

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Matej TAJNIKAR

**RAST DREVES IN STRUKTURA HABITATNEGA
TIPA PREHODNA BARJA NA POHORJU**

MAGISTRSKO DELO

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Matej TAJNIKAR

**RAST DREVES IN STRUKTURA HABITATNEGA TIPRA PREHODNA
BARJA NA POHORJU**

MAGISTRSKO DELO

**TREES GROWTH AND STRUCTURE OF HABITAT TYPE
TRANSITION MIRES AND QUAKING BOGS ON POHORJE**

MASTER OF SCIENCE THESIS

Ljubljana, 2016

Na podlagi Statuta Univerze v Ljubljani ter po sklepu Senata Biotehniške fakultete z dne 30. 3. 2015 je bilo potrjeno, da kandidat izpolnjuje pogoje za magistrski Podiplomski študij bioloških in biotehniških znanosti ter opravljanje magisterija znanosti s področja varstva naravne dediščine. Za mentorja je bil imenovan doc. dr. Aleš Kadunc in za somentorja prof. dr. Tomislav Levanič.

Magistrsko delo je zaključek magistrskega Podiplomskega študijskega programa bioloških in biotehniških znanosti na znanstvenem področju Varstvo naravne dediščine. Izdelano je bilo na Biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani. Terenska dela so bila izvedena v okviru projekta Wetman – Ohranjanje in upravljanje sladkovodnih mokrišč v Sloveniji (LIFE 09NAT/SI/000374) na barju Petinove jame in na Klopnovrških barjih na Pohorju. Dendrokronološke meritve so bile opravljene v laboratoriju Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. David Hladnik
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta

Član: prof. dr. Jurij Diaci
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta

Član: prof. dr. Alenka Gaberščik
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta

Datum zagovora:

Magistrsko delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Podpisani se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddal v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Matej Tajnikar

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Md
DK	GDK 228:561.24(497.4Pohorje)(043.2)=163.6
KG	prehodna barja/naravovarstveni pomen/Pohorje/smreka/rastne značilnosti/zgradba sestoja/razmeščanje dreves/širine branik/dendroklimatologija
AV	TAJNIKAR, Matej
SA	KADUNC, Aleš (mentor), LEVANIČ, Tomislav (somentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Podiplomski študij bioloških in biotehniških znanosti, področje varstva naravne dediščine
LI	2016
IN	RAST DREVES IN STRUKTURA HABITATNEGA TIPA PREHODNA BARJA NA POHORJU
TD	Magistrsko delo
OP	XIII, 113 str., 29 pregl., 31 sl., 5 pril., 141 vir.
IJ	sl
JI	sl / en
AI	<p>Na pohorskih prehodnih barjih smo preučevali rast dreves in strukturo sestojev. Na barju Petinove jame smo postavili 4, na Klopnovrških barjih pa 5 raziskovalnih ploskev v velikosti 200 m². Razmere za rast so manj ugodne na barju Petinove jame, ki ima bolj ombrotrofni značaj. V bližnjem gozdu na avtomorfnih tleh smo postavili ob vsakem obravnavnem barju še po eno referenčno ploskev v velikosti 400 m². Drevesom na ploskvah smo popisali strukturne značilnosti in na vsaki ploskvi izvedli debelno analizo 30 dreves. Na barju Petinove jame so drevesa nižja kot na Klopnovrških barjih ter dosegajo manjše prsne premere, premere na koreninskem vratu ter manjše višinske in debelinske prirastke. Na barjanskih ploskvah je značilna šopasta razmestitev dreves, na referenčnih ploskvah pa naključna. Na barjih so bili v 19. in 20. stoletju izkopani melioracijski jarki, kar se odraža na povečanem vzniku in priraščanju dreves v letih po izkopu. Z oddaljevanjem od melioracijskih jarkov se zmanjšujejo gostota dreves, temeljnica, temeljnica koreninskega vratu, lesna zaloga, povprečni prsni premer, starost in višina dreves ter variabilnost višinske in debelinske strukture, vendar zmanjševanje večinoma ni statistično značilno. Nadzemna konkurenca nima vpliva na priraščanje dreves na barju Petinove jame, na Klopnovrških barjih pa vpliva na debelinsko in temeljnično priraščanje dreves. Za obe obravnavni barji smo izdelali kronologiji, ki se medsebojno dobro ujemata. Največji negativni vpliv na rast dreves na barjih imajo padavine v aprilu in maju. Ugotovili smo, da se struktura ter funkcije delno pa tudi površina habitatnega tipa Prehodna barja nenehno spreminjajo. Prehodna barja ogrožajo človeške aktivnosti in podnebne spremembe, saj se zaradi segrevanja ozračja intenzivneje zaraščajo, posledično pa se zmanjšuje njihova površina.</p>

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Md
DC FDC 228:561.24(497.4Pohorje)(043.2)=163.6
CX transitional bogs/nature conservation importance/Pohorje/Norway spruce/growth characteristics/stand structure/trees distribution/tree-ring width/dendroclimatology
AU TAJNIKAR, Matej, B. Sc.
AA KADUNC, Aleš (supervisor), LEVANIČ, Tomislav (co-supervisor)
PP SI - 1000 Ljubljana, SLO, Jamnikarjeva ulica 101
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Postgraduate Study of Biological and Biotechnical Sciences, Field: Conservation of Natural Heritage
PY 2016
TI TREES GROWTH AND STRUCTURE OF HABITAT TYPE TRANSITION
MIRES AND QUAKING BOGS ON POHORJE
DT M. Sc. Thesis
NO 113 p., 29 tab., 31 fig., 5 ann., 141 ref.
LA sl
AL sl/en
AB We have analysed tree growth and stand structure of transitional bogs on Pohorje. 4 research plots of an area of 200 m² on the peat bog Petinove jame and 5 research plots on the peat bog Klopnovrška barja were established. Growing conditions are less favourable on the peat bog Petinove jame, which is more ombrotrophic. Furthermore, reference plots with an area of 400 m² were established adjacent to each bog in the forest on the automorphic soil. Structural characteristics of trees on plots were measured and stem analysis of 30 trees on each plot was performed. Trees on the peat bog Petinove jame are lower than those on peat bog Klopnovrška barja and have smaller diameters at breast height, root collar diameters, height increment and diameter increment. Trees on bogs have clustered distribution, and trees on reference plots have random distribution. In the 19th and 20th century, drainage ditches were excavated, which is reflected on increased tree emergence and tree growth in years after excavation. With moving away from drainage ditches, tree density, basal area, root collar basal area, growing stock, average diameter at breast height, age, height and variability of height structure and variability of diameter structure of trees are decreasing. However, this decrease is generally not statistically significant. Aboveground competition does not influence the diameter and basal area increment on the peat bog Petinove jame, but does it so on the peat bog Klopnovrška barja. Chronologies for both bogs have been made and they correspond well to one another. Precipitation in April and May has a negative impact on tree growth on bogs. We found that the structure, functions and partly the area of habitat type Transition mires and quaking bogs are constantly changing, and that they are threatened by climate change and human activity. Due to global warming, the transitional bogs are intensely overgrown and their size is gradually decreasing.

KAZALO VSEBINE

	Ključna dokumentacijska informacija	III
	Key words documentation	IV
	Kazalo vsebine	V
	Kazalo preglednic	VIII
	Kazalo slik	X
	Kazalo prilog	XIII
1	UVOD IN OPREDELITEV PROBLEMA	1
2	DOSEDANJA RAZISKOVANJA	4
3	NAMEN RAZISKAVE IN DELOVNE HIPOTEZE	10
4	METODE DELA IN OBJEKTI RAZISKAVE	11
4.1	OBJEKTI RAZISKAVE	11
4.1.1	Lega objektov	11
4.1.1.1	Barje Petinove jame	11
4.1.1.2	Klopnovrška barja	13
4.1.2	Matična podlaga, tla in relief	15
4.1.3	Podnebne značilnosti	16
4.1.4	Hidrološke značilnosti	17
4.1.5	Vegetacija barij na Pohorju	19
4.1.6	Zgodovina pohorskih barij	20
4.2	METODE DELA	22
4.2.1	Popis dreves	22
4.2.2	Debelna analiza	24
4.2.3	Izračun lesne zaloge in temeljnice	24
4.2.4	Starost dreves	24
4.2.5	Vpliv nadzemne konkurence na priraščanje dreves	25
4.2.6	Ugotavljanje razmestitve dreves	25
4.2.7	Priprava kolutov in izvrtkov ter njihova analiza	28

4.2.8	Izdelava in primerjava kronologij	28
4.2.9	Standardizacija kronologij	30
4.2.10	Značilna leta	31
4.2.11	Izbor najprimernejše meteorološke postaje	31
4.2.12	Analiza odvisnosti širine branike od podnebnih dejavnikov	32
5	REZULTATI	33
5.1	STRUKTURA SESTOJEV	33
5.1.1	Število dreves in drevesna sestava	33
5.1.2	Gostota dreves	33
5.1.3	Temeljnica in lesna zaloga	34
5.1.4	Sestojne plasti	35
5.1.5	Kakovost krošenj	36
5.1.6	Utesnjenost dreves	37
5.1.7	Debelinska struktura	38
5.1.8	Višinska struktura	40
5.1.9	Starostna struktura in čas vznika dreves	41
5.2	DEBELINSKA RAST	43
5.3	VIŠINSKA RAST	44
5.4	VPLIV NADZEMNE KONKURENCE NA DEBELINSKI IN TEMELJNIČNI PRIRASTEK	45
5.5	ANALIZA PROSTORSKE RAZMESTITVE DREVES	48
5.6	DENDROKRONOLOŠKE ANALIZE	51
5.6.1	Nesklenjene in manjkajoče branike	51
5.6.2	Kronologije raziskovalnih ploskev	52
5.6.3	Kronologiji Klopnovrških barij in barja Petinove jame	55
5.6.4	Ujemanje kronologij	57
5.6.5	Značilna leta	59
5.7	ANALIZA ODVISNOSTI ŠIRINE BRANIKE OD PODNEBNIH DEJAVNIKOV	60
5.7.1	Izbor meteorološke postaje	60
5.7.2	Spremembe podnebnih spremenljivk v času	61

5.7.3	Dendroklimatološka analiza na barju Petinove jame	62
5.7.4	Dendroklimatološka analiza na Klopnovrških barjih	67
6	RAZPRAVA	72
6.1	STRUKTURA SESTOJEV	72
6.2	ČAS VZNIKA DREVES	75
6.3	PRIRAŠČANJE DREVES	76
6.4	VPLIV NADZEMNE KONKURENCE NA DEBELINSKI IN TEMELJNIČNI PRIRASTEK	78
6.5	PROSTORSKA RAZMESTITEV DREVES	79
6.6	DENDROKRONOLOŠKE ANALIZE	80
6.7	DENDROKLIMATOLOŠKE ANALIZE	84
6.8	NARAVOVARSTVENI POMEN POHORSKIH BARIJ IN NJIHOVO OHRANJANJE	86
7	POVZETEK (SUMMARY)	90
7.1	POVZETEK	90
7.2	SUMMARY	95
8	VIRI	101
8.1	CITIRANI VIRI	101
8.2	DRUGI VIRI	113
	ZAHVALA	
	PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1:	Osnovni podatki o raziskovalnih ploskvah na barju Petinove jame	12
Preglednica 2:	Osnovni podatki o raziskovalnih ploskvah na Klopnovrških barjih	15
Preglednica 3:	Število dreves po drevesnih vrstah na raziskovalnih ploskvah	33
Preglednica 4:	Gostota dreves (N/ha) po debelinskih stopnjah	34
Preglednica 5:	Temeljnica (m^2/ha) in lesna zaloga (m^3/ha) na barjanskih ploskvah	35
Preglednica 6:	Deleži dreves po sestojnih plasteh na barjanskih ploskvah	36
Preglednica 7:	Kakovost krošenj na raziskovalnih ploskvah	37
Preglednica 8:	Obdanost krošnje na raziskovalnih ploskvah	37
Preglednica 9:	Podatki o prsnih premerih in njihovi variabilnosti po ploskvah	38
Preglednica 10:	Podatki o premerih koreninskega vratu in njihovi variabilnosti po ploskvah	39
Preglednica 11:	Podatki o drevesnih višinah in njihovi variabilnosti po ploskvah	40
Preglednica 12:	Podatki o starosti dreves in njeni variabilnosti po ploskvah	41
Preglednica 13:	Podatki o debelinskem priraščanju in njegovi variabilnosti po ploskvah	44
Preglednica 14:	Podatki o višinskem priraščanju, njegovi variabilnosti ter rezultati t -testa po ploskvah	45
Preglednica 15:	Osnovni podatki o pojasnjenih spremenljivkah in kovariatah za sproščena in utesnjena drevesa na barju Petinove jame	45
Preglednica 16:	Osnovni podatki o pojasnjenih spremenljivkah in kovariatah za sproščena in utesnjena drevesa na Klopnovrških barjih	46
Preglednica 17:	Preizkus razlik v temeljničnem prirastku med sproščenimi in utesnjenimi drevesi na barju Petinove jame	46
Preglednica 18:	Preizkus razlik v debelinskem prirastku med sproščenimi in utesnjenimi drevesi na Klopnovrških barjih	47
Preglednica 19:	Preizkus razlik v temeljničnem prirastku med sproščenimi in utesnjenimi drevesi na Klopnovrških barjih	47
Preglednica 20:	Vzorci prostorske razmestitve dreves na barjanskih ploskvah	48
Preglednica 21:	Vzorci prostorske razmestitve dreves po sestojnih plasteh na barju Petinove jame	49
Preglednica 22:	Vzorci prostorske razmestitve dreves po sestojnih plasteh na Klopnovrških barjih	50

Preglednica 23: Število kolotov glede na razliko v številu branik med različnimi smermi znotraj istega koluta	51
Preglednica 24: Osnovni podatki o kronologijah ploskev. Prikazani so časovno obdobje kronologij, dolžina kronologij (<i>D</i>), število analiziranih dreves (<i>Dr.</i>), število analiziranih smeri (<i>Sm.</i>), število vključenih dreves (<i>Vkl. dr.</i>), število manjkajočih branik (<i>Manj. br.</i>), povprečni, minimalni in maksimalni t_{BP} ter povprečni, minimalni in maksimalni <i>GLK%</i>	53
Preglednica 25: Statistični kazalci za osnovno kronologijo in kronologijo ostankov na ploskvah. Prikazana je aritmetična sredina širin branik (<i>M</i>) ter njen standardni odklon (σ), minimalna in maksimalna širina branik, povprečna dolžina drevesnih kronologij (<i>DK</i>), drseči populacijski signal (<i>EPS</i>) in srednja stopnja občutljivosti (<i>MS</i>)	54
Preglednica 26: Primerjava koeficientov t_{BP} (zgornji desni del preglednice) in <i>GLK%</i> (spodnji levi del preglednice) med kronologijami ploskev na Klopnovrških barjih	57
Preglednica 27: Primerjava koeficientov t_{BP} (zgornji desni del preglednice) in <i>GLK%</i> (spodnji levi del preglednice) med kronologijami ploskev na barju Petinove jame	58
Preglednica 28: Število značilnih let za Klopnovrška barja (<i>KV</i>) in barje Petinove jame (<i>PJ</i>)	59
Preglednica 29: Korelacijski koeficienti za mesečne padavine in povprečne mesečne temperature med meteorološko postajo Rogla in postajami v širši okolici raziskovalnih objektov	60

KAZALO SLIK

Slika 1:	Barje Petinove jame v jesenskem aspektu (foto: Sebastjan Štruc)	11
Slika 2:	Prikaz raziskovalnih ploskev na barju Petinove jame	12
Slika 3:	Klopnovrška barja (pogled proti Rogli)	13
Slika 4:	Prikaz raziskovalnih ploskev na Klopnovrških barjih, ploskev KV1 je zaradi oddaljenosti od ostalih ploskev prikazana ločeno v zgornjem levem kotu	14
Slika 5:	Klimatski diagram s povprečnimi temperaturami in povprečno količino padavin po mesecih za meteorološko postajo Rogla v obdobju 1990–2012	17
Slika 6:	Podatki o nihanju ravni talne vode na barju Petinove jame v letu 2013	18
Slika 7:	Podatki o nihanju ravni talne vode na Klopnovrških barjih v letu 2013	18
Slika 8:	Smreke ob melioracijskem jarku na barju Petinove jame	22
Slika 9:	Prikaz rezultatov Ripleyeve K funkcije (Multi-Distance..., 2012)	27
Slika 10:	Število dreves po obdobjih vznika na Klopnovrških barjih	42
Slika 11:	Število dreves po obdobjih vznika na barju Petinove jame	43
Slika 12:	Primer nesklenjene (izklinjene) branike	52
Slika 13:	Osnovna (a) in kronologija ostankov (b) z globino vzorca (c) za kronologijo barja Petinove jame. Črtna črta predstavlja mesto kronologije, kjer drseči populacijski signal preseže vrednost 0,85.	55
Slika 14:	Osnovna (a) in kronologija ostankov (b) z globino vzorca (c) za kronologijo Klopnovrških barij. Črtna črta predstavlja mesto kronologije, kjer drseči populacijski signal preseže vrednost 0,85.	56
Slika 15:	Osnovni kronologiji za Klopnovrška barja (KV) in barje Petinove jame (PJ). Navpični črtni črti predstavljata mesto nadaljevanja kronologije.	58
Slika 16:	Značilna leta za kronologiji PJ in KV. Z modro barvo so označena pozitivna, z rdečo pa negativna značilna leta. Kvadratki predstavljajo leta, ko se je enako odzvalo več kot 80 % dreves, križci pa leta, ko se je enako odzvalo vsaj 75 % dreves. Navpični črtni črti predstavljata mesto nadaljevanja kronologije.	59
Slika 17:	Prikaz letne količine padavin in drsečega povprečja padavin za meteorološko postajo Celje	61
Slika 18:	Prikaz povprečne letne temperature in drsečega povprečja temperatur za meteorološko postajo Celje	62

- Slika 19: Odzivni koeficienti med mesečnimi padavinami, povprečno mesečno temperaturo in kronologijo ostankov na barju Petinove jame 63
- Slika 20: Korelacijski koeficienti med mesečnimi padavinami (primarna podnebna spremenljivka), povprečno mesečno temperaturo (sekundarna podnebna spremenljivka) in kronologijo ostankov za eno-, dvo- in trimesečno obdobje na barju Petinove jame 64
- Slika 21: Časovna stabilnost korelacije med aprilskimi padavinami in kronologijo ostankov za barje Petinove jame. Črtkani črti predstavljata 95 % interval zaupanja korelacijskega koeficienta. 64
- Slika 22: Časovna stabilnost korelacije med septembrskimi padavinami in kronologijo ostankov za barje Petinove jame. Črtkani črti predstavljata 95 % interval zaupanja korelacijskega koeficienta. 65
- Slika 23: Časovna stabilnost korelacije med padavinami za obdobje marec–april ter kronologijo ostankov za barje Petinove jame. Črtkani črti predstavljata 95 % interval zaupanja korelacijskega koeficienta. 65
- Slika 24: Korelacijski koeficienti med mesečnimi padavinami (primarna podnebna spremenljivka), povprečno mesečno temperaturo (sekundarna podnebna spremenljivka) in kronologijo ostankov za eno-, dvo- in trimesečno obdobje na referenčni ploskvi ob barju Petinove jame 66
- Slika 25: Časovna stabilnost korelacije med skupnimi padavinami za februar–marec ter kronologijo ostankov za referenčno ploskev ob barju Petinove jame. Črtkani črti predstavljata 95 % interval zaupanja korelacijskega koeficienta. 67
- Slika 26: Odzivni koeficienti med mesečnimi padavinami, povprečno mesečno temperaturo in kronologijo ostankov na Klopnovrških barjih 68
- Slika 27: Korelacijski koeficienti med mesečnimi padavinami (primarna podnebna spremenljivka), povprečno mesečno temperaturo (sekundarna podnebna spremenljivka) in kronologijo ostankov za eno-, dvo- in trimesečno obdobje na Klopnovrških barjih 69
- Slika 28: Časovna stabilnost korelacije med skupnimi padavinami za april–maj ter kronologijo ostankov za Klopnovrška barja. Črtkani črti predstavljata 95 % interval zaupanja korelacijskega koeficienta. 69

- Slika 29: Časovna stabilnost korelacije med povprečno temperaturo za obdobje april–september ter kronologijo ostankov za Klopnovrška barja. Črtkani črti predstavljata 95 % interval zaupanja korelacijskega koeficienta. 70
- Slika 30: Korelacijski koeficienti med mesečnimi padavinami (primarna podnebna spremenljivka), povprečno mesečno temperaturo (sekundarna podnebna spremenljivka) in kronologijo ostankov za eno-, dvo- in trimesečno obdobje na referenčni ploskvi ob Klopnovrških barjih 71
- Slika 31: Pregrade na melioracijskem jarku na barju Petinove jame (foto: Sebastjan Štruc) 88

KAZALO PRILOG

Priloga A – Analiza kovariance

Priloga B – Podatki piezometrov o nihanju ravni vode

Priloga C – Kronologije ploskev

Priloga D – Analiza prostorske razmestitve dreves

Priloga E – Tlorisi ploskev (razmestitev dreves)

1 UVOD IN OPREDELITEV PROBLEMA

Barja, ki so včasih v zavesti ljudi veljala kot ničvredna in neproduktivna, v zadnjem času postajajo prepoznana kot izjemno vreden ekosistem, ki je eksistencialnega pomena za človeštvo. Šotna barja pokrivajo 3 % zemeljskega površja, toda skladiščijo približno 30 % celotnega ogljikovega dioksida v tleh in s tem pomembno vplivajo na njegovo globalno kroženje (Yu in sod., 2010). Ocenjuje se, da skladiščijo 3 do 3,5-krat večjo količino ogljika, kot je vezana v tropskih gozdovih (Martinčič, 1998).

Barja sodijo v obsežno skupino mokrišč, na katerih je zaradi posebnih razmer v preteklosti nastajala ali še vedno nastaja šota (Kutnar, 2013). Delimo jih na tri tipe: visoko, prehodno in nizko. Delitev temelji na oblikovanosti površine barja glede na okolico, debelino šotnih plasti in preskrbljenosti tal s hranili, ki je odvisna od vodnega režima, predvsem od razmerja med padavinsko vodo in stikom s podtalnico. To se razmeroma jasno odraža tudi v kemijskih lastnostih vode in tal (Kutnar, 2013). Visoka barja imajo debele plasti šote (lahko tudi več kot 6 m) in nizek pH, nizka barja pa so manj zakisana. Za prehodna barja so značilne ključne lastnosti med visokimi in nizkimi barji. Pogosto so prehodna barja lahko mozaičen preplet dveh skrajnih oblik: visokega in nizkega barja. Ločnice med različnimi tipi barij niso zelo jasne in izrazite (Kutnar, 2013).

Prehodna barja so kompleksen habitatni tip, pri katerem ima ključno vlogo voda (Edvardsson in sod., 2011). Poleg vode so pomembna značilnost prehodnih barij šotni mahovi, ki so edina skupina mahov, ki ima globalni pomen za planet Zemljo. Zaradi značilne zgradbe imajo izredno veliko sposobnost vpijanja vode, zato padavine s površin, ki jih pokrivajo šotni mahovi ne odtečejo, ampak se shranijo. Ker ima preproga gosto rastočih vrst šotnih mahov kapilarne lastnosti, voda na površini razmeroma počasi izhlapeva (Martinčič, 1998).

Barja so ljudem že od nekdaj predstavljala manjvreden ali neizkoriščen prostor, zato so jih začeli izsuševati. V Evropi smo izgubili največ barij na svetu, saj je bilo spremenjenih kar 60 % prvotnih barjanskih površin. Od tega je bilo spremenjenih 10 % barij zaradi izkoriščanja šote, 50 % barij je bilo izsušenih za kmetijsko rabo, 30 % pa za izboljšanje ravnih razmer gozdov (Conserving mires ..., 1999).

Zavedanje o ekološki pomembnosti barij in ohranjanju obstoječih površin, marsikje pa tudi restavriranje v preteklosti spremenjenih barjanskih površin, je vedno bolj prisotno v vseh delih Evrope – tako v zahodni (Anderson, 2010) in severni (Komulainen in sod., 1999; Haapalehto in sod., 2010), kot tudi v srednji in vzhodni Evropi (Minayeva in sod., 2009).

Mnoge drenirane barjanske površine restavrirajo v projektih, ki jih financira Evropska unija, saj je bila prepoznana velika vrednost teh barj. Poskusi restavriranja na nizkih barjih so pogosto manj uspešni kot na visokih in prehodnih barjih (Klimkowska in sod., 2007; Howie in sod., 2009).

Na prehodnih barjih najdemo tako značilnosti nizkih kot visokih barj, zato je njihova ekološka podoba zelo pestra. Na delih, kjer je raven talne vode nižja in je v tleh več hranil, drevesa tvorijo sestoje in dosegajo drevesne višine preko 15 metrov. V ombrotrofni delih, kjer je raven talne vode visoka pa najdemo le še šotne mahove in tipične visokobarjanske rastlinske vrste, saj so rastiščni razmere preveč ostre za uspevanje dreves.

Največji del habitatnega tipa Prehodna barja v Sloveniji predstavljajo barja na Pohorju, ki so nastala zaradi fizikalnih in kemičnih lastnosti podlage ter zaradi specifičnih orografskih in hidrografske razmer. Na osnovi palinoloških raziskav je bilo ugotovljeno, da niso stara več kot 8000 let (Urbanek, 1995).

Pohorska barja imajo velik naravovarstven pomen, saj gre za območja, ki z rastlinskimi in živalskimi vrstami, prilagojenimi na ta habitat, povečujejo njegovo biotsko pestrost. Med temi vrstami je veliko redkih in ogroženih. Velik pomen imajo pohorska barja tudi pri uravnavanju hidrologije širšega območja, saj kot velik zadrževalnik vode blažijo ekstreme.

Na Pohorju so v omrežje Natura 2000 vključeni 4 habitatni tipi, ki so vezani na barja (Direktiva Sveta ..., 1992). Med njimi sta dva prednostna – Aktivna visoka barja in Barjanski gozdovi. Ostala dva, ki sta vezana na barja, sta še: Prehodna barja in Naravna distrofna jezera in ostale stoječe vode.

V drugi polovici 19. stoletja so bili izvedeni prvi znani poskusi, da bi izsušili pohorska barja. Izkopali so melioracijske jarke na Klopnovrških barjih in med njimi zasadili brezo (Zgonik, 1972). Kasneje so jih zopet želeli izsušiti v letih pred drugo svetovno vojno (Ahej, 2015). Vpliva melioracijskih jarkov na strukturo sestojev ter rast dreves na barjih ni pri nas še nihče preučeval, zato želimo analizirati njihov vpliv na prehodna barja na Pohorju.

Na pohorskih barjih je v letih 2011–2015 potekal projekt Wetman (2011), v okviru katerega so na barjih s pregradami zajezili melioracijske jarke in odstranjevali drevesa. Naravovarstveniki so pri tem upoštevali tudi priporočila, da se posamična drevesa na barjih puščajo, saj predstavljajo habitat za nekatere živalske vrste (Management of Natura ..., 2008). V okviru projekta so na barjih postavili tudi piezometre, s katerimi spremljajo

nihanje talne vode. Ker je nihanje vode v tleh najpomembnejši podatek o funkcioniranju barja, je to zelo koristna pridobitev. S pomočjo teh podatkov bomo lahko tudi ugotovili, kako nihanje ravni talne vode vpliva na rast dreves. Toda za takšno analizo bodo potrebne vsaj 40-letne meritve (Dauškane in Elferts, 2011).

Poznavanje strukturnih značilnosti barij in njihovega delovanja je pomembno za varovanje in ohranjanje barij. Z našo raziskavo bomo poglobili poznavanje in razumevanje strukture sestojev ter priraščanja in razmeščanja dreves. Vpogled v delovanje barij in o njihovem preteklem razvoju bomo pridobili tudi z obsežno dendrokronološko analizo, saj doslej podobnih raziskav še ni bilo. Za območje pohorskih barij je bila izdelana le ena dendrokronološka raziskava na majhnem vzorcu dreves (Kegljevič, 2012).

Poznavanje prehodnih barij na Pohorju, ki ga bomo poglobili z našo raziskavo, je pomembno tudi za poročanje o stanju habitatnega tipa, saj morajo države članice EU vsakih šest let oddati poročilo o izvajanju ukrepov po Direktivi o habitatih (Direktiva Sveta ..., 1992). Največji del poročila obsegajo ocene kazalcev stanja ohranjenosti vrst in habitatnih tipov.

Poleg antropogenih vplivov predstavljajo grožnjo barjem tudi podnebne spremembe, saj dolga sušna obdobja povzročijo razgradnjo organskih snovi in posledično sproščanje hranil (Kutnar in sod., 2001). Zaradi teh procesov začno barja počasi naseljevati drevesa ali pa drevesa, ki so že na barjih, začno bolje priraščati. Tako so drevesa na barjih dober pokazatelj hidroloških, okoljskih in podnebnih sprememb (Edvardsson in sod., 2016).

2 DOSEDANJA RAZISKOVANJA

V naši raziskavi obravnavana barja uvrščamo v habitatni tip Prehodna barja (Uredba o habitatnih tipih, 2003). Prvi jih je vegetacijsko opisal Pevalek (1925), bolj podrobno in v večjem obsegu pa sta vegetacijo, njene značilnosti ter razlike med barji z rušjem in smrekovimi barji opisala Piskernik in Martinčič (1970). Barja, ki smo jih analizirali, sta uvrstila med gorska prehodna barja s paraklimaksno smreko.

Definicija prehodnega barja, kot je uporabljena v literaturi o habitatnih tipih, je za razmere v Sloveniji, pa tudi sicer, povsem neuporabna, saj je prehodno barje heterogen pojem. V vseh primerih pa gre za mozaično mešanje ombrotrofni in minerotrofni površin oz. vegetacijskih enot in flore, kajti določeni deli barja so pod vplivom atmosferske vode, drugi pa pod vplivom mineralno bogatejši podtalnice ali vode z obrobja (Martinčič, 2004).

V okviru projekta Wetman (2011) je bil izdelan podrobnejši opis habitatnih tipov in njihov vegetacijski popis na območju Ribniškega barja, Lovrenških barij, Klopnovrških barij, barja Petinove jame in Črnega jezera (Škornik in Bakan, 2011a). V obravnavanem območju sta avtorja natančno opredelila habitatne tipe po tipologiji habitatnih tipov Slovenije (Jogan in sod., 2004), ki je bila po palearktični klasifikaciji (Physis) prilagojena specifičnim razmeram v Sloveniji. Te habitatne tipe sta uvrstila v pet habitatnih tipov NATURA (v oklepaju so prikazane oznake habitatnih tipov po klasifikaciji Physis):

- 3160 naravna distrofna jezera in ostale stoječe vode (22.14);
- 7110* aktivna visoka barja (51.1, 51.12, 51.13);
- 7140 prehodna barja (54.5, 54.53);
- 91D0* barjanski gozdovi (44.A4, 44.A3, 31.8G);
- 9410 kisloljubni smrekovi gozdovi od montanskega do subalpinskega pasu (42.21).

Dosedanje raziskave lesne vegetacije visokih in prehodnih barij v Sloveniji so bile bolj osredotočene na barja na Pokljuki in Jelovici (Pevalek, 1925; Budnar, 1951; Piskernik in Martinčič, 1970; Martinčič in Štrichelj, 1983; Martinčič in Piskernik, 1985; Božič, 1997; Božič in Levanič, 1998; Kutnar, 2000; Kutnar in Martinčič, 2002; Božič in Urbančič, 2003; Jan, 2006; Kutnar, 2012; Kegljevič, 2012; Kutnar, 2013) manj pa na Pohorje (Pevalek, 1925; Piskernik in Martinčič, 1970; Martinčič in Piskernik, 1985; Urbanek, 1995; Stermšek, 2002; Kegljevič, 2012; Kutnar, 2013).

Izmed vseh ekoloških dejavnikov, ki vplivajo na rast dreves na barjih ima najpomembnejšo vlogo raven talne vode in njeno nihanje (Freléhoux in sod., 2004; Dauškane in Elferts, 2011; Edvardsson in sod., 2011; Kutnar, 2012). Za šotna barja v Angliji so izdelali rekonstrukcijo spreminjanja talne vode za zadnjih 200 let. Ugotovili so, da je raven talne vode bolj odvisna od poletnih temperatur, kot od padavin (Hendon in Charman, 2004).

Zaradi velike količine vode razvoj življenja na visokem barju spomladi v primerjavi z okolico kasni, jeseni pa se zaradi toplotnoizolacijskega učinka življenje nekoliko podaljšuje. Vodne razmere barja so spremenljive, saj so rastline lahko poplavljene, tiste na vrhu šotnih kupov pa so pogosto izpostavljene sušnim razmeram (Geister, 1999). Drevesa so najvišja na robu barij, proti notranjosti barij, kjer postajajo razmere vedno bolj ombrotrofne, so drevesa vedno manjša in slabše razvita. Na najbolj neugodnih predelih so visoka le še nekaj decimetrov ali pa se sploh ne pojavljajo več (Kutnar, 2013).

Zelo pomembna za rast dreves so tudi mikrorastišča, ki se spreminjajo na vsakem koraku (Piskernik in Martinčič, 1970; Ågren in sod., 1983; Kutnar, 2000) kar dobro nakazuje vegetacija (Kutnar, 2012). Od gozda na avtomorfni tleh se barje loči po strukturi dreves, saj prevladujejo mnogo manjše dimenzije (Kegljevič, 2012). V gozdu so drevesa višja in debelejša v primerjavi z barjem (Božič in Levanič, 1998), dosegajo višje temeljnice in lesne zaloge (Jan, 2006) ter hitreje priraščajo (Linderholm, 2001; Cedro in Lamentowicz, 2011; Kegljevič, 2012). Na barju se s povečevanjem vlažnosti tal zmanjšuje debelinsko priraščanje dreves (Kutnar, 2000; Hökkä in sod. 2012), ki se lahko zaradi hitrega spreminjanja rastiščnih razmer značilno razlikuje znotraj istega barja (Linderholm in Leine, 2004).

Konkurenca med drevesi v gozdu vpliva na debelinsko priraščanje dreves (Kotar, 2005; Gašperšič in sod., 2006). Raziskave o vplivu konkurence na rast dreves na barjih pa so izjemno redke v tujini, v Sloveniji pa je to področje še neraziskano. V dostopnih virih smo našli le eno raziskavo, v kateri so avtorji ugotovili, da utesnjenost dreves zmanjša debelinsko priraščanje (Hökkä in sod. 2012).

Drevesa na barjih dosegajo visoke starosti pri nizkih dimenzijah (Božič in Levanič, 1998; Kegljevič, 2012) in bolje priraščajo na robu barij (Kutnar, 2000; Jan, 2006). Dosežejo lahko starosti blizu 200 let ali več (Linderholm, 2001; Edvardsson in Hansson, 2015; Edvardsson in sod., 2015), pogosto pa raziskovalci ugotavljajo, da so drevesa na barjih večinoma mlajša, stara do 150 let (Božič in Levanič, 1998; Linderholm in Leine, 2004; Cedro in Lamentowicz, 2011).

Raziskave o razmestitvi dreves na barjih so redke. Gunnarsson in Rydin (1998) sta ugotovila, da je vzrok za naključno razporeditev rdečih borov na švedskih barjih rezultat prostorske razporejenosti ugodnih mikrorastišč. Ugotovila sta, da rdeči bor pogosteje uspeva na sfagnumskih kupčkih in da ima manjše možnosti preživetja v mikrodolinicah med kupčki.

Velikopovršinsko izsuševanje barij se je pričelo v 19. stoletju (Conserving mires ..., 1999). Drenaže z namenom izboljšanja rasti dreves so bile obsežno uporabljene v Fenoskandinaviji (Paavilainen in Päivänen, 1995), zato velik del mednarodnih raziskav o

izboljšanju rasti dreves po izvedenih drenažah na šotnih barjih izvira iz nordijskih držav in Rusije (Gustavsen in sod., 1998). Na pohorskih barjih so izkopali prve melioracijske jarke z namenom izboljšanja rasti dreves na barjih med letoma 1860 in 1875 (Zgonik, 1972) ter v letih pred drugo svetovno vojno (Ahej, 2015). Miklavžič (1961) je predlagal, da se izvede preskusno izsuševanje tal v manjšem obsegu na močvirnem predelu med Peskom in Roglo. Želel je namreč preveriti, če bi se prirastek tako povečal, da bi bile dolgoročne investicije na večjih površinah smiselne. Do realizacije teh ukrepov ni prišlo.

Drenaže na barjih znižajo raven talne vode in prezračijo del šote, kar pospeši razgradnjo, ki omogoča povečano mineralizacijo hranil, ki pospešijo rast dreves (Linderholm in Leine, 2004; Moilanen in sod., 2012). S tem se tudi dvigne temperatura tal (Lieffers in Rothwell, 1987) in poveča vrednost pH (Prévost in sod., 1999).

Raziskave kažejo, da se drevesa po izvedeni drenaži navadno odzovejo s povečanim priraščanjem (Freléchoux in sod., 2000; Sarkola in sod. 2003, 2004; Linderholm in Leine, 2004). Lahko pa drenaža povzroči sušne razmere in navadno plitek koreninski sistem ne seže do vode, kar vodi v nekajletno zmanjšano priraščanje dreves (Cedro in Lamentowicz, 2011). Zelo redke so raziskave, ki po izvedeni drenaži ne odkrijejo razlik v priraščanju. Takšen je primer iz Češkega naravnega rezervata Božídarské rašeliniště v pogorju Ore. Klempířová in sod. (2013) so z dendrokronološkimi analizami ugotavljali vpliv melioracijskih jarkov na rast smrek na šotnih barjih. Postavili so dve raziskovalni ploskvi – eno v bližini melioracijskih jarkov in kontrolno na delu barja, ki ni bil izsušen. Drenaža je bila izvedena v letu 1992. Na obeh ploskvah sta imeli kronologiji po letu 1940 zelo podoben trend. Tudi po izvedeni melioraciji v letu 1992 se ta trend ni spremenil. V primerjavi z rastjo na kontrolni ploskvi niso odkrili statističnih razlik, in tudi rast se po izvedeni drenaži ni povečala.

Uspešnost drenaže je tudi odvisna od starosti dreves, saj raziskave kažejo, da se rdeči bor na poljskih barjih do 45. leta odzove s povečanim priraščanjem, po 50. letu starosti pa vpliv drenaže na priraščanju borov ni opazen (Socha, 2012). Uspešnost je odvisna tudi od drevesne vrste, lastnosti tal, globine in gostote jarkov (Paavilainen in Päivänen, 1995). Glede na rastišče avtorji predlagajo različne razdalje med jarki. Braekke (1983) priporoča melioracijske jarke na razdalji od 9 do 25 m (optimalno 10–12 m), Paavilainen in Päivänen (1995) pa od 30 do 50 m, na barjih, ki so blago nagnjena, največ do 70 m. Vpliv jarkov se z razdaljo hitro manjša (Braekke, 1983; Skaggs in sod., 2008).

Raziskovalci ugotavljajo, da drenaža na barjih ne vpliva takoj na spremembo v rasti dreves. Tako sta Dang in Lieffers (1989) ugotovila, da so črne smreke (*Picea mariana* Mill.) potrebovale 3–6 let, da so se odzvale na izvedeno drenažo, maksimum v rasti pa so dosegle po 13–19 letih. Linderholm in Leine (2004) in Linderholm (1999) pa so ugotovili, da je odzivni čas dreves za doseg maksimalne rasti po drenaži odvisen od lokalnih

razmer. V analizah za švedska barja so ugotovili, da znaša ta čas za rdeči bor približno 10 let.

Če se drenažni sistem ne vzdržuje, se jarki počasi zapolnijo in njihovo funkcioniranje začne slabeti. Posledično se zmanjša rast dreves ali pa začnejo drevesa odmirati, kot so to ugotovili Obidziński in sod. (2009). Na visokem barju v Sudetih na Poljskem so ugotovili, da so melioracijski jarki, ki so bili izkopani pred 250 leti, prenehali opravljati svojo funkcijo, saj niso bili čiščeni. V zadnjih 50 letih postopno iz teh barij izginja drevesna vegetacija, pojavljajo pa se rastline značilne za visoka barja.

Izgradnja pregrad na melioracijskih jarkih je ukrep, ki hitro vpliva na izboljšanje hidroloških razmer na barjih (Howie in sod. 2009), vegetacijske spremembe in povečanje biotske pestrosti pa se po zaježitvi odvijajo počasi. Učinki se pokažejo po nekaj letih, pogosto pa je potrebno počakati deset ali več let (Mälson in sod. 2010).

Na evropskih šotnih barjih je bilo večino dendrokronoloških in dendroekoloških študij o rasti dreves opravljenih na barjih v Skandinaviji (Gunnarsson in Rydin, 1998; Linderholm, 1999, 2001; Linderholm in sod., 2002; Linderholm in Leine, 2004; Sarkkola in sod., 2005; Hökkä in sod., 2012; Edvardsson in Hansson, 2015) in v baltskih deželah (Obidziński in sod. 2009; Cedro in Lamentowicz, 2011; Dauškane in Elferts, 2011; Dauškane in sod., 2011; Edvardsson in sod. 2015). Študij iz alpskega prostora je malo (Freléchoux in sod., 2003, 2004).

Prav tako so redke dendrokronološke raziskave v Sloveniji. Večina od njih je bilo usmerjenih na barja na Pokljuki in Jelovici (Martinčič in Štriclaj, 1983; Božič in Levanič, 1998; Kutnar, 2000; Jan, 2006; Kegljevič, 2012). Le Kegljevič (2012) je v svoji diplomski nalogi analiziral tudi 12 dreves iz barja Petinove jame na Pohorju in ugotovil, da bi bilo potrebno z raziskavami na Pohorju nadaljevati, saj so geološke in podnebne razmere drugačne kot na Pokljuki.

Proizvodna sposobnost dreves na barjanskih rastiščih je izjemno nizka, saj že za barjanska smrekovja (*Sphagno - Piceetum*), ki obkrožajo barja, velja, da imajo najnižjo produkcijsko sposobnost med vsemi smrekovimi (gozdnimi) rastišči (Kadunc, 2013; Kadunc in sod., 2013). Drevesa na barjih imajo izjemno majhne prirastke. Martinčič in Štricljeva (1983) sta ugotovila, da so najtanjše branike dreves, ki rastejo v središču visokih barij, debele komaj 0,02 do 0,03 mm. Izjemno ozke branike, pogoste manjkajoče in nesklenjene branike ter formiranje kompresijskega lesa v različnih smereh znotraj drevesa predstavljajo oviro pri dendrokronoloških analizah (Kotar, 2005). Tvorbo reakcijskega lesa povzročajo veter, sneg, nestabilna šotna tla, pa tudi etilen v poplavljenih drevesih (Schweingruber, 2007). Zaradi zelo ozkih in pogosto manjkajočih ali nesklenjenih branik se težave ne pojavljajo le pri primerjavi kronologij med drevesi temveč že znotraj posameznega drevesa (Linderholm

in sod., 2002; Dauškane in sod., 2011). Drevesa, ki se ne skladajo s kronologijo, moramo izločiti iz nadaljnje analize, zato prihaja do velikega izpada dreves iz kronologije. Dauškanova in Elferts (2011) sta morala iz dendrokronološke analize rdečega bora na barju v Latviji izločiti kar 58 % izmerjenih dreves.

Rast dreves je pogojena s podnebjem, starostjo drevesa, motenj širše okolice, lokalnih rastnih razmer ter naključnih oziroma nepojasnjenih dejavnikov (Cook, 1985). Ker je rast dreves na šotnih barjih odvisna od spreminjanja ravni talne vode, ki je odvisna od temperature in padavin, Linderholm in Leine (2004) predvidevata, da so drevesa dobri pokazatelji lokalnega podnebja. Da so te povezave kompleksnejše, dokazujejo raziskave (Låånelaid, 1982; Dang in Lieffers, 1989; Linderholm, 1999; Obidziński in sod. 2009; Hökkä in sod. 2012), ki ugotavljajo relativno šibko odvisnost med letno rastjo dreves na šotnih barjih in podnebnimi dejavniki. Edvardsson in Hansson (2015) sta na borealnih visokih barjih ugotovila, da je letna rast rdečega bora odvisna od variabilnosti vlage v tleh, na katero vplivajo podnebni dejavniki iz preteklih let. Ugotovila sta, da lahko na hidrologijo barij vplivajo podnebni dejavniki od enega do štirih predhodnih let.

Vpliv podnebnih dejavnikov na rast dreves na šotnih barjih so proučevali raziskovalci v skandinavskih in v baltških deželah, kjer najpogosteje opažajo, da na rast pozitivno vplivajo povprečne letne temperature (Linderholm in sod. 2002) in povprečna temperatura v mesecu februarju (Cedro, 2001; Pärn, 2003; Vitas, 2004). Za primerjavo z našimi analizami bi bile primernejše študije iz alpskega prostora, ki pa jih v dostopnih virih nismo zasledili. Pri nas je za drevesa na barjih ugotavljal korelacijo med širino branik in podnebnimi dejavniki le Kegljevič (2012). Na barju Petinove jame je ugotovil, da na širino branik negativno vpliva povprečna letna temperatura in temperatura v obdobju april–september. Na poključskih barjih pa je odkril pozitivne korelacije s povprečno letno temperaturo v tekočem in v predhodnem letu. V večini primerov ni ugotovil korelacije med padavinami in širinami branik.

V južni Nemčiji sta Frankl in Schmeidl (2000) analizirala spremembe v vegetaciji na ombrotrofnem barju v različnih prostorskih merilih in časovnih obdobjih. Primerjala sta karte vegetacije s podatki o vegetaciji iz stalnih ploskev med letoma 1957 in 1992. V tem obdobju so se zgodile večje hidrološke spremembe. Srednja mesečna raven vode v tleh se je znižala za 10 do 15 cm, zmanjšal se je tudi obseg in trajanje maksimalne ravni vode. Posledično se je povečal delež jesenske vrese (*Calluna vulgaris* L.) in barjanskih gozdov, zmanjšal pa delež šotnih mahov. V istem času se je skupna letna evapotranspiracija povečala za 350 mm. Avtorja ugotavljata, da so številne soodvisnosti med razvojem vegetacije in hidrologijo skrite za dolgoročno dinamiko barjanskih ekosistemov. Vdor drevesnih vrst iz rodov *Pinus* in *Betula* vpliva na hidrološke značilnosti barij in spreminja abiotske pogoje za ostale vrste v ekosistemu.

Heijmans in sod. (2013) so ugotovili, da imajo podnebne spremembe velik vpliv na strukturo in funkcioniranje šotnih barj. Višje temperature znižajo raven talne vode s povečanjem evapotranspiracije, postopno povečajo dostopnost hranil s povečanjem stopnje mineralizacije in podaljšajo rastno sezono. Vse to izboljša rastne razmere za drevesa. Ugotovili so, da je dovolj dvig povprečne letne temperature za 1 °C, da začnejo drevesa naseljevati šotna barja.

Podnebne spremembe se kažejo na večih šotnih barjih v Evropi (Cedro in Lamentowicz, 2008; Heijmans in sod., 2013; Edvardsson in sod., 2015), saj raziskovalci pogosto opažajo povečano rast dreves (Frankl in Schmeidl, 2000; Gunnarsson in sod., 2002; Kapfer in sod., 2011). Povečana rast vaskularnih rastlin in zmanjšana rast šotnih mahov je lahko tudi posledica povečanega vnosa dušikovih spojin (preko sinteze anorganskih gnojil, uporabe fosilnih goriv in gojenja stročnic) v ozračje (Berendse in sod., 2001; Gunnarsson in sod., 2004).

V Sloveniji se je v obdobju 1961–2011 temperatura dvignila za 1,7 °C in zmanjšala količina padavin v pomladanskem in poletnem obdobju. Močno se je povečala evapotranspiracija, predvsem na območjih, kjer je najmanj padavin (Dolinar, 2014). Ti podatki predstavljajo grožnjo barjanskim ekosistemom, še posebej ob dejstvu, da se trenda naraščanja povprečnih letnih temperatur in zmanjševanje količine padavin nadaljujeta.

Visoka in prehodna barja imajo izjemen naravovarstveni pomen in so eden izmed najbolj ogroženih ekosistemov v svetu in pri nas. Na njih rastejo številne vrste, prilagojene specifičnim razmeram. Zaradi ogroženosti njihovih habitatov so posredno in neposredno ogroženi tudi vsi organizmi, še posebno ozko vezani na te ekosisteme (Kutnar, 2013). Vključena so tudi v omrežje Natura 2000, zato moramo vsakih šest let poročati o njihovem stanju, funkcioniranju in obetih za prihodnost.

3 NAMEN RAZISKAVE IN DELOVNE HIPOTEZE

Namen našega dela je raziskati strukturne značilnosti in priraščanje dreves na pohorskih prehodnih barjih. Ugotoviti želimo, ali obstajajo strukturne razlike v sestojih glede na različne rastiščne razmere na barjih in glede na različno oddaljenost od melioracijskih jarkov, ki so bili izkopani z namenom osušitve barij. Analizirali bomo variabilnost strukturnih kazalcev in priraščanja dreves. Zanima nas tudi, kako hitro višinsko priraščajo drevesa na pohorskih prehodnih barjih in ali utesnjenost krošenj vpliva na njihovo debelinsko priraščanje. Preučili bomo, kakšne starosti dosegajo drevesa na barjih in v katerem obdobju je vzniknilo največ dreves. Ugotoviti želimo tudi, kakšna je razmestitev dreves na barjih in kateri dejavniki vplivajo na njo. Naše rezultate bomo primerjali z drevesi, ki rastejo v bližini barij na avtomorfnih tleh.

Izdelati želimo kronologijo za pohorska barja in raziskati, ali je to glede na skrajnostne rastiščne razmere, ki se odražajo na branikah dreves, sploh mogoče. Če bomo uspeli izdelati kronologijo, bomo preverili, ali se da iz širin branik razbrati podnebni signal ter vpliv podnebnih dejavnikov na rast dreves. Zanima nas tudi, če je na barjanski kronologiji viden vpliv melioracijskih jarkov ali podnebnih sprememb.

V okviru naloge smo preverili naslednje hipoteze:

1. S standardnimi dendrokronološkimi metodami je mogoče izdelati lokalno kronologijo smreke za pohorska barja.
2. Variabilnost v debelinski in višinski strukturi dreves se manjša z oddaljenostjo ploskve od melioracijskega jarka.
3. Nadzemna konkurenca ima zanemarljiv vpliv na debelinski in temeljnični prirastek smrek na pohorskih barjih.
4. Višinska rast dreves na pohorskih barjih je počasna. Večina dreves potrebuje več kot 30 let za 1 meter višinske rasti.
5. Razmestitev dreves na pohorskih barjih je naključna.

4 METODE DELA IN OBJEKTI RAZISKAVE

4.1 OBJEKTI RAZISKAVE

4.1.1 Lega objektov

4.1.1.1 Barje Petinove jame

Barje Petinove jame je dober hektar veliko barje, ki meri v dolžino 130 m in je v povprečju široko 80 m ter je nekoliko dvignjeno nad okolico. Leži na nadmorski višini 1300 m na izravnem reliefu, v odseku 17046C gozdnogospodarske enote Osankarica. Škornikova in Bakan (2011a) sta večji del tega barja uvrstila v habitatni tip Prehodna barja, ki ga na redko porašča barjansko smrekovje. Manjši del barja (v bližini ploskve PJ3) sta uvrstila v habitatni tip Aktivna visoka barja. Na tem delu se pojavljajo barjanska okna. Na barju prevladujejo smreke, ki so nizke in slabo razvite (slika 1). V preteklosti je bil tu izkopen melioracijski jarek, ki se pred barjem razdeli na tri krake. Glavni krak melioracijskega jarka sega v notranjost barja. V vegetaciji tega barja so odkrili nekatere ombrotrofne vrste (Škornik in Bakan, 2011b), kar kaže na nižjo vsebnost hranil na tem barju in nekoliko slabše rastne razmere kot na Klopnovrških barjih.



Slika 1: Barje Petinove jame v jesenskem aspektu (foto: Sebastjan Štruc)

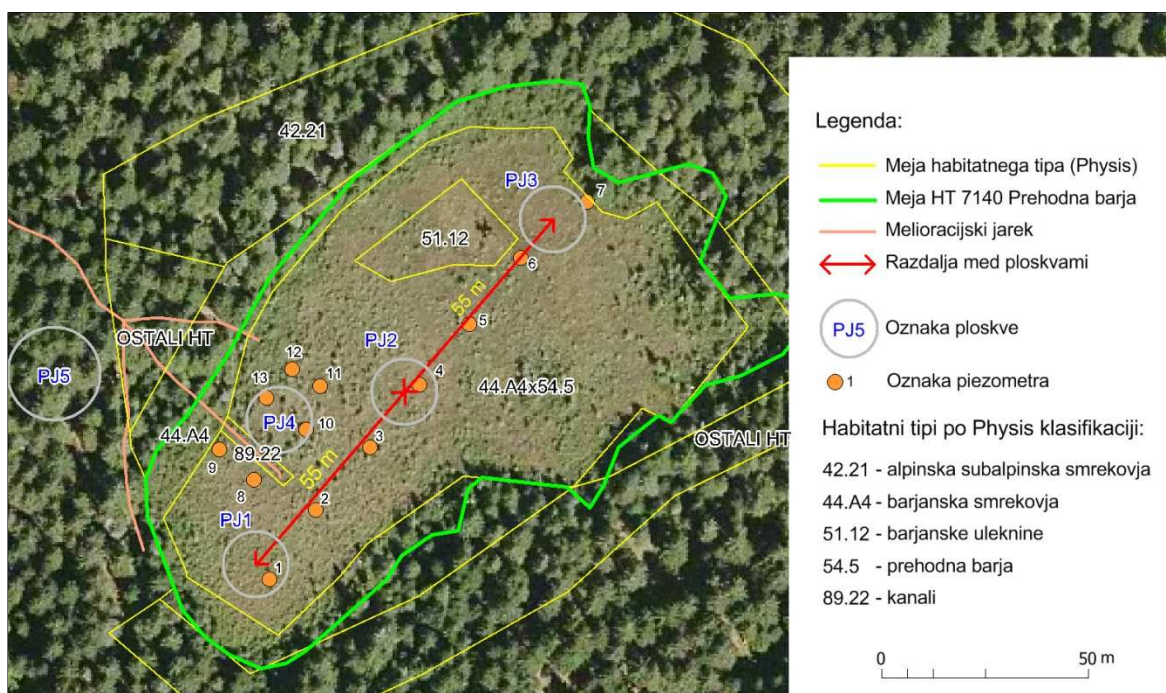
Figure 1: Peat bog Petinove jame in autumn (Photo: Sebastjan Štruc)

Na barju smo postavili štiri krožne raziskovalne ploskve v velikosti 200 m² (radij 7,98 m) (slika 2). Ploskev PJ4 smo postavili ob melioracijskem jarku, tako da je središče ploskve od jarka oddaljeno 7 m. Ploskve PJ1–PJ3 smo postavili na transektu, ki poteka v smeri SZ–JV. Med seboj so bile ploskve na transektu oddaljene 55 m in na različnih razdaljah od glavnega melioracijskega jarka. V bližini barja, v gospodarskem gozdu (odsek 17046A), smo postavili še referenčno krožno ploskev v velikosti 400 m² (radij 11,28 m). Vse ploskve smo postavili na ravnini.

Preglednica 1: Osnovni podatki o raziskovalnih ploskvah na barju Petinove jame

Table 1: General characteristics of research plots on peat bog Petinove jame

Oznaka ploskve	PJ1	PJ2	PJ3	PJ4	PJ5
Koordinata X (D48/GK)	531270	531306	531341	531276	531222
Koordinata Y (D48/GK)	146340	146380	146422	146375	146389
Nadmorska višina ploskve	1309	1309	1307	1309	1306
Oddaljenost od najbližjega melioracijskega jarka (m)	21,1	35,8	75,9	7,0	-
Število dreves na ploskvi	425	141	84	257	26



Slika 2: Prikaz raziskovalnih ploskv na barju Petinove jame

Figure 2: Research plots on peat bog Petinove jame

4.1.1.2 Klopnovrška barja

Klopnovrška barja predstavljajo kompleks večih barjanskih površin s prepletom vseh barjanskih habitatnih tipov. Prevladujoči drevesni vrsti sta smreka in rušje. Ležijo na nadmorski višini med 1290 in 1320 m v gozdnogospodarskih enotah Osankarica in Lovrenc na Pohorju. Del barij leži na izravnanim reliefu, del pa na rahlo nagnjenem terenu (slika 3). Na Klopnovrških barjih je bilo v preteklosti izkopanih več melioracijskih jarkov.

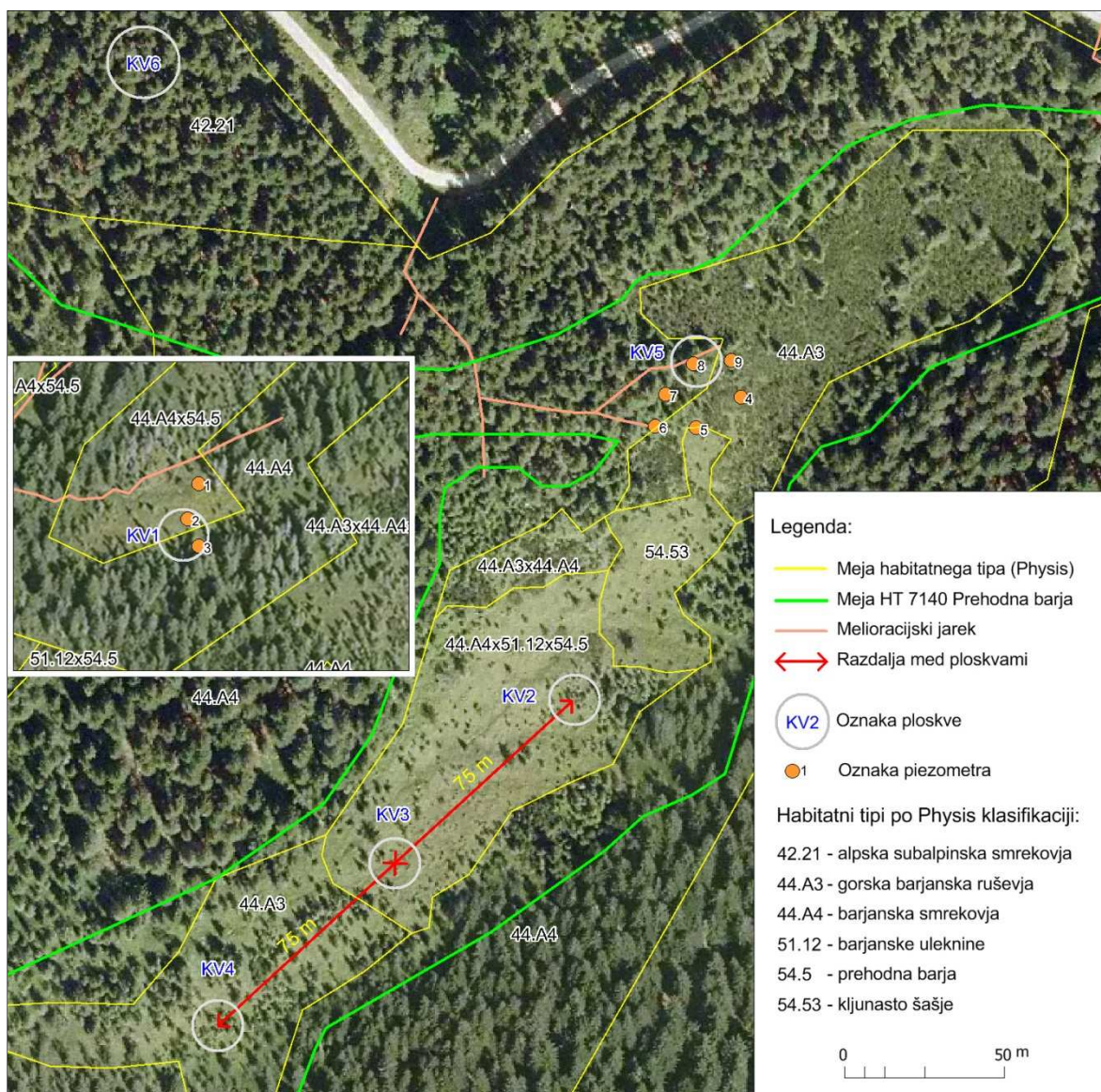


Slika 3: Klopnovrška barja (pogled proti Rogli)

Figure 3: Peat bog Klopnovrška barja (view towards Rogla)

Tudi na Klopnovrških barjih smo postavili ploskve v velikosti 200 m² in referenčno ploskev (400 m²). Tri ploskve (KV2–KV4) smo postavili v transektu (slika 4) na rahlo nagnjenem terenu, na delu ombro-soligenega barja, iz katerega se voda počasi izceja po pobočju. Ploskve na transektu imajo jugozahodno ekspozicijo in rahel naklon (do 5°). Med seboj so oddaljene 75 m in v njihovi bližini ni melioracijskih jarkov. Ploskvi KV2 in KV3 uvrščamo v habitatni tip prehodna barja z barjanskimi ulekninami, ki ga na redko porašča barjansko smrekovje, ploskev KV4 pa v habitatni tip prehodna barja, ki ga na redko porašča barjansko smrekovje (Škornik in Bakan, 2011a). Ploskev KV1 smo postavili v bližini melioracijskega jarka, od transekta je oddaljena 360 m in leži na meji med habitatnima tipoma prehodna barja in barjanska smrekovja (Škornik in Bakan, 2011a). Ploskev KV5 smo postavili tako, da je melioracijski jarek potekal čez ploskev. Leži na

meji med habitatnima tipoma gorska barjanska ruševja in barjanska smrekovja (Škornik in Bakan, 2011b). Pri popisu vegetacije na teh barjih ni bilo odkritih ombrotrofni vrst, kar kaže na oligotrofno tega barja in nekoliko boljše rastne razmere kot na barju Petinove jame (Škornik in Bakan, 2011b).



Slika 4: Prikaz raziskovalnih ploskev na Klopnovrških barjih, ploskev KV1 je zaradi oddaljenosti od ostalih ploskev prikazana ločeno v levem delu slike

Figure 4: Research plots on peat bog Klopnovrška barja; plot KV1 is shown separately on the left side of the figure, due to the remoteness from other plots

Preglednica 2: Osnovni podatki o raziskovalnih ploskvah na Klopnovrških barjih

Table 2: General characteristics of research plots on peat bog Klopnovrška barja

Oznaka ploskve	KV1	KV2	KV3	KV4	KV5	KV6
Koordinata X (D48/GK)	530217	529995	529937	529884	530038	529866
Koordinata Y (D48/GK)	149679	149962	149909	149861	150063	150154
Nadmorska višina ploskve	1300	1307	1303	1299	1309	1297
Oddaljenost od najbližjega melioracijskega jarka (m)	20,6	-	-	-	1,0	-
Število dreves na ploskvi	49	90	39	74	129	29

Ploskev KV1 leži v odseku 17041C v gozdnogospodarski enoti Osankarica, ploskve KV2–KV5 pa v odseku 10110G v gozdnogospodarski enoti Lovrenc na Pohorju. V tej enoti leži tudi referenčna ploskev KV6 (odsek 10110F), ki leži na rahlo nagnjenem pobočju.

4.1.2 Matična podlaga, tla in relief

Osnovna pohorska značilnost in posebnost je geološka zgradba, saj je edino silikatno gorovje Slovenije (Jež, 1995). Jedro pohorskega masiva gradi tonalitni lakolit, ki proti zahodu prehaja v granodiorit. Lakolit obdajajo metamorfne kamnine, ki pokrivajo hkrati tudi največji del tega območja. So naše najstarejše kamnine in glavna značilnost Pohorja in severovzhodne Slovenije, saj jih drugod pri nas ne najdemo (Hinterlechner-Ravnik, 1995).

Rodovitnost tal je na ovršju Pohorja nizka. Na platoju namreč prevladujejo mešanice silikatnih kamnin vseh frakcij, kjer močno prevladuje pesek, gline pa je zelo malo. Na najvišjih kopastih vrhovih in na blago nagnjenih pobočjih so tla izprana, pesek je bil v dolgih obdobjih večkrat premešan. Izpranost tal so pospeševale obilne letne padavine in ogolelost površin kot posledica golosečnega načina gospodarjenja pred drugo svetovno vojno in paše. Zaradi človeškega vpliva so se v dolgem časovnem obdobju tla mestoma zelo degradirala in predstavljajo omejujoč faktor pri razvoju sestojev (Gozdnogospodarski načrt ..., 2014).

Za tla na barjih so značilne plasti šotnega mahu, porasla z rušjem ali posameznimi smrekami. Tla so organogena brez mineralnega dela, slabo nosilna in zamočvirjena. Reakcija tal je v večini talnih tipov kislja do zelo kislja. Tla so zaradi preobilice vode rahla in vlažna, zaradi velike vsebnosti peščenih frakcij pa tudi zelo občutljiva na napake pri usmerjanju razvoja sestojev (Gozdnogospodarski načrt ..., 2014).

Barja v Sloveniji so v vseh primerih nastala zaradi posebnih krajevnih razmer, ki jih je neposredno ali posredno povzročila ledena doba. Na Pohorju, kjer prvotno ni bilo stalnih jezerc, so igrali odločilno vlogo siromašni peski, ki vzdržujejo sedanji paraklimaks rušja in

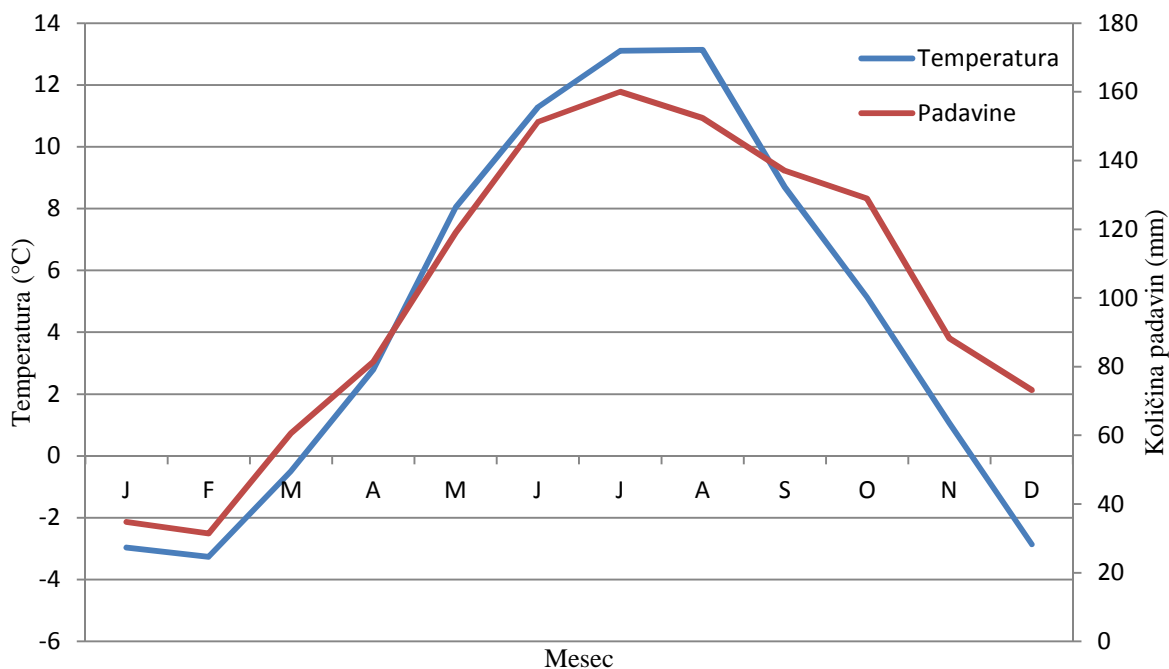
smreke kljub zmernemu podnebjju. Pohorska barja so torej pedogena. Razvita so, tako kot barja v atlantskem prostoru, na vseh reliefnih oblikah in so vezana izključno na nekdanje peščene površine. Pohorska barja so se razvila na silikatnem pesku, ki je nastal pod mehničnim struženjem ledenikov in ga je po umiku ledu dež spiral v uleknine ali raznesel po blagih pobočjih v plasteh, ki so debele do 3 m (Piskernik in Martinčič, 1970).

Pohorska barja so nastala zaradi fizikalnih in kemičnih lastnosti podlage ter zaradi specifičnih orografskih in hidrografskih razmer. Nastala so na glinah in peskih, preperelinah granodiorita in blestnikov, ki so za vodo neprepustne usedline. Voda je zastajala na določenih mestih na slemenih zaradi valovite oblike tal, neprepustne geološke podlage, vlažnega podnebjja in rastlinske odeje. Barja so torej ombrogeno-biogenega nastanka in na osnovi palinoloških raziskav je bilo ugotovljeno, da niso stara več kot 8000 let (Urbanek, 1995).

Morfološka zgradba barij, ki je odvisna od značaja in razporeditve vegetacijskih združb, te pa zlasti od reliefa, je očitno tudi pod močnim vplivom podnebjja. Na Pohorju so na primer stalne odprte vodne površine ohranjene na vseh barjih z rušjem kot tudi na vseh barjih s smreko v višinah nad 1300 m. Na tem območju imajo barja z rušjem okroglasta vodna očesa, barja s smreko pa razen tega še vodne stržene, ki bolj ali manj presihajo. Na smrekovih barjih predstavljajo strženi erozijo, na barjih z rušjem pa so očesa najbrž bolj zapleten pojav (Piskernik in Martinčič, 1970).

4.1.3 Podnebne značilnosti

Pohorje leži na meji med srednjegorskim, alpskim in panonskim podnebnim področjem. Na obravnavnem območju je podnebje sredogorsko, z ublaženimi temperaturnimi skrajnostmi (Gozdnogospodarski načrt ..., 2014). Količina padavin narašča z nadmorsko višino in od vzhoda proti zahodu (Jež, 1995). Razlike v količini padavin med obravnavanima barjema ni mogoče podati, predvidevamo pa, da so razlike zanemarljive, saj ležijo na podobni nadmorski višini in relativno blizu. Barje Petinove jame leži 4 km jugovzhodno od Klopnovrških barij. Območju raziskave je najbližja meteorološka postaja na Rogli, ki je od raziskovalnih ploskev oddaljena 5,5 km. V obdobju 1990–2012 je bila povprečna letna temperatura na Rogli 4,5 °C, povprečna letna količina padavin pa 1218 mm (slika 5) in se po letih giblje med 900 in 1500 mm.



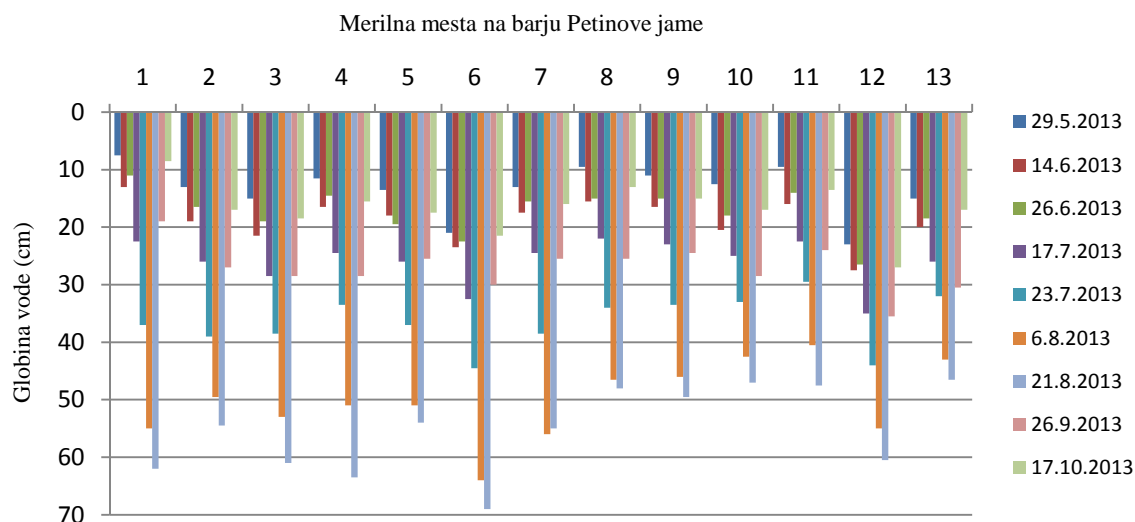
Slika 5: Klimatski diagram s povprečnimi temperaturami in povprečno količino padavin po mesecih za meteorološko postajo Rogla v obdobju 1990–2012

Figure 5: Climatic diagram with average temperatures and average precipitation per months for a meteorological station Rogla during the period of 1990–2012

4.1.4 Hidrološke značilnosti

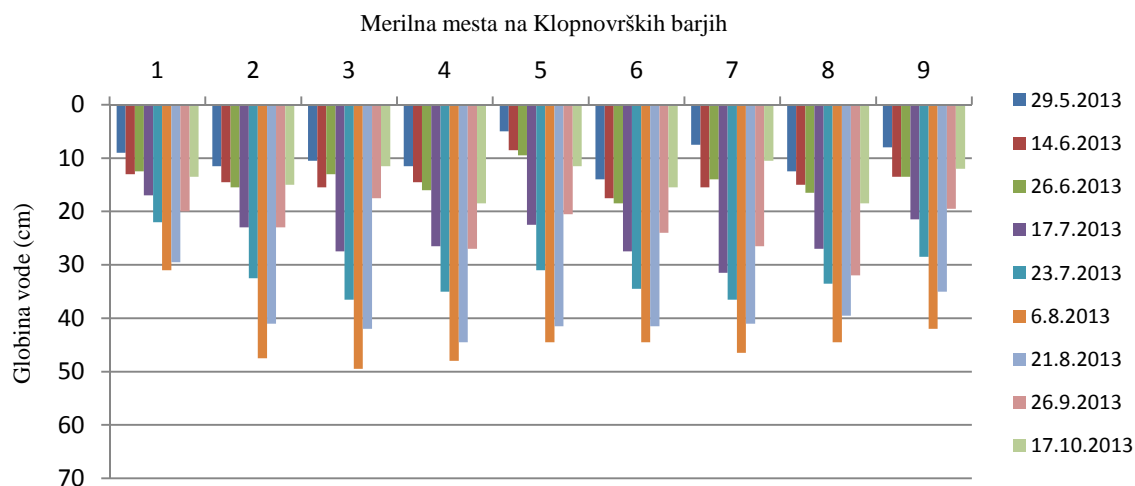
Hidrološke razmere so najtesneje povezane z neprepustno matično podlago. Padavin je na območju Pohorja precej manj kot v Julijcih, vendar se je tu razvilo najgostejše, najizdatnejše in najbolj stanovitno vodno omrežje v Sloveniji. Za pohorske potoke je značilna enakomerna vodnatost in ugodno razmerje med nizkimi, srednjimi in visokimi vodami (Jež, 1995). Visoka gozdnatost in razvit sloj trav zagotavlja precej enakomeren odtok vode v vseh potokih, ki ne presahnejo tudi v dolgotrajnejšem sušnejšem obdobju. Na določenih površinah voda zastaja zaradi reliefnih skledastih oblik in zaradi slabe dreniranosti zemljišča (Gozdnogospodarski načrt ..., 2014).

V letu 2012 smo v sklopu projekta Wetman (2011) na Klopnovrških barjih in na barju Petinove jame postavili piezometre za spremljanje nihanja ravni talne vode. Meritve so izvajali zaposleni na Zavodu RS za varstvo narave, Območna enota Maribor, ki so nam posredovali izmerjene podatke (Štruc in Gulič, 2015). Na tem mestu predstavljamo grafa o nihanju talne vode v letu 2012 za barje Petinove jame (slika 6) in Klopnovrška barja (slika 7). Grafi s podatki o nihanju talne vode za leta 2013–2015 so v prilogi B.



Slika 6: Podatki o nihanju ravni talne vode na barju Petinove jame v letu 2013

Figure 6: Data of ground water table fluctuations on peat bog Petinove jame in 2013



Slika 7: Podatki o nihanju ravni talne vode na Klopnovrških barjih v letu 2013

Figure 7: Data of ground water table fluctuations on peat bog Klopnovrška barja in 2013

Podatke o meritvah z navadnih piezometrov imamo za leta od 2012 do 2014. Za leto 2015 imamo podatke o nihanju ravni talne vode iz digitalnih piezometrov, ki zabeležijo raven talne vode vsako uro. Podatke o ravni talne vode smo primerjali s količino padavin in ugotovili statistično značilno korelacijo. Ta je najznačilnejša za leto 2015, kar je verjetno posledica natančnejšega in pogostejšega zajema podatkov.

Podatke imamo le za štiri leta, vendar lahko med njimi opazimo velike razlike. V letu 2012 je bilo nihanje talne vode precejšnje, v letu 2013 pa zelo veliko, saj je bila raven vode na barju Petinove jame v avgustu skoraj 70 cm pod površjem. V letu 2014 so bile padavine

razporejene skozi celotno rastno sezono, zato je bilo nihanje talne vode zelo majhno. To je tudi razlog za redkejše izvajanje meritev v tem letu. V letu 2015 je nihanje zopet večje. V tem letu imamo podatke šele od konca julija, saj so bili takrat nameščeni digitalni piezometri. Nihanje ravni talne vode je večje na barju Petinove jame kot na Klopnovrških barjih. Odvisno je od razporeditve in količine padavin. Vpliv na nihanje talne vode imajo tudi pregrade, ki so bile na melioracijskih jarkih zgrajene v avgustu in septembru leta 2013.

4.1.5 Vegetacija barij na Pohorju

Pohorje se kot edino silikatno gorovje v Sloveniji floristično precej razlikuje od ostalega slovenskega alpskega sveta. Floristično in vegetacijsko nekaj prav posebnega pa so pohorska šotna barja, zato ni nič čudnega, da so bila doslej razmeroma natančno raziskana. Na pohorskih barjih uspeva kar 15 rastlin, ki so uvrščena na rdeči seznam Slovenije. Med njimi je tudi poznana mesojeda rastlina okroglostna rosika (*Drosera rotundifolia* L.), ki ima na Pohorju 19 od skupno 39 rastišč v Sloveniji (Urbanek, 1995).

Pohorska barja je vegetacijsko prvi opisal Pevalek (1925), bolj podrobno in v večjem obsegu pa sta vegetacijo, njene značilnosti ter razlike med barji z rušjem in smrekovimi barji opisala Piskernik in Martinčič (1970).

Na zaravnica pobočij in na platoju Pohorja, na zelo blago nagnjenih slabo odcednih terenih, kjer so tla celo leto zasičena z vlago (ombrogena šotna tla), uspevajo sestoji gozdne združbe šotnih mahov in rušja. Visoko barje zavzema manjše površine, ki jih zarašča debela plast šotnih mahov (*Sphagnum* sp.) ter redke smreke in rdeči bor. V grmovnem sloju prevladuje rušje, na prehodu šotišč proti piceetlnim združbam pa smreka. V pritalnem sloju prevladujejo acidofilni mahovi z veliko kapaciteto za vodo (Gozdnogospodarski načrt ..., 2006).

Na planoti med Klopnim vrhom, Črnim jezerom in Gornjo brvjo se nahaja večje število manjših barij: Skrbinško borovje, barje pri Klopnem vrhu, barje pod Brvnim vrhom in Kladje, ki jih je mogoče poimenovati tudi Klopnovrška barja. Manjše površine barij na obrobju prehajajo v smrekov gozd ali travišča. Floristični posebnosti sta rjasti sleč (*Rhododendron ferrugineum* L.), v enem delu barja Gornja brv pa navadni trst (*Phragmites australis* (Cav.) Trin.) (Urbanek, 1995).

Od drevesnih vrst najdemo na pohorskih barjih smreko (*Picea abies* (L.) Karst.), rušje (*Pinus mugo* Turra) in posamezne osebke rdečega bora (*Pinus sylvestris* L.). Barja z rušjem in barja s smreko so ločena po svojem nastanku in razvoju že od vsega začetka. Vemo, da je smreka zahtevnejša od rušja, tako glede toplote kakor tudi glede hranil v tleh, manj pa je občutljiva za mokroto, če ima na razpolago več hranilnih snovi. Barja z rušjem se torej držijo v slabših rastiščnih razmerah – bodisi na siromašnejših, bodisi hladnejših rastiščih. V hladnejših najvišjih legah so razvita predvsem barja z rušjem, v najnižjih pa so

mного redkejša od smrekovih. Pohorska barja z rušjem niso dvignjena nad okolico (Piskernik in Martinčič, 1970).

Na skrajnost razmer lahko sklepamo tudi glede na višine smrekovih dreves. Njihova višina se namreč značilno zmanjšuje od obrobja proti vlažnejšemu delu barij, po navadi z najdebelejšimi plastmi šote in najmanj ugodnimi ekološkimi razmerami. Na robu barij lahko smreke dosega 10–15 metrov, proti osrednjemu delu pa se višine smrek v povprečju zmanjšajo pod meter. V najbolj skrajnih, za rast smreke neugodnih ekoloških razmerah lahko dosega le še nekaj decimetrov ali pa se sploh ne pojavlja več. Na visokih barijih zahtevnejše higrofilne vrste, kot sta smreka in rušje, preživijo le na bolj osušenih sfagnumskih kupčkih (Kutnar, 2013).

Pri popisu vegetacije na Klopnovrških barijih sta Škornikova in Bakan (2011b) ugotavljala razlike med barjanskim smrekovjem in smrekovim barjem. Barjansko smrekovje ima drugačno sestavo mahovne plasti, kjer ima pomembno vlogo mah jetrnjak *Bazzania trilobata*, ki se v smrekovem barju ne pojavlja. Med zelišči je v barjanskem smrekovju značilna še bilnica *Festuca heterophylla* ter lisičjak *Lycopodium annotinum*, medtem ko na smrekovem barju dominirata vrsti *Molinia caerulea* in *Eriophorum vaginatum*. Na nobenem vzorčnem mestu nista zabeležila, z izjemo splošno razširjenih šotnih mahov in nožničavega munca (*Eriophorum vaginatum*), katere od ostalih ombrotrofnih vrst (npr. *Andromeda polifolia*, *Oxycoccus palustris*, *Drosera rotundifolia*, itd.), kar razlagata kot posledico preveč suhih tal, ki omogočajo dominanco zelo tekmovalne trave *Molinia caerulea*. Zanj je značilno, da tvori zelo kompaktno rušo, ki ne omogoča rasti drobnim in manj tekmovalnim vrstam.

Pri popisu vegetacije na barju Petinove jame sta Škornikova in Bakan (2011b) ugotovila večjo vrstno pestrost kot na Klopnovrških barijih. Med zelišči večinoma dominirata vrsti *Molinia caerulea* ter *Eriophorum vaginatum*, dobro pa je razvita tudi mahovna plast s šotnimi mahovi (*Sphagnum* spp.) ter mahovi rodu *Polytrichum* spp. Na barju sta našla tudi tipične barjanske (ombrotrofne) vrste kot so *Andromeda polifolia* in *Oxycoccus palustris*, ki jih na vzorčnih območjih Klopnovrških barij ni bilo.

Na podlagi vegetacije lahko sklepamo, da ima barje Petinove jame bolj ombrotrofni značaj kot analizirano območje na klopnovrških barijih.

4.1.6 Zgodovina pohorskih barij

Pohorska barja prvič omenja potopis Hugona Blotiusa iz leta 1571. V njem piše o groznem močvirju na Pohorski gori, kjer se človek pogrezne v globino ali pa ga nevihta, ki se skuha pri jasnem dnevu, prežene s strašnimi strelami od jezera velikega kot mestni trg (Šoštarič, 1970). Prve strokovne raziskave na Pohorju je opravil enciklopedist Žiga Popovič v letu

1750, ki je opazil številna vodovja (Šoštarič, 1970) in omenja nekatere rastline in živali, tudi medveda, ki je bil takrat še povsem običajna vrsta (Jež, 1995).

Grof Bonazza je v tridesetih letih 19. stoletja za mislinjsko železarno na golo posekal gozdove v porečju Mislinje, kar je povzročilo usihanje potokov v suhih jesenih. Zmanjkalo je vode za pogon žag, mlinov in fužinarskih naprav. Temu so hoteli pomagati z jezersko vodo na Planinki, zato so leta 1841 kopali jarke. Uspeh je bil tak, da je eno jezerce v nekaj dneh izteklo, ostala pa se niso hotela pretočiti. Ugotovili so, da imajo jezerca malo vode in tako je poizkus propadel. Tudi šota, ki so jo začeli rezati na Planinki in na Klopnem vrhu 1864 ter ponovno v letih 1889 do 1893, se je izkazala kot slaba, pa tudi prevoz je bil nerentabilen (Šoštarič, 1970).

Zaradi izrednih zanimivosti in redkosti ter znanstvenega pomena in lepote prvobitne narave je F. Dolšak že leta 1927 predlagal, da se pohorska šotna barja zavarujejo kot naravna znamenitost, zato je odsek za varstvo prirode pri Muzejskem društvu Slovenije v Ljubljani prosil grofa Zabea za dovoljenje, da se kot rezervat zavaruje visoko barje na Klopnem vrhu. Vendar je grof kot lastnik imel nekatere pomisleke, priporočal je zavarovanje Lovrenških jezer in Štatenberškega borovja, kjer so se ohranila barja v bolj prvobitnem stanju. Ta akcija je kasneje propadla (Šoštarič, 1970).

Do druge svetovne vojne so na območju Klopnovrških barij z gozdovi in barji gospodarili lastniki falske graščine, na območju barja Petinove jame pa Windischgrätzi. V arhivih falske graščine je zabeleženih več poskusov, s katerimi so želeli bolje izkoristiti pohorska šotišča. Poskus barona Kuna von Kettenburg (ki je imel v lasti posestvo od leta 1860 do 1875) na Klopnovrških barjih se ni posrečil. Dal je sicer izkopati nekaj glavnih in stranskih jarkov ter površino med njimi posejati z brezami. Njegov naslednik grof A. Zabeo je skušal izkoriščati šoto kot kurivo za glažuto, vendar zaradi predragega prevoza brez večjega uspeha. Izkopana šotišča je po prvih izkopih napolnila voda (Zgonik, 1972).

Za Klopnovrška barja Zeiler (1911, cit. po Pevalek, 1925) navaja, da so prvinska, brez vpliva človeka. Pevalek (1925) se s tem mnenjem ne strinja, saj je na teh barjih opazil melioracijske jarke in brunčano pot, ki poteka preko barij. Melioracijske jarke na teh barjih je opazila tudi Budnar-Tregubova (1958) pri palinološkem raziskovanju pohorskih barij.

Za barje Petinove jame nismo našli nobenega pisnega vira o izkopavanjih melioracijskih jarkov, kljub temu da so le ti jasno vidni (slika 8). Smo pa našli ustni vir (Ahej, 2015) pogovora z Mirkom Rožičem o kopanju melioracijskih jarkov. Pripoveduje, da je kot mlad gozdni delavec pred drugo svetovno vojno kopal jarke na Klopnovrških barjih, na barju Petinove jame in pri Črnem jezeru.

Za obdobje po drugi svetovni vojni ni virov, da bi se na pohorskih barjih izvajali kakršnikoli ukrepi.



Slika 8: Smreke ob melioracijskem jarku na barju Petinove jame

Figure 8: Spruce near drainage ditch on peat bog Petinove jame

4.2 METODE DELA

V okviru projekta Wetman (2011) so naravovarstveniki v letih 2012 in 2013 na pohorskih prehodnih barjih, ki se zaraščajo, odstranjevali drevesno vegetacijo z namenom ohranjanja barij. Odstranjevanje je potekalo na barju Petinove jame in na Klopnovrških barjih, zato smo te barjanske površine vključili v našo raziskavo.

V letu 2012 smo pomagali pri postavitvi piezometrov za spremljanje ravni vode v tleh na barju Petinove jame in na Klopnovrških barjih. Postavitev piezometrov je potekala v okviru projekta Wetman (2011). Podatke o ravni vode v tleh so zbirali zaposleni na Zavodu RS za varstvo narave, Območna enota Maribor na vsakih 2–4 tedne. Od leta 2015 podatke o ravni talne vode zbirajo digitalni piezometri, ki raven talne vode zabeležijo vsako uro.

4.2.1 Popis dreves

Na vseh ploskvah (tudi referenčnih) smo popisali vsa drevesa višja od 0,5 m in jim izmerili višino, premer koreninskega vratu, prsni premer, če je drevo doseglo višino 1,3 m, ter azimut in razdaljo od središča ploskve do drevesa. Vsem drevesom smo tudi ocenili

pripadnost sestojni plasti (po IUFRO klasifikaciji), utesnjenost (Assmann, 1961) in kakovost krošnje (ibid.). Zabeležili smo si tudi morebitne poškodbe ali dvovrhatost drevesa.

Za razvrščanje dreves v sestojne plasti smo uporabili IUFRO klasifikacijo, ki drevesa razvršča v tri plasti:

- zgornja plast – drevo ima krošnjo v zgornji tretjini glede na drevesa, ki tvorijo zgornjo višino,
- srednja plast – drevo ima krošnjo v srednji tretjini glede na drevesa, ki tvorijo zgornjo višino,
- spodnja plast – drevo ima krošnjo v spodnji tretjini glede na drevesa, ki tvorijo zgornjo višino.

Zgornjo višino sestoj na ploskvi smo določili kot povprečno višino petih najvišjih dreves na ploskvi.

Kakovost krošenj in obdanost krošnje smo ocenjevali po klasifikaciji, ki jo je uvedel Assmann (1961). Krošnje smo glede kakovosti razvrstili v pet razredov:

1. izredno velika krošnja, enakomerno razvita na vse strani, gosto olistana,
2. normalno velika krošnja, simetrične oblike in precej gosto olistana,
3. normalno velika krošnja, nesimetrična in manj gosto olistana,
4. majhna krošnja, močno asimetrična, slabo olistana,
5. zelo majhna krošnja, redko olistana.

Tudi glede obdanosti krošenj s krošnjami sosednjih dreves smo krošnje razvrstili v pet razredov (Assmann, 1961):

1. krošnja je popolnoma sproščena na vse strani (osamelci),
2. enostransko utesnjena krošnja s krošnjami sosednjih dreves,
3. dvostransko utesnjena krošnja,
4. tristransko utesnjena krošnja,
5. vsestransko utesnjena krošnja.

Na jugovzhodnem delu ploskve KV5 se nahaja 95 poganjkov strnjene rušja. Tem poganjkom nismo določali natančnih lokacij, kakovosti krošenj in utesnjenosti. Popisali smo njihove višine, prsne premere in premere koreninskega vratu. Pri opisu strukturnih značilnosti v preglednicah prikazujemo rezultate, ne da bi upoštevali teh 95 poganjkov rušja, saj veliko število poganjkov močno vpliva na povprečja. Rezultate z upoštevanjem rušja smo v preglednicah prikazali v oklepajih zraven osnovnih vrednosti. Na ostalem delu

ploskve KV5 posamično rastejo 3 osebki rušja, ki smo jih v celoti popisali in vključili v vse analize.

4.2.2 Debelna analiza

Na barjanskih ploskvah smo izvedli debelno analizo 30 dreves, če je bilo mogoče po 10 v vsaki sestojni plasti. Drevesa smo izbirali sistematično glede na število vseh dreves v posamezni sestojni plasti. Posekanim drevesom smo izmerili maksimalni premer krošnje in višino pričetka krošnje. Od vsakega drevesa, ki je bilo višje kot 2 metra, smo odvzeli vsaj 6 kolotov, od nižjih pa sorazmerno manj. Pri najnižjih drevesih (0,5 m visokih) smo odvzeli 2 koluta. Na referenčnih ploskvah v gospodarskem gozdu smo izvedli debelno analizo za 5 dominantnih dreves na vsaki ploskvi in desetim drevesom s prirastnim svedrom odvzeli po 2 izvrtka iz nasprotnih smeri.

4.2.3 Izračun lesne zaloge in temeljnice

Lesno zalogo dreves, ki so imela premer večji kot 8 cm in so bila višja od 6 m, smo izračunali z regresijskimi enačbami za volumen dreves po dvovhodnih deblovnih (Puhek, 2003). Za drevesa, ki so bila nižja od 6 metrov, smo volumen dreves izračunali po enačbi za stožec (1), saj je padec premerov analiziranih dreves najbližje temu geometrijskemu telesu.

$$V = \frac{r^2 \cdot \pi \cdot h}{3} \quad \dots(1)$$

V enačbah smo kot radij uporabili polmer, ki smo ga izračunali iz premera na koreninskem vratu. Za ploskve smo izračunali temeljnico v višini prsnega premera in temeljnico na koreninskem vratu, saj je na nekaterih ploskvah zelo malo dreves, ki dosegajo višino za merjenje prsnega premera.

4.2.4 Starost dreves

Starost dreves, ki smo jih odžagali pri tleh, smo ugotovili s štetjem branik na kolutu pridobljenem iz višine tal. V višini tal smo odžagali 124, višje pa 146 dreves. Prvi kolut je bil na barju Petinove jame v povprečju odžagan 8,9 cm, na Klopnovrških barjih pa 14,8 cm nad tlemi. Pri izračunu tega povprečja smo upoštevali le drevesa, ki jim prvega koluta nismo odvzeli v višini tal.

Ker vseh dreves ni bilo mogoče odžagati pri tleh, je bilo potrebno ugotoviti, koliko let so takšna drevesa potrebovala, da so zrastle do višine prvega koluta. Za ugotavljanje smo uporabili drevesa, ki so imela prvi kolut odvzet na višini tal. Pri teh drevesih smo izračunali povprečno višinsko rast med prvim in drugim kolutom. Na ploskvah barja Petinove jame, kjer je bilo takšnih dreves več, smo ugotavljali povprečno višinsko rast

posebej za vsako ploskev. Izračunali smo jo iz povprečnih višinskih rasti dreves. Na Klopnovrških barjih smo povprečno višinsko rast ugotavljali skupaj za vse ploskve, saj je bilo na nekaterih ploskvah manj kot 5 dreves, ki smo jim kolot odvzeli v višini tal.

Tako smo ugotovili, koliko centimetrov na leto so v povprečju zrastle (pri tleh odžagana) drevesa v začetku svoje rasti. Drevesom, pri katerih prvi kolot ni bil odvzet na višini tal, smo nato prišteli število let do prvega koluta in tako izračunali starost teh dreves.

4.2.5 Vpliv nadzemne konkurence na priraščanje dreves

Vpliv utesnjenosti dreves na desetletni debelinski in desetletni temeljnični prirastek smo preverjali z analizo kovariance. Slednjo smo izvedli s programom SPSS Statistics 22 (IBM, 2015). V tem programu smo tudi preverili predpostavke za izvedbo analize kovariance – homogenost varianc, normalno porazdelitev ostankov in linearnost med pojasnevanimi spremenljivkami in kovariatami.

Ker je v raziskavo vključenih veliko dreves, ki ne dosega 1,3 m višine, smo desetletni debelinski in desetletni temeljnični prirastek ugotavljali na najnižjem odvzetem kolotu (na koreninskem vratu).

Kot kovariate smo preizkusili višino dreves, starost dreves, maksimalni premer krošnje in dolžino krošnje, ki smo jo izračunali iz podatkov o višini dreves in višini pričetka krošnje. Analizo kovariance smo izvedli tudi za različne sestojne plasti in kakovosti krošenj.

Za izvedbo analize kovariance smo drevesa glede na obdanost krošnje s krošnjami sosednjih dreves združili v dva razreda. Drevesa 1. in 2. razreda po Assmannovi (1961) klasifikaciji smo združili v razred sproščenih dreves, drevesa 3., 4. in 5. razreda pa v razred utesnjenih dreves. Drevesa smo združili v dva razreda tudi glede kakovosti krošenj. V razred velikih krošenj smo združili 1. in 2. razred po Assmannovi klasifikaciji, v razred majhnih krošenj pa 3., 4. in 5. razred.

4.2.6 Ugotavljanje razmestitve dreves

Za preverjanje hipoteze o razmestitvi dreves smo uporabili metodo Ripleyeve K funkcije (Ripley, 1976), ki je pogosto uporabljena (Haase, 1995; Dixon, 2002; Fortin in Dale, 2005) za analiziranje razmestitve točkovnih prostorskih podatkov. Z njo izračunamo odstopanje od naključne razmestitve proti šopasti ali sistematični razmestitvi na različnih razdaljah, kar je pomembna lastnost, saj so ekološki procesi odvisni od merila in se njihove lastnosti na različnih merilih spreminjajo (Fortin in Dale, 2005).

Ripleyeva K funkcija temelji na varianci drugega reda vseh razdalj med vsemi točkami v dvodimenzionalnem prostoru (Fortin in Dale, 2005). Definirana je tako, da je $\lambda \cdot K(t)$

pričakovano število sosednjih osebkov na razdalji t od naključno izbranega osebka, kjer je λ gostota osebkov (Camarero in sod., 2000).

Za izračun Ripleyeve K funkcije in izris grafov smo uporabili program ArcGIS 10.3.1 (ESRI, 2015). Ripleyeva K funkcija ima veliko različic, program pa jo izračuna po pogosto uporabljeni korenski transformaciji. Pri tej transformaciji je pričakovana vrednost enaka razdalji.

V programu ArcGIS 10.3.1 je korenska transformacija K funkcije podana kot:

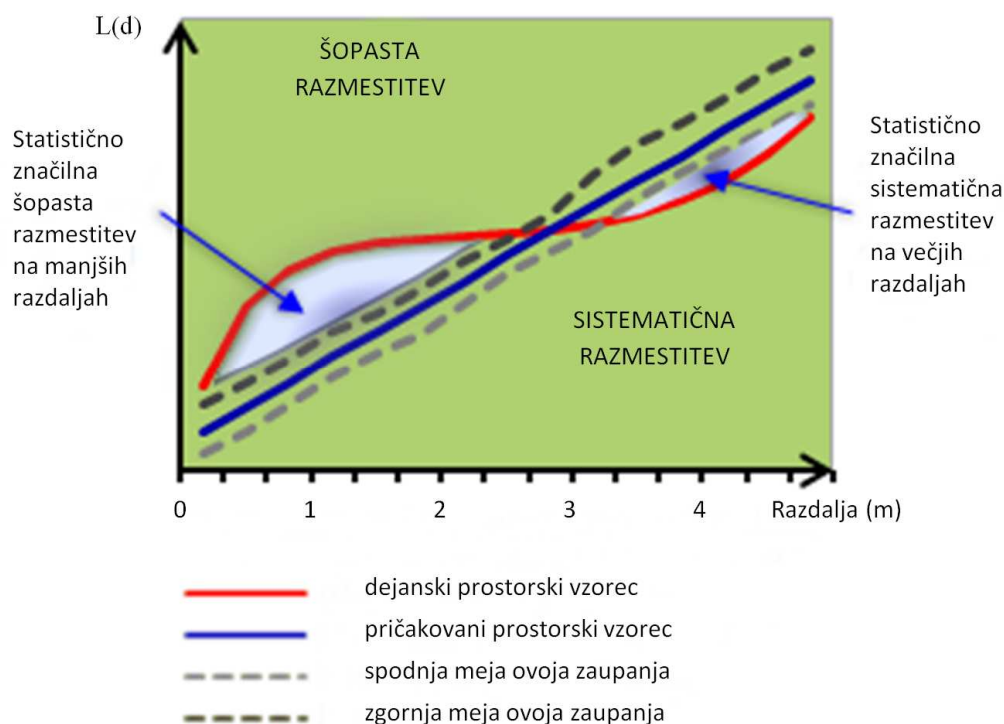
$$L(d) = \sqrt{\frac{A \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, j \neq i}^n k_{i,j}}{\pi n(n-1)}} \quad \dots(2)$$

Pri tem je d razdalja, n število dreves, A površina ploskve, $k_{i,j}$ pa utež. V primeru, da ne uporabimo robnega popravka, je utež enaka 1, če je razdalja med i in j manjša ali enaka kot d . Kadar je razdalja med i in j večja kot d je utež enaka 0. Pri upoštevanju robnega popravka se $k_{i,j}$ spreminja počasi (Multi-Distance..., 2012).

V programu ArcGIS 10.3.1 imamo na voljo tudi tri izbire za upoštevanje robnega popravka. Prva je simulacija dreves zunaj ploskve – pri tem popravku program preko zunanega roba ploskve preslika drevesa, ki ležijo v pasu blizu roba ploskve. Ta drevesa potem upošteva pri izračunu. Druga možnost je, da program zmanjša analizirano območje in drevesa zunaj tega območja upošteva le pri robnem popravku. Tretja možnost pa je Ripleyeva formula za robni popravek, ki je primerna le za pravokotne ploskve.

Program ArcGIS 10.3.1 nam pri izračunu izriše graf (slika 9) s pričakovanimi vrednostmi (naključna porazdelitev), dejanskimi vrednostmi ter zgornjo in spodnjo mejo ovoja zaupanja. Nad zgornjo mejo ovoja zaupanja je statistično značilna šopasta razmestitev dreves, pod spodnjo mejo ovoja zaupanja pa je statistično značilna sistematična razmestitev dreves. Poleg grafa nam program izdela tudi preglednico s podatki o dejanskih vrednostih, pričakovanih vrednostih, razliki med pričakovanimi in dejanskimi vrednostmi ter stolpca s spodnjo in zgornjo mejo ovoja zaupanja (Multi-Distance..., 2012).

Kadar je dejanska K vrednost večja kot pričakovana K vrednost za določeno razdaljo, je razmestitev dreves bolj šopasta kakor naključna na tej razdalji. Kadar pa je dejanska K vrednost manjša kot pričakovana, je razmestitev dreves bolj sistematična kakor naključna na dani razdalji. Ko je dejanska K vrednost večja kot zgornja meja ovoja zaupanja, je šopasta razmestitev statistično značilna na tisti razdalji, ko pa je K vrednost nižja kot spodnja meja ovoja zaupanja, je na dani razdalji statistično značilna sistematična razmestitev (Multi-Distance..., 2012).



Slika 9: Prikaz rezultatov Ripleyeve K funkcije (Multi-Distance..., 2012)

Figure 9: Results of Ripley's K -function (Multi-Distance..., 2012)

Ovoj zaupanja pridobi program ArcGIS 10.3.1, tako da naključno porazdeli točke na raziskovalni ploskvi in računa k za to porazdelitev. V programu lahko izbiramo med 9, 99 in 999 permutacijami porazdelitve točk, glede na natančnost, ki jo želimo (90 %, 99 % ali 99,9 %).

V naši analizi smo uporabili 20 razdalj in naredili 999 permutacij ter tako dobili 99,9 % ovoj zaupanja za funkcijo $L(d)$. Za d smo uporabili razdalje od 0,2 do 4 m, saj je možna analiza razdalje do polovice polmera ploskve. Izbrali smo korak dolžine 0,2 m, na referenčnih ploskvah pa smo uporabili korak dolžine 0,5 m na razdaljah od 0,5 do 5,5 m. Za robni popravek smo izbrali simulacijo dreves zunaj ploskve, saj ostala dva robna popravka ne prideta v poštev – površine ploskev ne moremo zmanjšati, Ripleyev robni popravek pa je primeren le za ploskve pravokotne oblike.

Za vsako ploskev smo tako dobili graf in pripadajočo preglednico s pričakovanimi in dejanskimi vrednostmi, razliko med dejanskimi in pričakovanimi vrednostmi ter meje ovoja zaupanja. Iz preglednice in grafa smo za vsako ploskev razbrali, kakšen način razmestitve dreves je značilen na različnih razdaljah.

Za ploskve na barjih smo izdelali še analizo razmestitve dreves po sestojnih plasteh. Pri tem smo zgornje plasti, v katerih je bilo manj kot 10 dreves, združili s srednjo sestojno plastjo. Firm (2006) je za mejo primerne velikosti vzorca za analizo razmestitve izbral 15

dreves, mi pa smo se odločili za 10 dreves, saj so toliko ali še manj osebkov za Ripleyevo K funkcijo uporabili tudi drugi raziskovalci (Li in Zhang, 2007; Werdelin in Lewis, 2013).

4.2.7 Priprava kolotov in izvrtkov ter njihova analiza

Izvrte iz dreves na referenčnih ploskvah smo posušili in pravilno orientirane pritrdili na lesene nosilce. Potem smo izvrtke in kolute iz posekanih dreves na barjanskih ploskvah zbrusili, tako da so bile celice lesa jasno vidne v vseh branikah. Skupno je bilo analiziranih 1323 kolotov v skupno 3184 smereh.

V nadaljnji analizi smo kolute in izvrtke skenirali, zahtevnejše pa poslikali s sistemom ATRICS (Levanič, 2007). Slike smo uvozili v program WinDendro (Regent, 2014), v katerem smo določili in izmerili širine branik. Nato smo zaporedja širin branik uvozili v program PAST-4 (SciEM, 2014) in preverili skladnost zaporedja širin branik med vzorci, vzetimi z nasprotnih strani drevesa oziroma koluta.

V dendrokronološko analizo dreves smo vključili prve (najnižje) kolute dreves iz ploskev na barju. Na njih smo izvedli analizo v štirih nasprotnih smereh, na preostalih pa v dveh nasprotnih smereh. Tam, kjer je bil prvi kolot votel ali kako drugače poškodovan do te mere, da se na njem ni dalo izvesti meritev v štirih smereh, smo v dendrokronološko analizo vključili naslednji kolot. Pri dveh drevesih tudi naslednji kolot ni omogočal meritev v štirih smereh, zato smo tam izvedli meritev v dve nasprotni smeri. Na devetih barjanskih ploskvah smo tako v dendrokronološko analizo vključil 270 kolotov. Na dveh referenčnih ploskvah v gospodarskem gozdu smo 10 drevesom odvzeli po 2 izvrtka iz nasprotnih smereh. Skupaj smo torej drevesom odvzeli 40 izvrtkov, od katerih 2 nista bila primerna za analizo.

4.2.8 Izdelava in primerjava kronologij

Najprej smo preverili skladnost zaporedja širin branik med vzorci znotraj koluta, potem še skladnost med drevesi in nato med ploskvami. Skladnost smo preverili z vizualno oceno ujemanja dveh kronologij in uporabo statističnih kazalnikov. Pri vizualni oceni ujemanja dveh kronologij smo poleg ugotavljanja skladnosti med kronologijami tudi poiskali manjkajoče branike pri tistih kolutih, kjer je bilo to izvedljivo. Kadar je bilo manjkajočih branik tri ali več, je bilo zelo težko poiskati mesta, kjer so te branike izpadle ali pa je bilo to popolnoma neizvedljivo, zato smo večino takšnih dreves izpustili iz nadaljnje analize.

Poleg vizualne ocene smo skladnost preverjali z uporabo dveh statističnih kazalnikov, ki skladnost numerično ovrednotita. To sta t_{BP} (Baille in Pilcher, 1973) ter koeficient časovne skladnosti $GLK\%$ (Eckstein in Bauch, 1969).

Vrednost t_{BP} je koeficient korelacije med primerjanima kronologijama, korigiran s kvadratnim korenem iz števila stopinj prostosti. Pri preverjanju skladnosti kronologij se sproti izpisuje v programu PAST-4, ki za izračun uporablja v nadaljevanju prikazane obrazce.

Serije širin branik se pred izračunom korelacijskega koeficienta transformirajo z logaritmirano drsečo sredino z intervalom 5 let.

$$ybp_i = \ln\left(\frac{y_i \cdot 5}{y_{i-2} + y_{i-1} + y_i + y_{i+1} + y_{i+2}}\right) \quad \dots (3)$$

Iz transformiranih in indeksiranih kronologij se izračuna korelacijski koeficient.

$$c_{\text{coeff}} = \frac{\sum_{i=x..y} (s_i - \bar{s}) \cdot (r_i - \bar{r})}{\sqrt{\sum_{i=x..y} (s_i - \bar{s})^2 \cdot (r_i - \bar{r})^2}} \quad \dots (4)$$

x, y : indeksa skupnih (prekrivajočih) let

r_i, s_i : širine branik po transformaciji

\bar{r}, \bar{s} : srednje vrednosti transformiranih širin branik

Nato program izvede t -test.

$$t_{BP} = \frac{c_{\text{coeff}} \cdot \sqrt{n-2}}{1 - c_{\text{coeff}}^2} \quad \dots (5)$$

n : število skupnih (prekrivajočih) let

Kazalnik t_{BP} lahko zavzame vrednost med 0 in 100. Višjo vrednost kot zavzema, bolj sta si kronologiji podobni. Spodnja meja za t_{BP} , pri kateri še lahko govorimo o skladnosti kronologij, je 4,0 pri prekrivanju 40 let in več. Pri krajšem obdobju prekrivanja dveh kronologij je lahko spodnja vrednost tudi nižja, vendar ne manj kot 3,5.

Koeficient časovne skladnosti ($GLK\%$) predstavlja delež skladnega gibanja dveh kronologij na opazovanem intervalu. Zavzema vrednosti med 0 in 100 %. Večja kot je podobnost med kronologijami, večje vrednosti zavzema.

GLK% je v programu PAST-4 izračunan na naslednji način:

- 1) Obe primerjani kronologiji sta »digitalizirani« v enoletne intervale. Možne vrednosti so -1, če se širina branike zmanjša, 0, če ostane branika enako široka in +1 za leta, ko so se branike povečale.
- 2) Te vrednosti kronologij so primerjane na delih, kjer se kronologiji prekrivata. Program prešteje enoletne intervale z enakimi vrednostmi.
- 3) Delež branik z enakimi vrednostmi v primerjavi s celotnim skupnim obdobjem nam da koeficient *GLK%*.

Program PAST-4 izračuna 3 statistične ravni značilnosti koeficienta *GLK%*, ki so v programu označeni z #, ## in ### (n je število skupnih let primerjanih kronologij).

$$\text{Stopnja značilnosti nad 95 (} P=5\% \text{)} \quad GLK\% \geq 50 + \frac{1,645}{\sqrt{n}} \dots \# \quad \dots(6)$$

$$\text{Stopnja značilnosti nad 99 (} P=1\% \text{)} \quad GLK\% \geq 50 + \frac{2,326}{\sqrt{n}} \dots ## \quad \dots(7)$$

$$\text{Stopnja značilnosti nad 99,9 (} P=0,1\% \text{)} \quad GLK\% \geq 50 + \frac{3,090}{\sqrt{n}} \dots ### \quad \dots(8)$$

4.2.9 Standardizacija kronologij

Na nastanek branik vpliva več dejavnikov, med katerimi je tudi starost drevesa. Starostni trend odstranimo s procesom standardizacije, ki smo ga v naši raziskavi izvedli s programom ARSTAN 4.4 (Cook in Krusic, 2014). Za standardizacijo kronologij smo izbrali kubični zlepek s 67 % dolžine kronologije, s 50 % ohranitvijo variabilnosti podatkov in z robustnim izračunavanjem aritmetične sredine izdelanih kronologij. Tako smo dobili štiri tipe kronologij širin branik (Poljanšek in sod., 2010):

- 1) osnovna kronologija (RAW) – povprečje nestandardiziranih zaporedij širin branik;
- 2) standardizirana kronologija (STD) – robustno standardizirano povprečje ostankov z avtokorelacijo;
- 3) kronologija ostankov (RES) – robustno standardizirano povprečje ostankov avtoregresijskega modeliranja zaporedij širin branik, brez avtokorelacije;
- 4) kronologija tipa ARS – dobimo jo tako, da z uporabo avtoregresijskega modeliranja v kronologijo RES dodamo povprečno stopnjo avtokorelacije analiziranih zaporedij širin branik.

Za proučevanje vpliva podnebnih dejavnikov na širino branik smo v nadaljnji analizi uporabili kronologijo ostankov (RES).

S programom ARSTAN smo izračunali tudi drseči populacijski signal (*EPS* – expressed population signal). Pri tem smo izbrali širino okna 30 let, s pomikom za eno leto. Parameter *EPS* nam pove ali majhen vzorec vsebuje signal velike populacije. Odvisen je od števila vzorčenih enot in povprečne korelacije med njimi. Za ugotavljanje odvisnosti širine branik od podnebnih dejavnikov je uporaben del kronologije, kjer je *EPS* večji kot 0,85 (Wigley in sod., 1984) ali vsaj 0,80.

4.2.10 Značilna leta

Značilno leto je tisto, v katerem se večina dreves odzove s povečanjem ali zmanjšanjem širine branike glede na preteklo leto. Splošno uveljavljena meja za značilno leto je, ko se 80 % od vsaj 13 dreves enako odzove (Schweingruber in sod., 1990), nekateri raziskovalci pa uporabljajo tudi mejo 75 % (Bebber, 1990). Glede na skrajnostne razmere in veliko globino vzorca smo v naši raziskavi upoštevali mejo 75 % dreves. Leta, ko se je enako odzvalo vsaj 80 % dreves, smo posebej označili.

Značilna leta smo izračunali tako, da smo primerjali širino branike s predhodno braniko. Leto, ko se je rast povečala, smo označili s +, če se je rast zmanjšala z -, če je bila branika enaka predhodni pa z znakom 0. Po posameznih letih smo nato izračunali deleže pozitivnih in negativnih reakcij. Leta, ko se je več kot 75 % dreves odzvalo s povečanim prirastkom, smo označili kot pozitivna značilna leta, ko se je več kot 75 % dreves odzvalo z zmanjšanim prirastkom, pa negativna značilna leta.

4.2.11 Izbor najprimernejše meteorološke postaje

Pri ugotavljanju odvisnosti širine branik od podnebnih dejavnikov je pomembno, da imamo primerne meteorološke podatke. Zato moramo izbrati meteorološko postajo, ki ima dovolj dolg niz in zanesljive meritve. Pri odločitvi o najprimernejši meteorološki postaji smo pregledali postaje v bližnji (Rogla, Lukanja, Šmartno na Pohorju, Ribnica na Pohorju, Mislinja, Slovenj Gradec, Slovenske Konjice, Maribor) in širši okolici naših raziskovalnih ploskev (Celje, Ljubljana, Gradec - Graz - Universität (AUT), Lonč - Deutschlandsberg (AUT) in Železna Kapla - Eisenkappel (AUT)). Podatke iz meteoroloških postaj v bližnji okolici nam je priskrbel ARSO, podatke iz postaj v širši okolici naših raziskovalnih ploskev pa smo pridobili na portalu HISTALP (2012).

Vse meteorološke postaje bližnje okolice smo morali opustiti, saj na nobeni ni bilo dovolj dolgega niza podatkov ali pa le-ta ni strnjen. Takšna je tudi meteorološka postaja v Mariboru, kjer ni podatkov za leta 1929–1931, 1945 in 1946.

Meteorološke postaje širše okolice so imele dovolj dolg in strnjen niz podatkov o mesečnih padavinah. Primerne podatke o povprečnih mesečnih temperaturah pa so imele le postaje Ljubljana, Celje in Gradec (AUT). Za odločitev o najprimernejši postaji smo izračunali

korelacijske koeficiente med podatki z meteorološke postaje Rogla in podatki z ostalih postaj širše okolice. Meteorološko postajo Rogla smo izbrali, saj je najbližja raziskovalnim objektom. Od njih je oddaljena 5,5 km in leži približno 200 m višje. Pri izračunu korelacijskih koeficientov smo primerjali podatke za povprečno mesečno temperaturo in mesečno količino padavin za obdobje od 1990 do 2012, saj pred letom 1990 nismo imeli strnjenih meritev. Za ugotavljanje odvisnosti med podnebnimi dejavniki in debelinsko rastjo dreves smo izbrali meteorološko postajo (Celje) z najvišjim korelacijskim koeficientom.

4.2.12 Analiza odvisnosti širine branike od podnebnih dejavnikov

Vpliv podnebnih dejavnikov na širino branike smo preverjali s statističnim programom R. Pri tem smo uporabili knjižnici *treeclim* (Zang in Biondi, 2015) in *DendroStat* (Levanič, 2015a).

Knjižnica *treeclim* omogoča analiziranje vplivov podnebnih dejavnikov na širino branike. Iz zbirke funkcij te knjižnice smo za našo analizo uporabili funkciji *seascorr* (Seasonal (partial) correlation analysis) in *dcc* (Response and correlation function analysis).

Funkcija *seascorr* omogoča izračun korelacije med primarno in sekundarno podnebno spremenljivko ter podatki o širini branik za časovna obdobja, ki jih določimo. Zveza med širinami branik in primarno podnebno spremenljivko se izračuna z enostavno korelacijo, zveza med širinami branik in sekundarno podnebno spremenljivko pa z delno korelacijo, pri čemer se kontrolira vpliv primarne podnebne spremenljivke (Meko in sod., 2011). V naši raziskavi smo kot primarno spremenljivko uporabili mesečne padavine, kot sekundarno spremenljivko pa povprečno mesečno temperaturo. Podnebni spremenljivki smo primerjali s kronologijo ostankov. Preizkusili smo vpliv izbora različnih časovnih obdobj na korelacijo in prikazali obdobja z največjimi korelacijskimi koeficienti.

Funkcija *dcc* izračuna odzivno ali korelacijsko funkcijo med kronologijami branik in mesečnimi podnebnimi podatki. Analizirali smo vpliv podnebnih dejavnikov od septembra predhodnega leta do septembra tekočega leta in za izračun izbrali stacionarno *bootstrap* metodo.

Obe funkciji omogočata izris grafov z izpostavljenimi značilnimi korelacijami po mesecih glede na podnebno spremenljivko, funkcija *seascorr* pa omogoča tudi izpis po izbranih večmesečnih obdobjih. Za značilne korelacije smo preverili še njihovo spremenljivost v času. To smo naredili z metodo drsečih sredin, ki jih v programu R omogoča knjižnica *DendroStat*. Pri tej metodi se izračunava korelacijski koeficient v časovnem oknu, ki se pomika za eno časovno enoto po celotni dolžini kronologije. Za našo analizo smo uporabili širino okna 31 let.

5 REZULTATI

5.1 STRUKTURA SESTOJEV

5.1.1 Število dreves in drevesna sestava

Na raziskovalnih ploskvah smo skupaj popisali 1343 dreves, 55 na referenčnih ploskvah in 1288 na barjanskih ploskvah. Najpogostejša drevesna vrsta je smreka (preglednica 3), ki prevladuje na vseh ploskvah. V zgornji sestojni plasti prevladuje tudi na ploskvi KV5, kjer imamo na jugovzhodnem delu ploskve v spodnji sestojni plasti 95 poganjkov rušja. Poleg smreke in rušja se na ploskvah posamično pojavljajo še jelka, rdeči bor in jerebika.

Preglednica 3: Število dreves po drevesnih vrstah na raziskovalnih ploskvah

Table 3: Number of trees per tree species on research plots

Ploskev	Smreka	Jelka	Rušje	Rdeči bor	Jerebika	Skupaj
KV1	49					49
KV2	89			1		90
KV3	39					39
KV4	74					74
KV5	29		3 (98)	2		34 (129)
KV6	28				1	29
PJ1	425					425
PJ2	141					141
PJ3	84					84
PJ4	255	2				257
PJ5	26					26

V oklepaju je prikazano število dreves ob upoštevanju 95 poganjkov rušja na ploskvi KV5.

5.1.2 Gostota dreves

Povprečna gostota dreves je višja na barju Petinove jame v primerjavi s Klopnovrškimi barji (preglednica 4). Na barju Petinove jame prevladujejo drevesa do 1,3 m višine, na Klopnovrških barjih pa drevesa 1. debelinske stopnje in drevesa do 1,3 m višine. Najvišja gostota dreves je na ploskvi PJ1, najnižja pa na ploskvi KV5 (ob neupoštevanju rušja).

Na barju Petinove jame je največji delež najmanjših dreves na ploskvi PJ3, kjer je 98,8 % vseh dreves visokih med 0,5 in 1,3 m. Največje drevje na tem barju najdemo na ploskvi PJ4, ob robu katere poteka melioracijski jarek. Na tej ploskvi je 23 % dreves, ki presegajo višino 1,3 m.

Na Klopnovrških barjih najdemo največji delež (36,7 %) dreves debelejših od 5 cm na ploskvi KV1. Največ najtanjšega drevja pa na ploskvi KV2, na kateri je 41,1 % dreves velikih med 0,5 in 1,3 m.

Preglednica 4: Gostota dreves (*N*/ha) po debelinskih stopnjah

Table 4: Density of trees per 5-cm dbh classes

Ploskev	Oddaljenost od najbližjega melioracijskega jarka (m)	Do 1. deb. st.*	1. deb. st.	2. deb. st.	3. deb. st. in več	Skupaj
		<i>N</i> /ha	<i>N</i> /ha	<i>N</i> /ha	<i>N</i> /ha	<i>N</i> /ha
KV1	20,6	700	850	650	250	2450
KV2	-	1850	1900	750	0	4500
KV3	-	750	800	100	300	1950
KV4	-	1450	1100	800	350	3700
KV5	1,0	250 (1800)	550 (3750)	200 (200)	700 (700)	1700 (6450)
Aritm. sredina KV	-	1000 (1310)	1040 (1680)	500 (500)	320 (320)	2860 (3810)
PJ1	21,1	20700	550	0	0	21250
PJ2	35,8	6450	600	0	0	7050
PJ3	75,9	4150	50	0	0	4200
PJ4	7,0	9900	2500	400	50	12850
Aritm. sredina PJ	-	10300	925	100	13	11338

* V ta razred so vključena vsa drevesa, ki so bila visoka med 0,5 in 1,3 m.

V oklepaju je prikazana gostota ob upoštevanju 95 poganjkov rušja na ploskvi KV5.

Gostota dreves na referenčnih ploskvah je pričakovano nižja kot na barjanskih ploskvah in znaša na ploskvi KV6 725 dreves na hektar, na ploskvi PJ5 pa 650 dreves na hektar.

Gostota dreves na barju Petinove jame se z oddaljevanjem od melioracijskega jarka zmanjšuje, vendar korelacija ni statistično značilna.

5.1.3 Temeljnica in lesna zaloga

Povprečna temeljnica in povprečna lesna zaloga sta bili v primerjavi z barjem Petinove jame višji na Klopnovrških barjih (preglednica 5). Vrednosti temeljnice na barju Petinove jame so nizke, saj je dreves, ki presegajo višino 1,3 m, zelo malo. Na Klopnovrških barjih je podoba drugačna. Temeljnica se med ploskvami zelo razlikuje in je najvišja na ploskvi KV5, na kateri stoji nekaj debelejših dreves in leži ob melioracijskem jarku. Tudi lesna zaloga je na tej ploskvi nekajkrat višja kot na drugih barjanskih ploskvah.

Na barju Petinove jame je najvišja lesna zaloga na ploskvi PJ4, ob robu katere poteka melioracijski jarek, najnižja pa na ploskvi PJ3, kjer le eno drevo presega višino 1,3 m.

Na referenčnih ploskvah znaša temeljnica 59,1 m²/ha (PJ5) in 60,1 m²/ha (KV6). Tudi lesna zaloga je na referenčni ploskvi KV6 višja (623,4 m³/ha) kot na ploskvi PJ5 (569,9 m³/ha).

Na barju Petinove jame se temeljnica koreninskega vratu statistično značilno ($r = 0,95$, $P = 0,05$) zmanjšuje z oddaljevanjem od melioracijskega jarka. Prav tako se z oddaljevanjem zmanjšujeta tudi temeljnica in lesna zaloga, vendar zmanjševanje ni statistično značilno ($P = 0,05$).

Za temeljnico in lesno zalogo smo korelacijo z oddaljenostjo od melioracijskega jarka preverili tudi z neparametričnim testom (Spearmanov koeficient korelacije rangov) in ugotovili, da je značilna ($r = 1,0$), vendar je vzorec ploskev premajhen za zanesljivost tega testa.

Preglednica 5: Temeljnica (m²/ha) in lesna zaloga (m³/ha) na barjanskih ploskvah

Table 5: Basal area (m²/ha) and growing stock (m³/ha) on boggy plots

Ploskev	Oddaljenost od najbližjega	Temeljnica	Temeljnica	Lesna zaloga
	melioracijskega jarka	koreninskega vratu	Temeljnica	Lesna zaloga
	m	m ² /ha	m ² /ha	m ³ /ha
KV1	20,6	14,8	6,0	23,8
KV2	-	13,7	3,8	12,4
KV3	-	14,0	5,6	23,3
KV4	-	23,7	8,1	30,0
KV5	1,0	52,8 (60,5)	32,5 (34,1)	190,9 (195,4)
Aritmetična sredina KV	-	25,3	11,5	57,0
PJ1	21,1	12,5	0,3	3,8
PJ2	35,8	7,6	0,2	2,8
PJ3	75,9	2,7	0,0	0,7
PJ4	7,0	18,4	3,4	14,4
Aritmetična sredina PJ	-	10,3	1,0	5,4

V oklepaju so prikazane vrednosti ob upoštevanju 95 poganjkov rušja na ploskvi KV5.

5.1.4 Sestojne plasti

Za uvrstitev dreves v sestojne plasti smo uporabili IUFRO klasifikacijo, ki drevesa razvršča v tri plasti. Na Klopnovrških barjih je v zgornji plasti slaba petina dreves, na barju Petinove jame le 11 %. Na Klopnovrških barjih prevladujejo drevesa spodnje, na barju Petinove jame pa drevesa srednje plasti (preglednica 6). Na obeh referenčnih ploskvah je več kot dve tretjini dreves v zgornji sestojni plasti.

Preglednica 6: Deleži dreves po sestojnih plasteh na barjanskih ploskvah

Table 6: The proportion of trees per stand layer on boggy plots

Ploskev	Sestojna plast (%)		
	1	2	3
KV1	27	16	57
KV2	13	42	45
KV3	15	13	72
KV4	14	32	54
KV5	26 (7)	15 (5)	59 (88)
KV6	69	31	0
Aritmetična sredina KV1–5	19	24	57
PJ1	3	46	51
PJ2	9	51	40
PJ3	30	70	0
PJ4	4	19	77
PJ5	73	12	15
Aritmetična sredina PJ1–4	11	47	42

V oklepaju so prikazane vrednosti ob upoštevanju 95 poganjkov rušja na ploskvi KV5.

5.1.5 Kakovost krošenj

Na Klopnovrških barjih prevladujejo drevesa 2. in 3. kakovostnega razreda (preglednica 7), na barju Petinove jame pa drevesa v 3. in 4. kakovostnem razredu. Krošnje na barju Petinove jame so manjše, pogosteje nesimetrične in manj gosto olistane kot krošnje dreves na Klopnovrških barjih.

Na referenčni ploskvi KV6 prevladujejo drevesa s krošnjami 3. kakovostnega razreda, na referenčni ploskvi PJ5 drevesa s krošnjami 2. in 3. kakovostnega razreda.

Preglednica 7: Kakovost krošenj na raziskovalnih ploskvah

Table 7: Crown quality on research plots

Ploskev	Kakovostni razred (%)				
	1	2	3	4	5
KV1	4	18	70	8	0
KV2	2	22	50	19	7
KV3	0	36	44	10	10
KV4	1	22	61	9	7
KV5	0	29	53	12	6
KV6	0	21	45	27	7
Aritmetična sredina KV1–5	2	24	56	12	6
PJ1	0	5	52	31	12
PJ2	0	5	43	30	22
PJ3	2	12	37	31	18
PJ4	0	14	52	24	10
PJ5	0	42	42	8	8
Aritmetična sredina PJ1–4	0	8	49	29	14

5.1.6 Utesnjenost dreves

Na Klopnovrških barjih prevladujejo enostransko utesnjene in popolnoma sproščene krošnje (preglednica 8). Na referenčni ploskvi teh barij pa je največji delež vsestransko utesnjenih krošenj.

Preglednica 8: Obdanost krošnje na raziskovalnih ploskvah

Table 8: Degree of isolation of the crown on research plots

Ploskev	Obdanost krošnje (%)				
	1	2	3	4	5
KV1	23	35	8	16	18
KV2	29	39	18	14	0
KV3	43	31	13	8	5
KV4	39	39	7	7	8
KV5	18	32	29	6	15
KV6	0	28	17	24	31
Aritmetična sredina KV1–5	31	36	14	11	8
PJ1	22	34	15	12	17
PJ2	28	39	17	12	4
PJ3	32	19	16	19	14
PJ4	12	22	9	15	42
PJ5	12	15	19	39	15
Aritmetična sredina PJ1–4	21	30	14	13	22

Na barju Petinove jame prevladujejo enostransko utesnjene krošnje, dobro petino je spročenih krošenj in tudi vsestransko utesnjenih krošenj. Na referenčni ploskvi v bližini tega barja je prevladujoč delež tristransko utesnjenih krošenj.

Za rušje na ploskvi KV5 nismo ugotavljali obdanosti krošnje s krošnjami sosednjih dreves. Večinoma so bili poganjki rušja vsestransko obdani.

5.1.7 Debelinska struktura

Debelinsko strukturo dreves prikazujemo glede na strukturo prsnih premerov (preglednica 9) in premerov koreninskega vratu (preglednica 10), saj večina dreves ne dosega višine 1,3 m. Na ploskvah barja Petinove jame je dreves višjih od 1,3 m med 1 % in 22 %, na ploskvah Klopnovrških barij pa med 56 % in 72 %.

Na barju Petinove jame prevladuje tanko drevje (preglednica 9). Če izvzamemo ploskev PJ4, ob robu katere poteka melioracijski jarek, so najdebelejša drevesa debela le 4,4 cm, večina dreves (96,3 %) pa ne dosega višine 1,3 m.

Preglednica 9: Podatki o prsnih premerih in njihovi variabilnosti po ploskvah

Table 9: Characteristics of diameters at breast height and their variability per plots

Ploskev	Število dreves	Oddaljenost od najbližjega melioracijskega jarka (m)	Aritmetična sredina prsnih premerov (cm)	Minimalni prsni premer (cm)	Maksimalni prsni premer (cm)	Standardni odklon	Koeficient variacije (KV %)
KV1	35	20,6	5,7	0,8	14,6	3,5	60,7
KV2	53	-	3,8	1,2	8,5	2,0	53,7
KV3	24	-	5,6	0,8	18,9	5,5	98,5
KV4	45	-	5,8	1,4	13,8	3,6	61,4
KV5	29	1,0	12,7 (5,7)	1,0 (1,0)	41,1 (41,1)	11,3 (7,9)	88,9 (138,0)
KV6	29	-	30,7	12,2	50,4	10,7	34,9
KV1-5	186	-	6,2	0,8	41,1	6,2	98,6
PJ1	11	21,1	2,4	1,1	4,2	0,9	39,3
PJ2	12	35,8	2,0	0,7	4,4	1,1	53,8
PJ3	1	75,9	0,7	0,7	0,7	0,0	0,0
PJ4	59	7,0	3,2	0,7	13,2	2,1	67,2
PJ5	26	-	31,6	10,3	50,2	13,0	41,1
PJ1-4	83	-	2,9	0,7	13,2	1,9	67,6

V oklepaju so prikazane vrednosti ob upoštevanju 95 poganjkov rušja na ploskvi KV5.

Na Klopnovrških barjih je drevje debelejše, večja je tudi variabilnost prsnih premerov. Če izvzamemo ploskev KV5, po kateri poteka melioracijski jarek, so najdebelejša drevesa debela 18,9 cm. Delež dreves, ki ne dosega višine 1,3 m, je 37,7 %.

S Pearsonovo korelacijo smo preverili povezanost med oddaljenostjo od najbližjega melioracijskega jarka in aritmetično sredino prsnih premerov na barju Petinove jame. Ugotovili smo, da se povprečni prsni premer z oddaljenostjo statistično značilno zmanjšuje ($r = 0,99$) s tveganjem $P = 0,01$. Preverili smo tudi povezanost med oddaljenostjo od najbližjega jarka in koeficientom variacije prsnih premerov in ugotovili, da korelacija ni statistično značilna ($r = 0,92$, $P = 0,05$).

Na Klopnovrških barjih ležita v bližini jarkov le ploskvi KV1 in KV5. Povprečni prsni premer in koeficient variacije sta na ploskvi KV5, skozi katero poteka melioracijski jarek, večja v primerjavi s ploskvijo KV1.

Med referenčnima ploskvama ni večjih razlik med povprečnimi, minimalnimi in maksimalnimi prsnimi premeri.

Pri debelinski strukturi premerov koreninskega vratu (preglednica 10) je podobno kot pri strukturi prsnih premerov. Na barju Petinove jame so drevesa tanjša v primerjavi s Klopnovrškimi barji, manjša pa je tudi variabilnost premerov koreninskega vratu.

Preglednica 10: Podatki o premerih koreninskega vratu in njihovi variabilnosti po ploskvah

Table 10: Characteristics of root collar diameters and their variability per plots

Ploskev	Oddaljenost od najbližjega melioracijskega jarka (m)	Aritm. sredina premerov koreninskega vratu (cm)	Minimalni premer koreninskega vratu (cm)	Maksimalni premer koreninskega vratu (cm)	Standardni odklon	Koeficient variacije (KV %)
KV1	20,6	7,3	2,1	21,8	4,9	67,5
KV2	-	5,5	1,6	14,2	3,0	54,8
KV3	-	7,0	1,3	29,3	6,6	93,4
KV4	-	7,5	1,5	23,1	5,1	67,7
KV5	1,0	15,6 (7,3)	2,0 (1,9)	52,3 (52,3)	12,5 (8,2)	80,4 (113,1)
KV1–5	-	7,7	1,3	52,3	6,8	88,3
PJ1	21,1	2,5	0,8	9,7	1,0	39,5
PJ2	35,8	3,3	1,2	9,0	1,6	48,1
PJ3	75,9	2,7	0,8	6,7	1,0	38,8
PJ4	7,0	3,5	0,9	19,7	2,5	72,5
PJ1–4	-	2,9	0,8	19,7	1,7	58,6

V oklepaju so prikazane vrednosti ob upoštevanju 95 poganjkov rušja na ploskvi KV5.

Strukturo premerov koreninskega vratu ne prikazujemo za referenčni ploskvi, saj so meritve premerov koreninskega vratu pri debelih drevesih manj natančne.

Zanimalo nas je, ali je na barju Petinove jame oddaljenost od najbližjega melioracijskega jarka povezana s povprečnimi premeri koreninskega vratu oziroma koeficientom variacije. S Pearsonovim koeficientom nismo ugotovili značilne korelacije med oddaljenostjo od jarkov in premeri na koreninskem vratu ($r = 0,45$, $P = 0,05$). Tudi med koeficientom variacije premerov koreninskega vratu in oddaljenostjo od jarkov nismo ugotovili značilne povezanosti ($r = 0,67$, $P = 0,05$).

Na Klopnovrških barjih imata aritmetična sredina premerov koreninskega vratu in koeficient variacije na ploskvi KV5 višje vrednosti kot na ploskvi KV1, ki je od jarka oddaljena 20,6 m.

5.1.8 Višinska struktura

Drevesa na vseh barjanskih ploskvah dosegajo nizke povprečne višine (preglednica 11). Na barju Petinove jame je povprečje drevesnih višin le 0,8 m, na Klopnovrških barjih pa 2,7 m. Tudi variabilnost je nižja na ploskvah barja Petinove jame v primerjavi s ploskvami na Klopnovrških barjih.

Preglednica 11: Podatki o drevesnih višinah in njihovi variabilnosti po ploskvah

Table 11: Characteristics of tree heights and their variability per plots

Ploskev	Oddaljenost od najbližjega melioracijskega jarka (m)	Aritmetična sredina višin dreves (m)	Minimalna višina dreves (m)	Maksimalna višina dreves (m)	Standardni odklon	Koeficient variacije (KV %)
KV1	20,6	3,0	0,7	8,9	2,2	72,6
KV2	-	1,8	0,5	4,5	1,0	57,3
KV3	-	2,4	0,5	10,2	2,4	102,0
KV4	-	2,4	0,6	7,1	1,7	69,9
KV5	1,0	5,6 (2,6)	0,6 (0,6)	13,8 (13,8)	4,8 (3,1)	86,7 (117,9)
KV6	-	20,5	9,4	28,9	5,0	24,4
KV1-5	-	2,7	0,5	13,8	2,6	96,4
PJ1	21,1	0,7	0,5	2,1	0,3	35,9
PJ2	35,8	0,8	0,5	2,6	0,4	42,9
PJ3	75,9	0,7	0,5	1,3	0,2	29,2
PJ4	7,0	1,1	0,5	5,7	0,7	64,4
PJ5	-	17,6	5,3	24,2	6,5	37,0
PJ1-4	-	0,8	0,5	5,7	0,5	57,0

V oklepaju so prikazane vrednosti ob upoštevanju 95 poganjkov rušja na ploskvi KV5.

S Pearsonovo korelacijo smo preverili povezanost med oddaljenostjo od najbližjega melioracijskega jarka in aritmetično sredino drevesnih višin ter koeficientom variacije na barju Petinove jame. Pri tem nismo ugotovili značilne povezanosti med oddaljenostjo od melioracijskih jarkov s povprečnimi višinami dreves ($r = 0,66$, $P = 0,05$), kot tudi ne s koeficientom variacije drevesnih višin ($r = 0,78$, $P = 0,05$).

5.1.9 Starostna struktura in čas vznika dreves

V analizo starostne strukture dreves smo vključili tistih 30 dreves iz vsake ploskve, za katere smo izvedli debelno analizo.

Drevesom, ki jih nismo odžagali v višini tal, smo najprej prišteli ustrezno število let do prvega koluta. Povprečni višinski prirastki do prvega koluta so znašali po ploskvah: PJ1 3,06 (29), PJ2 2,03 (28), PJ3 1,51 (25), PJ4 1,63 (11) in na Klopnovrških barjih 2,59 cm/leto (31). V oklepajih je navedeno število dreves, iz katerih smo izračunali povprečne višinske prirastke.

Višje starosti dreves in večjo variabilnost starosti dreves ugotavljamo na Klopnovrških barjih (preglednica 12). Na tem barju imamo tudi najstarejše in najmlajše drevo izmed vseh dreves, ki so bila vključena v analizo. Tako je bilo na Klopnovrških barjih najmlajše drevo, ki je preseglo merski prag 50 cm višine, staro 17 let, na barju Petinove jame pa 30 let.

Preglednica 12: Podatki o starosti dreves in njeni variabilnosti po ploskvah

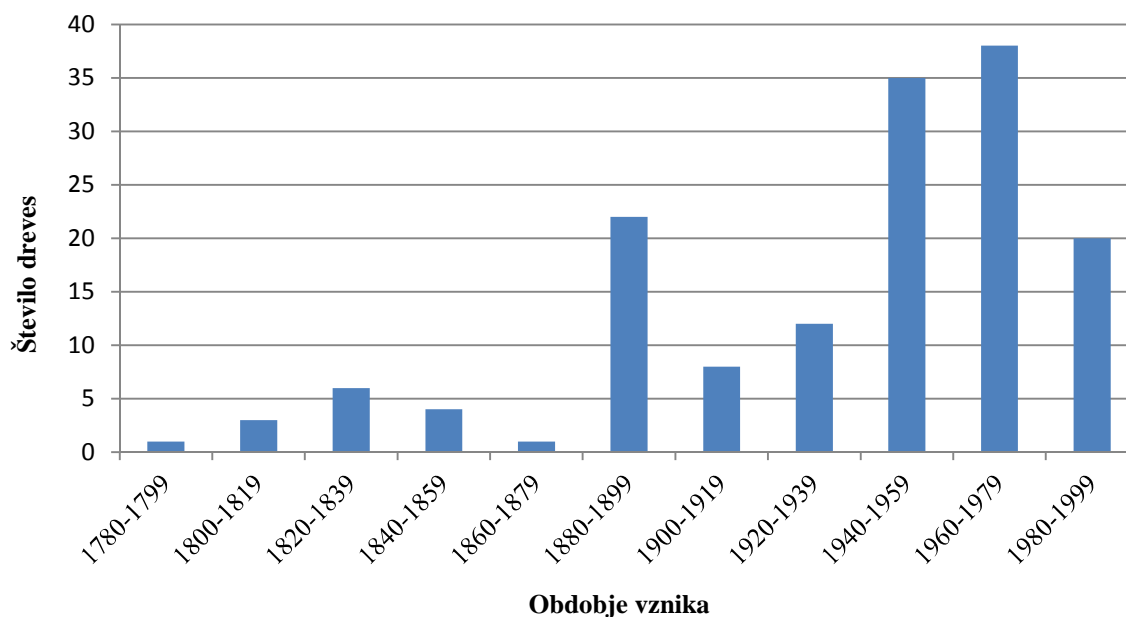
Table 12: Characteristics of tree age and its variability per plots

Ploskev	Oddaljenost od najbližjega melioracijskega jarka (m)	Aritmetična sredina starosti dreves	Minimalna starost dreves	Maksimalna starost dreves	Standardni odklon	Koeficient variacije (KV %)
KV1	20,6	65,9	32	227	39,4	59,8
KV2	-	54,0	17	127	25,6	47,4
KV3	-	54,4	17	132	31,4	57,8
KV4	-	80,4	20	130	37,7	46,9
KV5	1,0	129,7	20	213	53,3	41,1
KV1-5	-	76,9	17	227	47,4	61,7
PJ1	21,1	57,2	32	158	29,6	51,7
PJ2	35,8	64,6	35	146	29,6	45,9
PJ3	75,9	59,2	30	100	17,6	29,7
PJ4	7,0	89,6	41	180	44,6	49,8
PJ1-4	-	67,7	30	180	34,0	50,3

S Pearsonovo korelacijo smo preverili povezanost med oddaljenostjo od najbližjega melioracijskega jarka in aritmetično sredino starosti dreves na barju Petinove jame. Ugotovili smo, da povprečna starost dreves ni značilno povezana z oddaljenostjo od melioracijskih jarkov ($r = 0,61$, $P = 0,05$). Preverili smo tudi povezanost med oddaljenostjo od najbližjega jarka in koeficientom variacije starosti dreves in ugotovili, da je korelacija statistično značilna ($r = 0,96$) s tveganjem $P = 0,05$.

Na referenčni ploskvi ob Klopnovrških barjih (KV6) so bila posekana drevesa povprečno stara 160 let, na referenčni ploskvi ob barju Petinove jame (PJ5) pa 278 let.

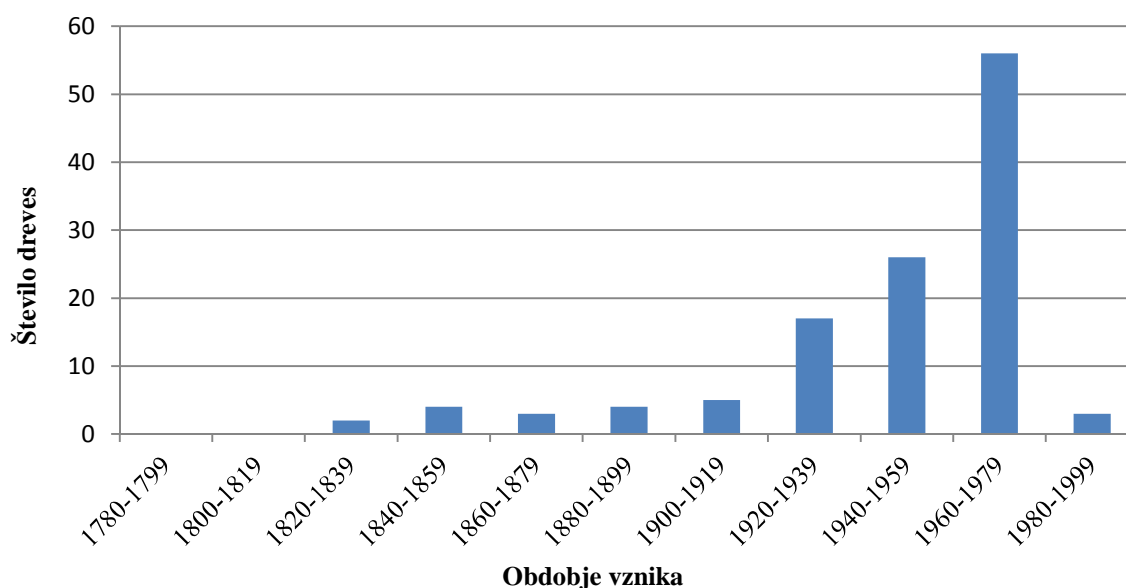
Iz starosti drevesa lahko ugotovimo leto, ko je drevo vzniknilo. V naši analizi nas je zanimalo, ali se kaže kakšna skupna značilnost glede časa vznika dreves na barjih. Za nazornejši prikaz smo drevesa uvrstili v dvajsetletna obdobja. Na Klopnovrških barjih opazimo dve obdobji, ko je vzniknilo večje število dreves (slika 10). Najizrazitejše je med letoma 1940 in 1979, veliko dreves pa je vzniknilo tudi med letoma 1880 in 1899. Pred tem obdobjem so vzniknila le posamična drevesa.



Slika 10: Število dreves po obdobjih vznika na Klopnovrških barjih

Figure 10: Number of trees per periods of emergence on peat bog Klopnovrška barja

Na barju Petinove jame opazimo, da se je začelo število vzniklih dreves povečevati v obdobju 1920–1939 (slika 11), po tem obdobju pa je to število še naraščalo. V zadnjem obdobju (1980–1999) lahko, kot na Klopnovrških barjih, opazimo upad vzniklih dreves. To je posledica metodologije zajema podatkov, saj smo v naše analize vključili le drevesa, ki so bila visoka vsaj 50 cm, večina teh pa je vzniknila pred letom 1980.



Slika 11: Število dreves po obdobjih vznika na barju Petinove jame

Figure 11: Number of trees per periods of emergence on peat bog Petinove jame

5.2 DEBELINSKA RAST

Debelinsko priraščanje smo ugotavljali na najnižjem kolotu. Za vsako drevo smo izračunali povprečni debelinski prirastek drevesa, iz teh rezultatov pa smo izračunali povprečne debelinske prirastke na ploskvah.

Najnižji povprečni debelinski prirastek drevesa (0,14 mm/leto) je imelo drevo na ploskvi PJ2, najvišji povprečni debelinski prirastek (3,51 mm/leto) pa drevo na ploskvi KV1. Debelinski prirastki so višji na Klopnovrških barjih v primerjavi z barjem Petinove jame (preglednica 13).

Na barju Petinove jame se debelinski prirastki zmanjšujejo z oddaljevanjem od melioracijskega jarka, vendar ta korelacija ni značilna ($r = 0,93$). Je pa značilna ($r = 0,95$, $P = 0,05$) korelacija med koeficientom variacije debelinskih prirastkov in oddaljenostjo od melioracijskega jarka.

Na Klopnovrških barjih imajo drevesa na ploskvi KV5, po kateri poteka melioracijski jarek, nižje debelinske prirastke kot na ploskvi KV1, od katere je melioracijski jarek oddaljen 20,6 m.

Preglednica 13: Podatki o debelinskem priraščanju in njegovi variabilnosti po ploskvah

Table 13: Characteristics of tree diameter increment and its variability per plots

Ploskev	Oddaljenost od najbližjega melioracijskega jarka (m)	Aritmetična sredina debelinskih prirastkov (mm/leto)	Minimalni debelinski prirastek (mm/leto)	Maksimalni debelinski prirastek (mm/leto)	Standardni odklon	Koeficient variacije (KV %)
KV1	20,6	1,21	0,31	3,51	0,69	56,9
KV2	-	0,99	0,35	1,82	0,40	40,6
KV3	-	1,22	0,38	3,22	0,87	71,0
KV4	-	0,88	0,18	2,18	0,44	50,2
KV5	1,0	0,89	0,28	3,17	0,59	66,9
KV1-5	-	1,04	0,18	3,51	0,63	60,9
PJ1	21,1	0,49	0,30	1,13	0,20	40,8
PJ2	35,8	0,44	0,14	0,89	0,17	38,6
PJ3	75,9	0,38	0,21	0,60	0,10	26,6
PJ4	7,0	0,63	0,15	1,37	0,34	54,1
PJ1-4	-	0,48	0,14	1,37	0,24	48,8

5.3 VIŠINSKA RAST

Zanimalo nas je tudi, kako višinsko priraščajo drevesa na barjih. Ugotovili smo, da je višinska rast zelo počasna. Višinski prirastki in njihova variabilnost so na barju Petinove jame nižji v primerjavi s prirastki in njihovo variabilnostjo na Klopnovrških barjih (preglednica 14).

Na barju Petinove jame se višinski prirastki zmanjšujejo z oddaljevanjem od melioracijskega jarka, vendar ta korelacija ni značilna ($r = 0,93$, $P = 0,05$), neznačilna ($r = 0,83$, $P = 0,05$) pa je tudi korelacija med variabilnostjo višinskega priraščanja in oddaljenostjo od melioracijskega jarka. Na Klopnovrških barjih imajo drevesa na ploskvi KV5, po kateri poteka melioracijski jarek, nižje prirastke kot na ploskvi KV1, od katere je melioracijski jarek oddaljen 20,6 m.

Našo hipotezo, da večina dreves potrebuje več kot 30 let za 1 meter višinske rasti smo preverili s t -testom. Zanimalo nas je, ali je povprečni višinski prirastek statistično značilno manjši od hipotetičnega (enostranski test), ki znaša 3,3 cm/leto. Ugotovili smo, da je na barju Petinove jame na vseh ploskvah povprečni višinski prirastek značilno nižji od hipotetičnega s tveganjem $P = 0,001$, na Klopnovrških barjih pa je povsod prirastek večji od hipotetičnega.

Preglednica 14: Podatki o višinskem priraščanju, njegovi variabilnosti ter rezultati *t*-testa po ploskvah

Table 14: Characteristics of tree height increment, its variability and results of *t*-test per plots

Ploskev	Oddaljenost od najbližjega melioracijskega jarka (m)	Aritmetična sredina višinskih prirastkov (cm/leto)	Minimalni višinski prirastek (cm/leto)	Maksimalni višinski prirastek (cm/leto)	Standardni odklon	Koeficient variacije (KV %)	Enostranski <i>t</i> -test
KV1	20,6	6,1	1,7	17,7	3,4	55,7	4,53
KV2	-	4,2	1,7	7,0	1,5	35,7	3,02
KV3	-	5,2	1,3	13,3	3,4	65,4	2,98
KV4	-	3,8	1,0	10,1	2,1	55,3	1,29
KV5	1,0	4,4	1,0	11,2	2,6	59,1	2,24
KV1-5	-	4,7	1,0	17,7	2,8	59,6	2,77
PJ1	21,1	2,1	1,2	4,0	0,7	33,3	-9,01***
PJ2	35,8	1,7	0,5	2,9	0,6	35,3	-14,22***
PJ3	75,9	1,4	0,7	2,1	0,4	28,6	-27,61***
PJ4	7,0	2,6	1,1	4,9	1,2	46,2	-3,46***
PJ1-4	-	2,0	0,5	4,9	0,9	45,0	-8,43***

5.4 VPLIV NADZEMNE KONKURENCE NA DEBELINSKI IN TEMELJNIČNI PRIRASTEK

V tem delu naloge nas je zanimalo, kakšen vpliv ima konkurenca med drevesi na rast dreves na barjih. To smo preverili z analizo kovariance. Za kovariate smo preizkusili višino dreves, starost dreves, maksimalni premer krošnje in dolžino krošnje. Analizo smo izvedli za desetletni debelinski in desetletni temeljnični prirastek na najnižjih kolutih (na koreninskem vratu).

Preglednica 15: Osnovni podatki o pojasnjevanih spremenljivkah in kovariatah za sproščena in utesnjena drevesa na barju Petinove jame

Table 15: Basic characteristics of dependent variables and covariates for released and confined trees on peat bog Petinove jame

	Sproščena drevesa						Utesnjena drevesa					
	Y_1	Y_2	X_1	X_2	X_3	X_4	Y_1	Y_2	X_1	X_2	X_3	X_4
Število	76						44					
Aritmetična sredina	3,7	2,4	68,1	1,5	1,0	0,9	3,1	1,3	66,8	1,1	0,8	0,6
Minimum	1,1	0,2	32,0	0,5	0,3	0,2	0,9	0,1	30,0	0,5	0,2	0,1
Maksimum	17,6	23,7	175,0	5,7	3,3	5,1	12,2	14,0	180,0	2,9	2,3	2,2
Standardni odklon	2,7	3,5	32,8	1,0	0,5	0,7	2,3	2,2	36,4	0,6	0,5	0,5

Y_1 – 10-letni debelinski prirastek (mm), Y_2 – desetletni temeljnični prirastek (cm²), X_1 – starost drevesa, X_2 – višina drevesa (m), X_3 – maksimalni premer krošnje (m), X_4 – dolžina krošnje (m)

Za analizo kovariance smo drevesa uvrstili v dva razreda – sproščena in utesnjena drevesa. Na obeh barjih smo v debelno analizo vključili več sproščenih dreves (preglednici 15 in 16), ki so imela v povprečju večji desetletni debelinski in desetletni temeljnični prirastek v primerjavi z utesnjenimi drevesi. Sproščena drevesa so bila tudi višja in nekoliko starejša.

Preglednica 16: Osnovni podatki o pojasnjevanih spremenljivkah in kovariatah za sproščena in utesnjena drevesa na Klopnovrških barjih

Table 16: Basic characteristics of dependent variables and covariates for released and confined trees on peat bog Klopnovrška barja

	Sproščena drevesa						Utesnjena drevesa					
	Y_1	Y_2	X_1	X_2	X_3	X_4	Y_1	Y_2	X_1	X_2	X_3	X_4
Število	104						46					
Aritmetična sredina	13,0	17,5	78,6	3,8	1,9	3,1	8,3	7,9	72,9	3,0	1,4	2,2
Minimum	1,5	0,4	17,0	0,5	0,4	0,2	1,5	0,3	18,0	0,6	0,3	0,3
Maksimum	63,7	132,1	227,0	13,6	6,9	12,3	32,5	52,1	198,0	13,8	4,1	11,9
Standardni odklon	11,1	24,7	47,9	3,1	1,2	2,7	6,7	11,9	46,6	3,2	0,9	2,7

Y_1 – 10-letni debelinski prirastek (mm), Y_2 – desetletni temeljnični prirastek (cm²), X_1 – starost drevesa, X_2 – višina drevesa (m), X_3 – maksimalni premer krošnje (m), X_4 – dolžina krošnje (m)

Pred izvedbo analize kovariance smo ugotovili, da starost ni v linearni odvisnosti z desetletnim debelinskim prirastkom, zato smo starost kot kovariato upoštevali le v povezavi s temeljničnim prirastkom. Ostale kovariate (višina, maksimalni premer krošnje in dolžina krošnje) so bile v linearni povezavi z debelinskim in temeljničnim prirastkom.

Na barju Petinove jame z analizo kovariance nismo ugotovili značilnih razlik med debelinskim (priloga A, preglednica 1) in temeljničnim (preglednica 17) priraščanjem glede na utesnjenost dreves. Tudi pri izvedbi analize kovariance po sestojnih plasteh in kakovostih krošenj nismo ugotovili značilnih razlik.

Preglednica 17: Preizkus razlik v temeljničnem prirastku med sproščenimi in utesnjenimi drevesi na barju Petinove jame

Table 17: Test of differences in basal area increment between released and confined trees on peat bog Petinove jame

Vir variacije	Vsota kvadratov	<i>df</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Med razredi (utesnjenost dreves)	1,715	1	0,555	0,458
Starost (kovariata)	13,858	1	4,489	0,036
Višina (kovariata)	17,175	1	5,564	0,020
Maksimalni premer krošnje (kovariata)	0,231	1	0,075	0,785
Dolžina krošnje (kovariata)	82,359	1	26,680	0,000
Znotraj razredov	351,911	114		
Skupaj	1173,766	119		

Na Klopnovrških barjih smo ugotovili značilne razlike med debelinskim priraščanjem glede na utesnjenost dreves, ko je bila kovariata višina dreves (preglednica 18), ter med temeljničnim priraščanjem glede na utesnjenost dreves, ko smo kot kovariato uporabili starost dreves (preglednica 19).

Preglednica 18: Preizkus razlik v debelinskem prirastku med sproščenimi in utesnjenimi drevesi na Klopnovrških barjih

Table 18: Test of differences in diameter increment between released and confined trees on peat bog Klopnovrška barja

Vir variacije	Vsota kvadratov	<i>df</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Med razredi (utesnjenost dreves)	315,681	1	4,300	0,040
Višina (kovariata)	3926,351	1	53,482	0,000
Znotraj razredov	10791,949	147		
Skupaj	15407,425	149		

Preglednica 19: Preizkus razlik v temeljničnem prirastku med sproščenimi in utesnjenimi drevesi na Klopnovrških barjih

Table 19: Test of differences in basal area increment between released and confined trees on peat bog Klopnovrška barja

Vir variacije	Vsota kvadratov	<i>df</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Med razredi (utesnjenost dreves)	2441,386	1	5,804	0,017
Starost (kovariata)	7314,558	1	17,388	0,000
Znotraj razredov	61837,827	147		
Skupaj	72093,812	149		

Analiza kovariance je pokazala tudi značilne razlike med temeljničnim prirastkom in utesnjenostjo dreves na Klopnovrških barjih, ko smo v analizo vključili drevesa zgornje in srednje sestojne plasti ($F = 5,011$, $P = 0,028$) ali pa če smo v analizo vključili drevesa, ki so imela velike krošnje ($F = 5,459$, $P = 0,025$). Pri tem sta bili kovariati višina in starost dreves. Obe preglednici s podatki analize kovariance sta v prilogi A (preglednica 2 in 3).

Z analizo kovariance smo na Klopnovrških barjih ugotovili tudi značilne razlike med temeljničnim prirastkom in utesnjenostjo dreves, ko smo v analizo vključili drevesa z majhnimi krošnjami ter kot kovariato izbrali starost ($F = 8,996$, $P = 0,003$). Podatki analize kovariance so v prilogi A (preglednica 4).

Pri vključitvi maksimalnega premera krošnje in dolžine krošnje kot kovariat v analizo kovariance nismo dobili značilnih razlik med priraščanjem in utesnjenostjo dreves ne na Klopnovrških barjih ne na barju Petinove jame.

5.5 ANALIZA PROSTORSKE RAZMESTITVE DREVES

Pojavljanje dreves na barjih je pogojeno z vplivom omejujočih dejavnikov (velike količine vode v tleh in pomanjkanja hranil). Razmestitev dreves nam posredno kaže prostorski vzorec ugodnih mikrorastišč na barjanskih tleh.

Najprej smo ugotavljali razmestitev dreves za vsa drevesa na ploskvah. Na barju Petinove jame se drevesa pojavljajo šopasto na vseh razdaljah (preglednica 20), drevesa na referenčni ploskvi (priloga D, graf 16) ob tem barju pa se na vseh razdaljah pojavljajo naključno.

Preglednica 20: Vzorci prostorske razmestitve dreves na barjanskih ploskvah

Table 20: Spatial distribution pattern of trees on bogs plots

Ploskev		PJ1	PJ2	PJ3	PJ4	KV1	KV2	KV3	KV4	KV5
Število dreves		425	141	84	257	49	90	39	74	34
d (m)	0,2	+	+	+	+	+	+	+	+	0
	0,4	+	+	+	+	+	+	+	+	0
	0,6	+	+	+	+	+	+	+	+	0
	0,8	+	+	+	+	+	+	+	+	0
	1,0	+	+	+	+	+	+	+	+	0
	1,2	+	+	+	+	+	+	+	+	0
	1,4	+	+	+	+	+	+	+	+	0
	1,6	+	+	+	+	+	+	+	+	0
	1,8	+	+	+	+	+	+	+	+	0
	2,0	+	+	+	+	+	+	0	+	0
	2,2	+	+	+	+	+	+	0	0	0
	2,4	+	+	+	+	+	+	0	0	0
	2,6	+	+	+	+	+	+	0	0	0
	2,8	+	+	+	+	+	+	0	0	0
	3,0	+	+	+	+	+	+	0	0	0
	3,2	+	+	+	+	+	+	0	0	0
	3,4	+	+	+	+	+	+	0	0	0
3,6	+	+	+	+	+	+	0	0	0	
3,8	+	+	+	+	+	+	0	0	0	
4,0	+	+	+	+	+	+	+	0	0	0

Znak + predstavlja značilno ($P < 0,01$) šopasto razmestitev dreves na razdalji d , znak 0 naključno in znak – sistematično razmestitev dreves. Kjer so znaki označeni z * je $P < 0,05$.

Na Klopnovrških barjih se na ploskvah KV1 in KV2 na vseh razdaljah drevesa pojavljajo šopasto (preglednica 20). Na ploskvi KV3 se drevesa pojavljajo šopasto do razdalje 1,8 m, na ploskvi KV4 pa do razdalje 2 m. Na teh dveh ploskvah se na večjih razdaljah drevesa

pojavnajo naključno. Tudi na ploskvi KV5 in referenčni ploskvi KV6 (priloga D, graf 34) se drevesa pojavljajo naključno.

Da bi ugotovili, s kakšno prostorsko razmestitvijo se je začelo zaraščanje barij, smo izvedli analizo Ripleyeve K funkcije še po posameznih sestojnih plasteh. Na barju Petinove jame (preglednica 21) smo ugotovili, da se drevesa zgornje plasti razmeščajo naključno. Izjema je bila ploskev PJ3, na kateri so drevesa zgornje plasti visoka do 1,3 m in zgornji sloj ni tako jasno izražen kot na ostalih ploskvah. Na ploskvi PJ2 se drevesa spodnje sestojne plasti na razdaljah od 3,8 do 4 m razvrščajo naključno, sicer pa je razmestitev dreves srednje in spodnje plasti večinoma šopasta.

Preglednica 21: Vzorci prostorske razmestitve dreves po sestojnih plasteh na barju Petinove jame

Table 21: Spatial distribution pattern of trees per stand layer on peat bog Petinove jame

Ploskev		PJ1			PJ2			PJ3		PJ4		
Sestojna plast		1	2	3	1	2	3	1	2	1	2	3
Število dreves		11	195	219	12	72	57	25	59	10	48	199
<i>d</i> (m)	0,2	0	+	+*	0	+	+	+*	+	0	0	+
	0,4	0	+	+	0	+	+	+	+	0	+	+
	0,6	0	+	+	+	+	+	+	+	0	+	+
	0,8	0	+	+	0	+	+	+	+	0	+	+
	1,0	0	+	+	0	+	+	+	+	0	+	+
	1,2	0	+	+	0	+	+	+	+	0	+*	+
	1,4	0	+	+	0	+	+	+	+	0	+*	+
	1,6	0	+	+	0	+	+	+	+	0	+*	+
	1,8	0	+	+	0	+	+	+	+	0	+*	+
	2,0	0	+	+	0	+	+	+	+	0	+*	+
	2,2	0	+	+	0	+	+	+	+	0	+	+
	2,4	0	+	+	0	+	+	+	+	0	+*	+
	2,6	0	+	+	0	+*	+	+	+	0	+	+
	2,8	0	+	+	0	+*	+	+	+	0	+*	+
	3,0	0	+	+	0	+*	+	+	+	0	+*	+
	3,2	0	+	+	0	+*	+	+	+	0	+*	+
	3,4	0	+	+	0	+*	+	+	+	0	+*	+
3,6	0	+	+	0	+*	+*	+	+	0	+*	+	
3,8	0	+	+	0	+*	0	+	+	0	+*	+	
4,0	0	+	+	0	+*	0	+	+	0	+*	+	

Znak + predstavlja značilno ($P < 0,01$) šopasto razmestitev dreves na razdalji d , znak 0 naključno in znak – sistematično razmestitev dreves. Kjer so znaki označeni z * je $P < 0,05$.

Na Klopnovrških barjih smo drevesa zgornje in srednje sestojne plasti združili, kjer je bilo znotraj posamezne sestojne plasti premalo dreves za izvedbo analize. Ugotovili smo, da se drevesa zgornje in srednje sestojne plasti razvrščajo naključno (preglednica 22), razen na ploskvi KV2, kjer je značilna šopasta rast na razdaljah večjih od 0,6 m ter na ploskvi KV3 med razdaljama 0,6 in 1,4 m. Drevesa spodnje plasti se na ploskvah KV1 in KV2 razvrščajo šopasto, na ploskvi KV5 pa naključno. Na ploskvi KV3 se drevesa spodnje plasti razvrščajo šopasto do razdalje 2,4 m, na večjih razdaljah pa naključno. Podoben vzorec je tudi na ploskvi KV4, le da je meja med šopasto in naključno razmestitvijo na razdalji 3 m.

Preglednica 22: Vzorci prostorske razmestitve dreves po sestojnih plasteh na Klopnovrških barjih

Table 22: Spatial distribution pattern of trees per stand layer on peat bog Klopnovrška barja

Ploskev	KV1		KV2			KV3		KV4			KV5		
	1+2	3	1	2	3	1+2	3	1	2	3	1+2	3	
Število dreves	21	28	12	38	40	11	28	10	24	40	14	20	
<i>d</i> (m)	0,2	0	+	0	0	+	0	+	0	0	+	0	0
	0,4	0	+	0	0	+	0	+	0	0	+	0	0
	0,6	0	+	0	+	+	+	+	0	0	+	0	0
	0,8	0	+	0	+	+	+	+	0	0	+	0	0
	1,0	0	+	0	+	+	+	+	0	0	+	0	0
	1,2	0	+	0	+	+	+	+	0	0	+	0	0
	1,4	0	+	0	+	+	+	+	0	0	+	0	0
	1,6	0	+	0	+	+	0	+	0	0	+	0	0
	1,8	0	+	0	+	+	0	+	0	0	+	0	0
	2,0	0	+	0	+	+	0	+	0	0	+	0	0
	2,2	0	+	0	+	+	0	+	0	0	+	0	0
	2,4	0	+	0	+	+	0	+	0	0	+	0	0
	2,6	0	+	0	+	+	0	0	0	0	+	0	0
	2,8	0	+	0	+	+	0	0	0	0	+	0	0
	3,0	0	+	0	+	+	0	0	0	0	+	0	0
	3,2	0	+	0	+	+	0	0	0	0	0	0	0
	3,4	0	+	0	+	+	0	0	0	0	0	0	0
3,6	0	+	0	+	+	0	0	0	0	0	0	0	
3,8	0	+	0	+	+	0	0	0	0	0	0	0	
4,0	0	+	0	+	+	0	0	0	0	0	0	0	

Znak + predstavlja značilno ($P < 0,01$) šopasto razmestitev dreves na razdalji *d*, znak 0 naključno in znak – sistematično razmestitev dreves. Kjer so znaki označeni z * je $P < 0,05$.

Sistematične razmestitve dreves nismo odkrili nikjer, ne na barjanskih ploskvah ne na referenčnih ploskvah. Grafi Ripleyeve *K* funkcije so v prilogi D.

5.6 DENDROKRONOLOŠKE ANALIZE

5.6.1 Nesklenjene in manjkajoče branike

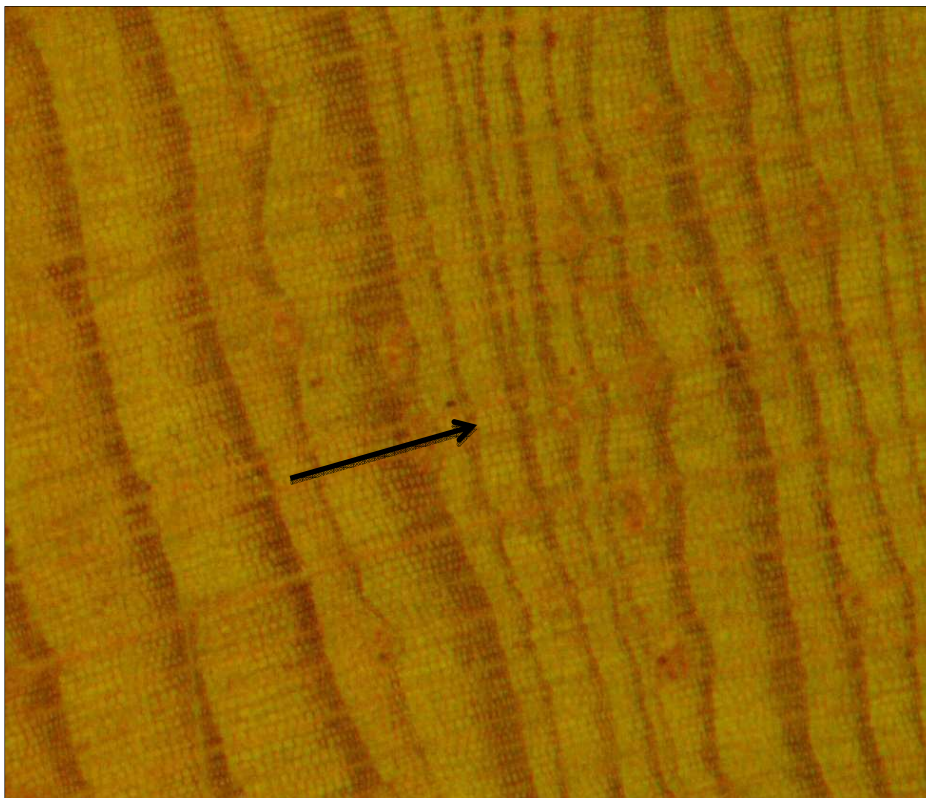
Pri meritvah širin branik so bile nesklenjene branike pogoste (slika 12). Pri kar 166 kolutih (61,5 % od vseh analiziranih) smo ugotovili razlike v številu branik med različnimi smermi znotraj istega koluta. Največja razlika je bila 30 branik znotraj istega koluta. Pri devetih drevesih so bile razlike večje kot 10 branik. Podrobneje je razlika v številu branik znotraj kolotov predstavljena v preglednici 23.

Tudi število manjkajočih branik je veliko, vendar natančnega števila nismo mogli ugotoviti. Pri izdelavi kronologij smo pri večjih drevesih ugotovili položaj ene ali več manjkajočih branik. Pri nekaterih drevesih pa to ni bilo mogoče, saj je bilo število manjkajočih branik preveliko in nismo mogli poiskati položajev manjkajočih branik.

Preglednica 23: Število kolotov glede na razliko v številu branik med različnimi smermi znotraj istega koluta

Table 23: Number of discs according to the difference in the number of tree-rings in different directions within the same disc

Razlika v številu branik med različnimi smermi znotraj istega koluta	Število kolotov
1	43
2	27
3	29
4	15
5	9
6 - 10	34
11 - 15	5
16 in več	4
Skupaj	166



Slika 12: Primer nesklenjene (izklinjene) branike

Figure 12: Example of incomplete ring

5.6.2 Kronologije raziskovalnih ploskev

V programu PAST-4 smo izdelali 11 kronologij z dolžinami od 70 do 320 let (preglednica 24). Devet kronologij smo izdelali za ploskve na barjih in dve kronologiji na referenčnih ploskvah. Pri izdelavi kronologij smo morali izločiti drevesa, ki se zaradi rastnih anomalij niso dovolj ujemala s kronologijo. Delež takšnih dreves je bil največji (60 %) na ploskvah KV3 in PJ2 ter najmanjši (36,7 %) na ploskvi KV2.

V kronologije smo vključili tudi tista drevesa z manjkajočimi branikami, katerim smo lahko določili mesta izpadlih branik in so se dobro ujemala s kronologijami. Največ manjkajočih branik so imela drevesa, ki so bila vključena v kronologiji KV1 in PJ2. V kronologije na ploskvah KV2, KV3 in KV4 ni bilo vključenih dreves z manjkajočimi branikami.

V kronologije smo uvrstili drevesa, ki so se medsebojno dobro ujemala. Kljub temu, da znaša spodnja meja za kazalec t_{BP} 3,5, smo pri posameznih drevesih, ki so imela $GLK\%$ vsaj 60 in so se vizualno lepo ujemala s kronologijo, naredili izjemo in jih vključili v kronologijo. Takšna drevesa smo imeli na ploskvah PJ1, PJ2 in PJ4. Drevesa iz ploskev na Klopnovrških barjih so se bolje ujemala s kronologijami (povprečne vrednosti t_{BP} so od 4,4

do 8,0) kot drevesa iz barja Petinove jame (povprečne vrednosti t_{BP} od 4,2 do 4,8). Najvišjo vrednost t_{BP} (8,0) na barjanskih ploskvah smo zasledili pri kronologiji KV5, najnižjo (4,2) pa pri kronologiji PJ1.

Preglednica 24: Osnovni podatki o kronologijah ploskev. Prikazani so časovno obdobje kronologij, dolžina kronologij (D), število analiziranih dreves (Dr.), število analiziranih smeri (Sm.), število vključenih dreves (Vkl. dr.), število manjkajočih branik (Manj. br.), povprečni, minimalni in maksimalni t_{BP} ter povprečni, minimalni in maksimalni $GLK\%$

Table 24: Basic data of the site (Pl.) chronologies, including time span (Časovno obdobje), length (D), number of analysed trees (Dr.), analysed radii (Sm.), number of included trees (Vkl. dr.), missing rings (Manj. br.), average, minimum and maximum t_{BP} and $GLK\%$

Pl.	Časovno obdobje	D	Dr.	Sm.	Vkl. dr.	Manj. br.	t_{BP}	Min. - maks. t_{BP}	$GLK\%$	Min. - maks. $GLK\%$
KV1	1789 - 2012	224	30	120	18	4	5,6	4,2 – 8,2	68,5	60 – 76,2
KV2	1893 - 2012	120	30	120	19	0	4,4	3,4 – 6,1	66,6	60,3 – 73,4
KV3	1886 – 2012	127	30	120	12	0	4,6	3,5 – 5,6	73,1	55,7 – 88,3
KV4	1894 – 2012	119	30	120	13	0	6,1	4,2 – 9,1	69,9	61 – 75,5
KV5	1827 – 2012	186	30	120	15	3	8,0	4,6 – 13,7	68,8	59,4 – 79,2
KV6	1860 – 2012	153	10	19	9	2	7,8	4,4 – 10,4	68,4	61,3 – 76,4
PJ1	1855 – 2012	158	30	120	14	2	4,2	3,2 – 6,1	62,1	52,2 – 71,3
PJ2	1866 – 2012	147	30	116	12	4	4,7	3,2 – 6,5	62,5	52,4 – 72,5
PJ3	1943 – 2012	70	30	120	13	2	4,5	3,6 – 5,7	66,2	58,5 – 75,9
PJ4	1846 – 2012	167	30	120	13	2	4,8	3,2 – 6,6	63,4	53,1 – 71,9
PJ5	1693 – 2012	320	10	19	9	1	10,7	8,2 – 14,8	71,2	67,2 – 77,4

Najvišjo povprečno vrednost $GLK\%$ (73,1) ima kronologija za ploskev KV3, najnižjo (62,1) pa kronologija za ploskev PJ1. Tudi ta kazalec kaže na večje ujemanje kronologij Klopnovrških barij v primerjavi s kronologijami ploskev barja Petinove jame.

Analizirana drevesa so imela zelo ozke branike (preglednica 25). Med barjanskimi ploskvami so imela najnižjo povprečno vrednost širin branik (0,225 mm) drevesa vključena v kronologijo ploskve PJ3, najvišjo povprečno vrednost (0,518 mm) pa drevesa iz ploskve KV3. Tudi absolutno najožje braniko (0,01 mm) najdemo na ploskvi PJ3, absolutno najširšo (3,07 mm) pa na ploskvi KV3. Na obeh referenčnih ploskvah (KV6 in PJ5) so bile širine branik pričakovano večje kot na barjanskih ploskvah.

Največ branik, ki so bile ožje kot 0,1 mm, imajo drevesa s kronologije za ploskev PJ1. Takšnih branik je bilo na drevesih te kronologije kar 113.

Drevesa na ploskvah so bila različno stara. Zelo starih dreves je bilo malo, zato so tudi povprečne dolžine kronologij dreves, ki so bila vključena v kronologije, relativno kratke. Med barjanskimi ploskvami so imela najnižjo povprečno dolžino drevesnih kronologij

(50 let) drevesa, vključena v kronologijo ploskve KV2, najvišjo povprečno dolžino drevesnih kronologij (133 let) pa drevesa iz ploskve KV5.

Preglednica 25: Statistični kazalci za osnovno kronologijo in kronologijo ostankov na ploskvah. Prikazana je aritmetična sredina širin branik (M) ter njen standardni odklon (σ), minimalna in maksimalna širina branik, povprečna dolžina drevesnih kronologij (DK), drseči populacijski signal (EPS) in srednja stopnja občutljivosti (MS)

Table 25: Tree-ring width statistics for raw and residual chronologies (RES) on sites (Pl.), including mean (M), standard deviation (σ), minimum and maximum tree-ring width, mean sample segment length (DK), expressed population signal (EPS) and mean sensitivity (MS)

Pl.	Osnovna kronologija (RAW)						Kronologija ostankov (RES)			
	M	σ	Min. - maks.	DK	$EPS > 0.85$	MS	M	σ	$EPS > 0.85$	MS
KV1	0,376	0,221	0,03 – 2,40	67	1981	0,254	1,001	0,320	1970	0,328
KV2	0,482	0,235	0,04 – 1,98	50	1981*	0,204	0,977	0,187	1982	0,194
KV3	0,518	0,342	0,03 – 3,07	46	1978	0,302	0,984	0,265	1991* ²	0,256
KV4	0,501	0,263	0,03 – 2,63	95	1916* ¹	0,195	0,985	0,181	1929*	0,174
KV5	0,484	0,154	0,05 – 2,93	133	1926*	0,160	0,994	0,169	1920*	0,158
KV6	1,256	0,613	0,14 – 5,26	145	1979*	0,106	0,999	0,107	1925*	0,117
PJ1	0,302	0,234	0,03 – 2,07	54	1980	0,309	0,996	0,351	1976*	0,351
PJ2	0,276	0,175	0,02 – 1,67	65	1962*	0,319	0,991	0,276	1972*	0,281
PJ3	0,225	0,075	0,01 – 2,93	51	1978 – 1990*	0,276	0,979	0,256	1986*	0,274
PJ4	0,289	0,135	0,02 – 2,59	95	1947 – 1975*	0,235	0,986	0,207	– ³	0,239
PJ5	0,674	0,276	0,05 – 1,98	216	1851 – 1977*	0,178	0,996	0,217	1847*	0,224

* Upoštevano obdobje, kjer je $EPS > 0,8$; ¹ leta 1963 pade drseči EPS na vrednost 0,79; ² leta 1997 pade drseči EPS na vrednost 0,79; ³ EPS je večji kot 0,8 le 8 zaporednih let.

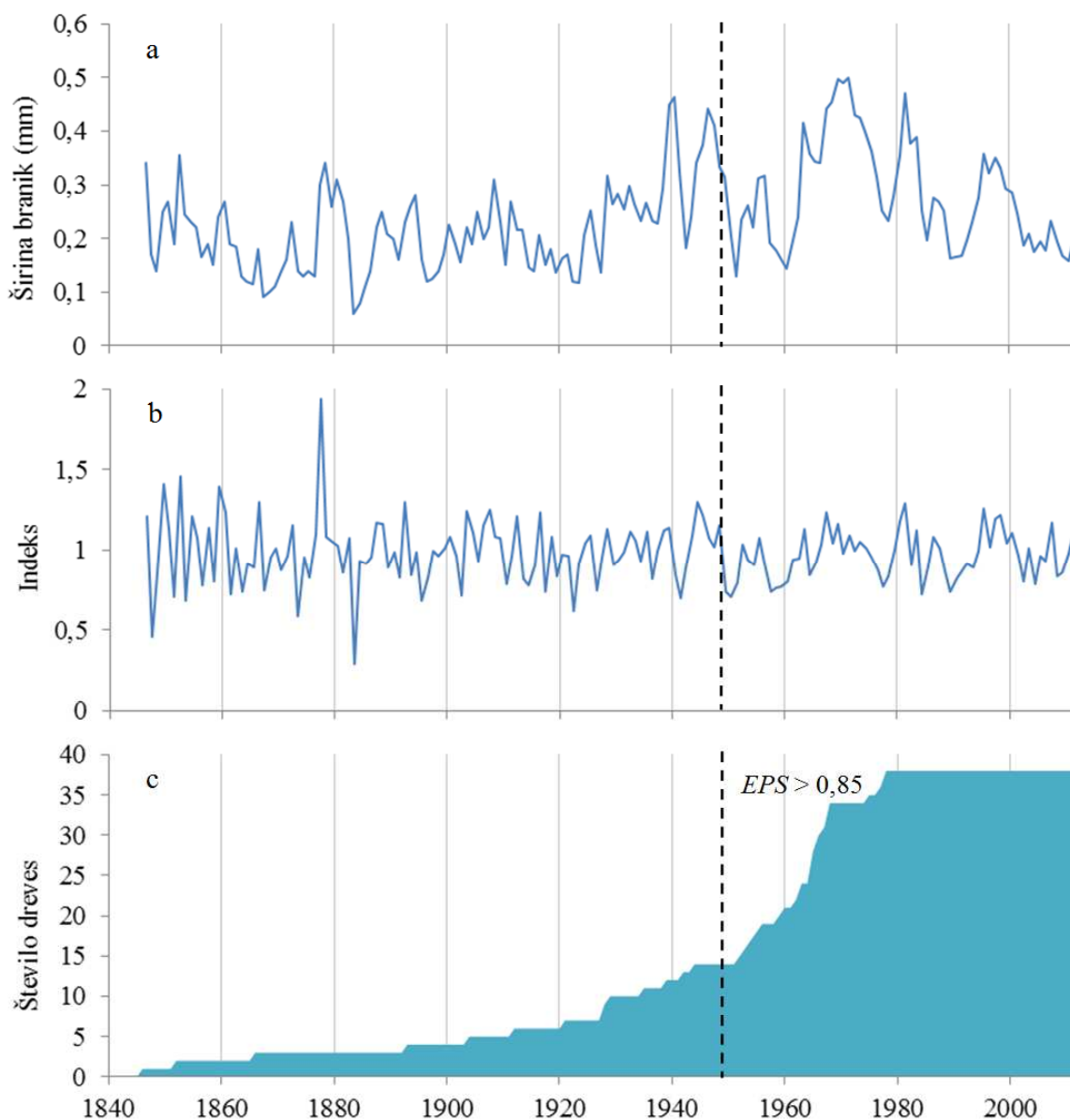
V preglednici 25 je prikazano leto, po katerem je drseči populacijski signal (EPS) večji kot 0,85. Z * smo označili kronologije, pri katerih smo v preglednici prikazali leto, ko je EPS zavzemal vrednosti nad 0,80. To smo naredili pri kronologijah, kjer je bil drseči populacijski signal le nekaj let nad 0,85 ali pa se je gibal tako, da je bil nekaj časa nad in nekaj časa pod 0,85. Na ploskvah PJ3, PJ4 in PJ5 je EPS zavzemal vrednosti nad 0,80 le določeno obdobje, pred tem obdobjem in po njem je zavzemal nižje vrednosti.

Za korelacijo s podnebnimi dejavniki je uporaben del kronologije, kjer je EPS večji kot 0,85 ali vsaj 0,80. Na večini ploskev je obdobje, ki ustreza temu kriteriju krajše kot 35 let in tako prekratko za primerjavo podnebnih dejavnikov s kronologijami. Zato smo se odločili, da bomo iz vseh dreves na barjih izdelali dve kronologiji – eno za barje Petinove jame in drugo za Klopnovrška barja.

Grafično so kronologije za ploskve prikazane v prilogi C.

5.6.3 Kronologiji Klopnovrških barij in barja Petinove jame

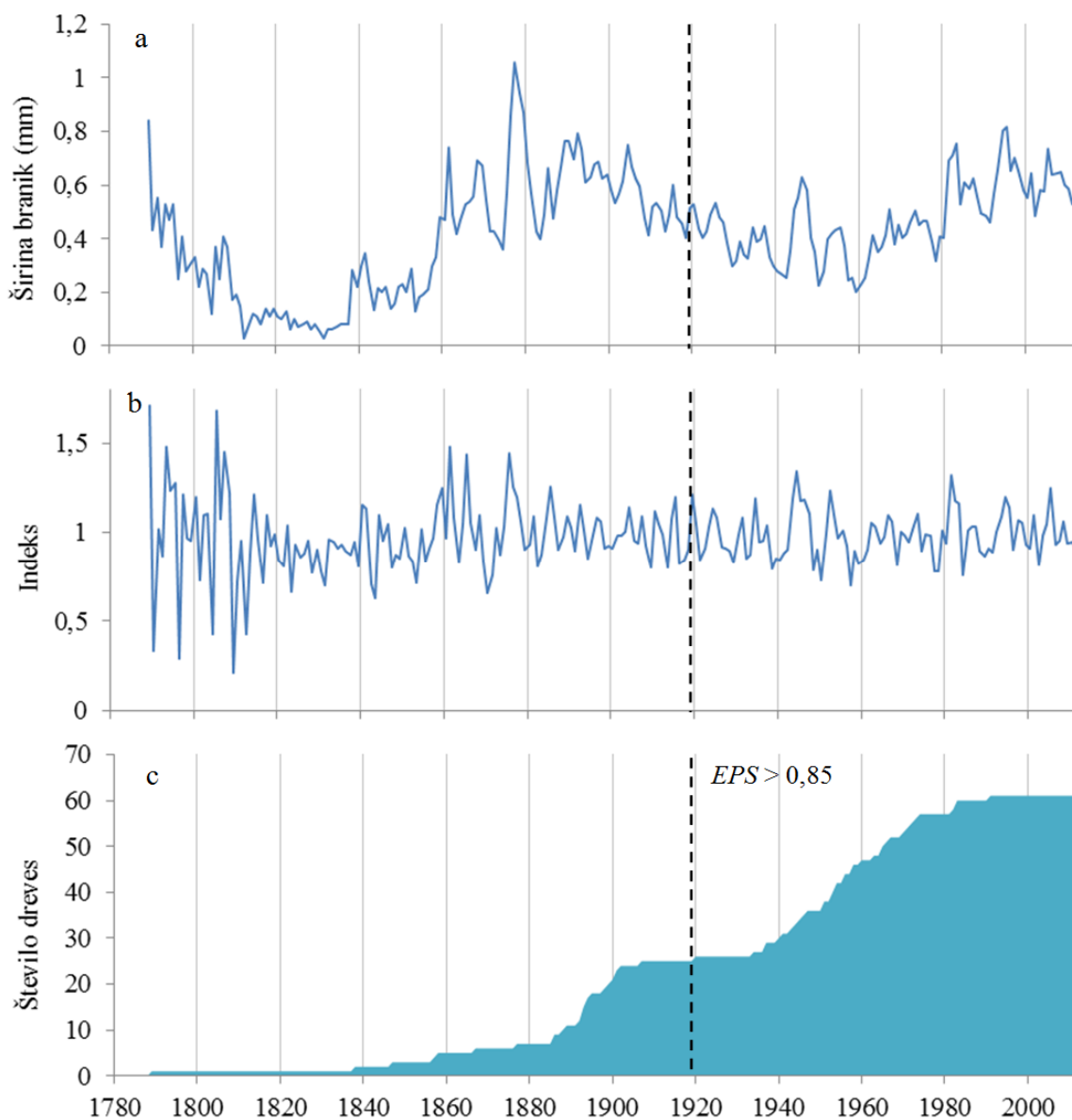
V kronologijo na barju Petinove jame smo vključili drevesa iz ploskev, ki ležijo na barju - PJ1–4. Enako smo tudi na Klopnovrških barjih vključili drevesa iz barjanskih ploskev (KV1–5). Pri izdelavi kronologij smo morali izločiti drevesa, ki se niso dovolj ujemala s kronologijo. Delež takšnih dreves je bil pri kronologiji barja Petinove jame večji (68,3 %) kot pri kronologiji Klopnovrških barij (59,3 %).



Slika 13: Osnovna (a) in kronologija ostankov (b) z globino vzorca (c) za kronologijo barja Petinove jame. Črtkana črta predstavlja mesto kronologije, kjer drseči populacijski signal preseže vrednost 0,85.

Figure 13: Raw (a) and residual chronology (b) with sample depth (c) for chronology of peat bog Petinove jame. The dashed line represents the point on the chronology where *EPS* value exceeds 0.85.

Kronologija barja Petinove jame (slika 13) je dolga 167 let (1846 - 2012). Povprečni t_{BP} kronologije znaša 5,0 (minimalni 3,6, maksimalni 7,6), povprečni $GLK\%$ 65,5 (minimalni 54,3 in maksimalni 80,0). V kronologijo je vključenih 38 dreves, ki imajo skupaj 6 manjkajočih branik. Povprečna vrednost širin branik je 0,241 mm, standardni odklon pa 0,095. Najozžja branika meri 0,01 mm, najširša pa 2,93 mm. Kar 12,5 % branik je ožjih od 0,1 mm, 84,3 % branik pa je ožjih od 0,5 mm. Branik širših od 1 mm je le 2,6 %. Drseči populacijski signal za kronologijo ostankov je presegel vrednost 0,85 v letu 1949.



Slika 14: Osnovna (a) in kronologija ostankov (b) z globino vzorca (c) za kronologijo Klopnovrških barij. Črtnana črta predstavlja mesto kronologije, kjer drseči populacijski signal preseže vrednost 0,85.

Figure 14: Raw (a) and residual chronology (b) with sample depth (c) for chronology of peat bog Klopnovrška barja. The dashed line represents the point on the chronology where EPS value exceeds 0.85.

Kronologija Klopnovrških barj (slika 14) je dolga 224 let (1789 - 2012). Povprečni t_{BP} kronologije znaša 6,0 (minimalni 4,1, maksimalni 10,6), povprečni $GLK\%$ 68,5 (minimalni 56,0 in maksimalni 85,0). V kronologijo je vključenih 61 dreves, ki imajo skupaj 6 manjkajočih branik. Povprečna vrednost širin branik je 0,422 mm, standardni odklon pa 0,206. Najožja branika meri 0,03 mm, najširša pa 4,52 mm. Branik ožjih od 0,1 mm je 4,8 %, ožjih od 0,5 mm je 54,7 %, širših od 1 mm pa 8,7 %. Uporaben del kronologije ostankov ($EPS > 0,85$) za primerjavo s podnebnimi dejavniki je od leta 1919 (93 let).

5.6.4 Ujemanje kronologij

Vse kronologije na Klopnovrških barjih se med seboj ujemajo (preglednica 26). Med seboj sta si najbolj skladni ploskvi KV4 in KV5, najmanj pa KV2 in KV3. S kronologijo referenčne ploskve KV6 se najbolj ujema ploskev KV5, najmanj pa ploskev KV2. Pri tej povezavi imamo tudi najnižji koeficient $GLK\%$ (58,3). S skupno barjansko kronologijo se najboljše ujema ploskev KV4, najmanjše pa je ujemanje z referenčno ploskvijo KV6.

Preglednica 26: Primerjava koeficientov t_{BP} (zgornji desni del preglednice) in $GLK\%$ (spodnji levi del preglednice) med kronologijami ploskev na Klopnovrških barjih

Table 26: Comparison of t_{BP} (upper triangular of matrix) and $GLK\%$ (lower triangular of matrix) coefficients between site chronologies on peat bog Klopnovrška barja

$GLK\% \setminus t_{BP}$	KV1	KV2	KV3	KV4	KV5	KV6	KV
KV1	*	5,7	4,6	6,4	5,1	5,7	14,1
KV2	70,4 ###	*	4,2	5,6	4,4	4,1	8,0
KV3	64,2 ###	68,3 ###	*	5,2	5,8	5,6	7,7
KV4	62,6 ##	63,4 ##	65,5 ###	*	8,4	5,9	16,6
KV5	64,0 ###	62,1 ##	68,5 ###	74,4 ###	*	6,8	9,4
KV6	63,7 ###	58,3 #	68,1 ###	61,3 ##	66,7 ###	*	7,5
KV	78,1 ###	71,3 ###	75,6 ###	80,3 ###	86,6 ###	67,0 ###	*

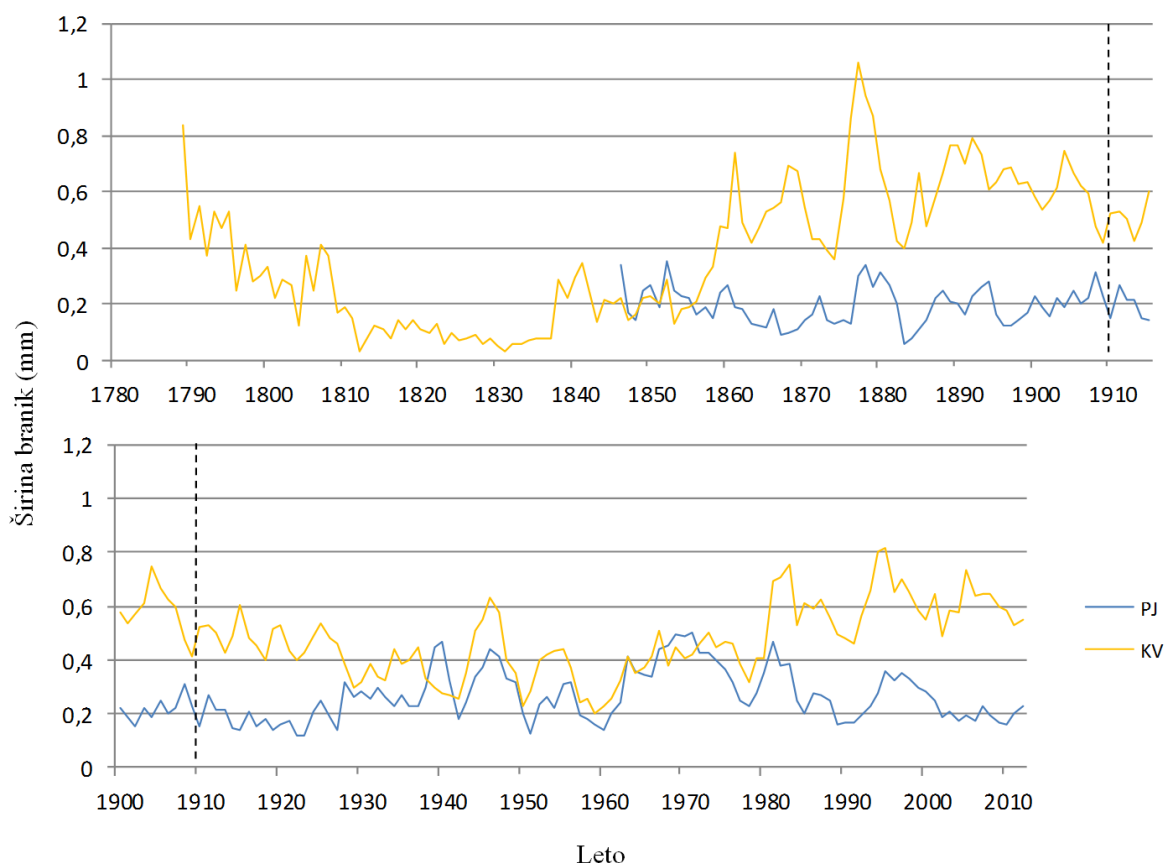
Med kronologijami na barju Petinove jame je opazno slabše ujemanje (preglednica 27). Med barjanskimi kronologijami se najboljše ujemata kronologiji PJ4 in PJ2, značilno pa je še ujemanje med PJ1 in PJ2 ter med PJ3 in PJ4. Najmanj skladni sta ploskvi PJ2 in PJ5. Z referenčno ploskvijo PJ5 se statistično značilno ne ujema nobena barjanska ploskev, še največje je ujemanje s ploskvijo PJ4. Tudi skupna barjanska kronologija (PJ) se ne ujema z referenčno ploskvijo. Vse barjanske ploskve se s skupno barjansko ploskvijo (PJ) ujemajo, zelo je velika skladnost s ploskvama PJ2 in PJ4, manjša pa s ploskvama PJ1 in PJ3, še vedno pa je značilna.

Preglednica 27: Primerjava koeficientov t_{BP} (zgornji desni del preglednice) in $GLK\%$ (spodnji levi del preglednice) med kronologijami ploskev na barju Petinove jame

Table 27: Comparison of t_{BP} (upper triangular of matrix) and $GLK\%$ (lower triangular of matrix) coefficients between site chronologies on peat bog Petinove jame

$GLK\% \setminus t_{BP}$	PJ1	PJ2	PJ3	PJ4	PJ5	PJ
PJ1	*	4,6	2,8	2,4	2,7	4,0
PJ2	58,8 #	*	1,9	5,9	1,8	12,6
PJ3	68,6 ###	63,6 #	*	3,9	2,3	3,7
PJ4	53,8	60,5 ##	71,4 ###	*	3,3	27,4
PJ5	58,2 #	55,8	57,1	57,5 #	*	3,3
PJ	60,4 ##	79,3 ###	77,1 ###	81,1 ###	54,2	*

Kronologiji za barje Petinove jame in Klopnovrška barja sta predstavljeni na sliki 15. Statistično značilno ujemanje med tema kronologijama je predvsem za zadnjih 84 let (1928-2012), ko znaša t_{BP} 5,2, $GLK\%$ pa 67,6 ###. V obdobju med letoma 1928 in 1980 so širine branik na obeh kronologijah precej podobne, pred in po tem obdobju pa so širine branik na Klopnovrških barjih večje kot na barju Petinove jame.



Slika 15: Osnovni kronologiji za Klopnovrška barja (KV) in barje Petinove jame (PJ). Navpični črtkani črti predstavljata mesto nadaljevanja kronologije.

Figure 15: Raw chronologies for peat bog Klopnovrška barja (KV) and peat bog Petinove jame (PJ). Vertical dashed lines show connections between parts of the figure.

5.6.5 Značilna leta

Značilno leto je tisto, v katerem se večina dreves odzove s povečanjem ali zmanjšanjem širine branike glede na preteklo leto. Leto, ko se večina dreves odzove s povečanim prirastkom, imenujemo pozitivno značilno leto, kadar se večina dreves odzove z zmanjšanjem prirastka pa negativno značilno leto. Ker na barjih prevladujejo ostre rastiščne razmere, poleg uveljavljene meje (enake reakcije 80 % dreves), prikazujemo še značilna leta, ko se je enako odzvalo med 75 % in 80 % dreves.

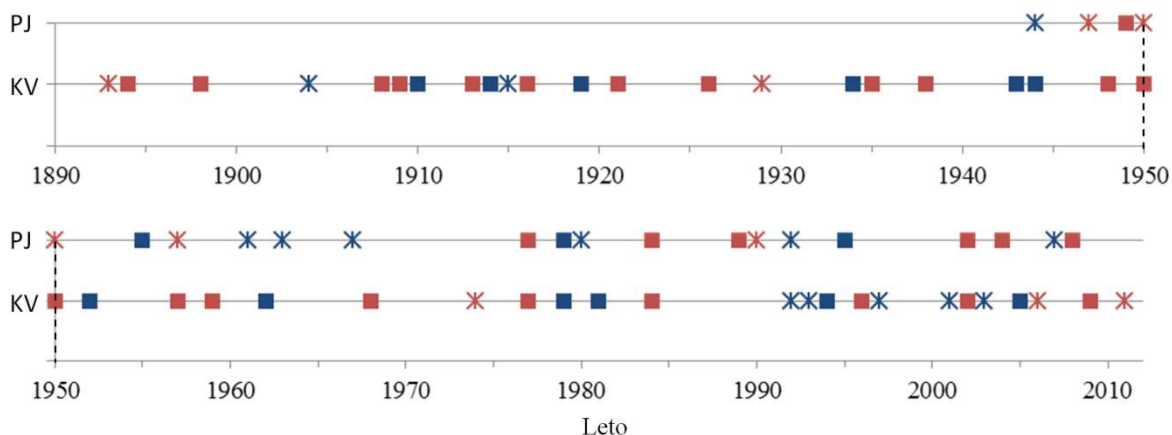
Za ugotavljanje značilnih let smo uporabili del kronologije, ki je imel globino vzorca vsaj 13 dreves. V kronologiji PJ je to od leta 1942 naprej, v kronologiji KV pa po letu 1893.

Več značilnih let smo ugotovili za kronologijo Klopnovrških barj (preglednica 28), na kateri prevladujejo značilna leta, ko se je negativno odzvalo več kot 80 % dreves. Kronologija barja Petinove jame je imela 21 značilnih let.

Preglednica 28: Število značilnih let za Klopnovrška barja (KV) in barje Petinove jame (PJ)

Table 28: Number of pointer years for peat bog Klopnovrška barja (KV) and peat bog Petinove jame (PJ)

Značilno leto	PJ	KV
Pozitivno, > 80 %	3	12
Pozitivno, > 75 %	7	7
Negativno, > 80 %	7	16
Negativno, > 75 %	4	5



Slika 16: Značilna leta za kronologiji PJ in KV. Z modro barvo so označena pozitivna, z rdečo pa negativna značilna leta. Kvadratici predstavljajo leta, ko se je enako odzvalo več kot 80 % dreves, križci pa leta, ko se je enako odzvalo vsaj 75 % dreves. Navpični črtkani črti predstavljata mesto nadaljevanja kronologije.

Figure 16: Pointer years for chronologies PJ and KV. Blue colour represents positive pointer year and red colour negative. Squares represents years, when more than 80 % of trees respond in the same way and crosses years, when more than 75 % of trees respond in the same way. Vertical dashed lines show connections between parts of the figure.

Skupna pozitivna leta obeh kronologij so 1944, 1979 in 1992, skupna negativna leta pa 1950, 1957 in 1977 (slika 16).

5.7 ANALIZA ODVISNOSTI ŠIRINE BRANIKE OD PODNEBNIH DEJAVNIKOV

5.7.1 Izbor meteorološke postaje

Za primerjavo podnebnih dejavnikov na debelinsko rast dreves potrebujemo kakovostne meteorološke podatke iz okolice raziskovalnih objektov. Najvišjo povezanost podatkov iz Rogle smo zasledili pri postaji Maribor (preglednica 29), le malo manjšo korelacijo pa pri meteorološki postaji Celje. Ker za meteorološko postajo Maribor nimamo strnjene niza podatkov, za meteorološko postajo Celje pa v nizu meritev ni manjkajočih podatkov, smo se odločili, da bomo za ugotavljanje odvisnosti širin branik od podnebnih dejavnikov uporabili podatke meteorološke postaje Celje.

Preglednica 29: Korelacijski koeficienti za mesečne padavine in povprečne mesečne temperature med meteorološko postajo Rogla in postajami v širši okolici raziskovalnih objektov

Table 29: Correlation coefficients for monthly precipitation and monthly mean temperatures between meteorological station Rogla and stations in wider surrounding area

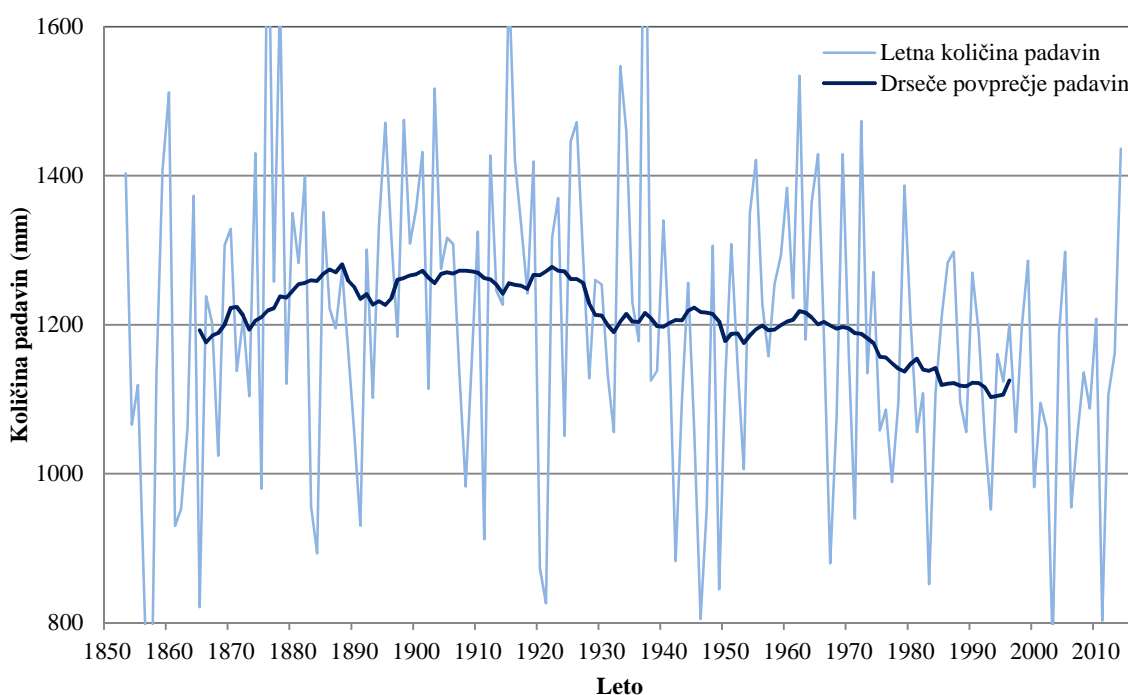
Meteorološka postaja	$r_{padavine}$	$r_{temperatura}$
Celje	0,84	0,98
Maribor	0,85	0,98
Ljubljana	0,71	0,98
Lonč (AUT)	0,82	ni podatkov
Železna Kapla (AUT)	0,80	ni podatkov
Gradec (AUT)	0,78	0,97

5.7.2 Spremembe podnebnih spremenljivk v času

V dolgih časovnih obdobjih se je podnebje na Zemlji nenehno spreminjalo. Hitro spreminjanje podnebja je opazno tudi v zadnjih časih. Ker podnebni dejavniki vplivajo na rast dreves na pohorskih barjih, smo želeli preveriti, kako se je v času meritev meteoroloških podatkov spreminjala povprečna letna temperatura in kako letna količina padavin.

Za prikaz spreminjanja meteoroloških kazalcev smo uporabili podatke iz meteorološke postaje Celje. Za to postajo smo pridobili podatke o mesečni količini padavin od leta 1853 do 2014 in podatke o povprečni mesečni temperaturi od leta 1851 do 2014 (HISTALP, 2012; ARSO, 2015).

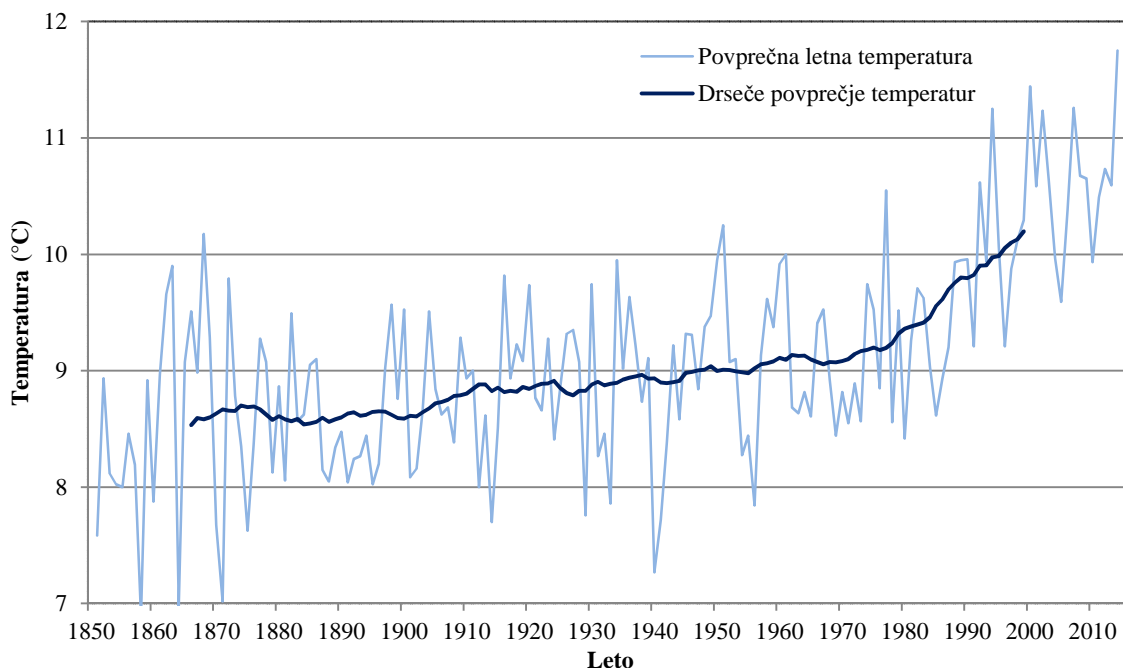
Za podatke smo izračunali povprečje v 31-letnem časovnem oknu in ga pomikali za eno leto po celotnem obdobju merjenih podatkov. Ugotovili smo, da najprej povprečje letne količine padavin narašča od 1200 mm do 1270 mm, po letu 1920 pa postopno upada do vrednosti 1100 mm (slika 17).



Slika 17: Prikaz letne količine padavin in drsečega povprečja padavin za meteorološko postajo Celje

Figure 17: Total annual precipitation and moving average of precipitation for meteorological station Celje

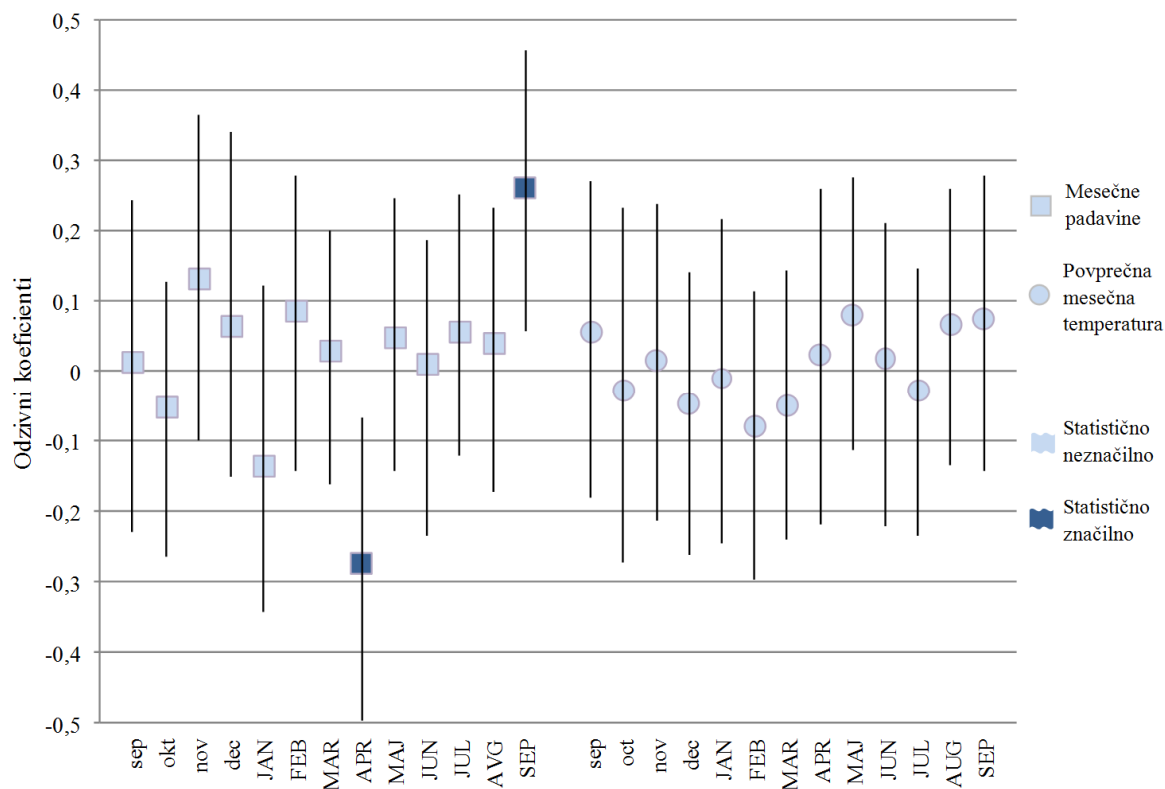
Povprečna letna temperatura ves čas narašča (slika 18). Najprej je njena rast počasna, saj se je njeno 31-letno povprečje v 110 letih (1866–1976) dvignilo za 0,7 °C. V zadnjih 38 letih (1976–2014) narašča hitro, njeno povprečje je v tem obdobju večje za kar 1,0 °C.



Slika 18: Prikaz povprečne letne temperature in drsečega povprečja temperatur za meteorološko postajo Celje
Figure 18: Mean annual temperature and moving average of temperatures for meteorological station Celje

5.7.3 Dendroklimatološka analiza na barju Petinove jame

Za ugotavljanje povezanosti med povprečnimi mesečnimi temperaturami in mesečnimi padavinami s širino branik smo uporabili kronologijo ostankov barja Petinove jame. Z analizo odzivnih funkcij (slika 19) smo izračunali statistično značilni negativni odzivni koeficient za padavine v aprilu in statistično značilni pozitivni odzivni koeficient za padavine v septembru.



Slika 19: Odzivni koeficienti med mesečnimi padavinami, povprečno mesečno temperaturo in kronologijo ostankov na barju Petinove jame

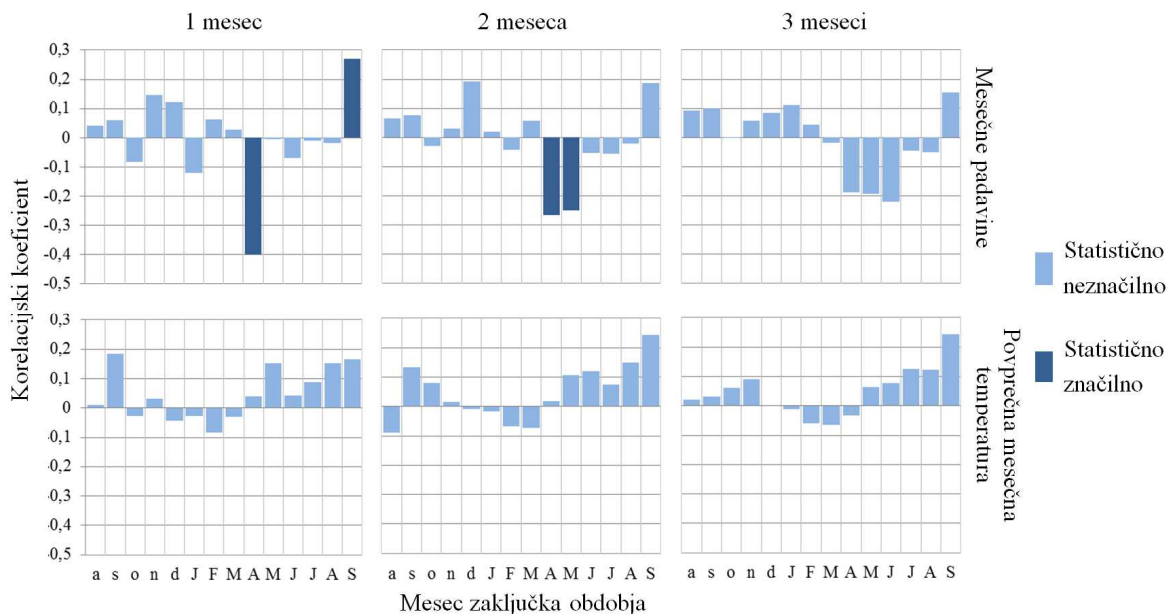
Figure 19: Response coefficients between monthly precipitation, average monthly temperature and residual chronology on peat bog Petinove jame

Podobne rezultate kot pri uporabi odzivnih funkcij smo dobili tudi pri izračunu korelacije za primarno in sekundarno podnebno spremenljivko (slika 20). Pri tem smo kot primarno spremenljivko uporabili mesečne padavine, kot sekundarno spremenljivko pa povprečne mesečne temperature. Ugotovili smo značilno pozitivno korelacijo za padavine v septembru in značilno negativno korelacijo za padavine v aprilu ter v obdobju marec–april in april–maj.

Za značilne korelacijske koeficiente smo z metodo drsečih sredin preizkusili njihovo časovno stabilnost. Pri tem izračunu smo uporabili okno 31 let.

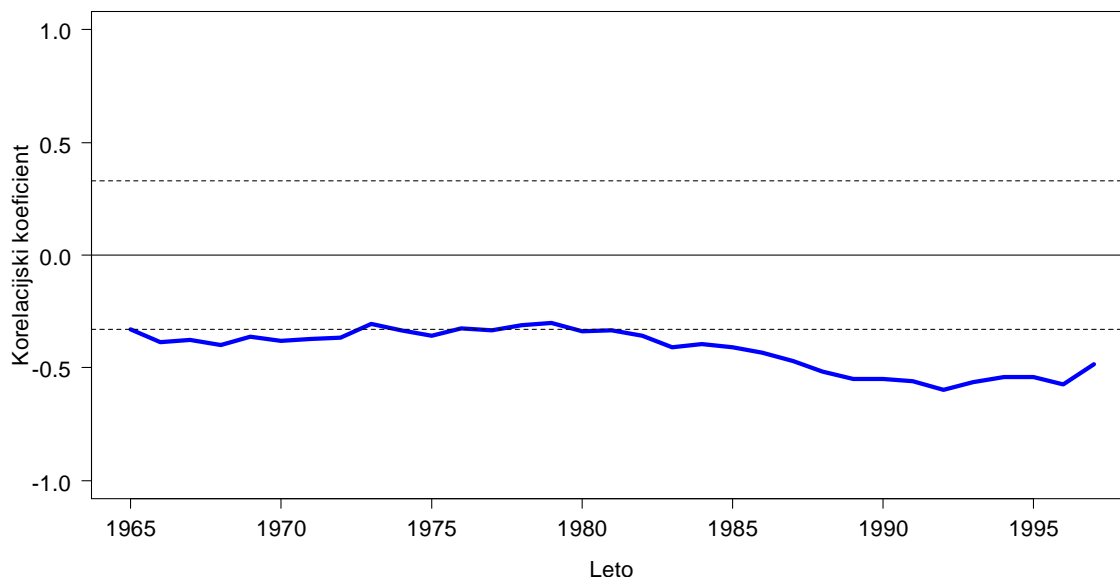
Časovno najstabilnejšo korelacijo smo ugotovili za negativen vpliv aprilskih padavin (slika 21). Ta je večino analiziranega obdobja pod 5 % mejo zaupanja, ki znaša 0,33. Pri aprilskih padavinah se kaže trend vedno bolj negativnega vpliva na rast dreves. Pri združenih podatkih za padavine v obdobju marec–april (slika 23) in april–maj dobimo slabšo časovno stabilnost korelacije kot pri padavinah v aprilu.

Graf časovne stabilnosti za septembrske padavine kaže (slika 22), da le-te pozitivno vplivajo na rast. Vrednosti korelacije so sicer večino časa pod mejo zaupanja, kaže pa se trend vedno bolj značilnega vpliva na rast dreves.



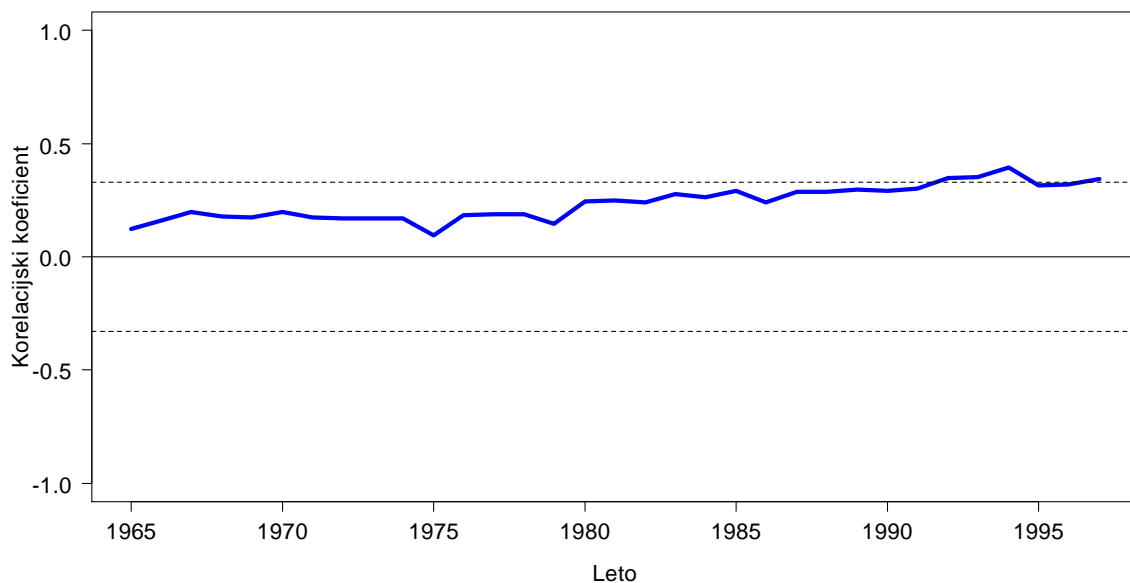
Slika 20: Korelacijski koeficienti med mesečnimi padavinami (primarna podnebna spremenljivka), povprečno mesečno temperaturo (sekundarna podnebna spremenljivka) in kronologijo ostankov za eno-, dvo- in trimesečno obdobje na barju Petinove jame

Figure 20: Correlation coefficients between monthly precipitation (primary climate variable), average monthly temperature (secondary climate variable) and residual chronology for 1-, 2- and 3-months period on peat bog Petinove jame



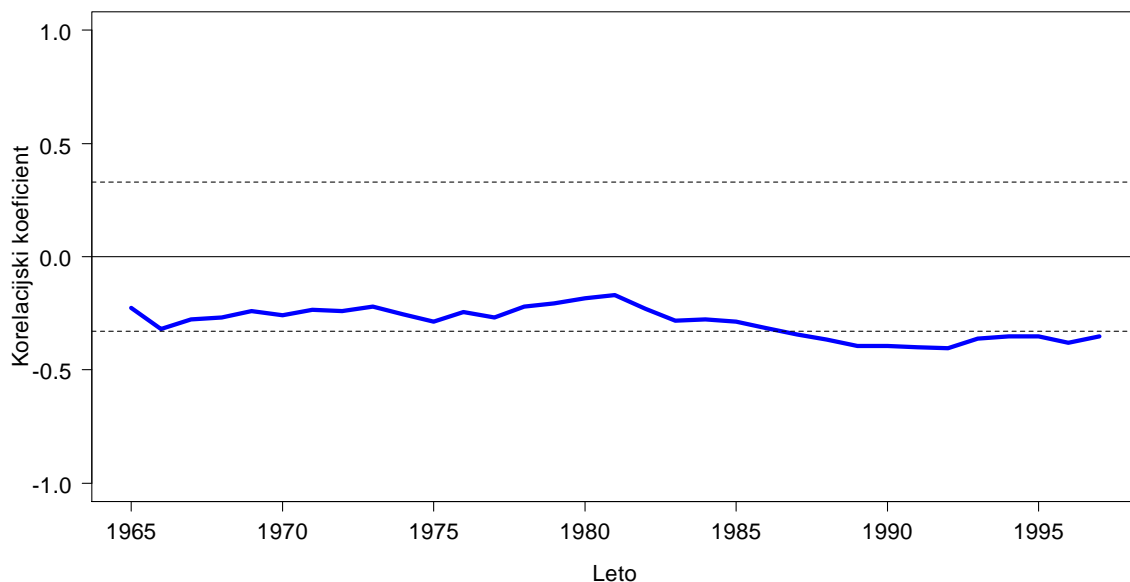
Slika 21: Časovna stabilnost korelacije med aprilskimi padavinami in kronologijo ostankov za barje Petinove jame. Črtkani črti predstavljata 95 % interval zaupanja korelacijskega koeficienta.

Figure 21: Temporal stability of the correlation between April precipitation and residual chronology for peat bog Petinove jame. Dashed lines depicts 95 % confidence interval of the correlation coefficient.



Slika 22: Časovna stabilnost korelacije med septembrskimi padavinami in kronologijo ostankov za barje Petinove jame. Črtkani črti predstavljata 95 % interval zaupanja korelacijskega koeficienta.

Figure 22: Temporal stability of the correlation between September precipitation and residual chronology for peat bog Petinove jame. Dashed lines depicts 95 % confidence interval of the correlation coefficient.

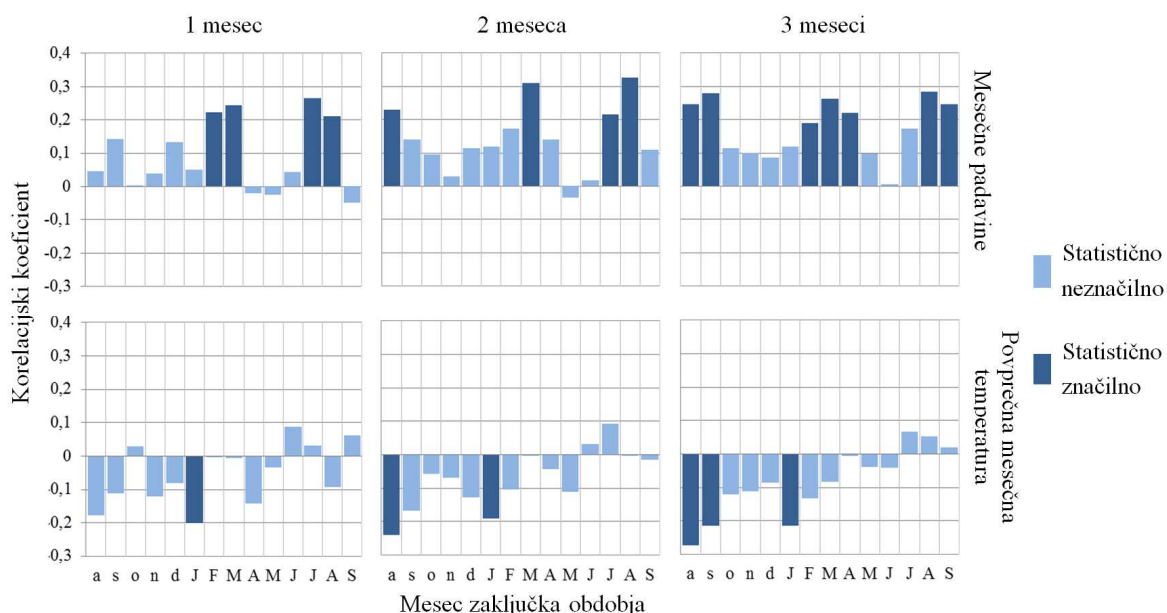


Slika 23: Časovna stabilnost korelacije med padavinami za obdobje marec–april ter kronologijo ostankov za barje Petinove jame. Črtkani črti predstavljata 95 % interval zaupanja korelacijskega koeficienta.

Figure 23: Temporal stability of the correlation between March–April precipitation and residual chronology for peat bog Petinove jame. Dashed lines depicts 95 % confidence interval of the correlation coefficient.

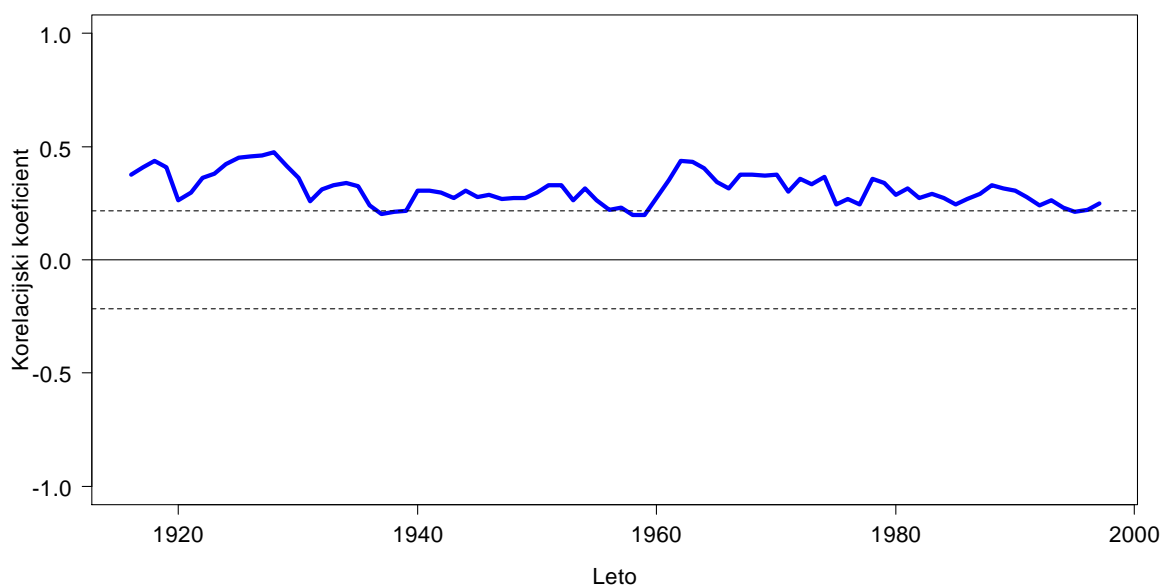
Preverili smo tudi, kako podnebni dejavniki vplivajo na rast dreves na referenčni ploskvi (slika 24). Pri izračunu korelacije za primarno (mesečne padavine) in sekundarno spremenljivko (povprečna mesečna temperatura) smo ugotovili, da je bila za obdobje enega meseca najmočnejša pozitivna povezanost z julijskim padavinami. Za obdobje dveh mesecev je bila najmočnejša korelacija s padavinami julij–avgust, v trimesečnem obdobju pa s padavinami junij–avgust.

Za vse značilne korelacije smo z metodo drsečih sredin preizkusili njihovo časovno stabilnost. Ugotovili smo, da je časovno najstabilnejša pozitivna korelacija s padavinami februar-marec (slika 25), ki večino časa poteka nad mejo zaupanja. Ostale korelacije so časovno nestabilne.



Slika 24: Korelacijski koeficienti med mesečnimi padavinami (primarna podnebna spremenljivka), povprečno mesečno temperaturo (sekundarna podnebna spremenljivka) in kronologijo ostankov za eno-, dvo- in trimesečno obdobje na referenčni ploskvi ob barju Petinove jame

Figure 24: Correlation coefficients between monthly precipitation (primary climate variable), average monthly temperature (secondary climate variable) and residual chronology for 1-, 2- and 3-months period on reference plot near peat bog Petinove jame



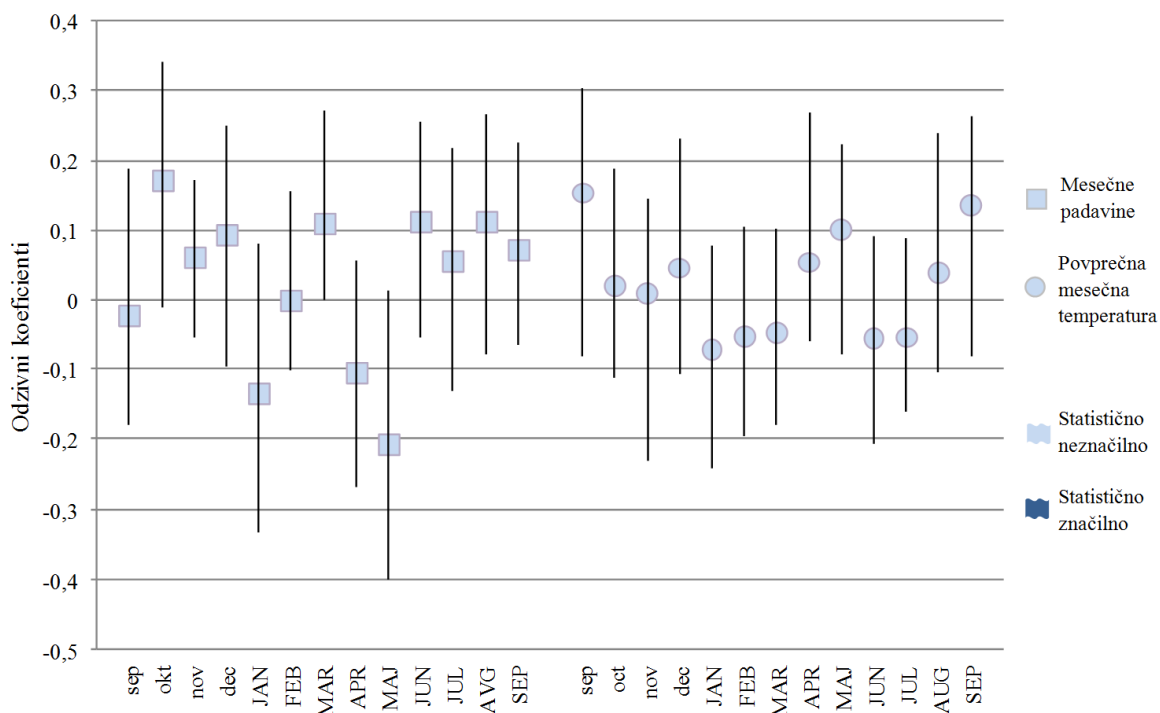
Slika 25: Časovna stabilnost korelacije med skupnimi padavinami za februar–marec ter kronologijo ostankov za referenčno ploskev ob barju Petinove jame. Črtkani črti predstavljata 95 % interval zaupanja korelacijskega koeficienta.

Figure 25: Temporal stability of the correlation between common February–March precipitation and residual chronology for reference plot near peat bog Petinove jame. Dashed lines depicts 95 % confidence interval of the correlation coefficient.

5.7.4 Dendroklimatološka analiza na Klopnovrških barjih

Tudi na Klopnovrških barjih smo za ugotavljanje vpliva podnebnih dejavnikov na rast dreves uporabili kronologijo ostankov Klopnovrških barij. Z analizo odzivnih funkcij (slika 26) nismo ugotovili značilnih odzivnih koeficientov.

Pri izračunu korelacije med primarno (skupne mesečne padavine) in sekundarno (povprečna mesečna temperatura) podnebno spremenljivko (slika 27) smo ugotovili statistično značilno negativno korelacijo s padavinami v maju in s padavinami za obdobje april–maj. Statistično značilna je pozitivna korelacija s temperaturami v septembru predhodnega leta in v obdobjih avgust–september ter avgust–oktober preteklega leta. Statistično značilna je tudi pozitivna povezava med temperaturo tekočega leta v obdobjih avgust–september, julij–september, junij–september, maj–september in april–september.



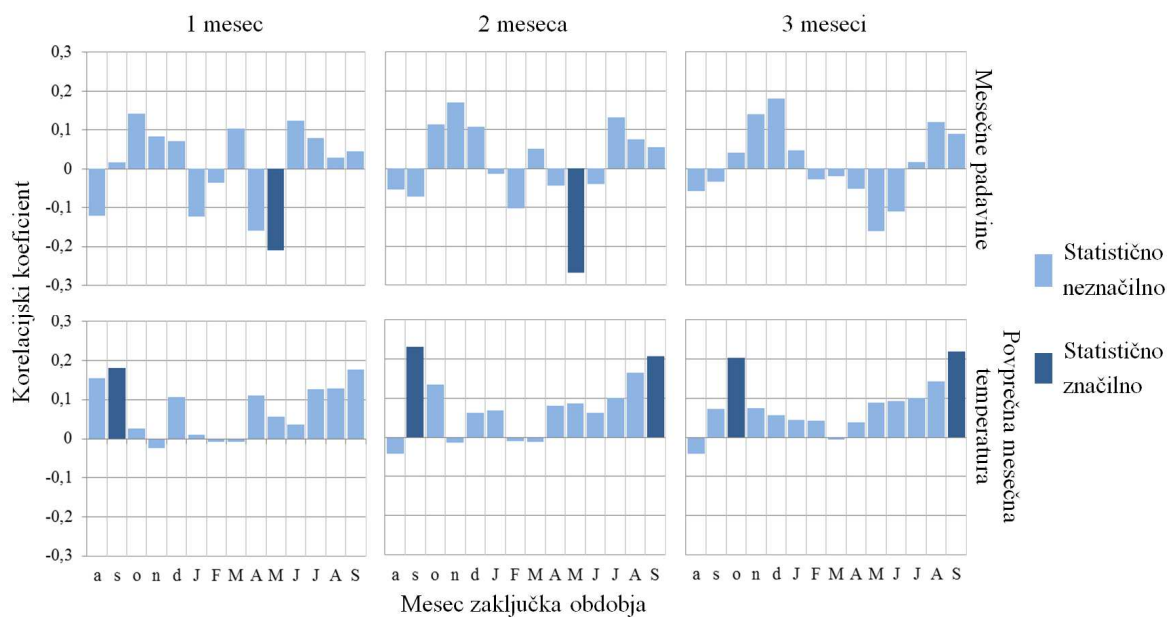
Slika 26: Odzivni koeficienti med mesečnimi padavinami, povprečno mesečno temperaturo in kronologijo ostankov na Klopnovrških barjih

Figure 26: Response coefficients between monthly precipitation, average monthly temperature and residual chronology on peat bog Klopnovrška barja

Časovno najstabilnejšo korelacijo smo ugotovili za negativen vpliv padavin v obdobju april–maj (slika 28), ki pa ni ves čas statistično značilna. Manj značilna je za obdobje med letoma 1960–1980, ko je večino časa nad 5 % mejo zaupanja, ki znaša 0,24.

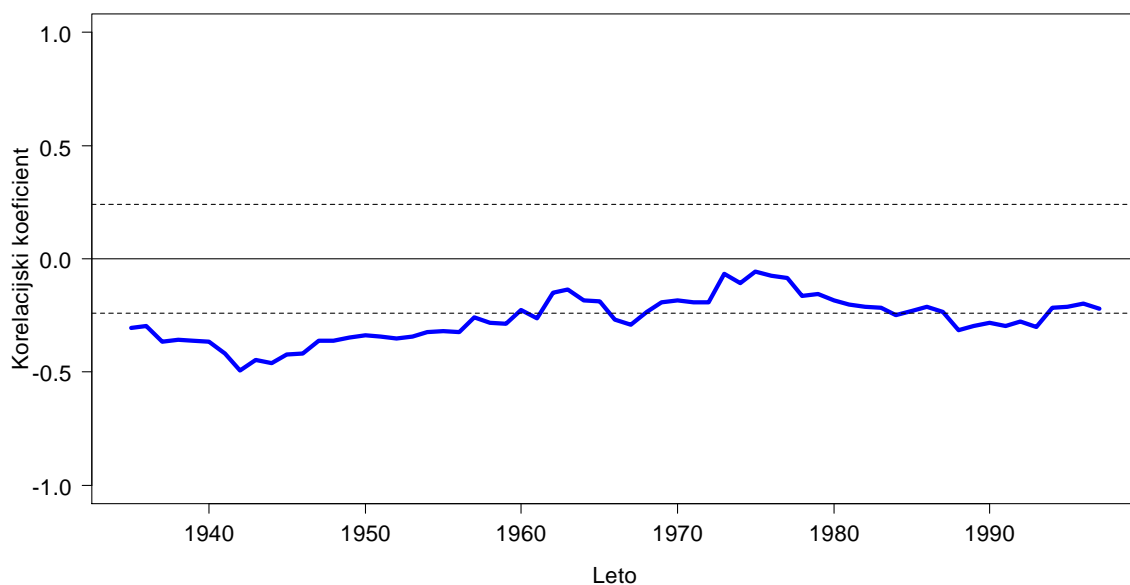
Povprečne temperature za obdobje april–september kažejo pozitiven vpliv na rast, ki pa je razmeroma nestabilen (slika 29). Podobno se kaže tudi za dvomesečno povprečje temperatur avgust–september.

Z metodo drsečih sredin smo preverili tudi korelacijo pozitivnega vpliva temperatur na rast dreves v obdobjih september, avgust–september in avgust–oktober v preteklem letu. Za nobeno časovno obdobje nismo odkrili stabilne korelacije.



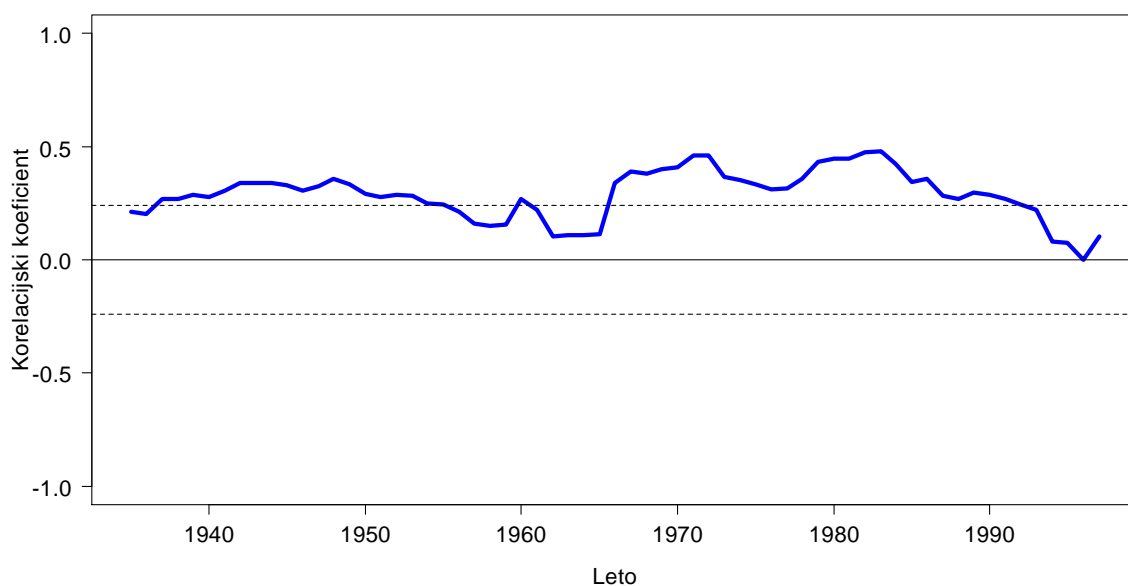
Slika 27: Korelacijski koeficienti med mesečnimi padavinami (primarna podnebna spremenljivka), povprečno mesečno temperaturo (sekundarna podnebna spremenljivka) in kronologijo ostankov za eno-, dvo- in trimesečno obdobje na Klopnovrških barjih

Figure 27: Correlation coefficients between monthly precipitation (primary climate variable), average monthly temperature (secondary climate variable) and residual chronology for 1-, 2- and 3-months period on peat bog Klopnovrška barja



Slika 28: Časovna stabilnost korelacije med skupnimi padavinami za april–maj ter kronologijo ostankov za Klopnovrška barja. Črtkani črti predstavljata 95 % interval zaupanja korelacijskega koeficienta.

Figure 28: Temporal stability of the correlation between common April–May precipitation and residual chronology for peat bog Klopnovrška barja. Dashed lines depicts 95 % confidence interval of the correlation coefficient.

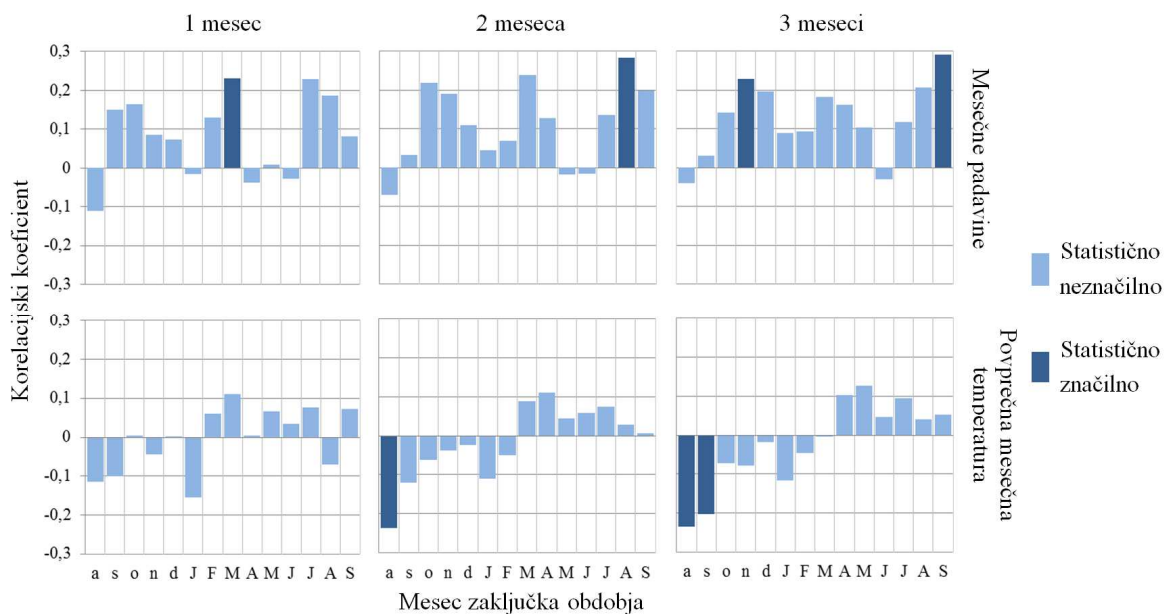


Slika 29: Časovna stabilnost korelacije med povprečno temperaturo za obdobje april–september ter kronologijo ostankov za Klopnovrška barja. Črtkani črti predstavljata 95 % interval zaupanja korelacijskega koeficienta.

Figure 29: Temporal stability of the correlation between April–September mean temperature and residual chronology for peat bog Klopnovrška barja. Dashed lines depicts 95 % confidence interval of the correlation coefficient.

Preverili smo tudi vpliv podnebnih dejavnikov na rast dreves na referenčni ploskvi (slika 30). Pri izračunu korelacije za primarno (mesečne padavine) in sekundarno spremenljivko (povprečna mesečna temperatura) smo ugotovili pozitivno korelacijo s padavinami v marcu, s padavinami v obdobju julij–avgust in julij–september ter s padavinami v predhodnem letu (september–november). Negativno korelacijo smo ugotovili s temperaturami v predhodnem letu (julij–avgust, julij–september).

Za vse značilne korelacije smo z metodo drsečih sredin preizkusili njihovo časovno stabilnost. Ugotovili smo, da je časovno najstabilnejša pozitivna korelacija z marčevskimi padavinami, ki pa ni ves čas nad mejo zaupanja. Ostale korelacije so časovno nestabilne.



Slika 30: Korelacijski koeficienti med mesečnimi padavinami (primarna podnebna spremenljivka), povprečno mesečno temperaturo (sekundarna podnebna spremenljivka) in kronologijo ostankov za eno-, dvo- in trimesečno obdobje na referenčni ploskvi ob Klopnovrških barjih

Figure 30: Correlation coefficients between monthly precipitation (primary climate variable), average monthly temperature (secondary climate variable) and residual chronology for 1-, 2- and 3-months period on reference plot near peat bog Klopnovrška barja

6 RAZPRAVA

Barja so kompleksen ekosistem, na katerega ima najpomembnejši vpliv talna voda (Kutnar, 2000; Linderholm, 2001; Freléhoux in sod., 2004; Cedro in Lamentowicz, 2011), kar pomembno oblikuje zgradbo sestojev in rast dreves na barjih (Hökkä in sod., 2012). Količina talne vode je odvisna od podnebnih razmer (Edvardsson in Hansson, 2015) in antropogenih dejavnikov (Freléhoux in sod., 2003; Sarkkola in sod., 2004). Skozi daljše časovno obdobje se na barjih nenehno dogajajo spremembe. Dober pokazatelj hidroloških, okoljskih in podnebnih sprememb so drevesa, ki rastejo na barjih (Edvardsson in sod., 2016).

6.1 STRUKTURA SESTOJEV

Zaradi velike količine vode v tleh se na barjih oblikuje struktura sestojev, ki se značilno razlikuje od sestojev na avtomorfnih tleh v bližini barja (Kutnar, 2000; Kegljevič, 2012). Z našo raziskavo smo potrdili opažanja raziskovalcev (Božič in Levanič, 1998; Kutnar, 2000; Jan, 2006), da drevesa na barjih dosegajo manjše dimenzije kot drevesa na avtomorfnih tleh v bližini barij.

Na referenčnih ploskvah smo ugotovili nižjo gostoto dreves, višjo temeljnico in lesno zalogo ter večjo utesnjenost krošenj kot na barjanskih ploskvah. Razlika je tudi v višinski strukturiranosti dreves. Na referenčnih ploskvah prevladujejo drevesa zgornje sestojne plasti, medtem ko na barjanskih ploskvah drevesa srednje in spodnje sestojne plasti.

Na referenčni ploskvi ob barju Petinove jame so krošnje bolj kakovostne (relativno večje) kot krošnje na barjanskih ploskvah. Na Klopnovrških barjih je nasprotno – kakovostnejše so krošnje na barjanskih ploskvah v primerjavi z referenčno ploskvijo. Razlog za takšno stanje na barju Petinove jame je njihov bolj ombrotrofni značaj, posledično so tu smreke krnjave z majhnimi in nesimetričnimi krošnjami (Kutnar, 2000). Na Klopnovrških barjih so rastiščne razmere ugodnejše, zato tu smreke razvijejo večje, bolj simetrične krošnje in imajo pogosto več ravnega prostora kot drevesa v bližnjem gozdu na avtomorfnih tleh.

Tudi povprečne višine, povprečne starosti in povprečni prsni premeri so na barjih manjši v primerjavi z referenčnima ploskvama. Na barju Petinove jame je povprečni prsni premer 11-krat manjši, na Klopnovrških barjih pa 5-krat manjši v primerjavi z referenčnima ploskvama. Še večje so razlike pri povprečnih višinah. Te so na barju Petinove jame 22-krat nižje, na Klopnovrških barjih pa 7,6-krat nižje kot na referenčnih ploskvah. Razlike pri povprečnih starostih so manjše. Na barju Petinove jame smo ugotovili 3,6-krat nižje povprečne starosti, na Klopnovrških barjih pa 2,4-krat nižje v primerjavi z referenčnima ploskvama. Drugače je pri maksimalni starosti dreves, saj je bilo najstarejše drevo na Klopnovrških barjih 1,4-krat starejše, kot najstarejše drevo na referenčni ploskvi KV6. Takšen rezultat je posledica izbire referenčne ploskve, saj smo dali prednost bližini barja

pred maksimalnimi dimenzijami dreves. Na barju Petinove jame je bilo najstarejše drevo 1,8-krat mlajše v primerjavi z najstarejšim drevesom na referenčni ploskvi. Tudi Božič in Levanič (1998) sta ugotovila, da je starost dreves v gozdu višja, le da je bila razlika nekoliko manjša (1,2-kratna) kot v naši raziskavi.

Za analiziranje povprečnih starosti in maksimalnih starosti v gospodarskem gozdu bi potrebovali več raziskovalnih ploskev, vseeno pa ugotavljamo, da drevesa na prehodnih barjih dosejajo tudi 200 let in več, kar je primerljivo z gospodarskimi gozdovi Pohorja na podobni nadmorski višini. Tudi Kutnar (2000) za poključka barja ni ugotovil značilnih razlik med starostjo dreves na barju in v gozdu.

Kljub visokim starostim so drevesa na barjih manjših dimenzij. Takšen primer je naše najstarejše drevo na Klopnovrških barjih – pri starosti 227 let je bilo visoko 5,55 m in imelo prsni premer 9,0 cm. Na barju Petinove jame je bilo najstarejše drevo staro 180 let, visoko je bilo 2,05 m in imelo prsni premer 2,2 cm. Tudi v nekaterih tujih raziskavah so na šotnih barjih ugotovili starosti blizu 200 let ali več (Linderholm, 2001; Edvardsson in Hansson, 2015; Edvardsson in sod., 2015). Pogosto pa ugotavljajo, da so drevesa na barjih večinoma mlajša, stara do 150 let (Božič in Levanič, 1998; Linderholm in Laine, 2004; Cedro in Lamentowicz, 2011).

Struktura sestojev se ne razlikuje le med ploskvami na barju in referenčnima ploskvama, močno se razlikuje med obema barjema in med ploskvami na posameznem barju. Na Klopnovrških barjih je nižja gostota dreves, višji sta temeljnica in lesna zaloga. Drevesa imajo tudi večje, bolj simetrične in bolj sproščene krošnje kot drevesa na barju Petinove jame. V primerjavi z ostalimi barjanskimi ploskvami je zelo velika lesna zaloga na ploskvi KV5, kar je posledica boljših rastiščnih razmer, saj delno leži v habitatnem tipu barjansko smrekovje, skoznjo pa tudi poteka melioracijski jarek.

Kljub manj ugodnim rastiščnim razmeram na barju Petinove jame je tu gostota dreves večja v primerjavi s Klopnovrškimi barji. Razlog je v velikem številu smrečic do višine 1,3 m. Pri večjih drevesih so gostote višje na Klopnovrških barjih. Natančnega vzroka za veliko število smrek v razredu do 1,3 m višine na barju Petinove jame ne vemo. Opazen je vpliv melioracijskega jarka, saj je gostota najmanjša na ploskvi PJ3, ki je najdlje oddaljena od glavnega jarka. Vendar je tudi na tej ploskvi, kjer so najostrejše rastne razmere, gostota velika v primerjavi s Klopnovrškimi barji. Vpliv na gostoto smrečic ima morda tudi postopen dvig temperature, kot posledica podnebnih sprememb, saj več raziskovalcev (Heijmans in sod., 2013; Edvardsson in sod., 2015) ugotavlja, da podnebne spremembe pospešujejo vznik in rast dreves na barjih, saj prihaja do pogostejših in daljših sušnih obdobij. Sklepamo, da podnebne spremembe na barju Petinove jame omogočajo vznik in rast smrečic, na Klopnovrških barjih pa zaradi rahlo nagnjenega reliefa, voda, ki se izceja iz višjeležečih območij, omejuje vznik dreves kljub dviganju povprečnih temperatur, saj ne

prihaja do tako sušnih razmer. Možen razlog za nižji vznik smrečic na Klopnovrških barjih je tudi gosta ruša modre stožke (*Molinia caerulea* L.), saj Škornikova in Bakan (2011b) ugotavljata, da zaradi kompaktne ruše, ki jo tvori ta rastlina, ne uspevajo ostale manj tekmovalne barjanske vrste.

Drevesa Klopnovrških barij imajo 2,1-krat večji povprečni prsni premer v primerjavi z drevesi barja Petinove jame, razlika med maksimalnim prsnim premerom, ki ga dosegajo, pa je še večja (3,1-kratna). Tudi povprečne višine so na Klopnovrških barjih v primerjavi z barjem Petinove jame višje (3,4-krat). Razlika med maksimalnimi višinami je nekoliko manjša (2,4-kratna).

Minimalna starost dreves na barjih nam pove, v koliko letih so najhitreje rastoča drevesa dosegla meritveni prag 0,5 m. Na Klopnovrških barjih so najhitrejša drevesa to višino dosegla pri starosti 17 let, na barju Petinove jame pa pri starosti 30 let.

Drevesa na Klopnovrških barjih dosegajo nekoliko višjo povprečno starost kot drevesa na barju Petinove jame, vendar je ta starost višja predvsem zaradi ploskve KV5, ki ima zelo ugodne rastiščne razmere, saj skozi poteka melioracijski jarek. Če iz povprečja izznamemo ploskev KV5, opazimo, da so drevesa barja Petinove jame v povprečju celo nekoliko starejša od dreves na Klopnovrških barjih. Maksimalne starosti dreves so nekoliko višje na Klopnovrških barjih. Obema barjema je skupno, da najstarejša drevesa najdemo na ploskvah, ki ležijo blizu melioracijskih jarkov.

Vse te razlike v strukturnih značilnostih sestojev kažejo na ugodnejše rastiščne razmere na Klopnovrških barjih v primerjavi z barjem Petinove jame in potrjujejo bolj oligotrofni značaj barja Petinove jame. Pri večini strukturnih značilnostih smo ugotovili večkratne razlike med barjem Petinove jame in Klopnovrškimi barji, razen pri starosti, kjer so razlike med barji majhne.

Pri naši analizi smo preučevali tudi spreminjanje sestojne strukture in njene variabilnosti glede na oddaljenost od melioracijskih jarkov. Na barju Petinove jame melioracijski jarek sega v notranjost barja, naše štiri raziskovalne ploskve pa so na različni oddaljenosti od tega jarka. Zaradi takšnega razporeda ploskev smo spremembe v strukturi glede na različno oddaljenost od melioracijskega jarka preučevali predvsem na tem barju.

Z oddaljevanjem od melioracijskega jarka se zmanjšujejo gostota dreves, temeljnica, temeljnica koreninskega vratu in lesna zaloga. Pri tem je statistično značilno le zmanjševanje temeljnice koreninskega vratu. Za ostala strukturna znaka (temeljnica in lesna zaloga) Pearsonova korelacija ni pokazala statistične značilnosti, ki smo jo ugotovili z neparametričnim testom, pri katerem smo imeli premajhen vzorec za njegovo zanesljivost.

Pri debelinski strukturi dreves je statistično značilno zmanjševanje prsnih premerov z oddaljenostjo od melioracijskih jarkov, korelacija s koeficientom variacije pa ni statistično značilna. Še nižje vrednosti korelacij dobimo pri preverjanju povezanosti premerov koreninskega vratu in njihove variabilnosti z oddaljevanjem od melioracijskih jarkov. Tudi pri ugotavljanju višinske strukture in njene variabilnosti smo ugotovili podobno – kaže se trend zmanjševanja višin in njihove variabilnosti, vendar povezanost ni statistično značilna.

Tako pri debelinski, kot tudi pri višinski strukturi dreves je iz podatkov razvidno, da se variabilnost z oddaljenostjo od melioracijskega jarka zmanjšuje, vendar to zmanjševanje ni statistično značilno, zato naše hipoteze o manjšanju variabilnosti v debelinski in višinski strukturi z oddaljevanjem od melioracijskega jarka ne moremo potrditi. To je lahko posledica prevelike oddaljenosti ploskve PJ3 od melioracijskega jarka, saj se vpliv melioracijskih jarkov na raven talne vode z razdaljo hitro manjša (Braekke, 1983; Skaggs in sod., 2008). Za zanesljivejšo oceno vpliva melioracijskih jarkov na variabilnost debelinske in višinske strukture bi potrebovali večje število ploskev.

Na šotnih barjih v deželah borealnega pasu ima gozd pomembno gospodarsko vlogo, zato obstaja več raziskav o optimalni razdalji melioracijskih jarkov za uspešno dreniranje površin in izboljšanje rasti dreves. Glede na rastišče avtorji predlagajo različne razdalje med jarki. Braekke (1983) priporoča melioracijske jarke na razdalji od 9–25 m (optimalno 10–12 m), Paavilainen in Päivänen (1995) pa 30 do 50 m, na barjih, ki so blago nagnjena, največ do 70 m. Pri tem isti avtorji navajajo priporočeno globino jarkov je med 70 in 90 cm, kar je primerljivo z jarki na našem obravnavanem območju. Maksimalna razdalja 70 metrov med melioracijskimi jarki pomeni, da je drevo največ 35 metrov oddaljeno od jarka. Tako sklepamo, da imajo melioracijski jarki pomembno vlogo v svoji bližnji okolici (največ do 35 metrov), na večjih razdaljah pa je pomembnejši vpliv rastiščnih dejavnikov.

6.2 ČAS VZNIKA DREVES

Obravnavana barja so v preteklosti hoteli izsušiti, zato so na njih izkopali melioracijske jarke. V naši raziskavi smo želeli preveriti, ali se to odraža tudi na času vznika dreves. Na Klopnovrških barjih sta dve obdobji večjega vznika dreves. Prvo je v letih med 1880 in 1900, drugo pa po letu 1940. Glede na znani čas izkopa jarkov bi pričakovali prvi vrh vznika dreves v obdobju 1860–1879, vendar je množičen odziv v naslednjem obdobju. Za to sta dva možna vzroka. Prvi je v tem, da se drevesa na barju po izvedeni drenaži odzovejo z nekaj letnim zamikom (Dang in Lieffers, 1989; Linderholm, 1999; Linderholm in Leine, 2004), kar se verjetno zgodi tudi pri vzniku dreves. Drugi možni razlog je, da so imeli koluti več manjkajočih branik in je tako ugotovljena starost dreves nekoliko manjša od dejanske.

Na barju Petinove jame je do leta 1920 vzniknilo le malo dreves. Po tem obdobju pa je vzniknilo vedno več dreves, kar se sklada s pričevanjem Mirka Rožiča (Ahej, 2015) o kopanju jarkov na barju Petinove jame.

Na Klopnovrških barjih in na barju Petinove jame lahko opazimo porast v številu vzniklih dreves v letih po izvedenih drenažah, zato sklepamo, da je izkop melioracijskih jarkov vplival na vznik dreves na barjih.

6.3 PRIRAŠČANJE DREVES

V naši raziskavi smo preučevali tudi priraščanje dreves. Ugotovili smo razlike v priraščanju dreves med barjema in med ploskvami znotraj posameznega barja. Pričakovano pa smo največje razlike v priraščanju dreves ugotovili med barjanskimi ploskvami in drevesi na referenčnih ploskvah. Debelinski prirastki so na barju Petinove jame 3,1-krat, na Klopnovrških barjih pa 2,4-krat manjši v primerjavi z referenčnima ploskvama. Večje debelinske prirastke na avtomorfnih tleh v primerjavi s hidromorfnimi tlemi ugotavljajo tudi raziskovalci za poključka barja (Božič in Levanič, 1998), v tujini pa za šotna barja na Švedskem (Linderholm, 2001) in Poljskem (Cedro in Lamentowicz, 2011).

Debelinsko priraščanje je na Klopnovrških barjih večje v primerjavi z barjem Petinove jame, kar smo glede na strukturne razlike sestojev tudi pričakovali. Razlike v debelinskem priraščanju glede na rastiščne razmere (vlažnost tal) so dokazali tudi Hökkä in sod. (2012). Ugotovili so, da bolje priraščajo drevesa na sušnejših predelih barij.

Na Klopnovrških barjih je največji debelinski prirastek na ploskvi KV3 in je primerljiv s prirastkom na ploskvi KV1, ki leži blizu melioracijskega jarka. Najverjetnejši razlog za tako velik prirastek je ugodno mikrorastišče, saj se lahko rastiščne razmere na barjih zelo hitro spreminjajo (Piskernik in Martinčič, 1970). Možen je tudi boljši odziv mlajših dreves na povečevanje temperature zaradi podnebnih sprememb. Socha (2012) namreč ugotavlja, da ima drenaža vpliv na drevesa mlajša od 45 let, na starejša pa ne. Povprečna starost dreves na tej ploskvi je manjša v primerjavi s ploskvama KV1 in KV5.

Na barju Petinove jame je največja razlika med debelinskim priraščanjem dreves na ploskvah 1,7-kratna, na Klopnovrških barjih pa 1,4-kratna. Podobno razliko med debelinskimi prirastki na ploskvah znotraj istega barja sta ugotovila tudi Linderholm in Laine (2004).

Na barju Petinove jame se debelinski prirastki z oddaljevanjem od melioracijskega jarka zmanjšujejo, statistično značilno se z oddaljevanjem zmanjšuje tudi njihova variabilnost. Pomemben vpliv melioracijskih jarkov na debelinsko priraščanje ugotavljajo tudi Linderholm (1999), Freléchoux in sod. (2003) ter Sarkola in sod. (2004), medtem ko

Klempířová in sod. (2013) niso ugotovili vpliva drenažnih jarkov na rast smreke. Sklepajo, da je to posledica velike starosti smrek ob izkopu jarkov.

Pri višinskem priraščanju smo ugotovili podobne zakonitosti kot pri debelinskem priraščanju. Drevesa na barjih slabše priraščajo v primerjavi z drevesi z referenčnih ploskev v gozdu na avtomorfni tleh. Na barju Petinove jame so višinski prirastki 4,2-krat, na Klopnovrških barjih pa 3,1-krat manjši v primerjavi z referenčno ploskvijo.

Glede na strukturne razlike sestojev smo pričakovali, da bo priraščanje na ploskvi KV5, skozi katero poteka melioracijski jarek, večje kot na ploskvi KV1, ki je od jarka odmaknjena 20,6 m. Pa ni tako, saj smo ugotovili, da je višinsko in debelinsko priraščanje večje na ploskvi KV1. Možni razlog za to je v različnem obdobju izkopa melioracijskih jarkov. Glede na povprečno starost dreves (130 let) domnevamo, da je jarek ob ploskvi KV5 nastal ob prvotnem izkopavanju melioracijskih jarkov med letoma 1860 in 1875 (Zgonik, 1972), jarek ob ploskvi KV1 pa v izkopavanjih pred drugo svetovno vojno (Ahej, 2015), saj so tu drevesa v povprečju stara 65 let. To potrjuje tudi kronologija za to ploskev, saj sta vanjo vključeni le dve drevesi, ki sta vzniknili pred letom 1944.

Melioracijske jarke s strani z leti obrašča šota, hkrati pa v njih padajo veje in ostali organski material, zato se v večih letih zamašijo in svojo funkcijo prenehajo opravljati ali pa jo opravljajo le delno. Obidziński in sod. (2009) so ugotovili, da so zaradi nečiščenja jarkov in posledično njihove zamašitve začela drevesa odmirati, barje pa so začele naseljevati ombrotrofne rastline. Na ploskvi KV5 je to možni vzrok za nižji prirastek, saj je melioracijski jarek star že med 135 in 150 let. Mlajši jarek ob ploskvi KV1 ne kaže znakov zamašenosti, zato je priraščanje dreves tu boljše. Manjši prirastek na ploskvi KV5 je delno tudi posledica rastišča, saj del ploskve leži v gorskem barjanskem ruševju.

V naši raziskavi smo si postavili hipotezo, da je višinska rast na pohorskih barjih počasna, in da večina dreves potrebuje več kot 30 let za 1 meter višinske rasti. Z enostranskim *t*-testom smo ugotovili, da lahko za barje Petinove jame našo hipotezo potrdimo, za Klopnovrška barja pa ne. Na barju Petinove jame potrebujejo drevesa za 1 meter višinske rasti povprečno 50 let, na Klopnovrških barjih pa 21,3 leta.

Višinsko priraščanje je odvisno od mikrorastišča (Kegljevič, 2012) in ravni talne vode (Hökkä in Ojansuu, 2004). Prav zaradi različnih rastiščnih razmer, ki so posledica razlik v ravni talne vode, so višinski prirastki na Klopnovrških barjih večji kot na barju Petinove jame. Barje Petinove jame ima bolj ombrotrofni značaj v primerjavi s Klopnovrškimi barji, kljub temu da sta oba uvrščena v habitatni tip Prehodna barja.

6.4 VPLIV NADZEMNE KONKURENCE NA DEBELINSKI IN TEMELJNIČNI PRIRASTEK

Znano je, da konkurenca med drevesi v gozdu vpliva na debelinsko priraščanje dreves (Kotar, 2005; Gašperšič in sod., 2006). O vplivu konkurence na priraščanje dreves na barjih v Sloveniji še ni bilo izdelanih raziskav, zato smo želeli na primeru pohorskih barij preveriti, kako je priraščanje dreves odvisno od njihove utesnjenosti.

Vpliv utesnjenosti na debelinsko in temeljnično priraščanje smo ugotavljali z analizo kovariance. V analizi se je izkazalo, da kovariati dolžina krošnje in maksimalni premer krošnje nimata pomembnega vpliva na priraščanje dreves. Najverjetnejši razlog za to je v veliki variabilnosti krošenj na barju. Tako imajo krnjave smreke večkrat eno vejo, ki je dolga več kot en meter, ostale veje pa morda le 20 ali 30 centimetrov. V takšnem primeru je maksimalni premer krošnje velik, čeprav ima smreka zelo majhno krošnjo. Podobno je tudi pri dolžini krošnje. Včasih kakšna veja raste skoraj pri tleh, potem pa do zgornje tretjine drevesa ni vej. V takšnih primerih (ki jih je na barju veliko) kazalca maksimalni premer krošnje in dolžina krošnje ne odsevata realnega stanja.

Na barju Petinove jame smo ugotovili, da utesnjenost dreves nima vpliva na debelinsko in temeljnično priraščanje, tudi ko smo analizo kovariance izvedli po sestojnih plasteh in razredih kakovosti krošenj. Na Klopnovrških barjih je drugače. Tako kot Hökkä in sod. (2012) smo ugotovili, da utesnjenost dreves vpliva na debelinsko rast dreves na barjih. Značilne razlike smo ugotovili med debelinskim priraščanjem, ko smo kot kovariato uporabili višino dreves in med temeljničnim prirastkom, ko smo kot kovariato uporabili starost dreves. Vpliv starosti kot kovariate na temeljnični prirastek je bil pričakovan, saj se temeljnični prirastek pri enakem debelinskem priraščanju z naraščajočim premerom (ki je povezan s starostjo) povečuje.

Pri preizkušanju obeh kovariat smo ugotovili, da tako starost kot višina dreves vplivata na temeljnični prirastek, ko v analizi upoštevamo drevesa zgornjega in srednjega sloja, ali če v analizi upoštevamo drevesa z veliki krošnjami. Ta dva izbora dreves sta si podobna, saj imajo navadno drevesa zgornjega in srednjega sloja večje krošnje kot drevesa spodnjega sestojnega sloja. Pokazalo se je, da višina (kovariata) močneje vpliva na priraščanje kot starost drevesa (kovariata).

Našo hipotezo, da ima nadzemna konkurenca zanemarljiv vpliv na debelinski in temeljnični prirastek smrek na pohorskih barjih, lahko tako potrdimo za barje Petinove jame, za Klopnovrška barja pa jo moramo zavrnila. Povzamemo lahko, da konkurenca med drevesi nima vpliva na priraščanje dreves na delu prehodnih barij, ki ga poraščajo večinoma nizke krnjave smreke in ima bolj ombrotrofni značaj. Ima pa konkurenca vpliv na priraščanje dreves na oligotrofnih barjih z večjimi in bolj razvitimi smrekami.

6.5 PROSTORSKA RAZMESTITEV DREVES

Analizo razmestitve dreves na barjih smo izvedli, saj je opis vzorca prostorske razmestitve osebkov v določeni rastlinski združbi korak k razumevanju njenega razvoja (Firm, 2006). Prostorska analiza razmestitve dreves je pokazala, da se drevesa na barjih razmeščajo šopasto, na referenčnih ploskvah pa naključno. Pri tem je odstopala ploskev KV5, na kateri je razmestitev dreves naključna. Razlog za to je lega ploskve, saj leži na meji s habitatnim tipom barjansko smrekovje in skozi njo poteka melioracijski jarek. Analiza je pokazala, da se tudi na ploskvah KV3 in KV4 na večjih razdaljah drevesa razmeščajo naključno. Najverjetnejši razlog je v ugodnejših rastiščnih razmerah, ki se na barju spreminjajo na vsakem koraku (Piskernik in Martinčič, 1970).

Ker smo želeli podroben vpogled v razmestitev dreves, smo analizo izvedli tudi po sestojnih plasteh in ugotovili, da se na barju Petinove jame drevesa zgornje (delno tudi srednje) plasti razmeščajo naključno, drevesa spodnje plasti pa šopasto. Takšna razmestitev je nastala, ker so drevesa, ki so prva naselila barja, našla ugodna mikrorastišča, ki so bila naključno razporejena. Tudi Gunnarsson in Rydin (1998) sta ugotovila, da je vzrok za naključno razporeditev rdečih borov na švedskih barjih rezultat ugodnih mikrorastišč. Ugotovila sta, da rdeči bor pogosteje uspeva na sfagnumskih kupčkih in da ima manjše možnosti preživetja v mikrodolinah med kupčki. Ko drevesa naselijo barja, postopno izboljšajo rastiščne razmere, posledično pa se pospeši njihova rast (Frankl in Schmeidl, 2000; Heijmans in sod., 2013). Sklepamo, da so drevesa zgornje plasti na barju Petinove jame ustvarila boljše razmere za uspevanje dreves v svoji bližini in posledično se drevesa nižjih sestojnih plasti pojavljajo šopasto okoli osebkov iz zgornje sestojne plasti. Na barju Petinove jame je bila izjema ploskev PJ3, ki ni kazala zgoraj opisanega vzorca razmestitve, saj nima izrazite zgornje plasti. Drevesa na tej ploskvi dosežajo le 1,3 m višine.

V primerjavi z barjem Petinove jame se na Klopnovrških barjih drevesa srednje sestojne plasti večinoma razmeščajo naključno. Ker so na Klopnovrških barjih rastiščne razmere ugodnejše, je tudi razvrščanje v sestojne plasti bolj izrazito. Najvišjemu drevesu v šopu najpogosteje sledi v rasti le en osebek. Ti osebki so večinoma uvrščeni v srednji sestojni sloj in tako je njihova prostorska razmestitev podobna razmestitvi zgornjega sloja - naključna. Izjema je ploskev KV2, kjer se tudi drevesa srednje plasti razmeščajo šopasto, kar je verjetno posledica nekoliko slabših rastiščnih razmer in manj izrazite višinske strukturiranosti.

V raziskavi smo postavili hipotezo, da se drevesa na pohorskih barjih razmeščajo naključno, kot sta to na švedskih barjih ugotovila Gunnarsson in Rydin (1998). Našo hipotezo smo zavrnil, saj se drevesa večinoma pojavljajo šopasto, naključna rast pa se pojavlja le na delih barij, ki so ugodnejša za rast in na prehodu v barjanski gozd.

6.6 DENDROKRONOLOŠKE ANALIZE

Za izvedbo dendrokronoloških analiz smo analizirali 270 kolotov, pridobljenih z barjanskih ploskev, in 38 izvrtkov z referenčnih ploskev. Težave smo imeli s pogostimi nesklenjenimi in manjkajočimi branikami, saj smo jih ugotovili na kar 61,5 % kolotov. Pri tem je bila največja razlika v številu branik znotraj istega koluta, merjenega v različnih smereh, kar 30 let. Da so težave pri dendrokronoloških analizah na šotnih barjih pogoste, opazajo tudi drugi raziskovalci (Linderholm in sod., 2002; Dauškane in sod., 2011), ki ugotavljajo, da se težave ne pojavljajo le pri medsebojni primerjavi kronologij med drevesi, temveč že znotraj posameznega drevesa. Do težav prihaja zaradi manjkajočih in zelo ozkih branik ter formiranja kompresijskega lesa v različnih smereh znotraj drevesa. Veter, sneg, nestabilna šotna tla, pa tudi etilen v poplavljenih drevesih povzročajo tvorbo reakcijskega lesa (Schweingruber, 2007).

Zaradi nesklenjenih in manjkajočih branik se težave pojavljajo tudi pri primerjavi drevesnih kronologij in izdelavi kronologij za ploskve. V naši analizi je bil delež dreves, ki jih nismo uvrstili v kronologije ploskev, med 37 % in 60 %. Tako velik izpad (58 %) ugotavljata tudi Dauškanova in Elferts (2011) za kronologije rdečega bora na barju v Latviji.

V kronologije smo vključili tudi drevesa, ki so imela manjkajoče branike in smo jim lahko določili mesto izpada branike. Tako imajo na barju Petinove jame vse kronologije ploskev vsaj eno drevo z manjkajočo braniko, na Klopnovrških barjih pa v kronologije za ploskve KV2 - KV4 takšnih dreves nismo vključili.

Najdaljšo kronologijo na barjih smo izdelali za ploskev KV1 (224 let), ki ima zadovoljivo globino vzorca (10 dreves) le za zadnjih 56 let. Povprečna dolžina drevesnih kronologij, ki jo sestavljajo, je 67 let. Najkrajšo kronologijo ima ploskev PJ3 (70 let), pri kateri je povprečna vrednost dolžina drevesnih kronologij 51 let. Za vse kronologije smo dobili zadovoljivo ujemanje dreves, ki je bilo nekoliko boljše za ploskve na Klopnovrških barjih.

Medsebojno se kronologije ploskev dobro ujemajo na Klopnovrških barjih, saj je vrednost t_{BP} povsod večja kot 4, pa tudi vrednosti $GLK\%$ so v večini primerov visoko značilne. S kronologijo referenčne ploskve KV6 se najbolj ujema ploskev KV5, kar je pričakovano, saj ploskev leži na meji s habitatnim tipom barjansko smrekovje in ima nekajkrat višjo lesno zalogo kot ostale ploskve Klopnovrških barij.

Na barju Petinove jame je ujemanje med kronologijami slabše, značilno je za polovico možnih kombinacij med ploskvami. Takšno ujemanje je posledica manj ugodnih rastiščnih razmer in njihovega spreminjanja na zelo kratkih razdaljah.

Na Klopnovrških barjih se vse barjanske ploskve ujemajo z referenčno ploskvijo KV6, z referenčno ploskvijo PJ5 pa se ne ujema nobena ploskev na barju Petinove jame. To je posledica skrajnejših in bolj spremenljivih rastiščnih razmer na barju Petinove jame v primerjavi s Klopnovrškimi barji. Na barju Petinove jame se z referenčno ploskvijo PJ5 še najbolje ujema ploskev PJ4, kar je pričakovano, saj ta ploskev leži ob melioracijskem jarku in ima talna voda manjši vpliv na rast dreves kot na sosednjih barjanskih ploskvah.

Pred izvedbo korelacije s podnebnimi podatki je potrebno preveriti, kakšen je drseči populacijski signal (*EPS*). Uporaben je tisti del kronologije, kjer je *EPS* 0,85 ali vsaj 0,80. V kronologijah naših ploskev smo ugotovili, da je *EPS* nad 0,80 v večini primerov le za zadnjih 30 do 35 let ali pa za vmesno krajše obdobje. *EPS* je bil primeren le za kronologiji KV4 in KV5 ter za kronologijo referenčne ploskve KV6.

Ker bi lahko izvedli korelacijo s podnebnimi podatki na večini ploskev le za kratko obdobje, smo se odločili izdelati dve kronologiji, eno iz dreves na Klopnovrških barjih in drugo iz dreves na barju Petinove jame. Večinoma sta se obe kronologiji dobro ujemale s kronologijami barjanskih ploskev. Najslabše sta se ujemale s kronologijami referenčnih ploskev, kar smo pričakovali zaradi razlik v rastišču. Slabše ujemanje je opazno med kronologijo za barje Petinove jame (PJ) in kronologijo PJ3. Vzrok slabšega ujemanja med kronologijama PJ3 in PJ je verjetno v rastišču, saj je ploskev PJ3 najdlje oddaljena od melioracijskega jarka ter leži ob robu habitatnega tipa barjanske uleknine, na katerem je raven talne vode višji. Tudi strukturne značilnosti sestojta te ploskve kažejo na najslabše rastiščne razmere.

O skrajnosti rastiščnih razmer za smreko priča tudi podatek, da smo v kronologijo barja Petinove jame vključili le 31,7 % vseh analiziranih dreves tega barja. Delež vključenih dreves v kronologijo Klopnovrških barij je bil nekoliko večji (40,7 %) in primerljiv z drugimi raziskavami (Dauškane in Elferts, 2011; Levanič in sod. 2013).

Različne rastiščne razmere med obravnavanima barjema se odražajo tudi na kronologijah. Drevesa kronologije Klopnovrških barij se med seboj bolj ujemajo, branike pa so v povprečju 1,8-krat širše kot na barju Petinove jame. Razlika je tudi v uporabnem delu kronologije ostankov ($EPS > 0,85$) za primerjavo s podnebnimi dejavniki. Na Klopnovrških barjih je uporaben del kronologije od leta 1919, na barju Petinove jame pa od leta 1949.

Kronologiji Klopnovrških barij (KV) in barja Petinove jame (PJ) imata v skupnem obdobju vizualno dobro ujemajoče se gibanje širin branik. Kronologiji se med seboj ujemata ($t_{BP} = 4,2$; $GLK\% = 59,0$ [#]) še posebej zadnjih 84 let (1928–2012), ko znaša t_{BP} 5,2, $GLK\%$ pa 67,6 ^{###}. V primerjavi s kronologijo PJ ima kronologija KV, po začetnem juvenilnem obdobju, značilno širše branike do leta 1929. Po tem letu imata kronologiji podobne širine

branik, od leta 1981 pa so širine branik na Klopnovrških barjih zopet širše. Najverjetnejši razlog za povečanje širin branik po letu 1860 je izkop melioracijskih jarkov, ki so bili izkopani v tistem obdobju (Zgonik, 1972). Po tem letu so širine branik narasle do 1 mm, nato pa postopno upadale do leta 1929. Širine branik so se najverjetneje postopno zmanjševale zaradi nevezdrževanja melioracijskih jarkov (Obidziński in sod., 2009). Na barju Petinove jame so se širine branik povečale po letu 1939, kar je verjetno posledica izkopa melioracijskih jarkov na tem barju (Ahej, 2015). Takrat so na kronologiji PJ širine branik prvič presegle vrednost 0,4 mm. Iz kronologije PJ sklepamo, da so melioracijski jarki pozitivno vplivali na rast v ugodnih letih, saj se prirastki močneje povečajo kot pred njihovim izkopom. Kljub temu v posameznih letih še vedno padejo pod 0,2 mm, kar kaže, da melioracijski jarki ob najbolj neugodnih letih ne prispevajo k boljši rasti dreves. Možni razlog za skupno ujemanje kronologij v tem obdobju je v izboljšanju rastiščnih razmer na barju Petinove jame in hkrati poslabšanje rastiščnih razmer na Klopnovrških barjih zaradi nečiščenja melioracijskih jarkov. Tudi na barju Petinove jame opazamo nižje prirastke dreves po letu 1985, ki jih pripisujemo izgubi funkcionalnosti jarkov.

Po letu 1981 so širine branik na Klopnovrških barjih zopet širše, kljub temu da nismo našli nobenega vira, ki bi navajal, da so na tem območju kopali ali čistili melioracijske jarke. Tudi ljudje, ki so na tem območju delovali (revirni gozdarji in revirni lovci) v tem času, se ne spomnijo, da bi se kopali ali čistili drenažni jarki, zato smo to razlago kot možen vzrok za povečanje širin branik opustili.

Povečanje širin branik na Klopnovrških barjih v zadnjem obdobju je lahko tudi posledica podnebnih sprememb, saj smo ugotovili, da se povprečna letna količina padavin zmanjšuje, povprečna letna temperatura pa narašča. Heijmans in sod. (2013) so ugotovili, da je povečanje povprečne letne temperature za 1 °C dovolj za spremembo vegetacijske strukture barij. Z izboljšanjem rastiščnih razmer se izboljša tudi rast predvsem mlajših dreves. Kronologiji kažeta, da so drevesa na Klopnovrških barjih izkoristila podnebne spremembe, drevesa na barju Petinove jame pa ne. Razlog je lahko v različnem vodnem režimu obeh barij. Barje Petinove jame je nekoliko dvignjeno od okolice, zato segrevanje ozračja povzroča povečano evapotranspiracijo in nastanek sušnih razmer na barju (Heijmans in sod., 2013). Klopnovrška barja pa so rahlo nagnjena in voda se iz višjeležečih predelov ves čas počasi izceja po barju, zato ne prihaja do tako intenzivnih sušnih razmer. To potrjujejo tudi podatki iz piezometrov, ki kažejo večja nihanja ravni talne vode na barju Petinove jame. Poleti 2013 je bila najnižja raven vode v tleh na barju Petinove jame 69 cm pod površjem, medtem ko na Klopnovrških barjih raven ni bila nižja od 50 cm. Verjetno so ob ekstremnih letih nihanja na barju Petinove jame še večja, vendar teh podatkov nimamo, saj so se meritve začele izvajati v letu 2012. Sušne razmere po drugi strani povečajo vznik dreves na barjih in povečajo rast malih dreves, ki prilagodijo koreninski sistem novim rastiščnim razmeram (Edvardsson in sod., 2015) ter zmanjšajo rast starejših dreves, ki niso

sposobna prilagoditi koreninskega sistema spremenjenemu vodnemu režimu (Cedro in Lamentowicz, 2011; Klempířová in sod., 2013).

V prid teze, da so Klopnovrška barja izkoristila podnebne spremembe za izboljšano rast, priča tudi značilna pozitivna korelacija med rastjo dreves in temperaturami v obdobju april–september. Takšne korelacije na barju Petinove jame nismo odkrili, je pa Kegljevič (2012) ugotovil negativno povezavo s temperaturami v obdobju april–september na barju Petinove jame. Njegova analiza potrjuje negativen vpliv naraščanja povprečne letne temperature na rast dreves na barju Petinove jame.

Naše analize kažejo, da so drevesa na Klopnovrških barjih izkoristila podnebne spremembe za povečano rast v obdobju po 1981, na barju Petinove jame pa za vznik in boljše uspevanje mlajših dreves, kar se odraža na njihovi veliki gostoti v razredu do 1,3 m višine. Razlog za različen odziv ni v starosti dreves, saj starostne razlike med drevesi, ki so vključena v kronologiji, niso velike. Drevesa kronologije Klopnovrških barij so povprečno 18 let starejša kot drevesa kronologije barja Petinove jame. Ker so leta z visoko ravnjo talne vode na pohorskih barjih kljub podnebnim spremembam pogosta, je rast smrek v primerjavi z drevesi iz avtomorfni tal zelo počasna.

Našo hipotezo o izdelavi kronologije smo potrdili, saj smo s standardnimi dendrokronološkimi metodami uspeli izdelati kronologijo za pohorska barja. Pri tem je ujemanje dreves v kronologiji in medsebojno ujemanje kronologij nekoliko slabše, kot je to običajno v dendrokronologiji, saj na drugih rastiščih kazalec t_{BP} pogosto presega vrednost 10 (Poljanšek, 2013). Kljub temu so statistični kazalci ujemanja kronologij značilni. Pri izdelavi kronologij za barja je potrebno imeti precej večji vzorec dreves kot na drugih rastiščih, saj so manjkajoče in neskljenjene branike zelo pogoste in je uporaben manjši del dreves kot pri običajnih dendrokronoloških raziskavah.

Še en kazalec raznolikih in skrajnih rastiščnih razmer je število značilnih let, ki so skupna obema barjema. Izmed vseh značilnih let, ki jih je bilo 40 na Klopnovrških barjih in 21 na barju Petinove jame, je bilo le 6 skupnih, 3 pozitivna in 3 negativna. Tudi Kutnar (2000) je na poključkih barjih ugotovil, da so skupna značilna leta redka. Analizo je opravljal na šestih barjih in ugotovil le eno značilno leto, ki je bilo skupno trem barjem.

Naša značilna leta smo primerjali z značilnimi leti s poključkih barij (Levanič, 2015b), na katerih so bile dendrokronološke analize opravljene v letu 1996. S Klopnovrškimi barji smo ugotovili dve skupni pozitivni značilni leti (1962 in 1994) in eno negativno značilno leto (1921). Med barjem Petinove jame in poključkimi barji nismo ugotovili nobenega skupnega značilnega leta. Razlog je verjetno v primerljivosti rastiščnih razmerah med poključkimi in Klopnovrškimi barji, saj so strukturne značilnosti dreves med seboj bolj

podobne, znano pa je, da vegetacija dobro nakazuje ekološke razmere na barjih (Kutnar, 2012).

6.7 DENDROKLIMATOLOŠKE ANALIZE

Poleg podnebnih dejavnikov na rast dreves na barjih pomembno vplivata tudi količina in dostopnost hranil ter raven talne vode. Zaradi vpliva teh dejavnikov in ostalih nepojasnjenih vplivov so korelacije med širino branik in podnebnimi dejavniki na barjih pogosto šibke in časovno manj stabilne (Linderholm 2001, Obidziński in sod., 2009). Kljub temu smo v naši analizi ugotovili nekaj statistično značilnih vplivov in nekaj takšnih, ki so blizu meje značilnosti in nakazujejo vpliv podnebnih dejavnikov na rast dreves na barjih.

Na rast dreves na pohorskih barjih negativno vplivajo spomladanske padavine, predvsem aprila in maja. Na barju Petinove jame je najizrazitejši vpliv aprilskih padavin, ki se glede na graf časovne stabilnosti v zadnjih letih še povečuje. Nekoliko manj časovno stabilen in značilen je vpliv padavin v obdobju marec–april in april–maj. Na Klopnovrških barjih korelacijski koeficienti kažejo, da na rast bolj vplivajo padavine v maju kot v aprilu, še največji pa je negativen vpliv obdobja april–maj. Natančnega razloga, zakaj je na Petinovih jamah najbolj negativen vpliv aprilskih padavin, na Klopnovrških barjih pa vpliv padavin v obdobju april–maj, ne vemo. Razmere na vsakem barju so drugačne, specifične (Piskernik in Martinčič, 1970). Verjetno prihaja do razlik zaradi oblikovanosti površja, saj imajo Klopnovrška barja nekoliko nagnjeno površje, iz katerega se izceja voda. Barje Petinove jame pa je izravnano in iz njega voda ne odteka. Razlike med barjema pa so tudi v njihovih hidroloških značilnostih. Iz meritev piezometrov je opazno, da lahko prihaja do različnega nihanja ravni vode v tleh.

Spomladanske padavine negativno vplivajo na rast dreves, saj povečajo raven talne vode. Ta se na barjih dolgo ohranja in vpliva na slabšo rast dreves. Padavine tudi posredno vplivajo na rast dreves, saj velika količina vode v tleh preprečuje intenzivno segrevanje okolice, kar zavira začetek rasti dreves (Piskernik in Martinčič, 1970; Geister, 1999). Tako se ob povečanih pomladanskih padavinah začetek rasti pomakne na kasnejši čas. Tudi raziskovalci Gozdarskega inštituta Slovenije ugotavljajo na ploskvi Kladje, v gozdu na avtomorfnih tleh blizu naših raziskovalnih ploskev, da spomladanske padavine (marec–junij) vplivajo na kasnejši razvoj iglic smreke (Vilhar in sod., 2014). Na ploskvi Kladje se je fenološki razvoj v letih od 2004 do 2011 začel med začetkom (153. julijanski dan) in koncem junija (181. julijanski dan) (Vilhar in sod., 2013).

Na barju Petinove jame smo ugotovili, da postaja vedno bolj značilen pozitiven vpliv septembrskih padavin na rast dreves. Priraščanje smreke (v septembru leta 2013) v bližini obravnavanih barij ugotavlja tudi Levanič (2014) za raziskovalno ploskev (Tratice)

Gozdarskega inštituta Slovenije. Pri tem gre za odziv na zelo specifično leto, ki je bilo izrazito vroče, smreka pa je sposobna priraščati tudi v septembru ob ugodnih letih, saj ne odvrže iglic. Verjetno je vpliv padavin na barjih posreden, saj padavine povečajo količino vode v tleh, ki ima na barjih toplotno akumulacijski učinek (Geister, 1999). Tako se rastno obdobje dreves nekoliko podaljša.

Poleg negativnega vpliva spomladanskih padavin smo na Klopnovrških barjih odkrili tudi značilno pozitivno korelacijo s povprečnimi temperaturami v obdobju april–september. Višje temperature povečujejo evapotranspiracijo, ki znižuje raven talne vode, zato drevesa bolje priraščajo. Na barju Petinove jame te značilnosti nismo odkrili. Domnevamo, da se ob povišani evapotranspiraciji na barju Petinove jame, ki je nekoliko dvignjeno nad okolico in bolj ombrotrofno, raven talne vode toliko zniža, da postane voda nedostopna drevesom, ki imajo večinoma plitek koreninski sistem. Zaradi sušnega stresa na barjih se priraščanje dreves zmanjša (Cedro in Lamentowicz, 2011). Na Klopnovrških barjih, ki so rahlo nagnjena, se to ne zgodi, saj se voda tudi poleti, ko ni padavin, ves čas počasi izceja iz višjeležečih barij.

Na Klopnovrških barjih je večino korelacij s podnebnimi dejavniki manj značilnih v obdobju med 1960 in 1965 ter obdobju med 1973 in 1980. To je tudi obdobje, ko smo zabeležili manj značilnih let. Z našo analizo ne moremo pojasniti vzroka za slabšo stabilnost podnebnega signala, raziskovalci pa ugotavljajo, da je možnih več razlogov. Xoplaki in sod. (2010) so ugotovili, da je imel črni bor za kratek čas šibkejši odziv na podnebne dejavnike zaradi večje oblačnosti, večjega števila ciklonov in večje količine padavin. Poljanšek in sod. (2013) pa ugotavljajo, da je obdobje slabšega podnebnega signala posledica desetletnih sprememb v vrednostih sončnega obsevanja in temperaturah nad severovzhodnim delom Sredozemlja.

Možen vzrok za slabši podnebni signal je tudi v razliki padavin med našimi raziskovalnimi objekti in meteorološko postajo Celje, saj se lahko količina padavin močno spreminja že na krajših razdaljah. Za območje Travljske gore so takšne spremembe ugotovili Sinjur in sod. (2011). Verjetno je v posameznih letih prišlo na obravnavanih barjih do večje količine padavin, ki jih v Celju ni bilo. Ker imajo na barjih padavine pomemben vpliv na rast, so lahko korelacije s padavinami v določenih obdobjih manj stabilne.

Na referenčni ploskvi barja Petinove jame smo ugotovili, da na rast pozitivno vplivajo padavine v obdobju februar–marec, na referenčni ploskvi Klopnovrških barij pa padavine v marcu. V teh mesecih so na tem območju padavine večinoma v obliki snega. Povečana količina padavin v tem času poveča vlažnost tal, kar ugodno vpliva na začetek rasti v spomladanskem času. Odziv na obeh referenčnih ploskvah je podoben, vendar je na barju Petinove jame značilen za obdobje dveh mesecev. Verjetno je odziv nekoliko drugačen zaradi različnih rastiščnih razmer in lege ploskev.

6.8 NARAVOVARSTVENI POMEN POHORSKIH BARIJ IN NJIHOVO OHRANJANJE

Prehodna barja na Pohorju imajo velik naravovarstveni pomen, saj so relativno majhen ekosistem, ki močno povečuje biotsko pestrost območja. Poleg redkih izjem so skupaj s pokljuškimi in jeloviškimi barji najdlje proti jugu ležeča šotna barja v Evropi (Urbanek, 1995; Kutnar, 2000). Na njih najdemo mnoge zavarovane rastlinske in živalske vrste.

Za habitatni tip Prehodna barja je značilna pestra ekološka podoba (Martinčič, 2004), kar smo ugotovili tudi v naši analizi. Velike so razlike že znotraj posameznega barja, še večje med barji (Piskernik in Martinčič, 1970). V naši raziskavi smo ugotovili, da v HT Prehodna barja ležijo tako deli barij, ki so po strukturi bližje visokim barjem, kot deli barij, ki so po strukturi bližje barjanskemu smrekovju. Na obravnavanih barjih imamo tako ploskve, na katerih so redka drevesa, ki so višja od enega metra, in ploskve z drevesi, ki so višja od 13 m in debela preko 40 cm.

Velika raznolikost se kaže tudi pri popisu habitatnih tipov (Škornik in Bakan, 2011a), saj je v HT Prehodna barja vključenih več habitatnih tipov po palearktični klasifikaciji (Physis), kar je posledica široke definicije HT Prehodna barja in mestoma nenatančne opredelitve habitatnih tipov, ki so zaščiteni z Uredbo o habitatnih tipih (2003).

V preteklosti so bili na obravnavanih barjih izkopani melioracijski jarki z namenom, da bi jih izsušili in povečali njihovo produktivnost (Zgonik, 1972; Ahej, 2015). Ob prvem poskusu so ob izkopu melioracijskih jarkov vmesno površino zasadili z brezo, vendar je bil poskus neuspešen. Melioracijski jarki so močno vplivali na funkcioniranje barij, njihov izgled in strukturo sestojev. Z dendrokronološkimi analizami smo ugotovili, da so se začela barja po izkopu jarkov zaraščati, pred tem so na barjih uspevala le posamična drevesa. To kaže, da so tla na barjih postala sušnejša, saj je za vznik dreves na barjih pomembno, kakšna je pogostnost in dolžina suhih obdobj (Freléchoux in sod., 2004). Zaradi izkopov jarkov se je porušilo naravno stanje, pospešili pa so se procesi zaraščanja. Ugotovili smo tudi, da vpliv jarkov na drevesa z oddaljenostjo hitro slabi in da se njihov vpliv z leti zmanjšuje, če jih ne vzdržujemo.

V zadnjem obdobju prehodna barja na Pohorju ogrožajo podnebne spremembe, kar smo potrdili tudi z rezultati naše analize. Začetek sprememb podnebnih dejavnikov sovpada z zaključkom male ledene dobe. Naraščajoča povprečna temperatura in zmanjševanje količine padavin, vplivajo na povečano evapotranspiracijo in nižjo raven talne vode (Heijmans in sod., 2013). Posledično se degradirajo plasti šote, kar vpliva na spremembe vegetacijske strukture in vodi v zaraščanje barij. Povečana rast vaskularnih rastlin in zmanjšana rast šotnih mahov je lahko tudi posledica povečanega vnosa dušikovih spojin

(preko sinteze anorganskih gnojil, uporabe fosilnih goriv in gojenja stročnic) v ozračje (Berendse in sod., 2001; Gunnarsson in sod., 2004).

Z vključitvijo Slovenije v Evropsko unijo smo v našo zakonodajo implementirali Direktivo o habitatih (Direktiva Sveta ..., 1992), ki članicam Evropske unije nalaga, da morajo preprečiti slabšanje stanja naravnih habitatov in habitatov vrst ter vznemirjanje vrst, za katere so bila območja Natura 2000 določena, če bi tako vznemirjanje lahko pomembno vplivalo na cilje te direktive (Program upravljanja ..., 2015). Po 17. členu Direktive o habitatih (Direktiva Sveta ..., 1992) morajo države članice EU vsakih šest let oddati poročilo o izvajanju ukrepov po tej direktivi. Največji del poročila obsegajo ocene kazalcev stanja ohranjenosti vrst in habitatnih tipov. Pri tem se ocenjuje območje razširjenosti in površino habitatnega tipa, strukture ter funkcije habitatnega tipa in obeti za prihodnost.

Naša raziskava je pokazala, da se struktura ter funkcije delno pa tudi površina habitatnega tipa nenehno spreminjajo, in da jih ogrožajo podnebne spremembe ter pretekle človeške aktivnosti. Zaradi segrevanja ozračja se prehodna barja intenzivneje zaraščajo in postopno se manjša njihova površina. Struktura sestojev na njih se spreminja zaradi povečanega priraščanja, ki je posledica izboljšanja rastnih razmer. Posledično se tudi spreminjajo funkcije habitatnega tipa, zato bo potrebno v prihodnosti nadaljevati z aktivnim upravljanjem teh površin, ki se je pričelo s projektom Wetman v letu 2011.

V okviru projekta Wetman (2011) so na prehodnih barjih Pohorja na melioracijskih jarkih zgradili pregrade, ki preprečujejo odtok vode iz barij (slika 31). Naša analiza je pokazala, da je to primeren ukrep, saj je izkop melioracijskih jarkov povzročil pospešeno zaraščanje na njihovem vplivnem območju. Izgradnja pregrad na melioracijskih jarkih je ukrep, ki hitro vpliva na izboljšanje hidroloških razmer na barjih (Howie in sod. 2009), vegetacijske spremembe in povečanje biotske pestrosti pa se po zaježitvi odvijajo počasi. Učinki se pokažejo po nekaj letih, pogosto pa je potrebno počakati deset ali več let (Mälson in sod. 2010).

Del prehodnih barij na Pohorju se zarašča, čeprav ne ležijo ob melioracijskih jarkih, kar je najverjetneje posledica podnebnih sprememb in naravnega sukcesijskega razvoja. V takšnih primerih se nam zastavlja vprašanje o smiselnosti ohranjanja teh predelov v habitatnem tipu Prehodna barja, saj jih naravna sukcesija vodi v barjanski gozd. Na posameznih delih bi bilo primerno spremeniti zaris HT Prehodna barja in iz njega izločiti površine, na katerih je potrebno vložiti veliko energije za ohranjanje v tem habitatnem tipu. Takšne predele, ki že preraščajo v barjansko smrekovje, bi lahko vključili v HT Barjanski gozdovi, ki je po Uredbi (2003) prednostni habitatni tip.

Če želimo HT Prehodna barja, kljub vprašljivi smiselnosti, ohraniti na celotni površini, je v predelih, ki prehajajo v barjansko smrekovje, edini primeren ukrep odstranjevanje dreves. V okviru projekta Wetman (2011) so na večih delih prehodnih barij Pohorja že odstranjevali drevesa. Ta ukrep bo potrebno izvesti še na preostalih delih, če želimo ohraniti HT Prehodna barja v obsegu, kot je bil vključen v Uredbo o habitatnih tipih (2003). Izvesti ga bo potrebno na površinah, kjer je sklep smrek tolikšen, da izrinja barjansko vegetacijo iz teh rastišč.



Slika 31: Pregrade na melioracijskem jarku na barju Petinove jame (foto: Sebastjan Štruc)

Figure 31: Ditch blocking on peat bog Petinove jame (Photo: Sebastjan Štruc)

V zadnjem Zbirnem poročilu (2013) po Direktivi o habitatih (1992), v katerem so poročali o habitatnih tipih, je bilo stanje za habitatni tip Prehodna barja v alpski biogeografski regiji, v kateri ležijo obravnavana barja, ocenjeno kot ugodno. Pri tem so bili kot ugodni ocenjeni vsi kazalci. Glede na izvedene aktivnosti v projektu Wetman (2011) se je stanje habitatnega tipa izboljšalo in je v relativno ugodnem stanju. Z ugodno oceno za kazalec obeti za prihodnost se ne strinjamo, saj barja ogrožajo podnebne spremembe.

Pri aktivnem varstvu pohorskih prehodnih barij moramo upoštevati tudi potencialne grožnje, saj je ta ekosistem zelo občutljiv na vsako spremembo (Schweingruber, 2007). Na obravnavnem območju paša ni prisotna, bila pa je v preteklosti. Pozorni moramo biti, če bi

se pojavile nove pobude, da jih v začetku argumentirano zavrnamo, saj bi paša lahko negativno vplivala na barja. Skozi Klopnovrška barja poteka slovenska planinska transverzala, ki je precej obiskana planinska pot. Ob poti ni zaslediti večjega negativnega vpliva na barja, bi pa bilo primerno na del poti, ki poteka preko barij, položili bruna, kot se je to že izvedlo na Lovrenških jezerih, Ribniškem in Črnem jezeru. Potrebno bi bilo tudi poiskati rešitev, da se ljudje po tej poti ne bi vozili s štirikolesniki in motornimi sanmi.

Pozornost je potrebno nameniti tudi gospodarjenju z gozdovi. Po barjanskih površinah se ne sme vlačiti lesa ali voziti s traktorjem, saj lahko nastanejo erozijske površine, po katerih začne iz barja odtekati voda. Na barijih je dovoljena sečnja le kot ukrep izboljšanja habitatnega tipa. Pri tem naj se sečnja in spravilo izvedeta, ko so tla zamrznjena, da se le-ta ne poškodujejo. Sečnjo v gozdovih, ki mejijo na barje, je potrebno izvajati tako, da dreves pri sečnji ne usmerjamo proti barju, saj se lahko ob tem poškodujejo občutljiva šotna tla.

Prehodna barja Pohorja so zaščitena kot naravne vrednote (Pravilnik o določitvi ..., 2004). Glede na njihov velik naravovarstveni pomen in specifičnost bi bilo primerno, da bi za njih izdelali upravljavski načrt, v katerem bi opredelili način za spremljanje stanja habitatnega tipa ter dolgoročne naravovarstvene cilje in premišljene ukrepe. Na pohorskih barijih se je v okviru projekta Wetman (2011) pričelo spremljati nihanje ravni vode v tleh, ki je najpomembnejši ekološki dejavnik za funkcioniranje barij. Tudi v prihodnje je potrebno nadaljevati s spremljavo ravni talne vode, saj bomo tako lahko poglobili naše znanje o funkcioniranju barij in pravi čas zaznali spremembe na barijih. Spremljava ravni talne vode s piezometri mora biti kontinuirana in ne vezana na trajanje projektov.

Naša raziskava je prva na prehodnih barijih v Sloveniji, ki je na tako velikem vzorcu analizirala strukturo sestojev in rast dreves. Zbrane ugotovitve so poglobile poznavanje in razumevanje strukture sestojev ter rasti dreves na prehodnih barijih ne le na Pohorju, temveč tudi širše v alpskem prostoru. Naše ugotovitve so pomembne za razumevanje funkcioniranja prehodnih barij. Rezultati naloge bodo služili naravovarstvenikom za aktivno upravljanje in načrtovanje ukrepov. Ti bodo pripomogli k uspešnejšemu ohranjanju prehodnih barij na Pohorju, ki zaradi specifičnih florističnih in heterogenih rastiščnih razmer predstavljajo pomemben prispevek k biotski pestrosti širšega prostora. Varovanje barij bo pripomoglo tudi k ohranjanju rastlinskih in živalskih vrst tega območja.

7 POVZETEK (SUMMARY)

7.1 POVZETEK

Barja, ki so včasih v zavesti ljudi veljala kot ničvredna in neproduktivna, v zadnjem času postajajo prepoznana kot izjemno vreden ekosistem, ki je eksistencialnega pomena za človeštvo. So kompleksen ekosistem, v katerem imata ključno vlogo voda in šotni mahovi. Prehodna barja na Pohorju imajo velik naravovarstveni pomen, saj so relativno majhen ekosistem, ki močno povečuje biotsko pestrost širšega območja. V magistrski nalogi smo na njih proučevali rast dreves ter strukturo sestojev.

V okviru projekta Wetman (2011) so je v letih 2012 in 2013 na pohorskih prehodnih barjih, ki so v fazi zaraščanja, odstranjevali drevesno vegetacijo z namenom ohranjanja barij. Odstranjevanje je potekalo na barju Petinove jame in na Klopnovrških barjih, zato smo te barjanske površine vključili v našo raziskavo.

Barje Petinove jame je dober hektar veliko prehodno barje, ki ima v severnem delu elemente visokega barja. V preteklosti je bil na tem barju zgrajen melioracijski jarek, ki sega v notranjost barja. Prevladujoča drevesna vrsta tega barja je smreka. Klopnovrška barja predstavljajo kompleks večih barjanskih površin s prepletom prehodnih in visokih barij ter barjanskih gozdov. Naj njih prevladujeta smreka in rušje, rdeči bor pa se pojavlja posamično. Na Klopnovrških barjih je bilo v preteklosti izkopanih več melioracijskih jarkov.

Na barju Petinove jame smo postavili 4, na Klopnovrških barjih pa 5 krožnih ploskev s površino 200 m². Vse ploskve na barju Petinove jame so ležale blizu melioracijskih jarkov, na Klopnovrških barjih pa sta bili takšni dve ploskvi. V bližnjem gozdu na avtomorfnih tleh smo postavili ob vsakem obravnavnem barju še po eno referenčno ploskev v velikosti 400 m².

Na ploskvah smo popisali vsa drevesa višja od 0,5 m in jim izmerili višino, premer na koreninskem vratu, prsni premer, če je drevo doseglo višino 1,3 m, ter azimut in razdaljo od središča ploskve do drevesa. Vsem drevesom smo tudi ocenili pripadnost sestojni plasti (po IUFRO klasifikaciji), utesnjenost (Assmann, 1961) in kakovost krošnje (ibid.).

Lesno zalogo smo ugotavljali po dvovhodnih deblovnica, pri manjših drevesih pa smo za izračun volumna uporabili enačbo za stožec. Vpliv nadzemne konkurence na debelinsko in temeljnično priraščanje dreves smo ugotavljali z analizo kovariance, pri čemer smo kot kovariate preizkušali višino dreves, starost dreves, maksimalni premer krošnje in dolžino krošnje. Analizo kovariance smo izvedli tudi za različne sestojne plasti in kakovosti krošenj.

Vzorec razmestitve dreves smo ugotavljali z metodo Ripleyeve K funkcije, ki je pogosto uporabljena za analiziranje razmestitve točkovnih prostorskih podatkov. Izvedli smo tudi analizo razmestitve dreves po sestojnih plasteh.

Na barjanskih ploskvah smo izvedli debelno analizo 30 dreves, če je bilo mogoče po 10 v vsaki sestojni plasti. Drevesa smo izbirali sistematično glede na število vseh dreves na ploskvi. Posekanim drevesom smo izmerili premer krošnje in višino pričetka krošnje. Od vsakega drevesa, ki je bilo višje kot 2 metra, smo odvzeli vsaj 6 kolotov, od nižjih pa sorazmerno manj. Pri najnižjih drevesih (0,5 m visokih) smo odvzeli 2 koluta. Na obeh referenčnih ploskvah smo posekali 5 dominantnih dreves in desetim drevesom s prirastnim svedrom odvzeli po 2 izvrtka iz nasprotnih smeri. V nadaljnji analizi smo kolute in izvrtke skenirali, zahtevnejše pa poslikali s sistemom ATRICS (Levanič, 2007). Slike smo uvozili v program WinDendro (Regent, 2014), v katerem smo določili in izmerili širine branik. Nato smo zaporedja širin branik uvozili v program PAST-4 (SciEM, 2014) in preverili skladnost zaporedja širin branik.

Najprej smo preverili skladnost zaporedja širin branik med vzorci znotraj koluta, potem še skladnost med drevesi in nato med ploskvami. Skladnost smo preverili z vizualno oceno ujemanja dveh kronologij in uporabo statističnih kazalnikov. Pri vizualni oceni ujemanja dveh kronologij smo poleg ugotavljanja skladnosti med kronologijami tudi poiskali manjkajoče branike pri tistih kolutih, kjer je bilo to izvedljivo. Kadar je bilo tri ali več manjkajočih branik, je bilo zelo težko poiskati mesta, kjer so te branike izpadle, ali pa je bilo to popolnoma neizvedljivo, zato smo večino takšnih dreves izpustili iz nadaljnje analize.

Za standardizacijo kronologij smo izbrali kubični zlepek s 67 % dolžine kronologije, s 50 % ohranitvijo variabilnosti podatkov in z robustnim izračunavanjem aritmetične sredine izdelanih kronologij. Vpliv podnebnih dejavnikov na širino branike smo preverjali s statističnim programom R. Pri tem smo uporabili knjižnici *treeclim* (Zang in Biondi, 2015) in *DendroStat* (Levanič, 2015a).

V letu 2012 smo v sklopu projekta Wetman (2011) na Klopnovrških barjih in na barju Petinove jame postavili piezometre za spremljanje nihanja ravni talne vode. Ugotovili smo, da raven talne vode bolj niha na barju Petinove jame kot na Klopnovrških barjih in da je nihanje talne vode znotraj leta odvisno od razporeditve in količine padavin.

Na barjanskih ploskvah smo ugotovili večjo gostoto dreves ter manjšo temeljnico, lesno zalogo in utesnjenost dreves kot na referenčnih ploskvah. Razlika je tudi v višinski strukturiranosti dreves. Na referenčnih ploskvah prevladujejo drevesa zgornje sestojne plasti, medtem ko na barjanskih ploskvah drevesa srednje in spodnje sestojne plasti. Tudi povprečne višine, povprečne starosti in povprečni prsni premeri so na barjih manjši v primerjavi z referenčnima ploskvama.

Drevesa na barju Petinove jame so nižja kot na Klopnovrških barjih ter dosegajo manjše prsne premere in premere na koreninskem vratu. Starostne razlike med barjema so majhne, nekoliko višja je povprečna starost dreves na Klopnovrških barjih. Kljub manj ugodnim razmeram za rast na barju Petinove jame je tu gostota dreves večja kot na Klopnovrških barjih.

Z oddaljevanjem od melioracijskega jarka se zmanjšujejo gostota dreves, temeljnica, temeljnica koreninskega vratu, lesna zaloga, povprečni prsni premer, starost in višina dreves. Pri tem je statistično značilno le zmanjševanje temeljnice koreninskega vratu. Za ostale strukturne znake Pearsonova korelacija ni pokazala statistične značilnosti.

Tako pri debelinski, kot tudi pri višinski strukturi dreves se variabilnost z oddaljenostjo od melioracijskega jarka zmanjšuje, vendar to zmanjševanje ni statistično značilno, zato smo našo hipotezo o manjšanju variabilnosti v debelinski in višinski strukturi z oddaljevanjem od melioracijskega jarka zavrnilo. Sklepamo, da se vpliv melioracijskih jarkov odraža na strukturi dreves v njihovi bližini, s povečevanjem razdalje pa vpliv jarkov hitro slabi.

V naši raziskavi smo tudi ugotavljali, ali so melioracijski jarki vplivali na vznik dreves. Ugotovili smo časovno povezanost, saj se največ dreves na barjih pojavi ravno v času po izkopavanjih melioracijskih jarkov. Na Klopnovrških barjih je vzklilo največ dreves v obdobju 1880–1899 in po letu 1940, na barju Petinove jame pa se začne povečevati število vzniklih dreves z obdobjem 1920–1939.

Ugotovili smo tudi razlike v priraščanju dreves med barjema in med ploskvami znotraj posameznega barja. Pričakovano smo največje razlike v priraščanju dreves ugotovili med barjanskimi ploskvami in med drevesi na referenčnih ploskvah. Debelinsko priraščanje je na Klopnovrških barjih večje v primerjavi z barjem Petinove jame, kar smo glede na strukturne razlike sestojev tudi pričakovali in sklepamo, da prihaja do razlik zaradi manj ugodnih rastiščnih razmer na barju Petinove jame. Podobno je tudi pri višinskem priraščanju. Drevesa na barju Petinove jame počasneje (2 cm/leto) višinsko priraščajo kot drevesa na Klopnovrških barjih (4,7 cm/leto).

Na Klopnovrških barjih smo ugotovili, da utesnjenost dreves vpliva na debelinsko priraščanje, če za kovariato uporabimo višino dreves, in da vpliva na temeljnično priraščanje, če za kovariato uporabimo starost dreves. Na barju Petinove jame nismo ugotovili vpliva utesnjenosti dreves na debelinsko in temeljnično priraščanje. Sklepamo, da konkurenca med drevesi nima vpliva na priraščanje dreves na delu prehodnih barij z bolj ombrotrofnim značajem, ima pa konkurenca vpliv na priraščanje dreves na oligotrofnih barjih z večjimi in razvitejšimi smrekami.

Prostorska analiza razmestitve dreves je pokazala, da se drevesa na barjih razmeščajo šopasto, na referenčnih ploskvah pa naključno. Ugotovili smo, da se drevesa zgornje plasti na barju Petinove jame razmeščajo naključno, drevesa spodnje plasti pa šopasto. Takšna

razmestitev je nastala, ker so drevesa, ki so prva naselila barja, našla ugodna mikrorastišča, ki so bila naključno razporejena, nato pa v svoji bližini ustvarila boljše razmere za uspevanje dreves. Na Klopnovrških barjih se drevesa srednje sestojne plasti razmeščajo večinoma naključno, tako kot drevesa iz zgornje plasti. Ker so na Klopnovrških barjih rastiščne razmere ugodnejše, je tudi razvrščanje v sestojne plasti bolj izrazito. Najvišjemu drevesu v šopu najpogosteje sledi v rasti le en osebek. Ti osebki so večinoma uvrščeni v srednji sestojni sloj in tako je njihova prostorska razmestitev naključna, tako kot pri razmestitvi zgornjega sloja.

Za izvedbo dendrokronoloških analiz smo analizirali 270 kolutov, pridobljenih z barjanskih ploskev, in 38 izvrtkov z referenčnih ploskev. Težave smo imeli s pogostimi neskljenjenimi in manjkajočimi branikami, saj smo jih ugotovili na kar 61,5 % kolutov. Zaradi neskljenjenih in manjkajočih branik so se težave pojavljale tudi pri primerjavi drevesnih kronologij in izdelavi kronologij za ploskve. V naši analizi je bil delež dreves, ki jih nismo uvrstili v kronologije ploskev, med 37 % in 60 %.

Kronologije ploskev so bile dolge med 70 in 224 let. Medsebojno so se dobro ujemale na Klopnovrških barjih in slabše na barju Petinove jame. Večinoma so imele kronologije ploskev primeren *EPS* (drseči populacijski signal) le za zadnjih 30 do 35 let ali pa za vmesno krajše obdobje. Zato smo se odločili izdelati dve kronologiji, eno iz dreves na Klopnovrških barjih in drugo iz dreves na barju Petinove jame. Večinoma sta se obe kronologiji dobro ujemali s kronologijami barjanskih ploskev.

Drevesa kronologije Klopnovrških barij se med seboj bolj ujemajo, njihove branike pa so v povprečju 1,8-krat širše kot na barju Petinove jame. Razlika je tudi v uporabnem delu kronologije ostankov ($EPS > 0,85$) za primerjavo s podnebnimi dejavniki. Na Klopnovrških barjih je uporaben del kronologije od leta 1919, na barju Petinove jame pa od leta 1949.

Kronologiji Klopnovrških barij in barja Petinove jame imata v skupnem obdobju vizualno dobro ujemajoče se gibanje širin branik. Na njih je viden vpliv izkopa melioracijskih jarkov in zmanjšanje vpliva zaradi nečiščenja jarkov. Na kronologiji Klopnovrških barij je opazen tudi vpliv podnebnih sprememb na izboljšano priraščanje dreves na teh barjih v zadnjem obdobju.

Našo hipotezo o izdelavi kronologije smo potrdili, saj smo s standardnimi dendrokronološkimi metodami uspeli izdelati kronologijo za pohorska prehodna barja. Pri tem je potrebno imeti precej večji vzorec dreves kot na drugih rastiščih, saj so manjkajoče in neskljenjene branike na barjih pogostejše in je uporaben manjši del dreves kot pri običajnih dendrokronoloških raziskavah.

V dendroklimatološki analizi smo ugotovili, da so podnebni vplivi različni na barju Petinove jame in na Klopnovrških barjih, kar je posledica specifičnih rastiščnih razmer, ki

so na vsakem barju drugačne (Piskernik in Martinčič, 1970). Obema barjema je skupno, da na rast dreves negativno vplivajo spomladanske padavine, predvsem aprila in maja. Na barju Petinove jame smo ugotovili, da postaja vedno bolj značilen pozitiven vpliv septembrskih padavin na rast dreves. Na Klopnovrških barjih pa pozitivno vplivajo na rast temperature v obdobju april–september.

Na Klopnovrških barjih je večino korelacij s podnebnimi dejavniki manj značilnih v obdobju med 1960 in 1965 ter v obdobju med 1973 in 1980. Z našo analizo ne moremo pojasniti vzroka za slabšo stabilnost podnebnega signala, raziskovalci pa ugotavljajo, da je možni razlog sprememba v vrednostih sončnega obsevanja in temperaturah (Poljanšek in sod., 2013).

Na referenčnih ploskvah smo ugotovili pozitiven vpliv padavin v februarju in marcu. Na obravnavnem območju so takrat padavine večinoma v obliki snega. Povečana količina padavin v tem času poveča vlažnost tal, kar ugodno vpliva na začetek rasti v spomladanskem času.

V raziskavi smo potrdili, da je za habitatni tip Prehodna barja značilno hitro spreminjanje ekoloških dejavnikov, kar se odraža na rasti dreves in strukturi sestojev. Ugotovili smo, da se struktura ter funkcije delno pa tudi površina habitatnega tipa Prehodna barja nenehno spreminjajo, in da jih ogrožajo podnebne spremembe ter človeške aktivnosti. Zaradi segrevanja ozračja se prehodna barja intenzivneje zaraščajo in postopno se zmanjšuje njihova površina. Struktura sestojev na njih se spreminja zaradi povečanega priraščanja, ki je posledica izboljšanja rastnih razmer. S tem se tudi spreminja funkcioniranje habitatnega tipa, zato bo potrebno v prihodnosti nadaljevati z aktivnim upravljanjem teh površin, ki se je pričelo s projektom Wetman v letu 2011.

Pri aktivnem varstvu pohorskih prehodnih barij moramo upoštevati tudi potencialne grožnje, saj je ta ekosistem zelo občutljiv na vsako spremembo. Potencialne grožnje predstavljajo: paša, prekomerna rekreacija, vožnja z motornimi vozili po gozdnih vlakah in poteh ter neprimerno gospodarjenje z gozdovi na barjih in njihovem obrobju.

Naša raziskava je prva na prehodnih barjih v Sloveniji, ki je na tako velikem vzorcu analizirala rast dreves. Zbrane ugotovitve so poglobile poznavanje in razumevanje strukture sestojev ter rasti dreves na prehodnih barjih ne le na Pohorju, temveč tudi širše v alpskem prostoru. Naše ugotovitve so pomembne za razumevanje funkcioniranja prehodnih barij. Rezultati naloge bodo služili naravovarstvenikom za aktivno upravljanje in načrtovanje ukrepov. Ti bodo pripomogli k uspešnejšemu ohranjanju prehodnih barij na Pohorju, ki zaradi specifičnih florističnih in heterogenih rastiščnih razmer predstavljajo pomemben prispevek k biotski pestrosti širšega prostora. Varovanje barij bo pripomoglo tudi k ohranjanju rastlinskih in živalskih vrst tega območja.

7.2 SUMMARY

Mires, which were once considered as worthless and unproductive in people's consciousness, have recently become recognized as a very valuable ecosystem which is existentially important for humankind. They are a complex ecosystem, in which water and peat mosses play a crucial role. Transitional bogs on Pohorje have a great nature conservation importance, because they are a relatively small ecosystem, which greatly increases biodiversity in this area. In the thesis, the growth of trees and their structure on transitional bogs on Pohorje has been studied.

In 2012 and 2013, trees were removed in order to preserve transitional bogs on Pohorje, which were being overgrown by trees in the last decades. Trees were removed within the scope of the Wetman project (2011). Removal of trees took place on the peat bog Petinove jame and on the peat bog Klopnovrška barja, which is the reason why the above mentioned areas were included in the study.

Peat bog Petinove jame is approximately one hectare large transitional bog, which contains elements of a raised bog in the northern part. In the past, a drainage ditch was built on this bog that extends into the interior of the mire. The dominant tree species in this bog is Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). Peat bogs Klopnovrška barja represent a complex of several boggy areas with a mixture of transitional and raised bogs and spruce mire forests. The dominant tree species are Norway spruce and Dwarf mountain pine (*Pinus mugo* Turra), and there are also some individuals of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). Several drainage ditches were built on the peat bog Klopnovrška barja in the past.

Four circular plots with an area of 200 m² were placed on the peat bog Petinove jame and five of them on the peat bog Klopnovrška barja. All plots on the peat bog Petinove jame were put in the vicinity of the drainage ditches, but only two plots were put in the vicinity the drainage ditches on the peat bog Klopnovrška barja. Reference plots with an area of 400 m² were established adjacent to each bog in the forest on the automorphic soil.

In each plot, all trees higher than 0.5 m were recorded. Furthermore, their height, root collar diameter, diameter at breast height, whether the tree reached a height of 1.3 m, and the azimuth and distance from the centre of plot to the tree were measured. The degree of isolation (Assmann, 1961), crown quality (ibid.) and stand layer (IUFRO classification) for each tree were also estimated.

Growing stock was calculated using two parametric volume functions, and for smaller trees, the formula for computing the volume of a cone was used. Influence of aboveground competition on the diameter and basal area increment of trees was determined by analysis of covariance. Trees height, age of trees, the maximum diameter of crown and crown

length were tested as a covariate. The analysis of covariance was performed also for various stand layers and crown quality.

Spatial patterns of trees were determined using the Ripley's *K*-function, which is often used to analyse the spatial distribution of point data. An analysis of spatial patterns of trees per stand layers was also carried out.

On plots on bog, stem analysis of 30 trees was performed; if it was possible, for 10 trees in each stand layer. Trees were selected systematically, according to the total number of trees in the plot. Crown diameter and height of crown beginning were measured for analysed trees. On each tree higher than 2 meters, at least 6 stem discs were taken, and on lower trees proportionally less. On the lowest trees (0.5 m high), 2 discs were taken. On each reference plot, stem analysis for 5 dominant trees was made and two cores from opposite sides from ten trees were taken. In a further analysis, the discs and cores were scanned, and more complex discs were scanned using the ATRICS system (Levanič, 2007). Images were imported into the program WinDendro (Regent, 2014), in which the widths of tree-rings were determined and measured. Subsequently, sequences of tree-rings were imported into PAST-4 software (Sciem, 2014) for crossdating.

First, crossdating radii from single discs was performed, which was followed by crossdating trees from plots and finally by crossdating plots. For crossdating, both visual on-screen comparison and statistical parameters were used. In visual on-screen comparison, missing rings were also searched in those discs, where it was possible. When there were three or more rings missing, it was hard to determine the year, in which the rings were missing, so most of such trees were removed from further analysis.

A cubic smoothing spline with a 50 % frequency response at 67 % of the series length was chosen for standardisation of chronologies. The influence of climatic factors on the tree-ring width was checked with the statistical program R. The libraries *treeclim* (Zang and Biondi, 2015) and *DendroStat* (Levanič, 2015a) were used.

In 2012, piezometers to monitor fluctuations in the level of ground water on the peat bog Klopnovrška barja and the peat bog Petinove jame were set up. This activity was a part of the Wetman project (2011). It was found that ground water level fluctuates more on the peat bog Petinove jame than on the peat bog Klopnovrška barja, and that it depends on the distribution and amount of precipitation.

A higher tree density, lower basal area and growing stock and less confined trees were found on boggy plots than on the reference plots. A difference in height structure of trees was also observed. Reference plots are dominated by trees of upper stand layer, while boggy plots are dominated by trees of middle and lower stand layer. Average height,

average age and average diameter at breast height are also lower on bogs compared to reference plots.

Trees on the peat bog Petinove jame are lower than on the peat bog Klopnovrška barja and have smaller diameters at breast height and root collar diameters. Age differences between bogs are small – the average age of trees is slightly higher on the peat bog Klopnovrška barja. Despite less favourable conditions for growth on peat bog Petinove jame, there is greater density of trees than on the peat bog Klopnovrška barja.

With moving away from the drainage ditch, the tree density, basal area, root collar basal area, growing stock, average diameter at breast height, age and height of trees are decreasing. However, only the decrease of root collar basal area is statistically significant. For other structural characteristics, Pearson correlation showed no statistical significance.

Variability of diameter and height structure of trees are decreasing with distance from drainage ditch, but this decrease is not statistically significant, so the hypothesis on the reduction of variability in diameter and height structure with the distance from drainage ditch was rejected. It can be concluded that the impact of drainage ditches is reflected in the structure of trees in their near surroundings, and with increasing the distance, the impact of ditches rapidly weakens.

In the study, the impact of drainage ditches on tree emergence was also observed. A temporal association was found, since more trees in bogs appear in time after excavations of drainage ditches. On the peat bog Klopnovrška barja most trees emerged during the period of 1880–1899 and after 1940. On the peat bog Petinove jame, the number of emerged trees began to increase during 1920–1939.

Differences in growth of trees between bogs and between plots within an individual bog were also found. As expected, the biggest difference in growth of trees was found amongst the boggy plots and reference plots. Diameter increment on the peat bog Klopnovrška barja is higher compared to the peat bog Petinove jame. This was expected according to structural differences of forest stand, and it is assumed that the differences exist due to less favourable growing conditions on the peat bog Petinove jame. Similar applies to height increment; trees on the peat bog Petinove jame have lower height increment (2 cm/year) than trees on the peat bog Klopnovrška barja (4.7 cm/year).

On the peat bog Klopnovrška barja it was discovered that the competition between trees influences the diameter increment, if tree height is used as the covariate, and it influences basal area increment, if age of the trees is used as covariate. On the peat bog Petinove jame, no impact of competition on the diameter and basal area increment was found. It can be concluded that competition between trees has no influence on diameter and basal area increment of trees on the part of the transitional bogs with more ombrotrophic character,

but competition between trees has impact on increment of trees on oligotrophic bogs with bigger and more developed spruces.

Spatial analysis of tree distribution has shown that trees on bogs exhibited clustered distribution, and trees on reference plots random distribution. It was found that trees of upper stand layer on the peat bog Petinove jame exhibited random distribution, and trees of lower stand layer clustered distribution. Such arrangement arose because trees that first settled bogs, had favourable microsites, which were randomly distributed, and they created better conditions for growth of trees in their surroundings. On the peat bog Klopnovrška barja, trees of middle stand layer are mainly randomly distributed, like trees from upper layer. Due to better growing conditions on the peat bog Klopnovrška barja, the classification of stand layers is more distinct. The highest tree in the group is often followed by only one tree in growth. These trees are generally ranked in the middle layer, and so they exhibited random distribution, just like trees of upper stand layer.

For the dendrochronological analysis, 270 discs from boggy plots and 38 cores from the reference plots were analysed. There were problems with frequent wedging and missing rings; they were found in 61.5 % of discs. Due to the wedging and missing rings, problems also arose in comparing tree chronologies and in making chronologies of plots. In the analysis, the proportion of trees that were not included in the chronology was between 37 and 60 %.

Length of chronology was between 70 and 224 years. Connection between chronologies on the peat bog Klopnovrška barja was higher than on the peat bog Petinove jame. Generally, chronologies had an adequate *EPS* (expressed population signal) only for the last 30 to 35 years or for a shorter interim period. So we decided to create two chronologies, one of the trees from the peat bog Klopnovrška barja and another from the trees on the peat bog Petinove jame. In most cases both chronologies crossdated well with chronologies from boggy plots.

Trees of chronology for the peat bog Klopnovrška barja correspond better to one another, and tree-rings are on average 1.8 times wider than on the peat bog Petinove jame. A difference also exists in the useful part of the residual chronology ($EPS > 0.85$) for comparison with climate factors. On the peat bog Klopnovrška barja, the useful part of chronology starts from 1919 and on the peat bog Petinove jame from 1949.

In chronologies of both bogs, a good visual matching movement of tree-rings was observed during a common period. They show a visible impact of excavation of drainage ditches and reduction of the impact of ditches because they were not cleaned. The chronology of the peat bog Klopnovrška barja also shows an impact of climate changes on improved growth of trees in this bog in the last period.

The hypothesis of ability for making chronology was confirmed, as chronology of transitional bogs on Pohorje was created using standard dendrochronological methods. A much larger sample of trees is necessary comparing to other sites, because missing and wedging rings are frequent and hence only a smaller part of trees is useful compared to usual dendrochronological researches.

The dendroclimatological analysis showed that climate impacts are different on the peat bog Petinove jame and on the peat bog Klopnovrška barja, due to specific site conditions, which are different in each bog (Piskernik and Martinčič, 1970). It is common for both bogs that spring precipitations, especially in April and May, have a negative impact on growth of trees. On the peat bog Petinove jame it was found that the September precipitation has an increasingly positive impact on growth of trees. On the peat bog Klopnovrška barja, the temperature during April through September has a positive impact on tree growth.

On the peat bog Klopnovrška barja most correlations with climatic factors are less significant in the periods between 1960 and 1965 and between 1973 and 1980. Our analysis cannot explain the cause of a poor stability of the climatic signal. However, researchers have discovered that a possible reason is a change in values of solar radiation and temperatures (Poljanšek et al., 2013).

In reference plots, a positive impact of precipitation in February and March was found. During this period, the precipitation in this area is mostly snowy. Increased precipitation during this period increases soil moisture, which has a positive influence on start of growth in the spring.

This study has confirmed diverse ecological characteristics for the habitat type Transition mires and quaking bogs, which are reflected in the growth and structure of trees. It was found that the structure, functions and partly the area of habitat type are constantly changing, and that they are threatened by climate change and human activity. Due to global warming, the transitional bogs are intensely overgrown and their size is gradually decreasing. The structure of stands on transition bogs is changing due to increased growth, which is a consequence of an improvement in growing conditions. Consequently, function of the habitat type is also changing, so in the future a continuation of active management of these areas, which began with the Wetman project in 2011, will be necessary.

In the active protection of the Pohorje transitional bogs, potential threats must also be considered, since this ecosystem is very sensitive to any change. Potential threats are: grazing, excessive recreation, driving motor vehicles on forest skid roads and paths, and inappropriate management of forests on mires and their margin.

Our study is the first study on transitional bogs in Slovenia, which has analysed the structure of stands and tree growth on such a large sample. The collected findings have deepened the knowledge and understanding of the structure of stands and tree growth on bogs not only on Pohorje, but also more widely in the Alpine region. Our findings are important for understanding the functioning of the transitional bogs. Nature conservation specialists will be able to use the thesis results for active management and planning of measures. These will contribute to a successful conservation of the transitional bogs in Pohorje, which due to the specific floristic and heterogeneous site conditions represent an important contribution to biodiversity of a wider area. Protection of bogs will also contribute to the conservation of flora and fauna of the area.

8 VIRI

8.1 CITIRANI VIRI

- Ahej I. 2015. "Pogovor z Mirkom Rožičem o izkopu melioracijskih jarkov" (osebni vir, oktober 2015)
- Anderson R. 2010. Restoring afforested peat bogs: results of current research. Forestry Commission, Roslin: 8 str.
[http://www.forestry.gov.uk/pdf/FCRN006.pdf/\\$FILE/FCRN006.pdf](http://www.forestry.gov.uk/pdf/FCRN006.pdf/$FILE/FCRN006.pdf) (20. avg. 2014)
- Ågren J., Isaksson L., Zackrisson. 1983. Natural age and size of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* on a mire in the inland part of northern Sweden. *Holarctic Ecology*, 6: 228–237
- ARSO. 2015. ARHIV - opazovani in merjeni meteorološki podatki po Sloveniji.
<http://meteo.arso.gov.si/met/sl/archive/> (18. sep. 2015)
- Assmann E. 1961. *Waldetragskunde*. BLV Verlagsgesellschaft München, Bonn, Wien: 492 str.
- Baillie M. G. L., Pilcher J. R. 1973. A simple cross-dating programme for tree-ring research. *Tree-Ring Bulletin*, 33: 7–14
- Bebber A. E. 1990. A tree ring chronology for larch (*Larix decidua*) from the eastern Italian Alps. *Dendrochronologia*, 8: 119–139
- Berendse F., Breemen N., Rydin H., Buttler A., Heijmans M., Hoosbeek M. R., Lee J. A., Mitchell E., Saarinen T., Vasander H., Wallen B. 2001. Raised atmospheric CO₂ levels and increased N deposition cause shifts in plant species composition and production in *Sphagnum* bogs. *Global Change Biology*, 7: 591–598
- Božič G. 1997. Genetska variabilnost dveh subpopulacij domnevno avtohtone smreke (*Picea abies* (L.) Karst.) na Pokljuki : magistrsko delo. (Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozaložba: 83 str.
- Božič G., Levanič T. 1998. Starost in morfološke značilnosti domnevno avtohtone smreke (*Picea abies* (L.) Karst.) na območju visokega barja Šijec na Pokljuki. V: *Gorski gozd: zbornik referatov*, XIX. gozdarski študijski dnevi, Logarska dolina, 26. – 27. marec 1998. Diaci J. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, 243–254

- Božič G., Urbančič M. 2003. The morphological and genetical characterisation of a native Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst) population in the area of Pokljuka mire. *Acta biologica slovenica*, 46, 1: 17–25
- Braekke F. H. 1983. Water table levels at different drainage intensities on deep peat in Northern Norway. *Forest Ecology and Management*, 5, 3: 169–192
- Budnar A. 1951. Barja na Pokljuki. *Proteus*, 13, 9-10: 290–296
- Budnar-Tregubov A. 1958. Palinološko raziskovanje barij na Pokljuki in Pohorju. *Geologija*, 4: 197–220
- Camarero J. J., Gutiérrez E., Fortin M. J. 2000. Spatial pattern of subalpine forest-alpine grassland ecotones in the Spanish Central Pyrenees. *Forest Ecology and Management*, 134, 1: 1–16
- Cedro A. 2001. Dependence of radial growth of *Pinus sylvestris* in northwestern Poland. *Baltic Forestry*, 12, 1: 110–115
- Cedro A., Lamentowicz M. 2008. The Last Hundred Years' Dendroecology of Scots Pine (*Pinus sylvestris*) on a Baltic Bog in Northern Poland: Human Impact and Hydrological Changes. *Baltic Forestry*, 14, 1: 26–33
- Cedro A., Lamentowicz M. 2011. Contrasting responses to environmental changes by pine (*Pinus sylvestris* L.) growing on peat and mineral soil: An example from a Polish Baltic bog. *Dendrochronologia*, 29, 4: 211–217
- Conserving mires in the European Union. 1999. European Commission. EU Bookshop. <http://bookshop.europa.eu/en/conserving-mires-in-the-european-union-pbCR1698247/> (18. jun. 2015)
- Cook E. R. 1985. Time Series Analysis Approach to Tree Ring Standardization. Ph. D. dissertation, University of Arizona, Laboratory of Tree-Ring Research, Tucson: 171 str.
- Cook. E. R., Krusic P. J. 2014. ARSTAN for Windows, version 4.4. Lamont-Doherty Earth Observatory, Columbia University. <http://www.ldeo.columbia.edu/tree-ring-laboratory/resources/software> (14. avg. 2014)
- Dang, Q. L., Lieffers. V. J. 1989. Assessment of patterns of response of tree ring growth of black spruce following peatland drainage. *Canadian Journal of Forest Research*, 19, 7: 924–929

- Dauškane I., Elferts D. 2011. Influence of climate on Scots pine growth on dry and wet soils near Lake Engure in Latvia. *Estonian Journal of Ecology*, 60, 3: 225–235
- Dauškane I., Brūmelis G., Elferts D. 2011. Effect of climate on extreme radial growth of Scots pine growing on bogs in Latvia. *Estonian Journal of Ecology*, 60, 3: 236–248
- Direktiva Sveta 92/43/EGS z dne 21. maja 1992 o ohranjanju naravnih habitatov ter prosto živečih živalskih in rastlinskih vrst. (EGT L 206, 22. 7. 1992)
- Dixon P. M. 2002. Ripley's *K* function. *Encyclopedia of Environmetrics*, 3: 1796–1803
- Dolinar M. 2014. Podnebne spremembe v Sloveniji: kaj smo izmerili in kaj pričakujemo. Sporočila znanosti o podnebnih spremembah. ARSO.
http://www.umanotera.org/upload/files/02___Mojca_Dolinar___Podnebje_v_Sloveniji.pdf (5. nov. 2015)
- Eckstein D., Bauch J. 1969. Beitrag zur Rationalisierung eines dendrochronologischen Verfahrens und zur Analyse seiner Aussagesicherheit. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 88, 4: 230–250
- Edvardsson J., Linderholm H. W., Hammarlund D. 2011. Enigmatic cycles detected in subfossil and modern bog-pine chronologies from southern Sweden. V: TRACE – Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology, 9. Maaten-Theunissen M., Spiecker H., Gärtner H., Helle G., Heinrich I. (ur.) Potsdam, GFZ Potsdam: 173–180
- Edvardsson J., Hansson A. 2015. Multiannual hydrological responses in Scots pine radial growth within raised bogs in southern Sweden. *Silva Fennica*, 49, 4: 1–14
- Edvardsson J., Šimanauskienė R., Taminskas J., Baužienė I., Stoffel M. 2015. Increased tree establishment in Lithuanian peat bogs — Insights from field and remotely sensed approaches. *Science of The Total Environment*, 505: 113–120
- Edvardsson J., Corona C., Mažeika J., Pukienė R., Stoffel M. 2016. Recent advances in long-term climate and moisture reconstructions from the Baltic region: Exploring the potential for a new multi-millennial tree-ring chronology. *Quaternary Science Reviews*, 131: 118–126
- ESRI. 2015. ArcGIS.
<https://www.arcgis.com/features/> (10. avg. 2015)
- Firm D. 2006. Razvoj visokogorskih gozdov v rezervatu Polšak: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozaložba: 68 str.

- Fortin M. J., Dale M. 2005. Spatial analysis: a guide for ecologists. Cambridge, Cambridge-University Press: 365 str.
- Frankl R., Schmeidl H. 2000. Vegetation change in a South German raised bog: Ecosystem engineering by plant species, vegetation switch or ecosystem level feedback mechanisms? *Flora*, 195: 267–276
- Freléchoux F., Buttler A., Schweingruber F. H., Gobat J.-M. 2000. Stand structure, invasion, and growth dynamics of bog pine (*Pinus uncinata* var. *rotundata*) in relation to peat cutting and drainage in the Jura Mountains, Switzerland. *Canadian Journal of Forest Research*, 30, 7: 1114–1126
- Freléchoux F., Buttler A., Gillet F., Gobat J.-M., Schweingruber F. H. 2003. Succession from bog pine (*Pinus uncinata* var. *rotundata*) to Norway spruce (*Picea abies*) stands in relation to anthropic factors in Les Saignolis bog, Jura Mountains, Switzerland. *Annals Of Forest Science*, 60, 4: 347–356
- Freléchoux F., Buttler A., Schweingruber F., Gobat J. 2004. Spatio-temporal pattern of bog pine (*Pinus uncinata* var. *rotundata*) at the interface with the Norway spruce (*Picea abies*) belt on the edge of a raised bog in the Jura Mountains, Switzerland. *Annals Of Forest Science*, 61, 4: 309–318
- Gašperšič B., Kadunc A., Kotar M. 2006. Vpliv velikosti krošnje na debelinski prirastek pri divji češnji (*Prunus avium* L.). *Gozdarski vestnik*, 64, 1: 3–13
- Geister I. 1999. Izbrana življenjska okolja rastlin in živali v Sloveniji. Ljubljana, Modrijan: 286 str.
- Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske enote Osankarica (2014–2023). 2014. Maribor, Zavod za gozdove Slovenije, Območna enota Maribor: 154 str.
- Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske enote Lovrenc na Pohorju (2006–2015). 2006. Maribor, Zavod za gozdove Slovenije, Območna enota Maribor: 173 str.
- Gunnarsson U., Rydin H. 1998. Demography and recruitment of Scots pine on raised bogs in eastern Sweden and relationship to microhabitat differentiation. *Wetlands*, 18, 1: 133–141
- Gunnarsson U., Malmer N., Rydin H. 2002. Dynamics or constancy in *Sphagnum* dominated mire ecosystems? A 40-year study. *Ecography*, 25, 6: 685–704

- Gunnarsson U., Granberg, G., Nilsson M. 2004. Growth, Production and Interspecific Competition in Sphagnum: Effects of Temperature, Nitrogen and Sulphur Treatments on a Boreal Mire. *New Phytologist*, 163, 2: 349–359
- Gustavsen H. G., Heinonen R., Paavilainen E., Reinikainen A. 1998. Growth and yield models for forest stands on drained peatland sites in southern Finland. *Forest ecology and management*, 107, 1–3: 1–17
- Haapalehto T. O., Vasander H., Jauhiainen S., Tahvanainen T., Kotiaho J. S. 2010. The Effects of Peatland Restoration on Water-Table Depth, Elemental Concentrations, and Vegetation: 10 Years of Changes. *Restoration Ecology*, 19, 5: 587–598
- Haase P. 1995. Spatial pattern analysis in ecology based on Ripley's K-function: Introduction and methods of edge correction. *Journal of Vegetation Science*, 6: 575–582
- Heijmans M. M. P. D., Knaap Y. A. M., Holmgren M., Limpens J. 2013. Persistent versus transient tree encroachment of temperate peat bogs: effects of climate warming and drought events. *Global Change Biology*, 19, 7: 2240–2250
- Hendon D., Charman D. J. 2004. High-resolution peatland water-table changes for the past 200 years: the influence of climate and implications for management. *The Holocene*, 14, 125–134
- Hinterlechner-Ravnik A. 1995. O geologiji Pohorja. *Proteus*, 57, 9–10: 334–339
- HISTALP - historical instrumental climatological surface time series of the greater alpine region. 2012. ZAMG.
<http://www.zamg.ac.at/histalp/index.php> (18. sep. 2015)
- Hökkä H., Ojansuu R. 2004. Height development of Scots pine on peatlands: describing change in site productivity with a site index model. *Canadian Journal of Forest Research*, 34, 5: 1081–1092
- Hökkä H., Salminen H., Ahti E. 2012. Effect of temperature and precipitation on the annual diameter growth of Scots pine on drained peatlands and adjacent mineral soil sites in Finland. *Dendrochronologia*, 30, 2: 157–165
- Howie S., Whitfield P., Hebda R., Munson T., Dakin R., Jeglum J. 2009. Water table and vegetation response to ditch blocking: restoration of a raised bog in southwestern British Columbia. *Canadian Water Resources Journal*, 34, 4: 381–392

IBM. 2015. SPSS statistics.

<http://www-03.ibm.com/software/products/en/spss-statistics> (8. sep. 2015)

Jan D. 2006. Zgradba gozda na prehodu v visoko barje: diplomsko delo. (Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozaložba: 54 str.

Jež M. 1995. Pohorje. *Proteus*, 57, 9–10: 331–333

Jogan N., Kotarac M., Lešnik A. (ur.) 2004. Opredelitev območij evropsko pomembnih negozdnih habitatnih tipov s pomočjo razširjenosti značilnih rastlinskih vrst [končno poročilo]. Miklavž na Dravskem polju, Center za kartografijo favne in flore: 961 str.

Kadunc A. 2013. Factors Influencing Site Index on Norway Spruce in Slovenia. *Austrian Journal of Forest Science*, 130, 3, 167–186

Kadunc A., Poljanec A., Dakskobler I., Rozman A., Bončina A. 2013. Ugotavljanje proizvodne sposobnosti rastišč v Sloveniji. (Poročilo o realizaciji projekta). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 30 str.

Kapfer J., Grytnes J. A., Gunnarsson U., Birks H. J. B. 2011. Fine-scale changes in vegetation composition in a boreal mire over 50 years. *Journal of Ecology*, 99: 1179–1189

Kegljevič A. 2012. Rastne značilnosti in zgradba smrekovih gozdov na rastiščih *Sphagno-Piceetum*: diplomsko delo. (Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozaložba: 42 str.

Klempířová B., Dragoun L., Marušák R. 2013. Impact of soil drainage to the radial stem growth of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in peatland forests. *Lesnícky časopis - Forestry Journal*, 59, 4: 241–247

Klimkowska A., Van Diggelen R., Bakker J. P., Grootjans A. P. 2007. Wet meadow restoration in Western Europe: A quantitative assessment of the effectiveness of several techniques. *Biological Conservation*, 140, 3–4: 318–328

Komulainen V. M., Tuittila E. S., Vasander H., Laine J. 1999. Restoration of drained peatlands in southern Finland: initial effects on vegetation change and CO₂ balance. *Journal of Applied Ecology*, 36: 634–648

Kotar M. 2005. Zgradba, rast in donos na ekoloških in fizioloških osnovah. Ljubljana, Zveza gozdarskih društev Slovenije, Zavod za gozdove Slovenije: 500 str.

- Kutnar L. 2000. Vpliv okoljskih dejavnikov na biotsko raznolikost poključskih barjanskih smrekovij: doktorska disertacija. (Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozaložba: 245 str.
- Kutnar L., Simončič P., Gaberščik A., Martinčič A. 2001. Rastiščne značilnosti izbranih poključskih barj in okoliškega smrekovega gozda. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 65: 83–125
- Kutnar L. 2012. Growth characteristics of Norway spruce in the Pokljuka mires and forests. *Folia biologica et geologica*, 53, 1–2, 141–150
- Kutnar L. 2013. Visokobarjanska vegetacija v Sloveniji: združbe šotnih mahov, rušja in smreke. Ljubljana, *Silva Slovenica*, Gozdarski inštitut Slovenije: Zveza gozdarskih društev Slovenije – Gozdarska založba: 63 str.
- Kutnar L., Martinčič A. 2002. Inicialna oblika barjanskega smrekovja *Piceo-Sphagnetum flexuosi* ass. nova v Sloveniji. *Razprave*, 43, 3: 247–266
- Läänelaid A. 1982. Radial increment of bog pines and climate changes. *Peatland Ecosystems. Estonian Contributions to the International Biological Programme*, 9: 135–137
- Levanič T. 2007. ATRICS - A new system for image acquisition in dendrochronology. *Tree-Ring Research*, 63, 2: 117–122
- Levanič T., Popa I., Poljanšek S., Nechita C. 2013. A 323-year long reconstruction of drought for SW Romania based on black pine (*Pinus nigra*) tree-ring widths. *International Journal of Biometeorology*, 57, 5: 703–714
- Levanič T. 2014. Rast drevja na letni ravni. V: Poročilo o spremljanju stanja gozdov za leto 2013. 2014. Skudnik M., Simončič P. (ur.). Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije: 42–45.
<http://www.gozdis.si/data/publikacije/Stanje%20gozdov%202013.pdf> (10. sep. 2015)
- Levanič T. 2015a. "Knjižnica *DendroStat* za statistični program R." Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije. tom.levanic@gozdis.si (osebni vir, 9. sep. 2015)
- Levanič T. 2015b. "Značilna leta na Poključskih barjih." Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije. tom.levanic@gozdis.si (osebni vir, 26. okt. 2015)
- Li F., Zhang L. 2007. Comparison of point pattern analysis methods for classifying the spatial distributions of spruce-fir stands in north-east USA. *Forestry*, 80, 3: 337–349

- Lieffers V. J., Rothwell R. L. 1987. Effects of drainage on substrate temperature and phenology of some trees and shrubs in an Alberta peatland. *Canadian Journal of Forest Research*, 17, 2: 97–104
- Linderholm H. W. 1999. Climatic and Anthropogenic Influences on Radial Growth of Scots Pine at Hanvedsmossen, a Raised Peat Bog, in South Central Sweden. *Geografiska Annaler. Series A, Physical Geography*, 81, 1: 75–86
- Linderholm H. W. 2001. Climate influence on Scots pine growth on dry and wet soils in the central Scandinavian mountains, interpreted from tree-ring widths. *Silva Fennica*, 35, 4: 415–424
- Linderholm H. W., Moberg A., Grudd H. 2002. Peatland pines as a climate indicator? A regional comparison of the climatic influence in Scots pine growth in Sweden. *Canadian Journal of Forest Research*, 32,8: 1400–1410
- Linderholm H. W., Leine M. 2004. An assessment of twentieth century tree-cover changes on a southern Swedish peatland combining dendrochronology and aerial photograph analysis. *Wetlands*, 24, 2: 357–363
- Mälson K., Sundberg S., Rydin H. 2010. Peat Disturbance, Mowing, and Ditch Blocking as Tools in Rich Fen Restoration. *Restoration Ecology*, 18, 2: 469–478
- Management of Natura 2000 habitats - 7230 Alkaline fens. 2008. Technical Report 20/24. Slovakia, DAPHNE-Institute of Applied Ecology: 24 str.
http://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/management/habitats/pdf/7230_Alkaline_fens.pdf (18. dec. 2014)
- Martinčič A., Štrigelj M. 1983. Produktivität auf den Hochmooren Sloweniens (Jugoslawien) die wachstumsanalyse der Latsche (*Pinus mugo*) in den verschiedenen Hochmoorgesellschaften. Primarna produkcija na visokih barjih Slovenije; analiza rasti ruševja (*Pinus mugo*) v različnih združbah. *Biološki vestnik*, 31, 2: 37–52
- Martinčič A., Piskernik M. 1985. Die Hochmoore Sloweniens: floristische, vegetationskundliche und ökologische Untersuchungen. Ljubljana, *Biološki vestnik*, vol. extraordinare: 239 str.
- Martinčič A. 1998. Šotni mah ali šotnik (*Sphagnum* sp.). Rastlina meseca decembra. *Proteus*, 61, 4: 185–188

- Martinčič A. 2004. Prehodna barja (EU_7140). V: Opredelitev območij evropsko pomembnih negozdnih habitatnih tipov s pomočjo razširjenosti značilnih rastlinskih vrst [končno poročilo]. Jogan N., Kotarac M., Lešnik A. (ur.). Miklavž na Dravskem polju, Center za kartografijo favne in flore: 279–286.
- Miklavžič J. 1961. Melioracija in konverzija gozdov. Ljubljana, Državna založba Slovenije: 290 str.
- Meko D. M., Touchan R., Anchukaitis K. J. 2011. Seascorr: A MATLAB program for identifying the seasonal climate signal in an annual tree-ring time series. *Computers & Geosciences*, 37, 9: 1234–1241
- Minayeva T., Sirin A., Bragg O. 2009. A Quick Scan of Peatlands in Central and Eastern Europe. Wageningen, The Netherlands, Wetlands International: 132 str.
- Moilanen M., Hytönen J., Leppälä M. 2012. Application of wood ash accelerates soil respiration and tree growth on drained peatland. *European Journal of Soil Science*, 63, 4: 147–475
- Multi-Distance Spatial Cluster Analysis (Ripley's *K* function) (Spatial statistics). 2012. ArcGIS Resource Center.
<http://help.arcgis.com/EN/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//005p0000000m000000>
0 (25. sep. 2015)
- Obidziński A., Kloss M., Cedro A. 2009. Is spontaneous regeneration of raised mire vegetation possible? A case study of the 'Czarne Bagno' mire in the Bystrzyckie Hills, southern Poland. *The Holocene*, 19, 2: 229–239
- Paavilainen E., Päivänen J. 1995. Peatland Forestry: Ecology and Principles. Berlin, Heidelberg, New York, Springer: 248 str.
- Pärn H. 2003. Radial growth response of Scots pine to climate under dust pollution in Northeast Estonia. *Water, Air, and Soil Pollution*, 144: 343–361
- Pevalek I. 1925. Geobotanička i algološka istraživanja cretova u Hrvatskoj i Sloveniji. Rad Jugoslovanske akademije znanosti in umjetnosti. Knjiga 230, 29-117
<http://dizbi.hazu.hr/object/view/kAVRcpKpJA> (11. nov. 2015)
- Piskernik M., Martinčič A. 1970. Vegetacija in ekologija gorskih barij v Sloveniji. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 8: 131–203
- Poljanšek S., Jagodic Š., Levanič T. 2010. Primerjava programov za standardizacijo časovnih vrst v dendrokronologiji. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 93: 11–22

- Poljanšek S. 2013. Dendrokronologija črnega bora (*Pinus nigra* Arnold) na območju zahodnega dela balkanskega polotoka: doktorska disertacija. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozaložba: 101 str.
- Poljanšek S., Ceglar A., Levanič T. 2013. Long-term summer sunshine/moisture stress reconstruction from tree-ring widths from Bosnia and Hercegovina. *Climate of the Past*, 9: 27–40
- Pravilnik o določitvi in varstvu naravnih vrednot. 2004. Ur. l. RS št. 111–4623/04
- Prévost M., Plamondon A. P., Belleau P. 1999. Effects of drainage of a forested peatland on water quality and quantity. *Journal of Hydrology*, 214, 1–4: 130–143
- Program upravljanja območij Natura 2000 (2015-2020). 2015. Ljubljana, Vlada Republike Slovenije: 33 str.
http://www.natura2000.si/fileadmin/user_upload/LIFE_Upravljanje/PUN__ProgramNatura.pdf (8. okt. 2015)
- Puhek V. 2003. Regresijske enačbe za volumen dreves po dvovhodnih deblovnica. V: *Gozdarski priročnik*. 7. izdaja. Kotar M. (ur.). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 46–48.
- Regent. 2014. WinDendro program: For Annual Tree-rings analysis. Regent instruments.
http://www.regent.qc.ca/assets/windendro_about.html (20. avg. 2014)
- Ripley B. D. 1976. The second-order analysis of stationary point processes. *Journal of applied probability*, 13: 255–266
- Sarkkola S., Alenius V., Hökkä H., Laiho R., Päivänen J., Penttilä T. 2003. Changes in structural inequality in Norway spruce stands on peatland sites after water-level drawdown. *Canadian Journal of Forest Research*, 33, 2: 222–231
- Sarkkola S., Hökkä H., Penttilä T. 2004. Natural development of stand structure in peatland Scots pine following drainage: results based on long-term monitoring of permanent sample plots. *Silva Fennica*, 38, 4: 405–412
- Sarkkola S., Hökkä H., Laiho R., Päivänen J., Penttilä T. 2005. Stand structural dynamics on drained peatlands dominated by Scots pine. *Forest Ecology and Management*, 206, 1–3: 135–152

- Schweingruber F. H., Eckstein D., Serre-Bachet F., Bräker O. U. 1990. Identification, presentation and interpretation of event years in dendrochronology. *Dendrochronologia*, 8: 9–38
- Schweingruber F. H. 2007. *Wood Structure and Environment*. Berlin, Heidelberg, New York, Springer: 279 str.
- Sciencemeter. 2014. PAST-4; Personal Analysis System for Treering Research. <http://www.sciencemeter.com/products/past/> (20. avg. 2014)
- Sinjur I., Ferlan M., Demšar M., Vertačnik G., Simončič P. 2011. Meritve padavin med orografskim proženjem na območju Travljske gore 8. septembra 2010. *Gozdarski vestnik*, 69, 5–6: 301–311
- Skaggs R.W., Chescheir G. M., Amatya D. M., Diggs J. D. 2008. Effects of drainage and forest management practices on hydraulic conductivity of wetland soils. V: *Proceedings of the 13th International Peat Congress*. Oral presentations. Farrell C., Feehan J. (ur.). Tullamore, 1: 452–465
- Socha J. 2012. Long-term effect of wetland drainage on the productivity of Scots pine stands in Poland. *Forest Ecology and Management*, 274: 172–180
- Stermšek D. 2002. *Barja v Sloveniji s poudarkom na biogeografskih značilnostih visokih barij na Pohorju: diplomsko delo*. Pedagoška fakulteta Maribor. Maribor, samozaložba, 97 str.
- Škornik S., Bakan B. 2011a. Popisi začetnega stanja habitatnih tipov in ciljne vrste Loeslejeve grezovke (*Liparis loeslii*) ter proučevanje vplivov projektnih aktivnosti na vegetacijo na projektnih območjih Zelenci, Planik, Vrhe, Mura – Petišovci in barja na Pohorju za izvedbo projekta z naslovom: Varstvo in upravljanje sladkovodnih mokrišč v Sloveniji, WETMAN 2011-2015, LIFE + Narava, LIFE09 NAT/SI/000374. 3. sklop. Projektno pilotno območje Pohorje. Vmesno poročilo. Maribor, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Univerza Maribor: 28 str.
- Škornik S., Bakan B. 2011b. Popisi začetnega stanja habitatnih tipov in ciljne vrste Loeslejeve grezovke (*Liparis loeslii*) ter proučevanje vplivov projektnih aktivnosti na vegetacijo na projektnih območjih Zelenci, Planik, Vrhe, Mura – Petišovci in barja na Pohorju za izvedbo projekta z naslovom: Varstvo in upravljanje sladkovodnih mokrišč v Sloveniji, WETMAN 2011-2015, LIFE + Narava, LIFE09 NAT/SI/000374. 3. sklop. Projektno pilotno območje Pohorje. 2. vmesno poročilo. Maribor, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Univerza Maribor: 20 str.

- Štruc S., Gulič J. 2015. "Podatki piezometrov za Klopnovrška barja in barje Petinove jame." Maribor, Zavod Republike Slovenije za varstvo narave, OE Maribor. sebastjan.struc@zrsvn.si (osebni vir, 26. nov. 2015)
- Šoštarič M. 1970. Spomini na Pohorje. Planinski vestnik, 70, 7: 337-347
- Urbanek J. 1995. Rastlinstvo pohorskih barij. Proteus, 57, 9–10: 348–351
- Uredba o habitatnih tipih. 2003. Ur. l. RS št. 112–4926/03
- Vilhar U., Skudnik M., Simončič P. 2013. Fenološke faze dreves na ploskvah intenzivnega monitoring gozdnih ekosistemov v Sloveniji. Acta Silvae et Ligni, 100: 5–17
- Vilhar U., Skudnik M., Ferlan M., Simončič P. 2014. Influence of meteorological conditions and crown defoliation on tree phenology in intensive forest monitoring plots in Slovenia. Acta Silvae et Ligni, 105: 1–15
- Vitas A. 2004. Dendroclimatological research of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in the Baltic coastal zone of Lithuania. Baltic Forestry, 10, 1: 65–71
- Werdelin L., Lewis M. E. 2013. Temporal change in functional richness and evenness in the Eastern African plio-pleistocene carnivoran guild. PLoS ONE, 8, 3: 1–11
- Wetman – Ohranjanje in upravljanje sladkovodnih mokrišč v Sloveniji (LIFE 09NAT/SI/000374). 2011. Zavod Republike Slovenije za varstvo narave. <http://www.wetman.si/> (15. okt. 2014)
- Wigley T. M. L., Briffa K. R., Jones P. D. 1984. On the average value of correlated time series, with applications in dendroclimatology and hydrometeorology. Journal of Climate and Applied Meteorology, 23: 201–213
- Xoplaki E., Luterbacher J., Gonzales-Rouco F. J. 2010. Mediterranean summer temperature and winter precipitation, large-scale dynamics, trends. Il Nuovo Cimento, 29,1: 45–54
- Yu Z., Loisel J., Brosseau D. P., Beilman D. W., Hunt S. J. 2010. Global peatland dynamics since the last glacial maximum. Geophysical Research Letters, 37: 1–5
- Zang C., Biondi F. 2015. Treeclim: an R package for the numerical calibration of proxy-climate relationships. Ecography, 38: 1–5

Zbirno poročilo po Direktivi o habitatih. Poročanje po 17. členu Direktive o habitatih. 2013. Zavod Republike Slovenije za varstvo narave. Ljubljana.

http://www.zrsvn.si/dokumenti/65/2/2013/HabitatnaDirektiva_zbirno_porocilo_2013_3433.xlsx (15. jan. 2015)

Zgonik M. 1972. Delež falske graščinske posesti pri razvoju gospodarstva in preoblikovanju pokrajine na lovrenškem in ruškem Pohorju v 19. stoletju. Časopis za zgodovino in narodopisje, 8: 75–99

8.2 DRUGI VIRI

Kotar M. 2011. Raziskovalne metode v upravljanju z gozdnimi ekosistemi. Ljubljana, Zveza gozdarskih društev Slovenije, Gozdarska založba: 510 str.

Levanič T. 1996. Dendrokronološka in dendroekološka analiza propadajočih vladajočih in sovladajočih jelk (*Abies alba* Mill.) v dinarsko fitogeografski regiji. Doktorska disertacija. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo). Ljubljana, samozaložba: 167 str.

Ramšak Š. 2013. Analiza značilnosti pojavljanja odmrlega drevja v Zasavju: magistrsko delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozaložba: 66 str.

Speer J. H. 2010. Fundamentals of tree-ring research. Tucson, The University of Arizona Press: 333 str.

ZAHVALA

Za pomoč in spodbudo se zahvaljujem mentorju doc. dr. Alešu Kaduncu in somentorju prof. dr. Tomu Levaniču.

Rad bi se zahvalil tudi dr. Petru Skobernetu, ki je bil kot študijski mentor vedno pripravljen pomagati in si je vselej vzel čas za pogovor.

Za pomoč pri meritvah na ploskvah se zahvaljujem Mateju Podkubovšku. Hvala tudi Sebastjanu Štrucu, ki mi je pomagal pri nošenju kolutov.

Hvala Janezu Štravsu za brušenje kolutov in pomoč pri laboratorijskem delu ter Robiju Sajetu za pomoč pri laboratorijskih meritvah branik.

Zahvaljujem se tudi ostalim, ki ste mi bili vedno pripravljeni pomagati: Dejanu Firmu, dr. Simonu Poljanšku, dr. Tini Simončič. in doc. dr. Thomasu A. Naglu.

Posebna zahvala gre Tanji, Sari in Maju, ki ste imeli razumevanje za moje odsotnosti, ter mami in očetu, ki sta mi omogočila študij in me vseskozi podpirala.

Terensko delo je potekalo v okviru projekta Wetman, zato bi se rad zahvalil vodji projekta dr. Niki Šabec, koordinatorju na Zavodu za gozdove Draganu Matijašiču in lokalnemu koordinatorju za pilotno območje Pohorje in Vrhe dr. Juriju Guliču. Hvala tudi Tadeju Kogovšku za idejo o preučevanju dreves na pohorskih barjih.

Zahvala gre tudi vsem, ki ste mi posredovali ustno izročilo o dogajanju na pohorskih barjih, še posebej v povezavi s čiščenjem melioracijskih jarkov in tudi tistim, ki ste mi pomagali pri iskanju starejših ljudi, ki so delali na tem območju. Zato bi se rad zahvalil Antonu Gričniku, Janezu Jerotu, Ludviku Brencetu, Mariji Tič, Slavku Klančniku, Bredi Hraščanec, Francu Juhartu, Robertu Kapunu, Slavici Obrovnik, Stanku Obrovnik, dr. Ani Jurše, Ivanu Petriču, Janezu Vetrihu, Darku Kmetcu in Roku Javorniku. Še posebej se zahvaljujem Igorju Aheju, ki mi je posredoval največ informacij o izkopavanju melioracijskih jarkov.

Hvala sodelavcem na Območni enoti Celje Zavoda za gozdove Slovenije, ki ste imeli razumevanje za moje delo in odsotnosti.

Zahvaljujem se tudi Tatjani Hafner za lektoriranje magistrskega dela in vsem neimenovanim, ki ste mi kakorkoli pomagali pri izdelavi te naloge.

9 PRILOGE

Priloga A – Analiza kovariance

Preglednica 1: Preizkus razlik v debelinskem prirastku med sproščenimi in utesnjenimi drevesi na barju Petinove jame

Vir variacije	Vsota kvadratov	<i>df</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Med razredi (utesnjenost dreves)	0,195	1	0,036	0,849
Višina (kovariata)	153,922	1	28,551	0,000
Znotraj razredov	630,767	117		
Skupaj	794,892	119		

Preglednica 2: Preizkus razlik v temeljničnem prirastku med sproščenimi in utesnjenimi drevesi na Klopnovrških barjih za drevesa zgornje in srednje sestojne plasti

Vir variacije	Vsota kvadratov	<i>df</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Med razredi (utesnjenost dreves)	1812,494	1	5,011	0,028
Višina (kovariata)	23141,620	1	63,983	0,000
Starost (kovariata)	5486,429	1	15,169	0,000
Znotraj razredov	28934,616	80		
Skupaj	55289,448	83		

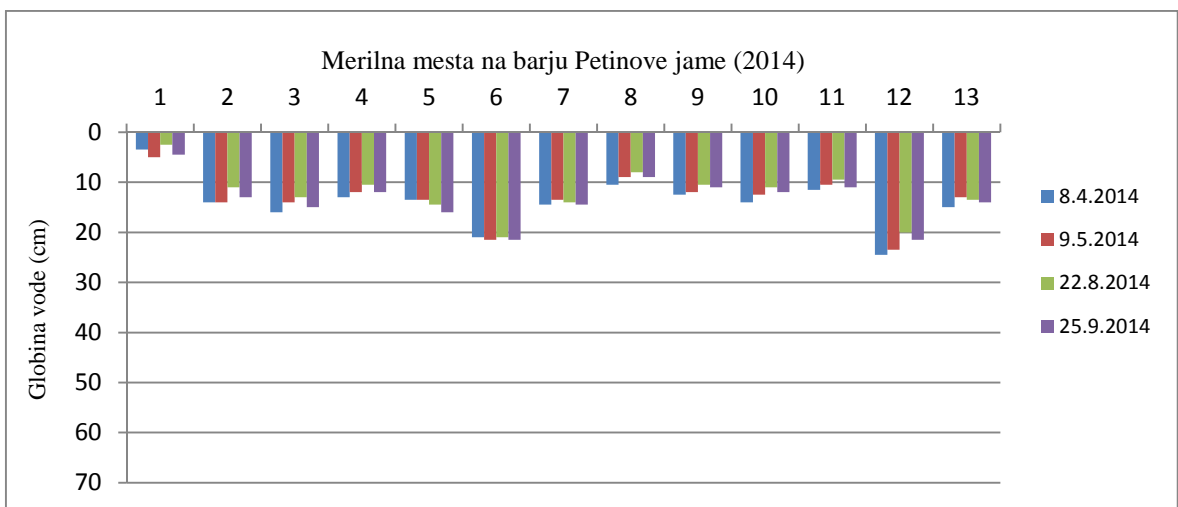
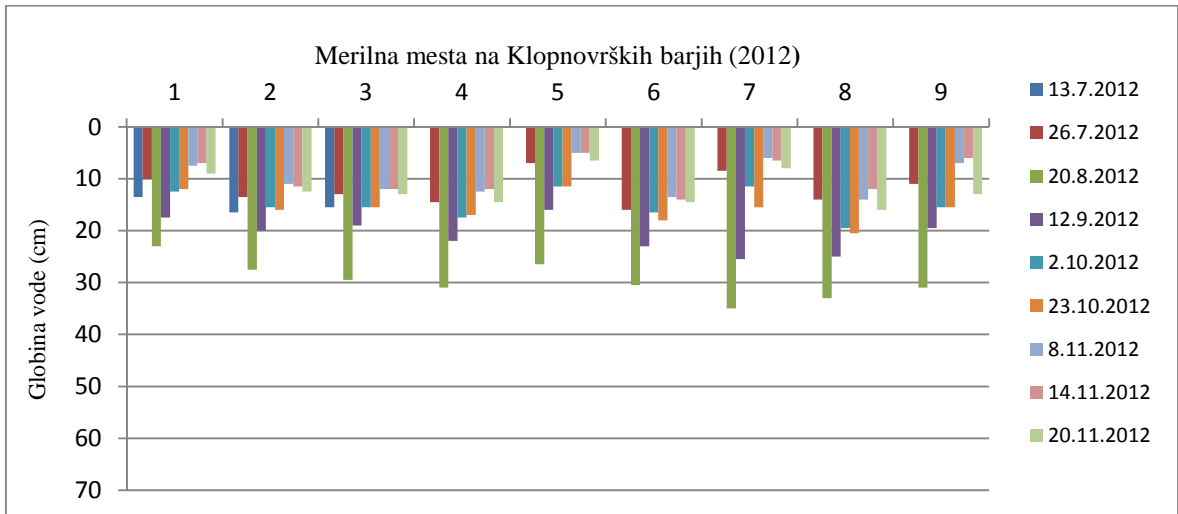
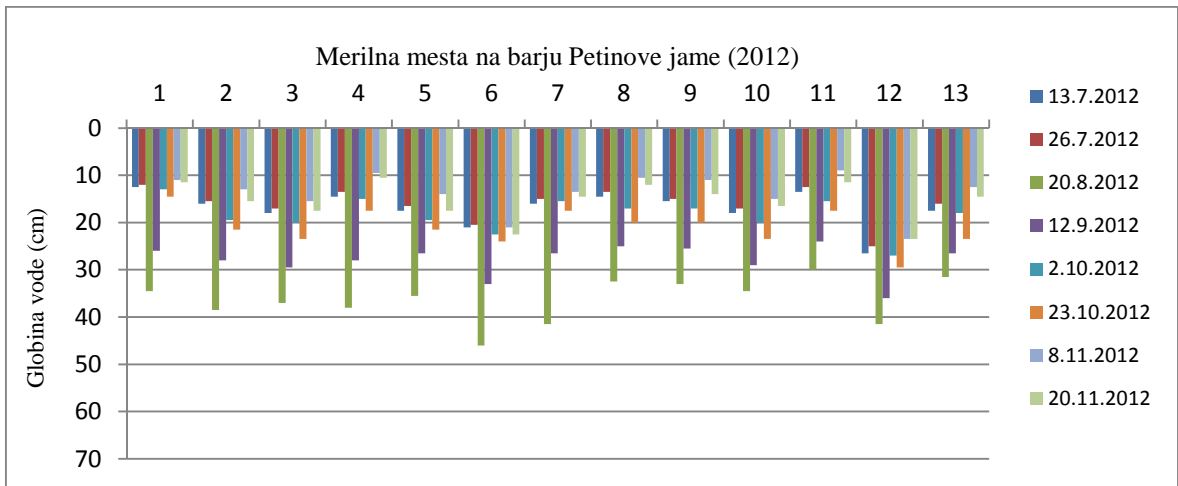
Preglednica 3: Preizkus razlik v temeljničnem prirastku med sproščenimi in utesnjenimi drevesi na Klopnovrških barjih za drevesa z veliki krošnjami

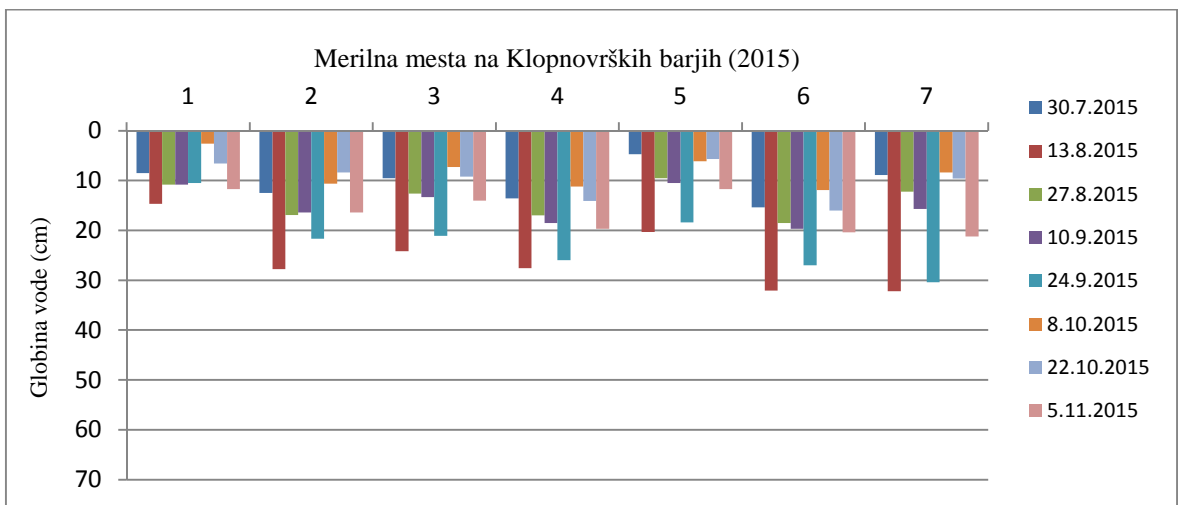
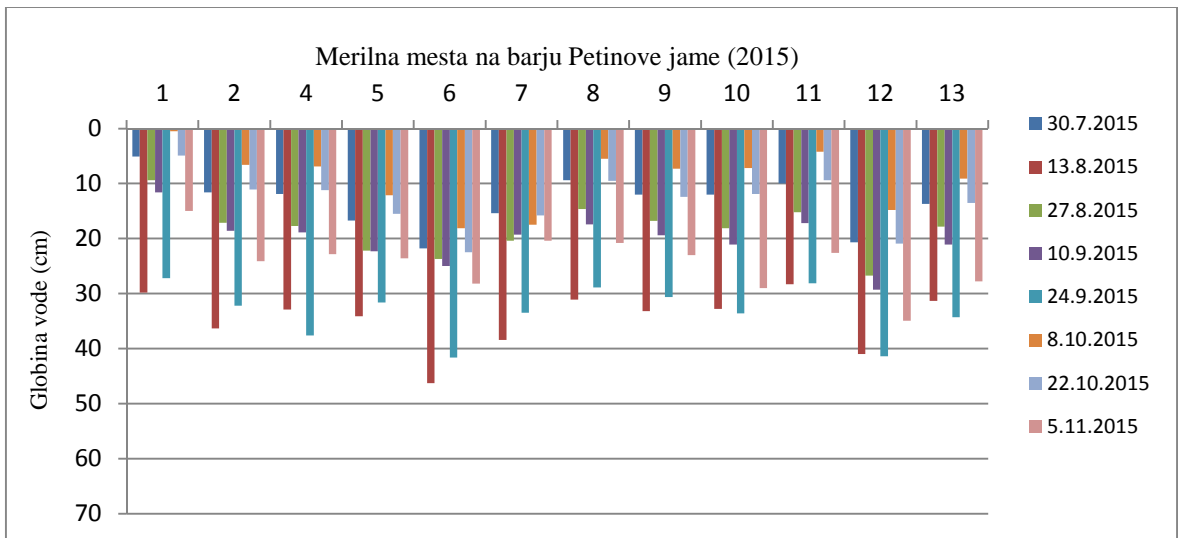
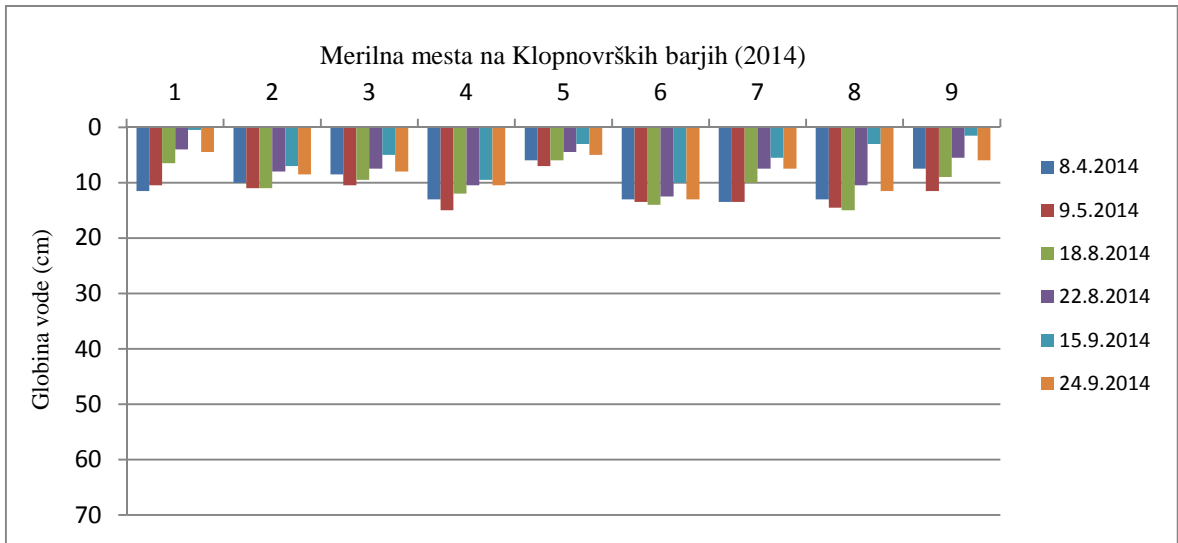
Vir variacije	Vsota kvadratov	<i>df</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Med razredi (utesnjenost dreves)	1817,710	1	5,459	0,025
Višina (kovariata)	25910,363	1	77,819	0,000
Starost (kovariata)	2683,198	1	8,059	0,007
Znotraj razredov	12652,365	38		
Skupaj	47175,021	41		

Preglednica 4: Preizkus razlik v temeljničnem prirastku med sproščenimi in utesnjenimi drevesi na Klopnovrških barjih za drevesa z majhnimi krošnjami

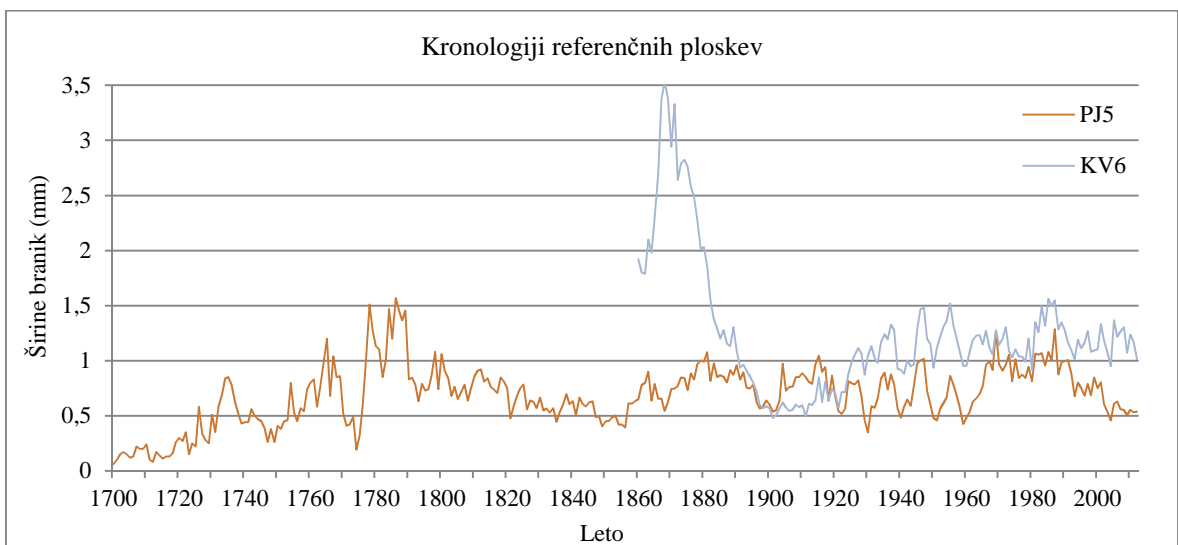
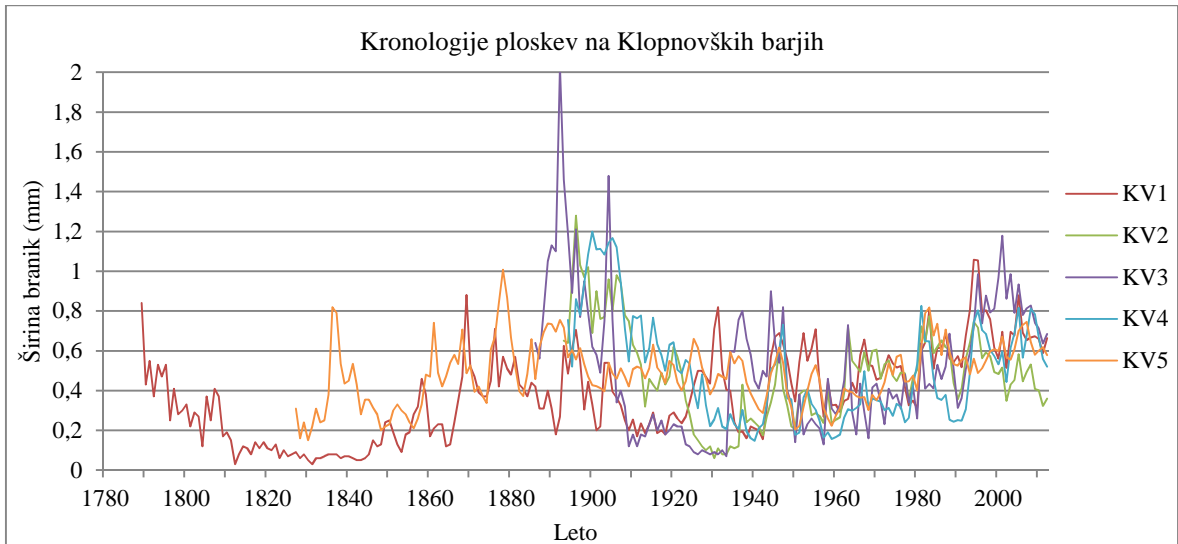
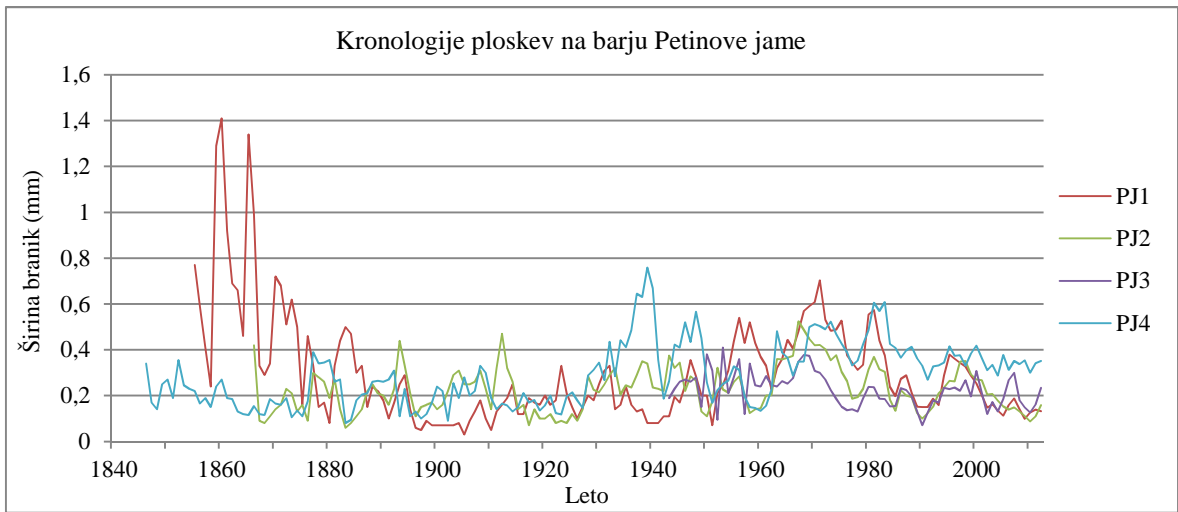
Vir variacije	Vsota kvadratov	<i>df</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Med razredi (utesnjenost dreves)	803,231	1	8,996	0,003
Starost (kovariata)	1598,737	1	17,905	0,000
Znotraj razredov	9375,274	105		
Skupaj	12171,924	107		

Priloga B – Podatki piezometrov o nihanju ravni talne vode





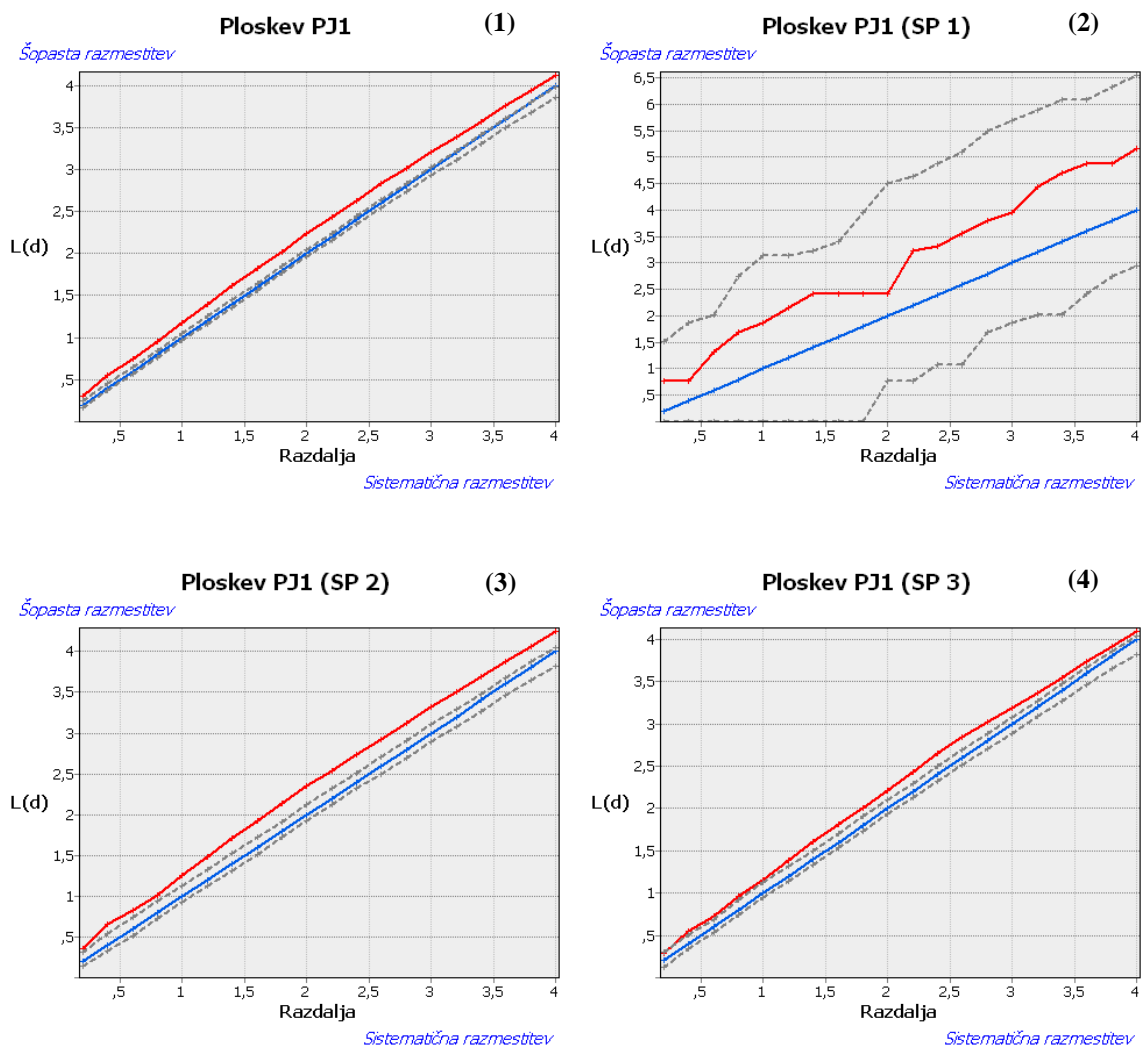
Priloga C – Kronologije ploskev

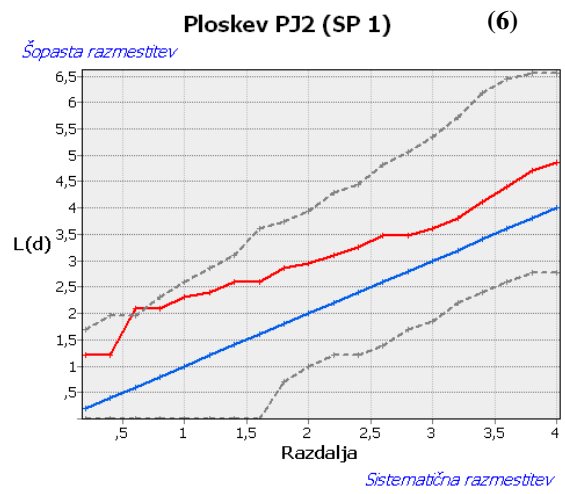
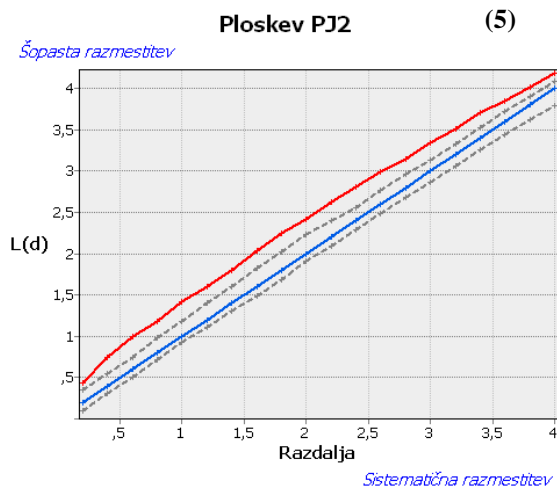


Priloga D – Analiza prostorske razmestitve dreves

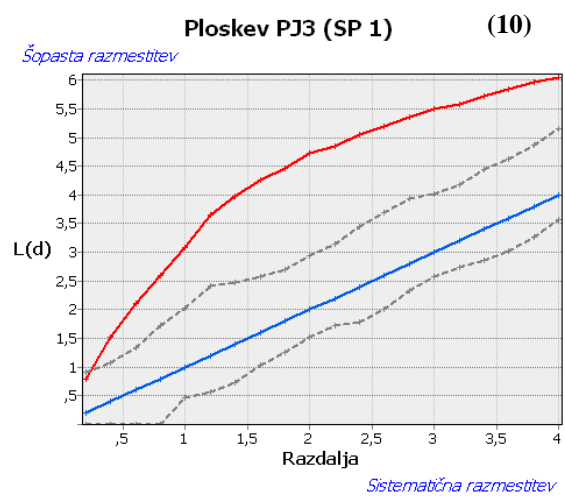
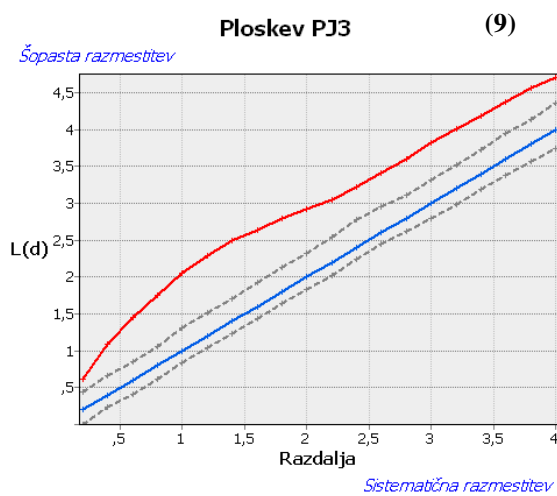
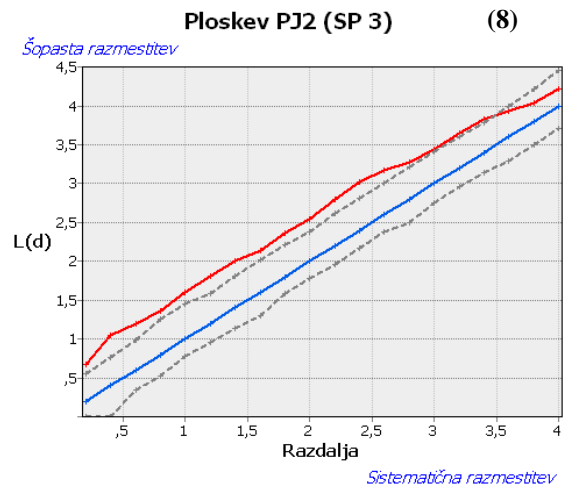
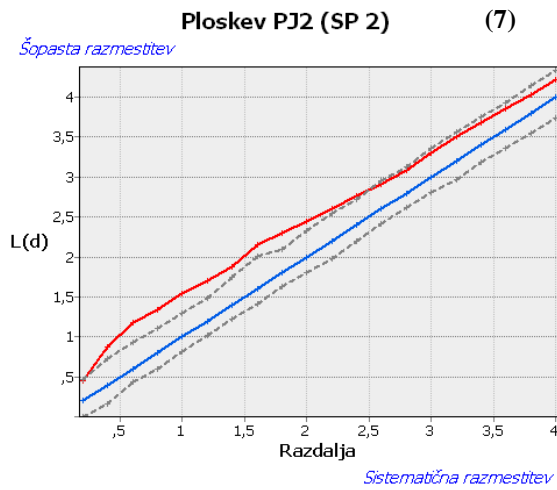
Legenda:

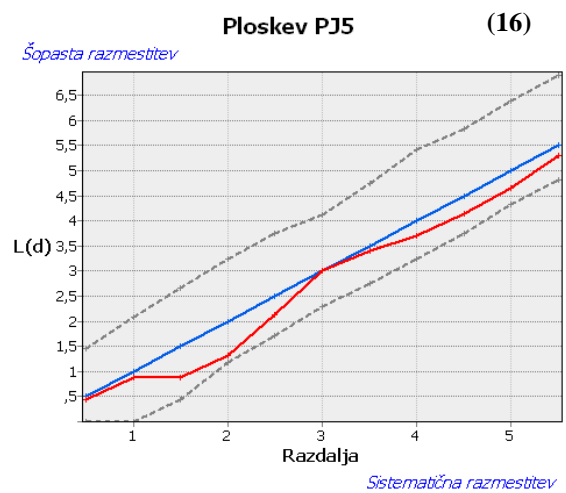
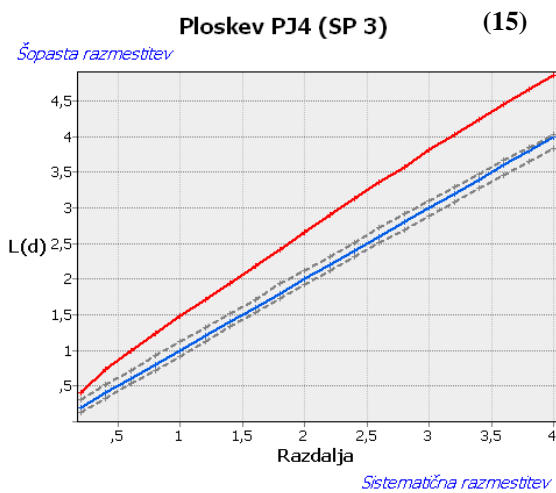
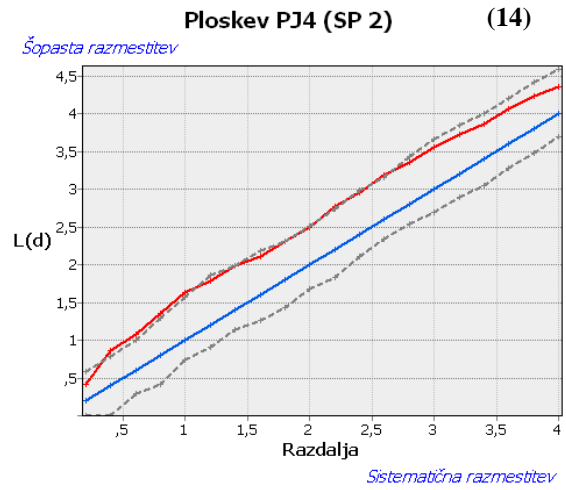
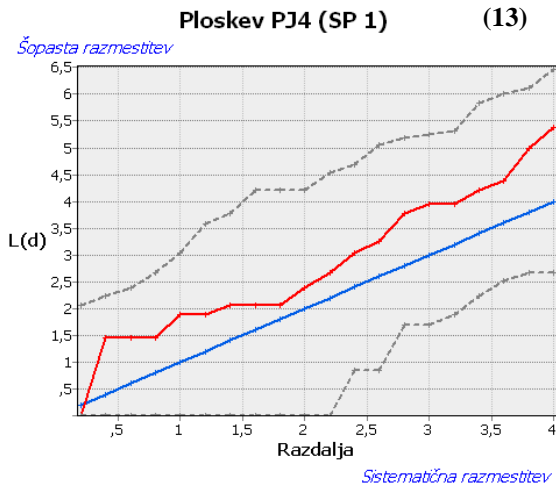
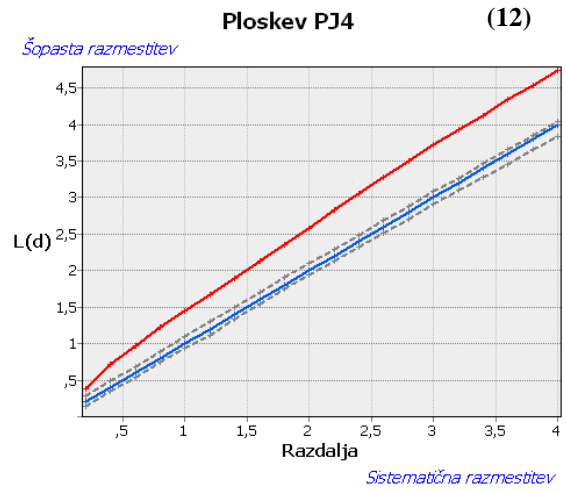
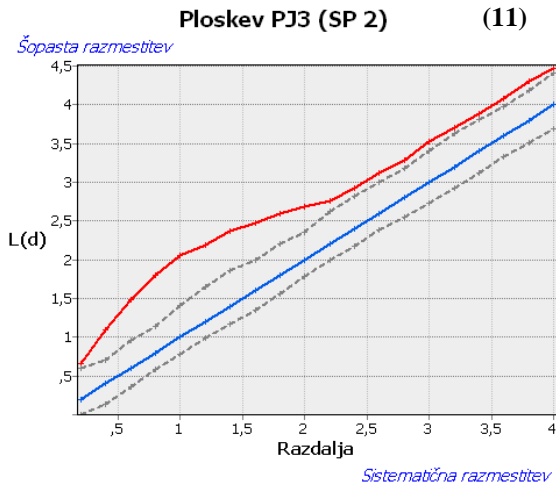
- dejanski prostorski vzorec
- pričakovani prostorski vzorec
- - - - spodnja in zgornja meja ovoja zaupanja

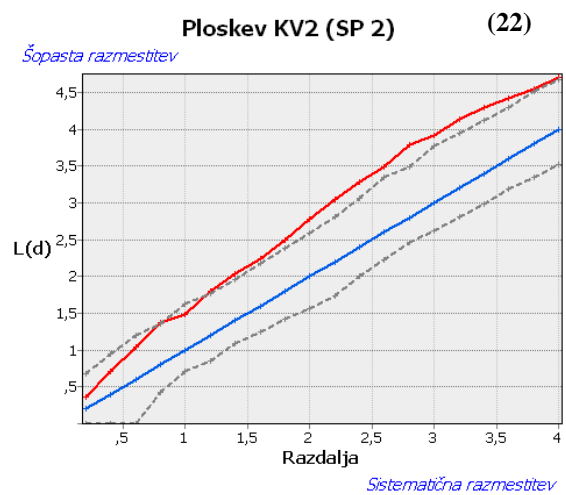
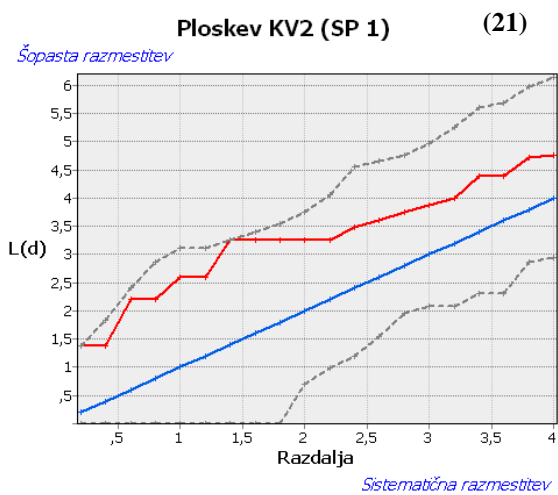
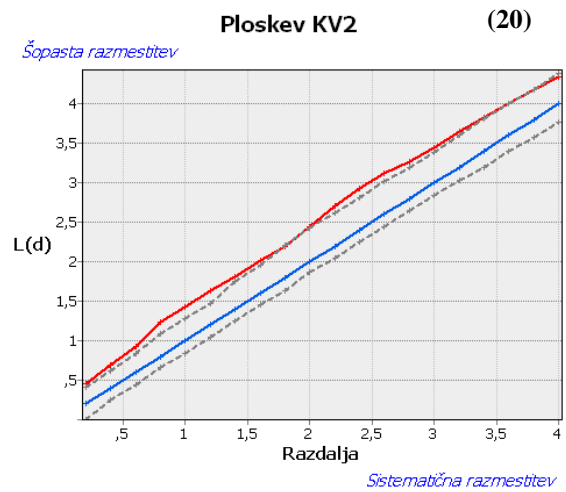
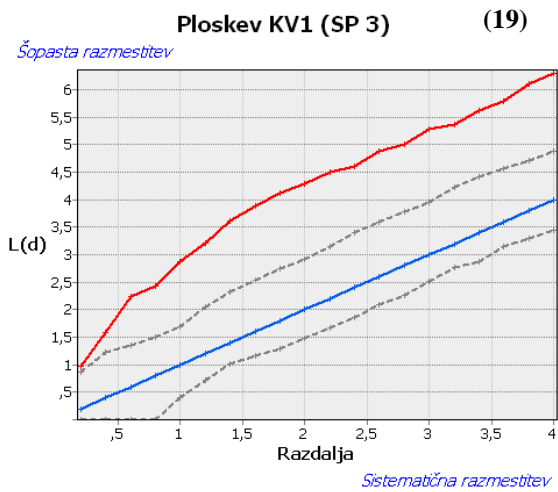
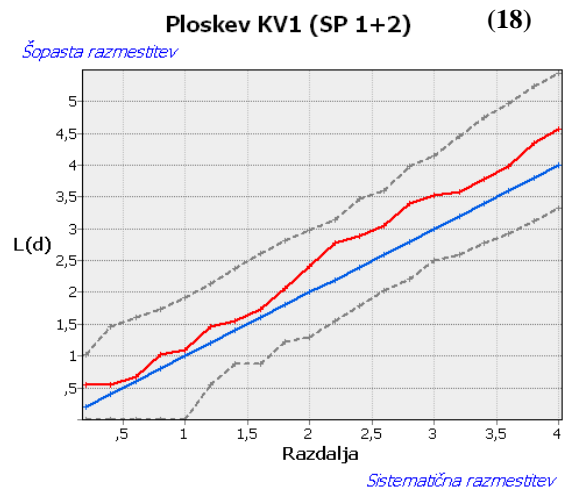
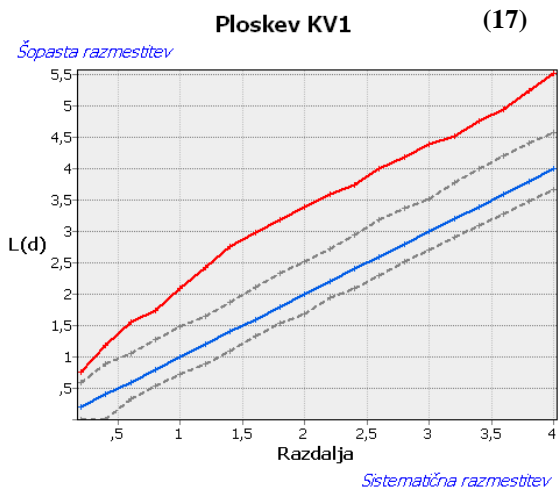


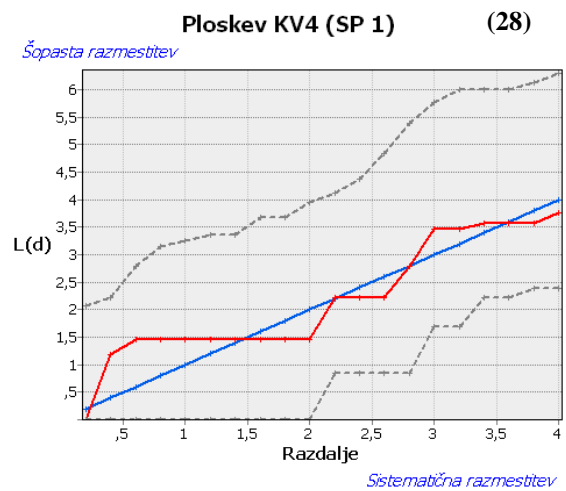
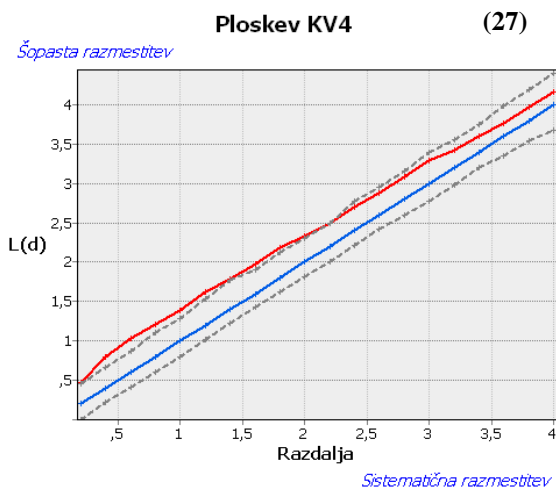
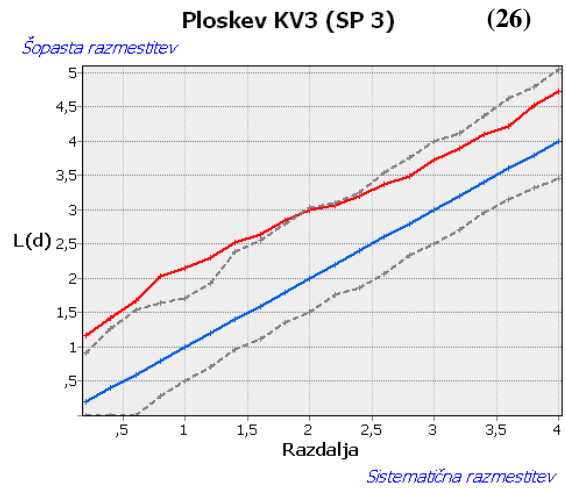
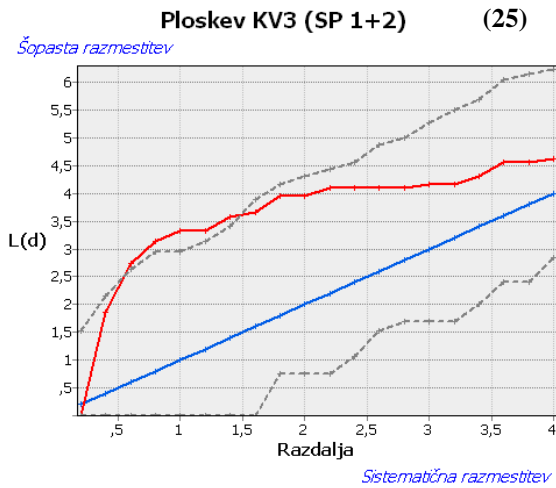
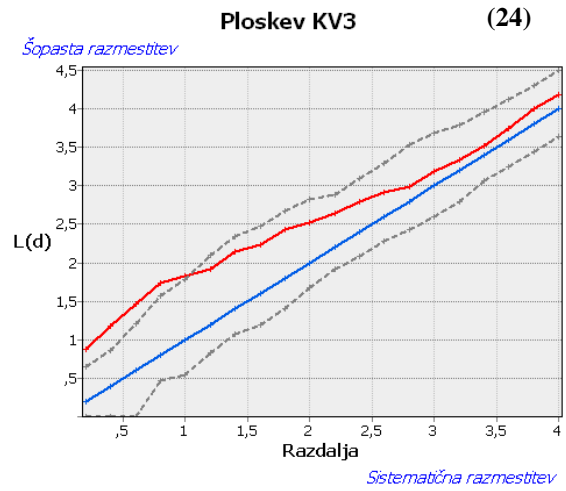
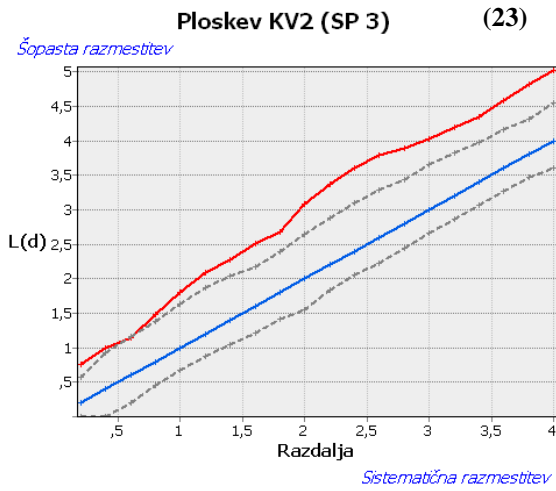


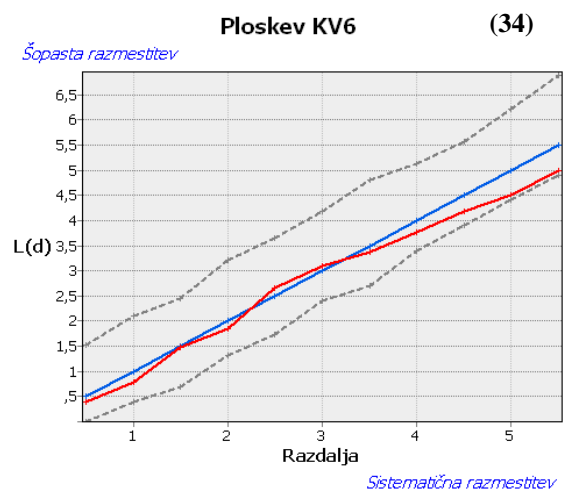
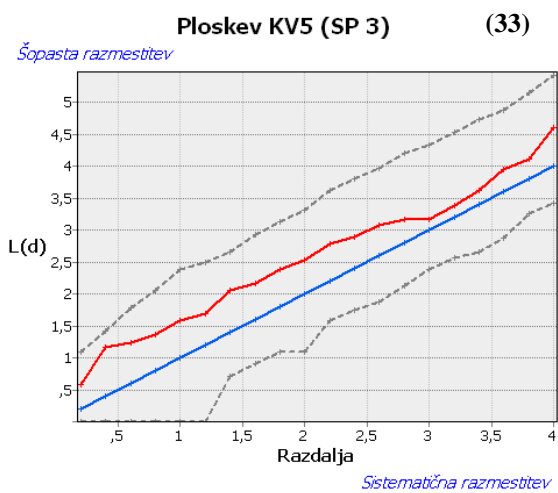
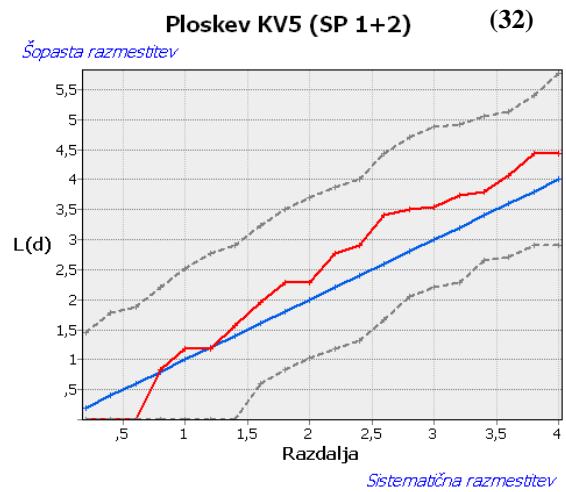
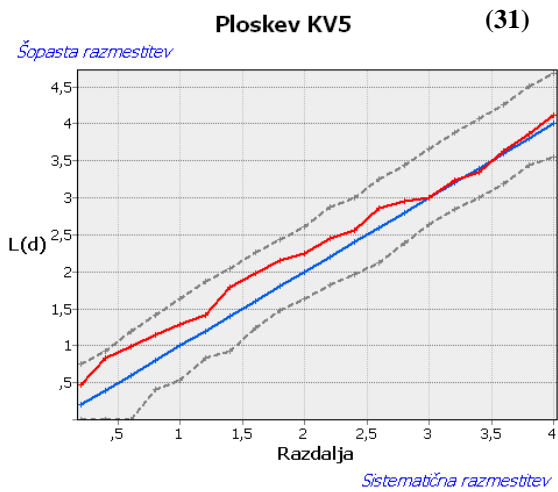
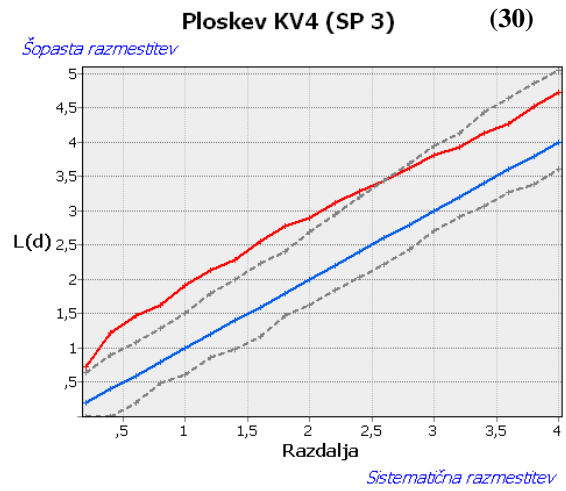
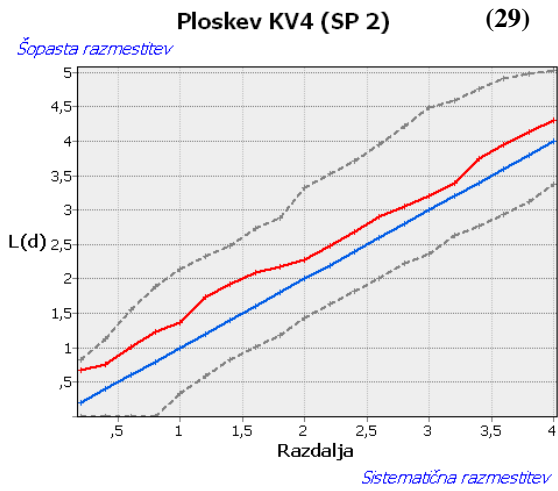
Graf 1





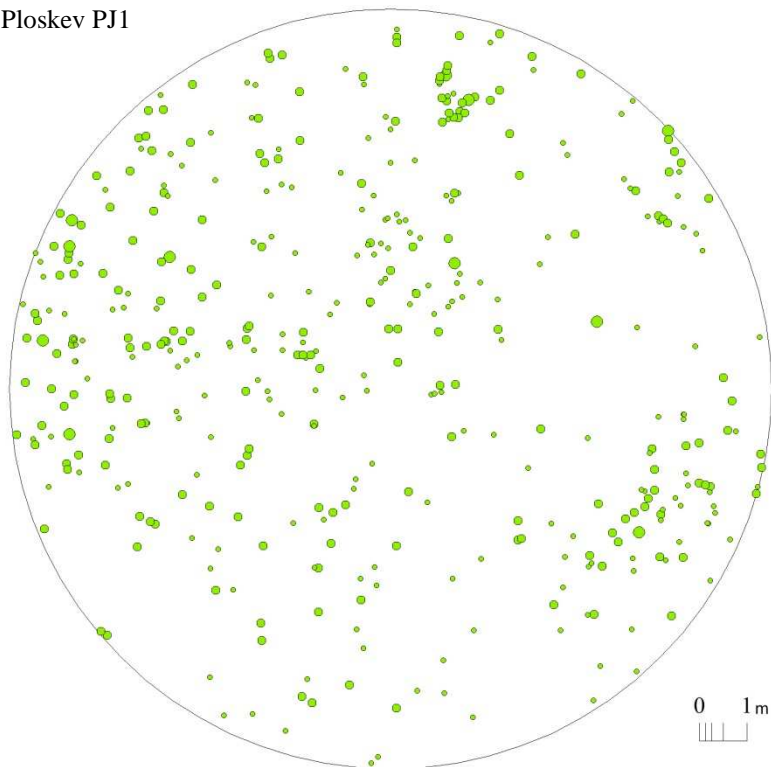






Priloga E – Tlorisi ploskev (razmestitev dreves)

Ploskev PJ1

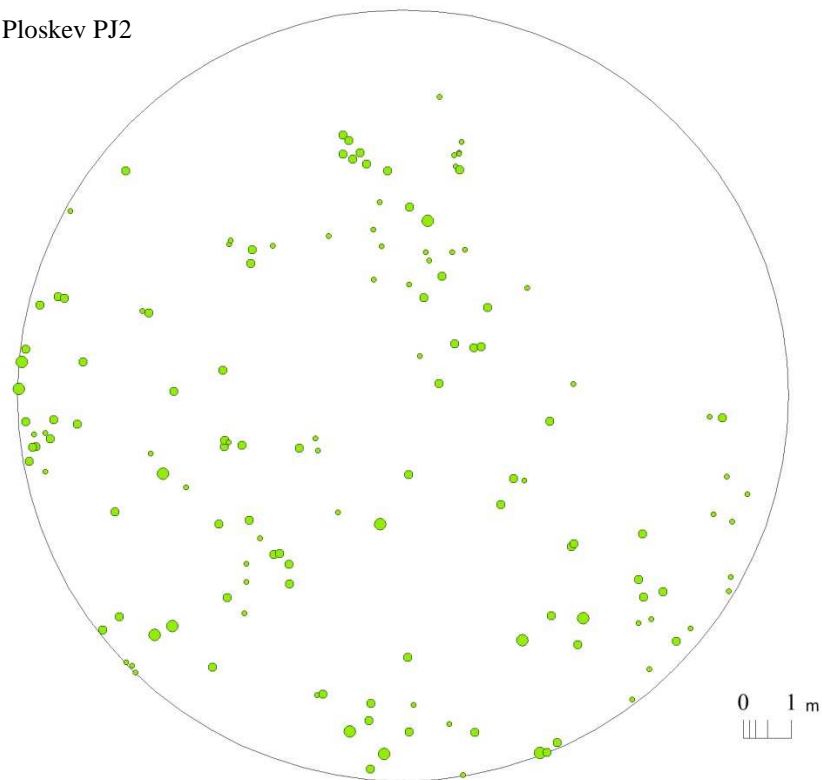


LEGENDA:

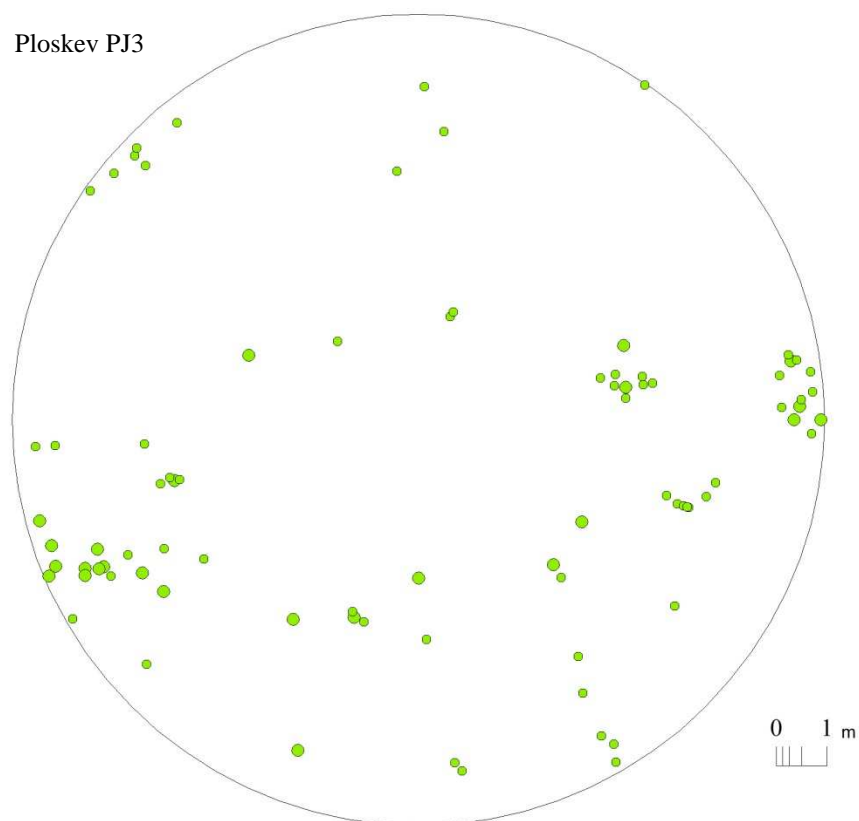
- - smreka
- - jelka
- - rdeči bor
- - rušje
- - jerebika

- - drevesa spodnje sestojne plasti
- - drevesa srednje sestojne plasti
- - drevesa zgornje sestojne plasti

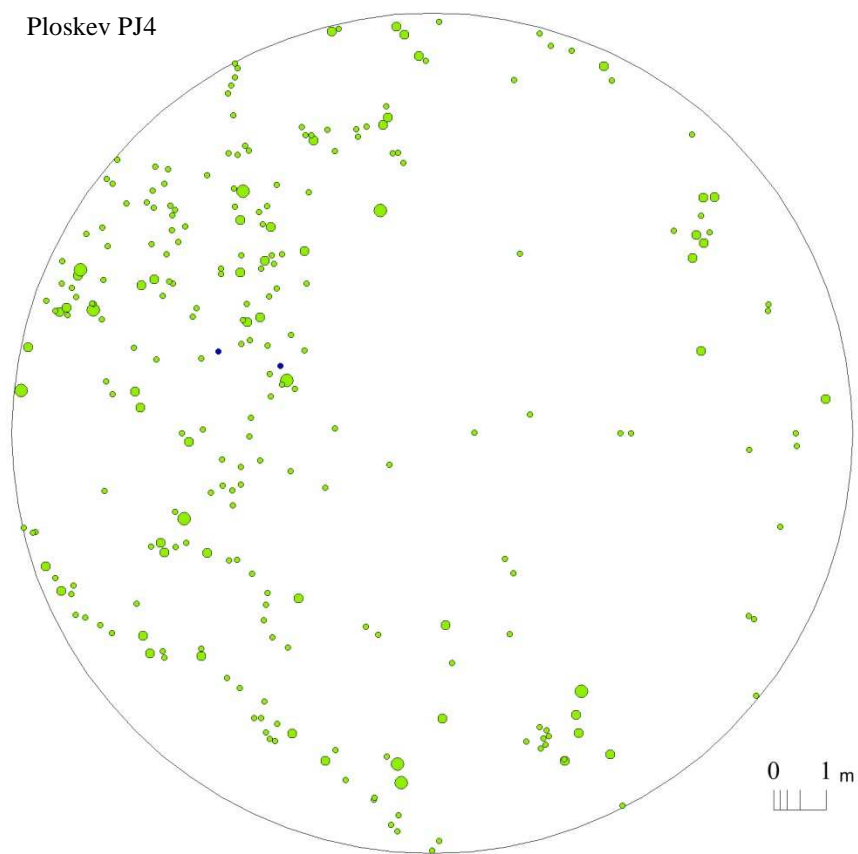
Ploskev PJ2



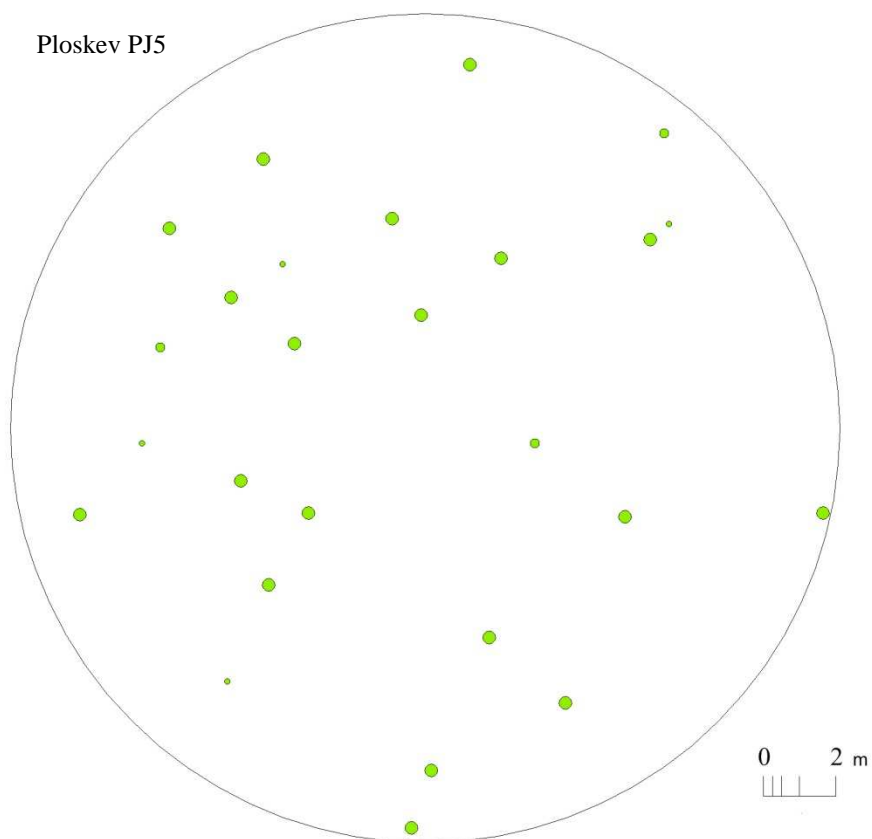
Ploskev PJ3



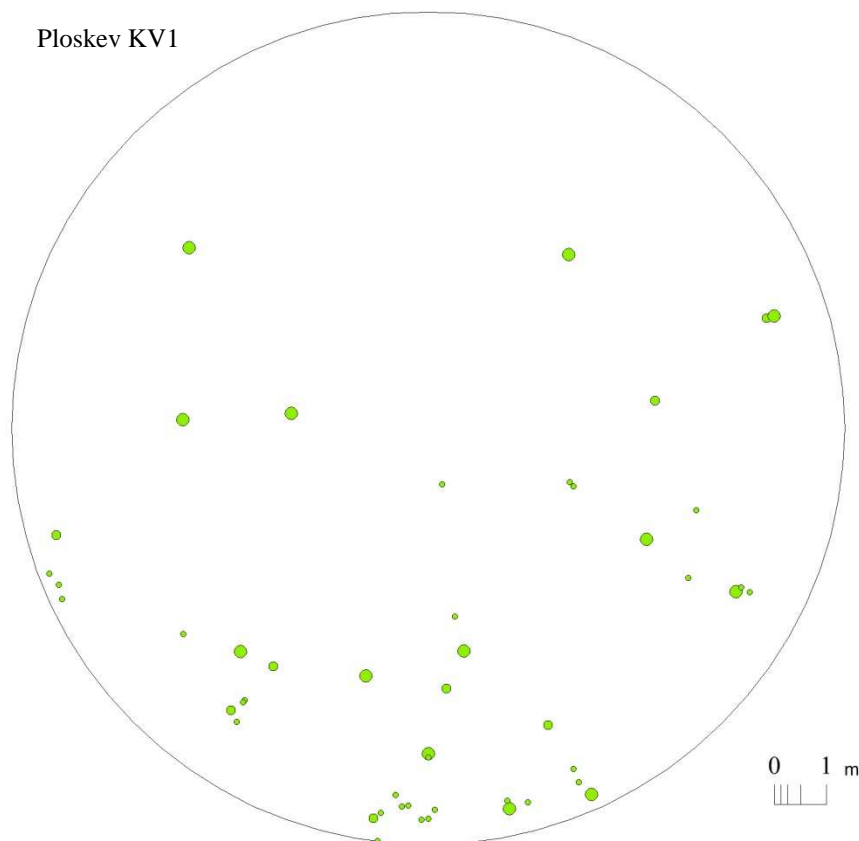
Ploskev PJ4



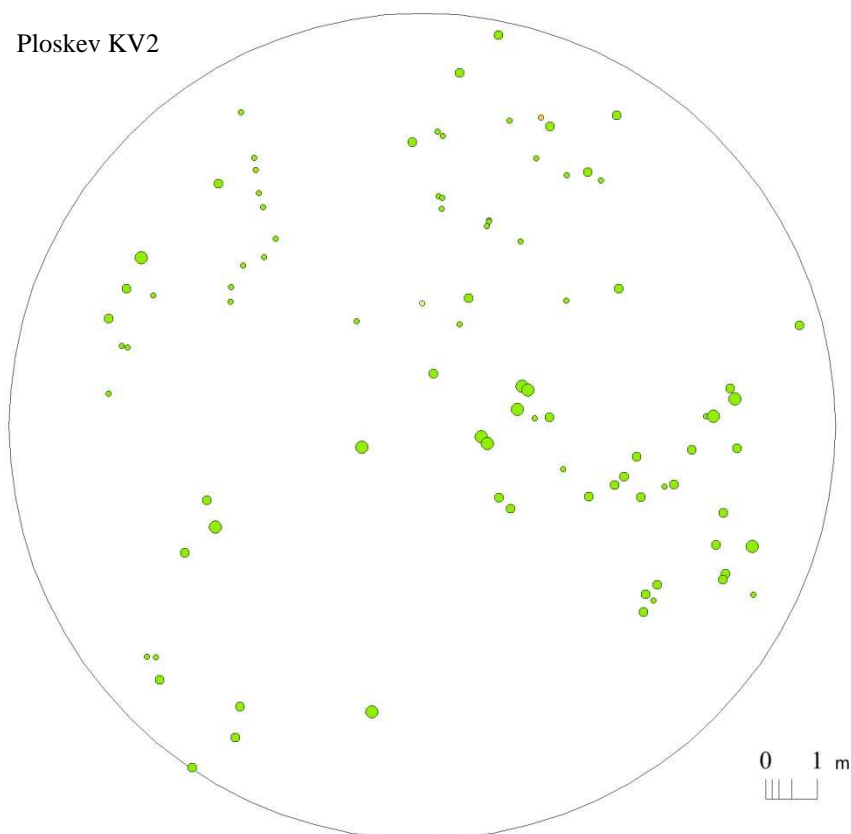
Ploskev PJ5



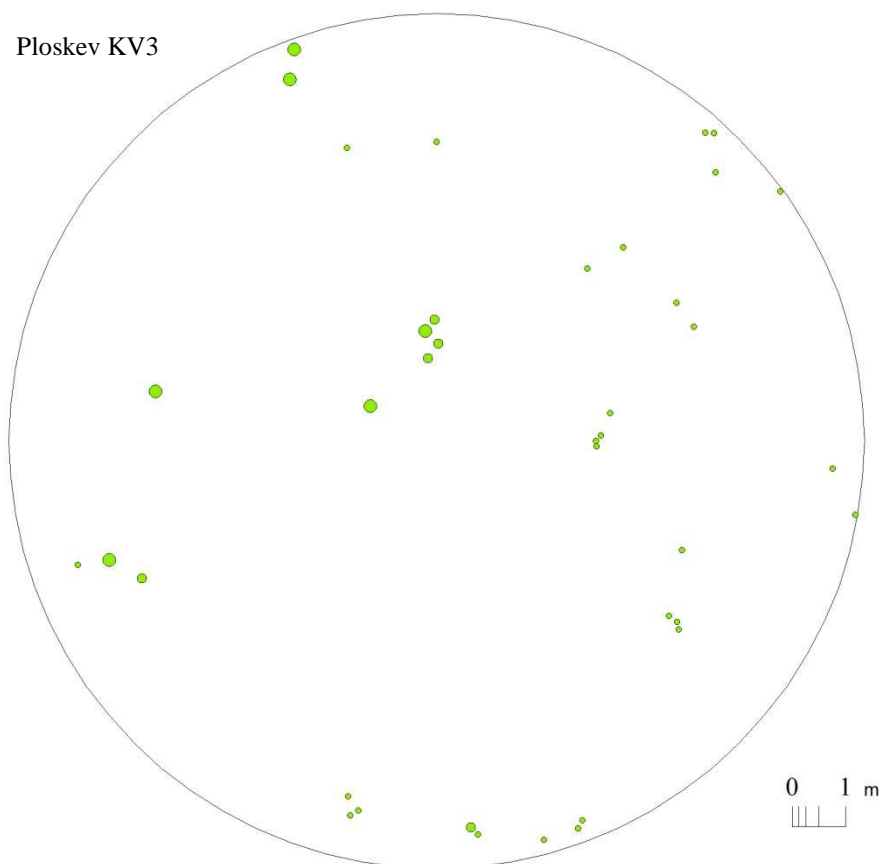
Ploskev KV1



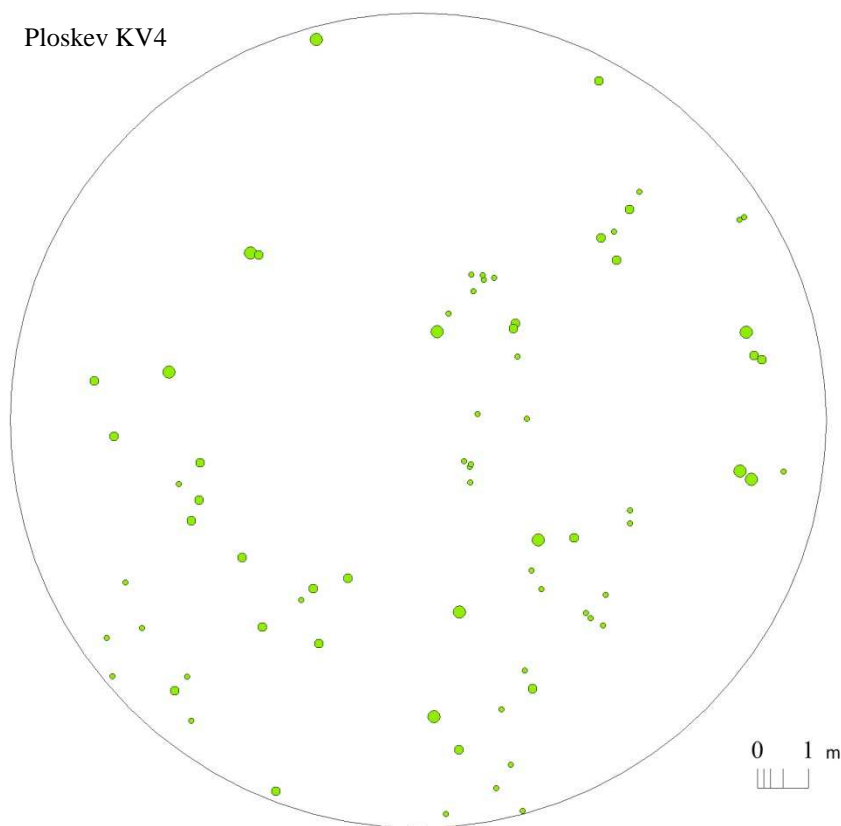
Ploskev KV2



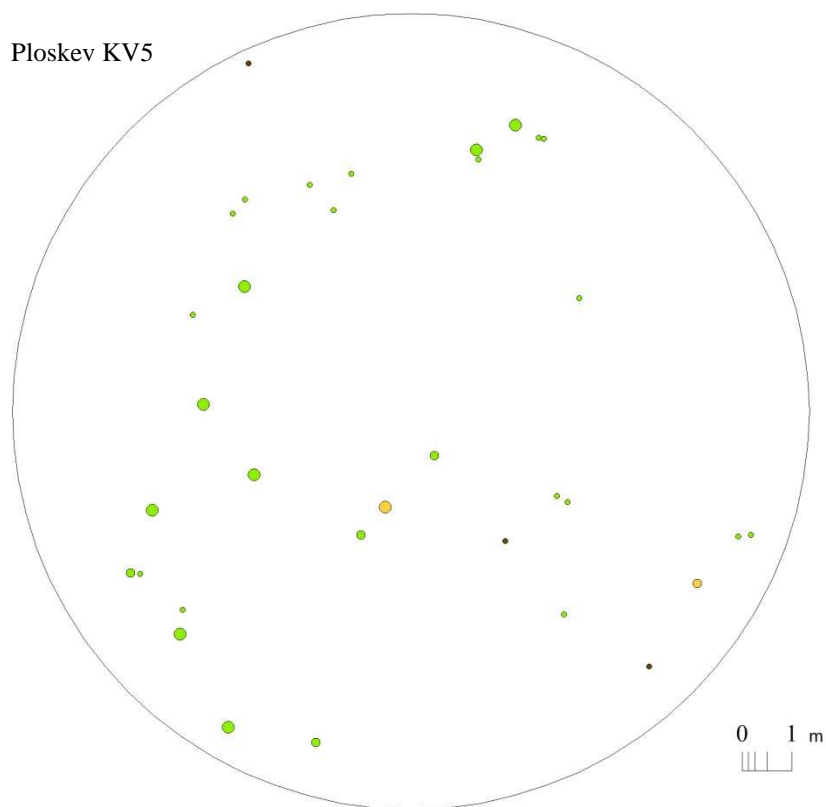
Ploskev KV3



Ploskev KV4



Ploskev KV5



Ploskev KV6

