpliv tudi mikrorelief. Naklon terena, ekspozicija, lega glede na konkavno obliko terena ter oblikovanosti roba vrzeli (de Chantal in sod., 2003) so dejavniki, ki v tako razgibanem terenu pomembno vplivajo na mikroklimatske razmere. V Mali vrzeli (SMV) so bile posledično višje temperature zraka ter podobne vrednosti relativne zračne vlage kot v Veliki (SVV).

Na podlagi analize meritev v vegetacijskem obdobju 2004 sklepamo, da so povprečne dnevne temperature zraka na raziskovalni ploskvi Snežna jama podobjekt Nad krošnjami (SJ) bolj podobne tistim na klimatološki postaji Kočevje kot na EMEP postaji Iskrba, saj je razpon temperaturnih razlik med Kočevjem in Nad krošnjami (SJ) manjši od tistega med Iskrbo in Nad krošnjami (SJ). Tudi za dnevno relativno zračno vlago smo ugotovili manjša odstopanja med meritvami Nad krošnjami (SJ) in v Kočevju kot v Iskrbi. Dnevne količine padavin na podobjektu Nad krošnjami (SJ) so bile bolj korelirane s padavinami na EMEP postaji Iskrba kot s padavinami na klimatološki postaji Kočevje. Na zračne tokove ali vrednosti meteoroloških spremenljivk, kot so padavine, vplivajo topografija mikroreliefa višine 50 m ali manj (Barry, 2001), pri čemer je količina padavin v hribovitem predelu večja kot v dolini v primeru stratiformnih oblakov. V primeru majhnih gričev višine približno 10 m Barry (2001) navaja, da so razlike v količini padavin bolj pogojene z vplivom vetra na količino padavin, ki padejo v dežemere, kot z orografskimi dejavniki. Količina padavin narašča z nadmorsko višino, kar je posledica kombiniranega učinka večje intenzivnosti ter daljšega trajanja

padavin. Razlika v nadmorskih višinah med raziskovalno ploskvijo Snežna jama (890 m) in Kočevjem (461 m) ter EMEP postajo Iskrba (520 m) ni velika (59 m), zato sklepamo, da je za razlike v količinah padavin pomembnejši vpliv orografskih dejavnikov.

6.2 PADAVINE IN ODTOK PO DEBLU PRECIPITATION AND STEMFLOW

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). Številni viri navajajo, da lahko v sestojni odprtini pade več dežja kot na prostem, kljub močno izraženem vplivu sestojnega roba (Krečmer, 1967b; Smolej, 1977). Povečana količina prepuščenih padavin je posledica vrtnčenja zraka v odprtini, pri čemer večja količina padavin v odprtini pade na privetrni strani (Krečmer, 1967b). Pojavi se tudi vprašanje zadostnega števila dežemerov, ki je bilo na obravnavanih podobjektih od 9 do 11. ICP Forest Manual priporoča uporabo vsaj 10 do 15 vzorčevalnikov za prepuščene padavine na sestoj, saj je še pri tem številu v homogenem sestoju težko doseči natančnost 10 % in manj za letno količino padavin (Draaijers in sod., 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 sestoj (SS, RS), se količine sestojnih padavin v sestojih (SS, RS) izenačijo s količinami 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 in je znašal 83 % (Brechtel in 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 Ontariju 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 in 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). ICP Forest Manual priporoča uporabo vsaj 5-10 vzorčevalnikov za določanje odtoka vode po deblu, saj je še pri tem številu v homogenem sestoju težko doseči natančnost 10 % in manj (Draaijers in sod., 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 sklada 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 in Pavlov, 1977) v letih 2003 in 2004. Razlog za večjo intercepcijo krošenj na podobjektu Sestoj (RS) je drugačna zgradba sestoja (Tobón Marin in sod., 2000), saj dosega 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 in Pavlov, 1977) in rezultatom za intercepcijo mešanega gozda listavcev v južnem Ontariju v vegetacijskem obdobju 1995 (18,8 %) (Price in Carlyle-Moses, 2003). Podobna je bila intercepcija sestoja hrastov na Danskem v vegetacijskem obdobju v letu 1981 (16,4 %) (Rasmussen in Rasmussen, 1984), intercepcija mešanega sestoja bukve in smreke v vegetacijskem obdobju 1991 (15,5 %) (Schume in sod., 2003a) 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 Aubure gozdu 23,4 %. Intercepcijo bukovega gozda je v model napajana in praznjenja kraškega vodonosnika v zaledju izvirov Vipave vključila Petričeva (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 %. Šrajeva (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.

6.3 VSEBNOST VLAGE V TLEH SOIL MOISTURE CONTENT

Volumska vsebnost vlage v tleh na globini od 0 do 40 cm je bila zaradi večje količine padavin v povprečju višja v vegetacijskem obdobju 2004 kot v 2003. V vrzelih (SVV, SMV, RV) je presegla v laboratoriju določene vrednosti za poljsko kapaciteto tal za vodo, o čemer poročata tudi Katzensteiner (2000) in Ritterjeva (Ritter, 2004). Vsebnost vlage v tleh v vrzelih (SVV, SMV in RV) je bila višje od vsebnosti vlage v tleh v Mladju (SPC) in sestojih (SS, RS) preko celega vegetacijskega obdobja v letih 2003 in 2004, kar ustreza rezultatom drugih raziskav (Liechty in sod., 1992; Bhatti in sod., 2000; Redding in sod., 2002; Rajkai in Gacsi, 2004; Ritter, 2004). Razlog je večja transpiracija in intercepcija gozdnega drevja v sestoju v primerjavi s pritalno vegetacijo v vrzelih (Schume in sod., 2003b). Ritterjeva (2005) ugotavlja, da lahko vsebnost vlage v tleh v vrzelih upade že drug leto po tvorbi vrzeli zaradi širjenja korenin robnih dreves v vrzel ter povečane intercepcije robnih dreves in bujne pritalne vegetacije. Povprečne volumske vsebnosti vlage v sestoju (SS in RS) so bile v obdobju, ko so bila drevesa olistana (junij – oktober) značilno višje od vrednosti izven vegetacijskega obdobja, medtem ko teh razlik za vrzeli nismo mogli potrditi. To je skladno z ugotovitvami Ritterjeve (2004).

Povprečne volumske vsebnosti vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm so bile v Veliki vrzeli (SVV) in Mali vrzeli (SMV) na raziskovalni ploskvi Snežna jama v vegetacijskem obdobju 2003 nižje od tistih v vegetacijskem obdobju 2004. V mesecu avgustu so bile merjene vrednosti v večjem delu obeh vrzeli nižje od v laboratoriju ugotovljenih točk venenja. V vegetacijskem obdobju 2003 je lepo vidno upadanje vsebnosti vlage v tleh od razmeroma namočenih tal spomladi (4.6.03) do izsušenih tal poleti (11.8.03) ter ponovnega namočenja tal jeseni (10.10.03), kar sta ugotovila tudi Houle in sod. (Houle in sod., 2002) ter Ritterjeva (2004). Na splošno so bile vsebnosti vlage v tleh najvišje v sredini ter na jugovzhodnem robu vrzeli, v sušnem obdobju pa so bile vsebnosti vlage v tleh najvišje na jugovzhodnem delu vrzeli, kar potrjujejo ugotovitve Krečmerja (1968). To je posledica večje količine prejetih padavin ter manjše transpiracije in intercepcije rastlin, ki uspevajo v vrzeli, v primerjavi s sestojem (Schume in sod., 2003b; Rajkai in Gacsi, 2004; Ritter, 2004). Minimalne vsebnosti vlage v tleh so bile izmerjene v obdajajočem sestoju ter na gozdnem robu, kjer je srkanje korenin robnih dreves največje (Krečmer, 1968). Najbolj sušni del tekom meritvenega obdobja je bil severni in zahodni rob vrzeli. Razlog za tako razporeditev vsebnosti vlage v tleh pa je poleg razporeditve padavin tudi ekspoziacija ter z njo povezano trajanje sončnega obsevanja (Krečmer, 1968). Poleg naštetih dejavnikov je potrebno omeniti značilnosti mikroreliefa, saj je južni do jugovzhodni del vrzeli konkavne oblike, Redding s sodelavci (2002) pa ugotavlja, da je vsebnost vlage v tleh večja v depresijah ali jarkih kot na izboklinah. Iz Priloge U je razvidno, da so ravno v delu vrzeli z višjimi vsebnostmi vlage v tleh prisotna najgloblja tla. Rezultati multiple regresije kažejo na pomemben vpliv prostorske porazdelitve

difuznega sevanja, direktnega sevanja in pritalne vegetacije na vsebnost vlage v tleh v obravnavani vrzeli. Tudi v Mali vrzeli (SMV) so vidne razlike v vsebnosti vlage v tleh med sestojem in sredino vrzeli, vendar tu ni prišlo do tako velikih razlik v sušnem obdobju (11.8.03). Eden od razlogov je ta, da svetlobne razmere v Mali vrzeli (SMV) niso tako raznolike kot v Veliki vrzeli (SVV). V Mali vrzeli (SMV) je vpliv obdajajočega sestoja večji, saj korenine obdajajočih dreves segajo globoko v vrzel, delež prestreženih padavin pa je v primerjavi z robnimi drevesi v Veliki vrzeli (SVV) večji, o čemer poroča tudi Ritterjeva (2004). Na neporaščenih tleh variabilnost vsebnosti vlage v tleh v največji meri pojasnjujejo fizikalne lastnosti tal (Schume in sod., 2003b) in relief (Svetlitchnyi in sod., 2003), v gozdnem sestoju pa je pomembnejši dejavnik evapotranspiracija rastlin (Schume in sod., 2003b; Jost in sod., 2005a). V vegetacijskem obdobju 2004 so bile izmerjene vsebnosti vlage v tleh dokaj enakomerne v obeh vrzelih (SVV, SMV). Minimalne vrednosti so bile tudi v tem vegetacijskem obdobju izmerjene v obdajajočem sestoju ter na gozdnem robu, vendar so se od maksimalnih vsebnosti vlage v tleh razlikovale za največ 16 %, v vegetacijskem obdobju 2003 pa so bile razlike tudi 35 %.

Primerjava metod prostorske interpolacije meritev vlage v tleh, kriginga (Isaaks in Srivastava, 1989; Kastelec, 2001) ter interpolacije s pomočjo »potence tehtane sredine razdalj« (INDP) (Surfer 8. User's Guide., 2002) je pokazala, da je v razmeroma namočenem vegetacijskem obdobju v letu 2004 INDP primernejša metoda. Empirični semivariogrami so namreč v tem padavinsko izredno bogatem vegetacijskem obdobju pokazali razmeroma slabo prostorsko povezanost meritev, kar potrjujejo tudi druge raziskave (Schume in sod., 2003b; Rajkai in Gacsi, 2004; Jost in sod., ; Jost in sod., 2005b). Jost s sodelavci (2005a) je ugotovil slabo prostorsko povezanost meritev v mešanem sestoju bukve in smreke tudi pri vsebnostih vlage v tleh blizu točke venenja, vendar so bile fizikalne lastnosti tal dokaj enotne. Na splošno je v Mali vrzeli (SMV) v vegetacijskem obdobju 2003 varianca meritev dosegla zgornji nivo pri 10. m razdalje med meritvami, v Veliki vrzeli (SVV) pri 25. m, pri večjih razdaljah pa pari meritev med seboj niso bili več v korelaciji. Jost s sodelavci (2005a; 2005b) je v mešanem sestoju smreke in bukve ugotovil, da je jasna prostorska korelacija vsebnosti vlage v tleh opazna v premeru od 4. do 20. m, odvisno glede na vsebnosti vlage v tleh ter predhodno sušenje oziroma močenje tal.

Pri vseh modelih variogramov je bila prisotna izrazita anizotropija, ki nakazuje smer večje zveznosti med meritvami (Isaaks in Srivastava, 1989). Količnik anizotropije znaša med 1,36 in 2, kar sodi v rang »zmerne« anizotropije (Surfer 8. User's Guide., 2002). Možen vzrok je geološka podlaga in razporeditev talnih tipov v prostoru. Nezadovoljivi rezultati kriginga so deloma posledica vzorca lečastih območij z višjimi vsebnostmi vlage v tleh, ki je še posebej izrazit v Veliki vrzeli (SVV). Tudi v Mali vrzeli (SMV) je tak vzorec opazen, a manj izrazito. Z zgostitvijo mreže na 1 x 1 m nismo pridobili boljše ocene variabilnosti na majhnih razdaljah, saj je, kot kaže, v izredno namočenih tleh variabilnost v mikro merilu (pod 1 m) bolj povezana z drugimi dejavniki. Strmi gradienti med posameznimi meritvami ter rezultati

modelov variogramov nakazujejo, da so na vsebnost vlage v tleh na neki točki bolj kot vlažnostne razmere okoliških tal vplivali drugi dejavniki, kot so svetlobne razmere, vegetacija, globina tal (Priloga U). Območje z globino tal do 1 m v Veliki vrzeli (SVV) sovpada z območjem pojavljanja največje vsebnosti vlage v tleh pri vseh meritvah, še posebej pa v sušnem obdobju (avgust 2003). Do istega zaključka pridemo v Mali vrzeli (SMV), kjer so točke z največjo globino tal hkrati tudi mesta z najvišjo vsebnostjo vlage v tleh v avgustu 2003. Hkrati so to mesta na dnu konkavno oblikovanega terena. Variogram je primeren za vrednosti, kjer ni proporcionalnih efektov ali v katerih lokacije vzorčenja niso preferenčno nakopičene (Isaaks in Srivastava, 1989). Zaradi izredno heterogenih talni razmer bi bilo v nadaljnjih raziskavah smiselno v model variograma vpeljati dodatne spremenljivke, kot so svetlobne razmere, debelina O horizontov, naklon, zastiranje pritalne vegetacije, položaj glede na rob vrzeli, itd.

6.4 PRIMERJAVA IZBRANIH MODELOV ZA VODNO BILANCO GOZDA COMPARISON OF SELECTED WATER BALANCE MODELS

6.4.1 Kloridna metoda Chloride balance

Kloridna metoda je primerna za izračun vodne bilance za daljša časovna obdobja, pet do deset let (De Vries in sod., 2001), saj deleži odtoka za posamezne podobjekte tekom let zelo nihajo. Zato smo izračunali povprečne deleže odtoka v količini padavin na prostem za vsa štiri vegetacijska obdobja (2001 – 2004). Največji delež odtoka je bil v povprečju na podobjektu Velika vrzel (SVV), sledi Mala vrzel (SMV) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, ter Vrzel (RV) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog. Najmanjši delež odtoka smo s Kloridno metodo ugotovili v Sestoju (RS) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog ter Sestoju (SS) na raziskovalni ploskvi Snežna jama.

Z modelom BROOK90 lahko preverimo predpostavko Kloridne metode, da so vnosi in iznosi Cl^- ionov v tleh v ravnovesju in so količine Cl^- ionov v prepuščenih padavinah in v odtoku enake. Ker ne poznamo volumna tal, v katerem so bile z lizimetri vzorčene količine talne raztopine (Starr, 1999; Anonymous, 2002c), smo uporabili kot izhodne količine odtoka z modelom BROOK90 izračunane vrednosti za vegetacijsko obdobje 2003 in 2004. Iz Preglednice 53 je razvidno, da so bili vnosi Cl^- ionov ($\text{mg l}^{-1} \text{Cl}^-$ v mm prepuščenih padavin) v vseh letih višji od Cl^- iznosov ($\text{mg l}^{-1} \text{Cl}^-$ v talni raztopini, pomnoženi z izračunanim odtokom ($\text{mm} = \text{l m}^{-2}$) s pomočjo modela BROOK90). Najbolj izenačene so bile količine Cl^- ionov v odtoku in prepuščenih padavinah na podobjektu Vrzel (RV) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog v letu 2003, vendar pa so v letu 2004 presegle količine, izmerjene v prepuščenih padavinah kar za 41 %. Na ostalih podobjektih so se deleži Cl^- ionov v odtoku gibali od 53 % (Sestoj, SS) do 71 % (Mala vrzel, SMV) glede na količine Cl^- ionov v prepuščenih padavinah. Sklepamo, da v lizimetrih izmerjena talna raztopina predstavlja le

manjši del v tla prispele vode, posledica česar so nizke izmerjene koncentracije Cl^- ionov v talni raztopini.

Kloridna metoda zahteva meritve in vzorčenje padavin in talne raztopine z lizimetri, pri čemer pride do porušanja tal (Starr, 2004b). Možnost kontaminacije vzorcev je velika. V primeru programov spremljanja stanja gozdov in drugih projektov, pri katerih je dolgoletno vzorčenje in analiziranje padavin in talne raztopine z lizimetri sestavni del raziskave (Starr, 1999; De Vries in sod., 2001), je uporaba metode za dolgoletne ocene vodne bilance primerna. Potrebna pa je previdnost v primeru razgibanega terena, večjih naklonov ter nehomogenih tal s skalami in talnimi žepi, ki onemogočajo enakomerno pronicanje vode skozi plasti tal ter enakomerno črpanje talne raztopine z lizimetri.

Preglednica 53: Količine Cl^- ionov ($mg\ m^{-2}$) v prepuščenih padavinah (P) ter odtoku (DF) (izračunan z modelom BROOK90) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) in Vrzel (RV) v obdobju maj - oktober 2003 in maj - oktober 2004.

Table 53: Amounts of Cl^- ions ($mg\ m^{-2}$) in throughfall (P) and drainage flux (DF) (calculated with BROOK90) at research site Snežna jama, plot Stand (SS), Large gap (SVV), Small gap (SMV) and at research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS) and Gap (RV) in period May - October 2003 and May - October 2004.

	SS			SVV			SMV			RS			RV		
	P	DF	%	P	DF	%	P	DF	%	P	DF	%	P	DF	%
2003	435	262	60	284	91	32	323	284	88	607	373	61	442	415	94
2004	669	318	48	557	426	76	484	289	60	388	261	67	562	794	141
Povprečje / Mean	552	290	53	420	258	61	403	287	71	498	317	64	502	605	120

6.4.2 Model WATBAL Model WATBAL

V postopku kalibracije modela WATBAL smo primerjali po Penman - Monteithu izračunane vrednosti za potencialno (referenčno) evapotranspiracijo (za vremensko postajo Kočevje, vir: arhiv ARSO) ter simulirane vrednosti. Ker je potencialna evapotranspiracija računana za referenčno rastlino (deteljo), so bila odstopanja pričakovana. Gozdno drevje v idealnih razmerah bolj transpirira kot referenčna rastlina (Larcher, 1995). Na podlagi indeksa D je bilo ujemanje izračunanih in simuliranih vrednosti za vsebnost vlage v tleh (SM) najboljše na podobjektu Velika vrzel (SVV), na raziskovalni ploskvi Snežna jama ter na podobjektu Sestoj (RS) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog. Sledila je Velika vrzel (SVV), nato Mladje (SPC) ter Mala vrzel (SMV) na raziskovalni ploskvi Snežna jama. Najnižja vrednost indeksa D za PET in SM je bila na podobjektu Vrzel (RV) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog.

Razlog za največja odstopanja med merjenimi in simuliranimi SM na tem podobjektu je razgibana vertikalna in horizontalna razčlenjenost vegetacije v vrzeli (podrta drevesa, še stoječa drevesa, mladje, pritalna vegetacija, gole površine), ki jo je najteže opisati oziroma parametrizirati v modelu.

Analiza občutljivosti modela je pokazala, da so najvplivnejši parametri »Vsebnost vlage v tleh pri FC«, Koeficient rastle (K_c) ter »Matric Loss - Delež zaradi matričnega potenciala prerazporejene vode v tleh«. Zmanjšanje enega od njih je povzročilo od 27,0 do 30,7 % povečanje simulirane količine odtoka za vegetacijsko obdobje. Medtem ko je »Vsebnost vlage v tleh pri FC« parameter, pridobljen neposredno iz meritev, pa sta K_c ter »Matric Loss« kalibrirana parametra, katerih vrednosti določimo v postopku kalibracije in verifikacije modela in je z njima povezana stopnja nezanesljivosti velika. Smiselno bi bilo preoblikovati model tako, da bi bil vpliv teh dveh parametrov na končni rezultat manjši.

6.4.3 Model BROOK90 **Model BROOK90**

Kalibracija modela BROOK90 za podobjekt Sestoj (SS) na raziskovalni ploskvi Snežna jama ter podobjekt Sestoj (RS) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog s primerjavo merjenih mesečnih sestojnih padavin (vsota prepuščenih padavin in odtoka po deblu) in simuliranih mesečnih sestojnih padavin (TF) je dala dobre rezultate. Vrednosti koeficienta korelacije ter indeksa ujemanja so bile visoke, pri čemer je bilo ujemanje med merjenimi in simuliranimi mesečnimi vrednostmi za prepuščene padavine (TF) boljše za podobjekt Sestoj (RS) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog kot za podobjekt Sestoj (SS) na raziskovalni ploskvi Snežna jama. V postopku verifikacije modela smo za vsak podobjekt posebej ugotovili zelo dobro ujemanje med merjenimi in simuliranimi vsebnostmi vlage v tleh (SM). Najboljše ujemanje je bilo za podobjekt Sestoj (RS) na ploskvi Rajhenavski Rog, najslabše pa za Veliko vrzel (SVV) na raziskovalni ploskvi Snežna jama.

Modeli, ki simulirajo tok vode v tleh na podlagi hidravlične prevodnosti tal, Darcyjeve in Richardsove enačbe, potrebujejo vremenske spremenljivke ter parametre za opis talnih lastnosti, ki so redko na voljo (Van der Salm in sod., 2004). Problem pri določanju vhodnih parametrov predstavlja tudi velika variabilnost tal na majhnih razdaljah (Katzensteiner, 2000), velika vsebnost skeleta v tleh ter gibanje vode v tleh skozi makropore. Model BROOK90 ne omogoča modeliranja vodne bilance za mešane sestojne ali večslojne sestojne, vendar je smiselnost povečevanja že zdaj tako kompleksnega modela vprašljiva (Perrin in sod., 2001). Hammel in Kennel (2001) omenjata kot možno rešitev simulacijo vodne bilance ločeno za posamezne tipe ali plasti vegetacije ter združitvev tako pridobljenih vrednosti.

Analiza občutljivosti modela BROOK90 je pokazala, da so najvplivnejši parametri »QFFC - Delež hitrega odtoka pri poljski kapaciteti«, »DENSEF - Količnik za gostoto krošenj«,

»MAXLAI - Indeks listne površine«. 10 % povečanje oziroma zmanjšanje katerega od teh parametrov je povzročilo največ 3 % povečanje oziroma zmanjšanje končne simulirane vrednosti odtoka za vegetacijsko obdobje. Spreminjanje ostalih parametrov je povzročilo spremembe količin odtoka, manjše od 1 %.

6.4.4 Primerjava Kloridne metode ter modelov WATBAL in BROOK90 Comparison of Chloride balance, WATBAL and BROOK90 model

Različni viri nezanesljivosti pri vhodnih parametrih (napaka v meritvah, viri pridobljeni iz literature, simulacija razmer za prihodnost) lahko pomembno vplivajo na nezanesljivost rezultatov modela (Saltelli, 2005). V primerjavi z modelom WATBAL, kjer je sprememba vrednosti najvplivnejšega parametra za 10 % vplivala na 30 % spremembo simulirane vrednosti odtoka za vegetacijsko obdobje, je pri modelu BROOK90 sprememba vrednosti najvplivnejšega parametra za 10 % povzročila le 3 % spremembo končnega rezultata. Model BROOK90 se je izkazal kot primernejši model za simuliranje vodne bilance gozdnih sestojev v primeru, ko je nezanesljivost pri vhodnih parametrih velika.

Rezultati modela WATBAL za količine odtoka (DF) v vegetacijskem obdobju so se slabše ujemale z rezultati modela BROOK90 kot rezultati Kloridne metode. Ujemanje rezultatov med vsemi tremi modeli je bilo boljše za vegetacijsko obdobje 2003 kot za vegetacijsko obdobje 2004. Pri višjih vsebnostih vlage v tleh v vegetacijskem obdobju 2004 je bilo ujemanje merjenih in simuliranih vrednosti pri modelih BROOK90 in WATBAL slabše. Pri Kloridni metodi so se za razliko od prejšnjih let v vegetacijskem obdobju 2004 na več objektih pojavile odstopajoče količine odtokov (SS, RS, SMV).

Primerjava simuliranih odtokov (DF) z modeloma WATBAL in BROOK90 je pokazala, da so količine odtokov, simulirane z modeloma, slabo primerljive. Mesečne količine DF z modelom BROOK90 smo pridobili s seštevanjem simuliranih dnevni količin DF ter jih primerjali z vsoto simuliranih mesečnih količin DF in »Matric loss - Delež zaradi matričnega potenciala prerazporejene vode v tleh« z modelom WATBAL. Količine DF, simulirane z modelom WATBAL, so predstavljale v povprečju 60 % količin DF, simuliranih z modelom BROOK90. Daljši časovni korak pri modelu WATBAL vpliva na manjšo občutljivost simuliranih elementov vodne bilance. Pri modelih z dnevnim korakom se vsi elementi vodne bilance (intercepcija, evapotranspiracija, infiltracija vode v tla, ...) odzivajo na intenzivnost dnevnih padavin, medtem ko se pri modelih z mesečnim korakom vodna bilanca izračuna glede na mesečno količino padavin. Mesečna količina padavin je lahko enakomerno razporejena tekom meseca ali pa pade naenkrat, kar model z dnevnim korakom upošteva, model z mesečnim korakom pa razlik ne more simulirati. Razlog za razhajanje rezultatov obeh modelov je tudi ta, da modela računata gibanje vode v tleh ter odtok v podtalje po drugačnih principih. BROOK90 upošteva vertikalno gibanje infiltrirane vode preko posameznih plasti tal, neposreden odtok do tal prispelih padavin v globlje plasti tal skozi vertikalne makropore,

odtok infiltrirane vode skozi vertikalne makropore, površinski odtok do tal prispelih padavin preko z vodo nasičenega površja tal, lateralni odtok infiltrirane vode pod površjem, vertikalni matrični odtok infiltrirane vode v podtalnico (Federer, 1995a). Model WATBAL upošteva le odtok v podtalje (DF), »Matric Loss - Delež zaradi matričnega potenciala prerazporejene vode v tleh« ter površinski ali makroporni odtok vode v primeru prekomernega taljenja snega (v naši simulaciji do tega primera ni prišlo). Do odtoka (DF) pri modelu WATBAL pride, ko je vsebnost vlage v tleh višja od poljske kapacitete tal za vodo (FC) ter je na razpolago več vode, kot se je porabi v procesu evapotranspiracije. Neposreden odtok do tal prispelih padavin v globlje plasti tal preko vertikalnih makropor v modelu BROOK90 omogoča prehod znatne količine vode neposredno v globlje plasti tal, od koder odteče preden pride do transpiracije (Federer in sod., 2003). Tovrsten odtok predstavlja na kraški matični podlagi, na kakršni se raziskovalni objekti nahajajo, pomemben delež v skupnem odtoku v podtalje (Katzensteiner, 2000; Petrič, 2002). V simulaciji z modelom BROOK90 smo določili tri plasti tal (od 0 – 10 cm globine, od 10 – 30 cm ter od 30 – 40 cm globine) ter za vsako plast tal posebej vnesli parametre za vodno-zračne lastnosti. WATBAL obravnava tla kot eno homogeno plast, pri čemer se vhodni parametri za tla nanašajo na povprečne vrednosti za vodno-zračne lastnosti tal na globini od 0 – 40 cm. Število plasti tal, ki jih model upošteva pri simulaciji, je pomembno merilo kompleksnosti modela (Federer in sod., 2003). Modeli, ki vključujejo več plasti tal, bolje simulirajo vertikalni tok vode v tleh, vertikalno porazdelitev transpiracije ter izhlapevanje iz tal.

Model BROOK90 je simuliral odtok (DF) v vseh mesecih v vegetacijskem obdobju 2003 in 2004, model WATBAL pa na posameznih objektih ni simuliral odtoka v juliju oziroma avgustu 2003. Količine DF za vegetacijsko obdobje, simulirane z modelom WATBAL, so predstavljale v povprečju 60 % DF, simuliranega z modelom BROOK90. Količine DF, simulirane z modelom BROOK90 za vegetacijski obdobji v letih 2003 in 2004, se bolje ujemajo z izračunanim DF s pomočjo Thornthwaitowe metode, kot rezultati modela WATBAL.

Vrednosti dejanske evapotranspiracije (AET), simulirane z modeloma WATBAL in BROOK90, so se dokaj dobro ujemale. V vegetacijskem obdobju 2003 je bilo ujemanje med simuliranimi vrednostmi AET boljše kot v vegetacijskem obdobju 2004. Razlike so bile manjše v obeh sestojih (SS, RS) in Mladju (SPC), v vrzelih (SVV, SMV, RV) pa so bile razlike med simuliranimi vrednostmi AET večje. BROOK90 AET računa po metodi Schuttleworth in Wallace (Schuttleworth in Wallace, 1985), pri kateri se ločeno izračunava potencialna evapotranspiracija krošenj ter izhlapevanje iz tal s Penman-Monteithovo enačbo (Federer, 1995a). Dejanska evapotranspiracija krošenj ter dejansko izhlapevanje iz tal se izračuna iz zmnožka potencialnih vrednosti ter faktorjev, ki določajo upornost rastlinskih tkiv na transport vode, sposobnosti rastlin za črpanje vode ter vsebnosti vode v posameznih plasteh tal. Pri modelu WATBAL izračun potencialne (referenčne) evapotranspiracije temelji na modificirani Jensen-Haisevi metodi (Thompson, 1999). Z uporabo koeficienta rastline (K_c)

se PET pretvori v dejansko evapotranspiracijo sestoja (AET). Razlog za večje razlike med simuliranimi AET v vrzelih kot v sestojih je poleg drugačne metode za izračun dejanske evapotranspiracije tudi težaven izbor parametrov, s katerimi smo lahko opisali razmere v vrzelih. Federer s sodelavci (2003) je v analizi občutljivosti AET na talne lastnosti in koreninjenje pri dveh modelih ugotovil, da so značilnosti vegetacije veliko bolj vplivale na AET kot lastnosti tal (tekstura, poljska kapaciteta tal za vodo, točka venenja). Potencialni evapotranspiraciji (PET), izračunani s Thornthwaitowo metodo za obravnavano lokacijo, so bile bolj podobne vrednosti AET, simulirane z modelom BROOK90, kot rezultati modela WATBAL.

Značilnosti raziskovalnih ploskev, kot so izredna razgibanost reliefa, kraška matična podlaga, heterogenost talnih razmer, velika površinska skalovitost in skeletnost tal, z organsko snovjo bogata tla, heterogena horizontalna in vertikalna zgradba sestoja, so dejavniki, ki zelo otežijo proces modeliranja. Model WATBAL je z vidika dostopnosti vhodnih spremenljivk zelo primeren za modeliranje vodne bilance gozdnih sestojev (Anonymous, 2002c; Starr, 2004b). Osnovne vremenske spremenljivke, kot so temperatura zraka, padavine, oblačnost, so splošno dostopne v mesečnih biltenih urada za meteorologijo. Potrebni parametri za vodno-zračne lastnosti tal se lahko pridobijo iz neposrednih meritev na terenu, laboratorijskih meritev (pF krivulja), ali pa s pomočjo pedotransfernih funkcij. Mesečni izračun elementov vodne bilance pomeni manjšo občutljivost simuliranih elementov vodne bilance v primerjavi z dnevnim korakom. Manjše število vhodnih podatkov za tla in vegetacijo pomeni manjšo fleksibilnost modela glede opisa talnih razmer in zgradbe sestojev. Model BROOK90 omogoča spreminjanje številnih parametrov, s katerimi opišemo tip vegetacij, horizontalno in vertikalno zgradbo sestoja ter lastnosti tal po posameznih plasteh. Mogoč je tudi prikaz sprememb, ki jih z gozdnogojitvenimi ukrepi ustvarimo v sestojih. Dnevni časovni korak omogoča večjo občutljivost elementov vodne bilance (intercepcija, evapotranspiracija, infiltracija vode v tla) na vremenske razmere. Vendar pa model zahteva dnevne vrednosti vremenskih spremenljivk, večje število podatkov za vodno-zračne lastnosti tal ter večje število podatkov o vegetaciji, ki se jih le redko lahko izmeri in jih je potrebno pridobiti iz literature.

6.5 VODNA BILANCA WATER BALANCE

Na podlagi rezultatov kalibracije, verifikacije in analize občutljivosti modelov smo ugotovili, da je model BROOK90 najboljše simuliral vodno bilanco na izbranih raziskovalnih ploskvah, zato smo za končni prikaz rezultatov vodne bilance uporabili model BROOK90.

6.5.1 Dnevne vrednosti vodne bilance **Daily values of water balance**

Porazdelitev padavin tekom vegetacijskega obdobja pomembno vpliva na dinamiko vseh elementov vodne bilance (Hammel in Kennel, 2001). V vegetacijskem obdobju 2004 je padlo kar za tretjino več padavin kot v vegetacijskem obdobju 2003, pri čemer se je delež padavinskih dni v obeh vegetacijskih obdobjih razlikoval le za 5 %. Povprečna dnevna dejanska evapotranspiracija (AET) je bila v vegetacijskem obdobju 2004 višja kot v vegetacijskem obdobju 2003 na podobjektih Sestoj (SS), Sestoj (RS) ter Mladje (SMV). V Vrzeli (RV) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog so bile vrednosti AET izenačene, v Veliki in Mali vrzeli (SVV, SMV) na raziskovalni ploskvi Snežna jama pa je bila AET v vegetacijskem obdobju 2004 nižja. Dnevna AET je bila najnižja na podobjektu Vrzel (RV), najvišja pa na podobjektu Sestoj (RS) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog. Sestoj (SS) na raziskovalni ploskvi Snežna jama je imel podobne, a nižje vrednosti AET kot Sestoj (RS) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog. Sledi Mladje (SPC) na raziskovalni ploskvi Snežna jama. Na Veliki (SVV) in Mali vrzeli (SMV) na raziskovalni ploskvi Snežna jama so bile podobne dnevne vrednosti AET. Razlike v AET med sestojem in vrzeljo potrjuje Zierl (2001), ki ugotavlja, da je evapotranspiracija gozdov v Srednji Evropi večja od evapotranspiracije travnikov, pri čemer se v gozdu hitreje izprazni zaloga rastlinam razpoložljive vode v tleh, ki pa je hkrati tudi manjša zaradi večje intercepcije gozdnega drevja v primerjavi s travniškim rastlinjem. Podobjekti Sestoj (RS) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog ter Sestoj (SS) in Mladje (SPC) na raziskovalni ploskvi Snežna jama so imeli usklajen ritem naraščanja in padanja minimalne in maksimalne AET, medtem AET na podobjektih Velika (SVV) in Mala vrzel (SMV) na raziskovalni ploskvi Snežna jama tej časovni dinamiki ni povsem sledila. Do razlik je prihajalo predvsem pri daljših obdobjih brez padavin v juliju in avgustu 2003, ko je v sestojih AET upadla, v vrzelih pa zmanjšanje AET ni bilo tako izrazito. V padavinsko bolj obilnem vegetacijskem obdobju 2004 razlike v dinamiki AET med sestoji in vrzelmi niso bile tako velike.

Dnevne količine odtoka (DF) so sledile količini padavin nad krošnjami (P) na vseh podobjektih, kar potrjujejo tudi raziskave Hammla in Kennela (2001). Dnevne količine DF so bile v obeh vegetacijskih obdobjih 2003 in 2004 najnižje na podobjektu Sestoj (RS) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog. Na podobjektu Sestoj (SS) na raziskovalni ploskvi Snežna jama so bile malenkost višje. Sledil je podobjekt Mladje (SPC) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, nato pa dokaj izenačeni Velika vrzel (SVV) ter Mala vrzel (SMV). Najvišje količine DF so bile v Vrzeli (RV) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog.

6.5.2 Vodna bilanca za vegetacijsko obdobje **Water balance for growing season**

Prepuščene padavine (TF) so bile v obeh sestojih (SS, RS) v vegetacijskem obdobju 2004 višje kot v 2003. Dejanska evapotranspiracija (AET) je bila na vseh podobjektih v vegetacijskem obdobju 2004 nižja kot v vegetacijskem obdobju 2003. Zaradi ugodnejših vremenskih razmer vegetacijskem obdobju 2004 (večja količina ter enakomernejša porazdelitev padavin tekom vegetacijskega obdobja) je bilo izhlapevanje iz površine tal manjše (Wilson in sod., 2000), transpiracija rastlin pa je bila v padavinsko bogatejšem obdobju večja (Ladekarl Lyngs, 1998; Katzensteiner, 2000). V Sestoji (SS) na raziskovalni ploskvi Snežna jama so bili deleži AET v skupni količini padavin na prostem v vegetacijskem obdobju 2003 52 %, v vegetacijskem obdobju 2004 42 %, v Sestoji (RS) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog pa v vegetacijskem obdobju 2003 53 %, v vegetacijskem obdobju 2004 pa 49 %. Rezultati so nekoliko višji od ugotovitev Katzensteinerja (2000), ki je za bukov sestoj v Avstrijskih Kalkalpen ugotovil deleže AET 24 % in 38 % v količini padavin za vegetacijsko obdobje v letu 1996 in 1997. Granier s sodelavci (2000) navaja deleže AET za sestoje bukve v gozdu Hesse v vegetacijskem obdobju 1996 in 1997 73 % ter 75 %. Ladekarl Lyngs (1998) je za sestoj hrasta na Danskem v vegetacijskem obdobju 1992 do 1994 ugotovila deleže AET med 68 % in 80 % v količini padavin na prostem. V vrzelih (SVV, SMV, RV) so bile količine AET v vegetacijskem obdobju 2003 45 %, 46 % in 26 %, v vegetacijskem obdobju 2004 pa 30 %, 25 % ter 19 %.

Odtok v podtalje (DF) je bil na vseh podobjektih večji v vegetacijskem obdobju 2004 kot v 2003. V vrzelih (SVV, SMV, RV) so bile količine DF v vegetacijskem obdobju 2003 izenačene (54 %, 54 %, 53 %), v Mladju (SPC) je znašal DF 49 %, v sestojih (SS in RS) pa 47 % in 46 % v skupni količini padavin. V vegetacijskem obdobju 2004 je bil DF največji v Vrzelih (RV) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog (81 %), sledita Velika in Mala vrzel (SVV, SMV) z 70 % in 74 %, Mladje (SPC) z 64 %, v Sestoji (SS) na raziskovalni ploskvi Snežna jama je DF znašal 58 % ter v Sestoji (RS) 51 % v skupni količini padavin. Rezultati za sestoje so nižji od ugotovitev Katzensteinerja (2000), ki je za bukov sestoj v Avstrijskih Kalkalpen ugotovil deleže DF 75 % in 65 % v količini padavin na prostem za vegetacijsko obdobje v letih 1996 in 1997. V mladju je Katzensteiner (2000) ocenil delež DF 85 % in 75 % v količini padavin na prostem, v vrzelih pa 90 % in 81 %, vendar moramo opozoriti, da so se rastiščne razmere, vrstna sestava rastlin in pokrovnost v obravnavanih vrzelih precej razlikovale od vrzeli, obravnavanih v naši raziskavi.

Dejanska evapotranspiracija (AET) je bila v Mladju (SPC) manjša kot v obravnavanih sestojih (SS, RS) ter večja kot v vrzelih (SVV, SMV) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, pri čemer so bile razlike v AET v vegetacijskem obdobju 2003 med Mladjem (SPC) in vrzelmi (SVV, SMV) majhne (približno 1 %), v vegetacijskem obdobju 2004 pa večje (od 6

% do 11 %). V Vrzeli (RV) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog so bile količine AET v vegetacijskem obdobju 2003 manjše kot v ostalih vrzelih (SVV, SMV) za 19 % do 20 %, v vegetacijskem obdobju 2004 pa za 6 % do 11 %.

V vrzelih (SVV, SMV, RV) in Mladju (SPC) so bile količine odtoka (DF) večje kot v sestojih (SS, RS), o čemer poročata tudi Zirlwagen in Von Wilpert (2001). Redčenja v gozdnih sestojih povzročijo večji odtok v podtalje (Huff in sod., 2000; Cognard-Plancq in sod., 2001; Post in Jones, 2001; Brown in sod., 2005; Sun in sod., 2005), saj zmanjšana površina gozda pomeni manjšo transpiracijo in manjšo intercepcijo (Zirlwagen in von Wilpert, 2001).

Model BROOK90 omogoča prikaz razmerja med dejansko transpiracijo (TRAN) in potencialno transpiracijo (PTRAN) kot ekofiziološki indeks za sušne razmere (TI) (Hammel in Kennel, 2001; Zierl, 2001; Wellpott in sod., 2005). V vegetacijskem obdobju 2003 so bile dnevne vrednosti TI najnižje v Sestoji (RS) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog ter Sestoji (SS) in Mladju (SPC) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, kjer so znašale 0,8. Do stresa zaradi suše je prišlo v juniju 2003 ter se je še bolj intenzivno pojavljal vse do konca avgusta 2003. V vegetacijskem obdobju 2004 so bile vrednosti TI v obeh sestojih (RS, SS) in Mladju (SPC) enake 1,0, kar kaže na to, da stres zaradi suše v tem obdobju ni bil prisoten. V vrzelih (SVV, SMV) na raziskovalni ploskvi Snežna jama so bili dnevni TI v vegetacijskem obdobju 2003 enaki ali zelo podobni tistim v vegetacijskem obdobju 2004 in so znašali od 0,8 do 0,9 torej je bil v vrzelih stres zaradi suše prisoten v obeh vegetacijskih obdobjih (2003 in 2004). Na podobjektu Vrzeli (RV) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog so bile dnevne vrednosti TI v 2003 in 2004 enake 1,0, torej je bila preskrba z vodo v vegetacijskem obdobju 2003 in 2004 ustrezna. Na tem podobjektu je bilo v obeh letih prisotne malo pritalne vegetacije za razliko od Velike (SVV) in Male vrzeli (SMV) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, kjer je v povprečju zastiranje pritalne vegetacije znašalo 54,4 % površine ploskvice, v SMV pa 23,5 %. Pritalna vegetacija v vrzeli poveča kompeticijo za vodo predvsem v zelo mladih razvojnih fazah in v obdobju pomanjkanja vode (Aussenac, 2000). Do pomanjkanja rastlinam dostopne vode v tleh lahko pride tudi pri z vodo dobro preskrbljenih tleh v primeru, ko je stopnja transpiracije tako velika, da absorpcija vode ne dohaja izgub zaradi transpiracije (Kozłowski, 1982; Zierl, 2001). Na vrednosti TI kot pokazatelja stresa zaradi suše ne vplivajo samo vremenske razmere v obravnavanem obdobju, pač pa tudi značilnosti tam rastočih rastlin, kot so indeks listne površine, globina koreninjenja (Wellpott in sod., 2005), razmerje med maso nadzemnih in podzemnih delov rastline, ter velikost, številčnost in odzivnost stomatalnih celic (Kozłowski, 1982). Zierl (2001) je na podlagi modeliranja vodne bilance gozda za celotno Švico ugotovil, da klimatske razmere same po sebi le ustvarijo razmere, primerne za sušo, odločilni dejavnik pri tem, ali bo do suše dejansko prišlo, pa je kompleksna kombinacija podnebnih razmer, vegetacije ter lastnosti tal.

6.6 NARAVNO POMLAJEVANJE V VRZELIH NATURAL REGENERATION IN GAPS

6.6.1 Razvoj klic in mladja v vrzelih Development of seedlings in the gaps

Na obeh obravnavanih vrzelih (SVV, SMV) na raziskovalni ploskvi Snežna jama smo ugotovili največjo gostoto osebkov gorskega javorja (*Acer pseudoplatanus*). Nato sledi bukev (*Fagus sylvatica*) in jelka (*Abies alba*). Leto 2003 je bilo semensko leto za gorski javor, bukev, jelko in smreko (*Picea abies*), pri čemer je število klic gorskega javorja tekom let naraščalo v obeh vrzelih. V Veliki vrzeli (SVV) je spomladi 2001 delež klic gorskega javorja znašal 42 %, v Mali vrzeli (SMV) 40 %, jeseni 2004 pa v Veliki vrzeli (SVV) 72 % in Mali vrzeli (SMV) 87 %. Gostota klic bukve je bila zanemarljivo majhna, gostota klic jelke pa je z začetnih 50 % in 60 % padla na 13 % in 10 % v skupnem številu klic v Veliki (SVV) in Mali vrzeli (SMV).

Pri osebkih do 21 cm višine je bila v obeh vrzelih (SVV, SMV) gostota osebkov gorskega javorja največja, vendar je iz začetnih 70 % v Veliki vrzeli (SVV) in 86 % v Mali vrzeli (SMV) spomladi 2001 upadla na 52 % v Veliki vrzeli (SVV) in 64 % v Mali vrzeli (SMV) jeseni 2004. Gostota osebkov bukve je iz začetnih 20 % in 8 % spomladi 2001 v Veliki vrzeli (SVV) in Mali vrzeli (SMV) narasla na 31 % v jeseni 2004 v obeh vrzelih. Delež jelke je bil v Veliki vrzeli (SVV) konstantno okoli 10 %, v Mali vrzeli (SMV) pa je iz začetnih 6 % spomladi 2001 padel na 3 % jeseni 2004.

Med osebki od 21 do 50 cm višine je imela največji delež bukev z 68 % in 61 % v SVV in SMV pri popisih v letih 2003 in 2004. Sledi gorski javor z 17 % v SVV in 36 % v SMV. Osebki jelke od 21 do 50 cm višine razen v SVV spomladi 2001 nismo zasledili v nobenem od popisov.

Gorski javor je bil uspešnejši v Mali vrzeli (SMV), bukev je bila enako uspešna v obeh vrzelih, jelka pa je bila uspešnejša v Veliki vrzeli (SVV), vendar na ploskvicah pod zastorom. Možen razlog za zmanjšanje gostote klic jelke od spomladi 2001 do spomladi 2004 so spremenjene mikroklimatske razmere v vrzeli v primerjavi s sestojem (Liechty in sod., 1992; Morecroft in sod., 1998; Chen in sod., 1999; Potter in sod., 2001; Proe in sod., 2001). Vzrok za odsotnost osebki jelke od 21 do 50 cm višine pa je najverjetneje objedanje divjadi, saj osebki pri tej višini prerastejo plast pritalne vegetacije, ki jih ščiti (Diaci, 1997).

Smreke (*Picea abies*) pri popisu spomladi 2001 nismo zasledili, pri kasnejših popisih je v Mali vrzeli (SMV) znašal njen delež pod enim odstotkom, v Veliki vrzeli (SVV) pa je bil delež od 1,2 % spomladi 2003 do 7,3 % jeseni 2004. Dve odrasli smreki se nahajata na

samem robu Velike vrzeli (SVV), vendar se smreka glede na odsotnost osebkov višine do 21 cm pred osnovanjem vrzeli ni pomlajevala. Tudi v vrzelih je bil uspeh nasemenitve majhen, saj smo 3 leta po poseku našli le 162 osebkov do 21 cm višine ha⁻¹. Od drevesnih vrst, katerih delež v skupnem številu prešteti osebki je znašal več kot en odstotek, je bila v Veliki vrzeli (SVV) prisotna še iva (*Salix caprea*).

Povprečna višina petih osebki bukve do 21 cm višine na ploskvici je bila v letu 2001 v Mali vrzeli (SMV) višja kot Veliki vrzeli (SVV), v letu 2004 pa je bila povprečna višina v Veliki vrzeli (SVV) za 4 cm višja kot v Mali vrzeli (SMV). Od leta 2001 do 2004 je narasla za dvakrat. Višinski prirastek terminalnega poganjka tekočega leta je bil v letu 2001 približno enak v obeh vrzelih, od leta 2001 do 2004 pa je narasel za sedemkrat, pri čemer je bil v letu 2004 v Veliki vrzeli (SVV) višji kot v Mali vrzeli (SMV) za 0,9 cm. Tudi premer nad koreničnikom je bil v letu 2001 podoben v obeh vrzelih, nato pa je do leta 2004 narasel za trikrat. V letu 2004 je bil v Veliki vrzeli (SVV) višji od tistega v Mali vrzeli (SMV) za 0,7 mm. Zaradi osnovanja vrzeli ter večjega dotoka svetlobe bi pričakovali, da bodo višine in prirastki narasli že pri popisu v letu 2003, vendar rezultati tega niso pokazali. Razlog je bil morda v majhni količini padavin v maju, juniju, juliju in avgustu v letu 2003, kar je povzročilo stres zaradi suše. Collet s sodelavci (2001) ugotavlja, da je debelinski prirastek bukovega pomladka značilno odvisen od preskrbe z vodo v tekočem vegetacijskem obdobju, medtem ko so višinski prirastki osebki bukve odvisni od preskrbe z vodo v preteklem vegetacijskem obdobju. Daljšanje poganjkov bukve se vrši v začetku maja, zato naj slaba preskrba z vodo v kasnejših mesecih ne bi vplivala na letni prirastek v višino. V raziskavi najverjetneje niso upoštevali kresnih poganjkov. Rast klic bukve v debelino pa se vrši tudi kasneje in je bolj odvisna od razpoložljivosti vode tekom vegetacijskega obdobja (*ibid.*).

Iz razmerja med dejansko transpiracijo (TRAN) in potencialno transpiracijo (PTRAN) kot ekofiziološkim indeksom za sušne razmere (TI), ki smo ga izračunali s pomočjo modela BROOK90, lahko sklepamo, da je v Veliki (SVV) in Mali vrzeli (SMV) v vegetacijskem obdobju 2003 prišlo do stresa zaradi suše. Dnevne vrednosti TI so bile v juniju, juliju in avgustu 2003 pogosto pod 0,8. Tudi merjene vsebnosti vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm, kjer se nahaja večji delež korenin pomladka drevesnih vrst in pritalne vegetacije, so bile v avgustu 2003 v vrzelih izredno nizke. Vsebnosti vlage na globini od 0 do 10 cm so bile višje od točke venenja le na majhnem območju v sredini in v jugovzhodnem delu obeh vrzeli (SVV, SMV) (Sliki 39 in 40). Kozłowski (1982) navaja, da pomanjkanje rastlinam dostopne vode v tleh vpliva na rast dreves predvsem z zmanjšanjem rasti listov ter z manjšim višinskim prirastkom poganjkov. Blage sušne razmere lahko povzročijo nastanek manjšega števila listnih popkov, v primeru dolgotrajne suše pa pride do zmanjšanja velikosti listov (*ibid.*). Stribley in Ashmore (2002) sta ugotovila, da je suša vplivala na zmanjšane višinske prirastke terminalnih poganjkov bukve, pri čemer pa se je povečalo število lateralnih poganjkov. Dokazano je bilo značilno zmanjšanje debelinskega prirastka pri bukvi (*Fagus sylvatica* L.) in gradnu (*Quercus petraea* (Matt.) Liebel.) v sušnih poletjih v vzhodni Franciji (Leuschner in

sod., 2001). V sestoji gradna (*Quercus petraea* (Matt.) Liebel.) so na vrednosti indeksa listne površine (LAI), ki določa letni rastni potencial sestoja, bolj kot suša tekočega leta vplivali stopnja rasti dreves v preteklem letu ter spomladanske pozebe tekočega leta (Leuschner in sod., 2001), o čemer za listopadne gozdne sestoje poroča tudi Le Dantec s sodelavci (2000).

6.6.2 Odvisnost gostote mladja od ekoloških razmer Seedlings density in relation to ecological factors

Heterogenost rastiščnih dejavnikov na majhnem prostoru je odraz variabilnosti mikroreliefa, talnih razmer ter mrtve lesne biomase (Gray in sod., 2002; York in sod., 2003; Diaci in sod., 2005), kot tudi mikroklimatskih razmer (Aussenac, 2000). Poleg velikosti vrzeli in prisotnosti semenskih dreves (Kunstler in sod., 2005) je tudi mesto znotraj vrzeli pomemben dejavnik za uspešno pomlajevanje (Diaci in sod., 2005). Da bi pojasnili vpliv vlažnostnih razmer v tleh v povezavi z drugimi rastiščnimi dejavniki na naravno pomlajevanje jelovo-bukovega gozda, smo s pomočjo treh statističnih metod obravnavali odvisnost med ekološkimi dejavniki (talnimi, svetlobnimi in vlažnostnimi razmerami, zastiranjem pritalne vegetacije, odmrlim lesom) ter gostoto osebkov, višinami, višinskimi prirastki, premerom na koreničniku in smrtnostjo klic.

6.6.2.1 Bukev

(Fagus sylvatica)

Gostota osebkov bukve do 21 cm je bila pri popisu spomladi 2001 pri multipli regresiji statistično značilno negativno odvisna od difuznega sevanja, kar potrjujejo ugotovitve Roženbergerja in Diacija (2003a). Pomemben vpliv so imele tudi vlažnostne razmere ter lastnosti tal (globine O horizontov, skeletnost, globine B in E horizontov). To razmeroma dobro opiše tudi visoka gostota osebkov v tipih ploskvic D in C, kjer je bil delež difuznega sevanja najmanjši, vsebnosti vlage v tleh pa so bile v sušnejših mesecih nizke (D) ali vsaj ne visoke (C). Tudi osebkov od 21 do 50 cm je bilo pri vseh popisih največ v D tipu, nato sledi C tip. Sklepamo lahko, da so bile za osebke bukve najugodnejše razmere na robu vrzeli ter v sestoji.

6.6.2.2 Jelka

(Abies alba)

Na gostoto osebkov jelke višine od 21 do 50 cm v letih 2003 in 2004 so najbolj vplivale talne razmere, saj je bila pri multipli regresiji statistično značilna negativna odvisnost od globine mineralnega dela tal ter pozitivna odvisnost od globine B, E ter A horizontov. Sklepamo, da so bila za osebke jelke višine od 21 do 50 cm najpomembnejši okoljski dejavnik tla ter da je gostota osebkov večja na ploskvicah z razvitimi in nerazvitimi rendzinami kot na rjavih pokarbonatnih tleh. Pri razvrstitvi ploskvic v tipe je bila gostota osebkov jelke od 21 do 50 cm

višine največja v tipu B, kjer so debeline A, B in E horizontov največje. Opozoriti moramo na majhno število najdenih osebkov jelke na ploskvicah, kar je morda vplivalo na rezultate. Aussenac (2000) za jelko navaja, da so bili višinski in debelinski prirastki 9-letne jelke v nasadu večji v vrzeli kot pod zastorom, vendar pa je bila v vrzeli tudi večja smrtnost (pod zastorom 0 %, v vrzeli 17 %, na goloseku 86 %). Na preživetje pomladka jelke vplivajo tako svetlobne razmere kot tudi preskrba z vodo: pod zastorom je bila vsebnost vlage v tleh v primerjavi z vrzelmi nižja.

6.6.2.3 Gorski javor

(Acer pseudoplatanus)

Na gostoto klic gorskega javorja spomladi in jeseni 2004 so pri multipli regresiji najbolj vplivale nizke vrednosti difuznega sevanja, kar potrjuje tudi največje število osebkov na ploskvicah tipa C, v katerem je difuzno sevanje najmanjše. Gostota klic je bila glede na rezultate multiple regresije večja tudi na ploskvicah z manjšimi nakloni ter večjo pokrovnostjo vej.

Tudi na gostoto osebkov do 21 cm višine v letih 2003 in 2004 so nizke vrednosti difuznega sevanja pomembno vplivale, kar so pokazali rezultati multiple regresije in faktorske analize. Roženberger in Diaci (2003a) ugotavljata, da je gostota osebkov gorskega javorja do višine 21 cm večja na mestih pod zastorom zaradi senzovzdržnosti gorskega javorja v mlajših razvojnih fazah. Gostota osebkov do 21 cm višine je bila glede na rezultate faktorske analize večja na ploskvicah z manjšo površinsko skalovitostjo (potrjuje multipla regresija), manjšimi nakloni in z nižjo vsebnostjo vlage v tleh. Pri multipli regresiji je bila odvisnost od vsebnosti vlage v tleh pozitivna. Glede na razvrstitev v tipe je bilo osebkov do 21 cm v letih 2003 in 2004 največ na ploskvicah C tipa, nato sledi tip D. Za oba tipa (C in D) so značilne nizke vrednosti difuznega sevanja, vsebnosti vlage v tleh pa so bile v sušnejših mesecih nizke (D) ali vsaj ne visoke (C). Razlike med ploskvicami, razvrščenimi v oba tipa, so predvsem v deležu direktnega sevanja, ki je v D tipu precej višji kot v C tipu.

Osebkov od 21 do 50 cm je bilo največ na ploskvicah B tipa, ki mu sledi tip C. Druge analize rezultatov niso dale zaradi majhnega števila prešteti osebki. Vendar pa lahko iz razvrstitev osebki v tipe ploskvic sklepamo, da se je pri osebkih med 21 in 50 cm višine že pokazala zmanjšana sencovzdržnost kot pri klicah in osebkih do 21 cm višine, saj smo največjo gostoto osebki med 21 in 50 cm višine ugotovili na ploskvicah na sredini vrzeli. To potrjujejo rezultati Roženbergerja in Diacija (2003a), ki ugotavljata, da se potrebe osebki te drevesne vrste glede svetlobnih razmer z razvojem spremenijo. Direktno in difuzno sevanje je na ploskvicah tipa B najvišje, prav tako je največje zastiranje pritalne vegetacije. Vsebnost vlage v tleh je na teh ploskvicah najvišja tekom celega vegetacijskega obdobja.

6.6.2.4 Povprečna višina, višinski prirastek ter premer nad koreničnikom

Average height, height increment and shoot diameter

Iz spremenljivk, vključenih v regresijske modele, lahko ugotovimo, da so bile pri popisu v letu 2001 talne lastnosti najpomembnejši dejavnik pri višini osebkov bukve do 21 cm, pri popisu v letu 2004 pa poleg lastnosti tal tudi svetlobne razmere. Višina v letu 2004 je bila večja na ploskvicah v vrzeli ter na mestih z rjavimi in nerazvitimi rendzinami. Višinski prirastek je bil v letu 2004 višji na ploskvicah z višjo vsebnostjo vlage v tleh ter v vrzeli. Tudi premer na koreničniku je v letu 2004 povezan z istima Faktorjema kot višinski prirastek: višji je na ploskvicah v vrzeli ter na mestih z višjo vsebnostjo vlage v tleh.

Pri vseh treh spremenljivkah so se statistično značilne razlike med tipi ploskvic pokazale pri popisu v letu 2004, to je 3 leta po osnovanju vrzeli. Povprečne višine, višinski prirastki terminalnega poganjka in premeri osebkov na koreničniku so bili v letu 2004 največji na ploskvicah tipa B oziroma A z največjimi vrednostmi difuznega sevanja ter najvišjimi vsebnostmi vlage v tleh, kar potrjujejo rezultati factorske analize in ugotovitve drugih avtorjev (Collet in sod., 2001; Roženberger in Diaci, 2003a). Tudi York s sodelavci (2003) poroča o statistično značilnih večjih višinah osebkov v vrzeli v primerjavi z mešanim sestojem iglavcev, pri čemer so bile višine največje na severnem delu centra vrzeli. O podobnem pojavu za bukev poročata Roženberger in Diaci (2003a). V tropskem deževnem gozdu je večje višine pomladka v vrzelih v primerjavi s sestojem ugotovil Brown (1996). Agestam s sodelavci (2003) ugotavlja, da so višinski prirastki bukovega pomladka večji na sredini vrzeli, vendar hkrati opozarja na večje poškodbe zaradi pozebe, ki so bile pod zastorom manjše. Najmanjše povprečne višine osebkov bukve do 21 cm so bile na ploskvicah D tipa, najmanjši prirastki v višino ter najmanjši premeri osebkov na koreničniku pa v C tipu, kjer so vrednosti direktnega in difuznega sevanja najmanjše. Bukov pomladek lahko preživi v razmerah z malo svetlobe, vendar zastiranje slabo vpliva na obliko mladih dreves ter kvaliteto odraslega drevja (Roženberger in Diaci, 2003a). Hkrati pa pretrgan zastor odraslih dreves vpliva na manjšo kompeticijo pritalne vegetacije ter manjšo nevarnost pozeb (Welander in Ottosson, 1998; Agestam in sod., 2003).

Prostorska razporeditev ter gostota pomladka pomembno vplivata na preživetje različnih drevesnih vrst (Mlinšek, 1967; Roženberger in Diaci, 2003a). Velika pestrost v vertikalni in horizontalni zgradbi sestojev v gospodarskem gozdu in pragozdu je razlog za razlike v ekoloških razmerah na zelo majhnih razdaljah. Nasmenitev bukve, jelke in gorskega javorja je obilna in ne predstavlja dejavnika, ki bi omejeval številčnost teh drevesnih vrst. Bukov se pomlajuje zelo uspešno in se večinoma pojavlja v skupinah, ki lahko prekrivajo večja območja, najpogosteje v sestojih, ki nimajo sklenjenega zastora košenj (Roženberger in Diaci, 2003a). Osebki jelke je v pomladku veliko manj in se pojavljajo posamično (Hartman, 1987). Osebki gorskega javorja je v pomladku več kot jelke, v odraslih sestojih dinarskega jelovo-bukovega gozda pa je njihov delež veliko manjši. Senzovzdržnost pri gorskem javorju

upada z višinsko rastjo ter starostjo osebkov, posledica česar je velik upad števila osebkov gorskega javorja v odraslem sestoju. Odrasli osebki se v sestoju obdržijo le v primeru primernih svetlobnih razmer (Bončina, 1999), zato je v gospodarskem gozdu delež svetloljubnih drevesnih vrst višji (2 %, pragozd 0,5 %) kot v pragozdu (Bončina in Diaci, 1998). Bukev je zelo številčna v vseh višinskih razredih medtem ko je večjih osebkov jelke in gorskega javorja zelo malo. Pomanjkanje osebkov javorja in jelke nad 50 cm je lahko razlog za resne motnje v razvoju teh gozdnih ekosistemov. Glavni razlogi za te anomalije so podnebna spremenljivost, zamenjava vrst ter kot najpomembnejši: divjad (Roženberger in Diaci, 2003a). V prihodnjih raziskavah bi bilo smiselno vpliv objedanja divjadi z ograditvijo obravnavanih vrzeli izločiti.

V pragozdu je v optimalni fazi prisotna večja gostota pomladka kot v gospodarskem gozdu v isti razvojni fazi (Bončina in Diaci, 1998). Razlog je ta, da je zaradi specifičnega mikrookolja v pragozdu kompeticija med ostalo vegetacijo v zeliščni plasti manjša. Razlik v sestavi drevesnih vrst juvenilne faze v pragozdu in gospodarskem gozdu ni, ker sta bukev in jelka v tem gozdnem ekosistemu najbolj kompetitivni, pestrost drevesnih in tudi grmovnih vrst je majhna. Razlike med pragozdom in gospodarskim gozdom so v zgradbi in številčnosti / obilju rastlinskih vrst v zeliščni plasti. Pri tehnikah obnove v gospodarskem gozdu bi se torej morali izogibati tvorbi vrzeli, v katerih lahko pride do drastično spremenjenih mikroklimatskih razmer (Liechty in sod., 1992; Morecroft in sod., 1998; Chen in sod., 1999; Potter in sod., 2001; Proe in sod., 2001), spremenjene preskrbe rastlinske odeje z vodo (Simončič in sod., 1998; Vilhar in sod., 2005), sprememb pri kroženju hranil (Simončič, 2001; Katzensteiner, 2003; Ritter, 2004) in bujnega uspevanja pritalne vegetacije (Diaci, 2002b). Pomlajevanje pod zastorom kot prva stopnja v procesu pomlajevanja, ki ji sledi odpiranje več manjših vrzeli (tehnika gojenja, ki je trenutno v praksi), je verjetno bolj primeren način za naravno pomlajevanje dinarskih jelovo-bukovih gozdov v Sloveniji kot tvorba vrzeli (Roženberger in Diaci, 2003a).

7 SKLEPI

CONCLUSIONS

Z raziskavo smo želeli odgovoriti na naslednja vprašanja:

1. kakšne so mikroklimatske razmere na izbranih objektih v pragozdu in gospodarskem sonaravnem gozdu ter elementi vodne bilance za posamezne razvojne faze v pragozdu in sonaravno gospodarjenem gozdu,
2. kakšna je primernost različnih modelov za izračun vodne bilance v gozdu ter kakšna je primerljivost njihovih rezultatov s terenskimi meritvami,
3. kakšen je vpliv vlažnostnih razmer v tleh v povezavi z nekaterimi mikroklimatskimi dejavniki na naravno pomlajevanje dinarskega jelovo-bukovega gozda.

1. Ugotovili smo, da so bile v pragozdu dnevne temperature zraka nižje kot v sonaravno gospodarjenem gozdu, relativna zračna vlaga pa je bila v pragozdu višja. V vrzelih so bili temperaturni razponi večji, relativna zračna vlaga pa je bila nižja kot v sestojih.

Elementi vodne bilance za posamezne razvojne faze v pragozdu ter sonaravno gospodarjenem gozdu se razlikujejo. Dejanska evapotranspiracija je bila največja v sestojih, sledi mladje, najnižja pa je bila v vrzelih. V vrzeli v pragozdu so bile količine dejanske evapotranspiracije manjše kot v ostalih vrzelih. Količine odtoka so bile najvišje v vrzelih, sledi mladje, najnižje pa so bile v sestojih. V sestoju v pragozdu je bil odtok nižji kot v sestoju v sonaravno gospodarjenem gozdu.

2. Značilnosti raziskovalnih ploskev, kot so izredna razgibanost reliefa, kraška matična podlaga, heterogenost talnih razmer, velika površinska skalovitost in skeletnost tal, z organsko snovjo bogata tla, heterogena horizontalna in vertikalna zgradba sestoja, so dejavniki, ki otežijo proces modeliranja.

Kloridna metoda je primerna za raziskave z dolgoletnim vzorčenjem in analiziranjem padavin in talne raztopine z lizimetri. Omogoča le dolgoletne ocene vodne bilance, pri čemer je potrebna previdnost v primeru razgibanega terena, večjih naklonov, nehomogenih tal, tal z veliko skalovitostjo ter talnimi žepi.

Model WATBAL je z vidika dostopnosti vhodnih spremenljivk primeren za modeliranje vodne bilance gozdnih sestojev. Slabosti modela so mesečni časovni korak, velika občutljivost modela na vhodne parametre, majhno število parametrov, s katerimi lahko opišemo tip vegetacije in zgradbo sestoja.

Model BROOK90 je na podlagi rezultatov kalibracije, verifikacije in analize občutljivosti modelov najboljše simuliral vodno bilanco na izbranih raziskovalnih ploskvah. Model

omogoča spreminjanje številnih parametrov, s katerimi opišemo tip vegetacije, horizontalno in vertikalno zgradbo sestoja ter lastnosti tal po posameznih plasteh. Dnevni časovni korak omogoča večjo občutljivost elementov vodne bilance na vremenske razmere. Vendar pa model zahteva dnevne vrednosti vremenskih spremenljivk, večje število podatkov za vodno-zračne lastnosti tal ter večje število podatkov o vegetaciji.

3. Zaradi večje količine padavin je bila volumska vsebnost vlage v tleh na globini od 0 do 40 cm v povprečju višja v vegetacijskem obdobju 2004 kot v 2003, pri čemer je bila vsebnost vlage v tleh višja v vrzelih kot v mladju in sestojih preko celega vegetacijskega obdobja. Na globini od 0 do 10 cm je bila volumska vsebnost vlage v tleh v avgustu 2003 v večjem delu obeh vrzeli nižja od v laboratoriju ugotovljenih točk venenja.

Za razvoj osebkov bukve so bile najugodnejše razmere na robu vrzeli ter v sestoju. Na gostoto osebkov jelke so najbolj vplivale talne razmere. Gostota osebkov gorskega javorja je bila večja na mestih pod zastorom zaradi sencovzdržnosti gorskega javorja v mlajših razvojnih fazah. Višje višine so osebki bukve dosegli v vrzeli ter na mestih z rjavimi in nerazvitimi rendzinami. Na višinski prirastek ter na premer na koreničniku so pozitivno vplivale višja vsebnost vlage v tleh ter boljše svetlobne razmere v vrzeli.

8 POVZETEK SUMMARY

Zaradi velike gozdnosti Slovenije in blagodejnega vpliva gozda na vodne razmere ima gozd izjemno pomembno vlogo pri preskrbi z vodo, pri uravnavanju vodnega odtoka in pri vplivu na vodo kot biotop za številne oblike življenja. Gozdna tla imajo veliko sposobnost zadrževanja vode in zmanjševanja hitrosti površinskega odtoka, s čimer se zmanjša tudi nevarnost erozije tal. Okoljske spremembe, predvsem podnebna spremenljivost, večplastno zadevajo tudi gozdove (povečane koncentracije CO₂, višje temperature zraka, spremenjen padavinski režim). Različni scenariji podnebnih sprememb napovedujejo dvig temperatur za večino Slovenije, ki naj bi se odrazile kot meteorološka in fiziološka suša. Preskrba gozdne vegetacije z vodo je eden najbolj omejujočih dejavnikov v večini gozdnih ekosistemov, saj vpliva na zdravstveno stanje gozdov in njihovo proizvodno sposobnost.

Vodna bilanca naših gozdnih ekosistemov je slabo poznana, njeno ovrednotenje pa je nujno za razumevanje vpliva spremenljivosti podnebja na zgradbo, rast, zdravstveno stanje in stabilnost gozdov. V nalogi smo raziskali značilnosti vodnega cikla v procesu naravnega pomlajevanja v dinarskem jelovo-bukovem pragozdu ter v gospodarskem sonaravnem gozdu. Raziskali smo vpliv pragozda ter sonaravno gospodarjenega gozda na mikroklimatske razmere ter posamezne elemente vodne bilance (evapotranspiracijo, intercepcijo, odtok v podtalje,...). Prikazali smo vodno bilanco dinarskega jelovo-bukovega gozda in pri tem uporabili modeliranje. Cilji raziskave so:

- ugotoviti, kakšne so mikroklimatske razmere na izbranih objektih v pragozdu ter gospodarskem sonaravnem gozdu ter prikazati elemente vodne bilance za posamezne razvojne faze v pragozdu ter sonaravno gospodarjenem gozdu
- preizkusiti primernost različnih modelov za izračun vodne bilance v gozdu ter preveriti njihove rezultate z meritvami
- raziskati vpliv vlažnostnih razmer v tleh na naravno pomlajevanje bukovo-jelovega dinarskega gozda

Naloga je potekala v vegetacijskem obdobju v letih 2003 in 2004 na dveh raziskovalnih objektih, in sicer v gospodarskem gozdu in pragozdu. Nadmorska višina objektov je med 880 in 890 m nad morjem, matična podlaga so apnenci, dolomitizirani apnenci in dolomiti. Talne razmere so zelo heterogene. Prevladujejo razvite rendzine in rjava pokarbonatna tla. Raziskovalna ploskev v pragozdu Rajhenavski Rog je vključevala podobjekte Sestoj (RS) (okvirna velikost 0,15 ha) ter večjo Vrzel (RV) (premer od 40 do 45 m). Raziskovalna ploskev Snežna jama v gospodarskem gozdu je vključevala podobjekte sklenjeni gozdni Sestoj (SS) (okvirna velikost 0,15 ha), Velika vrzel (SVV) (premer od 40 do 45 m) ter Mala vrzel (SMV) (premer od 25 do 30 m), ki sta bili osnovani v zimi leta 2000 in kjer je pomladek

bukve v fazi mladja, in pa starejša vrzel Mladje (SPC) (premer približno 40 m), ki je bila osnovana v letu 1990 in kjer je bukov pomladek že v fazi gošče.

Vodno bilanco za vegetacijsko obdobje v letih 2003 in 2004 na izbranih objektih smo simulirali s pomočjo modelov, njihove rezultate pa smo primerjali z meritvami vsebnosti vlage v tleh. Uporabili smo enostavnejši model WATBAL, ki računa vodno bilanco z mesečnim časovnim korakom, ter model BROOK90 z dnevnim časovnim korakom. Rezultate obeh modelov smo primerjali s »Kloridno metodo« na letni osnovi, ki vključuje določitev vsebnosti Cl⁻ v prepuščenih padavinah ter v talni raztopini.

Modeli za izračun vodne bilance zahtevajo podatke o tleh, rastlinah in vremenske spremenljivke. Vremenske spremenljivke smo merili s štirimi meteorološkimi postajami Vantage Pro Wireless, ki so tekom vegetacijskega obdobja beležile urne temperature zraka, relativno zračno vlago, smer in hitrost vetra, padavine. Manjkajoče vrednosti temperature zraka, relativne zračne vlage in sončnega obsevanja smo pridobili za klimatološko postajo Kočevje ter EMEP postajo Iskrba (vir: arhiv ARSO). Na vsakem od podobjektov smo v pravilni prostorski mreži 5 x 5 m postavili po 9 dežemerov, na podobjektu Mladje (SPC) pa zaradi izjemno velike skeletnosti tal 3 dežemere, v katerih smo mesečno spremljali količine prepuščenih padavin. Količino padavin na prostem, za katero predpostavljamo, da je enaka količini padavin, ki doseže vrhove krošenj na naši ploskvi, so spremljali na raziskovalni ploskvi »Rog Žaga« (SŽ). V gospodarskem gozdu smo v gozdnem Sestoju (SS) merili mesečni odtok vode po deblu na šestih drevesih različnih premerov. Vzorce talne raztopine smo zbirali z lizimetri s keramičnimi svečkami z mikrometrskimi porami. Podatke o talnih razmerah smo pridobili iz podatkovne baze Gozdarskega inštituta Slovenije (GIS). Vrednosti za hidravlično prevodnost nasičenih tal smo pridobili v "Laboratoriju katedre za urejanje kmetijskega prostora in agrohidrologijo", Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani, kjer so bile opravljene analize talnih vzorcev iz reprezentančnih profilov.

Vpliv vlažnostnih razmer v tleh na uspešnost naravnega pomlajevanja smo ugotavljali v Veliki vrzeli (SVV) in Mali vrzeli (SMV) na raziskovalni ploskvi Snežna jama. V gozdnem sestoju in vrzelih smo osnovali pravilno prostorsko mrežo 5 x 5 m, ki je bila postavljena tako, da je v največji možni meri zajela območje vrzeli, prehod vrzeli v sklenjen sestoj in gozdni sestoj. Na točkah mreže smo v vegetacijskem obdobju mesečno spremljali volumsko vsebnost vlage v tleh s TDR v globini od 0 do 10 cm. Za prostorski prikaz vsebnosti vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm smo uporabili objektivno prostorsko interpolacijo, imenovano splošni kriging. Vsaka točka te mreže je predstavljala levo spodnje oglišče kvadratne ploskve velikosti 1,5 x 1,5 m. V Veliki vrzeli (SVV) (113 ploskvic) in v Mali vrzeli (SMV) (44 ploskvic) smo izvedli popis številčnosti pomladka drevesnih vrst spomladi 2004 in jeseni 2004, v Veliki vrzeli (SVV) pa tudi spomladi 2003. Rezultate naših popisov smo primerjali s popisom iz leta 2001, izvedenim po enaki metodologiji na Katedri za gojenje gozdov,

Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Na vsaki od ploskvic smo določili povprečno višino osebkov, višinski prirastek terminalnega poganjka v zadnjem letu in premer tik nad koreničnikom petih dominantnih osebkov bukve na ploskvici do 21 cm višine. Na ploskvicah smo določili tudi naslednje ekološke dejavnike: svetlobne razmere, površinsko skalovitost, ekspozicijo, naklon, skeletnost, talne enote, skupno debelino O_l, O_f in O_h horizontov, debelino A horizonta, debelino (B)rz, E in Bt horizontov, globino mineralnega dela tal, zastiranje pritalne vegetacije, delež površine, prekrite z vejami ter delež površine, prekrite z odmrlim lesom. S pomočjo treh statističnih metod smo ugotavljali odvisnost med ekološkimi dejavniki na posamezni ploskvici ter gostoto klic, osebkov do 21 cm višine ter od 21 do 50 cm višine. Dodatno smo ugotavljali tudi odvisnost med izbranimi ekološkimi dejavniki in smrtnostjo klic, povprečno višino, višinskim prirastkom terminalnega poganjka v zadnjem letu ter premerom tik nad koreničnikom pri petih dominantnih osebkih bukve.

Model WATBAL smo kalibrirali posebej za vegetacijsko obdobje v letu 2003 in v letu 2004. V postopku kalibracije smo primerjali simulirane vrednosti potencialne evapotranspiracije (PET) ter potencialno evapotranspiracijo, izračunano za klimatološko postajo Kočevje (vir: arhiv ARSO) po Penman - Monteithovi metodi. Verifikacijo modela smo izvedli s primerjavo simuliranih in merjenih vsebnosti vlage v tleh na globini 0-40 cm, merjenih s TDR. Model BROOK90 smo kalibrirali za podobjekt Sestoj (SS) na raziskovalni ploskvi Snežna jama ter podobjekt Sestoj (RS) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, pri čemer smo primerjali merjene in simulirane mesečne sestojne padavine. Nato smo v postopku verifikacije modela primerjali s TDR napravo merjene ter simulirane vsebnosti vlage v tleh. Takrat smo tudi prilagodili vhodne parametre za ostale podobjekte na posamezni raziskovalni ploskvi. Za oba modela smo izvedli analizo občutljivosti.

Mikroklimatske razmere so se razlikovale med posameznimi raziskovalnimi objekti. Na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog v pragozdnem rezervatu so bile dnevne temperature zraka nižje kot v gospodarskem gozdu na raziskovalni ploskvi Snežna jama, relativna zračna vlaga pa je bila višja. Na mikroklimatske razmere poleg zgradbe sestoja pomembno vplivajo tudi naklon terena, ekspozicija, lega glede na konkavno obliko terena ter oblikovanost roba vrzeli.

Zaradi večje količine padavin je bila volumska vsebnost vlage v tleh na globini od 0 do 40 cm v povprečju višja v vegetacijskem obdobju 2004 kot v 2003, pri čemer je bila vsebnost vlage v tleh v vrzelih (SVV, SMV in RV) višja od vrednosti v Mladju (SPC) in sestojih (SS, RS). Na globini od 0 do 10 cm je bila volumska vsebnost vlage v tleh v avgustu 2003 v Veliki vrzeli (SVV) in Mali vrzeli (SMV) na raziskovalni ploskvi Snežna jama v večjem delu obeh vrzeli nižja od v laboratoriju ugotovljenih točk venenja.

Kloridna metoda je primerna za raziskave, katerih sestavni del je dolgoletno vzorčenje in analiziranje padavin in talne raztopine z lizimetri. Omogoča le dolgoletne ocene vodne bilance, pri čemer je potrebna previdnost v primeru razgibanega terena, večjih naklonov ter nehomogenih tal s skalami in talnimi žepi.

Z vidika dostopnosti vhodnih spremenljivk je model WATBAL zelo primeren za modeliranje vodne bilance gozdnih sestojev. Potrebni parametri za vodno-zračne lastnosti tal se lahko pridobijo iz neposrednih meritev na terenu, laboratorijskih meritev (pF krivulja), ali s pomočjo pedotransfernih funkcij. Slabost modela je mesečni časovni korak, saj pomeni manjšo občutljivost simuliranih elementov vodne bilance v primerjavi z dnevnim korakom. Zaradi majhnega števila vhodnih podatkov za opis talnih razmer in zgradbe sestojev je fleksibilnost modela manjša.

Model BROOK90 je glede števila vhodnih podatkov najbolj zahteven model, ki smo ga uporabili. Potrebuje dnevne vrednosti vremenskih spremenljivk, večje število podatkov za vodno-zračne lastnosti tal ter večje število podatkov o vegetaciji, ki se jih le redko lahko izmeri in jih je potrebno pridobiti iz literature. Zato pa omogoča spreminjanje številnih parametrov, s katerimi opišemo tip vegetacij, horizontalno in vertikalno zgradbo sestoja ter lastnosti tal po posameznih plasteh. To omogoča prikaz sprememb, ki jih z gozdnogojitvenimi ukrepi ustvarimo v sestoju.

Na podlagi rezultatov kalibracije, verifikacije in analize občutljivosti modelov smo ugotovili, da je model BROOK90 najboljše simuliral vodno bilanco na izbranih raziskovalnih ploskvah, zato smo za končni prikaz rezultatov vodne bilance uporabili model BROOK90.

V vegetacijskem obdobju 2004 je padlo kar za tretjino več padavin kot v vegetacijskem obdobju 2003. Simulirana dejanska evapotranspiracija (AET) je bila na vseh podobjektih v vegetacijskem obdobju 2004 nižja kot v vegetacijskem obdobju 2003. V Sestoju (SS) na raziskovalni ploskvi Snežna jama so bili deleži AET v količini padavin na prostem v vegetacijskem obdobju 2003 52 %, v vegetacijskem obdobju 2004 42 %, v Sestoju (RS) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog pa v vegetacijskem obdobju 2003 53 %, v vegetacijskem obdobju 2004 pa 49 %.

Simuliran odtok v podtalje (DF) je bil na vseh podobjektih večji v vegetacijskem obdobju 2004 kot v 2003. V vrzelih (SVV, SMV, RV) so bile količine DF v vegetacijskem obdobju 2003 izenačene (54 %, 54 %, 53 %), v Mladju (SPC) je znašal DF 49 %, v sestojih (SS in RS) pa 47 % in 46 % v skupni količini padavin. V vegetacijskem obdobju 2004 je bil DF največji v Vrzelih (RV) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog (81 %), sledita Velika in Mala vrzel (SVV, SMV) z 70 % in 74 %, Mladje (SPC) z 64 %. V Sestoju (SS) na raziskovalni ploskvi Snežna jama je DF znašal 58 % ter v Sestoju (RS) 51 % v skupni količini padavin.

V obravnavanih vrzelih na raziskovalni ploskvi Snežna jama smo ugotovili največjo gostoto osebkov gorskega javorja (*Acer pseudoplatanus*), sledi bukev (*Fagus sylvatica*) in jelka (*Abies alba*). Gorski javor je bil uspešnejši v Mali vrzeli (SMV), bukev je bila enako uspešna v obeh vrzelih, jelka pa je bila uspešnejša v Veliki vrzeli (SVV), vendar na ploskvicah pod zastorom. Najugodnejše razmere za razvoj osebkov bukve so bile na robu vrzeli ter v sestoji. Na gostoto osebkov jelke so najbolj vplivale talne razmere. Gostota osebkov gorskega javorja je bila večja na mestih pod zastorom zaradi sencovzdržnosti gorskega javorja v mlajših razvojnih fazah. Osebkvi bukve so dosegli višje višine v vrzeli ter na mestih z rjavimi in nerazvitimi rendzinami. Na višinski prirastek ter na premer na koreničniku so pozitivno vplivale višja vsebnost vlage v tleh ter boljše svetlobne razmere v vrzeli.

Poleg zgradbe sestojev na značilnosti vodne bilance ter mikroklimatske razmere vplivajo tudi razgibanost reliefa, kraška matična podlaga, heterogenost talnih razmer, velika površinska skalovitost in skeletnost tal ter z organsko snovjo bogata tla. Pri tvorbi vrzeli pride do spremenjenih mikroklimatskih razmer, spremenjene preskrbe rastlinske odeje z vodo, sprememb pri kroženju hranil in bujnega uspevanja pritalne vegetacije, zato je pomlajevanje pod zastorom kot prva stopnja v procesu pomlajevanja, ki ji sledi odpiranje več manjših vrzeli (tehnika gojenja, ki je trenutno v praksi), bolj primeren način za naravno pomlajevanje dinarskih jelovo-bukovih gozdov v Sloveniji.

9 RAZŠIRJENI POVZETEK V ANGLEŠČINI EXTENDED SUMMARY IN ENGLISH

The high percentage of forested area in Slovenia and the beneficial influence of forests on water regime show how important forest cover is for water supply, balancing runoff dynamics and being a habitat for different plant and animal species. Forest soils have great capacity for water storage and infiltration, thus preventing or reducing surface runoff and soil erosion. Environmental changes, such as climatic changes, influence forests in a multitude of ways (increased CO₂ concentrations, higher air temperatures, changed precipitation regime). Different climate change scenarios predict a rise of air temperature for major part of Slovenia, which might result in meteorological and physiological drought. Water supply of forest vegetation is one of the most prominent factors in most forest ecosystems since it influences forest health and forest production.

The water balance of Slovenian forests is not well known. Due to a long tradition of nature - based forest management, uneven aged and horizontally and vertically structured forests are prevalent in Slovenia. Forest hydrological models usually developed for uniform conditions have to be adapted for such complex situations. The evaluation of the forest water balance is important for understanding the impact of climate changes on the structure, growth, health and stability of forests. In this research the water balance in the process of natural regeneration in a managed Dinaric silver fir – beech forest and a virgin forest remnant was studied. We also investigated how managed and virgin forests influence microclimate and water balance components. The water balance of a Dinaric silver fir – beech forest was simulated using different models. The aim of the study was to:

- determine the microclimatic conditions and water balances of the selected forest stands and different development stages in managed forest and virgin forest remnant,
- test the applicability of different water balance models for forests and compare their results with *in-situ* measurements,
- investigate the influence of topsoil-moisture conditions on natural regeneration of a Dinaric silver fir-beech forest.

The field investigations were carried out during the growing season in the years 2003 and 2004 on two research sites: in a managed forest (Snežna jama) and a virgin forest remnant (Rajhenavski Rog). The investigated research sites are located in the northern part of the Dinaric Alps in SE Slovenia (880 - 890 m a.s.l). The bedrock is Cretaceous limestone and dolomite and the soil conditions are very heterogeneous. The prevailing soil units are *Eutric Cambisols* and *Rendzic Leptosols* with maximal depth of 40 cm. In the virgin forest remnant a 0,15 ha plot representing the closed Stand (RS) (ca.) and a large Gap (RV) (diameter ca. 45 m) were investigated. The setup in the managed forest included a closed forest Stand (SS) (ca. 0,15 ha), a Large gap (SVV) (diameter ca. 45 m), a Small gap (SMV) (diameter ca. 30 m),

established in winter 2000, and an older Regeneration gap (SPC) (diameter ca. 45 m), established in 1990, presently with a dense cover of beech saplings.

The water balance for growing seasons in the years 2003 and 2004 was simulated with different models and their results compared to soil moisture measurements. We used a simple water balance model (WATBAL), which calculates water balance on monthly basis and the BROOK90 model, which calculates water balance on a daily basis. Both models were compared to chloride balance on a yearly basis, which requires the analysis of Cl⁻ concentrations in throughfall and soil solution.

Models for simulating water balance include three types of input data: data on soil, vegetation and meteorological data. Meteorological data were collected during the 2003 growing season with three weather stations (Vantage Pro wireless, Davis Instruments); during the 2004 growing season a fourth weather station above the tree crowns was added. Hourly average values on air temperature and humidity, wind direction and speed, and sums of precipitation were collected. For missing data on air temperature, humidity and global radiation data from Kočevje climatological station and Iskrba EMEP station were obtained (ARSO archives). On each of the research sites nine rain collectors in a systematic grid 5 x 5 m were placed to follow monthly throughfall except for the Regeneration gap (SPC) where only three rain collectors were placed due to extreme rockiness. Two rain collectors were placed in the closest open area at the Rog Žaga research plot (SŽ) 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 stem flow measurements. For chloride balance throughfall was sampled from two rain collectors at each plot where ceramic lysimeters with micrometer pores were also placed for soil solution sampling. Data on soil properties were obtained from the Slovenian Forestry Institute database. Additionally, saturated soil hydraulic conductivity was determined for soil samples from prevailing soil units at the laboratory of the Chair of Agricultural Land management and Agrohydrology at the Biotechnical Faculty, University of Ljubljana. Soil moisture content in the depths from 0 to 40 cm was measured with Time Domain Reflectometry (TDR) monthly on each research site.

Influence of soil moisture conditions in the forest floor on natural regeneration of a Dinaric silver fir-beech forest was studied in the managed forest (Snežna jama site) in the Large gap (SVV) and the Small gap (SMV). A systematic grid 5 x 5 m was established which covered the area of forest stand, transition from stand to gap and gap. On each point of the grid, volumetric soil moisture content from 0 to 10 cm depth was determined with TDR each month. For visual presentation of soil moisture content ordinary kriging was used. Each point of this grid also represents a corner of a square plot 1,5 x 1,5 m (113 plots in Large gap (SVV) and 44 plots in Small gap (SMV) for which the number of seedlings, tree species and height were determined in spring and autumn 2004, and also in spring and autumn 2003 in Large gap

(SVV). The results of this inventory were compared to the inventory from 2001 which was performed by the Chair of Silviculture, Department of Forestry and Renewable Forest Resources, Biotechnical Faculty, University of Ljubljana using the same methodology. At each of the plots, average height, yearly terminal shoot increment and stem base diameter of five dominant beech seedlings up to 21 cm height were determined. Different ecological factors were also assessed: light conditions, surface covered by rocks, exposition, inclination, soil rock content, soil units, thickness of O_l, O_f and O_h horizons, thickness of the A horizon, thickness of (B)_{rz}, E and B_t horizons, depth of mineral soil, ground vegetation cover, coarse woody debris. Three different statistical methods were used to study the relationship between ecological factors at single plots and density of one-year-old seedlings, seedlings up to 21 cm height and seedlings between 21 and 50 cm height:

- classification of plots into four types according to direct (DSF) and indirect (ISF) site factor and subsequent comparison with ecological factors and density of seedlings,
- analysis with bivariate Spearman's rank order correlation and multiple regression with forward stepwise procedure,
- factor analysis.

The relationship between ecological factors and seedling mortality, average height, yearly terminal shoot increment and stem base diameter of five dominant beech seedlings up to 21 cm height at single plots were also assessed.

The WATBAL model was calibrated separately for the growing seasons in 2003 and 2004 with a comparison of simulated potential evapotranspiration values and potential evapotranspiration, calculated for the climatological station Kočevje with the Penman - Monteith method (archive ARSO). Verification of the model was performed comparing simulated and measured soil moisture content from 0 to 40 cm depth with TDR. The BROOK90 model was calibrated for the Stand (SS) at Snežna jama and the Stand (RS) at Rajhenavski Rog comparing simulated and measured monthly throughfall. For model verification, measured and simulated soil moisture contents from 0 to 40 cm depth were compared. The input parameters for other plots were adjusted at that time. For both models sensitivity analysis was performed with testing the influence of 10 % increase or decrease of most important parameters on simulated drainage fluxes for the growing season.

Microclimatic conditions differed for investigated research sites. Daily air temperatures at the Rajhenavski Rog in the virgin forest remnant were lower than in the managed forest at Snežna jama, but relative humidity was higher. Microclimatic conditions are influenced not only by stand structure but also by the inclination of the terrain, exposition, position according to the concave shape of the terrain and shape of the forest edge in a gap.

As a consequence of higher precipitation amounts, soil moisture content from 0 to 40 cm depth was higher in the 2004 growing season than in the 2003 period. Soil moisture content

from 0 to 40 cm was higher in gaps (SVV, SMV, RV) than in the Regeneration gap (SPC) or stands (SS, RS). In the Large (SVV) and Small gap (SMV) at the Snežna jama soil moisture content from 0 to 10 cm depth was below permanent wilting point (determined in laboratory at 1,5 MPa) in August 2003 for most of the gap area.

Chloride balance is suitable for studies where long lasting sampling and analysis of throughfall and soil solution are included. It is useful for estimation of water balance for the periods of at least five to ten years, and even then precaution is needed in case of varying terrain, greater inclinations and inhomogeneous soils with rocks and soil pockets.

The WATBAL model is very useful for modeling forest water balance for only few input data are needed. Water retention characteristics can be obtained from field measurements and laboratory experiments with pedotransfer functions. A weakness of the model is the monthly interval, because it makes the model less sensitive in comparison with a daily interval. The small number of input parameters describing soil properties and forest vegetation makes the model less flexible.

The results of chloride balance for drainage flux (DF) in growing season were in better agreement with results of the BROOK90 model than the results of the WATBAL model. For all three models, agreement was better in the 2003 growing season than in the 2004 growing season. At higher soil moisture contents measured in 2004, we found lower agreement between measured and simulated soil moisture contents for both models (BROOK90, WATBAL). For the chloride balance method, extremely high drainage flux values occurred in the 2004 growing season at several plots.

Comparison of drainage fluxes (DF) with WATBAL and BROOK90 models showed that simulated values of DF were not in good agreement. Monthly DF with the BROOK90 model were obtained by summing simulated daily values which were compared to monthly DF values, simulated with the WATBAL model. Monthly intervals make the WATBAL model less sensitive with respect to water balance components. At models with daily intervals, all water balance components (interception, evapotranspiration, infiltration to soil, etc.) react to daily changes of precipitation intensity whereas monthly models calculate water balance components according to monthly precipitation. This could be evenly distributed over the whole month or only over few days; models with daily intervals will be able to simulate that but monthly models won't be able to show any difference. Another reason for discrepancies between simulated monthly DF values with the WATBAL and BROOK90 models are different principles for simulating movement of water in the soil. The BROOK90 model accounts for the vertical movement of infiltrated water through individual soil layers, immediate infiltration to deeper layers by vertical pipes or macropores, downslope drainage of some of the "new" water from variable saturated source areas, downslope matrix flow of "old" water, vertical matrix drainage of "old" water to groundwater followed by groundwater

discharge. WATBAL only accounts for vertical movement of infiltrated water through a single soil layer and bypass or macropore flow and the matrix potential gradient loss in case of snowmelt. In a simulation with the BROOK90 model we divided soil into three layers (0 to 10 cm, 10 to 30 cm and 30 to 40 cm) with individual water retention characteristics. For the WATBAL model we have used a single soil layer from 0 to 40 cm depth with averaged values for water retention characteristics. With the BROOK90 model a significant share of water can move through soil via macropore flow before it is used for transpiration. This fact is very important when simulating soil water movement in karst areas, such as investigated plots.

Simulated actual evapotranspiration (AET) with WATBAL and BROOK90 models were in good agreement and the agreement was better in the 2003 growing season than in 2004. Differences were higher in gaps (SVV, SMV, RV) than in forest stands (SS, RS) or the Regeneration gap (SPC).

BROOK90 is the most demanding model in this study regarding the number of needed input parameters. Daily meteorological data are needed as well as many data on vegetation, which are generally rarely measured in the field and have to be obtained from the literature. Advantages of this model include several options regarding parameterization of vegetation type, horizontal and vertical structure of forest stand as well as division of the soil into more horizons. All this makes it possible to simulate differences in forest stands, which are result of silvicultural practice.

According to calibration, verification and sensitivity analysis, we concluded that the BROOK90 model was best for simulating water balance at investigated plots. Precipitation amount in the 2004 growing season was 1/3 higher than in the 2003 growing season. Simulated actual evapotranspiration (AET) was lower in the 2004 growing season at all plots than in the 2003 growing season. In the Stand (SS) at the Snežna jama the percentage of AET of precipitation in the open was 52 % in 2003 and 42 % in 2004. In the Stand (RS) at the Rajhenavski Rog the percentage of AET was 53 % of precipitation in the open in the 2003 growing season and 49 % of precipitation in the open in the 2004 growing season. In the gaps (SVV, SMV, RV) the percentage of AET of precipitation in the open was 45 %, 46 % and 26 % in 2003 and 30 %, 25 % and 19 % in 2004. In the Regeneration gap (SPC) at the Snežna jama the percentage of AET of precipitation in the open was 47 % in 2003 and 36 % in 2004.

Simulated drainage flux (DF) was higher at all research sites in the 2004 growing season than in the 2003. In gaps (SVV, SMV, RV) DF in growing season 2003 was quite similar (54 %, 54 %, 53 %), in the Regeneration gap (SPC) it was 49 % of precipitation in the open and in stands (SS, RS) it was 47 % and 46 % of precipitation in the open. In the 2004 growing season DF was highest in the Gap (RV) at the Rajhenavski Rog (81 %), followed by the Large gap (SVV) with 70 %, the Small gap (SMV) with 74 % and the Regeneration (SPC) with 64

% of precipitation in the open. At the Stand (SS) at the Snežna jama DF was 58 %, at the Stand (RS) at the Rajhenavski Rog it was 51 % of precipitation in the open.

In the gaps at Snežna jama, the highest density was found for sycamore maple (*Acer pseudoplatanus*) seedlings, followed by beech (*Fagus sylvatica*) and silver fir (*Abies alba*) seedlings. The density of sycamore maple seedlings was higher in the Small gap (SMV), beech seedlings were equally represented in both gaps and density of silver fir seedlings was higher in Large gap (SVV) at plots under canopies. For development of beech seedlings, the most prosperous conditions were at the edge of the gap and in the forest stand. For development of silver fir seedlings, the soil conditions were most important. The density of sycamore maple seedlings was higher at plots under canopies as a result of higher shade resistance of sycamore maple in younger development stages. For beech seedlings, heights were higher in the gaps and on *Eutric Leptosols* and *Rendzic Leptosols*. Height increments of terminal shoot and stem base diameter of beech seedlings were positively affected by higher soil moisture contents and better light conditions in the gaps.

Components of water balance and microclimatic conditions are, apart from stand structure, also affected by varying reliefs, Cretaceous parent material, heterogeneous soil properties, surface rockiness and soil rock content, soils rich with organic material, etc. Gap formation causes changes in microclimate conditions, water regime, and accelerates ground vegetation growth. All this makes regeneration under canopy shelter, followed by formation of smaller gaps (silvicultural techniques, currently in practice), more appropriate for natural regeneration in Dinaric silver fir – beech forests in Slovenia.

10 VIRI REFERENCES

- Adam G. 2004. Primerjava različnih naprav za posredno merjenje volumskega deleža vode v tleh. Comparison of different instruments for indirect measuring of volumetric water content in soils. Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo. Ljubljana, University of Ljubljana: 48
- Agestam E., Eko P.-M., Nilsson U., Welander N.T. 2003. The effects of shelterwood density and site preparation on natural regeneration of *Fagus sylvatica* in southern Sweden. *Forest Ecology and Management*, 176, 1-3: 61-73
- Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M. 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements, FAO: 300 str.
- Ammer C., Mosandl R., Kateb H.E. 2002. Direct seeding of beech (*Fagus sylvatica* L.) in Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) stands--effects of canopy density and fine root biomass on seed germination. *Forest Ecology and Management*, 159, 1-2: 59-72
- Anko B. 1994. Gozd in voda: zbornik republiškega seminarja, Poljče, 11.-13. oktober 1994, Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo: 257
- 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, Ploted Nations Economic Commission for Europe Convention on Long-range Transboundary Air Pollution: 45
- Anonymous. 2002b. Meteorological Monitoring on Intensive Montoring Plots. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, Ploted Nations Economic Commission for Europe Convention on Long-range Transboundary Air Pollution: 23
- Anonymous. 2002c. Sampling and Analysis of Soil and Submanual on Soil Solution Collection and Analysis. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, Ploted Nations Economic Commission for Europe Convention on Long-range Transboundary Air Pollution: 45
- Anonymus. 2001. Gebietsbilanzen bei unterschiedlicher Landnutzung.V: 9. Lysimetertagung, HBLA Raumberg, Irdning, Bundesanstalt fuer alpenlaendischew Landwirtschaft Gumpenstein, Oesterreichische Arbeitsgruppe Lysimeter, Beratungsservice des BMLFUW, Wien
- Arp A.P., Yin X. 1992. Predicting water fluxes through forests from monthly precipitation and mean monthly air temperature records. *Canadian Journal of Forest Research*, 22, 864-877
- Aussenac G. 2000. Interactions between forest stands and microclimate: Ecophysiological aspects and consequences for silviculture. *Annales of Forest Science*, 57, 287-301

- Barry R. 2001. Mountain weather and climate. - 2nd ed. New York, Routledge, a division of Routledge, Chapman and Hall, Inc.: 402 str.
- Bastrup-Birk A., Breda N. 2004. Sampling and Analyses of Litterfall. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, Ploted Nations Economic Commission for Europe Convention on Long-range Transboundary Air Pollution: 23
- Bergant K., Kajfež-Bogataj L., Zmrzlak M. 1997. Rough estimation of zero-plane displacement and roughness lenght for hops canopy. Zbornik Biotehniške Fakultete Univerze v Ljubljani, 69, 17-22
- Bergant K., Kajfež-Bogataj L. 1998. Možen vpliv klimatskih sprememb na prostorsko porazdelitev območij s potencialnim pomanjkanjem vode v tleh v Sloveniji.V: Novi izzivi v poljedelstvu 1998, Zbornik simpozija, Ljubljana, Slovensko agronomsko društvo: 136-140
- Bergant K., Kajfež-Bogataj L. 1999. Uporaba modelov splošne cirkulacije za izdelavo scenarijev klimatskih sprememb na območju Slovenije. Zbornik Biotehniške Fakultete Univerze v Ljubljani, 73, 1: 177-186
- Bhatti J.S., Fleming R.L., Foster N.W., Meng F.-R., Bourque C.P.A., Arp P.A. 2000. Simulations of pre- and post-harvest soil temperature, soil moisture, and snowpack for jack pine: comparison with field observations. Forest Ecology and Management, 138, 413-426
- Bončina A. 1997. Naravne strukture gozda in njihove funkcije pri sonaravnem gospodarjenju z gozdom. (Natural forest structures and their functions in close-to-nature forest management). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo: 210
- 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, Ljubljana, BF, Oddelek za gozdarstvo: 95-110
- Bončina A., Diaci J. 1998. Contemporary research on regeneration patterns of Central European virgin forests with recomendation for future research. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 56, 33-53
- Bormann F.H., Likens G.E. 1986. Patterns and Process in a Forested Ecosystem. New York, Springer-Verlag: 253 str.
- Brechtel H.M., Pavlov M.B. 1977. Niederschlagbilanz von Waldbestaenden verschiedener Baumarten und Altersklassen in der Rhein-Main-Ebene, Hessische Forstliche Versuchsanstalt, Institut fuer Forsthydrologie: 80 str.
- Brown E.A., Zhang L., McMahon T.A., Western W.A., Vertessy A.R. 2005. A review of paired catchment studies for determining changes in water yield resulting from alterations in vegetation. Journal of Hydrology, 310, 1-4: 28-61
- Brown N. 1996. A gradient of seedling growth from the centre of a tropical rain forest canopy gap. Forest Ecology and Management, 82, 1-3: 239-244

- Bruckner A., Kandeler E., Kampichler C. 1999. Plot-scale spatial patterns of soil water content, pH, substrate-induced respiration and N mineralization in a temperate coniferous forest. *Geoderma*, 93, 3-4: 207-223
- Buchtele J.A., Marage H.F., Bajracharya O.J. 1998. Simulation of effects of land-use changes on runoff and evapotranspiration. V: *Hydrology, Water Resources and Ecology in Headwaters, Italy*, Int Assoc Sci Hydrol: 99-106
- Canham C.D., Denslow J.S., Platt W.J., Runkle J.R., Spies T.A., White P.S. 1990. Light regimes beneath closed canopies and tree-fall gaps in temperate and tropical forests. *Canadian Journal of Forest Research*, 20, 620-631
- 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: 103-110
- Cegnar T. 2004. Poletje 2004. Mesečni bilten, Agencija Republike Slovenije za okolje, 8, XI: 24-31
- Chang M. 2002. *Forest hydrology: an introduction to water and forests*, CRC Press LLC: 392 str.
- Chen J., Saunders S., Crow T., Naiman R., Brosofske K., Mroz G., Brookshire B., Franklin J. 1999. Microclimate and Forest Ecosystem and Landscape Ecology. *BioScience*, 49, 288-296
- Cognard-Plancq A.-L., Marc V., Didon-Lescot J.-F., Norman M. 2001. The role of forest cover on streamflow down sub-Mediterranean mountain watersheds: a modelling approach. *Journal of Hydrology*, 254, 1-4: 229-243
- Collet C., Lanter O., Pardos M. 2002. Effects of canopy opening on the morphology and anatomy of naturally regenerated beech seedlings. *Trees*, 16, 291-298
- Collet C., Lantera O., Pardos M. 2001. Effects of canopy opening on height and diameter growth in naturally regenerated beech seedlings. *Annals of Forest Science*, 58, 127-134
- 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, 2903-2920
- Čater M. 2005. Poročilo o meritvah svetlobnih razmer na Raziškovalnih ploskvah Snežna jama in Rajhenavski Rog. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije: 6 str.
- de Chantal M., Leinonen K., Kuuluvainen T., Cescatti A. 2003. Early response of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* seedlings to an experimental canopy gap in a boreal spruce forest. *Forest Ecology and Management*, 176, 1-3: 321-336
- 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 Comission, Ploted Nations Economic Comission for Europe: 177 str.
- Denslow J., Spies T. 1990. Canopy gaps in forest ecosystems: an introduction. *Canadian Journal of Forest Research*, 20, 619

- Diaci J. 1997. Experimentelle felduntersuchungen zur naturferjüngung künstlicher Fichtenwaelder auf Tannen-Buchenwaldstandorten (*Homogyno sylvestris-Fagetum*) in den Savinja-Alpen (Slowenien) mit besonderer berücksichtigung der Ansamlungsphase unter dem Einfluss der Faktoren Licht, vegetation, Humus und Kleinaaeuger. Beih. Nr. 80 Schweiz. Z. Forstwes. Zürich, ETH: 80
- Diaci J. 1999. Meritve sončnega sevanja v gozdu - I. Presoja metod in instrumentov. Zb. gozd. lesar., 58, 105-138
- Diaci J. 2002a. Gap Disturbance Patterns in a Beech Virgin Forest Remnant Krokav in the Mountain Vegetation Belt of Slovenia, Nat-Man Project, funded by EU 5th Framework Programme: 9 str.
- Diaci J. 2002b. Regeneration dynamics in a Norway spruce plantation on a silver fir-beech forest site in the Slovenian Alps. Forest Ecology and Management, 161, 27-38
- Diaci J., Kutnar L., Rupel M., Smolej I., Urbančič M., Kraigher H. 2000a. Interactions of Ecological Factors and Natural Regeneration in an Altimontane Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) Stand. Phytion, 40, 4: 17-26
- 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, 29-36
- Diaci J., Rozenbergar D.a., Hahn K., Huss J., Wijdeven S., Mihok B., Standovar T., Mountford E. 2000b. NAT-MAN (Nature-Based Management of Beech in Europe) WP3 Workplan. Ljubljana str.
- Diaci J., Rozenbergar D. 2001. Regeneration Processes in European Beech Forests, Nat-Man Project, funded by EU 5th Framework Programme: 80 str.
- Diaci J., Smolej I., Rupel M. 2000c. Raziskave svetlobnih razmer in zakonitosti pomlajevanja smreke na trajni raziskovalni ploskvi Šijec. Rizosfera: raziskave gozdnih tal in rizosfere ter njihov vpliv na nekatere fiziološke parametre gozdnega drevja v izbranih gozdnih ekosistemih, sestojnih tipih in razvojnih fazah gozda = The Rhizosphere: studies of forest soils and the rhizosphere and their influences on chosen physiological parameters of forest trees in selected forest ecosystems, forest types and developmental phases of the forest, Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije: 221-243
- Dingman L.S. 2002. Physical Hydrology. New Jersey, Prentice Hall: 646 str.
- Dirksen C. 1999. Soil physics measurements. Reiskirchen, Catena Verl.: 154 str.
- Dove S.B. 1996-2002. UTHSCSA ImageTool Version 3.0, UTHSCSA Dental Diagnostic Science
- Draaijers G.P.J., Bleeker A., van der Veen D., Erisma J.W., Moels H., Fonteijn P., Geusenbroek M. 2001. Field inter-comparison of troughfall, stemflow and precipitation measurements performed within the framework of the Pan European Intensive Monitoring Program of EU/ICP forest, TNO, EU Comission: 221 str.
- FAO. 1990. Soil map of the world. Revised Legend. Rome, FAO-Unesco, ISRIC: 119 str.
- Federer C.A. 1995a. BROOK90 Manual: a simulation model for evaporation, soil water and streamflow, Version 3.1. Durham NH, USDA Forest Service: 40 str.

- Federer C.A. 1995b. BROOK90: a simulation model for evaporation, soil water and streamflow, Version 3.1. Computer freeware. Durham NH, USDA Forest Service
- Federer C.A., Vorosmarty C., Fekete B. 2003. Sensitivity of Annual Evaporation to Soil and Root Properties in Two Models of Contrasting Complexity. *Journal of Hydrometeorology*, 4, 6: 1276-1290
- Fischer R., De Vries W., Seidling W., Augustin S. 1999. Forest Condition in Europe, EU Comission, Ploted Nations Economic Comission for Europe, Federal Research Centre for Forestry and Forest Products (BFH): 31 str.
- Gams I. 1974. Kras: zgodovinski, naravoslovni in geografski oris. Ljubljana, Slovenska matica: 358 str.
- Gams I. 1999. Spremenljivi sezonski padavinski režimi in njegov vpliv na suše in povodnji. *Ujma*, 13, 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: 79-86
- Gašperšič F. 1972. Zakonitosti naravnega pomlajevanja jelovo-bukovih gozdov na Visokem Krasu Snežniško-Javorniškega masiva. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo: 145
- Gašperšič F. 1997. Gozdnogospodarsko načrtovanje v sonaravnem ravnanju z gozdom. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo: 417 str.
- Gish T.J., Gimenez D., Rawls W.J. 1996. Imapct of root on ground water quality. *Root Demographics and Their Efficiencies in Sustainable Agriculture, Grasslands and Forest Ecosystems*, Kluwer Academic Press: 419-432
- Golob S. 1990. Poskus merjenja vplivov ravninskih gozdov na krajevno klimo - primer obdravskih ravníc. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 35, 45-68
- Granier A., Biron P., Lemoine D. 2000. Water balance, transpiration and canopy conductance in two beech stands. *Agricultural and Forest Meteorology*, 100, 1: 291-308
- Gray A., Spies T., Easter M. 2002. Microclimatic and soil moisture responses to gap formation in coastal Douglas-fir forests. *Can. J. For. Res.*, 32, 332-343
- Hammel K., Kennel M. 2001. Charakterisierung und Analyse der Wasserverfuegbarkeit und des Wasserhaushalts von Waldstandorten in Bayern mit dem Simulationsmodell BROOK90. *Forstliche Forschungsberichte München*, 185, 135
- Hartman T. 1984. Razvojna dogajanja v pragozdu Rajhenavski Rog. *Gozdarski vestnik*, 42, 6: 253-258
- Hartman T. 1987. Pragozd Rajhenavski Rog. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za gozdarstvo: 80 str.
- Hewlett J.D., Nutter W.L. 1969. An Outline of Forest Hydrology, School of Forest resources, University of Georgia str.
- Hočevar A., Kajfež-Bogataj L. 1994. Partition of Slovenia according to parameters which create drought conditions. *Zbornik Biotehniške Fakultete Univerze v Ljubljani*, 63, 9-25

- Hočevar A., Petkovšek Z. 1995. Meteorologija. Osnove in nekatere aplikacije. Ljubljana, BF, Oddelek za gozdarstvo str.
- Holst T., Mayer H., Schindler D. 2005. Microclimate within beech stands—part II: thermal conditions. *European Journal of Forest Research*, 123, 1: 13-28
- Horvat A. 1992. Ekološke osnove urejanja erozijskih območij na primeru Pohorajskih Dolomitov. Biotehniška fakulteta. Ljubljana, Univerza v Ljubljani: 119
- Horvat A. 1995. Analiza erozijske in hudourniške problematike v Sloveniji. Pogubna razigranost: 110 let organiziranega hudourničarstva na Slovenskem: 1884-1994, Ljubljana, Podjetje za urejanje hudournikov: 222-225
- Houle D., Duchesne L., Ouimet R., Paquin R., Meng F.-R., Arp P.A. 2002. Evaluation of the FORHYM2 model for prediction of hydrologic fluxes and soil temperature at the Lake Clair Watershed (Duchesnay, Quebec). *Forest Ecology and Management*, 159, 3: 249-260
- Huff D.D., Hargrove B., Tharp M.L., Graham R. 2000. Managing Forsts for Water Yield. The Importance of Scale. *Journal of Forestry*, December 2000: 15-19
- Isaaks E.H., Srivastava R.M. 1989. *Applied Geostatistics*. New York, Oxford University Press: 561 str.
- Jesenovec S. 1995. Pogubna razigranost: 110 let organiziranega hudourničarstva na Slovenskem: 1884-1994. Ljubljana, Podjetje za urejanje hudournikov: 275 str.
- Jost G., Heuvelink G.B.M., Papritz A. 2005a. Analysing the space-time distribution of soil water storage of a forest ecosystem using spatio-temporal kriging. *Geoderma*, 128, 3-4: 258-273
- Jost G., Schume H., Hager H. 2005b. Factors controlling soil water-recharge in a mixed European beech (*Fagus sylvatica* L.)–Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst.] stand. *European journal of Forest Research*, 123, 2: 93-104
- Jurc D., Jakša J., Jurc M., Mavsar R., Matijašič D., Jonozovič M. 2003. Zdravje gozdov Slovenija 2002 / Forest health - Slovenia 2002. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije, Zavod za gozdove Slovenije: 70 str.
- Jury W., A., Gardner W.R., Gardner W.H. 1991. *Soil physics*, John Wiley and Sons: 329 str.
- Kajfež-Bogataj L., Hočevar A. 1994. Assessment of climate change effects on productivity of beech stand in Slovenia using simulation methods. *Agricultural and Forest Meteorology*, 72, 1-2: 47-56
- Kajfež-Bogataj L. 1990. Photosynthetic model for predicting net willow stand production. *Agricultural and Forest Meteorology*, 50, 1-2: 75-85
- Kajfež-Bogataj L. 1997. Mikrometeorološke posebnosti visoke rastlinske odeje na primeru hmelja. Zbornik Biotehniške Fakultete Univerze v Ljubljani, 69, 23-31
- Kajfež-Bogataj L. 2000. Vpliv globalnega ogrevanja na trajanje vegetacijskega obdobja in temperaturne vsote. V: Novi izzivi v poljedelstvu 2000, Zbornik simpozija, Moravske Toplice, Slovensko agronomsko društvo: 54-60
- Kajfež-Bogataj L. 2001. Klimatske spremembe in njihove posledice - dejstva in predvidevanja. *Gozdarski vestnik*, 59, 4: 203-208

- Kajfež-Bogataj L. 2005. Podnebne spremembe in njihovi vplivi na kakovost življenja ljudi. *Acta agriculturae Slovenica*, 85, 1: 41-54
- Kajfež-Bogataj L., Hočevar A. 1994. Assessment of climate change effects on productivity of beech stand in Slovenia using simulation methods. *Agricultural and Forest Meteorology*, 72, 1-2: 47-56
- Kajfež-Bogataj L., Robič D. 1985. Comparison of observed and predicted forest productivity in various climatic conditions in Slovenia. Seminar o biometeoroloških metodah v gozdarstvu z uporabo standardnih meteoroloških in satelitskih opazovanj vremena - Bled, Jugoslavija, 23.-25.septembra 1985, Razprave. -(Zbornik Biotehniške fakultete Univerze Edvarda Kardelja v Ljubljani), suppl. 10, 57-65
- Kastelec D. 2001. Objektivna prostorska interpolacija meteoroloških spremenljivk in njihovo kartiranje :. Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo. Ljubljana, University of Ljubljana: 152
- Katzensteiner K. 2000. Wasser- und Stoffhauhalt von Waldecosystemen in den noerdlichen Kalkalpen. Wien, Universitaet fuer Bodenkultur: 159 str.
- 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, 59-73
- Kimmins J.P. 1997. Forest Ecology: A Foundation for Sustainable Management. Upper Saddle River, New Jersey, Prentice Hall: 596 str.
- Klaasen W., Lankreijer H.J.M., Veen A.W.L. 1996. Rainfall interception near a forest edge. *Journal of Hydrology*, 185, 349-361
- Konečnik K., Zaplotnik V. 2001. Pragozdni rezervat Strmec-raziskave zgradbe naravnega gozda in primerjava izbranih metod. Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire. Ljubljana, University of Ljubljana: 107
- Košmelj B. 1983. Uvod v multivariatno analizo. Ljubljana, Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani, Ekonomska fakulteta Borisa Kidriča: 272 str.
- Košmelj B. 1986. Faktorska analiza. Ljubljana, Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani, Ekonomska fakulteta Borisa Kidriča: 54 str.
- Košmelj K. 2001. Uporabna statistika. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 249 str.
- Kozłowski T., T. 1982. Water Supply and Tree Growth, Part I Water Deficits. *Forestry Abstracts*, 43, 2: 57-95
- Kraigher H., Jurc D., Kalan P., Kutnar L., Levanič T., Rupel M., Smolej I. 2002. Beech coarse woody debris characteristics in two virgin forest reserves in southern Slovenia. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 69, 91-134
- Krečmer V. 1966. Das Mikroklima der Kieferlochkahlschlaege. II Teil: Lufttemperatur. *Wetter und Leben*, 18, 9-10: 186-198
- Krečmer V. 1967a. Das Mikroklima der Kieferlochkahlschlaege. III Teil: Bodentemperatur. *Wetter und Leben*, 19, 5-6: 107-115
- Krečmer V. 1967b. Das Mikroklima der Kieferlochkahlschlaege. IV Teil: Vertikale Niederschlaege, Luftfeuchtigkeit. *Wetter und Leben*, 19, 9-10: 203-214

- Krečmer V. 1968. Das Mikroklima der Kieferlochkahlschlaege. VI Teil: Schneedecke, Bodenfeuchtigkeit. Wetter und Leben, 20, 7-8: 137-151
- 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: 180 str.
- Kunstler G., Curt T., Lepart J. 2005. Spatial pattern of beech (*Fagus sylvatica* L.) and oak (*Quercus pubescens* Mill.) seedlings in natural pine (*Pinus sylvestris* L.) woodlands. European journal of Forest Research, 123, 4:
- Kurnik B. 2002. Primerjava različnih metod za izračun referenčne evapotranspiracije v Sloveniji. Fakulteta za matematiko in fiziko, Oddelek za fiziko, Katedra za meteorologijo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani
- Kutílek M., Nielsen D.R. 1994. Soil hydrology. Cremlingen-Destedt, Catena Verlag: 370 str.
- Ladekar Lyngs U. 1998. Estimation of the components of soil water balance in a Danish oak stand from measurements of soil moisture using TDR. Forest Ecology and Management, 104, 227-238
- Larcher W. 1995. Physiological Plant Ecology, Springer str.
- Le Dantec V., Dufrene E., Saugier B. 2000. Interannual and spatial variation in maximum leaf area index of temperate deciduous stands. Forest Ecology and Management, 134, 1-3: 71-81
- Leuschner C., Backes K., Hertel D., Schipka F., Schmitt U., Terbotg O., Runge M. 2001. Drought responses at leaf, stem and fine root levels of competitive *Fagus sylvatica* L. and *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. trees in dry and wet years. Forest Ecology and Management, 149, 33-46
- 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: 1-29
- Liechty H.O., Holmes M.J., Reed D.D., Mroz G.D. 1992. Changes in microclimate after stand conversion in two northern hardwood stands. Forest Ecology and Management, 50, 253-264
- Lookingbill T.R., Urban D.L. 2003. Spatial estimation of air temperature differences for landscape-scale studies in montane environments. Agricultural and Forest Meteorology, 114, 141-151
- Lukanc M. 1992. Analize tal, foliarne analize in ugotavljanje onesnaženosti zraka. Ljubljana, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo: 3-15 str.
- Lu J., Sun G., McNulty S.G., Arnatya D.M. 2005. A comparison of six potential evapotranspiration methods for regional use in the southeastern united states. JOURNAL OF THE AMERICAN WATER RESOURCES ASSOCIATION, June 2005, 621-632
- Madsen P. 1994. Effects of soil water content, fertilization, light, weed competition and seedbed type on natural regeneration of beech (*Fagus sylvatica*). Forest Ecology and Management, 72, 251-264

- Mahmood R., Hubbard K.G. 2003. Simulating sensitivity of soil moisture and evapotranspiration under heterogenous soils and land uses. *Journal of Hydrology*, 280, 72-90
- Matičič B. 1984. Izvajanje drenažnih sistemov, Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani, VDO BF, VTOZD za agronomijo str.
- McCulloch J.S.G., Robinson M. 1993. History of forest hydrology.V: Water issues in forests today. International Symposium of Forest hydrology, Canberra, *Journal of Hydrology*: 189-216
- Mlinšek D. 1967. Pomlajevanje in nekatere razvojne značilnosti bukovega in jelovega mladovja v pragozdu na Rogu. *Zbornik Biotehniške Fakultete Univerze v Ljubljani*, 15, 7-32
- Mlinšek D.a. 1992. Gojenje gozdov I in II. Skripta. Ljubljana: 157 str.
- Mlinšek D. 1967. Pomlajevanje in nekatere razvojne značilnosti bukovega in jelovega mladovja v pragozdu na Rogu. *Zbornik Biotehniške Fakultete Univerze v Ljubljani*, 15, 7-32
- Mlinšek D., Zupančič M. 1974. Enoletna rast vršnih mladik v bukovi gošči jelovo-bukovega pragozda. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 12, 67-86
- Morecroft M.D., Taylor M.E., Oliver H.R. 1998. Air and soil microclimates of deciduous woodland compared to an open site. *Agricultural and Forest Meteorology*, 90, 1-2: 141-155
- Nielsen D.R., Wendroth O. 2003. Spatial and temporal statistics. *Sampling Field Soils and their Vegetation*. Reiskirchen, Catena Verlag GMBH: 398 str.
- Noborio K. 2001. Measurement of soil water content and electrical conductivity by time domain reflectometry: a review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 31, 213-237
- O'Loughlin E.M., Dunin F.X. 1993. Water issues in forests today.V: International Symposium of Forest hydrology, Canberra, *Journal of Hydrology*: 5-6
- Pavlovčič F. 2004. Certifikat o kalibraciji. Ljubljana, ARSO, Umerjevalni laboratorij: 16 str.
- Penman H.L. 1963. *Vegetation and hydrology*, Commonwealth Bureau of Soils: 124 str.
- Perrin C., Michel C., Andreassian V. 2001. Does a large number of parameters enhance model performance? Comparative assessment of common catchment model structures on 429 catchments. *Journal of Hydrology*, 242, 3-4: 275-301
- Persson M., Bertacchi C.U. 2003. Estimating soil solution electrical conductivity from time domain reflectometry measurements using neural networks. *Journal of Hydrology*, 273, 249-256
- Petrič M. 2000. Značilnosti odnosa med napajanjem in praznjenjem kraškega vodonosnika v zaledju izvirov Vipave (Slovenija). *Acta Carsologica*, 29/2, 21: 271-292
- Petrič M. 2002. Characteristics of Recharge-Discharge Relations in Karst Aquifer. Postojna-Ljubljana, Založba ZRC, Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU (Zbirka Carsologica): 154 str.
- Pihler B. 1999. Gozd in gozdni potok-nedeljiva celota. *Gozdarski vestnik*, 57, 4: 173-185

- Post D.A., Jones J.A. 2001. Hydrologic regimes of forested, mountainous, headwater basins in New Hampshire, North Carolina, Oregon, and Puerto Rico. *Advances in Water Resources*, 24, 9-10: 1195-1210
- Potter B.E., Teclaw R.M., Zasada J.C. 2001. The impact of forest structure on near-ground temperatures during two years of contrasting temperature extremes. *Agricultural and Forest Meteorology*, 106, 331-336
- 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: 69-85
- Proe M.F., Griffiths J.H., McKay H.M. 2001. Effect of whole tree harvesting on microclimate during establishment of second rotation forestry. *Agricultural and Forest Meteorology*, 110, 141-154
1994. ULRS št. 323-01/91-2/16. Program razvoja gozdov.
- Puncer I. 1980. Dinarski jelovo-bukovi gozdovi na Kočevskem. *Razprave*, 22, 6: 161
- Šraj M. 2003. Modeliranje in merjenje prestreženih padavin na povodju reke Dragonje. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani: 236
- Rajkai K., Gacsi Z. 2004. Soil moisture patterns in artificial gaps of managed beech forest stand. NatMan project WP4. Hungary, Nat-Man Project, funded by EU 5th Framework Programme: 21 str.
- Rasmussen K., R., Rasmussen S. 1984. The summer water balance in a Danish oak stand. *Nordic Hydrology*, 15, 213-222
- Redding T.E., Hope G.D., Fortin M.J., Schmidt M.G., Bailey W.G. 2002. Spatial patterns of soil temperature and moisture across subalpine forest-clearcut edges in the southern interior of British Columbia. *Canadian Journal of Soil Science*, 83, 121-130
- Rejic M., Smolej I. 1988. Sladkovodni ekosistemi in varstvo voda, Gozdna hidrologija. Ljubljana, Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani, BF, VTOZD za gozdarstvo: 225 str.
- Ritter E. 2004. The effect of gap formation on soil temperature, soil water, and processes in the nitrogen cycle in temperate beech forests of different management intensities. Copenhagen, The Royal Veterinary and Agricultural University: 232
- Ritter E., Dalsgaard L., Einhorn K.S. 2005. Light, temperature and soil moisture regimes following gap formation in a semi-natural beech-dominated forest in Denmark. *Forest Ecology and Management*, 206, 1-3: 15-33
- 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: 229-245
- Robič D. 1994. Hidrološka vloga gozdnega zastora in odprta vprašanja pri ugotavljanju vodne bilance gozdov. V: Gozd in voda: zbornik republiškega seminarja, Poljče, 11.-13. oktober 1994, Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo: 61-76
- Robič M. 2003. Podzemne vode v aluvialnih vodonosnikih v avgustu 2003. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje, Urad za monitoring: 3 str.

- Roženberger D. 2000. Razvojne značilnosti sestojev v pragozdnih ostankih Pečka in Rajhenavski Rog. Stand dynamics of the Virgin Remnants of Pečka and Rajhenavski Rog. Gozdarski vestnik, 58, 3: 115-126
- Roženberger D., Diaci J. 2003a. 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: 38 str.
- Roženberger D., Diaci J. 2003b. Natural regeneration of beech forest in Europe - Slovenia: approaches, problems, recent advances and recommendations. NatMan project WP3. Deliverable 22., Nat-Man Project, funded by EU 5th Framework Programme: 14 str.
- Runkle J.R. 1989. Synchrony of regeneration, gaps, and latitudinal differences in treespecies diversity. Ecology, 70, 3: 546-547
- Rutter A.J. 1975. The Hydrological Cycle in Vegetation. Vegetation and Atmosphere, Academic press London, New Yourk, San Francisco
- Saltelli A. 2002. Sensitivity Analysis for Importance Assessment. Risk Analysis, 22, 3: 579-590
- Saltelli A. 2005. Global Sensitivity Analysis: An Introduction. <http://webfarm.jrc.cec.eu.int/uasa/index.asp?app=jrc&prj=frames&sec=home&dic=1&mode=6&swebSite=/uasa/&head=8&menuopen=1&start=yes&sHome=/scripts/db/bld/builder.asp?app=jrc;PRJ=EVENTS;dic=1;SEC=DETAIL;vkey=179>. (1.7.05)
- Schaap M.G., Bouten W., Verstraten J.M. 1997. Forest floor water content dynamics in a Douglas fir stand. Journal of Hydrology, 201, 367-383
- Schaap M.G., Lange L., Heimovara T.J. 1996. TDR calibration of organic forest floor media. Soil Technology, 11, 205-217
- Schöniger M., Dietrich J. 2001. Vorlesung Hydrologie. Grundstudium Geoökologie an der TU Braunschweig, einzelne Kapitel für Bauingenieurswesen/Vertiefungsfach Wasserwirtschaft an der FH Nordostniedersachsen-Suderburg Version 2.7.1 vom 20.07.2001, TU Braunschweig str.
- Schume H., Hager H., Jost G. 2003a. Soil water dynamics and evapotranspiration in a spruce monoculture and a mixed broadleaf-conifer stand. Ecologia, 22, 3: 86-101
- Schume H., Jost G., Hager H. 2004. Soil water depletion and recharge patterns in mixed and pure forest stands of European beech and Norway spruce. Journal of Hydrology, 289, 1-3: 258-274
- Schume H., Jost G., Katzensteiner K. 2003b. Spatio-temporal analysis of the soil water content in a mixed Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) - European beech (*Fagus sylvatica* L.) stand. Geoderma, 112, 273-287
- Schuttleworth W.J., Wallace J.S. 1985. Evaporation from sparse crops - an energy combination theory. Quart J Royal meteorol Soc, 111, 839-855
- 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: 21-48

- Simončič P. 1996. Odziv gozdnega ekosistema na vplive kislih odločin 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
- Simončič P. 2001. Soil solution quality and soil characteristics with regard to clear cutting. Glas. Šum. Pokuse, 38, 159-166
- Simončič P., Kobler A., Pogačnik N., Medved M., Torelli N., Robek R. 2001. Podnebne spremembe in slovenski gozdovi: Climate change and Slovene forests. Gozdarski vestnik, 59, 4: 184-202
- Simončič P., Smolej I., Rupel M., Urbančič M., Kalan P., Kraigher H. 1998. Kroženje hranil in pestrost ektomikorize v smrekovem gozdu na Pokljuki.V: Gorski gozd: zbornik referatov = Mountain forest: conference proceedings, Logarska dolina, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire = Biotechnical Faculty, Department of Forestry and Renewable Forest Resources: 207-221
- Simončič P., Urbančič M. 2000. Vodno-zračne lastnosti talnih vzorcev z Gačnika pri Mariboru. Ljubljana, GIS: 10 str.
- Smolej I. 1977. Klima sestojne odprtine in njen gozdnogojitveni pomen. Biotehniška fakulteta. Ljubljana, Univerza v Ljubljani: 73
- Smolej I. 1978. Porazdelitev dežja v sestojni odprtini. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 16, 1: 83-108
- Standovar T., Kenderes K. 2003. A review on natural stand dynamics in beechwoods of east central europe. Applied Ecology and Environmental Research, 1, 1-2: 19-46
- Sarr M. 1999. WATBAL: A model for estimating monthly water balance components, including soil water fluxes. 8th Annual Report of the UN ECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution in 1999, The Finnish Environment: 31-35
- Sarr M. 2001. WATBAL user-guide. http://www.metla.fi/hanke/3098/ewat_bal.htm.
- Sarr M. 2004a. WATBAL 0.5
- Sarr M. 2004b. WATBAL. A monthly soil water balance for forest stands: model description and basis, In preparation: 31-35 str.
- STATISTICA for Windows. 1984-1995. Tulsa, StatSoft, Inc.
- Stribley G.H., Ashmore M.R. 2002. Quantitative changes in twig growth pattern of young woodland beech (*Fagus sylvatica* L.) in relation to climate and ozone pollution over 10 years. Forest Ecology and Management, 157, 1-3: 191-204
- Sun G., McNulty S.G., Lu J., Amatya D.M., Liang Y., Kolka R.K. 2005. Regional annual water yield from forest lands and its response to potential deforestation across the southeastern United States. Journal of Hydrology, 308, 1-4: 258-268
- Surfer 8. User's Guide. 2002. Colorado, Golden Software, Inc.: 640
- Sušnik A., Žust A. 2003. AGROMETEOROLOGIJA. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje, Urad za meteorologijo: 9 str.
- Svet M.M. 1993. Dinamika vodne bilance kmetijskih tal v Sloveniji v obdobju 1961-1990. Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo. Ljubljana, University of Ljubljana: 85

- Svetlitchnyi A.A., Plotnitskiy S.V., Stepovaya O.Y. 2003. Spatial distribution of soil moisture content within catchments and its modelling on the basis of topographic data. *Journal of Hydrology*, 277, 1-2: 50-60
- Tallaksen L.M. 1996. Comparative Model Estimates of Interception Loss in a Coniferous Forest Stand. *Nordic Hydrology*, 27, 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, 205-225
- Thompson S.A. 1999. *Hydrology for water management*. Rotterdam, Balkema: 476 str.
- Thomsen A. 1994. Program AUTOTDR for making automated TDR measurements of soil water content, Danish Institute of Plant and Soil Science: 11 str.
- 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: 40-57
- Topp G.C., Davis J.L. 1985. Measurement of soil water content using time-domain reflectometry (TDR): a field evaluation. *Soil Science Society of America*, 49, 19-24
- Topp G.C., Davis J.L., Annan A.P. 1980. Electromagnetic determination of Soil Water Content Measurements in Coaxial Transmission Lines. *Water Resources Research*, 16, 3: 574-582
- Topp G.C., Davis J.L., Annan A.P. 1982. Electromagnetic determination of soil water content using TDR: Applications to wetting fronts and steep gradients. *Soil Science Society of America*, 46, 672-678
- Urbančič M. 2004. Poročilo o debelini in vrsti plasti ter tipih tal na Razsikovalnih ploskvah Snežna jama in Rajhenavski Rog. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije: 10 str.
- Van der Salm C., Reinds G., de Vries W. 2004. Assessment of the water balance in European forests: a model study. *WASP FOCUS*, 4, 2-3: 175-190
- Van Grinsven H.J.M. 1995. Modelling water, carbon and nutrient cycles in forests: application of 16 simulation models to a spruce stand at Solling, Germany. *Ecological Modelling*, 83, 1-2: 302
- Vilhar U. 2003. Izračun vodne bilance bukovega sestoja z modelom WATBAL za leto 2001 (Estimation of water fluxes trough beech forest with the simple water balance model WATBAL for the year 2001). *Gozdarski vestnik*, 61, 2: 59-68
- Vilhar U., Starr M., Urbančič M., Smolej I., Simončič P. 2005. Gap evapotranspiration and drainage fluxes in a managed and virgin Dinaric silver fir - beech forest in Slovenia. *European journal of Forest Research*,
- Virant D. 1993. Dinamično modeliranje vpliva padavin na fizikalne lastnosti tal; Dynamical modelling of rainfall impact on soil physical properties. Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo. Ljubljana, University of Ljubljana: 485
- Von Burger H. 1954a. Einfluss des Waldes auf den Stand der Gewaesser. II. Mitteilung. Der Wasserhaushalt im Sperbel- und Rappengraben von 1915/16 bis 1926/27.

- Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt fuer forstliche Versuchswesen, XVIII, 2: 311-416
- Von Burger H. 1954b. Einfluss des Waldes auf den Stand der Gewaesser. V. Mitteilung. Der Wasserhaushalt im Sperbel- und Rappengraben von 1942/1943 bis 1951/52. Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt fuer forstliche Versuchswesen, XXXI, 1: 9-58
- Von Casparius E. 1959. 30 Jahre wassermessstationen im Emmental. Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt fuer forstliche Versuchswesen, 35, 1: 179-224
- Welander N.T., Ottosson B. 1998. The influence of shading on growth and morphology in seedlings of *Quercus robur* L. and *Fagus sylvatica* L. *Forest Ecology and Management*, 107, 1-3: 117-126
- Wellpott A., Imbery F., Schindler D., Mayer H. 2005. Simulation of drought for a Scots pine forest (*Pinus sylvestris* L.) in the southern upper Rhine plain. *Meteorologische Zeitschrift*, 14, 2: 143-150
- Whitmore T.C. 1989. Canopy gaps and the two major groups of forest trees. *Ecology*, 70, 3: 536-538
- Wilson K.B., Hanson P.J., Baldocchi D.D. 2000. Factors controlling evaporation and energy partitioning beneath a deciduous forest over an annual cycle. *Agricultural and Forest Meteorology*, 102, 2-3: 83-103
- WinSCANOPY for hemispherical image analysis. 2003. Regent instruments
- Wosten J.H.M., Lilly A., Nemes A., Le Bas C. 1999. Development and use of a database of hydraulic properties of European soils. *Geoderma*, 90, 3-4: 169-185
- WRB. 1998. World reference base for soil resources. Rome, FAO, ISRIC, ISSS: 79 str.
- Yamamoto S. 2000. Forest gap dynamics and tree regeneration. *Journal of Forest Research*, 5, 223-229
- York R.A., Battles J.J., Heald R.C. 2003. Edge effects in mixed conifer group selection openings: tree height response to resource gradients. *Forest Ecology and Management*, 179, 1-3: 107-121
- Zabowski D., Java B., Scherer G., Everett R.L., Ottmar R. 2000. Timber harvesting residue treatment: Part 1. Responses of conifer seedlings, soils and microclimate. *Forest Ecology and Management*, 126, 1: 25-34
2002. URLS 802-01/91-3/16. Zakon o vodah.
- Zierl B. 2001. A water balance model to simulate drought in forested ecosystems and its applications to the entire forested area in Switzerland. *Journal of Hydrology*, 242, 115-136
- Zirlewagen D., von Wilpert K. 2001. Modeling water and ion fluxes in a highly structured, mixed-species stand. *Forest Ecology and Management*, 143, 1-3: 27-37
- Zupanc V. 2003a. Določitev potreb po namakanju v Vipavski dolini za breskve in nektarine ob spremenjeni vodni bilanci tal. Biotehniška fakulteta, Odd. za agronomijo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani: 122

Zupanc V. 2003b. Meritve hidravlične prevodnosti tal. Ljubljana, Katedra za urejanje kmetijskega prostora in agrohidrologijo, BF, Univerza v Ljubljani: 3 str.

Zupanc V., Kajfež-Bogataj L., Bergant K., Pintar M. 2002. Impacts of climate change on irrigation demand in Slovenia. 9

ZAHVALA

ACKNOWLEDGMENTS

Iskreno se zahvaljujem Primožu Simončiču za enkratno delovno mentorstvo in vesplošno podporo. Juriju Diaciju se iskreno zahvaljujem za ideje, nasvete ter pomoč pri nalogi. Lučki Kajfež – Bogataj se iskreno zahvaljujem za predloge in pomoč. Iskrena hvala Klausu Katzensteinerju in Helmutu Schumeju za nasvete pri terenskem delu in pri nalogi. Tudi Michaelu Starru se iskreno zahvaljujem za vso pomoč in nasvete. Iskrena hvala Dušanu Roženbergerju, Ladu Kutnarju, Vesni Zupanc, Damijani Kastelec, Borisu Zupančiču in Andreji Sušnik za nasvete in posredovanje podatkov. Iskrena hvala Mateju Ruplu, Zvonetu Kastelicu, Igorju Smoleju, Tini Brišnik in Matjažu Čatru za terenska dela, Miheju Urbančiču za opravljena vzorčenja in nasvete, Mateji Meško, Danielu Žlindri, Magdi Špenko in Poloni Kalan iz Laboratorija za gozdno ekologijo za opravljene analize, pomoč in prijetno druženje. Hvala vsem študentom, ki so mi pomagali pri terenskem delu in me branili pred medvedmi,....

Vsem sodelavcem na Gozdarskem inštitutu Slovenije in Niku Torelliju se zahvaljujem za pomoč in prijetno vzdušje pri mojem delu.

Najlepša hvala mojim najbližjim, ker mi vedno stojite ob strani,

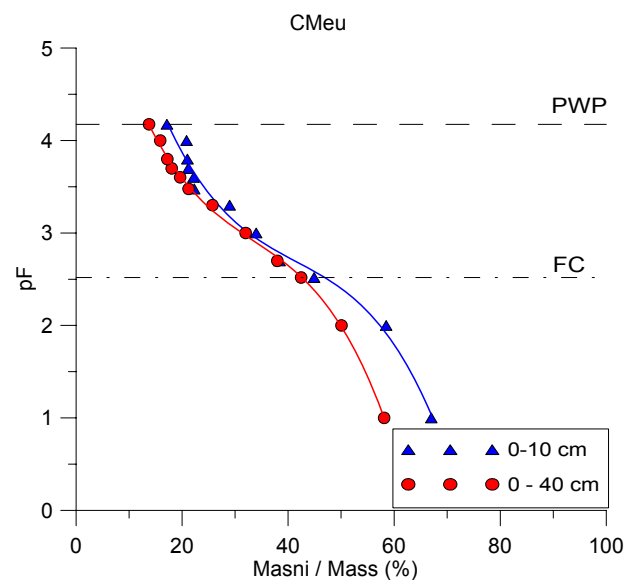
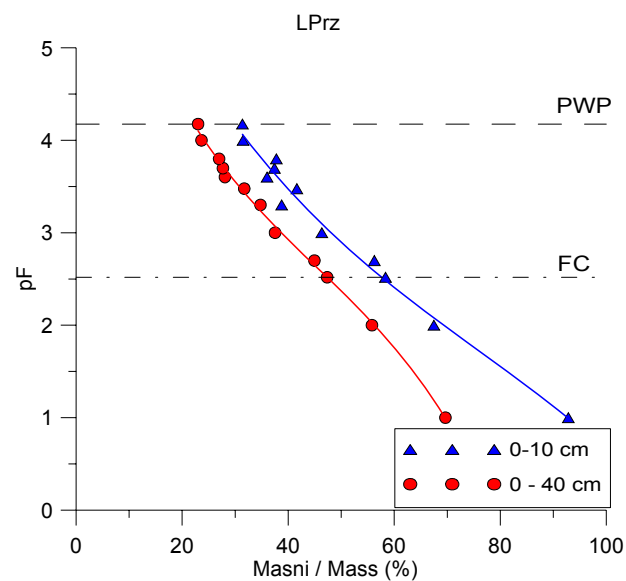
Urša Vilhar

PRILOGE

ATTACHEMENTS

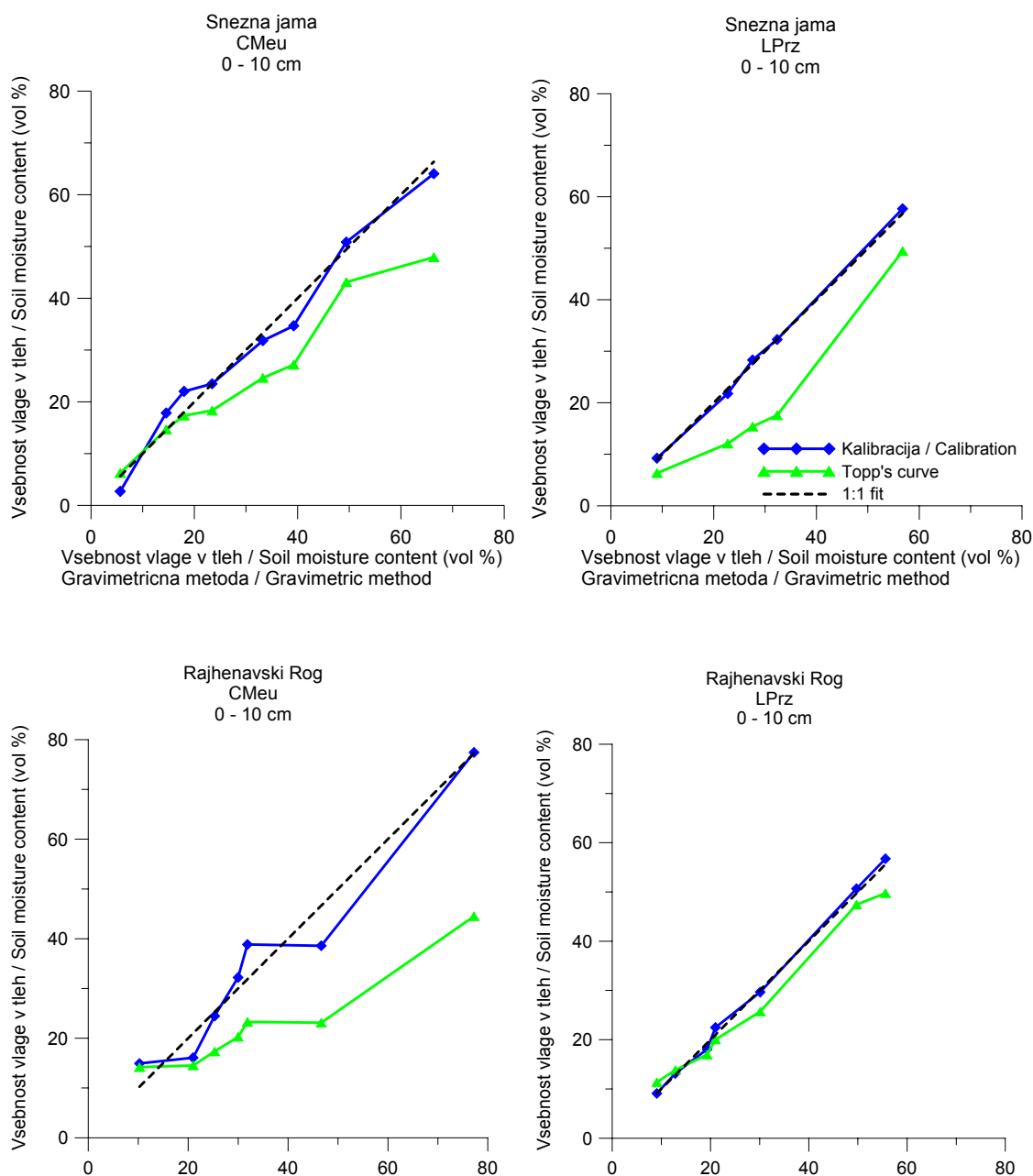
Priloga A: pF krivulja za rjava pokarbonatna tla (CMeu) ter za razvite rendzine (LPrz), globina od 0 – 10 cm in 0 – 40 cm. FC - Poljska kapaciteta / Field capacity (2,52 pF / 0,33 MPa), PWP - Točka venenja / Permanent wilting point (4,18 pF / 15 MPa).

Attachment A: pF curve for *Eutric Cambisols* (CMeu) and *Rendzic Leptosols* (LPrz), soil depth from 0 – 10 cm and 0 – 40 cm. FC - Field capacity (2,52 pF / 0,33 MPa), PWP - Permanent wilting point (4,18 pF / 15 MPa)



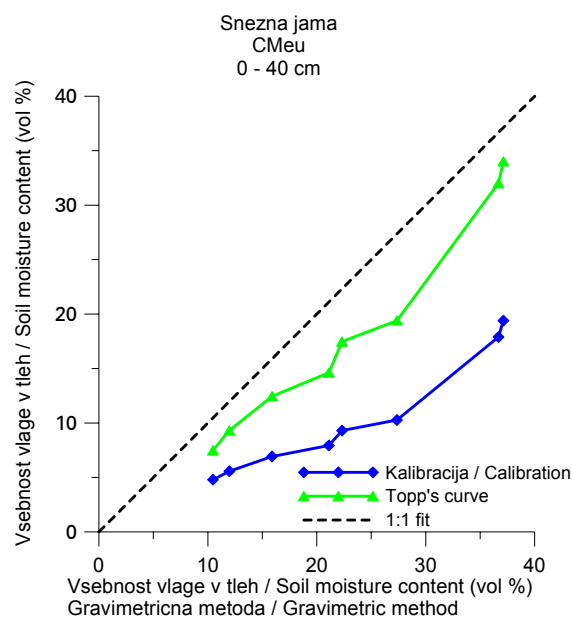
Priloga B1: Volumska vsebnost vlage v tleh, izpeljana s pomočjo kalibracijske krivulje ter Toppove enačbe v odvisnosti od volumske vsebnosti vlage v tleh z gravimetrično metodo za prevladujoče talne enote: razvite rendzine (LPrz) in rjava pokarbonatna tla (CMeu) na ploskvah Snežna jama in Rajhenavski Rog na globini od 0 do 10 cm.

Attachment B1: Volumetric soil moisture content, derived from calibration curve and Topp's equation, in relation to soil moisture content, obtained with gravimetric method, for prevailing soil units: *Rendzic Leptosols* (LPrz) and *Eutric Cambisols* (CMeu) at 0 – 10 cm depth at research site Snežna jama and Rajhenavski Rog



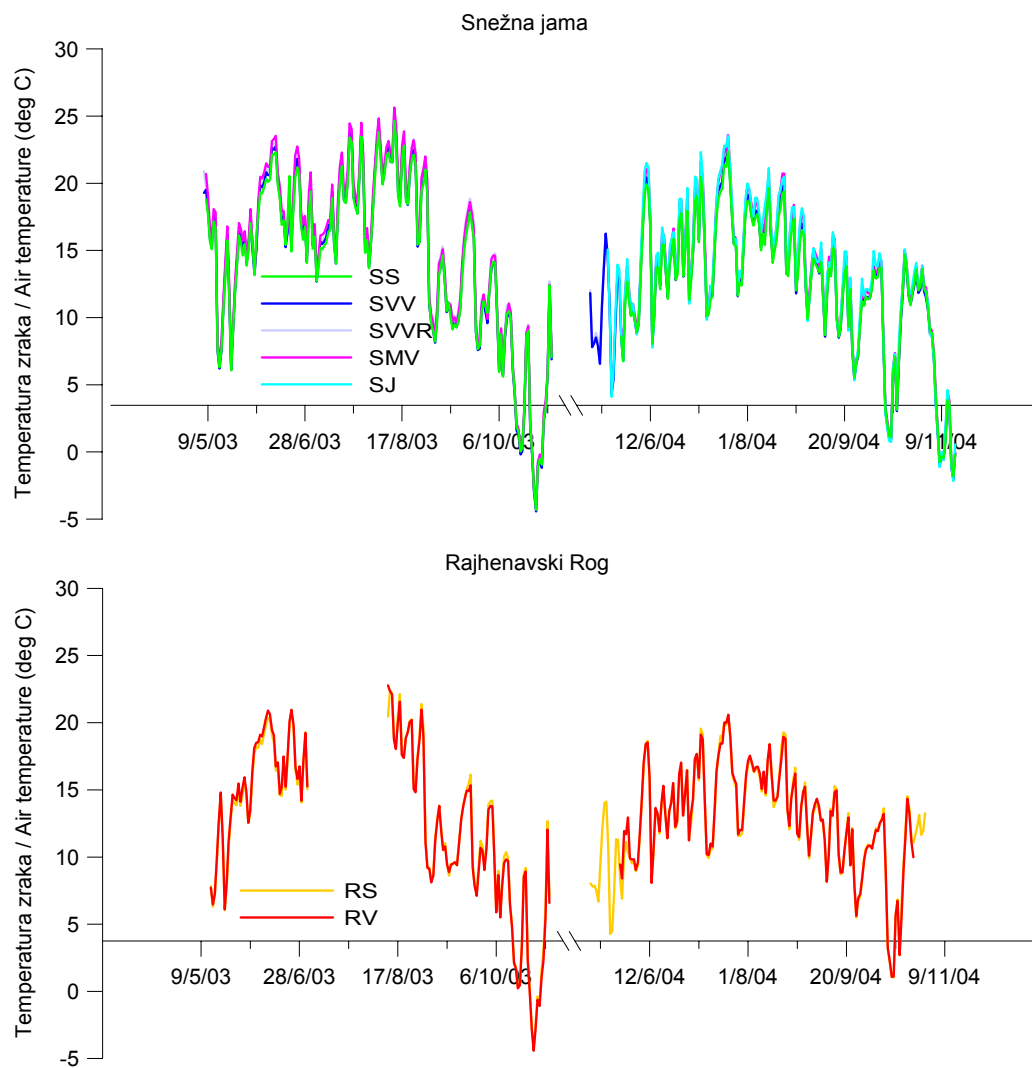
Priloga B2: Volumska vsebnost vlage v tleh, izpeljana s pomočjo kalibracijske krivulje ter Toppove enačbe v odvisnosti od volumske vsebnosti vlage v tleh, ugotovljene z gravimetrično metodo za talno enoto rjava pokarbovatna tla (CMeu) na raziskovalni ploskvi Snežna jama na globini od 0 do 40 cm.

Atachment B2: Volumetric soil moisture content, derived from calibration curve and Topp's equation, in relation to soil moisture content, obtained with gravimetric method, for soil unit *Eutric Cambisols* (CMeu) at research site Snežna jama at 0 – 40 cm depth



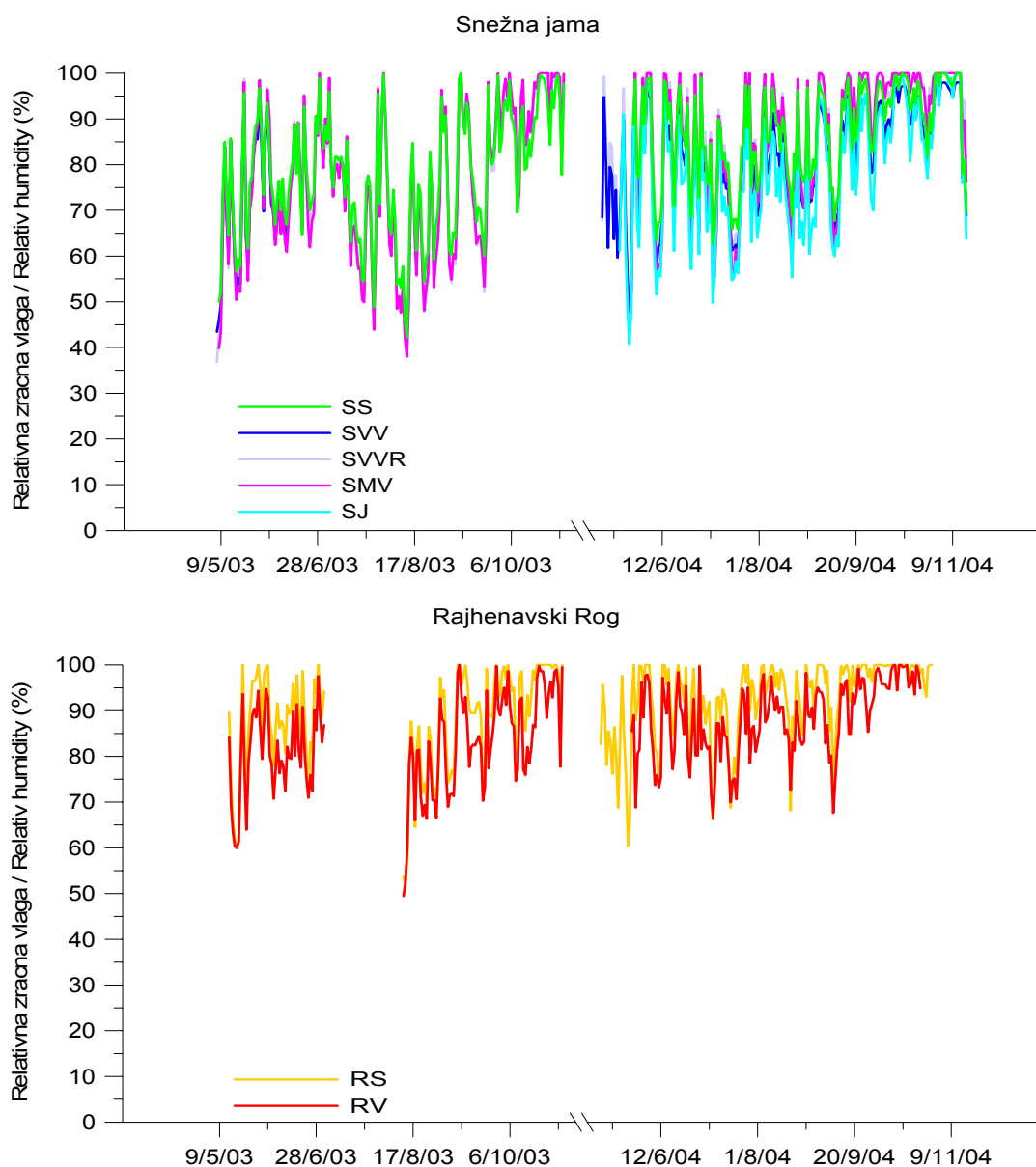
Priloga C: Povprečne dnevne temperature zraka, merjene na višini 2 m nad tlemi na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Rob velike vrzeli (SVVR), Mala vrzel (SMV), na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Vrzel (RV) in Sestoj (RS) v letih 2003 in 2004, ter povprečne dnevne vrednosti temperature zraka, merjene na višini 25 m nad tlemi na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Nad krošnjami (SJ) v letu 2004

Attachment C: Average daily air temperature at 2 m above ground at research site Snežna jama, plot Stand (SS), Large gap (SVV), Edge of the large gap (SVVR), Small gap (SMV), at research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS), Gap (RV) in 2003 and 2004 and average daily air temperature at 25 m above ground at research site Snežna jama, plot Above crowns (SJ) in 2004



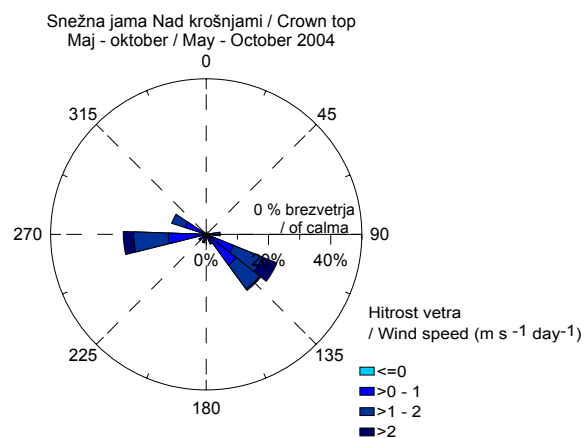
Priloga D: Povprečne dnevne vrednosti relativne zračne vlage, merjene na višini 2 m nad tlemi na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Rob velike vrzeli (SVVR), Mala vrzel (SMV), na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Vrzel (RV) in Sestoj (RS) v letih 2003 in 2004, ter povprečne dnevne vrednosti temperature zraka, merjene na višini 25 m nad tlemi na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Nad krošnjami (SJ) v letu 2004

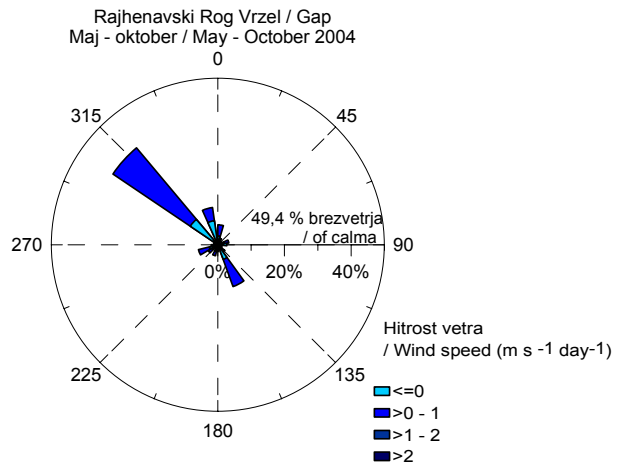
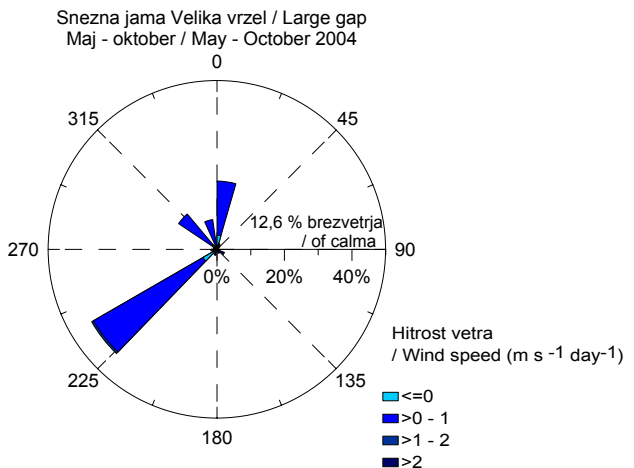
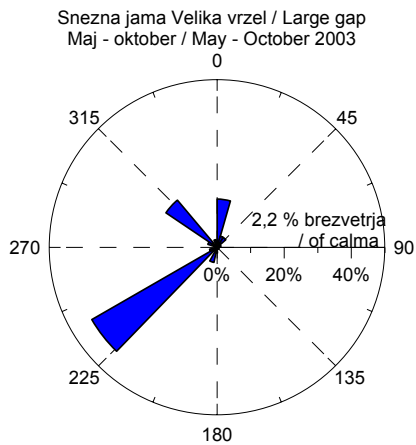
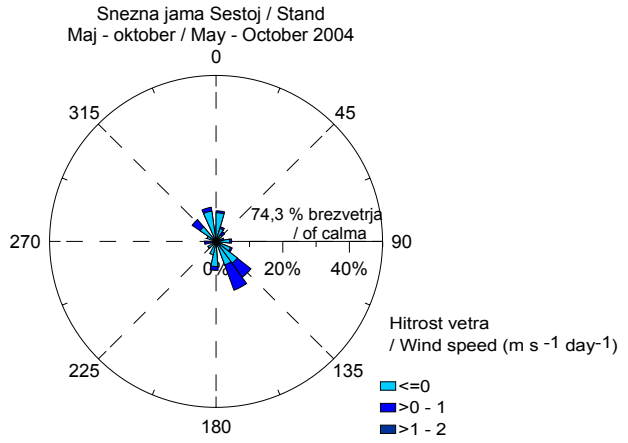
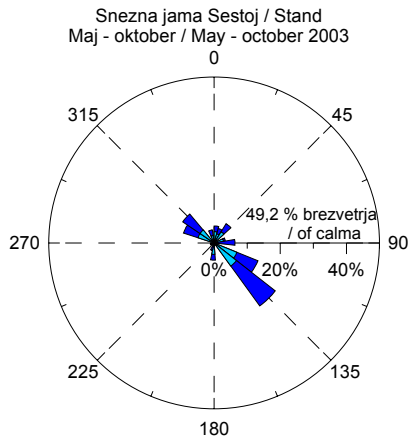
Attachment D: Average daily relative humidity 2 m above ground at research site Snežna jama, plot Stand (SS), Large gap (SVV), Edge of the large gap (SVVR), Small gap (SMV), at research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS), Gap (RV) in 2003 and 2004 and average daily air temperature at 25 m above ground at research site Snežna jama, plot Above crowns (SJ) in 2004



Priloga E: Povprečne dnevne hitrosti vetra glede na prevladujoče smeri na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Nad krošnjami (SJ) in podobjekt Vrzel (RV) na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog v letu 2004 (maj – oktober), podobjekt Sestoj (SS) in podobjekt Velika vrzel (SVV) na raziskovalni ploskvi Snežna jama v letih 2003 in 2004 (maj – oktober)

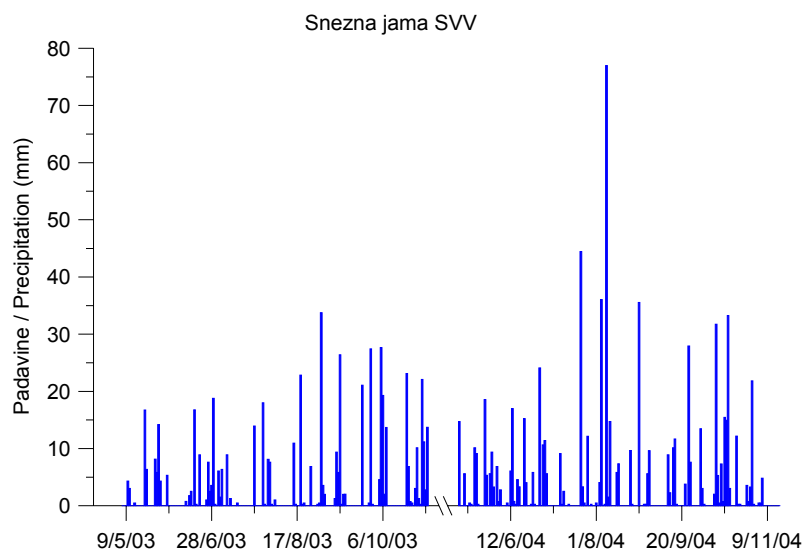
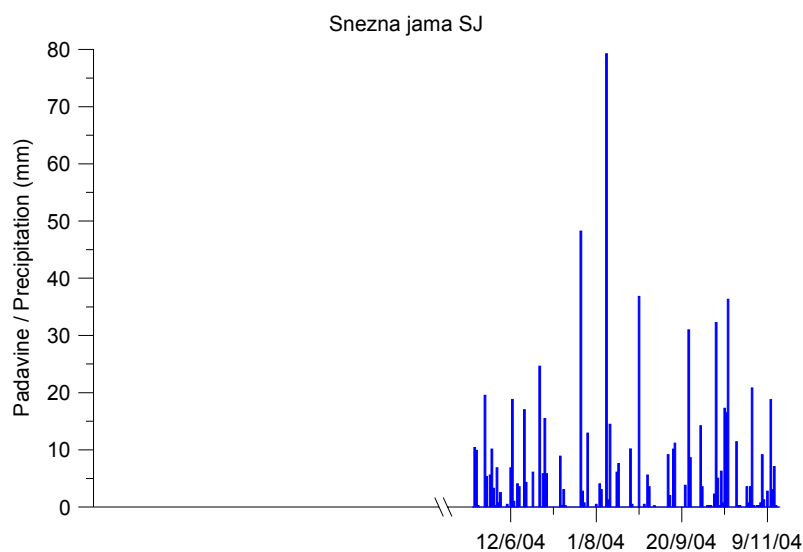
Attachment E: Average daily wind speed according to prevailing direction at research site Snežna jama, plot Above crowns (SJ) and, plot Stand (RS) at research site Rajhenavski Rog in 2004 (May – October), plot Stand (SS) and plot Large gap (SVV) at research site Snežna jama in 2003 and 2004 (May – October)

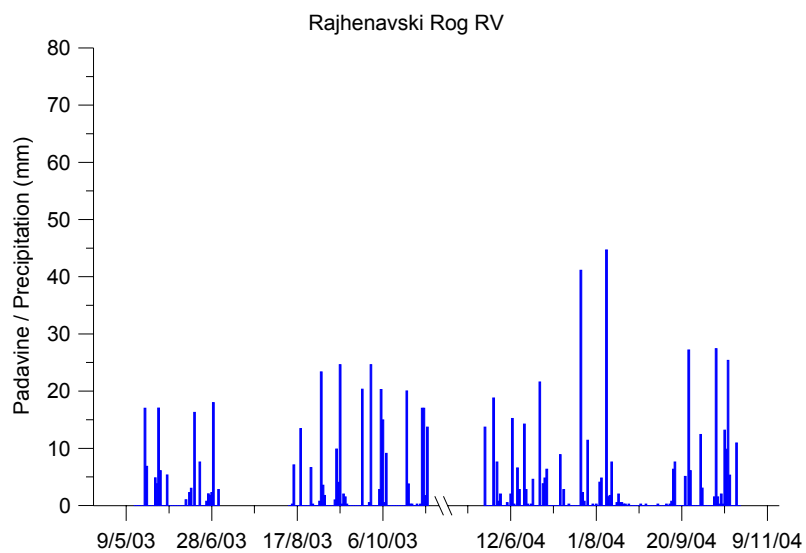
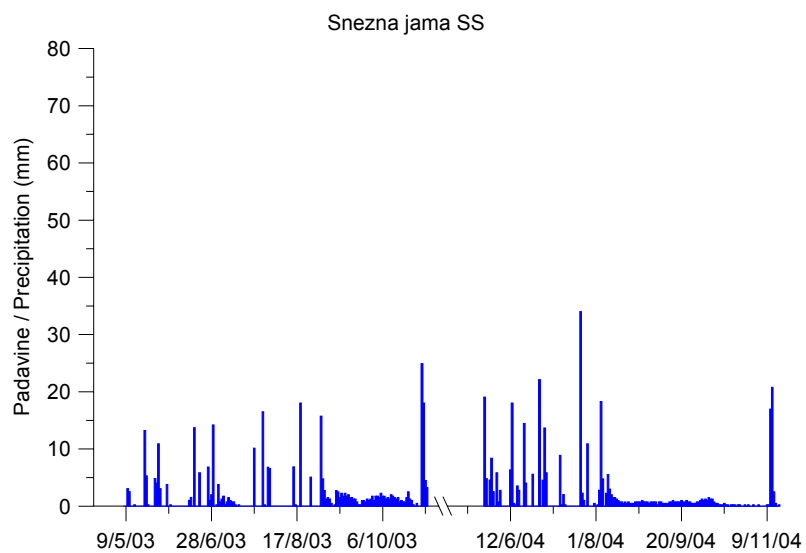




Priloga F: Dnevne količine padavin, merjene na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Sestoj (SS) ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Vrzel (RV) v letih 2003 in 2004 ter Nad krošnjami (SJ) v letu 2004

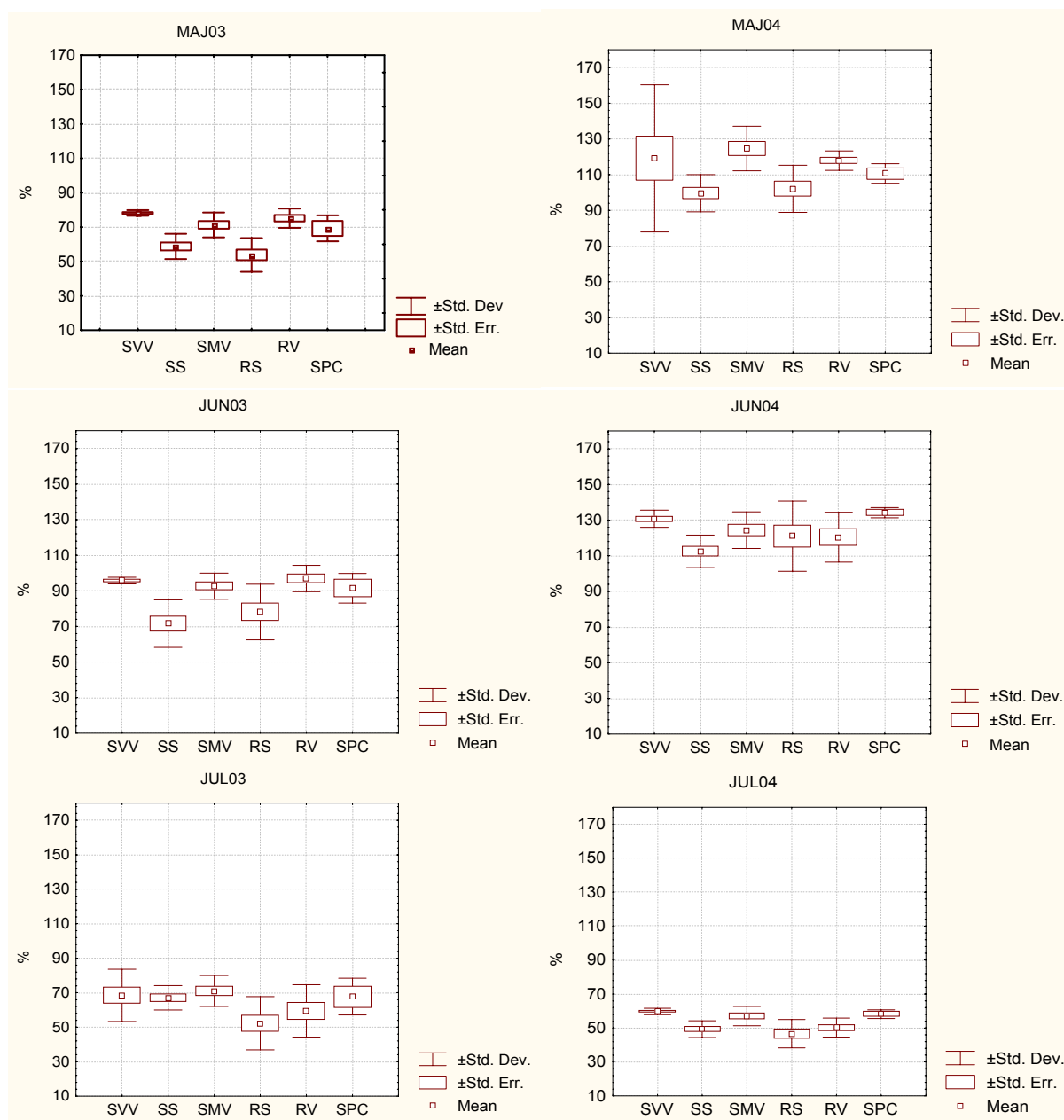
Attachment F: Daily precipitation 2 m above ground at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV), Stand (SS), and at research site Rajhenavski Rog, plot Gap (RV) in 2003 and 2004 and at research site Snežna jama, plot 25 m Above crowns (SJ) in 2004

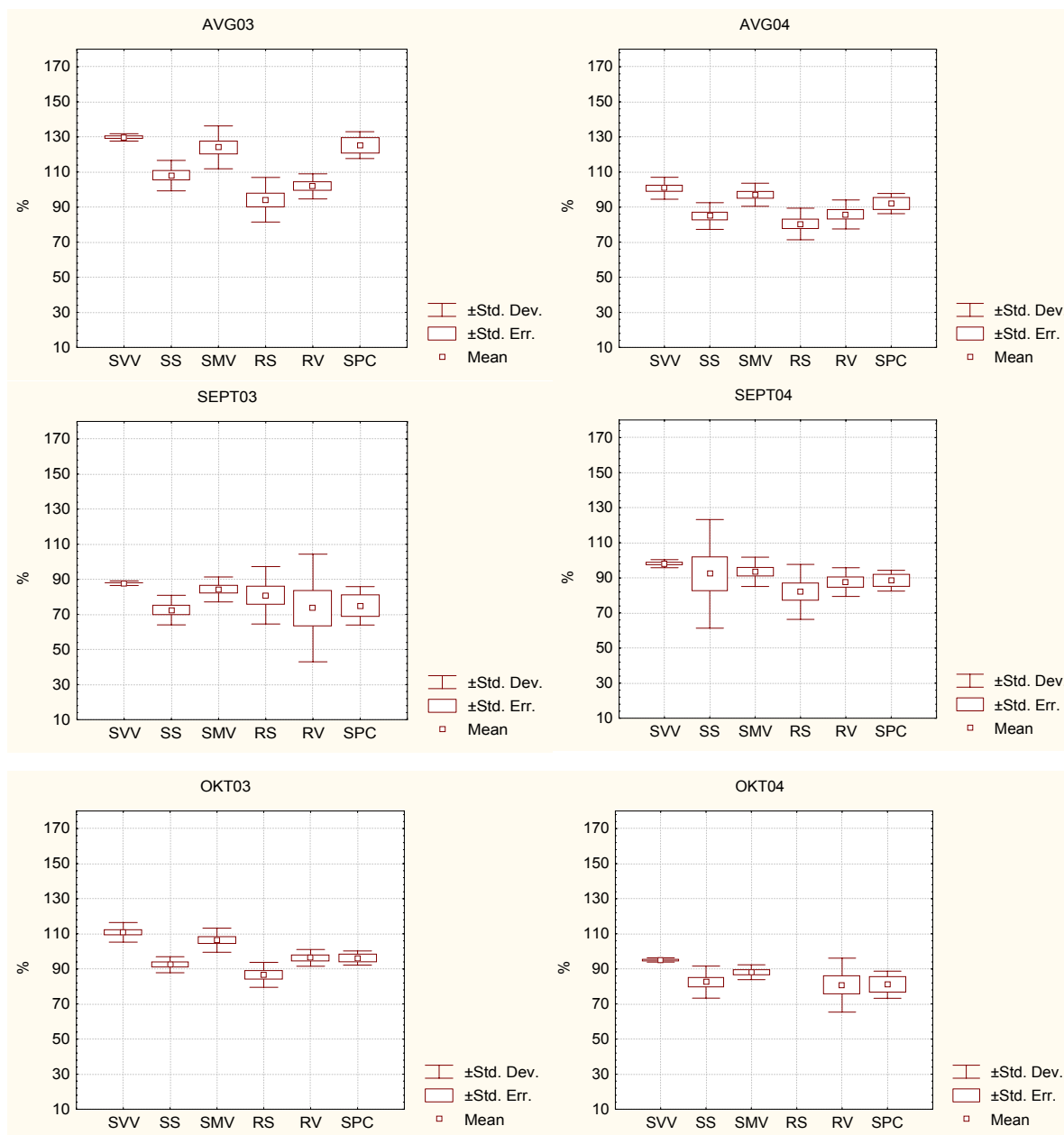




Priloga G1: Okvirji z ročaji za odstotke prepuščenih mesečnih padavin v količini padavin na prostem Rog Žaga (SŽ), izmerjeni v vegetacijskem obdobju v letih 2003 in 2004 na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), Mladje (SPC), ter na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) in Vrzel (RV)

Attachment G1: Box-Whisker plots for percentage of monthly throughfall 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).





Priloga G2: Rezultati t - testa za ugotavljanje razlik med mesečnimi količinami prepuščenih padavinami po posameznih dežemerih na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS). Vse količine prepuščenih padavin so izražene kot odstotki v količini padavin na prostem (SŽ). Skupno število meritev je 10. Statistično značilni p so označeni s krepko pisavo ($p < 0,05$), $p < 0,01$ so označeni s poševno pisavo.

Attachment G2: t - test for monthly throughfall at research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS). Throughfall is presented as percentage of precipitation in the open (SŽ). Total number of observations is 10. Statistically significant p are in bold ($p < 0,05$), for $p < 0,01$ are in italics.

Dežemer / Throughfall collector	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2	0.164									
3	0.054	0.527								
4	0.006	0.152	0.471							
5	0.065	0.654	0.825	0.305						
6	0.206	0.938	0.495	0.149	0.611					
7	0.001	0.053	0.219	0.553	0.119	0.054				
8	0.028	0.372	0.815	0.622	0.632	0.351	0.305			
9	0.028	0.425	0.925	0.475	0.727	0.400	0.200	0.871		
10	0.601	0.376	0.144	0.022	0.180	0.439	0.006	0.083	0.090	

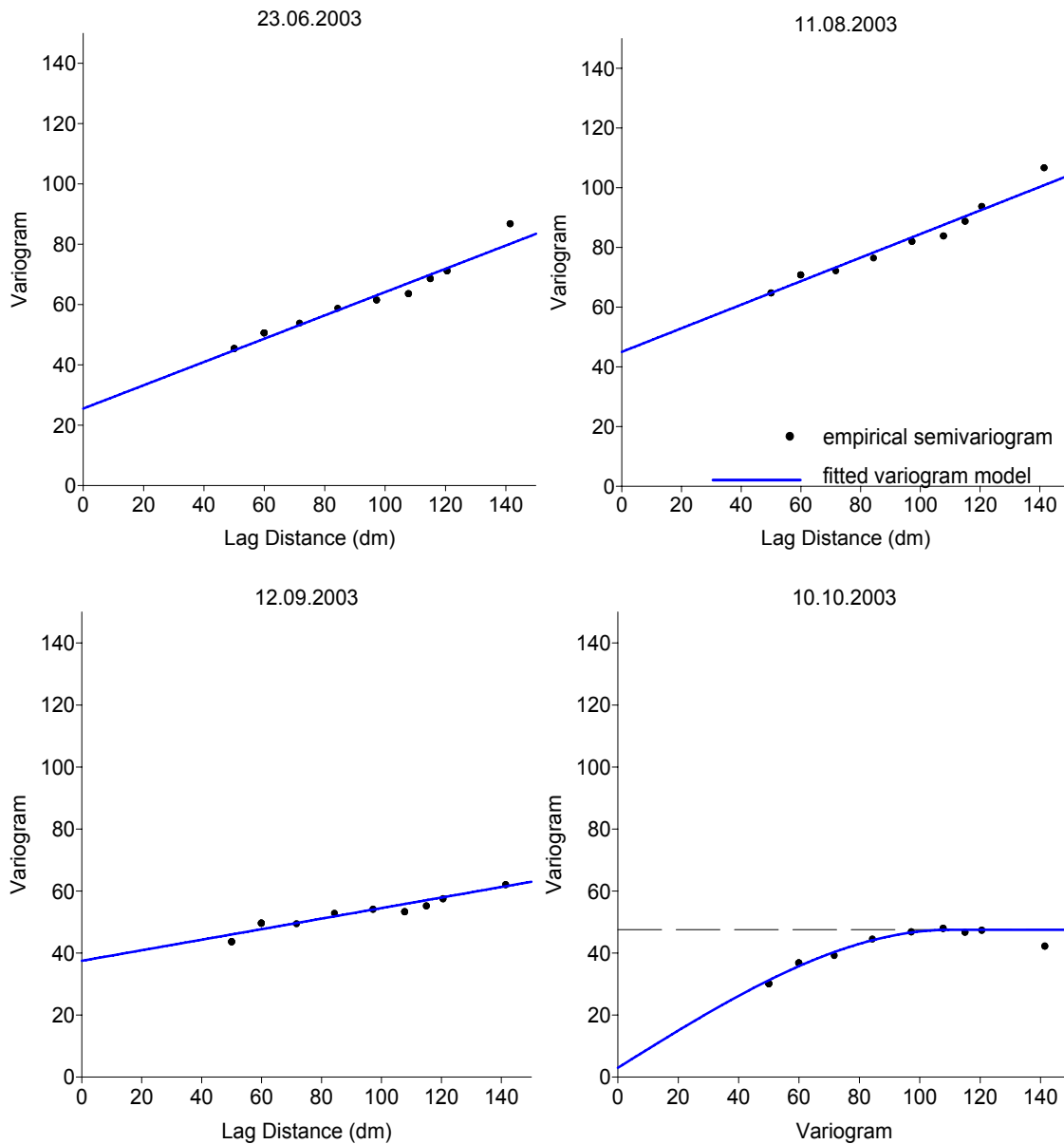
Priloga G3: Rezultati t - testa za odvisne vzorce za ugotavljanje razlik med mesečnimi količinami prepuščenih padavin v letu 2003 in 2004 po posameznih dežemerih na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), Mladje (SPC), ter na raziskovalni ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) in Vrzel (RV). Vse količine prepuščenih padavin so v absolutnih vrednostih (mm). Statistično značilni trendi so označeni s krepko pisavo ($p < 0,05$), $p < 0,01$ so označeni s poševno pisavo.

Attachment G3: t - test for dependent samples for monthly throughfall in years 2003 and 2004 at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV), Small gap (SMV), Stand (SS), Regeneration (SPC) and at research site Rajhenavski Rog, plot Gap (RV) and Stand (RS). Throughfall is presented in absolute values (mm). Statistically significant trends are in bold ($p < 0,05$), for $p < 0,01$ are in italics.

	2003 vs. 2004	Povprečje / Mean 2003	Povprečje / Mean 2004	N	t-vrednost / t- value	p
SVV	MAJ	78.20	119.13	11	-3.269	0.008
	JUN	95.78	59.75	11	34.111	0.000
	JUL	68.48	130.75	11	-13.720	0.000
	AVG	129.72	100.74	11	14.780	0.000
	SEPT	87.80	98.11	11	-15.830	0.000
	OKT	110.83	95.06	11	10.229	0.000
SMV	MAJ	74.03	194.14	11	-25.773	0.000
	JUN	78.13	116.51	11	-16.055	0.000
	JUL	65.72	120.87	11	-14.500	0.000
	AVG	91.83	237.16	11	0.000	0.000
	SEPT	117.45	109.53	11	4.407	0.001
SS	OKT	202.54	207.60	11	-1.811	0.100
	MAJ	61.03	155.16	10	-15.435	0.000
	JUN	60.43	100.80	10	-22.681	0.000
	JUL	62.09	109.32	10	-15.227	0.000
	AVG	79.92	207.48	10	-30.844	0.000
	SEPT	101.04	108.17	10	-0.595	0.567
RV	OKT	175.87	194.28	10	-2.872	0.018
	MAJ	78.05	183.60	9	-36.957	0.000
	JUN	81.79	102.67	9	-6.375	0.000
	JUL	55.01	117.07	9	-13.298	0.000
	AVG	75.39	209.73	9	-25.745	0.000
RS	SEPT	115.53	104.25	9	2.509	0.040
	OKT	183.31	190.27	9	-0.568	0.586
	MAJ	55.87	159.00	10	-17.862	0.000
	JUN	65.90	95.30	10	-15.490	0.000
	JUL	48.37	117.60	10	-15.765	0.000
	AVG	69.74	196.44	10	-22.435	0.000
	SEPT	112.80	96.12	10	3.032	0.014

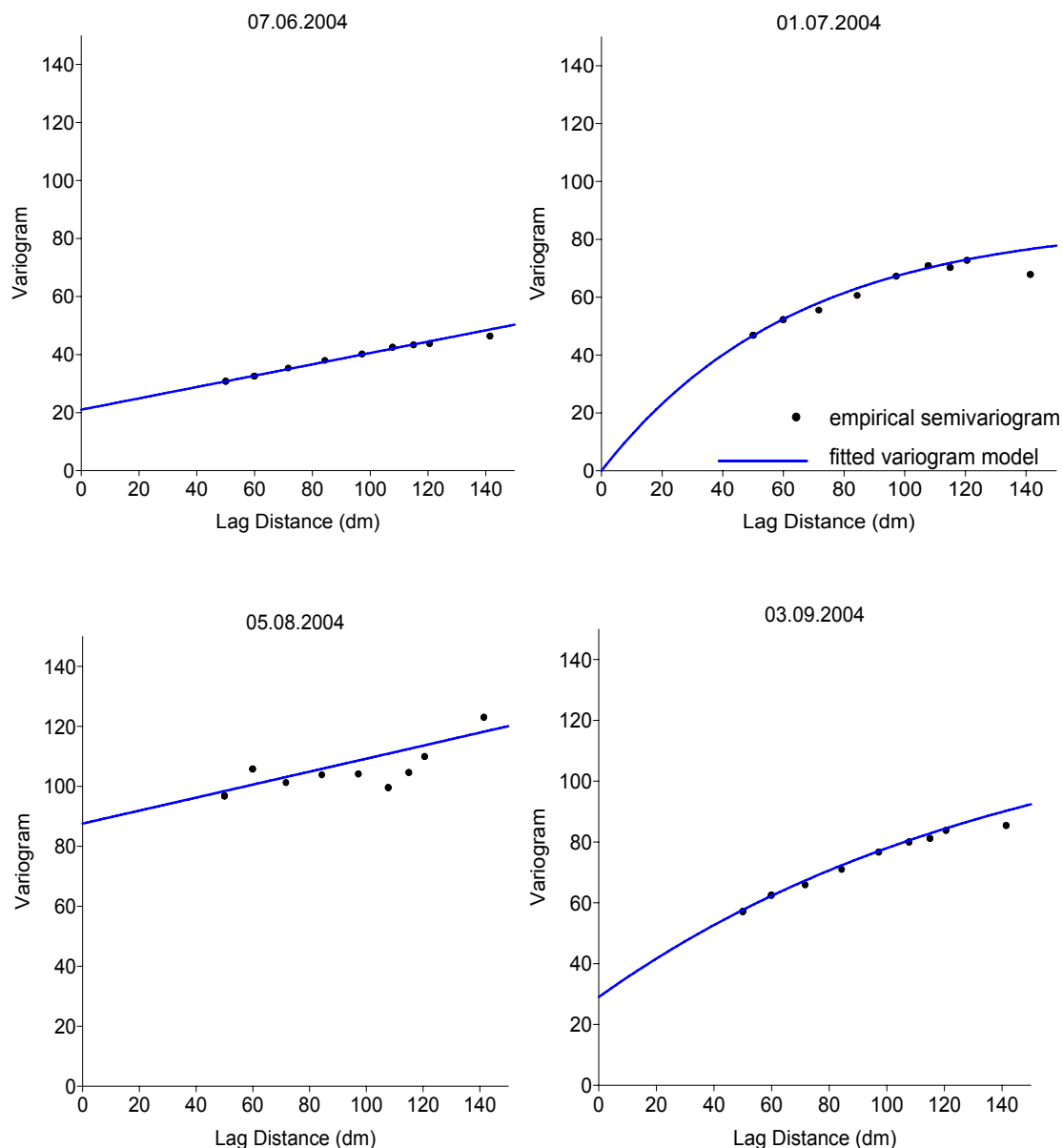
Priloga H1: Eksperimentalni variogrami za povprečne vrednosti volumske vsebnosti vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm za raziskovalno ploskev v Snežni jami, podobjekt Mala vrzel (SMV), v letu 2003

Attachment H1: Experimental variograms for soil moisture content (vol %), measured with TDR at 0 – 10 cm depth at research site Snežna jama, plot Small gap (SMV) in 2003



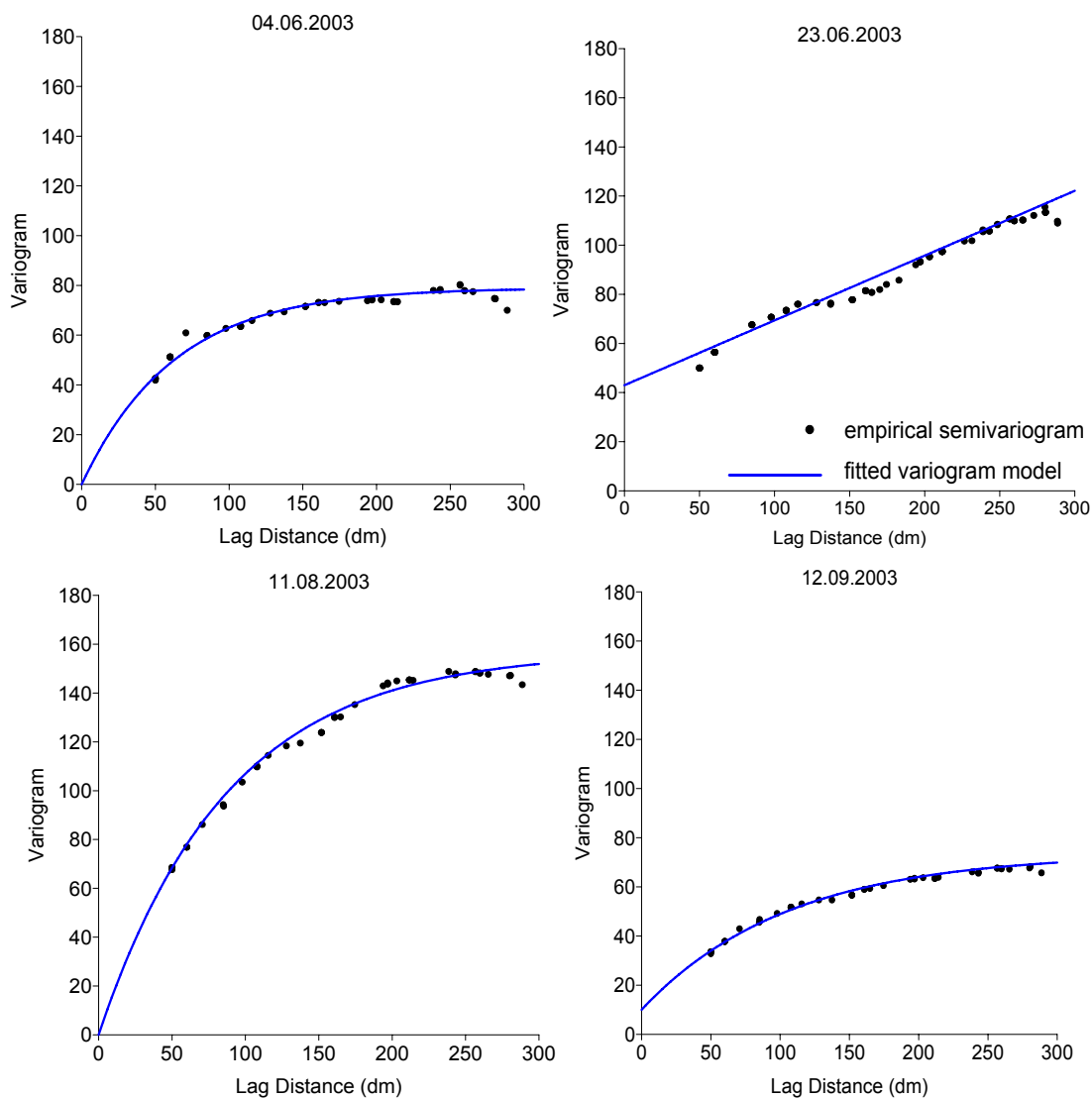
Priloga H2: Eksperimentalni variogrami za povprečne vrednosti volumske vsebnosti vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm za raziskovalno ploskev v Snežni jami, podobjekt Mala vrzel (SMV), v letu 2004

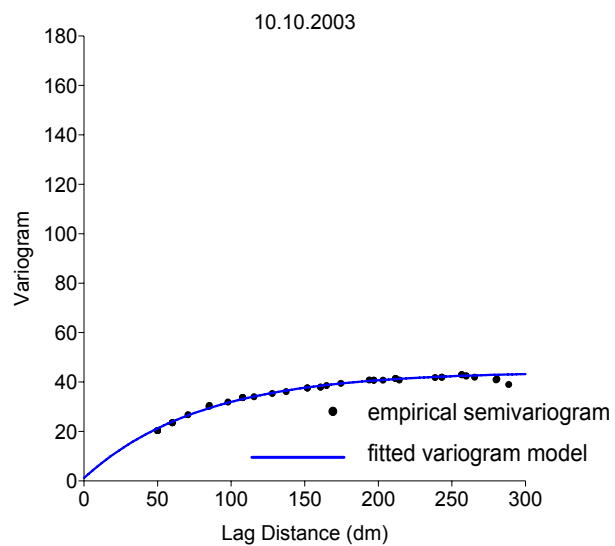
Attachment H2: Experimental variograms for soil moisture content (vol %), measured with TDR at 0 – 10 cm depth at research site Snežna jama, plot Small gap (SMV) in 2004



Priloga H3: Eksperimentalni variogrami za povprečne vrednosti volumske vsebnosti vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm za raziskovalno ploskev v Snežni jami, podobjekt Velika vrzel (SVV), v letu 2003

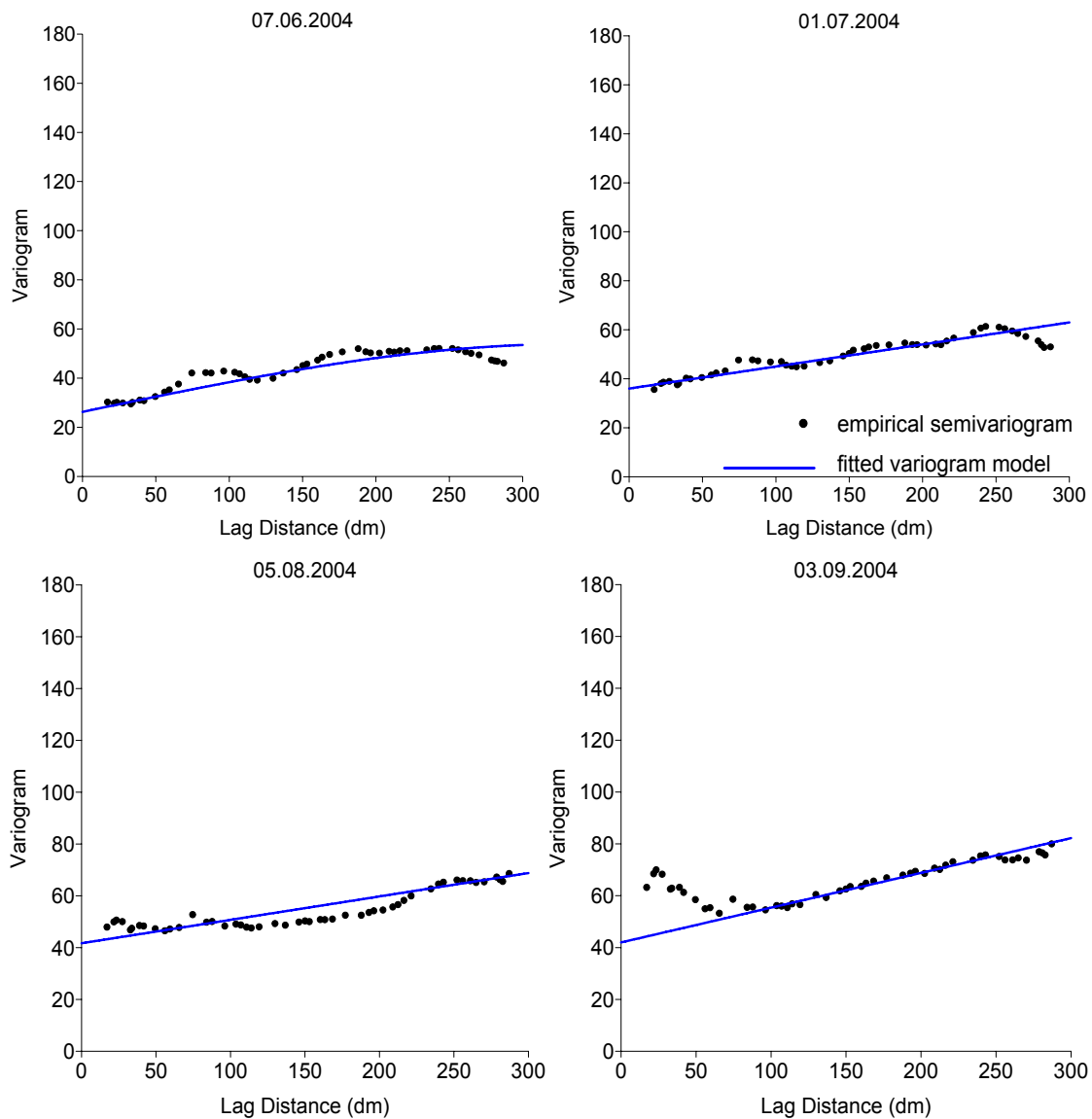
Attachment H3: Experimental variograms for soil moisture content (vol %), measured with TDR at 0 – 10 cm depth at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) in 2003

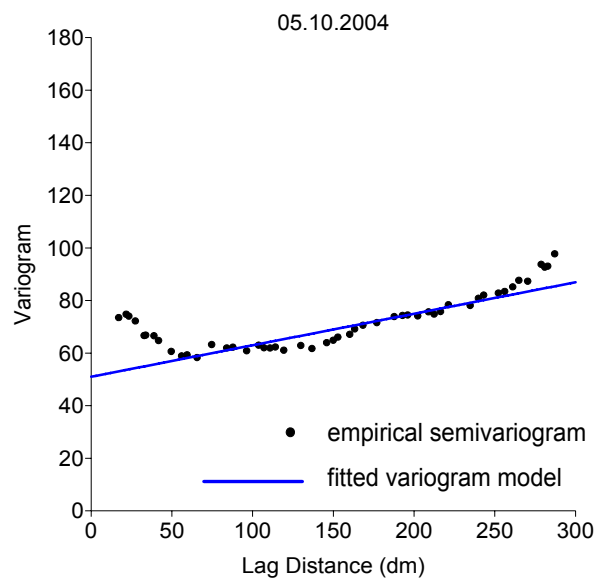




Priloga H4: Eksperimentalni variogrami za povprečne vrednosti volumske vsebnosti vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm za raziskovalno ploskev v Snežni jami, podobjekt Velika vrzel (SVV), v letu 2004

Attachment H4: Experimental variograms for soil moisture content (vol %), measured with TDR at 0 – 10 cm depth at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) in 2004





Priloga II: Povprečne vrednosti in standardni odkloni volumske vsebnosti vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm ter koeficienti modelov variogramov, prilagojenih meritvam, za raziskovalno ploskev v Snežni jami, podobjekt Mala vrzel (SMV), v letih 2003 in 2004

Attachment II: Average soil moisture content (vol %), measured with TDR at 0 – 10 cm depth, standard deviations and coefficients of the variogram models fitted to the data at research site Snežna jama, plot Small gap (SMV) in 2003 and 2004

Datum / Date	Povprečje / Mean (%)	STD (%)	N	Model	Zlato zrno / Nugget c_0	Naklon / Slope		Količnik anizotropije / Anisotropy ratio	Kot anizotropije / Anisotropy angle
23.06.	29.88	8.54	44	Linear	25.50	0.20		2.00	107.40
11.08.	17.75	8.99	44	Linear	45.00	0.26		1.69	122.60
12.09.	33.21	8.06	44	Linear	37.50	0.09		2.00	112.30
10.10.	37.90	6.98	44	Spherical	3.00	44.50	47.50	2.00	92.71
07.06.	38.13	6.60	44	Exponential	1.00	48.00	49.00	1.94	103.70
01.07.	36.96	8.08	44	Exponential	0.00	86.00		1.84	114.70
05.08.	37.18	10.13	44	Linear	87.57	0.12		2.00	123.40
03.09.	36.75	9.54	44	Exponential	29.00	98.53		1.71	117.20
05.10.	36.56	8.33	44	Exponential	39.00	36.10		2.00	113.10

Priloga I2: Povprečne vrednosti in standardni odkloni volumske vsebnosti vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm ter koeficienti modelov variogramov, prilagojenih meritvam, za raziskovalno ploskev v Snežni jami, podobjekt Velika vrzel (SVV), v letih 2003 in 2004

Attachment I2: Average soil moisture content (vol %), measured with TDR at 0 – 10 cm depth, standard deviations and coefficients of the variogram models fitted to the data at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) in 2003 and 2004

Datum / Date	Povprečje / Mean (%)	STD (%)	N	Model	Zlato zrno / Nugget c_0	Naklon / Slope			Količnik anizotropije / Anisotropy ratio	Kot anizotropije / Anisotropy angle
04.06.	38.99	9.37	113	Exponential	0.00	79.00	79.00	110	2.00	123.40
23.06.	30.30	10.61	110	Linear	Zlato zrno / Nugget c_0	Naklon / Slope			1.55	107.80
2003	11.08.	18.88	111	Exponential	Zlato zrno / Nugget c_0	Skala / Scale c_1	Prag / Sill c_0+c_1	Razmik / Range a (dm)	1.55	111.20
	12.09.	36.49	113	Exponential	Zlato zrno / Nugget c_0	Skala / Scale c_1	Prag / Sill c_0+c_1	Razmik / Range a (dm)	2.00	105.80
	10.10.	38.67	6.34	114	Exponential	Zlato zrno / Nugget c_0	Skala / Scale c_1	Prag / Sill c_0+c_1	Razmik / Range a (dm)	2.00	123.40
07.06.	40.93	7.20	176	Spherical	Zlato zrno / Nugget c_0	Skala / Scale c_1	Prag / Sill c_0+c_1	Razmik / Range a (dm)	2.00	143.60
01.07.	36.86	7.55	176	Linear	Zlato zrno / Nugget c_0	Naklon / Slope			1.36	0.02
2004	05.08.	37.17	8.43	176	Linear	Zlato zrno / Nugget c_0	Naklon / Slope		2.00	2.87
	03.09.	37.71	8.83	176	Linear	Zlato zrno / Nugget c_0	Naklon / Slope		2.00	135.90
	05.10.	39.50	10.01	176	Linear	Zlato zrno / Nugget c_0	Naklon / Slope		2.00	145.00

Priloga J: Koeficient korelacije (r), relativna povprečna napaka (RME) ter relativna povprečna kvadrirana napaka (RMSE) med merjenimi in interpoliranimi vrednostmi za volumsko vsebnost vlage v tleh na globini od 0 do 10 cm eksperimentalnih modelov variogramov, za raziskovalno ploskev Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV), v letih 2003 in 2004

Attachment J: Coefficients of correlation (r), relative mean error (RME) and relative mean square error (RMSE) for average soil moisture content (vol %), measured with TDR at 0 – 10 cm depth and of the variogram models fitted to the data at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) and Small gap (SMV) in 2003 and 2004

	Datum / Date	SVV				SMV			
		Model	r	RME	RMSE	Model	r	RME	RMSE
2003	04.06.	Exponential	0.588	-0.001	7.311	/			
		INDP	0.577	0.008	7.657				
	23.06.	Linear	0.748	-0.004	7.028	Linear	0.683	0.002	6.181
		INDP	0.657	0.017	8.286	INDP	0.481	0.017	7.578
	11.08.	Exponential	0.684	-0.002	8.621	Linear	0.488	-0.001	7.866
		INDP	0.634	0.032	9.481	INDP	0.274	0.031	8.563
	12.09.	Exponential	0.628	-0.001	12.673	Linear	0.558	0.003	6.662
		INDP	0.614	0.011	13.042	INDP	0.361	0.006	7.463
	10.10.	Exponential	0.597	0.000	10.101	Spherical	0.589	0.004	5.579
		INDP	0.611	0.005	10.351	INDP	0.322	-0.002	6.563
2004	07.06.	Spherical	0.491	-0.001	6.427	Exponential	0.424	0.000	6.097
		INDP	0.488	-0.002	6.291	INDP	0.385	0.004	6.063
	01.07.	Linear	0.634	-0.001	5.880	Exponential	0.416	-0.001	7.447
		INDP	0.568	-0.002	6.241	INDP	0.320	0.006	7.601
	05.08.	Linear	0.594	-0.001	6.950	Linear	0.260	0.003	10.111
		INDP	0.602	-0.002	6.740	INDP	0.044	0.016	10.169
	03.09.	Linear	0.576	-0.001	7.393	Exponential	0.525	0.005	8.215
		INDP	0.584	0.009	7.160	INDP	0.483	0.005	8.410
	05.10.	Linear	0.525	-0.001	8.757	Exponential	0.324	-0.002	7.930
		INDP	0.543	0.013	8.410	INDP	0.072	0.000	8.296

Priloga K: Analizni rezultati prepuščenih padavin in talne raztopine na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) in Vrzel (RV) v obdobju maj - oktober 2003 in maj - oktober 2004.

Attachment K: Chloride concentrations in throughfall and soil solution at research site Snežna jama, plot Stand (SS), Large gap (SVV), Small gap (SMV) and at research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS) in period May - October 2003 and May - October 2004.

SS Datum / Date	Prepuščene padavine / Throughfall				Talna raztopina / Soil solution			
	Količina / Amount (ml m ⁻²)	pH	EP	Cl	Količina / Amount (ml)	pH	EP	Cl
4.6.2003	72840	7.27	37.45	0.40	/	/	/	/
3.7.2003	78960	6.19	19.31	0.31	57	7.76	234.30	1.14
5.8.2003	66600	6.62	26.65	0.48	/	/	/	/
4.9.2003	84720	6.18	17.94	0.49	/	/	/	/
2.10.2003	117600	6.22	13.81	0.26	28	8.05	358.60	1.94
3.11.2003	179880	6.02	29.48	1.55	13	7.45	76.25	1.69
2.6.2004	142800	5.87	15.96	0.63	400	7.58	243.36	0.60
30.6.2004	114000	6.43	13.48	0.26	407	8.15	333.77	0.21
3.8.2004	121800	6.67	14.81	0.34	400	8.19	348.17	0.41
2.9.2004	224400	5.02	12.51	0.21	/	/	/	/
4.10.2004	106200	6.67	17.17	0.59	/	/	/	/
3.11.2004	202200	6.99	34.26	1.97	157	7.92	420.61	1.08

/ ni vzorca / sample missing

SVV Datum / Date	Prepuščene padavine / Throughfall				Talna raztopina / Soil solution			
	Količina / Amount (ml m ⁻²)	pH	EP	Cl	Količina / Amount (ml)	pH	EP	Cl
4.6.2003	82320	6.58	15.60	0.24	60	7.96	262.20	0.86
3.7.2003	82800	5.77	8.84	0.24	/	/	/	/
5.8.2003	68040	6.08	11.39	0.32	53	8.42	383.90	0.54
4.9.2003	95520	5.91	9.91	0.41	90	8.40	377.60	0.22
2.10.2003	121320	5.75	10.45	0.14	/	/	/	/
3.11.2003	211560	5.41	9.22	0.79	30	8.33	340.70	0.23
2.6.2004	202800	5.30	9.72	0.61	100	7.60	157.33	1.26
30.6.2004	115200	4.82	11.28	0.21	120	8.13	247.22	0.20
3.8.2004	121200	6.66	17.90	0.49	93	8.23	287.31	0.50
2.9.2004	220800	6.33	14.63	0.27	80	8.03	300.17	0.22
4.10.2004	112800	5.81	8.19	0.29	33	7.96	166.81	0.39
3.11.2004	221400	6.99	14.97	1.16	87	7.95	279.87	0.82

/ ni vzorca / sample missing

SMV Datum / Date	Prepuščene padavine / Throughfall				Talna raztopina / Soil solution			
	Količina / Amount (ml m ⁻²)	pH	EP	Cl	Količina / Amount (ml)	pH	EP	Cl
4.6.2003	69360	6.78	19.06	0.28	172	8.28	320.40	0.62
3.7.2003	72120	6.08	8.81	0.31	123	8.01	271.90	0.36
5.8.2003	63840	6.33	16.17	0.45	82	7.84	289.20	0.58
4.9.2003	76680	6.25	15.20	0.65	/	/	/	/
2.10.2003	110760	6.23	12.11	0.18	13	8.29	257.00	1.42
3.11.2003	194520	5.94	9.55	0.94	237	7.68	295.90	0.50
2.6.2004	171600	5.91	15.79	0.62	117	7.68	304.64	0.44
30.6.2004	103200	6.23	11.10	0.36	130	8.24	321.34	0.13
3.8.2004	106800	6.36	11.16	0.40	97	8.18	318.52	0.41
2.9.2004	219600	5.17	12.15	0.22	120	8.00	339.58	0.21
4.10.2004	100200	6.28	10.00	0.36	87	7.89	380.00	0.48
3.11.2004	198000	6.68	12.98	1.07	257	7.85	278.81	0.59

/ ni vzorca / sample missing

RS Datum / Date	Prepuščene padavine / Throughfall				Talna raztopina / Soil solution			
	Količina / Amount (ml m ⁻²)	pH	EP	Cl	Količina / Amount (ml)	pH	EP	Cl
4.6.2003	67080	6.56	22.47	0.27	50	8.30	303.00	0.74
3.7.2003	83280	5.74	18.17	0.33	60	8.00	278.30	0.59
5.8.2003	57360	6.76	20.07	0.67	58	7.85	308.20	0.74
4.9.2003	70080	6.10	26.08	1.01	13	8.10	297.10	1.20
2.10.2003	132000	5.77	14.65	0.18	23	8.13	337.70	1.70
3.11.2003	161880	6.17	16.57	1.34	57	7.76	234.30	1.14
2.6.2004	151800	6.54	19.56	0.66	23	8.44	230.83	1.24
30.6.2004	115920	6.23	15.89	0.37	60	8.04	222.89	0.44
3.8.2004	142800	6.17	15.68	0.51	67	8.07	251.29	0.54
2.9.2004	223800	6.57	18.05	0.36	60	7.94	269.85	0.35
4.10.2004	93600	6.91	45.13	0.99	103	7.70	350.54	0.96
3.11.2004	/	/	/	/	/	/	/	/

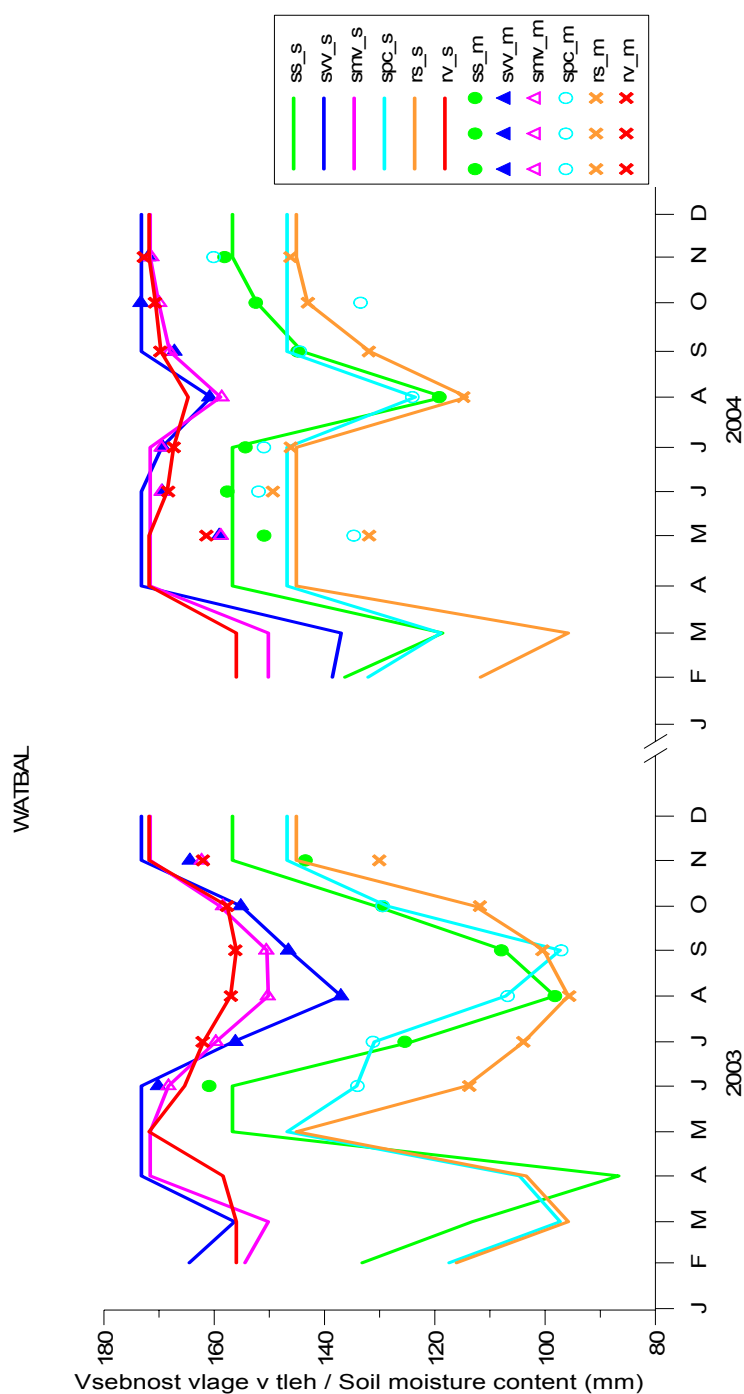
/ ni vzorca / sample missing

RV Datum / Date	Prepuščene padavine / Throughfall				Talna raztopina / Soil solution			
	Količina / Amount (ml m ⁻²)	pH	EP	Cl	Količina / Amount (ml)	pH	EP	Cl
4.6.2003	77760	6.49	20.10	0.18	27	7.87	170.00	1.96
3.7.2003	82320	6.23	8.55	0.39	43	7.93	151.70	0.57
5.8.2003	51120	6.31	13.14	0.43	53	7.54	151.70	0.76
4.9.2003	73680	6.25	14.88	0.82	/	/	/	/
2.10.2003	119400	5.86	9.37	0.12	13	7.45	76.25	1.69
3.11.2003	172800	6.09	13.49	1.02	57	7.21	98.84	1.05
2.6.2004	172800	5.95	14.06	0.61	17	7.99	212.98	1.29
30.6.2004	106200	6.61	16.83	0.36	47	7.96	170.38	0.89
3.8.2004	106200	5.92	11.13	0.56	10	8.21	287.83	1.80
2.9.2004	207600	5.24	7.72	0.21	97	7.44	133.55	0.31
4.10.2004	103200	5.96	7.45	0.26	20	8.22	349.34	0.61
3.11.2004	194400	6.88	14.11	1.48	90	7.43	143.83	1.17

/ ni vzorca / sample missing

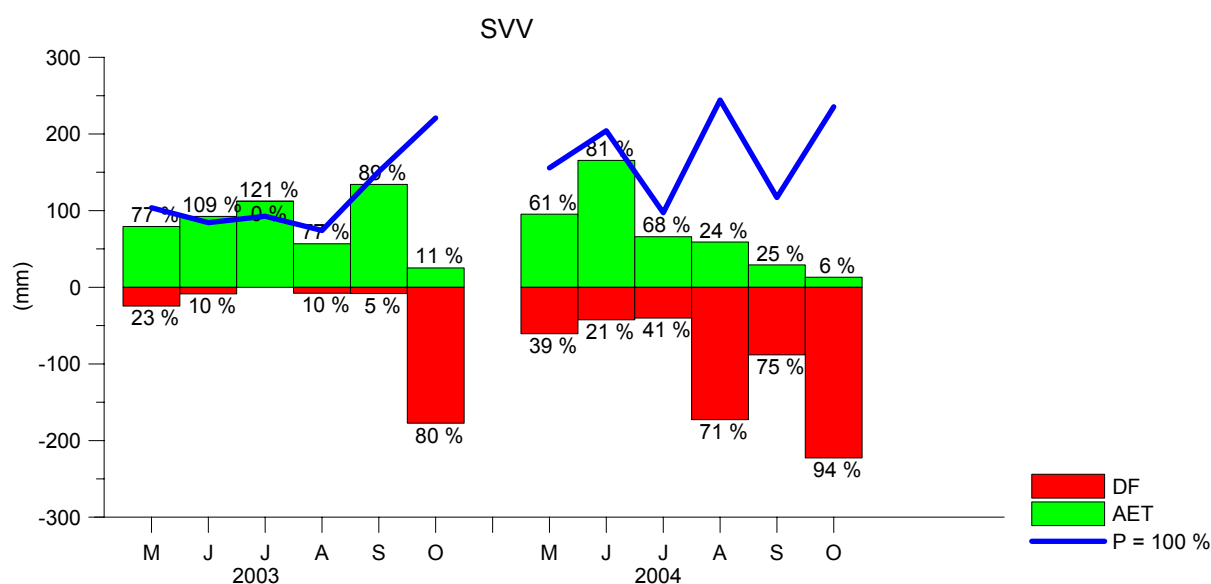
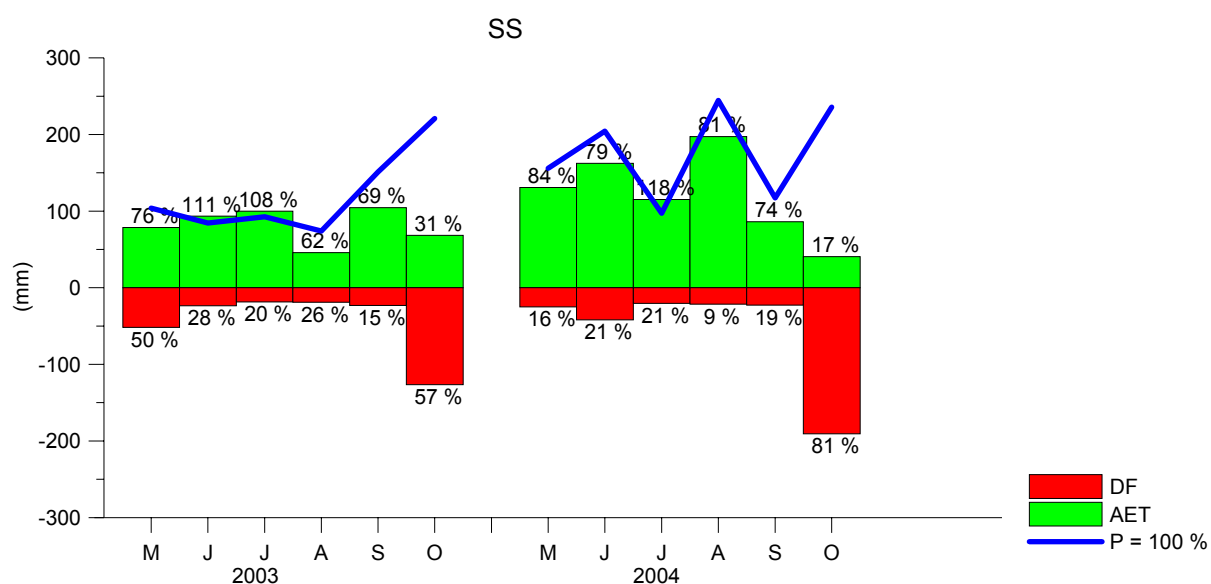
Priloga L: Primerjava merjenih in simuliranih vsebnosti vlage v tleh (SM) z modelom WATBAL na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), Mladje (SPC), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) in Vrzel (RV) v letih 2003 in 2004

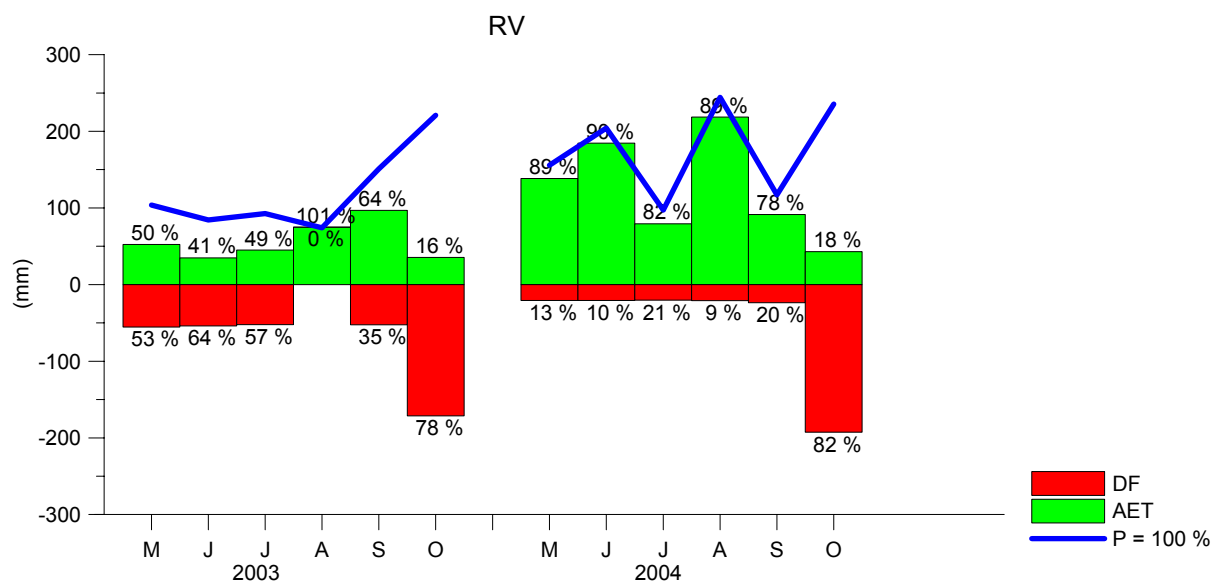
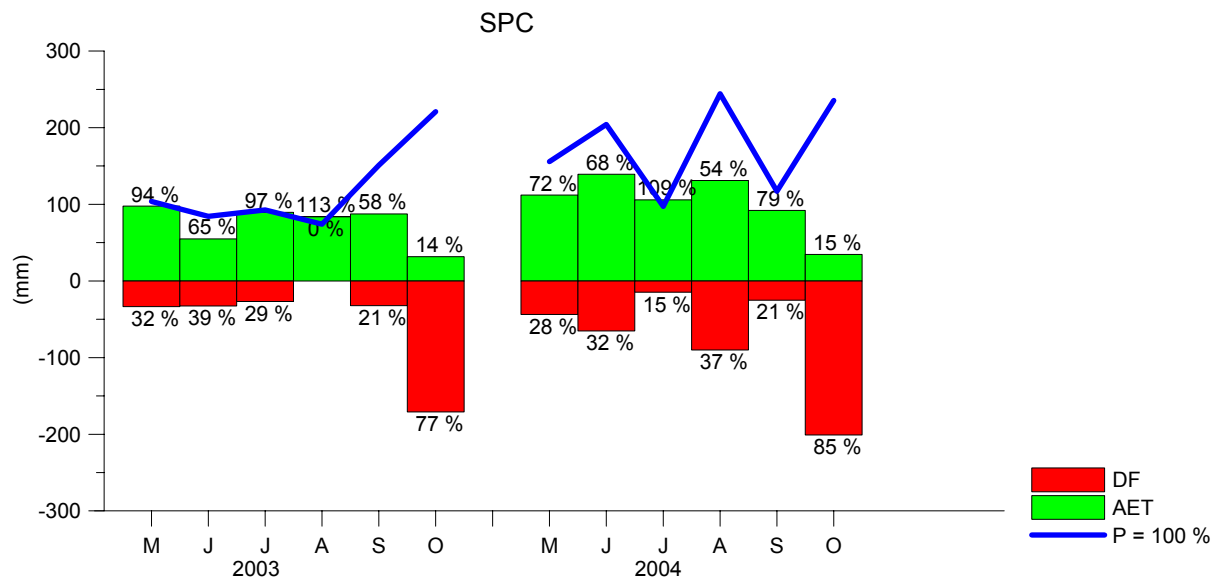
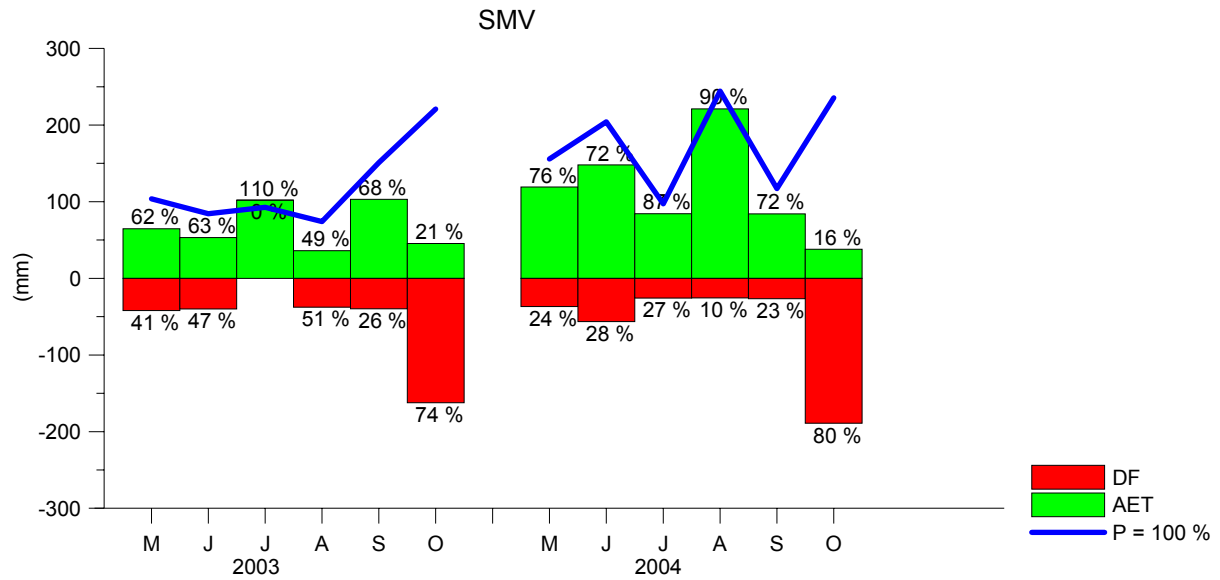
Attachment L: Simulated and measured values for soil moisture contents of rooting zone (SM) with model WATBAL at research site Snežna jama, plot Stand (SS), Large gap (SVV), Small gap (SMV), Regeneration (SPC) and at research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS) and Gap (RV) in 2003 and 2004

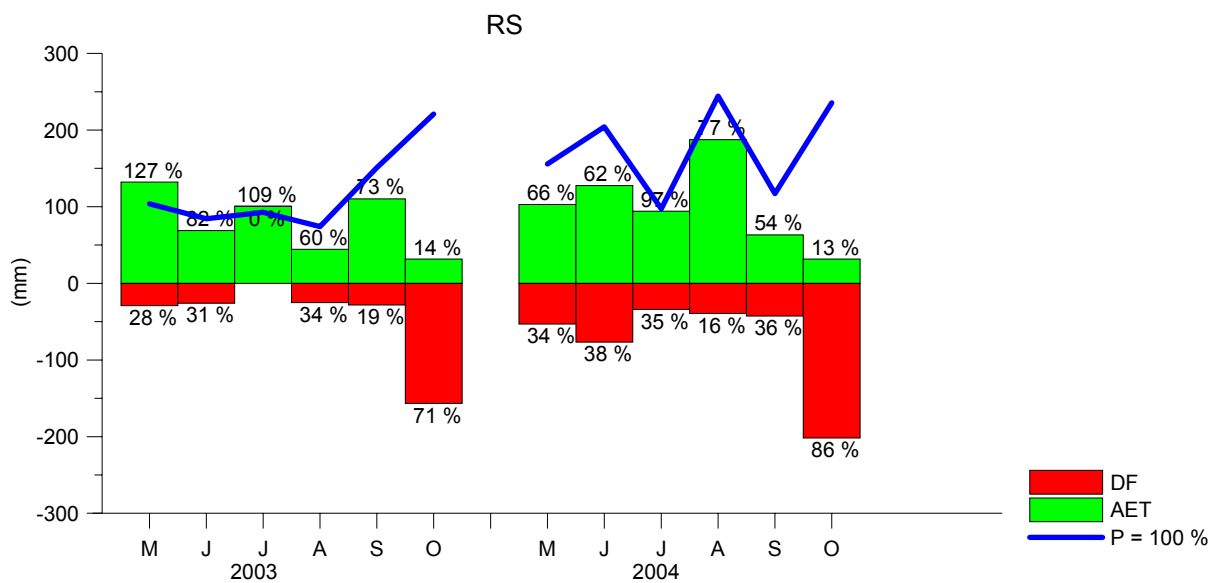


Priloga M: Rezultati modela WATBAL: mesečni deleži odtoka (DF) in dejanske evapotranspiracije (AET) v količini padavin na prostem ($P = 100\%$) (v mm in %) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), Mladje (SPC), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) in Vrzel (RV) v obdobju maj - oktober 2003 in 2004.

Attachment M: Results of WATBAL simulations: monthly percentage of drainage fluxes (DF) and actual evapotranspiration (AET) of precipitation in the open ($P = 100\%$) (in mm and %) 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) in period May - October 2003 and 2004.

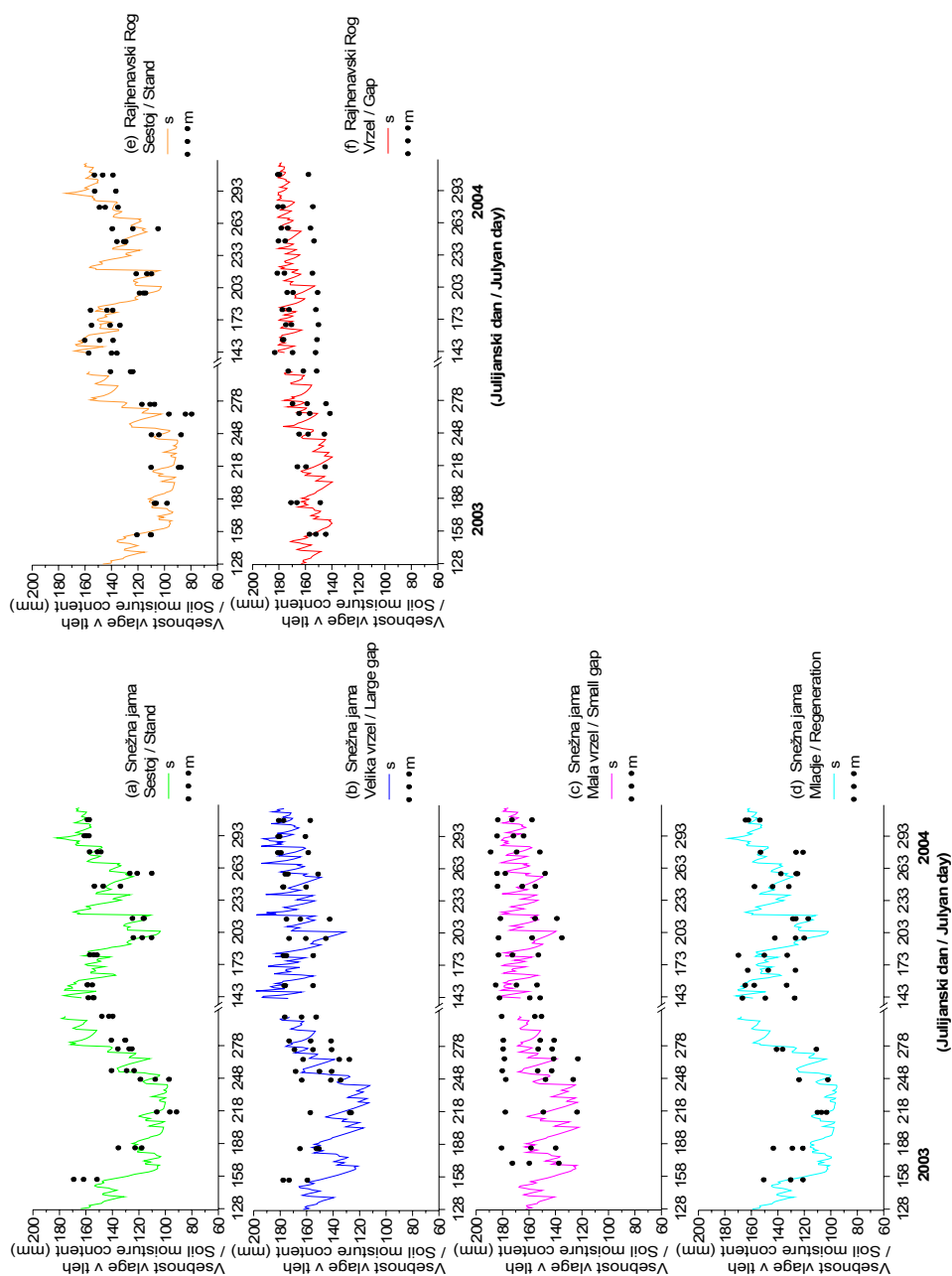






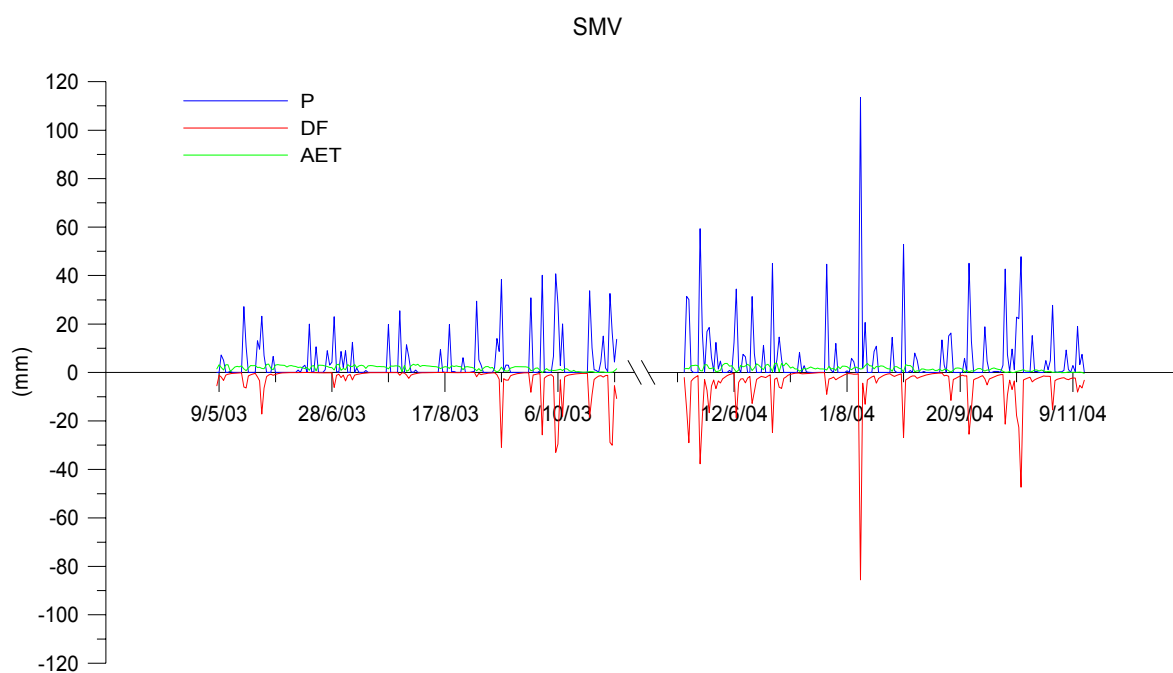
Priloga N: Primerjava merjenih in simuliranih vsebnosti vlage v tleh (SM) (mm) z modelom BROOK90 na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), Mladje (SPC), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) in Vrzel (RV) obdobju maj – oktober v letih 2003 in 2004

Attachment N: Simulated and measured values for soil moisture contents of rooting zone (SM) (mm) with model BROOK90 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) period May – October in 2003 and 2004

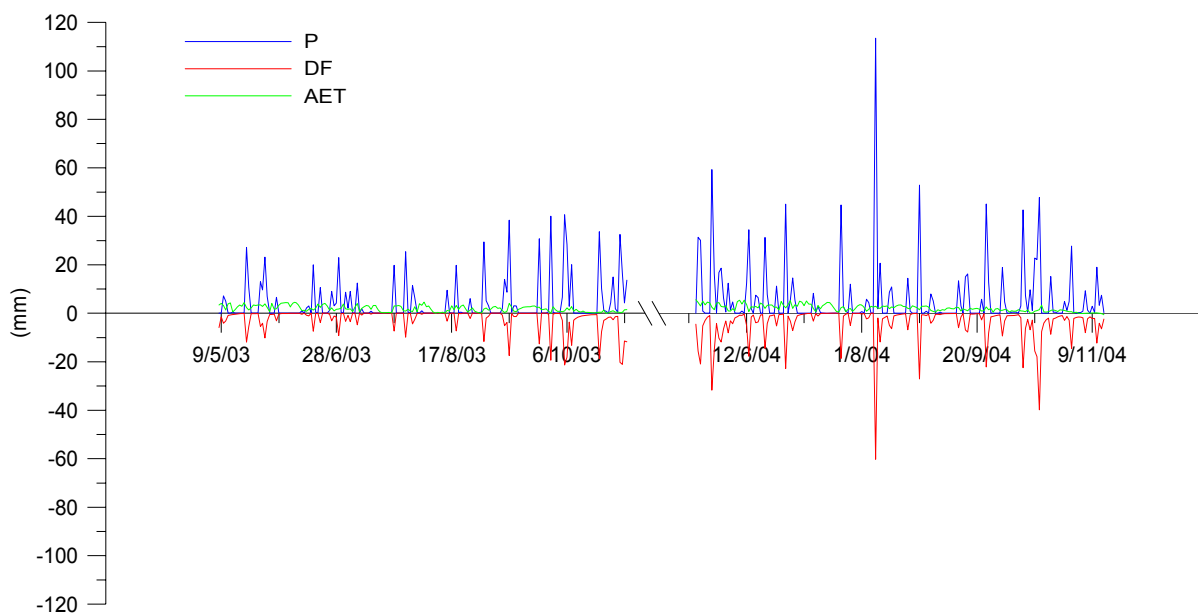


Priloga O1: Rezultati modela BROOK90: dnevne količine padavin nad krošnjami (P), odtok (DF) in dejansko evapotranspiracijo (AET) (v mm in %) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), Mladje (SPC), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) in Vrzel (RV) v obdobju maj - oktober 2003 in 2004.

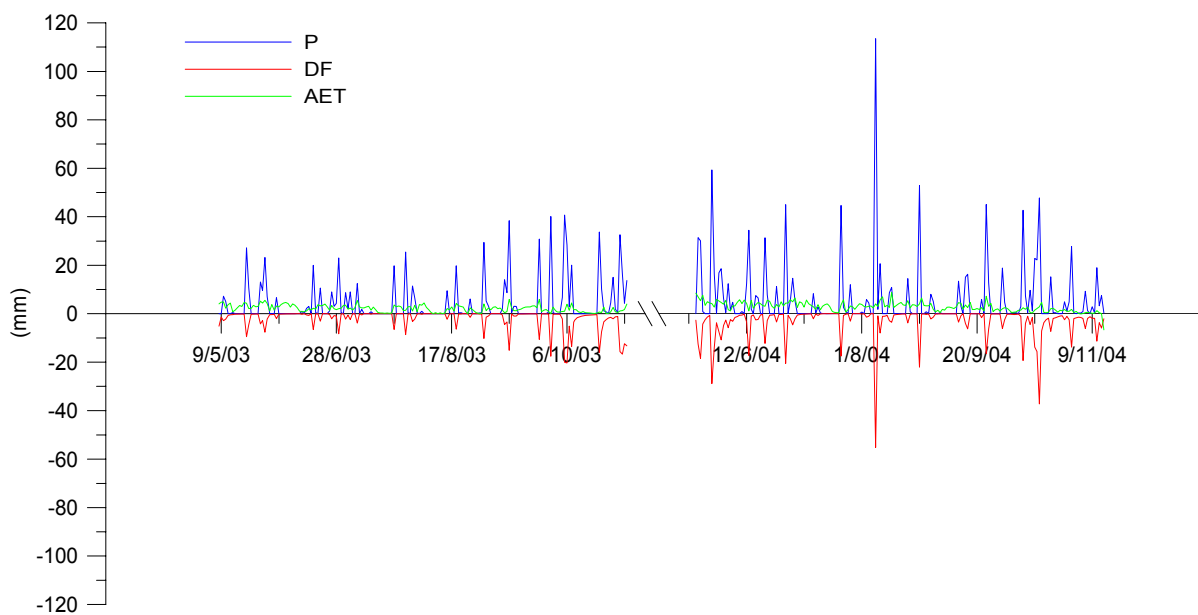
Attachment O1: Results of model BROOK90: daily precipitation above crowns (P), drainage fluxes (DF) and actual evapotranspiration (AET) at research site Snežna jama, plot Stand (SS), Large gap (SVV), Small gap (SMV), Regeneration (SPC) and at research site Rajhenavski Rog, plot Stand (RS) and Gap (RV) in period May - October 2003 and 2004.

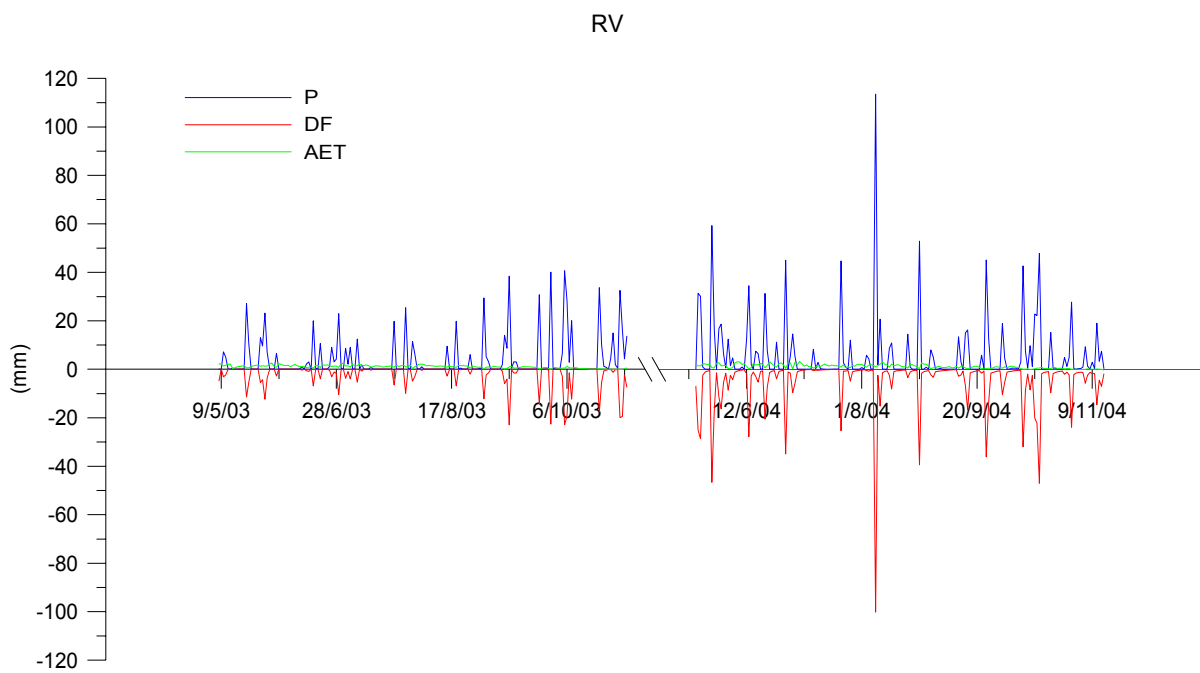


SPC



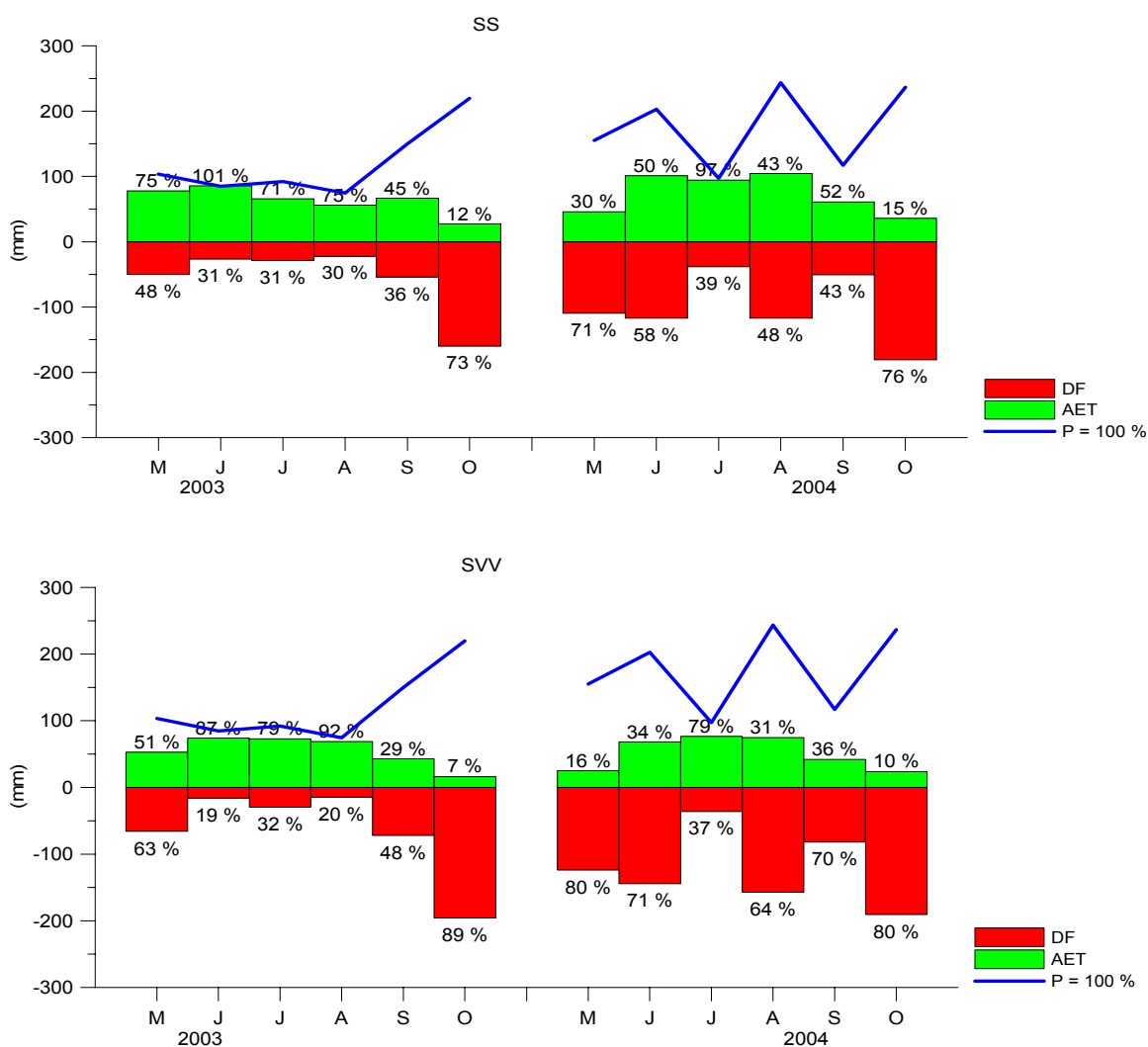
RS

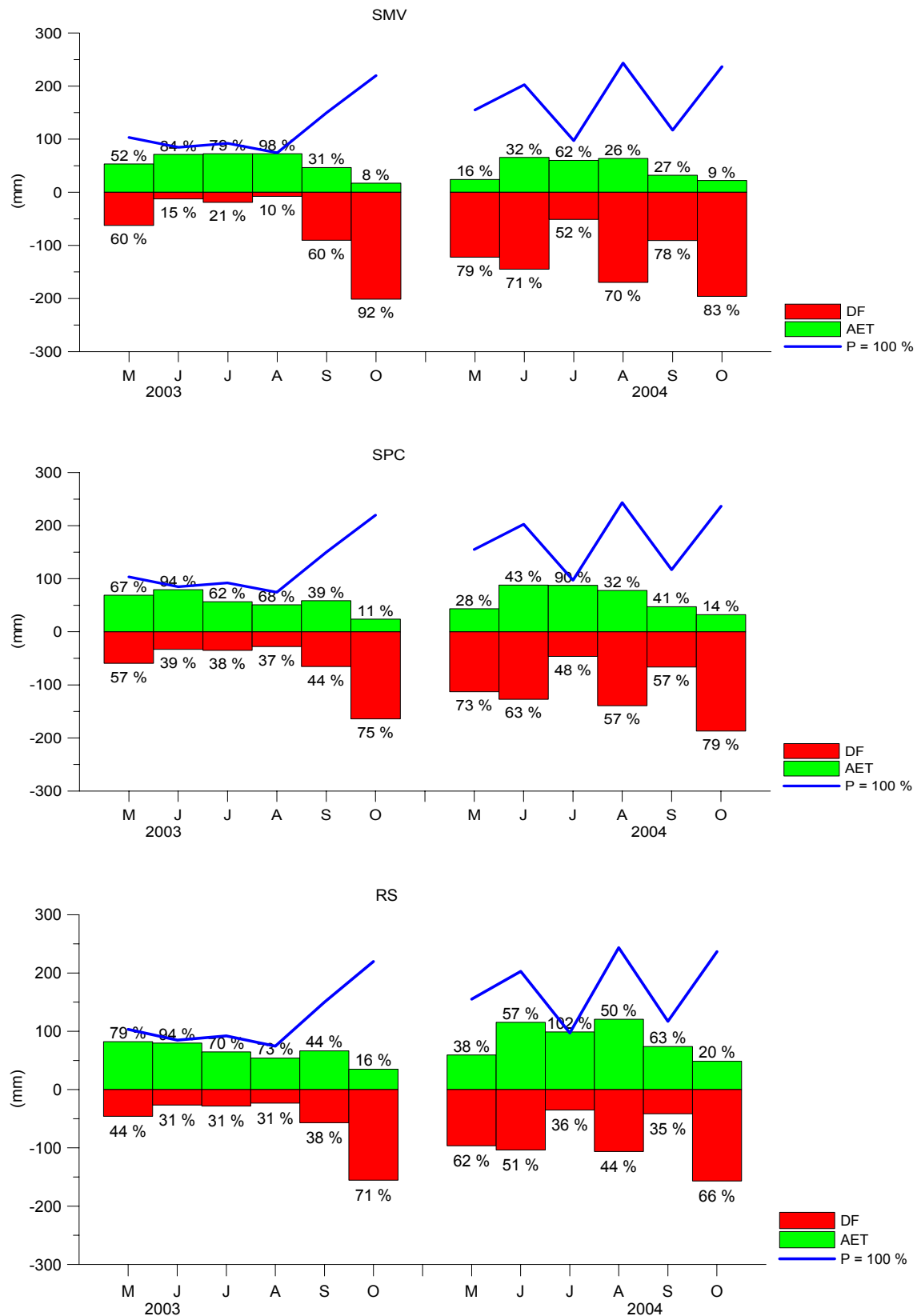


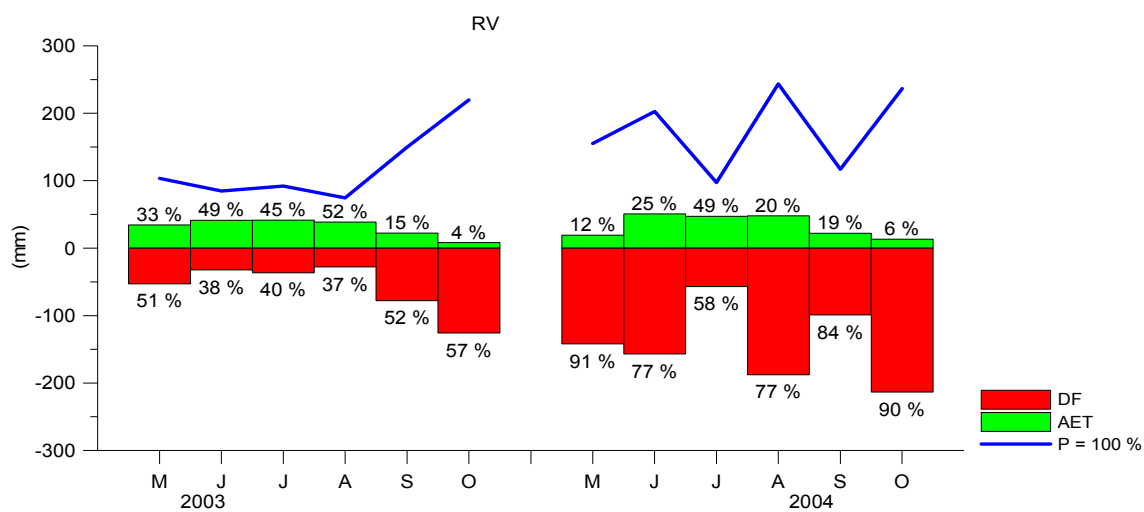


Priloga O2: Rezultati modela BROOK90: mesečne količine odtoka (DF) in dejanske evapotranspiracije (AET) (v mm in % glede na padavine nad krošnjami) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), Mladje (SPC), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) in Vrzel (RV) v obdobju maj - oktober 2003 in 2004.

Attachment O2: Results of model BROOK90: monthly drainage fluxes (DF) and actual evapotranspiration (AET) (in mm and % of precipitation above crowns) 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) in period May - October 2003 and 2004.

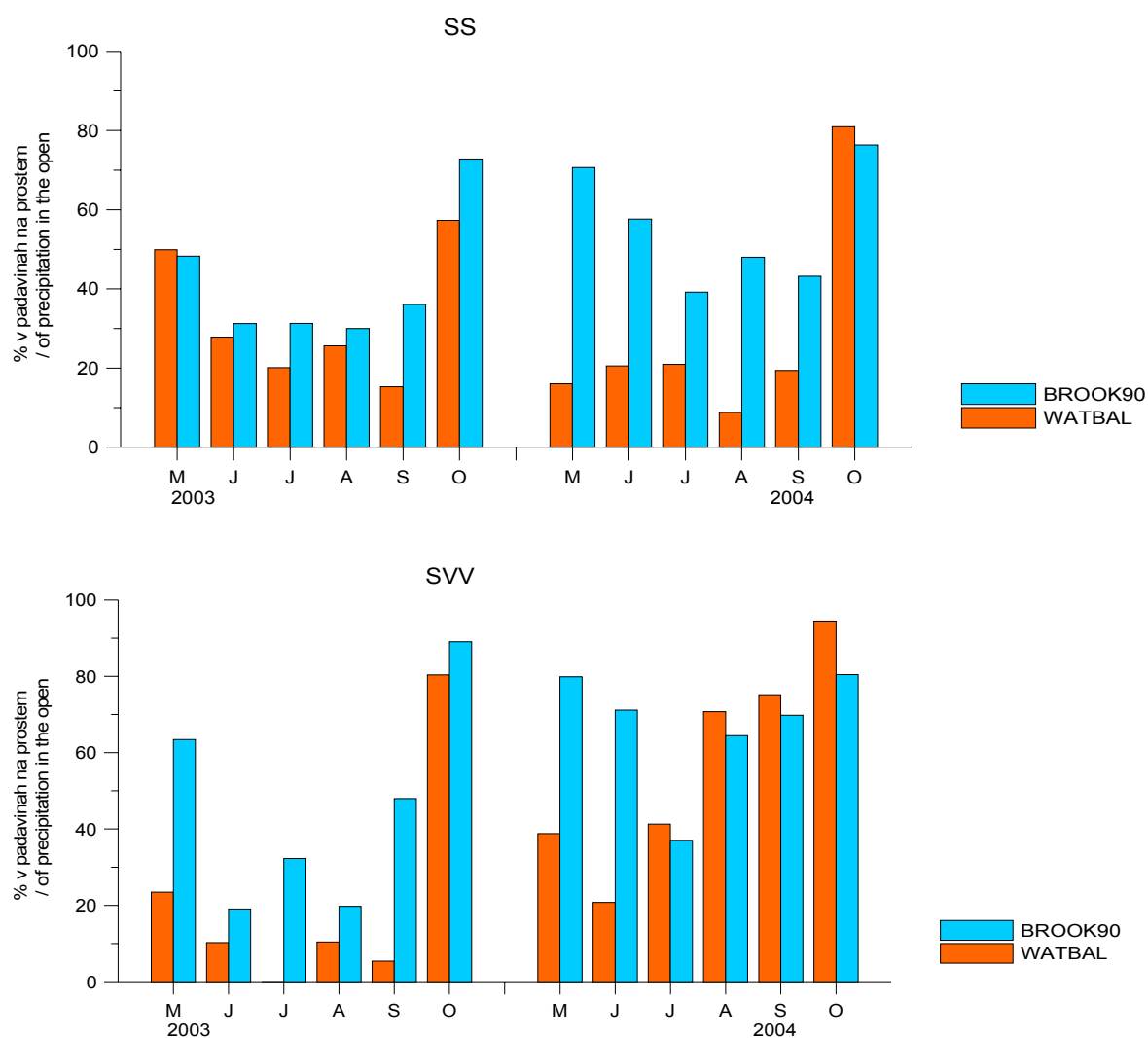


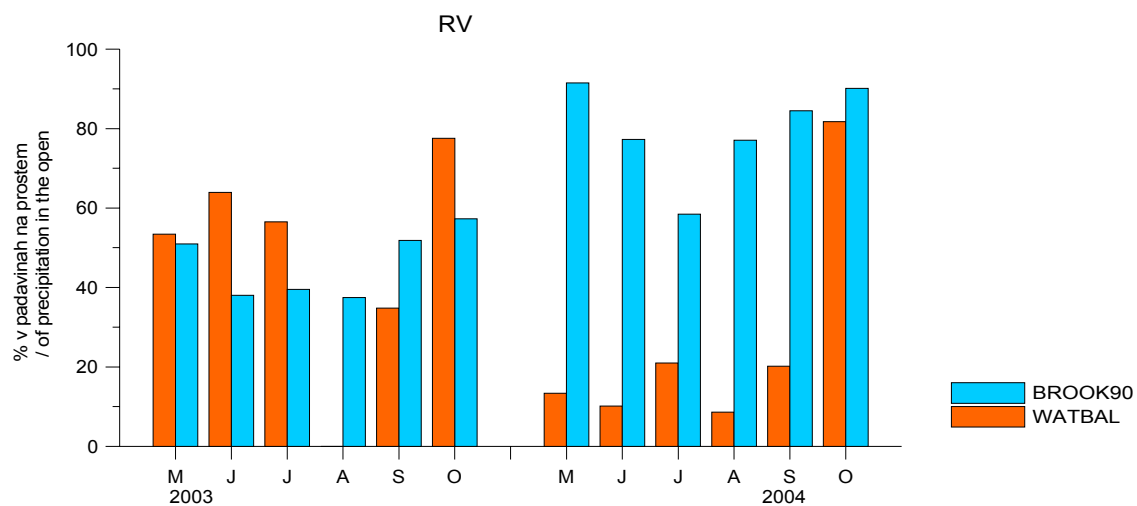
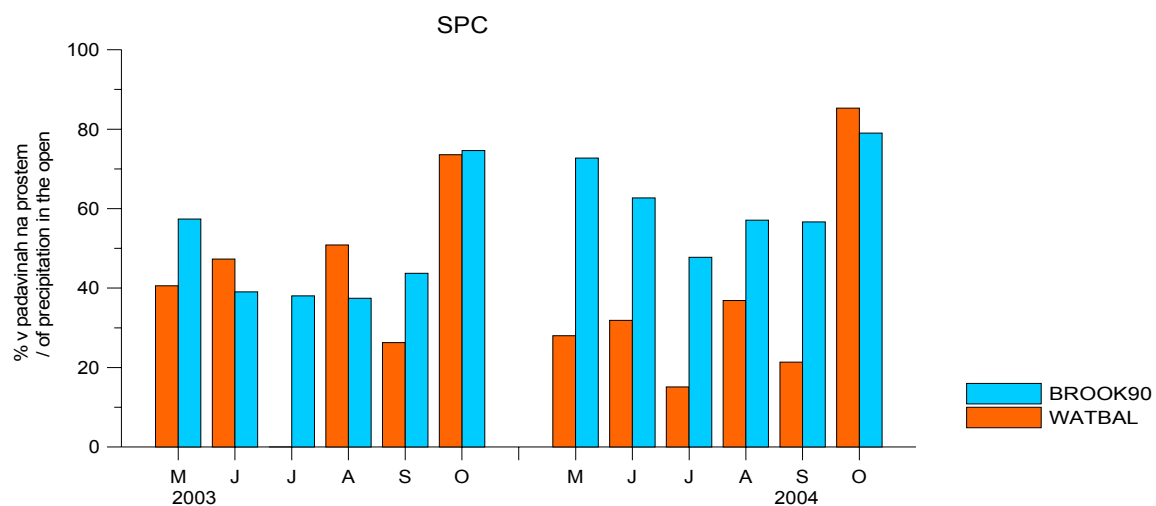
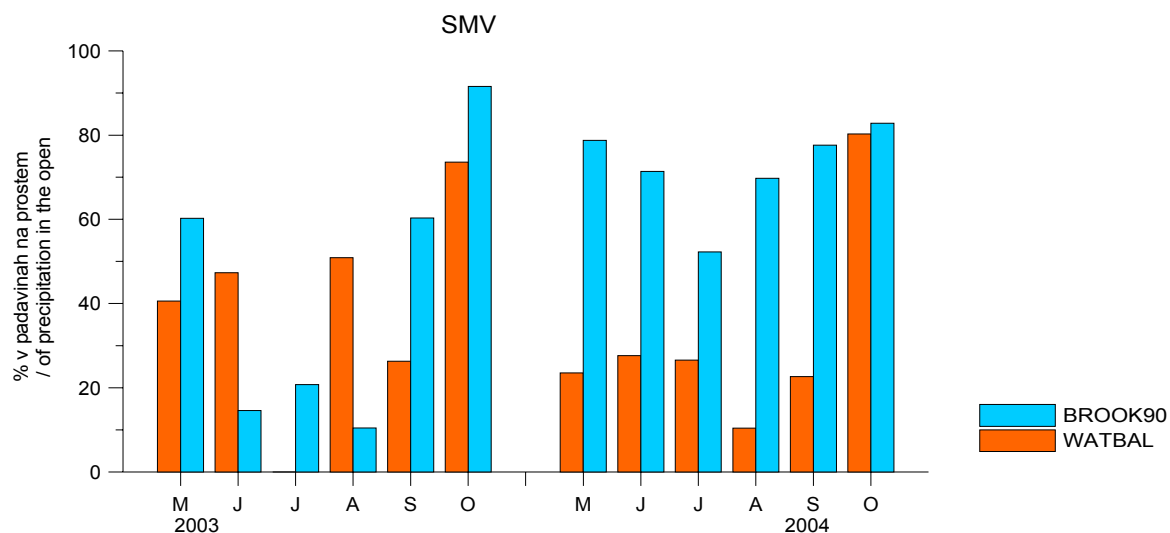


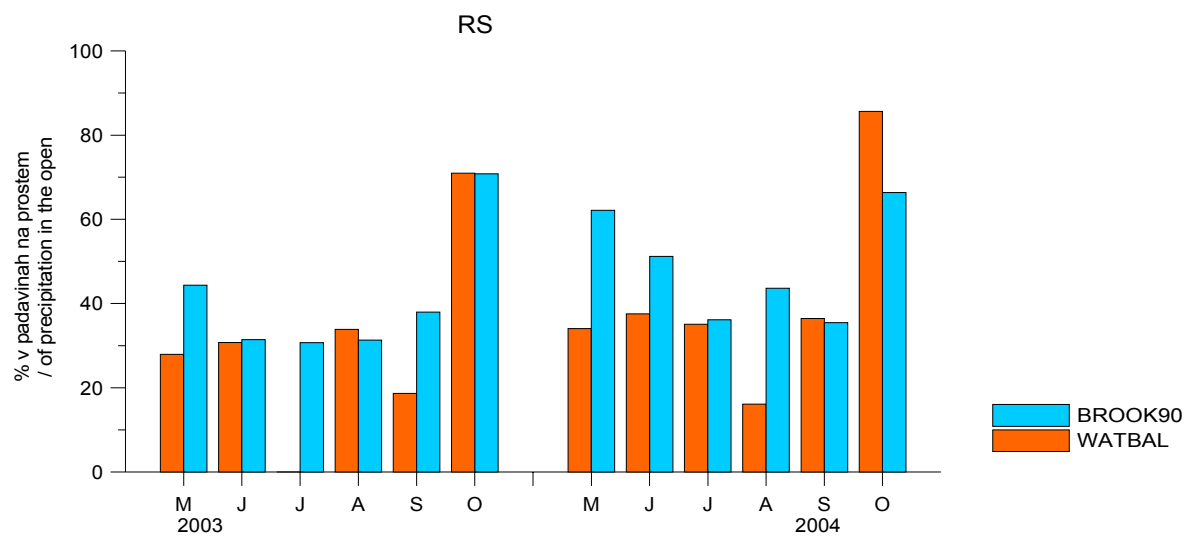


Priloga P1: Primerjava rezultatov modelov WATBAL in BROOK90: mesečne količine odtoka (DF) v količini padavin na prostem (%) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), Mladje (SPC), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) in Vrzel (RV) v obdobju maj - oktober 2003 in 2004.

Attachment P1: Comparison of model WATBAL and BROOK90 results: monthly drainage fluxes (DF) as percentage of precipitation in the open (%) 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) in period May - October 2003 and 2004.

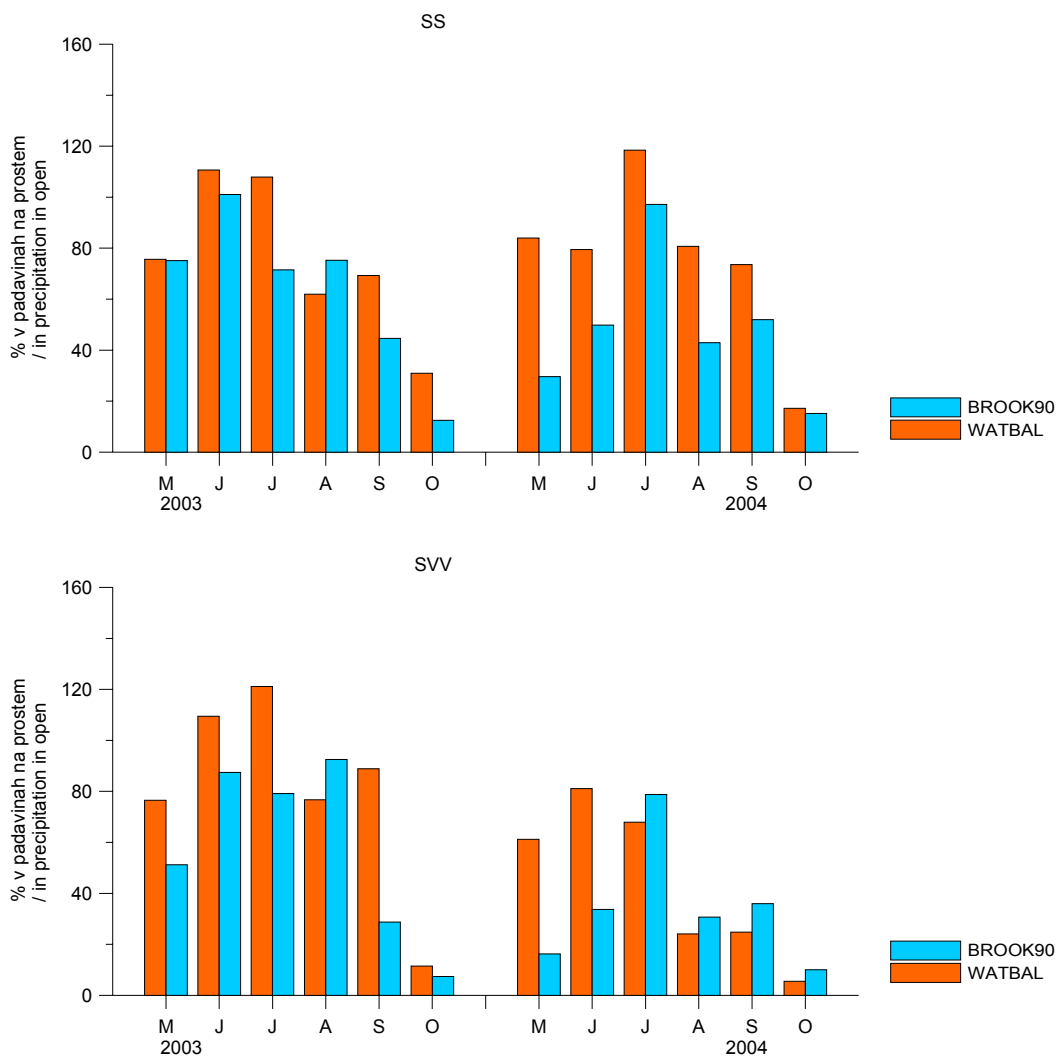


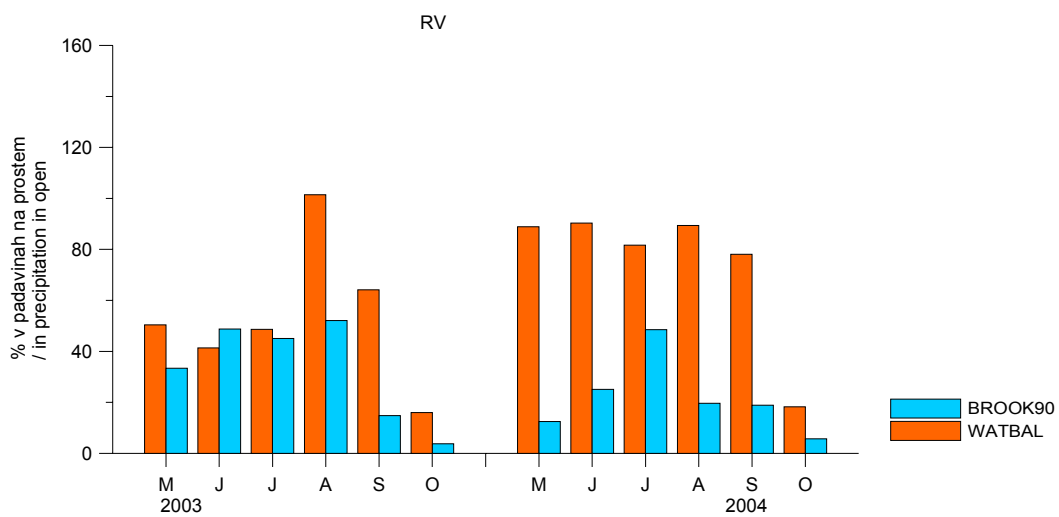
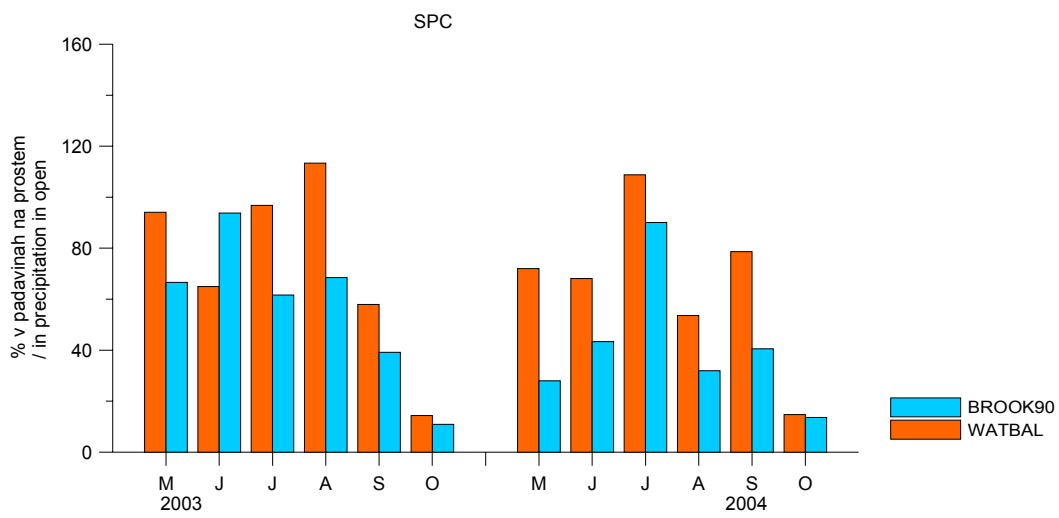
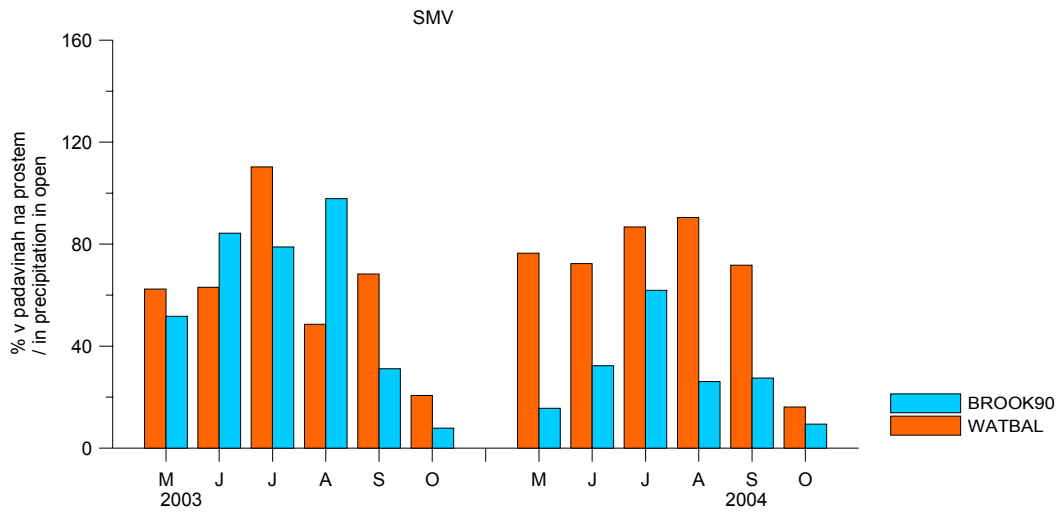


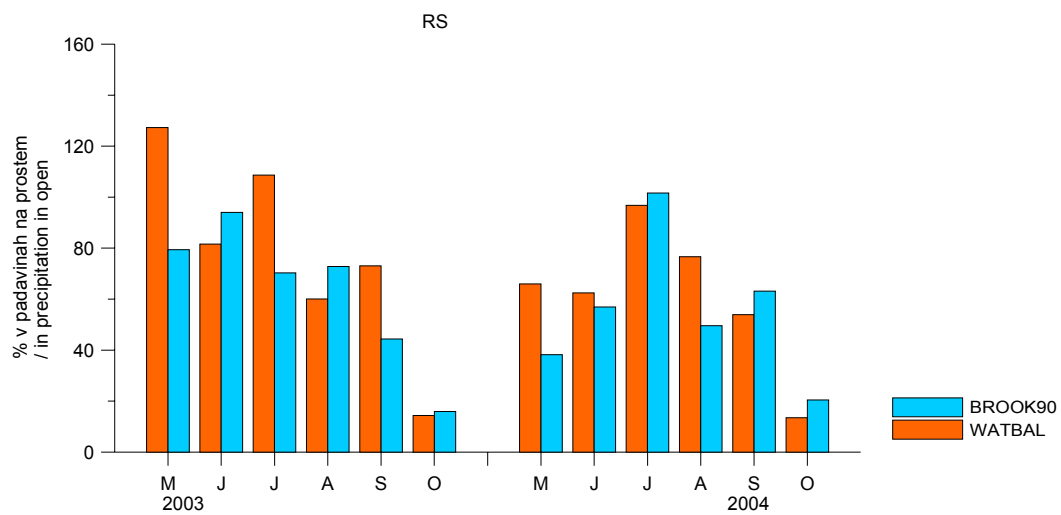


Priloga P2: Primerjava rezultatov modelov WATBAL in BROOK90: mesečne količine dejanske evapotranspiracije (AET) v količini padavin na prostem (%) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Sestoj (SS), Velika vrzel (SVV), Mala vrzel (SMV), Mladje (SPC), ter na ploskvi Rajhenavski Rog, podobjekt Sestoj (RS) in Vrzel (RV) v obdobju maj - oktober 2003 in 2004.

Attachment P2: Comparison of model WATBAL and BROOK90 results: monthly actual evapotranspiration (AET) as percentage of precipitation in the open (%) 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) in period May - October 2003 and 2004.

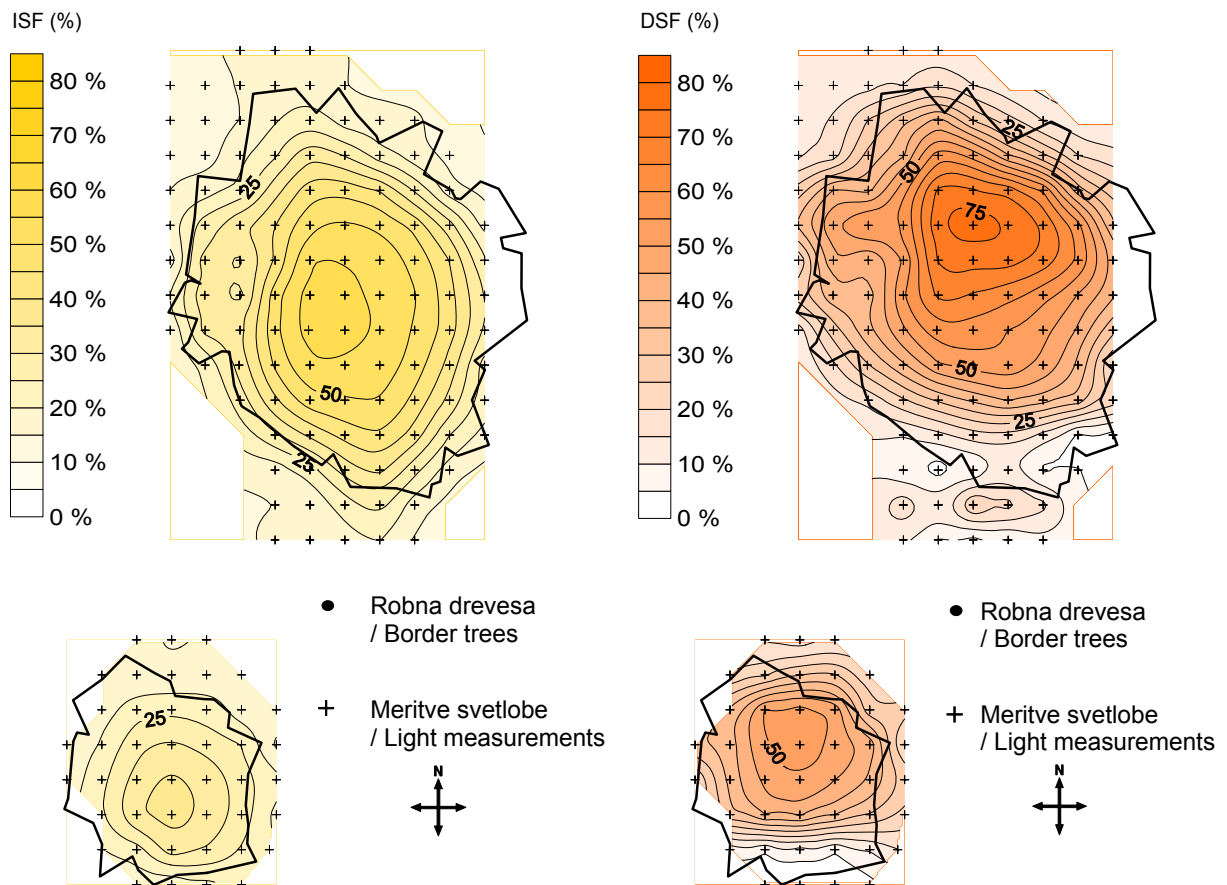






Priloga R1: Difuzno (ISF %) (levo) in direktno (DSF %) sevanje (desno) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV) v vegetacijskem obdobju 2003

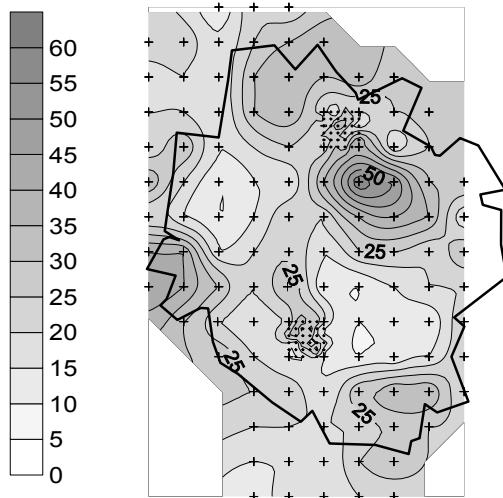
Attachment R1: Indirect (ISF %) (left) and direct (DSF %) site factor (right) at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) and Small gap (SMV) in growing season 2003



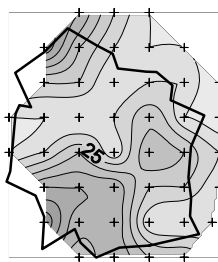
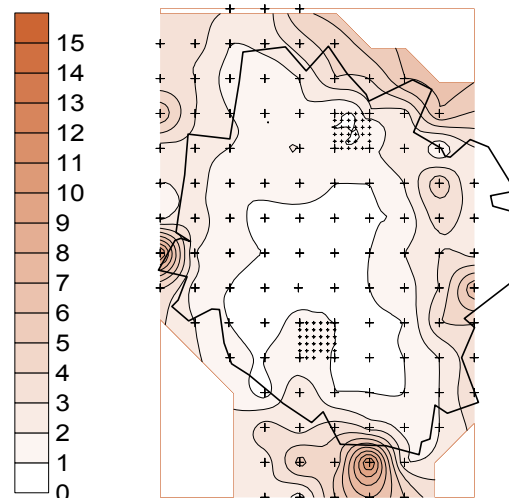
Priloga R2: Skeletnost (%) ter debeline Ol, Of in Oh horizontov (O), A horizonta in skupna debelina (B)rz, E in Bt (B+E) horizontov v cm na mreži 5 x 5 m ter v dveh kvadrantih tudi 1 x 1 m (skupno 220 točk) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV)

Attachment R2: Soil rock content (%) and thickness of Ol, Of and Oh horizons (O), thickness of A horizon and thickness of (B)rz, E and Bt horizons (B+E) at grid 5 x 5 m and 1 x 1 m (N = 220) at research site Snežna jama plot Large gap (SVV) and Small gap (SMV)

Skeletnost / Soil rock content (%)

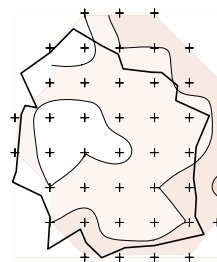


O (Ol + Of + Oh) (cm)



● Robna drevesa
/ Border trees

+ TDR meritve
/ TDR measurements

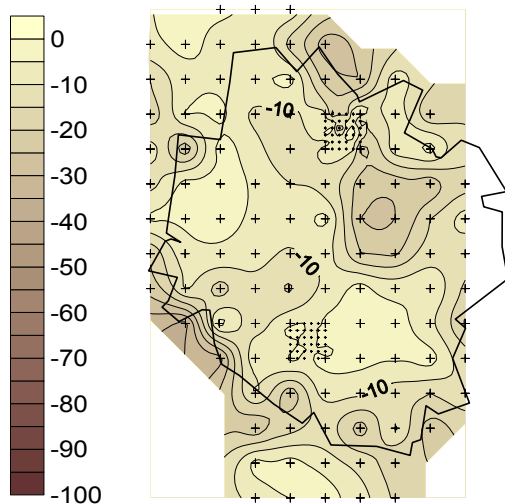


● Robna drevesa
/ Border trees

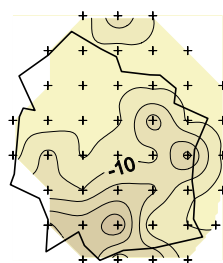
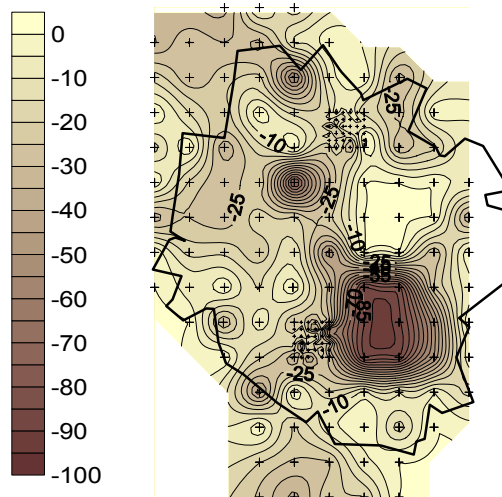
+ TDR meritve
/ TDR measurements



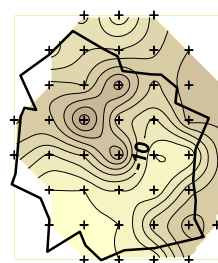
A (cm)



B + E
(B)rz + E+ Bt (cm)



- Robna drevesa / Border trees
- + TDR meritve / TDR measurements



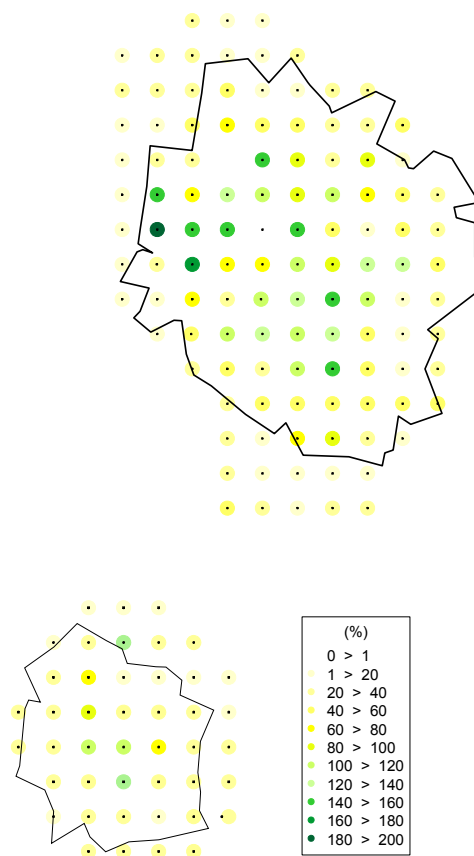
- Robna drevesa / Border trees
- + TDR meritve / TDR measurements



Priloga R3: Skupno zastiranje pritalne vegetacije na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV) pri popisu v letu 2004

Attachment R3: Total ground vegetation cover at single plots at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) and Small gap (SMV) according to inventory in 2004

% ZASTIRANJA PRITALNE VEGETACIJE
/ GROUND VEGETATION COVER

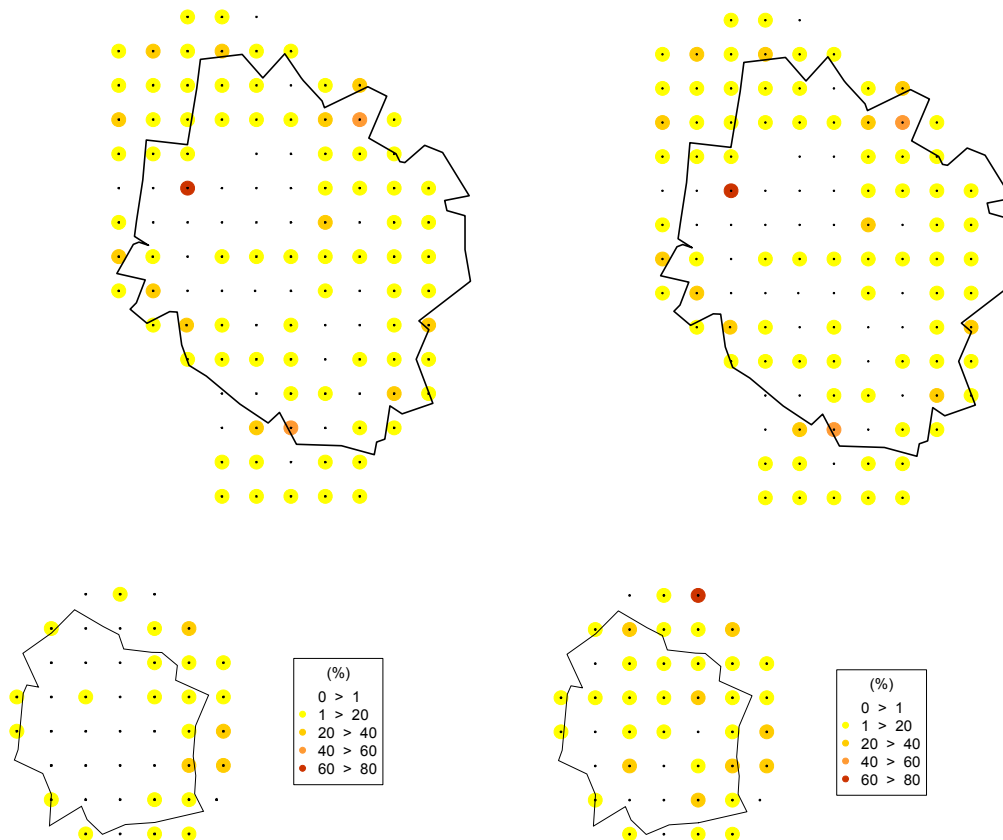


Priloga R4: Delež površine, prekrte z vejami (levo) ter odmrlim lesom (desno) na ploskvicah na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV) pri popisu v letu 2004

Attachment R4: Percentage of ground covered with branches (left) and coarse woody debris (right) at single plots at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) and Small gap (SMV) according to inventory in 2004

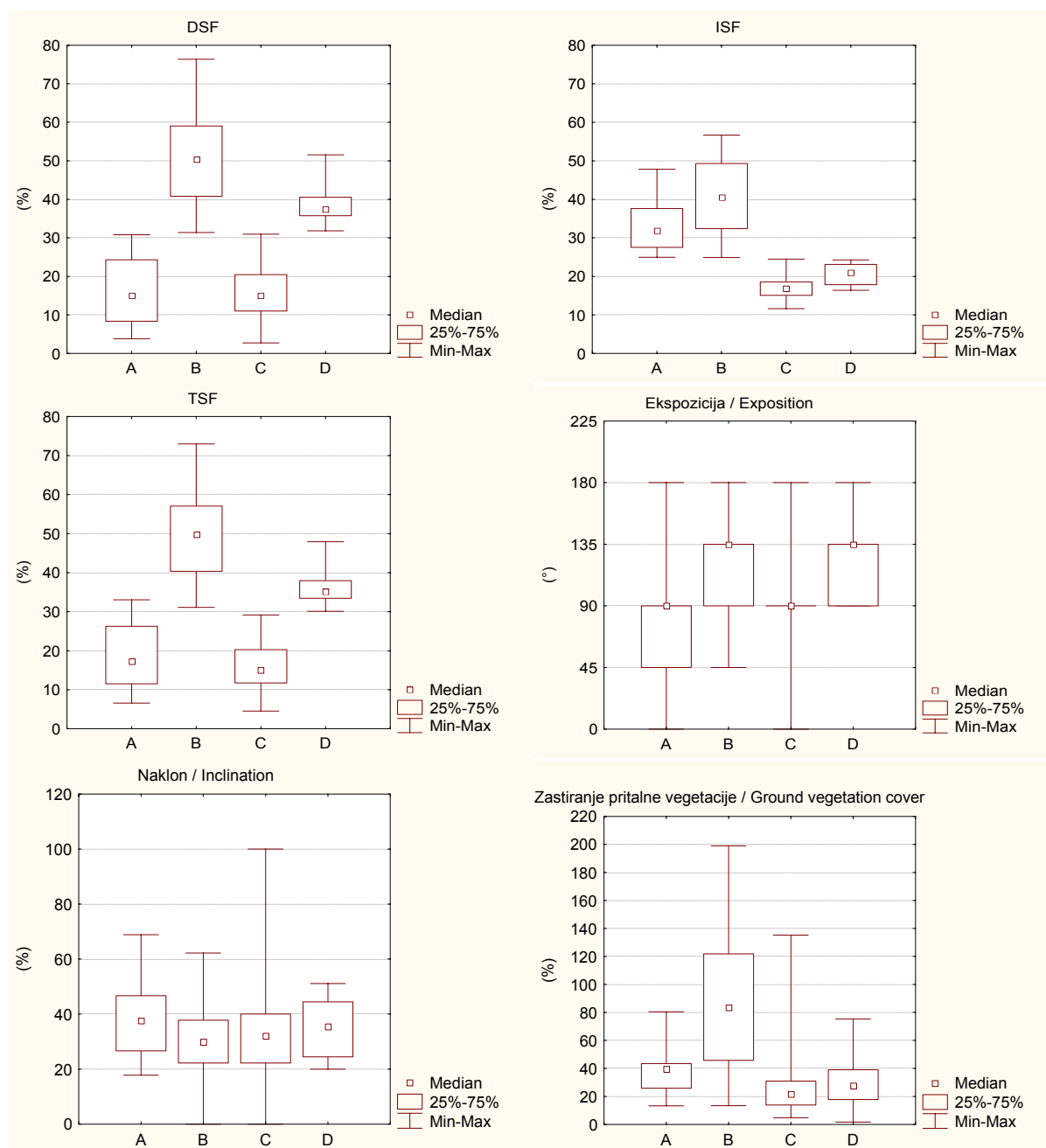
VEJE / BRANCHES (%)

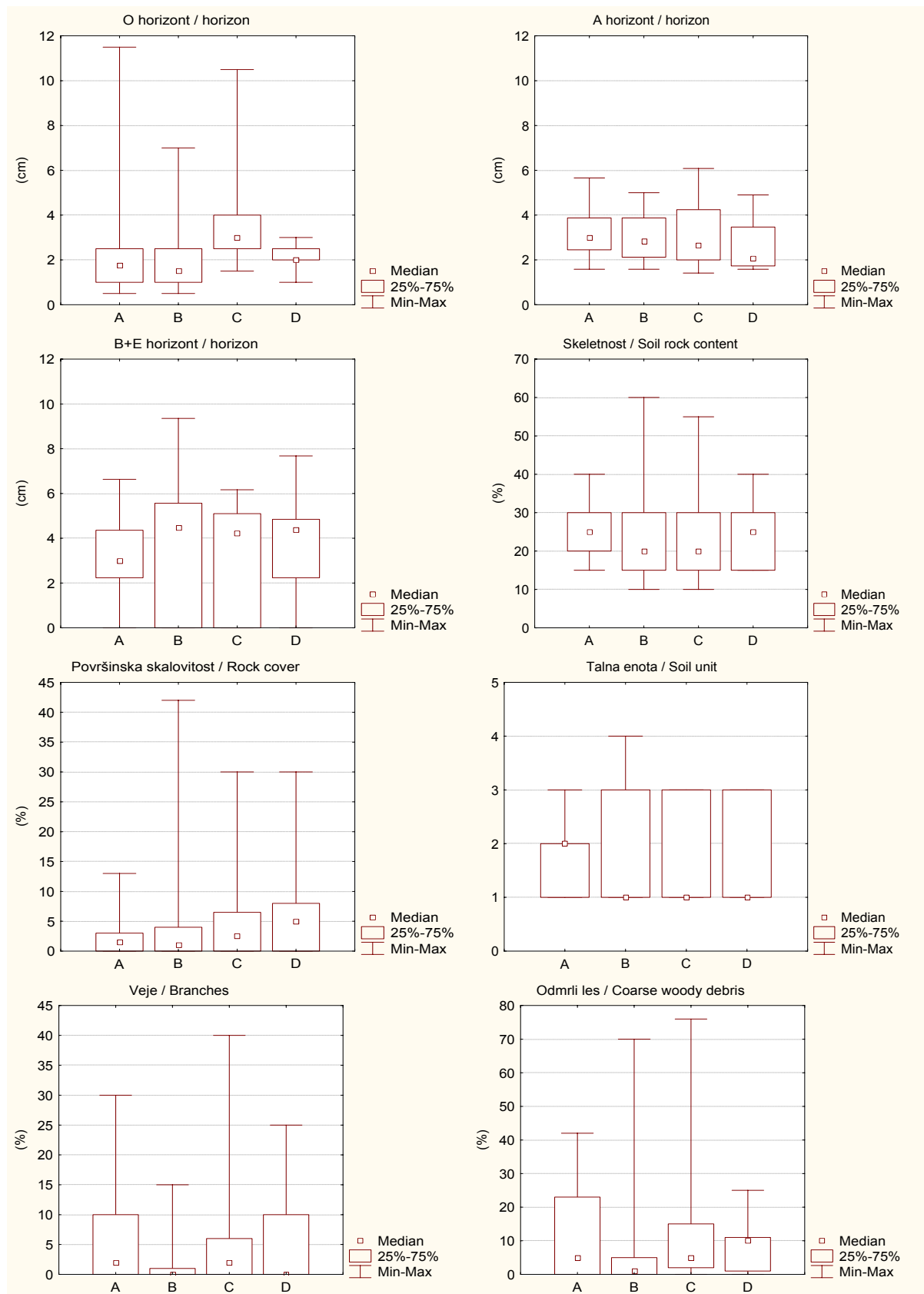
MRTVA LESNA BIOMASA /
COARSE WOODY DEBRIS (%)

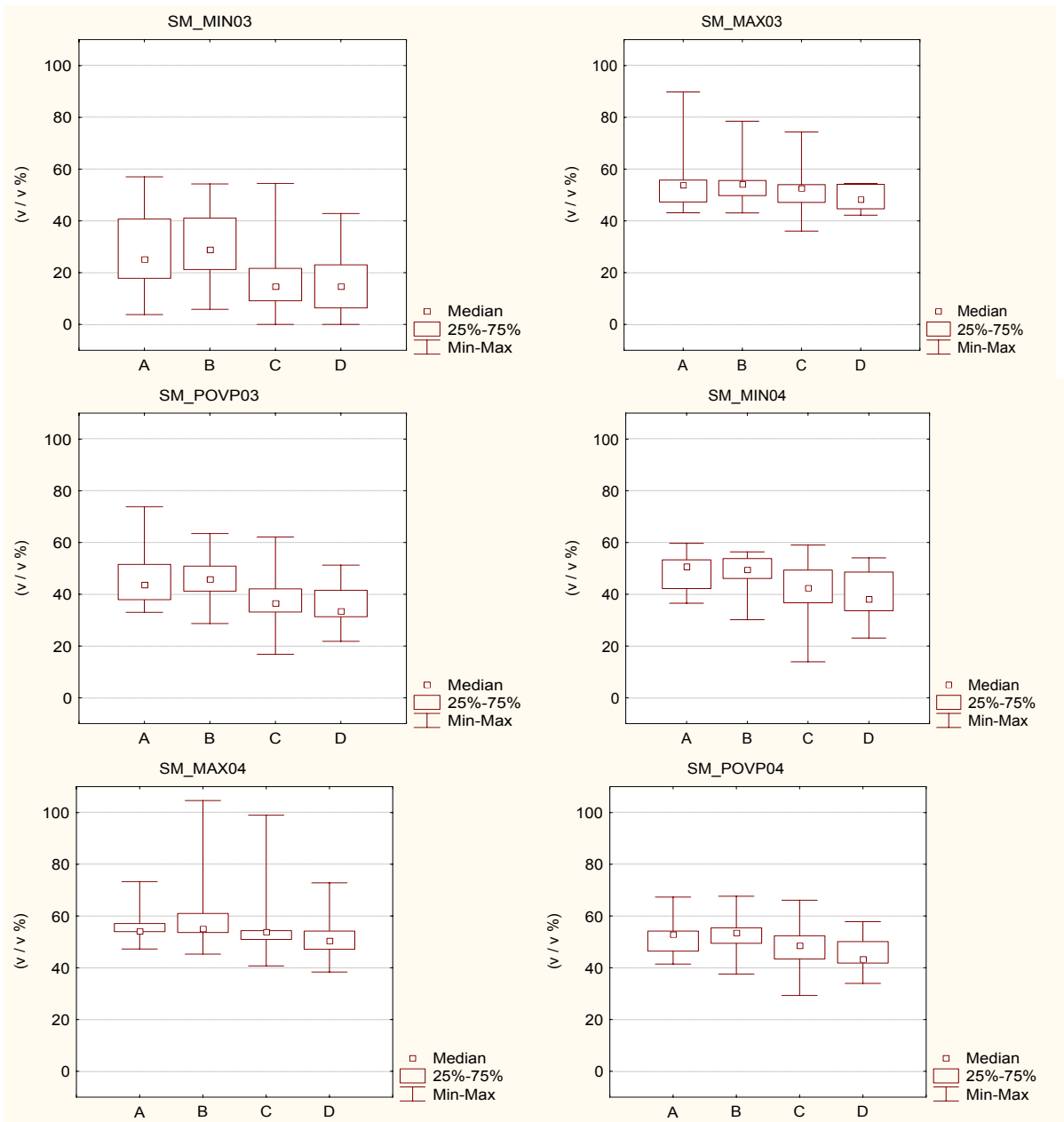


Priloga S: Okvir z ročaji (mediane, kvartilni razmiki, maksimumi in minimumi) za ekološke dejavnike glede na razvrstitev ploskvic v štiri tipe na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV). Okrajšave spremenljivk, ki smo jih uporabili v analizi, so razvidne iz Preglednice 11.

Attachment S: Box-Whisker plots (median, quartiles, maximum and minimum) of ecological factors according to four types of pots at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) and Small gap (SMV). Abbreviations of variables, used in the analysis, are shown in Table 11.







Priloga T2: Spearmanova korelacija rangov (R) med rezultati petih izločenih faktorjev ter višino, višinskim prirastkom terminalnega poganjka ter premerom petih dominantnih osebkov bukve do 21 cm na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Velika vrzel (SVV) in Mala vrzel (SMV). Predstavljene so le statistično značilne odvisnosti ($p < 0,05$).

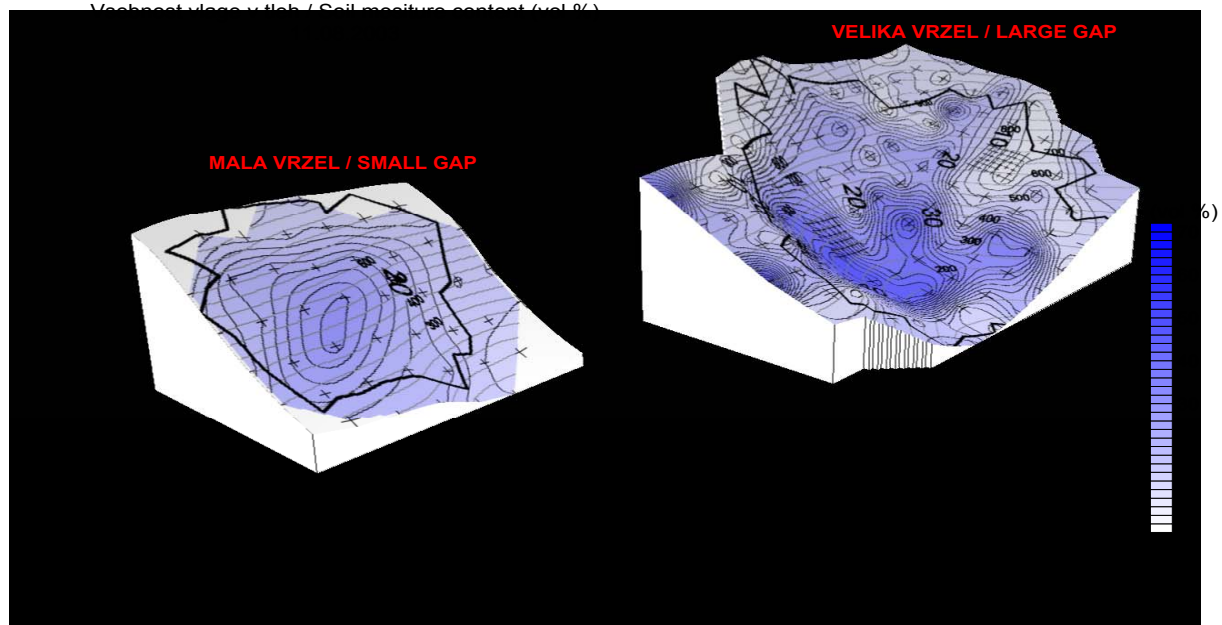
Attachment T2: Spearman's rank order correlation (R) between five factor scores and height, height increment of terminal shoot and diameter of 5 dominant beech seedlings up to 21 cm at research site Snežna jama, plot Large gap (SVV) and Small gap (SMV). Only statistically significant relations ($p < 0,05$) are presented.

	F1			F2			F3		
	N	R	p	N	R	p	N	R	p
Višina / Height	2004	91	0.208	0.048			91	0.409	0.000
Višinski prirastek / Height increment	2003			51	0.306	0.029			
	2004	88	0.376	0.000			88	0.324	0.002
Premer / Diameter	2004	91	0.338	0.001			91	0.424	0.000

Priloga U: Model reliefa in vsebnost vlage v tleh 11.08.2003 (a) ter globina mineralnega dela tal (M horizont) (b), difuznega sevanja ISF (c) in direktnega sevanja DSF (d) na raziskovalni ploskvi Snežna jama, podobjekt Mala vrzel (SMV) in Velika vrzel (SVV)

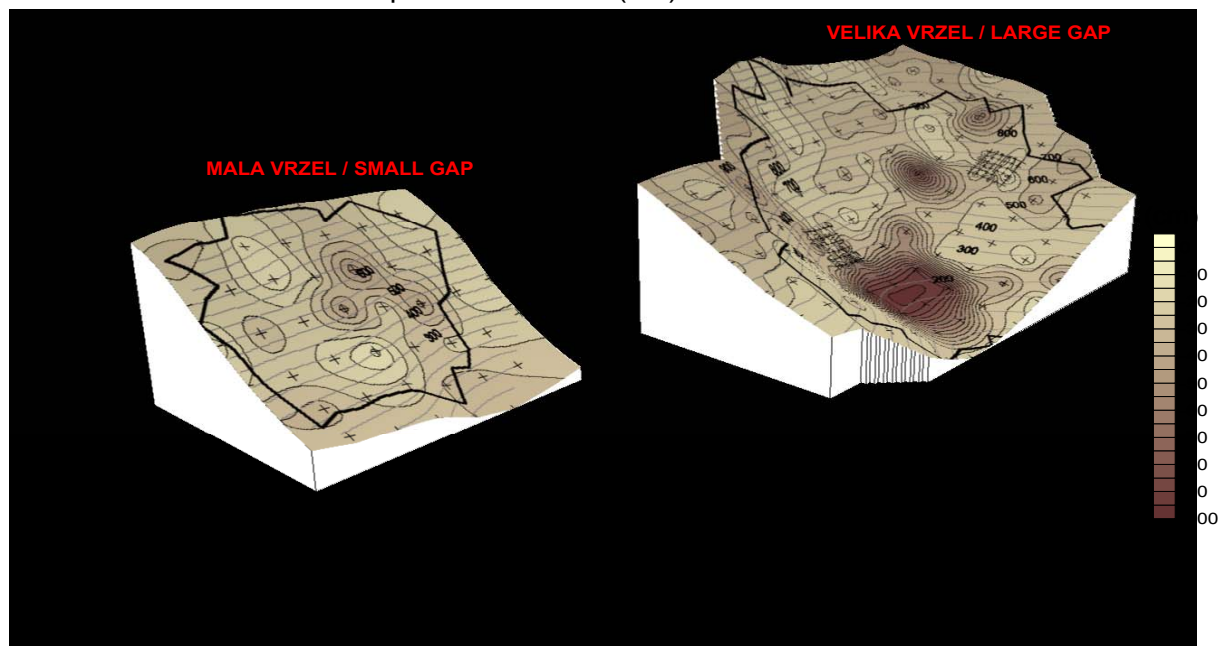
Attachment U: Relief model and soil moisture content 11.08.2003 (a), depth of mineral soil (M horizon) (b), difusse radiation (ISF) (c), and direct radiation (DSF) (d) at research site Snežna jama, plot Small gap (SMV) and Large gap (SVV)

(a)

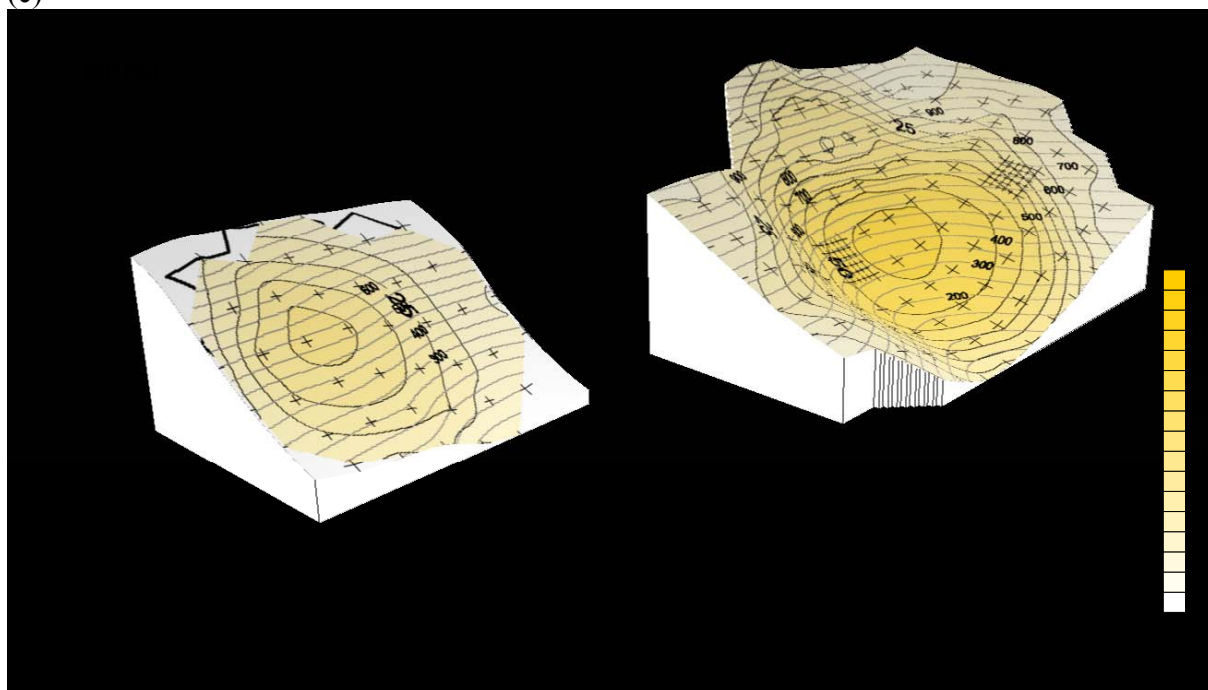


(b)

Globina M horizonta / Depth of M horizon (cm)



(c)



(d)

