

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Rajko PAGON

**RASTNE IN RAZVOJNE ZNAČILNOSTI DREVJA TER
GOZDNIH SESTOJEV NA ZGORNJI GOZDNI MEJI V
SLOVENIJI**

MAGISTRSKO DELO

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Rajko PAGON

**RASTNE IN RAZVOJNE ZNAČILNOSTI DREVJA TER GOZDNIH
SESTOJEV NA ZGORNJI GOZDNI MEJI V SLOVENIJI**

MAGISTRSKO DELO

**GROWTH AND DEVELOPMENT CHARACTERISTICS OF TREES AND
FOREST STANDS IN THE UPPER TIMBERLINE IN SLOVENIA**

MASTER OF SCIENCE THESIS

Ljubljana, 2016

Na podlagi Statuta Univerze v Ljubljani ter po sklepu Senata Biotehniške fakultete z dne 4. 7. 2016, je bilo potrjeno, da kandidat izpolnjuje pogoje za magistrski Podiplomski študij bioloških in biotehniških znanosti ter opravljanje magisterija znanosti s področja gozdarstva in obnovljivih gozdnih virov. Za mentorja je bil imenovan doc. dr. Aleš Kadunc, za somentorja pa višji znan. sod. dr. Igor Dakskobler

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Jurij Daci

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire

Član: prof. dr. Robert Brus

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire

Član: doc. dr. Matjaž Čater

Gozdarski inštitut Slovenije

Datum zagovora:

Podpisani izjavljam, da je magistrsko delo rezultat lastnega raziskovalnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravici shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Rajko Pagon

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Md
DK	GDK 181:228.9(497.4)(043.2)=163.6
KG	zgornja gozdna meja/produkcijska sposobnost/šopasta razmestitev/starost drevja/floristična sestava
AV	PAGON, Rajko, univ. dipl. inž. gozd.
SA	KADUNC, Aleš (mentor)/DAKSKOBLER, Igor (somentor)
KZ	SI – 1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Podiplomski študij bioloških in biotehniških znanosti, področje gozdarstvo in obnovljivi gozdnici viri
LI	2016
IN	RASTNE IN RAZVOJNE ZNAČILNOSTI DREVJA TER GOZDNIH SESTOJEV NA ZGORNJI GOZDNI MEJI V SLOVENIJI
TD	Magistrska naloga
OP	XI, 80 str., 30 pregl., 8 sl., 2 pril., 122 vir.
IJ	sl
JL	sl/en
AI	Magistrska naloga poglobljeno obravnava rastne in rastiščne značilnosti, strukturo ter razvoj gozda na zgornji gozdni meji v Sloveniji. Na več izbranih lokacijah so bile opravljene meritve in zbrani podatki, na podlagi katerih smo potrdili ali deloma ovrgli hipoteze, postavljene v ta namen. Rezultati meritev in sinteza zbranih podatkov na osmih lokacijah kažejo na močan antropogeni vpliv in spremembe, ki sledijo po prenehanju le-tega. Glavne gozdne združbe na zgornji gozdni meji smo prepoznali s pomočjo fitocenoloških popisov v ohranjenih delih gozdnih sestojev.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN	Md
DC	FDC 181:228.9(497.4)(043.2)=163.6
CX	upper timberline/production capacity/cluster arrangement/tree age/floristic composition
AU	PAGON, Rajko
AA	KADUNC, Aleš (supervisor)/DAKSKOBLER, Igor (co-advisor)
PP	SI – 1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
PB	University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Postgraduate Study of Biological and Biotechnical Sciences, Field: Forestry and Renewable Forest Resources
PY	2016
TI	GROWTH AND DEVELOPMENT CHARACTERISTICS OF TREES AND FOREST STANDS IN THE UPPER TIMBERLINE IN SLOVENIA
DT	M. Sc. Thesis
NO	XI, 80 p., 30 tab., 8 fig., 2 ann., 122 ref.
LA	sl
AL	sl/en
AB	The master's thesis deals with growth and site characteristics, the structure and development of the forest in the upper timberline in Slovenia. Measurements were made and data collected on several selected locations based on which we confirmed or partly disproved the hypothesis formed for this purpose. The results of the measurements and the synthesis of the data collected at eight sites point to a strong anthropogenic influence and the changes that follow after the termination of such forces. We have identified the main forest communities in the upper timberline with the help of phytosociological inventories in the preserved parts of the forest stands.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE.....	V
KAZALO PREGLEDNIC.....	VII
1 UVOD IN OPREDELITEV PROBLEMA	1
2 DOSEDANJA RAZISKOVANJA	6
3 NAMEN RAZISKAVE IN HIPOTEZE	9
4 METODE DELA IN OBJEKTI RAZISKAVE	10
4.1 OBJEKTI RAZISKAVE	10
4.1.1 Sestojna meja	10
4.1.2 Prehodna cona	12
4.1.3 Vegetacijska oznaka zgornje gozdne meje v Sloveniji	13
4.2 METODE DELA	14
4.2.1 Izbor objektov	14
4.2.2 Meritve na ploskvah	14
4.2.3 Meritve na progah	16
4.2.4 Rastne analize	16
4.2.5 Ugotavljanje tipa razmestitve dreves	18
4.2.6 Fitocenološki popisi	21
5 REZULTATI.....	23
5.1 SESTOJNA MEJA, DREVESNA MEJA IN MEJA PRITLIKAVE RASTI	23
5.2 STRUKTURA SESTOJEV NA GOZDNI MEJI	23
5.2.1 Gostota sestojev, temeljnica in lesna zaloga	23
5.2.2 Drevesna sestava in tip izvora	24
5.2.3 Starostna struktura	26

5.2.4 Debelinska struktura in dimenzijsko razmerje.....	29
5.2.5 Obdanost in velikost krošen.....	30
5.2.6 Razmestitev dreves na ploskvah	33
5.3 RASTNE ZNAČILNOSTI DREVJA NA SESTOJNI GOZDNI MEJI.....	37
5.3.1 Producjska sposobnost sestojev na zgornji gozdni meji.....	37
5.3.2 Višinsko priraščanje dominantnega drevja	39
5.4 ZNAČILNOSTI PREHODNE CONE.....	42
6 RAZPRAVA S SKLEPI.....	56
7 POVZETEK (SUMMARY).....	63
7.1 POVZETEK.....	63
7.2 SUMMARY.....	65
8 VIRI.....	67
ZAHVALA	
PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Splošni podatki o analiziranih ploskvah po lokacijah	11
Preglednica 2: Splošni podatki o progah po lokacijah	12
Preglednica 3: Število posekanih oziroma izvrtnih dreves na ploskvah	17
Preglednica 4: Nadmorske višine sestojne meje, drevesne meje in meje pritlikave rasti	23
Preglednica 5: Gostota sestojev, temeljnica in lesna zaloga na ploskvah	24
Preglednica 6: Deleži drevesnih vrst v lesni zalogi na ploskvah	25
Preglednica 7: Starostna struktura analiziranih dreves na ploskvah (v letih)	26
Preglednica 8: Deleži dreves (v %) po 20-letnih starostnih razredih na lokacijah	27
Preglednica 9: Koeficient variacije za starost	28
Preglednica 10: Test razlik med koeficienti variacije za starost	28
Preglednica 11: Povprečni prsni premer in dimenzijsko razmerje na ploskvah	29
Preglednica 12: Deleži dreves (v % glede na število) glede na socialni razred po lokacijah ..	31
Preglednica 13: Deleži dreves (v %) glede na velikost krošnje po lokacijah	32
Preglednica 14: Deleži dreves (v %) glede na obdanost krošnje po lokacijah	33
Preglednica 15: Vzorec razmestitve glede na vrednost Ripleyeve (K) funkcije po razdaljah .	34
Preglednica 16: Deleži ploskev (v %) s šopasto razmestitvijo	35
Preglednica 17: Test CE o razmestitvi dreves na ploskvah	36
Preglednica 18: Deleži ploskev s statistično značilno šopasto razmestitvijo	37
Preglednica 19: Ocena produkcijske sposobnosti sestojev na analiziranih ploskvah	38
Preglednica 20: Ocene produkcijskih sposobnosti po drevesnih vrstah	39
Preglednica 21: Tablični in dejanski prirastek glede na drevesne vrste	40
Preglednica 22: Dejanski višinski prirastki zadnjih 30	41
Preglednica 23: Kvocient med razmerjem dejanskega in tabličnega prirastka	42
Preglednica 24: Drevesna sestava po lokacijah	43
Preglednica 25: Gostota (N/ha), delež panjevcov in lesna zaloga (m ³ /ha)	43

Preglednica 26: Starost analiziranih dreves po lokacijah in drevesnih vrstah	45
Preglednica 27: Povprečni prsni premer, povprečna višina in dimenzijsko razmerje	46
Preglednica 28: Deleži iglavcev (v %) glede na višinski prirastek	46
Preglednica 29: Test CE o razmestitvi dreves na progah.....	47
Preglednica 30: Povezanost med fitoindikacijskimi vrednostmi in produkcijsko sp.....	55

KAZALO SLIK

Slika 1: Karta analiziranih lokacij	10
Slika 2: Prikaz rezultatov Ripleyeve K funkcije (Multi-Distance ..., 2012)	19
Slika 3: Debelinska struktura po lokacijah.....	30
Slika 4: Dendrogram popisov na raziskovalnih ploskvah in raziskovalnih progah.	48
Slika 5: Dvorazsežni ordinacijski diagram popisov na raziskovalnih ploskvah	49
Slika 6: Dvorazsežni ordinacijski diagram popisov na raziskovalnih ploskvah	52
Slika 7: Logistična regresija pogostnosti pojavljanja vrst drevesne in grmovne plasti	53
Slika 8: Logistična regresija pogostnosti pojavljanja vrst drevesne in grmovne plasti	54

KAZALO PRILOG

Priloga A: Fitocenološka tabela raziskovalnih ploskev in raziskovalnih prog v gozdnih in grmiščnih sestojih na zgornji gozdni meji v Sloveniji (avtor dr. Igor Dakskobler)

Priloga B: Ripleyeve funkcije

1 UVOD IN OPREDELITEV PROBLEMA

Vsakokrat, ko se podamo v gore, nas pot pelje skozi gozdove, ki jim z višino sledijo planinski pašniki ali skalovje. Ob tem se človek pogosto sprašuje, zakaj je meja med gozdom in pašnikom ravno na tej višini, zakaj je posamezno drevje še precej više kot sklenjen gozd, zakaj se na opuščene pašne površine tako hitro vrača gozd, zakaj je na zgornji meji na Mangartu macesen, na Snežniku bukev, v Bohinju smreka in tako naprej. Veliko odgovorov se skriva v preteklem demografsko-ekonomskem razvoju teh krajev, saj je bila paša največji oblikovalec krajine v visokogorju, pa tudi brezobzirno izkoriščanje gozdov je pustilo svoje sledove. V današnjem času, ko pritisk na te površine popušča, se obnavlja prvotna slika, seveda preko različnih sukcesijskih stadijev in prehodov ter izmenjave vrst. Gozd bo segel precej čez današnje meje, rast in razvoj bodo ovirale le ostre talne in klimatske razmere na teh višinah. Zacetile se bodo tudi rane, ki so jih povzročili hudourniki in druge ujme na ogolelih površinah. Vse to se dogaja v času, ki je drugačen od človeških meril. S študijem rasti in razvoja gozda na gornji gozdni meji skušamo odgovoriti na čim več vprašanj, obenem pa se naučiti, kako ravnati z gozdom na tej višini, seveda tam, kjer so kakršnikoli posegi sploh smiseln in potrebni.

Ob tem moramo upoštevati tudi, da raziskujemo biološki kompleks velike heterogenosti, ki reagira zelo kompleksno na posamezne okoljske dejavnike. Zgornja gozdna meja tako ni preprosta črta, ki bi se premikala le prenosorazmerno s spremembami temperturnih razmer, kot je globalna otoplitev.

Že uvodoma velja poudariti, da zgornja gozdna meja predstavlja le eno izmed meja, kjer gozd preneha s svojo rastjo. Od ostalih se loči po tem, da je najbolj vidna in za človeka najbolj zanimiva, saj gozd na gornji gozdni meji ščiti pod sabo ležeča zemljišča pred različnimi negativnimi dejavniki nežive narave. Ta meja pa se pojavlja v več oblikah, ki se razlikujejo po načinu prehoda v alpinsko travnišče. Lahko se konča z ostrim prehodom sklenjenega gozda v alpinsko travnišče, ali pa je ta prehod postopen, saj gozd navadno prehaja najprej v ruševje ali zelenojelševje (torej obliko grmovno grmiščnega rastja). V tem primeru pri zgornji gozdni meji razlikujemo tri meje, in sicer:

1. sestojno mejo,

2. drevesno mejo in
3. mejo pritlikavega drevja (Tranquillini, 1979),

Prehodno cono nad sklenjenim gozdom običajno imenujemo bojna cona (nem. Kampfzone)(Tranquillini, 1979).

Rubner in Schröder (cit. po Mayer, 1976) definirata zgornjo gozdno mejo kot zgornjo mejo sestojev z značajem odraslega gozda (skupine do gnezda) in dovolj velikega zastiranja, da ustvarjajo sestojno klimo. Leibundgut (1938) pa postavlja definicijo za zgornjo drevesno mejo linijo, ki povezuje najvišje rastoča, vsaj 5 metrov visoka drevesa oz. drevesa, ki so višja od višine snežne odeje. Meja pritlikavega rastja je tam, kjer prenehajo rasti osebki, ki jih uvrščamo med drevesne vrste. Imhoff (1900, cit. po Mayer, 1976) uvaja pojem klimatske zgornje gozdne meje. To je linija, do katere klimatske razmere še omogočajo uspevanje gozda. Pri drevesni meji je potrebno opozoriti, da v literaturi ni enotnega višinskega kriterija za opredelitev dreves (Holtmeier, 2009), vrednosti so od 1 do 8 metrov.

Glede tega, kateri od omenjenih tipov gozdne meje je najbližje naravni, si mnenja niso enotna. Obstajata dve glavni teoriji. Prva trdi, da je postopen prehod v vse manj sklenjen sestoj posledica slabšanja rastnih razmer z dviganjem nadmorske višine. Posamezna drevesa še uspevajo, ker so deležna več svetlobe in s tem več toplove (Frankhauser, 1901, cit. po Tranquillini, 1979). Druga teorija trdi, da kjerkoli rastejo posamezna drevesa, lahko raste tudi sklenjen sestoj (Scharfetter, 1918, cit. po Tranquillini, 1979). Ellenberg (Ellenberg, 1966, cit. po Počkar in Stritih, 1987) na podlagi podobnega razmisleka trdi, da sta zgornja gozdna in drevesna meja istovetni ter pravi, da kjerkoli tla in oblika površja dopuščata, raste gozd kot sklenjen sestoj vse do svoje zgornje gozdne meje in tu tvori ostro mejo z alpinskim travščem (Ellenberger, 1966 in Schiechtel, 1966, cit. po Tranquillini, 1979). Pristaši druge teorije trdijo, da je postopno zmanjševanje zastrtosti v strehi sestaja in široko prehodno območje sekundaren pojav, povzročen s človekovim razdiralnim vplivom v preteklosti (sečnja, požiganje, paša), zato se današnja zgornja gozdna meja ne povzpne do tiste višine, kot to dopušča klima (Scheichtel, 1966, cit. po Tranquillini, 1979). Če takšno antropogeno gozdno mejo prepustimo naravi, začne kmalu prodirati navzgor (Mayer, 1976)

Gozdno mejo pogojujejo številni ekološki dejavniki in glede na njih jo delimo na več tipov (Mlinšek, 1984 – 86: cit. po Počkar in Stritih, 1987):

- Orografska gozdna meja

Nastane zaradi reliefnih razmer, ki so za rast gozda povsem neprimerne. Pogojujejo jo predvsem prepadne stene, plaznice in hudourniške struge.

- Edafska gozdna meja

Pogojena je z neugodnimi talnimi razmerami. Nastane na robu močvirij, preveč skalovitih območij in melišč.

- Klimatska gozdna meja

Definirana je kot črta, kjer gozd preneha rasti zaradi neugodnih klimatskih razmer. Ta meja naj bi bila potencialno najvišje. Do izraza pride ob ugodnih orografskih in edafskih razmerah.

- Antropogena gozdna meja

To je gozdna meja, spremenjena zaradi vpliva človeka. Zaradi paše, oglarjenja in v zadnjem času turizma ter rekreacije je v Alpah malo krajev, kjer ne bi bilo vplivov človeka na gozdno mejo.

Izmed zgoraj navedenih tipov gozdne meje je za njeno proučevanje osrednjega pomena klimatska zgornja gozdna meja. Vendar je zaradi medsebojnega delovanja naravnih dejavnikov in močnih posegov človeka v okolje danes v naravi težko najti jasno izražen posamezen tip gozdne meje (Kadunc in Rugani, 1998).

Z vidika ekosistemskega proučevanja je verjetno najzanimivejši klimatski tip zgornje gozdne meje, z gledišča širše javnosti pa se pogosto proučuje antropogeno pogojeno gozdno mejo (Gams, 1976, Lovrenčak, 1977).

Kotar (1998) našteva dejavnike, ki negativno vplivajo na produkcijo biomase oziroma fotosinteze na zgornji gozdni meji:

- manjša temperatura zraka in tal,
- krajsa vegetacijska doba,
- manjša koncentracija CO₂,
- večji učinek fotooksidantov,
- večja pogostnost pozab v rastni dobi in
- močnejši vetrovi.

Navaja tudi dejavnika, ki delujejo pozitivno (Kotar, 1998):

- močnejše sončno sevanje in
- večja talna in zračna vlaga (več snega, več padavin, manjše temperature).

Ključna dejavnika za potek meje preživetja na zgornji gozdni meji naj bi bila mrazna suša ter prekratka vegetacijska doba. Le ta ima za posledico slabo oz. nepravočasno olesenelost poganjkov, kar nam pojasnjuje povezanost zgornje gozdne meje z izotermo 10°C (povprečna julijska temperatura). Še tesnejša pa je povezava med zgornjo gozdno mejo in srednjo dnevno maksimalno temperaturo 11,1°C v rastni periodi (Tranquillini, 1979). Globalno se zgornja gozdna meja ujema z nadmorsko višino, na kateri je povprečna temperatura zraka v rastni sezoni med 5,5 in 7,5 °C (Körner, 1998b, Hoch in sod., 2002).

Poseben učinek, in sicer učinek velikosti gorskega masiva (nem. Massenerhebungseffekt, angl. mass elevation effect, mountain-mass effect), na potek klimatske zgornje gozdne meje je prvi omenil Kasthofer (1822, cit. po Holtmeier, 2009).

Za apnenčaste in dolomitne gore Vzhodnih Alp in Dinarskega gorstva je značilno, da je neposredno ob gozdni meji razširjen bolj ali manj povezan pas ruševja, ki doseže tudi do 500 m širine in daje tej gorski pokrajini podoben pečat kakor sama gozdna meja. Pas plazečega ruševja je s pasom gozda ne le prostorsko, temveč tudi v določeni stopnji ekološko tesno povezan, saj je ruševje ravno z zniževanjem gozdne meje pridobivalo na svoji razsežnosti in se širilo (Wraber, 1970). Glede opredelitev, ali spada ruševje še v gozdni pas ali pa že v pas (sub)alpinskega rastja, so mnenja deljena. V prvem primeru naj bi zgornja gozdna meja potekala nad mejo borovja (Kerner, 1863, cit. po Wraber, 1970), v drugem pa pod (Scharfetter, 1938, cit. po Wraber, 1970). Ellenberg (1963, cit. po Wraber,

1970) pravi, da moramo iz fiziognomskega in ekološkega stališča drevesno, oziroma gozdro mejo obravnavati kot začetek alpinske stopnje. S florističnega in sociološkega vidika pomeni globok vrez v zgornjo mejo ruševja. Medtem ko Wraber (1970) meni, da spada pas ruševja še v subalpinski pas, alpinski pas pa se začenja nad njim z alpsko trato.

Nadmorsko višino potencialne gozdne meje je zaradi pomanjkanja podatkov iz preteklosti težko določiti, vendar je znatno večja od sedanje (e.g. Lovrenčak, 1977). V Sloveniji prevladujeta predvsem dva tipa meje in sicer antropogena ter orografska. Zaradi zmanjšanega vpliva človeka (opuščanje paše) in globalnih klimatskih sprememb se gozd vrača na izkrčene površine in zgornja gozdna meja se počasi dviga. Tako spremenjeni kompleks ekoloških faktorjev se odraža tudi na produkcijski sposobnosti rastišča. V nalogi bomo skušali ugotoviti s tem povezane zakonitosti rasti in razvoja gozda na teh območjih.

Kaže, da je produkcijska sposobnost v pasu na zgornji gozdnji meji kljub slabšim ekološkim razmeram precej velika (Kotar, 1998), kar kljub neugodnim pogojem potruje precejšnja višinska in debelinska rast (e.g. Pagon R., 2004, Pagon J., 2006, Žemva, 2009). Tej tezi v prid gredo tudi vegetacijska proučevanja Rozmana (2008). Dobro priraščanje odpira vprašanje o produkcijskem potencialu drevja na zgornji gozdnji meji. Nepojasnjeno ostaja tudi, ali je (solidna) rast del trenda povečane rasti (in produkcije), ki se je v zadnjih letih ugotovila v večjem delu srednje Evrope (e.g. Spiecker in sod., 1996, Kotar, 2002).

Kaj omejuje produkcijo drevja na zgornji gozdnji meji, še ni dodobra pojasnjeno (Wieser, 2007). Zadnje raziskave kažejo, da bi to utegnila biti relativno visoka temperatura v času rastne sezone (Wieser, 2007).

Zanimivo vprašanje se dotika nastanka sestojev na zgornji gozdnji meji ter dinamike v bojni coni. Včasih je nakazana precejšnja starostna heterogenost (e. g. Klinka in Chen, 2003, Žemva, 2009), kar bi lahko kazalo na konstanten vpliv (malopovršinskih) motenj, velika starostna homogenost sestojev pa lahko nakazuje motnje večjih površin, ki so lahko tudi antropogeno pogojene (npr. zaradi železarstva; Veber, 1986). Tudi starost posamičnega drevja med sestojno in drevesno mejo je koristen kazalec sprememb v rabi

teh zemljišč (večinoma zaradi paše) oziroma spremenljajočih se okoljskih razmer (Paulsen in sod., 2000, Chauchard in sod., 2010, Zhang in Wilmking, 2010).

2 DOSEDANJA RAZISKOVANJA

Raziskave v tujini so zelo obsežne. Prve omembe zgornje gozdne meje so stare več kot 200 let (Hacquet, 1779, Zschokke, 1804, Zschokke, 1805, Kasthofer, 1818, vse cit. po Holtmeier, 2009). Prve bolj sistematične raziskave pa so objavili Imhof (1900, cit. po Holtmeier, 2009), Marek (1910, cit. po Holtmeier, 2009), Däniker (1923, cit. po Holtmeier, 2009). Imhof (1900, cit. po Holtmeier, 2009) se je ukvarjal z gozdnou mejo v švicarskih Alpah, Marek pa v avstrijskih (1910, cit. po Holtmeier, 2009). Brockmann-Jerosch (1919, cit. po Holtmeier, 2009) je združil znanje tistega časa in namesto posameznih klimatskih faktorjev proučeval učinek tipov podnebja na potek zgornje gozdne meje.

Prvi avtor, ki je proučeval zgornjo gozdnou mejo v Alpah na podlagi ekoloških razmer, je bil Däniker (1923, cit. po Holtmeier, 2009). Sodobnejše eksperimentalne raziskave se pričenjajo po letu 1930 (Pisek in Cartellieri, 1939, Michaelis, 1934, Steiner, 1935 in Schmidt, 1936, vse cit. po Holtmeier, 2009). Raziskave so spodbudili veliki snežni plazovi ter ostale katastrofe v Alpah kot posledica človekovih posegov (paša, rudarjenje in krčenje visokogorskih gozdov). Kasthofer (1822, cit. po Holtmeier, 2009) in Landolt (1862, cit. po Holtmeier, 2009) sta že pred tem poudrajala veliko zaščitno vlogo gorskega gozda in njuna poročila so spodbujala obnovo gozdov na nekaterih obočjih v Alpah.

Svoje in druge raziskave je leta 1979 objavil Tranquillini (1979), pionir na področju ekofiziologije zgornje gozdne meje. Njegovo delo predstavlja vse dotedanje znanje o zgornji gozdnou meji tistega časa.

Poleg obširnih študij Brockmann-Jerosha (1919, cit. po Holtmeier, 2009) in Hermesa (1955, cit. po Holtmeier, 2009), obstaja le nekaj študij o zgornji gozdnou meji, ki veljajo za vsa območja, kjer se le-ta pojavlja (Ellenberg, 1963, Troll, 1973, Wardle, 1974, Holtmeier, 1989, Plesnik, 1991, Körner, 1998a).

Arno (1984) predstavlja s svojim delom celovitejši pristop v novejšem obdobju. Čeprav proučuje zgornjo gozdno mejo v Severni Ameriki in je knjiga napisana za širši krog bralcev, je kljub temu zelo uporabna za vse strokovnjake.

Prav v zadnjem času je na podlagi življenjskega dela na področju zgornje meje svoje znanje strnil Holtmeier v pregledni monografiji (2003 in 2009). Slednja podaja pregled tipov gozdne meje za celoten svet in opisuje razmere za uspevanje drevesnih vrst v tako skrajnih razmerah. Na naše področje se nanaša analiza interakcij med rastiščnimi razmerami ter zgradbo dreves oziroma sestojev.

Še tehtnejše so raziskave Wieserja in Tausza, ki se nanašajo na omejitvene dejavnike uspevanja drevesnih vrst na zgornji gozdni meji v Alpah (Wieser in Tausz, 2007). Rezultati so pokazali, da marsikatera stara domneva ne velja (npr. sprejem ogljika med rastno sezono se ni potrdil kot omejitveni dejavnik, prav tako ne ravnotežje med sprejemom in izgubami ogljika); v ospredje stopajo nove razlage omejitvenih dejavnikov za uspevanje drevesnih vrst na zgornji gozdni meji (npr. razmeroma visoke temperature v rastni sezoni).

Izčrpni monografiji o zgornji gozdni meji je objavil tudi Körner (2003, 2012). Temeljito je obdelal klimatske razmere v območju gozdne meje, prilagoditve rastlin, strnjeno predstavil rastne in reprodukcijske vzorce ter izpostavil odprta vprašanja za prihodnje raziskave.

V Sloveniji so zgornjo gozdno mejo raziskovali številni raziskovalci (e.g. Ciglar, 1955, Tregubov, 1962, Wraber, 1966, Wraber, 1970, Gams, 1976, Plesnik, 1971, Lovrenčak, 1977, Marinček, 1980, Marinček, 1996, Robič, 1998, Diaci, 1998, Kotar, 1998, Zupančič, 1999, Zupančič in Žagar, 2007). Zgodnejše študije so ugotavljale zlasti potek sestojne in deloma drevesne meje v naših Alpah glede na nadmorsko višino. Druga raven raziskovanja zajema opisovanje klimatskih oziroma rastiščnih razmer na zgornji gozdni meji in enostavnejše meritve drevesnih dimenzij ter višinskih prirastkov. Kasnejše raziskave so solidno analizirale dendrokronološki signal dreves na zgornji gozdni meji, zlasti smreke in macesna (Ogrin, 1999, Levanič, 2005a, Levanič, 2005b, Hafner in sod., 2011, Hafner in sod., 2014).

Mnogo slabše pa sta proučena višinsko in zlasti volumensko priraščanje dreves ter produkcija sestojev na zgornji gozdni meji. Prve raziskave kažejo, da je produkcija sestojev, upoštevaje skrajnost rastnih razmer, solidna (Jakop in Kosmač, 1997, Kotar, 1998, Kadunc in sod., 2013). Producija vedno presega $3\text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{let}^{-1}$ povprečnega letnega volumenskega prirastka sestoja.

Sledile so številne raziskave rastnih značilnosti drevja in sestojev ter njihove zgradbe na zgornji gozdni meji (Kadunc in Rugani, 1998, Pogačnik in Prosen, 1998, Primožič, 2001, Kramer, 2002, Polajnar, 2003, Pagon R., 2004, Pagon J., 2006, Žemva, 2009, Firm, 2016). Večina omenjenih raziskav je pokazala na razmeroma velike vrednosti sestojnih temeljnic in lesnih zalog za gozdove gozdne meje. Naštete raziskave so bile načrtno zastavljene tako, da bi zajele vse vegetacijske tipe zgornje gozdne meje pri nas, oziroma pokrile ves visokogorski prostor.

Jugovzhodne Alpe v (poglobljenih) tovrstnih raziskavah večinoma niso bile zajete, zato je smiselno in potrebno proučiti zbrano gradivo naših domačih raziskav s področja rasti drevja in sestojev ter njihove zgradbe na zgornji gozdni meji.

3 NAMEN RAZISKAVE IN HIPOTEZE

Namen naloge je sintetizirati rezultate raziskav strukture sestojev, prehodne cone in rastnih značilnosti drevja na zgornji gozdni meji v povezavi z vegetacijskimi značilnostmi, ki so bile opravljene v slovenskem prostoru.

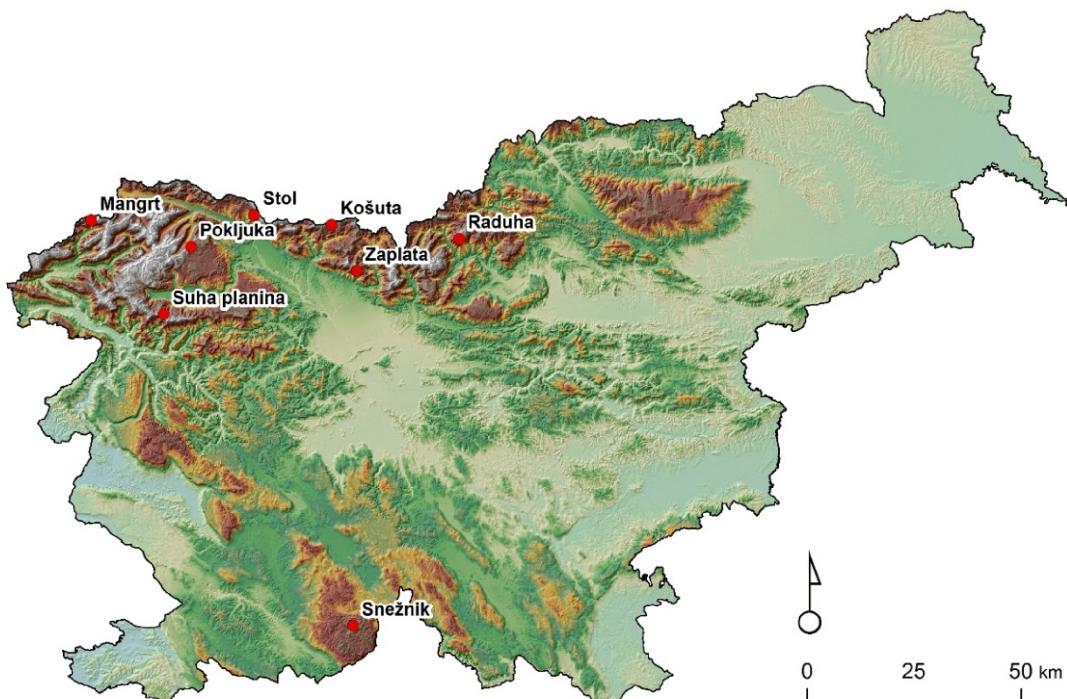
Na podlagi dosedanjih raziskovanj smo postavili naslednjih šest hipotez, ki jih nameravamo v tej nalogi preveriti:

1. Producija sposobnost gozdnih sestojev v altimontanskem in subalpinskem pasu se z naraščanjem nadmorske višine opazno zmanjšuje in se potem ustali na minimalni vrednosti, ki je okoli $2\text{-}3 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{leto}^{-1}$ povprečnega volumenskega prirastka sestoja.
2. Višinsko priraščanje dreves in sestojev na zgornji gozdni meji se je v zadnjih desetletjih povečalo.
3. Porazdelitev dreves na zgornji gozdni meji je šopasta.
4. Starostna variabilnost drevja v sestojih na zgornji gozdni meji je opazno večja od starostne variabilnosti drevja iste drevesne vrste v gozdovih montanskega pasu.
5. Fitoindikacijske vrednosti, zlasti indikacija toplotnih razmer nakazujejo producijsko sposobnost gozdnega na zgornji gozdni meji.
6. Vrstna sestava gozda na zgornji gozdni meji je raznolika, nanjo pa poleg geografskega položaja in drugih ekoloških dejavnikov (tla, lega, nagib), vplivajo tudi pretekli antropozoogeni vplivi.

4 METODE DELA IN OBJEKTI RAZISKAVE

4.1 OBJEKTI RAZISKAVE

V nalogi smo združili rezultate devetih študij (Jakop in Kosmač, 1997, Kadunc in Rugani, 1998, Pogačnik in Prosen, 1998, Primožič, 2001, Kramer, 2002, Polajnar, 2003, Pagon R., 2004, Pagon J., 2006, Žemva, 2009) na osmih lokacijah v Sloveniji (slika 1).



Slika 1: Karta analiziranih lokacij

4.1.1 Sestojna meja

Na sestojni meji oziroma tik pod njo smo postavili 25 raziskovalnih ploskev na osmih lokacijah (preglednica 1). Ploskve ležijo na nadmorski višini med 1420 m in 1820 m, prevladujejo prisojne lege, naklon je zmeren do strm. V povprečju je na ploskvah 25 % skalovitost.

Na podlagi fitocenoloških popisov, ki jih je opravil dr. Igor Dakskobler za vse ploskve (priloga A) ugotavljamo, da tvori matično podlago apnenec oziroma dolomitni apnenec. Med talnimi tipi pa prevladuje rendzina.

Preglednica 1: Splošni podatki o analiziranih ploskvah po lokacijah

Lokacija	Ploskev	Prevl. vrsta	Nadm. višina (m)	Naklon (°)	Lega	Skal. (%)	Velikost (m)	Združba	Vir
Košuta	Šija	sm	1615	14	JJV	45	30×30	<i>Adenostylo-Piceetum</i>	Žemva, 2009
	Tegošče	sm	1610	29	JJV	10	30×30	<i>Adenostylo-Piceetum</i>	
Mangart	Mangart1	mac	1693	22	JZ	5	30×30	<i>Rhodothamno-Laricetum</i>	Pagon R., 2004
	Mangart2	mac	1628	25	JZ	5	30×30	<i>Rhodothamno-Laricetum</i>	
	Mangart3	bu	1548	27	J	5	30×30	<i>Anemono-Fagetum</i>	
Pokljuka	Pokljuka1	mac	1816	25	JZ	45	30×30	<i>Rhodothamno-Laricetum</i>	Primožič, 2001
	Pokljuka2	mac	1815	26	JV	15	30×30	<i>Rhodothamno-Laricetum</i>	
Raduha	Arta1	mac	1695	19,5	JV	40	20×20	<i>Laricetum deciduae</i>	Jakop in Kosmač, 1997
	Arta2	sm	1710	15	JV	70	30×30	<i>Adenostylo-Piceetum laricetosum</i>	
	Loka1	mac	1575	23	JV	10	20×20	<i>Adenostylo-Piceetum laricetosum</i>	
	Loka2	sm	1595	18,5	JV	5	30×30	<i>Adenostylo-Piceetum</i>	
Snežnik	SnežnikA-1	bu	1517	19	JZ	32	30×30	<i>Polysticho lonchitis-Fagetum</i>	Kramer, 2002
	SnežnikA-2	bu	1602	24	JZ	5	20×20	<i>Polysticho lonchitis-Fagetum</i>	
	SnežnikB-1	bu	1540	35	Z	35	30×30	<i>Polysticho lonchitis-Fagetum</i>	
	SnežnikB-2	bu	1530	32	Z	35	30×30	<i>Polysticho lonchitis-Fagetum</i>	
	SnežnikB-3	bu	1560	55	SZ	35	30×30	<i>Polysticho lonchitis-Fagetum</i>	
Stol	Stol1	sm	1614	33	Z	5	30×30	<i>Laricetum deciduae</i>	Pagon J., 2006
	Stol2	mac	1621	32	Z	10	30×30	<i>Laricetum deciduae</i>	
Planina	Suha1	bu	1479	35	SV	5	30×30	<i>Polysticho lonchitis-Fagetum</i>	Kadunc in Rugani, 1998
	Suha2	bu	1512	36	S	20	30×30	<i>Polysticho lonchitis-Fagetum</i>	
	Suha3	bu	1419	35	V	40	30×30	<i>Polysticho lonchitis-Fagetum</i>	
	Suha4	bu	1445	33	JV	65	30×30	<i>Polysticho lonchitis-Fagetum</i>	
Zaplata	Zaplata1	sm	1600	28	J	20	30×30	<i>Adenostylo-Piceetum</i>	Polajnar, 2003
	Zaplata2	sm	1650	35	J	20	30×30	<i>Adenostylo-Piceetum</i>	

4.1.2 Prehodna cona

Za analizo prehodne cone smo postavili skupno 13 prog (transektov) na vseh 8 proučevanih lokacijah (preglednica 2), ki so segale od 1400 m do 1900 m nadmorske višine. Ležale so na zmerno strmih terenih prisojnih leg.

Preglednica 2: Splošni podatki o progah po lokacijah

Lokacija	Proga	Nadm. višina (m)	Naklon (°)	Lega	Horizontalna dolžina (m)	Širina (m)	Vir
Košuta	Šija	1620-1815	27	JJV	386	20	Žemva, 2009
	Tegošče	1615-1800	27	JJV	355	20	
Mangart	Mangart1	1712-1880	21	JZw	400	20	Pagon R., 2004
Pokljuka	Pokljuka1	1820-1868	25	JJZ	123,2	20	Primožič, 2001
	Pokljuka2	1818-1874	24	JJZ	136,6	20	
Raduha	Proga1Loka	1595-1860	24	JV	610	20	Jakop in Kosmač, 1997
	Proga2Arta	1710-1920	22	JV	507	20	
Snežnik	Snežnik1	1563-1694	19	J	415	20	Kramer, 2002
	Snežnik2	1549-1637	23	JZ	190	20	
Stol	Stoll	1630-1738	25	Z	236	20	Pagon J., 2006
Planina Suha	Suhal	1484-1538	35	JV	78	20	Kadunc in Rugani, 1998
	Suhaz	1405-1482	29	JV	141	20	
Zaplata	Zaplatal	1745-1817	40	J	140	20	Polajnar, 2003

Glede na fitocenološke popise dr. Igorja Dakskoblerja (priloga A), sta progi na Košuti uvrščeni v asociacijo *Rhodothamno-Pinetum mugo*, progi na Pokljuki deloma v asociaciju *Rhodothamno-Laricetum* in deloma v asocacijo *Rhodothamno-Pinetum mugo*, proga Loka na Raduhi v subasociacijo *Rhodothamno-Pinetum mugolaricetosum*, proga Arta na Raduhi deloma v pionirske macesnovje (*Rhodothamno-Laricetum deciduae* s. lat.) in deloma v asociacijo *Rhodothamno-Pinetum mugo*, progi na Snežniku sta uvrščeni v asociacijo *Hyperico-Pinetum mugo*, proga na Stolu v asociacijo *Rhodothamno-Pinetum mugo*, v isto asociacijo tudi progi na Suhi planini in proga na Zaplati. Proga na Mangartu ni bila popisana.

4.1.3 Vegetacijska oznaka zgornje gozdne meje v Sloveniji

Na zdajšnjo podobo zgornje gozdne meje v Sloveniji je poleg naravnih dejavnikov v preteklosti močno vplival tudi človek. Gozdove je izkrčil za pašnike, senožeti in planine. Naravno zgornjo mejo je tako pogosto znižal za več 100 višinskih metrov in deloma vplival tudi na drevesno vrstno sestavo. Kljub temu lahko pri nas še vedno najdemo bolj ali manj ohranjene naravne gozdne sestoje in na podlagi njihovih fitocenoloških popisov prepoznamo glavne gozdne združbe na zgornji gozdni meji.

Subalpinski bukov gozd (*Polysticho lonchitis-Fagetum*) je poleg ruševja najvišje uspevajoča gozdna združba v pretežnem delu Julijskih Alp, v Trnovskem gozdu, na Snežniku in ponekod v Kamniško-Savinjskih Alpah, redkeje v Karavankah (Marinček, 1980, 1996, Marinček in Čarni, 2010, Surina in Rakaj, 2007, Dakskobler in Kutnar, 2012, Dakskobler, 2015, Dakskobler in sod., 2013). Opisanih je več geografskih variant (var. geogr. *Anemone trifolia*, var. geogr. *Salix waldsteiniana*, var. geogr. *Allium victorialis*). Ponekod v Julijskih Alpah v subalpinskem pasu in na zdajšnji (znižani) gozdni meji uspevajo tudi sestoji alpskega bukovega gozda (*Anemono trifoliae-Fagetum*).

Subalpinski smrekov gozd (*Adenostylo glabrae-Piceetum*, sin. *Homogyno alpiniae-Piceetum*) je potencialno naravna ali realna gozdna združba tik pod gozdno mejo ali celo ob njej ponekod v Julijskih in Savinjskih Alpah in v Karavankah. Opisanih je več subasociacij, tudi oblika z macesnom (*-laricetosum*), ki kaže na stik z macesnovjem (Zupančič, 1999, Dakskobler, 2015, Dakskobler in sod., 2013).

Vzhodnoalpski macesnov gozd (*Rhodothamno-Laricetum*) je v Sloveniji najvišje uspevajoča gozdna združba (če ne upoštevamo ruševja kot grmiščne oblike vegetacije) in uspeva vse do nadmorske višini 1950 m. Razširjena je v Julijskih in Kamniško-Savinjskih Alpah ter v Karavankah (Dakskobler, 2006, 2015, Dakskobler in sod., 2010, 2013, Dakskobler in Kutnar, 2012, Firm, 2016, Zupančič in Žagar, 2007).

Gozdne sestoje v najvišje ležečih območjih naših silikatnih Alp (Smrekovško pogorje) uvrščamo v asociacijo *Luzulo sylvaticae-Piceetum* (Zupančič, 1999).

Ruševje nad zgornjo gozdno mejo je pogosta stična združbo s subalpinskim bukovjem ali macesnovjem. Njegove sestoje uvrščamo v dve asociaciji: *Rhodothamno-Pinetum mugo* (Alpe in Trnovski gozd) in *Hyperico grisebachii-Pinetum mugo* (Snežnik) – (Zupančič, 2013, 2015, Zupančič in sod., 2004, Zupančič in sod., 2006).

4.2 METODE DELA

4.2.1 Izbor objektov

Med leti 1997 in 2009 je bilo izdelanih več diplomskih nalog (Jakop in Kosmač, 1997, Kadunc in Rugani, 1998, Primožič, 2001, Kramer, 2002, Polajnar, 2003, Pagon R., 2004, Pagon J., 2006, Žemva, 2009) in seminarska naloga (Pogačnik in Prosen, 1998). Z isto metodologijo so proučevali zlasti rastne, strukturne in vegetacijske značilnosti zgornje gozdne meje v Soveniji.

Lokacije raziskovalnih objektov iz omenjenih nalog so bile izbrane načrtno in so zajele različne tipe vegetacije na zgornji gozdni meji. Raziskovani objekti so v celotnih slovenskih Alpah in na Snežniku.

Skupno smo postavili 25 ploskev tik pod sestojno gozdno mejo in 13 prog (transektov) med sestojno in drevesno mejo. Ploskve so bile večinoma velike 9 arov ($30\text{ m} \times 30\text{ m}$), proge pa so bile široke 20 m in različnih dolžin (odvisno od širine prehodne/bojne cone).

Pri izboru raziskovalnih objektov je bilo eno od merit zvezen prehod gozdnih sestojev prek prehodne cone do alpinskih travnišč.

4.2.2 Meritve na ploskvah

Na vseh ploskvah, ki smo jih postavili čim bližje sestojni meji, smo določili nadmorsko višino, lego in azimut padnice, naklon padnice ($^{\circ}$) in skalovitost (ocena v odstotkih pokritosti tal).

Merski prag prsnih premerov ni bil enoten, nekatere raziskave so vključevale tudi drevje 2. debelinske stopnje (merski prag 5 cm), preostale pa šele drevje od vključno 3. debelinske stopnje (merski prag 10 cm). Zaradi poenotjenja smo izpustili drevje druge debelinske stopnje.

Za vsa nadmerska drevesa smo določili, izmerili oziroma ocenili vrednost naslednjih kazalnikov:

1. koordinati x in y panja, izmerjeni z GPS napravo Garmin 60CSx;
2. drevesna vrsta;
3. izvor (semenski ali panjevski);
4. prredni premer na 1 cm natančno (nad 10 cm debeline);
5. višina drevesa na 0,5 m natančno (višinomer SUUNTO);
6. socialni razred po Kraftovi 5 – stopenjski lestvici (Assmann, 1961):
 1. nadvladajoča drevesa,
 2. vladajoča drevesa,
 3. sovladajoča drevesa,
 4. obvladana drevesa,
 5. potisnjena drevesa;
7. velikost krošenj. Razvrščali smo jih v pet razredov (Assmann, 1961):
 1. razred: krošnja je izredno velika,
 2. razred: krošnja je normalno velika in simetrična,
 3. razred: krošnja je normalno velika, vendar nesimetrična,
 4. razred: krošnja je majhna,
 5. razred: krošnja je zelo majhna;
8. utesnjenost krošenj. Ločimo pet razredov (Assmann, 1961):
 1. razred: drevo je popolnoma sproščeno,
 2. razred: drevo je v dotiku s krošnjami sosednjih dreves na 1/4 površine krošenj,
 3. razred: drevo je v dotiku s krošnjami sosednjih dreves na 2/4 površine krošenj,
 4. razred: drevo je v dotiku s krošnjami sosednjih dreves do 3/4 površine krošenj,
 5. razred: drevo je v dotiku s krošnjami sosednjih dreves na 3/4 površine krošenj;
9. višinski prirastek iglavcev v zadnjem (zaključenem) letu. Pri tem smo drevesa razvrstili v naslednje razrede:

- A - od 0 do 5 cm višinskega prirastka,
- B - od 5 do 10 cm višinskega prirastka,
- C - od 10 do 20 cm višinskega prirastka,
- D - od 20 do 30 cm višinskega prirastka,
- E - nad 30 cm višinskega prirastka.

Na podlagi izmerjene višine in prsnega premera drevesa smo izračunali dimenzijsko razmerje (višina/prjni premer).

4.2.3 Meritve na progah

Najprej smo zakoličili začetek proge (zgornji rob) ter njeno smer po padnici. Iz središča proge smo odmerili na vsako stran po 10 metrov (skupna širina proge tako znaša 20 m). Zgornji rob prog smo postavili na nadmorski višini do katere se pojavljajo še osebki drevesnih vrst z višino 5 m oziroma do drevesne meje. Proge smo zaključili ob ploskvah na sestojni meji. Za vsako progo smo ugotovili nadmorsko višino zgornjega in spodnjega roba (z višinomerom), azimut in naklon padnice.

Na progi smo za nadmerske (meja je bil prjni premer 5 cm) merili in ocenjevali:

1. koordinate panja;
2. drevesno vrsto;
3. izvor (semenski, panjevski);
4. prjni premer na 1 cm natančno (kot na ploskvah);
5. višino drevesa (kot na ploskvah);
6. višinski prirastek iglavcev (kot na ploskvah).

4.2.4 Rastne analize

Na ploskvah (v sestojih) smo skupno posekali 60 dreves in izvedli klasične debelne analize (preglednica 3). Poleg tega smo pri 223 drevesih odvzeli izvrtke s pomočjo Presslerjevega svedra (preglednica 3). Izvrtke smo pobrusili in nato analizirali s pomočjo programa WinDENDRO (Regents Instruments).

Na vsaki ploskvi se je starost ugotovilo za 10-15 dreves različnih debelin oziroma različnih socialnih plasti.

Preglednica 3: Število posekanih oziroma izvrtnih dreves na ploskvah

Vrsta	Posekana drevesa	Vrtana drevesa	Skupaj
bukev	35	80	115
jelka	0	6	6
jerebika	1	2	3
macesen	9	81	90
smreka	15	54	69
skupaj	60	223	283

Na podlagi ugotovljenih višin in starosti analiziranih dominantnih dreves smo po uveljavljeni metodi (Kotar, 2005) ugotovili rastiščne indekse. Pri bukvi in smreki smo uporabili prilagojene slovaške donosne tablice (Halaj in sod., 1987), pri macesnu pa švicarske tablice (EAFV, 1969).

Ker slovaške donosne tablice (Halaj in sod., 1987) ne vključujejo skorje, smo jo pri bukvi in smreki prišteli glede na domače raziskave (Turk in Lipoglavšek, 1972). V donosnih tablicah za macesen je skorja vključena (EAFV, 1969).

Ker imajo smreka, macesen in bukev različne gostote lesa, smo zaradi zanesljivih primerjav volumensko produkcijo lesa (ugotovljeno s pomočjo donosnih tablic) preračunali v maso ($\text{tha}^{-1}\text{leto}^{-1}$). Pri tem smo se upoštevali gostote lesa, kot jih podaja Dietz (1975). V nadaljevanju je ta spremenljivka označena kot SP.

V prehodni coni na progah smo za debelne analize posekali 66 dreves (na Košuti 7, na Pokljuki 4, na Raduhi 4, na Snežniku 22, na Stolu 4, na Suhi planini 19 in na Zaplati 6).

Skupno smo na progah posekali 3 bukve, 1 gorski javor, 6 jelk, 7 jerebik, 6 macesnov, 21 smrek in 22 poganjkov rušja.

Drevesa smo razzagali na sekcije dolge do 1 m, tako, da smo tudi za nizko drevje in rušje pridobili najmanj 5 odrezkov. Na le-teh smo prešteli in izmerili branike po uveljavljeni metodi za debelne analize (e. g. Kotar, 1995).

4.2.5 Ugotavljanje tipa razmestitve dreves

Za preverjanje hipoteze o razmestitvi dreves smo uporabili dve metodi: Ripleyeve K funkcije (Ripley, 1976) in test Clarka in Evansa (Clark in Evans, 1954).

Ripleyeva K funkcija je pogosto uporabljena za analiziranje razmestitve točkovnih prostorskih podatkov (e. g. Fortin in Dale, 2005). Z njo izračunamo odstopanje od naključne razmestitve proti šopasti ali sistematični razmestitvi na različnih razdaljah, kar je pomembna lastnost.

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 λ predstavlja gostoto osebkov (Camarero in sod., 2000).

Korenska transformacija K funkcije je podana kot:

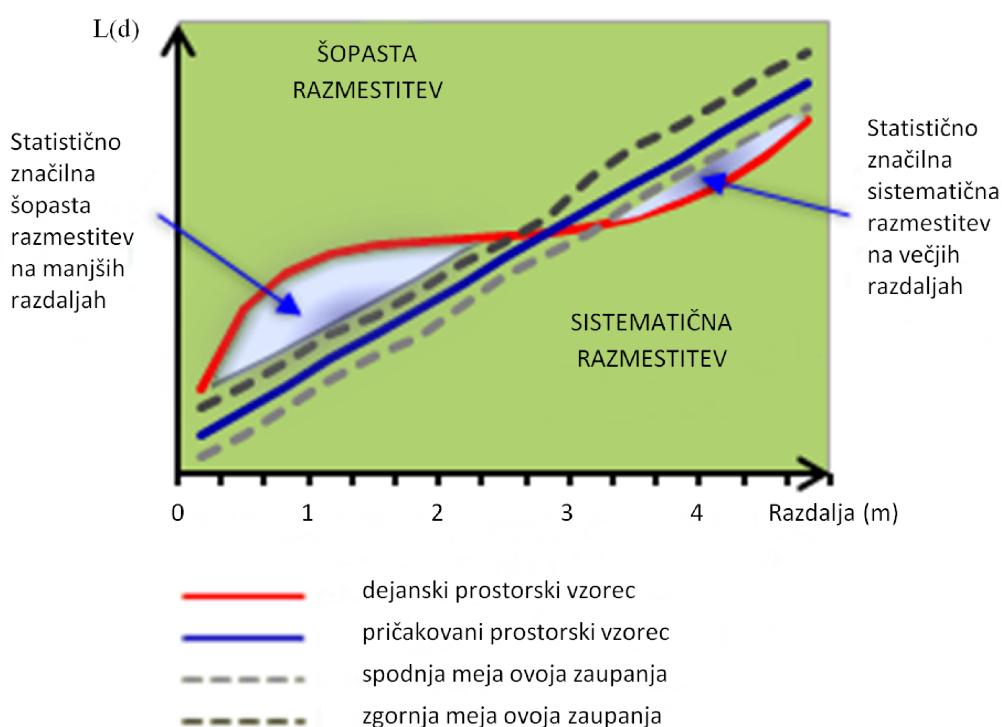
$$L(d) = \sqrt{\frac{A \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, j \neq i}^n k_{i,j}}{\pi n(n-1)}} \quad \dots(1)$$

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).

Pri izračunu se izriše graf (slika 2) 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 (Multi-Distance ..., 2012).

Če je dejanska K vrednost večja od pričakovane za določeno razdaljo, je razmestitev dreves bolj šopasta kakor naključna. Če je dejanska K vrednost manjša kot pričakovana, je razmestitev dreves bolj sistematična kakor naključna. Če je dejanska K vrednost večja od zgornje meje ovoja zaupanja, je šopasta razmestitev statistično značilna na tisti razdalji, ko pa je K vrednost nižja od spodnje meje ovoja zaupanja, gre za na dani razdalji statistično značiln sistematično razmestitev (Multi-Distance ..., 2012).



Slika 2: Prikaz rezultatov Ripleyeve K funkcije (Multi-Distance ..., 2012)

Razmestitev dreves na ploskvah smo izračunali s statističnim programom R (R Development Core Team, 2016), uporabili smo paket spatstat (Baddeley in Turner, 2005). Pri izračunu Ripleyeve K funkcije smo uporabili Ripleyovo izotropno korekcijo robnega učinka (Ripley, 1988), število iteracij je znašalo 99.

Za d smo uporabili vrednosti razdalj od 0,2 do 7 m (na manjših ploskvah do 4 m), saj je možna analiza razdalje do polovice polmera ploskve. Za korak dolžine smo izbrali 0,2 m. Za vsako ploskev smo tako dobili graf (podano v prilogah) 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.

Test Clarka in Evansa (Clark in Evans, 1954) je v domači strokovni literaturi že dobro poznan, saj so ga že večkrat podrobno opisali (e. g. Kotar, 2005, Simončič in sod., 2009), zato ga bomo predstavili zelo na kratko.

Izračuna se CE indeks, ki predstavlja razmerje med povprečno razdaljo naključno izbranih dreves do njihovih najbližjih sosedov in pričakovano vrednostjo te razdalje v sestoju, kjer so drevesa naključno razmeščena (Kotar, 2005).

$$CE = \frac{r_{dej}}{E(r)} \quad \dots(2)$$

Pri čemer je:

r_{dej} = povprečna razdalja naključno izbranih dreves do njihovih najbližjih sosedov,
 $E(r)$ = pričakovana vrednost povprečne razdalje med naključno izbranimi drevesi do njihovih najbližjih sosedov v sestoju, kjer so drevesa naključno razmeščena

$$r_{dej} = \frac{\sum_{i=1}^n r_i}{n} \quad \dots(3)$$

Pri čemer je:

r_i = razdalja od naključno izbranega drevesa i do najbližjega sosednjega drevesa
 n = število izbranih dreves

$$E(r) = \frac{1}{2\sqrt{\rho}} \quad \dots(4)$$

Pri čemer je:

$$\rho = \text{gostota dreves na } 1 \text{ m}^2$$

$$\text{Standardna napaka}(E(r)) = \sqrt{\frac{4-\pi}{4n\pi\rho}} \quad \dots(5)$$

Pri naključni razmestitvi je vrednost CE okoli 1, kadar je vrednost CE < 1 teži razmestitev k šopasti, pri CE > 1 pa k sistematični razmestitvi. Ker preizkušamo hipotezo o naključni razmestitvi z vzorcem, izračunamo vrednost standardiziranega znaka $|z|$ s pomočjo naslednjega obrazca (Kotar, 2005, str. 247):

$$z = \frac{r_{dej-E(r)}}{se(E(r))} \quad \dots(6)$$

Če je $|z|$ večji od 1,96, ničelno domnevo o naključni razmestitvi zavrnemo s tveganjem 5 %. Kadar je $|z|$ večja od 2,58, zavrnemo ničelno domnevo o naključni razmestitvi s tveganjem 1 % in kadar presega $|z|$ vrednost 3,29, s tveganjem 1 %.

4.2.6 Fitocenološki popisi

Na vseh raziskovalnih objektih smo naredili fitocenološke popise po standardni srednjeevropski metodi (Braun-Blanquet, 1964) in jih vnesli v podatkovno bazo FloVegSi (Seliškar in sod., 2003). Popise smo med seboj primerjali z metodama hierarhične klasifikacije, s kopičenjem na podlagi povezovanja (netehanih) srednjih razdalj – »(Unweighted) average linkage method – UPGMA in z metodo minimalnega porasta vsote kvadratov ostanka – »Incremental sum of squares – MISSQ« ter z ordinacijsko metodo glavnih koordinat (PCoA). Uporabljali smo programski paketa SYN-TAX 2000 (Podani, 2001) in R (R Development Core Team, 2012), s knjižnico vegan (Oksanen in sod., 2012) in kot meri različnosti komplement koeficiente »similarity ratio« in Bray-Curtisov koeficient. Kombinirane ocene zastiranja in pogostnosti smo pretvorili z vrstilno pretvorbo, ki jo je predlagal van der Maarel (1979).

Primerjavo rastiščnih razmer v gozdovih na zgornji gozdni meji smo opravili s pomočjo fitoindikacijskih vrednosti rastlinskih vrst po Ellenbergu (Ellenberg in sod., 1991). V popisih smo določali povprečne razmere za temperaturo (T), kontinentalnost (K), svetlobo (L), vlažnost (M), reakcijo tal (R) in hraniha (N). Pri izračunu smo uporabili van der Maarelove ordinalne vrednosti kot utež, ki smo jo zmanjšali za pol pri indikacijskih vrednostih z večjo stopnjo variacije (Landolt in sod., 2010).

Nomenklaturni vir za imena praprotnic in semenk je Mala flora Slovenije (Martinčič in sod., 2007). Martinčič (2003, 2011) je nomenklaturni vir za imena mahov, Suppan in sod. (2000) pa za imena lišajev. Nomenklaturni vir za imena sintaksonov so Theurillat (2004) ter Šilc in Čarni (2012).

5 REZULTATI

5.1 SESTOJNA MEJA, DREVESNA MEJA IN MEJA PRITLIKAVE RASTI

Na proučevanih lokacijah segajo sestoji največ do 1800 m nadmorske višine (Pokljuka), marsikje pa je sestojna meja znatno nižje (preglednica 4) drevesna meja pa je med okoli 1500 in 1900 m, ponekod tudi nekaj višje (Raduha, Pokljuka, Zaplata). Drevesa pod Mangartom in na Raduhi smo opazili tudi nad 2000 metri nad morjem.

Preglednica 4: Nadmorske višine sestojne meje, drevesne meje in meje pritlikave rasti po lokacijah (m)

Lokacija	Sestojna meja (m)	Drevesna meja (m)	Meja pritlikave rasti (m)
Košuta (smreka)	1500-1600	1520-1750	1900-2000
Mangart (macesen/bukev)	1500-1700	1700-1900	do 2050
Pokljuka (smreka/macesen)	1700-1800	1850-1950	do 1995
Raduha (smreka/macesen)	1710-1750	1890-1930	do 2050
Snežnik (bukev)	1470-1620	1580-1650	do 1730
Stol (smreka/macesen)	1450-1730	1610-1750	do 1790
Planina Suha (bukev)	1400-1530	1490-1610	1570-1640
Zaplata (smreka)	1400-1700	do 1800 (1925)	do 2000

5.2 STRUKTURA SESTOJEV NA GOZDNI MEJI

5.2.1 Gostota sestojev, temeljnica in lesna zaloga

Gostote analiziranih sestojev so znašale med 256 in 3955 dreves na hektar (preglednica 5). Največja je v bukovih sestojih, najmanjša pa v macesnovih. Tudi vrednost temeljnic je velika in sicer od 14,7 do 68,9 m²/ha. Povprečje bukovih in smrekovih ploskev je praktično enako, macesnovi sestoji pa imajo v povprečju za 50 % nižjo vrednost. Največjo lesno zalogo imajo v povprečju smrekove ploskve, sledijo bukove, najmanjše vrednosti pa so v povprečju na macesnovih ploskvah. Lesna zaloga znaša od 44 do 507 m³/ha.

Preglednica 5: Gostota sestojev (n/ha), temeljnica (m²/ha) in lesna zaloga (m³/ha) na ploskvah

Ploskev	Prevladujoča vrsta	Gostota (n/ha)	Temeljnica (m ² /ha)	LZ (m ³ /ha)
Mangart3	bukev	433	38,7	301
SnežnikA-1		1222	68,0	468
SnežnikA-2		2150	23,8	44
SnežnikB-1		3400	52,1	253
SnežnikB-2		1989	68,9	407
SnežnikB-3		3944	41,9	170
SnežnikB-4		3389	27,1	84
Suha1		922	19,8	124
Suha2		622	35,4	299
Suha3		922	24,1	136
Suha4		1011	34,5	219
Povprečje	bukev	1819	39,5	228
Arta2	smreka	433	ni podatka	256
Loka2		567	ni podatka	397
Stoll		256	24,7	169
Šija		544	48,8	477
Tegošče		433	53,9	507
Zaplata1		757	42,4	270
Zaplata2		1056	28,0	123
Povprečje	smreka	578	39,6	314
Arta1	macesen	650	ni podatka	392
Loka1		375	ni podatka	397
Mangart1		644	14,7	87
Mangart2		367	20,0	98
Pokljuka1		256	ni podatka	203
Pokljuka2		444	ni podatka	148
Stol2		422	16,4	90
Povprečje	macesen	451	17,0	202

5.2.2 Drevesna sestava in tip izvora

Glede na delež v lesni zalogi (preglednica 6) lahko ploskve razdelimo v bukove (vse ploskve na Snežniku in Suhi planini ter ploskev Mangart3), smrekove (ploskvi Arta2 in Loka2 na Raduhi, Stoll, Šija in Tegošče na Košuti ter obe ploskvi na Zaplati) in

macesnove (Arta 1 in Loka1 na Raduhi, Mangart 1 in 2, obe ploskvi na Pokljuki in Stol2). Ostale drevesne vrste na ploskvah so še gorski javor, jerebika, jelka, mokovec in redko katere druge. Za nekatere ploskve nismo uspeli rekonstruirati oziroma ugotoviti natančnih podatkov o deležih drevesnih vrst v lesni zalogi (Raduha) oziroma ni bil naveden natančen delež dreves semenskega ali panjevskega porekla (delež dreves semenskega izvora je podan le opisno na podlagi ocene).

Preglednica 6: Deleži drevesnih vrst v lesni zalogi na ploskvah in delež dreves semenskega izvora na ploskvah

Ploskev	Macesen (% v LZ)	Smreka (% v LZ)	Bukev (% v LZ)	Ostale vrste (% v LZ)	Delež semenovcev (%)
Mangart3	0	39,5	60,5	0	prevladujejo semenovci
SnežnikA-1	0	0	96,9	3,1	92
SnežnikA-2	0	0	100,0	0	2
SnežnikB-1	0	0	90,7	9,3	29
SnežnikB-2	0	0	99,3	0,7	30
SnežnikB-3	0	0	98,6	1,4	13
SnežnikB-4	0	0	99,7	0,3	10
Suha1	0	0	98,9	1,1	12
Suha2	0	0	100,0	0	28
Suha3	0	13,7	86,3	0	7
Suha4	0	0	99,4	0,6	2
Arta2	ni podatka	ni podatka	ni podatka	ni podatka	ni podatka
Loka2	ni podatka	ni podatka	ni podatka	ni podatka	ni podatka
Stol1	38,7	58,7	0	2,6	100
Šija	0	99,9	0	0,1	94
Tegošče	0	97,3	0	2,7	93
Zaplata1	2	97	0	1	prevladujejo semenovci
Zaplata2	1	97	0	2	prevladujejo semenovci
Arta1	ni podatka	ni podatka	ni podatka	ni podatka	ni podatka
Loka1	ni podatka	ni podatka	ni podatka	ni podatka	ni podatka
Mangart1	55,8	44,2	0	0	prevladujejo semenovci
Mangart2	62,9	37,1	0	0	prevladujejo semenovci
Pokljuka1	66	34	0	0	prevladujejo semenovci
Pokljuka2	64	36	0	0	prevladujejo semenovci
Stol2	49,8	46,5	0	3,7	100

5.2.3 Starostna struktura

Na ploskvah smo ugotovili starost v razponu med 31 in 275 let (preglednica 7). Zgornja meja starosti je upoštevaje skrajne razmere razmeroma nizka. Razmeroma širok starostni razpon na skoraj vseh ploskvah nakazuje na prevlado manjših motenj, ki se verjetno pojavljajo pogosteje. Upoštevati pa moramo, da smo v prikaz vključili drevje vseh socialnih plasti in ne le dominantno.

Preglednica 7: Starostna struktura analiziranih dreves na ploskvah (v letih)

Ploskev	Minimum	Maksimum	Razpon	Ar. sredina	KV %
Mangart3	108	242	134	152,3	24,7
SnežnikA-1	55	208	153	104,6	47,4
SnežnikA-2	69	127	58	87,2	21,7
SnežnikB-1	79	156	77	109,9	22,6
SnežnikB-2	76	148	72	105,2	28,1
SnežnikB-3	73	132	59	105,6	20,1
SnežnikB-4	81	174	93	140,0	20,2
Suha1	57	152	95	88,3	36,6
Suha2	95	275	180	209,1	29,6
Suha3	57	151	94	117,2	25,2
Suha4	39	185	146	102,4	38,7
Arta2	124	208	84	155,9	15,4
Loka2	87	196	109	110,0	28,1
Stol1	31	143	112	91,3	49,4
Šija	39	207	168	97,4	55,9
Tegošče	56	207	151	113,2	47,0
Zaplata1	59	129	70	89,0	25,0
Zaplata2	55	113	58	90,1	19,8
Arta1	108	187	79	148,7	19,3
Loka1	56	119	63	90,2	23,1
Mangart1	32	91	59	51,8	32,0
Mangart2	62	134	72	92,8	25,2
Pokljuka1	74	262	188	154,8	33,8
Pokljuka2	35	185	150	79,6	59,2
Stol2	33	148	115	62,3	50,8

Za boljšo predstavo dinamike pojavljanja dreves smo drevesa uvrstili v 20-letne starostne razrede (preglednica 8). Podatki po lokacijah kažejo, da se drevje ponekod pojavlja v nekakšnih sukcesijskih valovih (npr. Stol), ponekod pa dokaj kontinuirano (npr. Mangart). Na precej lokacijah so dokaj enakomerno zastopani skoraj vsi starostni razredi, na nekaterih lokacijah pa dreves nad neko starostjo ni (Zaplata, Stol). Modusi so večinoma precej neizraziti.

Prisotnost starejšega drevja na zgornji gozdni meji je odvisna od intenzivnosti pretekle rabe zemljišč (krčitev, paše, oglarjenja) oziroma od časa njihove opustitve tipične rabe ter jakosti naravnih motenj (snežni plazovi, strele, itd.). Zaradi neizvajanja sečenj oziroma gospodarjenja s temi sestoji, je verjetnost doseganja večjih starosti dreves večja, zato starejše drevje pogosto ostaja v sestoju. Vzrok pojavljanja starejšega drevja pa je pogosto tudi v tem, da so bila v oddaljeni preteklosti to osamljena drevesa oziroma šopi dreves na pašnikih.

Preglednica 8: Deleži dreves (v %) po 20-letnih starostnih razredih na lokacijah

Lokacija	Delež dreves v % po posameznih 20-letnih starostnih razredih										Skupaj (n dreves)	Dbh Povpr.
	21-40	41-60	61-80	81- 100	101- 120	121- 140	141- 160	161- 180	181- 200	201- 300		
Košuta	4,3	21,7	17,4	21,7	0,0	4,3	13,0	4,3	4,3	8,7	23	30,2
Mangart	8,3	19,4	13,9	13,9	11,1	16,7	8,3	2,8	2,8	2,8	36	27,9
Pokljuka	8,3	16,7	20,8	0,0	4,2	8,3	16,7	4,2	16,7	4,2	24	27,8
Raduha	0,0	4,9	0,0	26,8	22,0	7,3	22,0	7,3	7,3	2,4	41	37,0
Snežnik	0,0	1,5	28,8	19,7	16,7	15,2	12,1	3,0	1,5	1,5	66	15,9
Stol	16,7	33,3	12,5	8,3	4,2	16,7	8,3	0,0	0,0	0,0	24	26,0
Planina Suha	2,5	7,5	15,0	15,0	12,5	17,5	7,5	2,5	5,0	15,0	40	23,9
Zaplata	0,0	6,9	27,6	34,5	24,1	6,9	0,0	0,0	0,0	0,0	29	23,4
Skupaj	3,9	11,3	17,7	18,4	13,4	12,4	11,3	3,2	4,2	4,2	283	25,5

V nadaljevanju smo izvedli tudi analizo o starostni variabilnosti sestojev na gozdni meji (proučevanih 25 ploskev) v primerjavi s nižje ležečimi sestoji (preglednica 9). Starostno variabilnost smo ocenili s pomočjo koeficiente variacije (KV %) starosti po ploskvah.

Rezultati kažejo, da je koeficient variacije največji na gozdnih mejih, tako pri bukvi kot pri smreki. Za macesen nismo razpolagali s podatki o starostni variabilnosti nižje ležečih sestojev.

Preglednica 9: Koeficient variacije za starost – povprečja za stratume (višinske pasove), ločeno za bukev in smreko

Stratum (višinski pas)	Bukov		Smreka		Vir
	KV %	Število ploskev	KV %	Število ploskev	
Gozdna meja	28,6	11	34,4	7	Lastni izračuni
Ploskve v pasu nad 1200 m	13,9	13	7,3	29	Kotar, 1998
Ploskve v pasu 1001-1200 m	19,4	7	9,8	15	Kotar, 1998
Ploskve v pasu nad 1000 m	15,8	20	8,2	44	Kotar, 1998

Da bi preizkusili četrto hipotezo, smo s t testom preverili ali so razlike v koeficientih variacije za starost statistično značilno različne med sestoji na gozdnih mejih in nižje ležečimi sestoji (preglednica 10). Tako pri bukvi kot pri smreki se je izkazalo, da je starostna variabilnost na gozdnih mejih statistično značilno večja od vseh primerjanih nižje ležečih stratumov.

Preglednica 10: Test razlik med koeficienti variacije za starost – primerjava ploskev na gozdnih mejih z nižje ležečimi (vir Kotar, 1998)

Primerjani par ploskev	Prevladujoča drevesna vrsta	t test	Stopnja tveganja
gozdna meja ↔ ploskve v pasu nad 1200 m	bukov	5,146	< 0,001
gozdna meja ↔ ploskve v pasu 1001-1200 m		2,522	0,023
gozdna meja ↔ ploskve v pasu nad 1000 m		5,231	< 0,001
gozdna meja ↔ ploskve v pasu nad 1200 m	smreka	4,428	0,004
gozdna meja ↔ ploskve v pasu 1001-1200 m		3,903	0,006
gozdna meja ↔ ploskve v pasu nad 1000 m		4,285	0,005

5.2.4 Debelinska struktura in dimenzijsko razmerje

Povprečen prsni premer na ploskvah je za dane starosti drevja dokaj majhen, izstopajo predvsem bukove ploskve na Snežniku (preglednica 11). Kljub relativno drobnemu drevju so ugotovljena dimenzijska razmerja praviloma majhna, kar zagotavlja večjo mehansko stabilnost drevju. Izjema pri tem je ploskev SnežnikB-4, kjer jezelo vitko drevje.

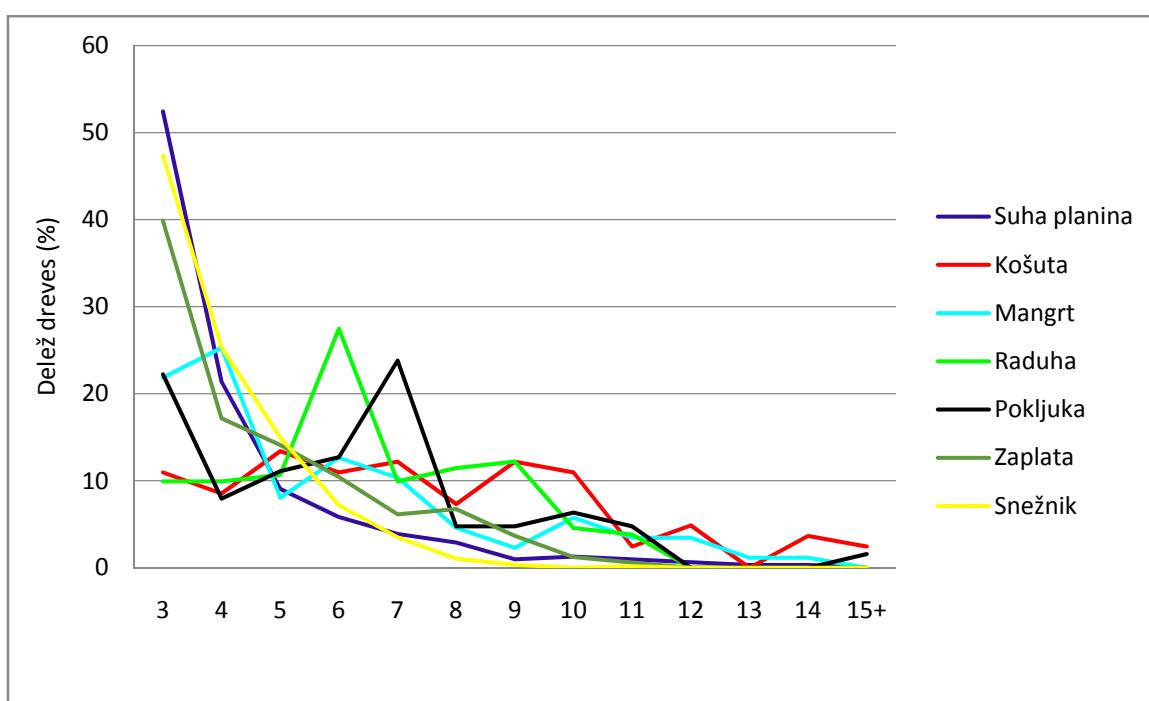
Preglednica 11: Povprečni prsni premer in dimenzijsko razmerje na ploskvah

Ploskev	DBH: povprečje – vsa drevesa	DBH: povprečje – streha sestoja	Dimenzijsko razmerje: povprečje – vsa drevesa
Mangart3	29,3	35,5	45,5
SnežnikA-1	26,5	27,7	54,5
SnežnikA-2	11,7	11,7	38,8
SnežnikB-1	13,9	17,1	61,4
SnežnikB-2	20,9	23,2	55,2
SnežnikB-3	11,6	13,7	56,4
SnežnikB-4	10,1	10,4	93,2
Suha1	15,1	15,5	74,6
Suha2	24,1	26,8	46,8
Suha3	17,0	18,1	62,3
Suha4	18,1	19,9	58,7
Arta2	ni podatka	ni podatka	ni podatka
Loka2	ni podatka	ni podatka	ni podatka
Stol1	32,5	35,5	47,1
Šija	31,4	36,6	59,3
Tegošče	34,2	40,9	51,7
Zaplata1	ni podatka	ni podatka	44,9
Zaplata2	ni podatka	ni podatka	48,7
Arta1	ni podatka	ni podatka	ni podatka
Loka1	ni podatka	ni podatka	ni podatka
Mangart1	23,3	25,1	52,3
Mangart2	26,0	34,9	48,3
Pokljuka1	ni podatka	ni podatka	ni podatka
Pokljuka2	ni podatka	ni podatka	ni podatka
Stol2	20,4	22,4	58,9

Kljud nizkim povprečnim debelinam ugotavljamo, da lahko drevje na sestojni zgornji gozdnii meji doseže tudi večje debeline (slika 3). Debeline do 50 cm niso nekaj izjemnega; dreves debelejših od 60 cm je zelo malo.

Na Pokljuki in Raduhi imamo izrazita modusa pri debelinski strukturi, večina lokacij izkazuje porazdelitev blizu zrcalni J-oblik, lokacija Košuta pa je nekje vmes.

Opozarjamo, da so na nekaterih lokacijah merili tudi drevje prve in druge debelinske stopnje, česar zaradi poenotenja rezultatov ne prikazujemo.



Slika 3: Debelinska struktura po lokacijah (x os: deb. stopnje, y os: delež %)

5.2.5 Obdanost in velikost krošenj

Kljud veliki starostni heterogenosti so deleži dreves prvih treh socialnih razredov (streh sestoja) dobro zastopani, v grobem dosegajo 50-80 % vseh dreves (preglednica 12). Relativno majhen delež vladajočih dreves (v primerjavi z gospodarskimi gozdovi) je morda posledica neukrepanja oziroma odsotnosti vzgoje dreves v strehi sestoja z lepo razvito krošnjo. V skrajnih razmerah zgornje gozdne meje je tudi nerealno pričakovati

simetrične ter lepo razvite (široke) krošnje, saj je vpliv vetra, snega in izgub zaradi zmanjšanja srednje fotosintetske aktivnosti zelo močan.

Razmeroma velik delež dreves pod streho sestoja morda nakazuje tudi ugodnejše toplotne razmere v tej plasteh. Toplota je običajno na gornji gozdnji meji bolj kritičen dejavnik kot svetloba, saj je poleg vpliva na fiziološke procese pomembna tudi za kroženje snovi (Kimmens, 1997).

Preglednica 12: Deleži dreves (v % glede na število) glede na socialni razred po lokacijah

Lokacija	Nadvladajoča drevesa	Vladajoča drevesa	Sovladajoča drevesa	Obvladana drevesa	Potisnjena drevesa	Skupaj
Košuta	5,7	37,9	25,3	17,2	13,8	100,0
Mangart	15,2	23,9	27,2	22,8	10,9	100,0
Pokljuka	ni podatka					
Raduha	ni podatka					
Snežnik	1,1	14,4	33,3	26,3	24,9	100,0
Stol	1,6	73,8	8,2	0,0	16,4	100,0
Planina Suha	8,4	50,3	20,1	18,2	2,9	100,0
Zaplata	12,9	19,6	23,9	31,3	12,3	100,0
Skupaj	7,5	36,7	23,0	19,3	13,5	100,0

Glede na velikost krošnje izrazito prevladujejo normalno velike, vendar asimetrične krošnje (preglednica 13), kar je povezano s skrajnimi rastiščnimi razmerami in odsotnostjo gojitvenih ukrepov. Po zelo majhnih krošnjah izstopa Snežnik; nasprotno je na Pokljuki in planini Suha razmeroma velik delež razvitih krošenj. Morda so bila to nekoč prostorastoča drevesa, ki so danes del sestoja.

Preglednica 13: Deleži dreves (v %) glede na velikost krošnje po lokacijah

Lokacija	Izredno velika	Normalno velika in simetrična krošnja	Normalno velika, vendar asimetrična krošnja	Majhna krošnja	Zelo majhna krošnja	Skupaj
Košuta	0,0	33,3	46,0	14,9	5,7	100,0
Mangart	0,0	23,1	73,8	3,1	0,0	100,0
Pokljuka	17,0	14,0	52,5	12,0	4,5	100,0
Raduha	ni podatka					
Snežnik	0,0	2,3	58,4	16,1	23,2	100,0
Stol	0,0	45,9	54,1	0,0	0,0	100,0
Planina Suha	14,9	7,1	57,5	18,8	1,6	100,0
Zaplata	5,5	11,7	66,3	15,3	1,2	100,0
Skupaj	5,4	19,6	58,4	11,5	5,2	100,0

Lokacije Mangart, Pokljuka in Stol izstopajo po velikem deležu dreves s sproščenimi krošnjami (preglednica 14). Gre za lokacije z večjim deležem macesna, ki je svetloljuben. Poleg tega so sedanji sestoji zelo verjetno nastali z zaraščanjem nekdanjih pašnikov. Iz tega razloga so marsikje v sestojih prisotna sproščena ali redko rastoča drevesa, drugje pa so drevesa v skupinah. Zlasti na lokacijah s prevladujočo bukvijo (Snežnik in Suha planina) je drevje bolj utesnjeno, delno tudi zaradi panjevskega izvora bukve.

V splošnem je drevje v povprečju manj utesnjeno, kar je verjetno posledica zapiranja sklepa oziroma vraščanja dreves v daljših časovnih obdobjih.

Preglednica 14: Deleži dreves (v %) glede na obdanost krošnje po lokacijah

Lokacija	Sproščena krošnja	Enostransko utesnjena krošnja	Dvostransko utesnjena krošnja	Tristransko utesnjena krošnja	Vsestransko utesnjena krošnja	Skupaj
Košuta	11,5	39,1	35,6	12,6	1,1	100,0
Mangart	42,3	19,2	13,8	13,8	10,8	100,0
Pokljuka	41,3	33,3	20,6	3,2	1,6	100,0
Raduha	2,3	6,1	35,9	28,2	27,5	100,0
Snežnik	2,1	7,4	23,4	33,5	33,5	100,0
Stol	45,0	16,7	38,3	0,0	0,0	100,0
Planina Suha	3,9	8,1	25,3	33,4	29,2	100,0
Zaplata	6,7	21,5	26,4	20,2	25,2	100,0
Skupaj	19,4	18,9	27,4	18,1	16,1	100,0

5.2.6 Razmestitev dreves na ploskvah

V prvem koraku prikazujemo vzorec razmestitve dreves, ki smo ga ugotovili z Ripleyovo funkcijo (preglednica 15). Ugotavljamo, da prav nobena ploskev na nobeni razdalji ne kaže sistematične razmestitve.

Ploskve bi lahko v grobem razdelili v tri skupine. Prvo skupino predstavljajo ploskve z naključno razmestitvijo dreves Suha 4, Stol 1, Šija, Tegošče, Arta 1, Loka 1 in verjetno tudi Arta 2. Na omenjenih ploskvah prevladuje smreka, macesen, izjema je bukova ploskev Suha 4. Drugo skupino predstavljajo ploskve, kjer se drevesa razmeščajo šopasto na kratkih razdaljah. Oblikujejo se manjši ali večji šopi dreves, ki pa so razmeščeni naključno. Sem uvrščamo ploskve Mangart 3, Snežnik A-1, Snežnik A-2, Suha 1, Suha 2, Suha 3, Loka 2, Zaplata 1, Pokljuka 2 in Stol 2, gre za večino ploskev. V zadnjo skupino uvrščamo ploskve, za katere smo na vseh analiziranih razdaljah ugotovili šopasto razmestitev. To so ploskve Snežnik B-1, Snežnik B-2, Snežnik B-3, Snežnik B-4, Zaplata 2, Mangart 1, Mangart 2 in Pokljuka 1.

Preglednica 15: Vzorec razmestitve glede na vrednost Ripleyeve (K) funkcije po razdaljah

Ploskev	Razdalja v metrih						
	1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m
Mangart3	šopasto	naključno	naključno	naključno	naključno	naključno	
SnežnikA-1	šopasto	šopasto	šopasto	šopasto	naključno	naključno	naključno
SnežnikA-2	šopasto	šopasto	šopasto	naključno	naključno		
SnežnikB-1	šopasto	šopasto	šopasto	šopasto	šopasto	šopasto	šopasto
SnežnikB-2	šopasto	šopasto	šopasto	šopasto	šopasto	šopasto	šopasto
SnežnikB-3	šopasto	šopasto	šopasto	šopasto	šopasto	šopasto	šopasto
SnežnikB-4	šopasto	šopasto	šopasto	šopasto	šopasto	šopasto	šopasto
Suha1	šopasto	šopasto	naključno	naključno	naključno	naključno	naključno
Suha2	šopasto	šopasto	šopasto	naključno	naključno	naključno	naključno
Suha3	šopasto	naključno	naključno	naključno			
Suha4	naključno	naključno	naključno	naključno			
Arta2	naključno	naključno	šopasto	naključno	naključno	naključno	
Loka2	šopasto	naključno	naključno	naključno	naključno	naključno	naključno
Stol1	naključno	naključno	naključno	naključno	naključno	naključno	
Šija	naključno	naključno	naključno	naključno	naključno	naključno	naključno
Tegošče	naključno	naključno	naključno	naključno	naključno	naključno	naključno
Zaplata1	šopasto	šopasto	naključno	naključno	naključno	naključno	naključno
Zaplata2	šopasto	šopasto	šopasto	šopasto	šopasto	šopasto	naključno
Artal	naključno	naključno	naključno	naključno			
Loka1	naključno	naključno	naključno	naključno			
Mangart1	šopasto	šopasto	šopasto	šopasto	šopasto	šopasto	šopasto
Mangart2	šopasto	šopasto	naključno	šopasto	šopasto	naključno	
Pokljuka1	šopasto	šopasto	šopasto	šopasto	šopasto	šopasto	šopasto
Pokljuka2	šopasto	šopasto	šopasto	naključno	naključno	naključno	
Stol2	šopasto	šopasto	naključno	šopasto	naključno	naključno	naključno

V nadaljevanju smo analizirali, kakšni so deleži ploskev s šopasto razmestitvijo glede na razdaljo po drevesnih vrstah (preglednica 16). Ugotavljamo, da je pri smreki delež ploskev s šopasto razmestitvijo precej manjši kot pri macesnu in bukvi. Na krajših razdaljah izkazuje najvišji delež šopaste razmestitve bukev, kar je verjetno posledica pogostega panjevskega izvora. Macesen, ki je navadno semenskega izvora, se verjetno šopasto razmešča zaradi nastanka sestojev na nekdanjih pašnikih. Pogosto je šopasta razmestitev posledica heterogenih mikrorastiščnih razmer.

Preglednica 16: Deleži ploskev (v %) s šopasto razmestitvijo glede na vrednost Ripleyeve funkcije po vrstah

Vrsta	Razdalja v metrih						
	1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m
bukev	90,9	72,7	63,6	45,5	44,4	50,0	57,1
smreka	42,9	28,6	28,6	14,3	14,3	14,3	0,0
macesen	71,4	71,4	42,9	57,1	60,0	40,0	66,7
vsi	72,0	60,0	48,0	40,0	38,1	35,0	40,0

Da bi podkrepili naše analize smo izvedli še test Clarka in Evansa (preglednica 17). Če privzamemo tveganje 5 % (z vrednost $\pm 1,96$), potem izkazuje kar 16 od 25 ploskev statistično značilno šopasto razmestitev (64 %), saj vrednosti CE statistično značilno odstopajo od vrednosti 1 navzdol. Izjema so ploskve Snežnik A-2, Suha 4 (bukovi ploskvi), Stol 1, Šija, Tegošče, Zaplata 1 (smrekove ploskve), Arta 1, Loka 1 in Pokljuka 1 (macesnove ploskve).

Le na dveh ploskvah sta bili vrednosti CE večje od 1, kar nakazuje težnjo k sistematični razmestitvi, vendar vrednosti ne odstopata statistično značilno od naključne razmestitve.

Preglednica 17: Test CE o razmestitvi dreves na ploskvah

Ploskev	r _{dej}	E(r)	CE	se	z-test
Mangart3	1,76	2,38	0,74	0,201	-3,084
SnežnikA-1	1,31	1,48	0,89	0,071	-2,385
SnežnikA-2	1,02	1,08	0,94	0,061	-0,987
SnežnikB-1	0,72	0,86	0,84	0,026	-5,425
SnežnikB-2	0,71	1,12	0,63	0,044	-9,383
SnežnikB-3	0,49	0,80	0,62	0,022	-13,854
SnežnikB-4	0,62	0,86	0,72	0,026	-9,258
Suha1	1,16	1,65	0,70	0,094	-5,187
Suha2	1,33	2,00	0,67	0,140	-4,785
Suha3	1,14	1,65	0,69	0,094	-5,399
Suha4	1,44	1,57	0,92	0,086	-1,509
Arta2	1,49	2,40	0,62	0,201	-4,526
Loka2	1,77	2,10	0,84	0,154	-2,146
Stol1	2,60	3,16	0,82	0,341	-1,643
Šija	2,28	2,14	1,07	0,160	0,875
Tegošče	2,58	2,40	1,08	0,201	0,895
Zaplata1	1,60	1,82	0,88	0,115	-1,908
Zaplata2	1,01	1,54	0,66	0,083	-6,422
Arta1	1,92	1,96	0,98	0,201	-0,199
Loka1	2,55	2,58	0,99	0,348	-0,086
Mangart1	0,90	3,04	0,30	0,135	-15,830
Mangart2	1,81	2,89	0,63	0,238	-4,545
Pokljuka1	2,60	3,13	0,83	0,341	-1,555
Pokljuka2	1,32	2,37	0,56	0,196	-5,357
Stol2	1,71	2,44	0,70	0,206	-3,538

Največkrat smo s pomočjo testa Clark in Evansa ugotovili šopasto razmestitev na bukovih ploskvah, najmanj pogosto pa na smrekovih (preglednica 18).

Preglednica 18: Delež ploskev s statistično značilno šopasto razmestitvijo (glede na vrednost CE po vrstah)

Vrsta	Delež ploskev (v %) s šopastjo razmestitvijo
Bukev	81,8
Smreka	42,9
Macesen	57,1
Vse ploskve	64,0

5.3 RASTNE ZNAČILNOSTI DREVJA NA SESTOJNI GOZDNI MEJI

5.3.1 Producijnska sposobnost sestojev na zgornji gozdni meji

Ugotovljeni rastiščni indeksi so pri bukvi znašali od 6 do 17 m (SI_{100}), pri smreki med 15 in 23 (SI_{100}) in pri macesnu med 6 do 12 (SI_{50}).

Ker se vrednosti rastiščnih indekov nanašajo na neenako referenčno starost, moramo primerjati povprečne volumenske prirastke v času kulminacije (preglednica 19).

Največjo vrednost povprečnega volumenskega prirastka v času kulminacije (s skorjo) smo ugotovili na dveh smrekovih ploskvah (Loka 2 in Tegošče), in sicer kar $6,2 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1} \text{leto}^{-1}$. Najmanjšo vrednost ima bukova ploskev Snežnik B-4 ($1,8 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1} \text{leto}^{-1}$). Z upoštevanjem zaostrenih rastnih razmer, v splošnem proizvodnja ni tako majhna, saj predstavlja $3,7 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1} \text{leto}^{-1}$ približno polovico slovenskega povprečja.

Preglednica 19: Ocena produksijske sposobnosti sestojev na analiziranih ploskvah

Ploskev	Vrsta	SI ₁₀₀	RP	SI ₅₀	MAI _{maks} (tablice*)	MAI _{maks} (s skorjo)	SP
		m	-	M	(m ³ ha ⁻¹ leto ⁻¹)	(m ³ ha ⁻¹ leto ⁻¹)	(tha ⁻¹ leto ⁻¹)
Mangrt3	bukev	12	3	-	3,1	3,3	1,89
SnežnikA-1	bukev	11	3	-	2,8	2,9	1,71
SnežnikA-2	bukev	10	3	-	2,6	2,7	1,59
SnežnikB-1	bukev	16	3	-	4,2	4,4	2,56
SnežnikB-2	bukev	17	3	-	4,5	4,7	2,75
SnežnikB-3	bukev	16	3	-	4,2	4,4	2,56
SnežnikB-4	bukev	6	3	-	1,7	1,8	1,04
Suha1	bukev	16	3	-	4,2	4,4	2,56
Suha2	bukev	11	3	-	2,8	2,9	1,71
Suha3	bukev	13	3	-	3,4	3,6	2,08
Suha4	bukev	12	3	-	3,1	3,3	1,89
Arta2	smreka	15	3	-	3,7	4,1	1,63
Loka2	smreka	21	3	-	5,6	6,2	2,47
Stol1	smreka	16	2	-	3,5	3,9	1,54
Šija	smreka	19	2	-	4,2	4,6	1,85
Tegošče	smreka	23	2	-	5,6	6,2	2,47
Zaplata1	smreka	16	2	-	3,5	3,9	1,54
Zaplata2	smreka	16	2	-	3,5	3,9	1,54
Artal	macesen	-	-	6	2,2	2,2	1,01
Loka1	macesen	-	-	12	4,1	4,1	1,89
Mangart1	macesen	-	-	12	4,1	4,1	1,89
Mangart2	macesen	-	-	9	3,1	3,1	1,43
Pokljuka1	macesen	-	-	6	2,2	2,2	1,01
Pokljuka2	macesen	-	-	12	4,1	4,1	1,89
Stol2	macesen	-	-	10	3,4	3,4	1,56
Stol1	macesen	-	-	9	3,1	3,1	1,43

*MAI_{maks} (tablice) je dobljena iz donosnih tablic, MAI_{maks} (s skorjo) pa ima pri smreki in bukvi dodatno upoštevano skorjo.

Razlike v produksijski sposobnosti med drevesnimi vrstami so razvidne iz preglednice 20. Največje vrednosti povprečnega volumenskega prirastka v času kulminacije (MAI_{maks} s

skorjo) imajo v povprečju smrekove ploskve ($4,7 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1} \text{leto}^{-1}$), sledijo bukove ($3,5 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1} \text{leto}^{-1}$) in nato macesnove ($3,3 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1} \text{leto}^{-1}$).

Ker imajo analizirane drevesne vrste precej neenako gostoto lesa, smo volumenske izraze s pomočjo gostote lesa prevedli v produkcijo mase ($\text{tha}^{-1} \text{leto}^{-1}$). Pri tem kazalniku dosega v povprečju najvišje vrednosti bukev ($2,03 \text{ tha}^{-1} \text{leto}^{-1}$), sledi smreka ($1,86 \text{ tha}^{-1} \text{leto}^{-1}$) in nazadnje macesen ($1,51 \text{ tha}^{-1} \text{leto}^{-1}$).

Preglednica 20: Ocene produkcijskih sposobnosti po drevesnih vrstah

Vrsta	Parameter	MAI _{maks} s skorjo	SP
		($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{leto}^{-1}$)	($\text{tha}^{-1} \text{leto}^{-1}$)
Bukev	minimum	1,8	1,04
	maksimum	4,7	2,75
	povprečje	3,5	2,03
Smreka	minimum	3,9	1,54
	maksimum	6,2	2,47
	povprečje	4,7	1,86
Macesen	minimum	2,2	1,01
	maksimum	4,1	1,89
	povprečje	3,3	1,51

S pomočjo multiple regresijske analize smo preverili ali sta oceni za produkcijo (MAI_{maks} (skorja) in SP) odvisni od sledečih spremenljivk: nadmorska višina, naklon, lega (tvorili smo dve dihotomni spremenljivki; pri prvi so imele prisojne lege vrednost 1 in ostale lege vrednost 0; pri drugi so imele osojne lege vrednost 1 in preostale lege vrednost 0) in skalnatost. Izkazalo se je, da na MAI_{maks} nobena izmed testiranih spremenljivk ne vpliva značilno, na SP vpliva le nadmorska višina ($R^2 = 0,209$; $b = -0,002$; $P = 0,019$).

5.3.2 Višinsko priraščanje dominantnega drevja

Za preverbo druge hipoteze smo izvedli primerjave med višinskim prirastkom dominantnih dreves s ploskev in višinskim prirastkom iz donosnih tablic (za primerljive bonitetne razrede). Obdobje višinskega prirastka smo razdelili na zadnjih 30 let (pred analizo) in na

obdobje pred tem. Drevje smo razdelili v dve starostni kategoriji (do 130 let ter 130 let in več), da bi ugotovili ali so zakonitosti enake za različne generacije drevja. Analize smo izvedli ločeno po drevesnih vrstah, pri čemer smo pri bukvi razlikovali izvor (semenski ali panjevski), pri smreki in macesnu pa so bila vsa analizirana drevesa semenskega izvora.

Primerjava razmerij dejanskega prirastka za zadnjih 30 let s povprečnim prirastkom v obdobju pred tem in teoretičnega za zadnjih 30 let s povprečnim prirastkom v obdobju pred tem je prilagojeno glede na starost in produkcijsko sposobnost (site indeks). Pri dejanskih podatkih je razmerje med prirastkom zadnjih 30 let in predhodnim povprečnim prirastkom povsod višje kot pri tabličnem razmerju (preglednica 21). Z izjemo starejše semenske bukve ter vseh kategorij macesna se je prirastek zadnjih 30 let statistično značilno povečal.

Preglednica 21: Tablični in dejanski prirastek glede na drevesne vrste, izvor dreves in kategorijo starosti

Vrsta	Izvor	Starostna kategorija (leta)	Razmerje med viš. prir. zadnjih 30 let in povp. viš. prir. pred 30 leti – tablične vrednosti	Razmerje med viš. prir. zadnjih 30 let in povp. viš. prir. pred 30leti – dejanski podatki	t test	P
bukev	panj	pod 130	0,38	0,87	-4,656	0,002
		nad 130	0,42	0,88	-4,068	0,004
		vsi	0,40	0,87	-6,281	0,000
bukev	seme	pod 130	0,38	1,73	-6,317	0,008
		nad 130	0,42	1,37	-1,943	0,100
		vsi	0,41	1,50	-3,461	0,006
macesen	seme	pod 130	0,46	1,96	-2,855	0,065
		nad 130	0,51	0,58	-0,675	0,548
		vsi	0,48	1,27	-2,143	0,069
smreka	seme	pod 130	0,37	1,80	-6,467	0,000
		nad 130	0,43	1,00	-4,389	0,012
		vsi	0,39	1,52	-6,082	0,000

V nadaljevanju prikazujemo razmerje med dejanskim višinskim prirastkom(obdobje zadnjih 30 let) v primerjavi s tabličnim prirastkom (preglednica 22). Ugotavljamo, da je dejanski višinski prirastek z izjemo dveh kategorij semenske bukve pod 130 let in macesna nad 130 let povsod presegal tabličnega.

Preglednica 22: Dejanski višinski prirastki zadnjih 30 v primerjavi s višinskim prirastkom iz donosnih tablic (upoštevaje rastiščni indeks in starost dreves)

Vrsta	Izvor	Starostna kategorija (leta)	Razmerje (dejanski:tablični)
bukev	panj	pod 130 let	0,92
		nad 130 let	1,29
		vsi	1,09
bukev	seme	pod 130 let	1,38
		nad 130 let	2,21
		vsi	1,71
macesen	seme	pod 130 let	1,18
		nad 130 let	0,83
		vsi	1,01
smreka	seme	pod 130 let	1,16
		nad 130 let	1,72
		vsi	1,36

Težavo s tabličnimi primerjavami predstavlja tudi poznavanje ustreznega rastiščnega indeksa analiziranih dreves, tudi v obdobju zadnjih 30 let. Zato je zanimiva primerjava razmerja med dejanskim in tabličnim za zadnjih 30 let s razmerjem med dejanskim in tabličnim prirastkom za obdobje pred tem. Dejansko gre za neke vrste elastični modul: kako se je dejanski prirastek spremenil glede na tabličnega v zadnjem obdobju upoštevaje razmerje med dejanskim in tabličnim v obdobju pred tem. Za vse analizirane kategorije ugotavljamo, da je višinski prirastek v zadnjem obdobju precej večji od pričakovanih vrednosti (preglednica 23). Vse vrednosti so namreč večje od 1.

Preglednica 23: Kvocient med razmerjem dejanskega in tabličnega prirastka za obdobje zadnjih 30 let in razmerjem dejanskega in tabličnega prirastka za obdobje pred 30 leti

Vrsta	Izvor	Starostna kategorija (leta)	Kvocient
bukev	panj	pod 130	2,25
		nad 130	2,12
		vsi	2,18
bukev	seme	pod 130	4,48
		nad 130	3,29
		vsi	3,72
macesen	seme	pod 130	4,24
		nad 130	1,14
		vsi	2,69
smreka	seme	pod 130	5,05
		nad 130	2,37
		vsi	4,09

5.4 ZNAČILNOSTI PREHODNE CONE

V prehodni coni smo ugotovili (preglednica 24), da se z dimenzijami nad merskim pragom (5 cm prsnega premera) pojavljajo jelka, smreka, macesen, bukev, gorski javor, jerebika, mokovec, zelena jelša in vrbe (le-teh pri dendrometrijskih analizah nismo podrobnejše razlikovali). Glede na rastne razmere predstavlja ugotovitev veliko pestrost.

Glede na število dreves je na lokacijah Košuta in Zaplata močno prevladovala smreka, na lokacijah Mangart, Pokljuka in tudi Raduha macesen, na Stolu in Snežniku je po številu dominirala jerebika, na planini Suha pa bukev.

Izpostaviti velja pojav jelke, ki se na nekaterih lokacijah pojavlja pogosto, kar kaže, da nadmorska višina ni vzrok za njeno redkost na zgornji gozdni meji.

Preglednica 24: Drevesna sestava po lokacijah (deleži glede na število dreves, merski prag je znašal 5 cm)

Lokacija	Jelka	Smreka	Macesen	Bukev	G. javor	Jerebika	Vrbe	Mokovec	Z. jelša
Košuta	4,6	93,5	0,3	0,0	0,3	0,8	0,4	0,0	0,0
Mangart	0,0	19,4	80,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pokljuka	0,0	24,2	75,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Raduha	2,3	31,9	55,0	0,0	0,3	0,8	9,5	0,2	0,2
Snežnik	12,0	20,6	0,0	0,9	0,0	66,5	0,0	0,0	0,0
Stol	0,5	30,3	0,5	0,0	0,0	54,8	13,9	0,0	0,0
Planina Suha	0,6	1,1	0,2	85,1	1,5	11,1	0,0	0,4	0,0
Zaplata	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Analiza prog je pokazala na širok razpon pri gostoti, ki je od 90 osebkov/ha do 841 osebkov/ha, v povprečju 389 dreves/ha (preglednica 25). Žal za večino prog ni zapisanega podatka o izvoru dreves, ugotavljamo, da ponekod prevladuje panjevski, drugod semenski izvor (npr. Snežnik). Preseneča lokacija Košuta, kjer prevladuje smreka večinoma panjevskega izvora.

Tekoči volumenski prirastek je pričakovano majhen, izjema je lokacija Pokljuka ($1,85 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ leto}^{-1}$).

Preglednica 25: Gostota (N/ha), delež panjevcov, lesna zaloga (m^3/ha) in tekoči volumenski prirastek ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ leto}^{-1}$) po lokacijah

Lokacija	Gostota (n/ha)	Delež panjevcov (%)	LZ (m^3/ha)	Tekoči vol. prirastek ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ leto}^{-1}$)
Košuta	591	69,2	5,80	ni podatka
Mangart	90	ni podatka	7,74	0,31
Pokljuka	231	ni podatka	31,37	1,85
Raduha	272	ni podatka	39,00	0,93
Snežnik	143	23,0	1,79	ni podatka
Stol	441	ni podatka	36,60	ni podatka
Planina Suha	841	88,8	11,53	ni podatka
Zaplata	508	ni podatka	6,98	0,16

Analiza starosti pokaže, da je drevje v povprečju dokaj mlado (62 let), upoštevaje nizke dimenzije dreves, pa seveda starost ni tako nizka. Najstarejše analizirano drevo je imelo 156 let (macesen na Raduhi), najmlajše pa le 18 (preglednica 26). Analizirano drevje na Košuti je zelo mlado, razmeroma mlado je tudi na Snežniku, najstarejše pa je na Pokljuki in Raduhi. Ponekod je macesen starejši od smreke, drugod je ravno obratno, kakšne zanesljivejše zaključke po drevesnih vrstah pa je zaradi majhnega vzorca težko oblikovati.

Če bi vseh 66 dreves združili v enoten vzorec, pokaže analiza po 20-letnih starostnih razredih, da imamo v starostnem razredu 0-20 let le 3 % dreves (kar je posledica vzorčenja, saj smo se zelo drobnim drevesom izogibali), v naslednjih razredih pa so deleži 30,3 % (21-40 let), 22,7 % (41-60 let), 21,2 % (61-80 let), 10,6 % (81-100 let), 6,1 % (101-120 let), 3,0 % (121-140 let) in 3,0 % (141-160 let). Kar do neke mere lahko ponazarja čas opustitve paše na analiziranem območju. Okoli 77 % dreves je bilo starih do 80 let.

Preglednica 26: Starost analiziranih dreves po lokacijah in drevesnih vrstah

Lokacija	Vrsta	Minimum	Maksimum	Povprečje	Število analiziranih osebkov
Košuta	jelka	30	30		1
	rušje	37	48	42,5	2
	smreka	27	35	30,3	4
Pokljuka	macesen	63	100	81,5	2
	smreka	120	141	130,5	2
Raduha	jelka	110	110		1
	macesen	122	156	139,0	2
	smreka	101	101		1
Snežnik	jelka	24	58	36,0	3
	jerebika	20	57	36,3	4
	rušje	36	79	48,7	11
	smreka	55	85	64,8	4
Stol	jerebika	30	30		1
	macesen	66	66		1
	rušje	46	46		1
	smreka	94	94		1
Planina Suha	bukev	66	118	84,0	3
	gor.javor	96	96		1
	jelka	43	43		1
	jerebika	38	43	40,5	2
	macesen	42	42		1
	rušje	26	122	67,5	8
	smreka	18	75	43,0	3
Zaplata	smreka	61	93	75,3	6

Za lokacije, kjer se je prikazalo povprečne dimenzijske dreves na progah, ugotavljamo, da je drevje zelo nizko in tudi drobno (preglednica 27). Dimenzijsko razmerje je ugodno.

Preglednica 27: Povprečni prsni premer, povprečna višina in dimenzijsko razmerje

Lokacija	Povprečni prsni premer (cm)	Povprečna višina dreves (m)	Povprečno razmerje	dimenzijsko
Košuta	9,8	4,9	50,8	
Mangart	ni podatka	ni podatka	ni podatka	
Pokljuka	ni podatka	ni podatka	ni podatka	
Raduha	ni podatka	ni podatka	ni podatka	
Snežnik	11,1	4,8	48,7	
Stol	ni podatka	ni podatka	ni podatka	
Planina Suha	8,7	5,1	62,2	
Zaplata	8,7	4,1	46,8	

Na lokacijah Mangart, Pokljuka in Zaplata je višinski prirastek (iglavcev) presenetljivo velik (preglednica 28). Zelo dober je tudi na Košuti in Raduhi, najpočasneje pa v višino prirašča drevje na planini Suha in na Snežniku.

Preglednica 28: Deleži iglavcev (v %) glede na višinski prirastek v zadnjem zaključenem letu priraščanja

Lokacija	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	nad 30 cm	Skupaj
Košuta	4,4	25,3	63,1	6,4	0,8	100,0
Mangart	1,4	15,3	15,3	59,7	8,3	100,0
Pokljuka	17,6	14,3	28,6	39,6	0,0	100,0
Raduha	27,2	26,2	35,3	11,3	0,0	100,0
Snežnik	33,3	21,6	31,4	7,8	5,9	100,0
Stol	4,1	74,6	21,3	0,0	0,0	100,0
Planina Suha	36,0	20,0	24,0	16,0	4,0	100,0
Zaplata	0,0	7,4	27,9	64,8	0,0	100,0

Za analizirane proge smo preverili vzorec razmestitve dreves s pomočjo testa Clarka in Evansa (preglednica 29). Na štirih progah (Šija, Tegošče, Pokljuka 1 in 2) smo ugotovili statistično značilno sistematično razmestitev, kar ni v skladu s pričakovanji. Morda je to posledica prostorsko enakomerne porazdelitve ugodnih mikrorastišč za vznik oziroma razmer za uspevanje (npr. prostorsko zelo enakomerno pojavljajočih se grbin). Na omenjenih štirih progah prevladujeta smreka (Šija in Tegošče) oziroma macesen (Pokljuka 1 in 2).

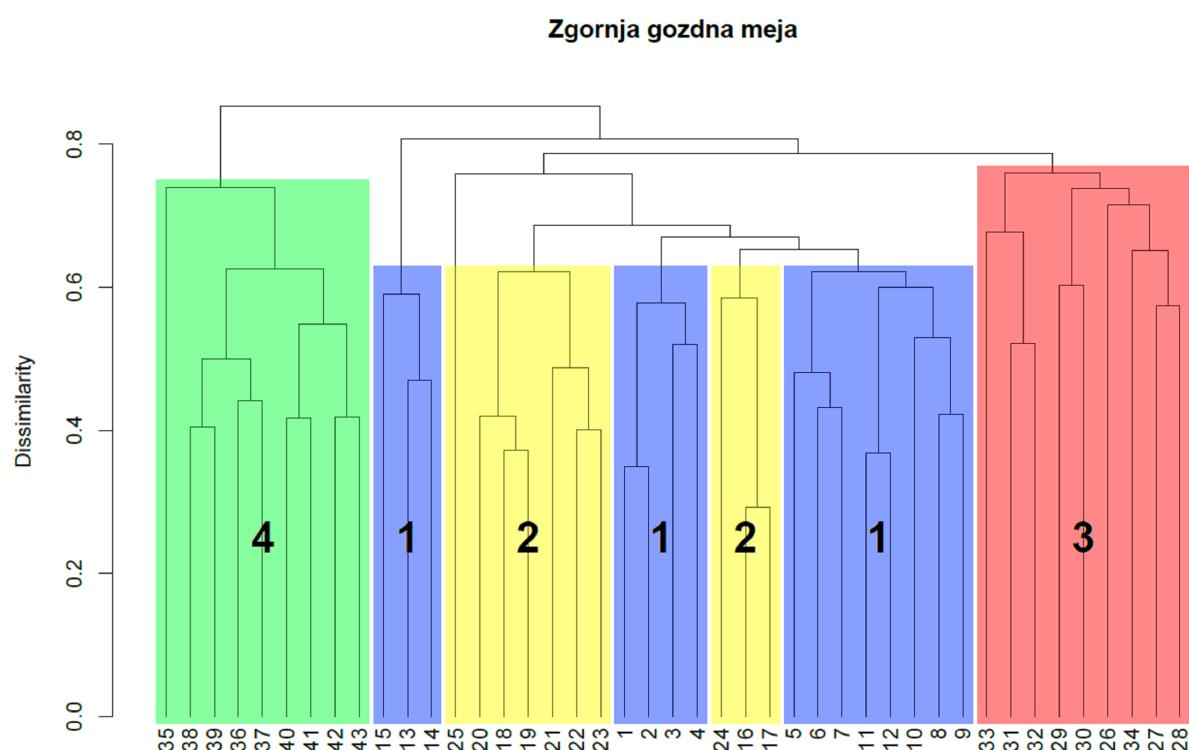
Nasprotno ugotavljamo za večino preostalih prog (Snežnik 1, RaduhaLoka 1, RaduhaArta 1, Zaplata 1, Suha 1 in 2) statistično značilno, pričakovano šopasto porazdelitev. Le za progo Snežnik 2 nismo potrdili statistično značilnega odstopanja od naključne razmestitve. Tudi pri tej ploskvi je izražena težnja k šopasti razmestitvi.

Preglednica 29: Test CE o razmestitvi dreves na progah

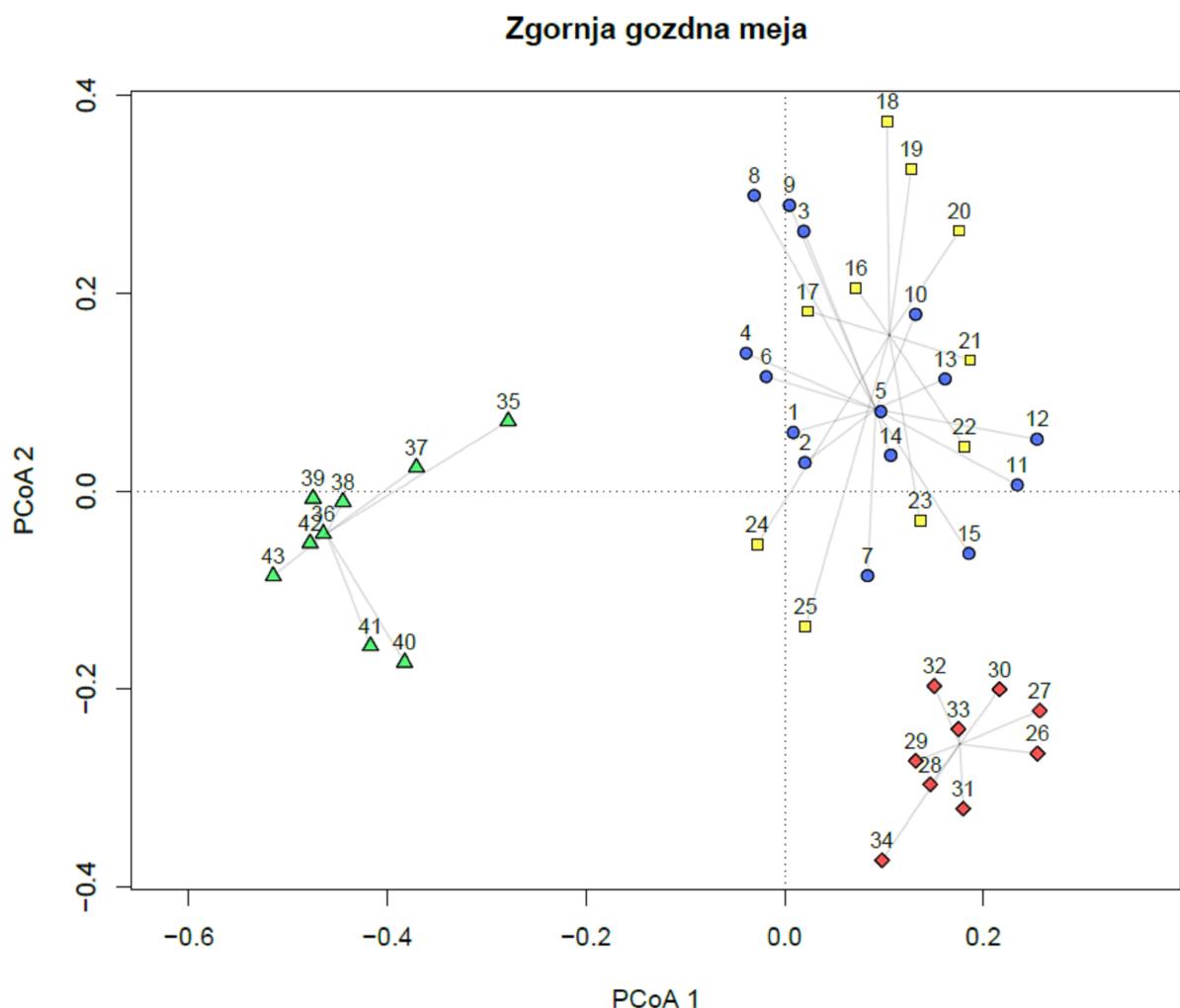
Lokacija	r (dej)	r (teor)	CE	SE	z test
Snežnik1	2,01	3,69	0,54	0,157	-10,755
Snežnik2	4,33	5,21	0,83	0,460	-1,911
RaduhaLoka1	2,67	3,43	0,78	0,111	-6,800
RaduhaArta1	2,05	2,74	0,75	0,078	-8,900
Šija	3,80	1,78	2,14	0,038	53,613
Tegošče	3,45	1,76	1,96	0,039	43,856
Pokljuka1	2,06	1,66	1,24	0,058	6,900
Pokljuka2	2,53	1,69	1,49	0,057	14,575
Zaplata1	0,99	2,40	0,41	0,113	-12,397
Suha1	0,76	1,31	0,58	0,045	-12,090
Suha2	1,99	3,42	0,58	0,230	-6,185

5.5 Floristične in vegetacijske značilnosti gozdne meje

Skupno 43 fitocenoloških popisov se združuje v precej skupin (slika 4), ki jih razvrščamo v več sintaksonov. Rezultate hierarhične klasifikacije, izbrali smo metodo UPGMA, in dvorazsežne ordinacije (slika 5), smo morali nekoliko prirediti, upoštevaje ne le floristično podobnost, temveč tudi sestavo najvišje sestojne plasti.



Slika 4: Dendrogram popisov na raziskovalnih ploskvah in raziskovalnih progah na zgornji gozdni meji v Sloveniji. UPGMA, similarity ratio. Številke in barve označujejo v tekstu opisane skupine.



Slika 5: Dvorazsežni ordinacijski diagram popisov na raziskovalnih ploskvah in raziskovalnih progah na zgornji gozdni meji v Sloveniji, (PCoA, similarity ratio). Simboli prikazujejo pripadnost skupini (modra: 1. skupina, rumena: 2. skupina, rdeča: 3. skupina, zelena: 4. skupina)

Prvo skupino sestavlja sestoji, ki jih v širšem smislu lahko uvrstimo v subalpinski smrekov gozd (*Adenostylo glabrae-Piceetum* s. lat.) kamor sodijo popisi Zaplate v Kamniških Alpah, grebena Koštute in Stola (Hrašenske planine) v Karavankah ter prisojnih pobočij Raduhe v Savinjskih Alpah. Gre za precej različne sukcesijske stadije, v nekaterih je veliko macesna, na nekdanjih planinah oz. v območju še živih planin, torej v vseh primerih za bolj ali manj antropogeno pogojene sestoje, ki kažejo na ponoven razvoj v subalpinsko smrekovo združbo na karbonatni podlagi Jugovzhodnih Alp. Tej skupini pridružujemo tri popise grmičnega rastja pod grebenom Koštute (pl. Šija in Pungart), ki nedvomno kažejo na sukcesijo v pionirski smrekov gozd (pašniki v zaraščanju).

V drugo skupino uvrščamo šest popisov iz pobočij pod Mangartskim sedlom in severnega roba Pokljuke (Brda nad pl. Lipanca), ki jih lahko uvrstimo v asociacijo *Rhodothamno-Laricetum*, čeprav ne gre za tipično obliko te združbe, temveč za bolj ali manj antropogene sestoje, v katerih pa bi bil macesen najbrž prevladajoč, tudi če ne bi bilo teh vplivov. Tem sestojem so floristično precej podobni popisi ruševja (*Rhodothamno-Pinetum mugo*) iz Julijskih Alp (Pokljuka: Brda nad pl. Lipanco, Suha planina pod Rodico). Precejšnja floristična podobnost je posledica dveh stičnih združb, pri katerih je v nekaterih robnih primerih za uvrstitev odločilna stopnja zastiranja drevesne plasti (Zupančič in Žagar, 2007).

V tretji skupini so popisi ruševja (*Rhodothamno-Pinetum mugo*) iz Karavank in Kamniških Alp, pridružujeta pa se jim tudi dva popisa dinarskega ruševja (*Hyperico grisebachii-Pinetum mugo*) iz Snežniškega pogorja. V vseh primerih gre za sestoje, kjer je v najvišji plasti dominantno rušje (*Pinus mugo*), čeprav smo tudi v teh primerih najbrž popisovali le dolgotrajne stadije v drugotni sukcesiji še v pasu subalpinskega smrekovega ali bukovega gozda.

Zadnja, četrta skupina popisov se najbolj jasno razlikuje od ostalih, a je znotraj zelo raznolika. Skupna jim je prevladajoča bukev v drevesni plasti, uvrščamo pa jih kar v tri sintaksone: *Anemono trifoliae-Fagetum* ob Mangartski cesti pod Mangartskim sedlom, *Polysticho lonchitis-Fagetum* var. geogr. *Anemone trifolia* nad pl. Suha pod Rodico v Julijskih Alpah in v sintakson *Polysticho lonchitis-Fagetum* var. geogr. *Allium victorialis* pod Snežnikom.

Raziskovalna hipoteza, da je floristična sestava gozda na zgornji gozdni meji precej raznolika, nanjo pa poleg geografskega položaja in drugih ekoloških dejavnikov (tla, lega, nagib), vplivajo tudi pretekli antropozoogeni vplivi, je očitno potrjena. Razlike, ki smo jih potrdili s primerjavo popisov, kažejo po eni strani na razlike v fitogeografskem položaju (Julisce Alpe – vzhodni in zahodni del, Karavanke, Kamniško-Savinjske Alpe – vzhodni in zahodni del, Snežniško pogorje v Dinarskem gorstvu) kot tudi na antropozoogene vplive. V popisanih sintaksonih je namreč precejšen delež vrst subalpinsko-alpinskih travnišč, značilnic razreda *Elyno-Seslerietea*, združb visokih steblik (značilnice razreda

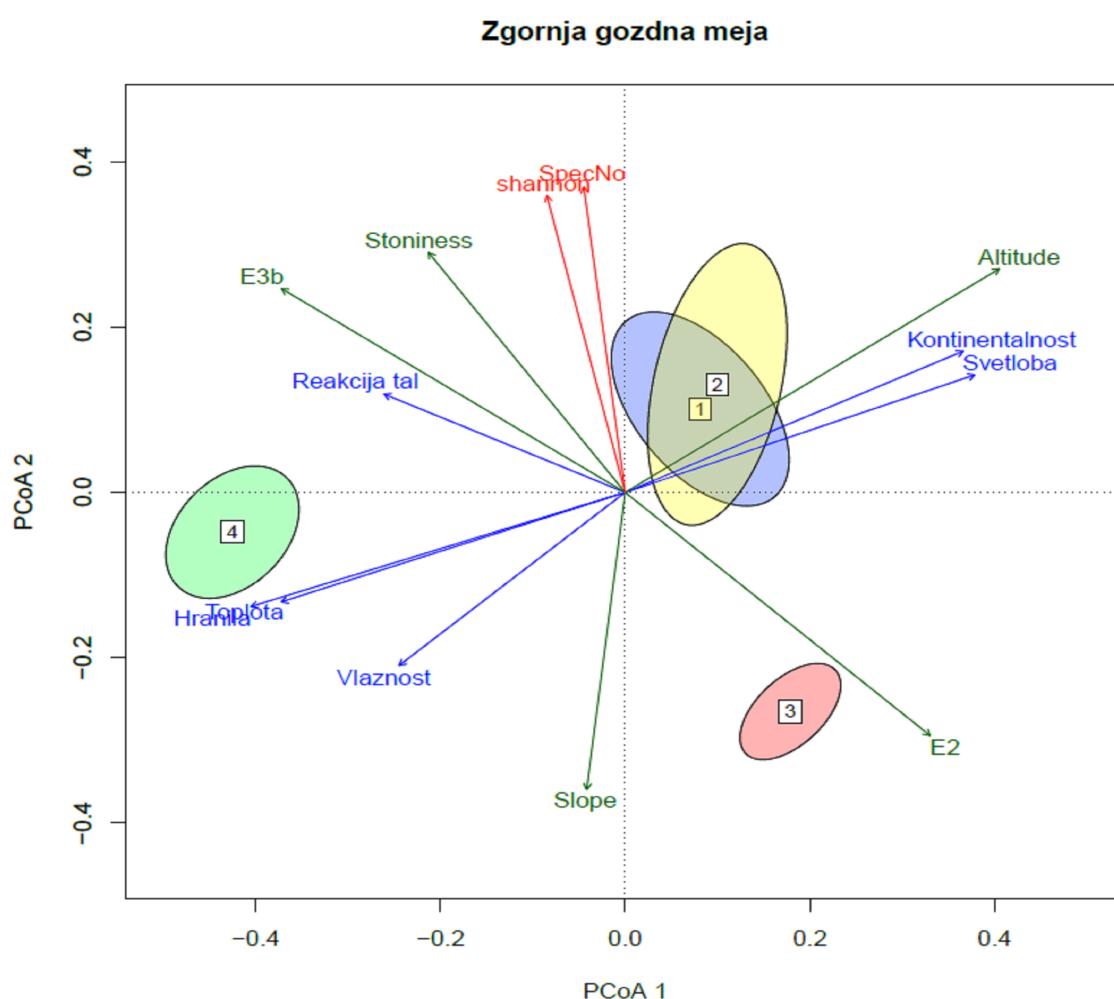
Mulgedio-Aconitetea) in melišč (značilnice razreda *Thlaspietea rotundifolii*), pa tudi vrste gojenih travnikov (značilnice reda *Poo alpinæ-Trisetetalia* in razreda *Molinio-Arrhenatheretea*) in nekaj vrst nitrofilnih, ruderalnih rastišč (značilnice razreda *Galio-Urticetea*). Takšna vrstna sestava očitno kaže na vpliv paše in posledično pionirske narave nekaterih popisanih sestojev. Nismo pa v njih našli nobene izmed tujerodnih (invazivnih) rastlinskih vrst, kar kaže, da se v gozdne združbe ob zgornji gozdni meji, kljub spremenjenosti in človekovim vplivom te vrste za zdaj še ne širijo (Dakskobler in sod., 2016).

Območja, kjer lahko v naših gorovjih zasledujemo dinamiko in potek meje gozda na klimatski zgornji meji, je praviloma pod močnim človeškim vplivom in je sedanja podoba vegetacije v precejšnji meri posledica nekdanjih krčitev za pašnike in zdajšnjega opuščanja paše in drugotne sukcesije nazaj v gozd.

Dobro se ločijo popisi subalpinskega bukovja (4. skupina) in ruševja Karavank, Kamniških Alp in Snežniškega pogorja (3. skupina), medtem ko so ostali popisi pomešani v ordinacijskem prostoru. Analiza indikatorskih vrst (Dufrêne in Legendre, 1997) kaže, da prvo skupino od drugih najbolj razlikuje večja pogostnost oz. obilje (pokrovnost) vrst *Luzula luzuloides*, *Festuca nigrescens*, *Astrantia bavarica*, *Poa nemoralis* in v drevesni plasti vrsta *Picea abies*. Prve tri nakazujejo nekoliko večjo kislost rastišča. Drugo skupino od drugih najbolj razlikujejo vrste *Sorbus chamamespilus*, *Aster bellidiastrum*, *Pulsatilla alpina*, *Dryopteris vilaria*, *Paederota lutea*, *Larix decidua*, *Rhododendron hirsutum*, *Geranium sylvaticum* in *Potentilla crantzii*. Te vrste so značilne za svetlejše, bolj skalnate sestoje s plitvejšimi tlemi v subalpinskem pasu, kakršni so sestoji macesna. V teh dveh skupinah popisov je vrstna pestrost največja, sestoji pa se pojavljajo na največjih nadmorskih višinah pri nas. Sestoji tretje skupine se pojavljajo na najbolj strmih terenih, izrazitih razlikovalnic pa nima. Vrstna pestrost je verjetno zaradi večje zastrtosti grmovne plasti tu najmanjša. Skupino bukovih gozdov od ostalih sestojev najbolj razlikujejo vrste *Fagus sylvatica* v vseh treh sestojnih plasteh (drevesna, grmovna, zeliščna), *Paraleucobryum sauteri*, *Phyteuma ovatum*, *Veronica urticifolia*, *Lonicera alpigena*, *Cardamine trifolia*, *Adenostyles glabra*, *Thalictrum aquilegiifolium* in *Ranunculus*

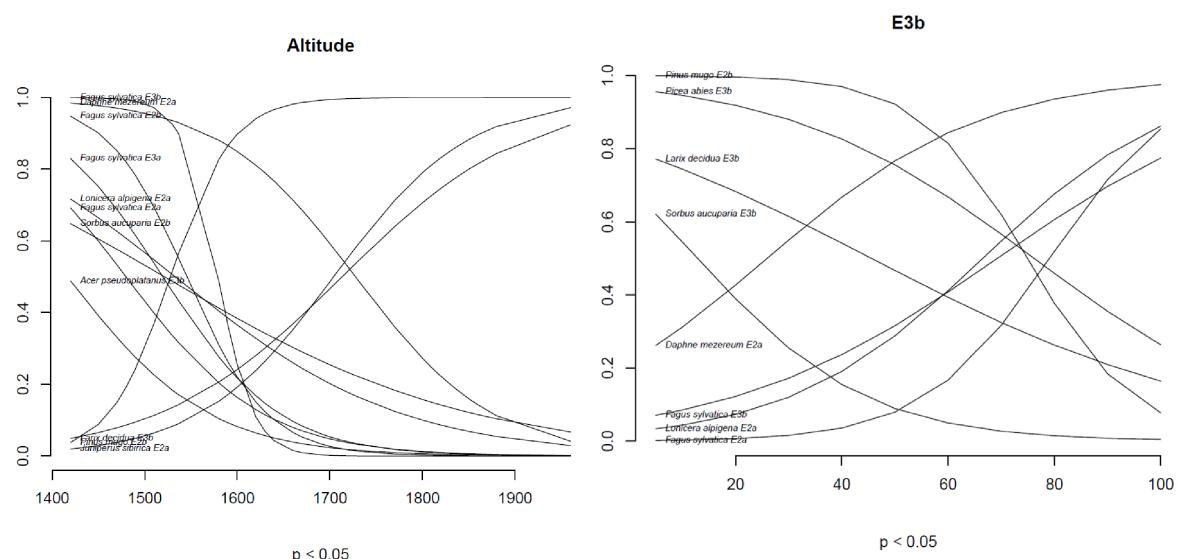
platanifolius. Fitoindikacija po Ellenbergu je pokazala večjo vsebnost hranil v tleh in večjo talno vlažnost, kar lahko nakazuje na globlja tla, ki so za bukev ugodnejša.

Iz dvorazsežnega ordinacijskega diagrama (slika 6) je razvidno, da se četrta skupina od drugih zelo razlikuje glede na os 1, ki je dobro pojasnjena z gradientom nadmorske višine, toplotne, hranil in tudi kontinentalnosti ter svetlobe. Glede na os 2 najbolj izstopa tretja skupina. Slednja os se ujema z naklonom, skalnatostjo in vrstno pestrostjo.



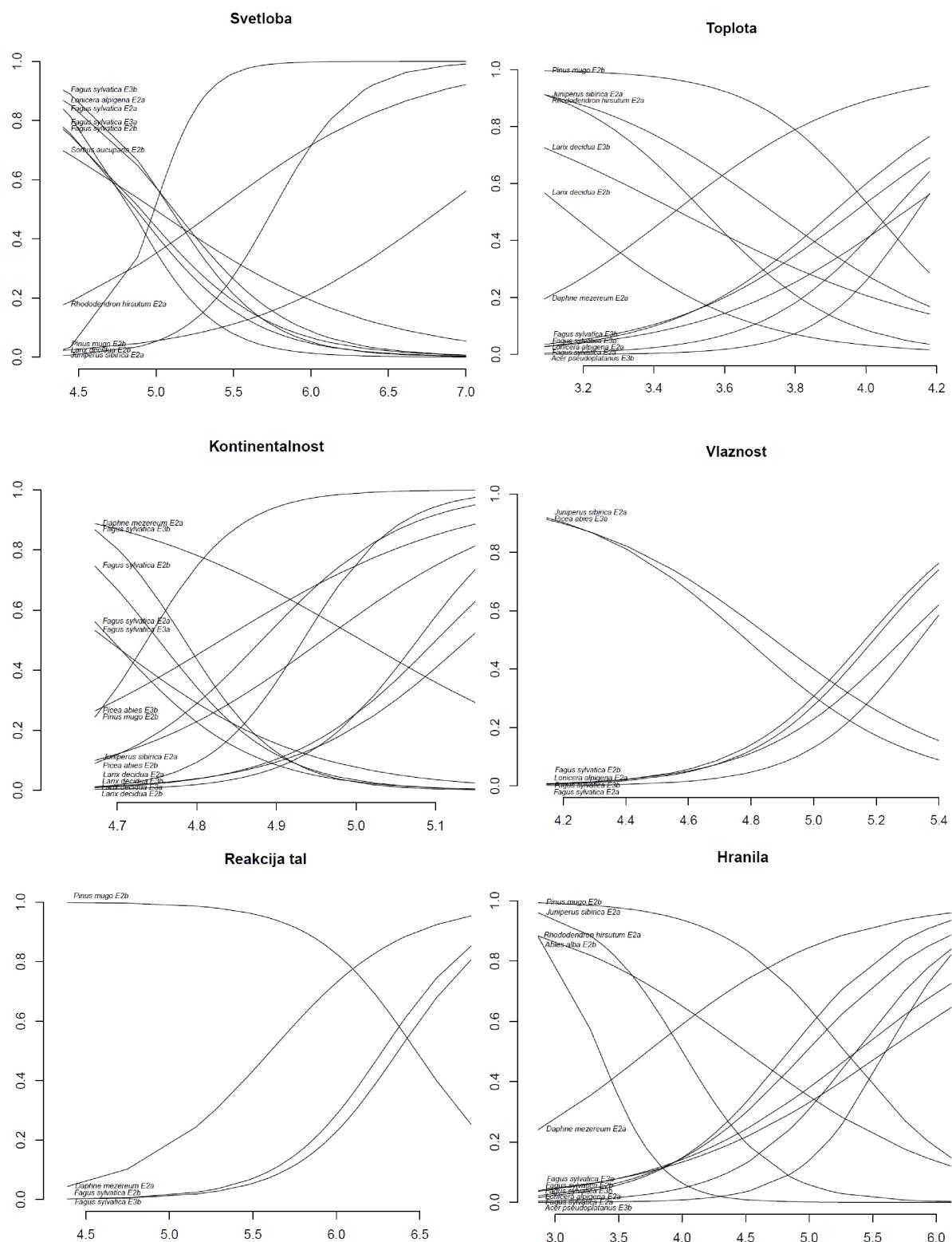
Slika 6: Dvorazsežni ordinacijski diagram popisov na raziskovalnih ploskvah in raziskovalnih progah na zgornji gozdni meji v Sloveniji, (PCoA, similarity ratio). Elipse prikazujejo standardni odklon popisov skupine (modra: 1. skupina, rumena: 2. skupina, rdeča: 3. skupina, zelena: 4. skupina). Na ordinacijo so pasivno dodane ekološke spremenljivke (zelene puščice), kazalniki vrstne pestrosti (Shannonov indeks in število vrst, rdeča barva) in ocene ekoloških spremenljivk, dobljene s pomočjo Ellenbergovih fitoindikacijskih vrednosti (modre puščice).

V nadaljevanju prikazujemo odvisnost pojavljanja drevesnih in grmovnih vrst glede na nadmorsko višino in zastiranje drevesne plasti (slika 7). Ugotavljamo, da se z naraščanjem nadmorske višine zmanjšuje verjetnost pojava bukve, gorskega javorja in jerebike, povečuje pa se verjetnost pojava macesna. Nasprotno z naraščanjem zastrtosti drevesne plasti upada verjetnost pojava macesna in smreke ter jerebike, veča se verjetnost za pojav bukve.



Slika 7: Logistična regresija pogostnosti pojavljanja vrst drevesne in grmovne plasti na gradientu nadmorske višine in zastrtosti zgornje drevesne plasti. Prikazane so le vrste s statistično značilnim odzivom ($p < 0,05$)

Glede na fitoindikacijske vrednosti smo ugotovili, da se s povečevanjem povprečne vrednosti za svetlobo manjša verjetnost pojava bukve in jerebike, veča pa se verjetnost pojava macesna in rušja (slika 8). Nasprotno se z naraščanjem toplove povečuje verjetnost pojava bukve in gorskega javorja, zmanjšuje pa se verjetnost pojava macesna. S povečevanjem kontinentalnosti se povečujejo možnosti za macesen in smreko, za bukev pa se poslabšujejo. Pri večji vlažnosti so razmere za bukev ugodnejše, za smreko pa se verjetnost pojavljanja zmanjša. Značilen odziv na naraščanje vrednosti reakcije tal imata bukev (pozitiven) in rušje (negativen). Z naraščanjem hranil se povečuje verjetnost pojava za bukev in gorski javor ter zmanjšuje verjetnost za jelko in rušje



Slika 8: Logistična regresija pogostnosti pojavljanja vrst drevesne in grmovne plasti glede na s fitoindikacijo po Ellenbergu ocenjene rastiščne razmere. Prikazane so le vrste s statistično značilnim odzivom ($p < 0,05$). Vrednosti na ordinati so povprečne vrednosti fitoindikacijskih ocen rastlinskih vrst na popisih.

Na podlagi ugotovljenih vrednosti produkcijske sposobnosti na ploskvah in izračunanih fitoindikacijskih vrednosti po Ellenbergu in sod. (1991) smo izvedli korelacijsko analizo med ocenami produkcijske sposobnosti in fitoindikacijskimi ocenami posameznih dejavnikov (preglednica 30). Ugotavljamo, da je le pri reakciji tal nakazana statistično značilna, negativna povezava s produkциjo izraženo v $m^3 ha^{-1} leto^{-1}$ ter pri svetlobi ravno tako negativna povezava s produkциjo v $tha^{-1} leto^{-1}$. Blizu značilnosti je tudi (pozitivna) povezava s vlažnostjo. Toplota je pri vseh testih neznačilno povezana s produkcijsko sposobnostjo.

Preglednica 30: Povezanost fitoindikacijskih vrednosti in produksijskih sposobnosti (MAI_{maks} s skorjo in SP) na ploskvah.

Dejavnik	Spearmanov korelacijski koeficient				Pearsonov korelacijski koeficient			
	MAI_{maks} s skorjo		SP		MAI_{maks} s skorjo		SP	
	R	P	r	P	r	P	r	P
Svetloba	0,084	0,723	-0,493*	0,027	-0,017	0,943	-0,380	0,098
Toplota	-0,223	0,346	0,250	0,288	-0,089	0,709	0,183	0,441
Kontinent.	0,135	0,570	-0,336	0,148	0,035	0,884	-0,311	0,181
Vlažnost	-0,001	0,997	0,337	0,146	0,062	0,795	0,416	0,068
Reakcija	-0,435	0,055	0,135	0,570	-0,485*	0,030	-0,057	0,810
Dušik	-0,148	0,534	0,358	0,122	-0,122	0,608	0,268	0,254

6 RAZPRAVA S SKLEPI

V nalogi smo kot **prvo hipotezo** predpostavili, da se produkcijska sposobnost gozdnih sestojev v altimontanskem in subalpinskem pasu z naraščanjem nadmorske višine opazno zmanjšuje vse do minimalne vrednosti, okrog $2\text{-}3 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{leto}^{-1}$ povprečnega volumenskega prirastka sestoja.

Rezultati kažejo, da na aktualni sestojni meji skoraj povsod ocena produkcijske sposobnosti sestojev presega vrednost $2\text{-}3 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{leto}^{-1}$, izjema je le ena ploskev. Študija bukovih sestojev kaže, da produkcijska sposobnost z nadmorsko višino strmo upada (Kadunc, 2012). Podobno upadanje z nadmorsko višino kaže tudi raziskava produkcijske sposobnosti smrekovih sestojev, tu je upad na silikatni podlagi na višjih legah še očitnejši (Kadunc, 2013). Manjšanje višin drevja z nadmorsko višino se je pri cemprinu in smreki v Alpah pokazalo za linearno prav do meje zadnjih dreves (Paulsen in sod., 2000). **Naša raziskava je pokazala, da tudi na zgornji gozdni meji, v sestojih tik pod drevesno mejo produkcijska sposobnost še zmerom dosega približno $2\text{-}6 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{leto}^{-1}$, kar pomeni, da lahko prvo hipotezo potrdimo.** Dokaj velike vrednosti produkcijske sposobnosti in tudi floristično-vegetacijske analize nakazujejo, da je aktualna sestojna meja marsikje znižana pod potencialno sestojno mejo, kar se ujema s številnimi tujimi raziskavami (e. g. Körner, 2012). Če bi želeli ugotavljati produkcijsko sposobnost sestojev na klimatski zgornji gozdni meji, bi morali razpolagati s sestoji na tej višini. To višino bi lahko določili preko klimatskih meritev. Po novejših študijah je klimatska meja pogojena z minimalno 94 dni dolgo rastno sezono oziroma povprečno temperaturo v tej sezoni $6,4^\circ\text{C}$ (Körner, 2012).

Upoštevati je treba, da se zgornja gozdna meja s klimatskimi spremembami dviguje (Díaz-Varela in sod., 2010) in da se s približevanjem zgornji gozdni meji razmerje med podzemno in nadzemno produkcijo praviloma povečuje (Hertel in Schöling, 2011) v korist podzemnih delov.

V povezavi z ocenjevanjem produkcijske sposobnosti sestojev s pomočjo rastiščnega indeksa in tablic donosov na zgornji gozdni meji moramo izpostaviti nekaj težav. Sestoji

na zgornji gozdni meji praviloma odstopajo od enodobnosti, pogosto imajo tudi starosti večje od tabeliranih (v tablicah donosov), na skrajnejših rastišč pa dosegajo bonitete, ki so lahko manjše od najmanjših bonitetnih razredov v donosnih tablicah. Kljub temu smo dobili ocene produkcijskih sposobnosti gozdnih rastišč, ki se zelo dobro ujemajo s ocenami produkcije, kjer smo ugotovljeni lesni zalogi prišteli še 25 % (ocena mortalitete; sečnje ni) in to skupno produkcijo delili s starostjo. Tako dobljena produkcija je bila manjša za približno $0,2 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1} \text{leto}^{-1}$ oziroma za okoli 5 %.

Naše ugotovljene ocene za produkcijo se odlično ujemajo z ocenami za primerljiva rastišča pri macesnu ($3,5 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1} \text{leto}^{-1}$; Kadunc in sod., 2013) in bukvi ($3,5 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1} \text{leto}^{-1}$; Kadunc in sod., 2013), pri smreki pa nekoliko manj ($6,0 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1} \text{leto}^{-1}$; Kadunc in sod., 2013). Kot zanimivost velja pripomniti, da je ocena za barjansko smrekovje ($1,1 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1} \text{leto}^{-1}$; Kadunc in sod., 2013) veliko manjša od produkcije na zgornji gozdni meji.

Naša **druga hipoteza** trdi, da se je višinsko priraščanje dreves in sestojev na zgornji gozdni meji v zadnjih desetletjih povečalo.

Rezultati so pokazali, da se je pri smreki in bukvi (z izjemo starejših semenskih bukev) višinsko priraščanje v zadnjih 30 letih povečalo. Za macesen in starejše bukve semenskega izvora tega nismo potrdili, kar pomeni, da smo drugo hipotezo le deloma potrdili.

Raziskave glede hitrejšega višinskega priraščanja ne dajejo enotnih rezultatov. V splošnem se za večji del evropskih gozdov ugotavlja izboljšano priraščanje (e. g. Spiecker in sod., 1996, Bontemps in sod., 2009). Pri nas je Kotar (2002) na primeru bukovih sestojev ugotovil, da se je njihova višinska rast oziroma produkcijska sposobnost povečala, kasneje pa Kadunc (2012a) na večjem vzorcu s širšim razponom rastiščnih razmer tega ni potrdil. Tudi Körner (2012) ugotavlja, da se je debelinska rast na gozdni meji zelo povečala, višinska rast pa ne. Debelsko priraščanje na zgornji gozdni meji se je povečalo bolj kot v nekoliko nižje ležečih gozdovih (Qi in sod., 2015). Višinsko priraščanje naj bi bilo precej bolj izpostavljeni vplivom na gozdni meji kot debelinsko priraščanje (Tranquillini, 1979). To (relativno) zaostajanje višinskega prirastka v primerjavi z debelinskimi na zgornji

gozdní meji prispeva tudi k dimenzijskemu razmerju oziroma koničnosti. Padec premera z višino se z nadmorsko višino zelo povečuje (glej pregled v Körner, 2012, str. 78-80). Tudi v naši raziskavi ugotovljena dimenzijska razmerja so zelo majhna, tako na sestojni meji kot v prehodni coni. Kotar (1991) je za nižje ležeče bukove sestoje ugotovil veča dimenzijska razmerja.

Tretja hipoteza predpostavlja, da je porazdelitev dreves na zgornji gozdní meji šopasta. Rezultati so pokazali, da je na večini ploskev (nekako dve tretjini) drevje dejansko razmeščeno šopasto, zlasti na krajsih razdaljah, kar pomeni, da so drevesa pogosto razmeščena šopasto, šopi pa naključno. Tudi v prehodni coni smo na dobro polovici ploskev potrdili šopasto razmestitev. **Hipotezo lahko sprejmemo, saj prevladuje šopasta razmestitev.** Ugotovitev se ujema s študijami na zgornji gozdní meji (Počkar in Stritih, 1987, Zhang in sod., 2009, Körner, 2012), medtem ko za altimontanske in subalpinske bukove in smrekove gozdove Kotar (1998) tega v glavnem ne potrjuje. V omenjeni študiji se nasprotno nakazuje predvsem težnja k enakomerni sistematični razmestitvi (Kotar, 1998). Tudi pri raziskavi Lyua in sod. (2016) se je pokazalo, da so odrasla drevesa razmeščena naključno oziroma na kratkih razdaljah (< 4 m) v šopih.

Pri pojasnjevanju razlogov zakaj se drevje na zgornji gozdní meji pogosto združuje v šope, navajajo avtorji naslednje možnosti: panjevsko poreklo (več poganjkov iz istega panja), skladiščenje semena (lešnikar skladišči cemprinovo seme), neenakomerno razporejena ugodna mikrorastišča in vzajemna kolektivna zaščita (Körner, 2012). Vzajemno ščitenje hipotetično prinaša prednosti pred negativnimi vplivi vetra, temperturnih nihanj, objedanja in snega.

Četrta hipoteza predpostavlja, da je starostna variabilnost drevja v sestojih na zgornji gozdní meji opazno večja od starostne variabilnosti drevja iste drevesne vrste v gozdovih montanskega pasu.

Naše testi so pokazali, da je bil koeficient variacije (kot kazalec starostne variabilnosti) statistično značilno večji tako pri smreki kot pri bukvi od primerjanih nižje ležečih sestojev. **S tem smo četrto hipotezo potrdili.** Podobno ugotavlja za bukove sestoje tudi

Kadunc (2012b), da se koeficient starosti z naraščanjem produkcijske sposobnosti rastišča upada. Produkcijska sposobnost rastišča pa se znižuje z nadmorsko višino oziroma proti sestojem na zgornji gozdni meji (e. g. Kadunc, 2012a, Kadunc, 2013). Tudi druge študije kažejo, da je porazdelitev dreves glede na starost na gozdni meji zelo razpršena (Wang in sod., 2004, Hofgaard in sod., 2009, Carrer in sod., 2013). Zrcalna J-porazdelitev starosti, kot so jo ugotovili na zgornji gozdni meji v Nepalu, pa naj bi nakazovala pragozdni značaj (Chhetri in sod., 2016).

Vzroki, da je starostna variabilnost večja na zgornji gozdni meji so lahko kontinuirane motnje manjše do zmerne jakosti. Podobno ugotavlja tudi Firm (2016). Pomladitvena obdobja so na teh nadmorskih višinah običajno daljša. Svetloba ne igra takšne vloge kot na nižjih legah. Običajno na te zakonitosti vplivajo temperaturne značilnosti

V povezavi s starostjo ugotavljamo, da zelo starih dreves skorajda nismo zajeli v analizo. Delno je razlog v tem, da takšnih dreves nismo posebej iskali, da so takšna drevesa pogosto rastoča zunaj sestojev oziroma ne izkazujejo zadostne apikalne dominance, da bi bila primerna za analizo odnosa starost-višina oziroma za bonitiranje. Morda je ponekod razlog tudi v tem, da je minilo premalo časa od intenzivne rabe prostora, da bi se dosegla velika starost.

Peta hipoteza povezuje produkcijsko sposobnost in fotoindikacijo, pri čemer smo predpostavili, da fitoindikacijske vrednosti, zlasti indikacija toplotnih razmer nakazuje produkcijsko sposobnost gozda na zgornji gozdni meji.

Te hipoteze ne moremo potrditi, saj smo ugotovili statistično značilne povezave le med svetlobnimi razmerami oziroma reakcijo tal in produkcijsko sposobnostjo sestojev. Toplotna indikacija ni korelirala s produkcijsko sposobnostjo, kar ni v skladu s splošnimi ugotovitvami, da je ključen dejavnik za uspevanje drevja na gozdni meji prav temperatura (Körner, 2012). Mogoča razlaga za to je, da so analizirani sestoji pod klimatsko zgornjo gozdno mejo, kar bi pomenilo, da temperaturni ekstrem še ni dovolj izražen. Druga razlaga je lahko v nezanesljivosti ocen, v kakšnih toplotnih razmerah lahko uspevajo posamezne vrste. Ocenjevanje produkcijske sposobnosti sestojev preko donosnih

tablic ima pomembne pomanjkljivosti v analiziranih sestojnih razmerah. Prav tako pa je vprašljiva občutljivost oziroma zaznavnost fitoindikacijskih vrednosti analizirane flore (Kadunc in sod., 2013). Nekatere domače študije kažejo, da je lahko ujemanje med klasičnimi ocenami produkcijske sposobnosti (rastiščni indeksi) in fitoindikacijskimi vrednosti zelo tesno (Košir, 2002), druge pa na zgornji gozdni meji takšnega ujemanja niso ugotovile (Kotar in Robič, 2001, Kobal, 2011).

Zadnja, **šesta hipoteza** pravi, da je floristična sestava gozda na zgornji gozdni meji raznolika, nanjo pa poleg geografskega položaja in drugih ekoloških dejavnikov (tla, lega, nagib), vplivajo tudi pretekli antropozoogeni vplivi.

Hipotezo smo potrdili, saj precej popisanih vrst nakazuje antropozoogene vplive, zlasti pašo.

Na zgornji gozdni meji v Sloveniji prevladujejo macesen, smreka, bukev in gorski javor.

Manj pogosta je jelka, ki pa se z opuščanjem gospodarjenja na visokih nadmorskih višinah marsikje vrača (Chauchard in sod., 2010). Da se jelka lahko prilagaja klimatskim razmeram na zgornji gozdni meji potrjuje tudi njena pogosta prisotnost v ruševju (Dakskobler & Rozman, in litt.). Njeno pogostejšo pojavljanje v tem višinskem pasu otežujejo dejavnosti kot so krčitve, požigalništvo, paša in objedanje divjadi. Vpliv objedanja divjadi na pomlajevanje gozdov na zgornji gozdni meji je zagotovo še nezadostno raziskan.

V nalogi smo ugotovili razmeroma majhen delež vladajočih dreves v primerjavi z nižje ležečimi bukovimi (Žitnik, 1995, Kotar, 2005, Muršič, 2005) in smrekovimi sestoji (Kotar, 1980). Relativno majhen delež vladajočih dreves (v primerjavi z gospodarskimi gozdovi) je lahko tudi posledica neukrepanja oziroma odstotnost gojitvenih posegov v strehi sestoja z lepo razvito krošnjo. V ekstremnih razmerah zgornje gozdne meje ne moremo pričakovati simetrične ter lepo razvite (široke) krošnje, saj je tu vpliv vetra, snega in izgub zaradi zmanjšanja srednje fotosintetske aktivnosti zelo močan.

Razmeroma velik delež dreves pod streho sestoja morda nakazuje tudi ugodnejše topotne razmere v tej plasteh. Podstojna drevesa imajo namreč ugodnejše topotne razmere (Körner, 2012).

V sestojih na zgornji gozdni meji smo ugotovili velik delež normalno velikih, vendar asimetričnih krošenj. Smrekovi sestoji na nižji nadmorski višini imajo veliko večji delež velikih oziroma velikih, simetričnih krošenj (Kotar, 1980). Pri bukvi pa je drugače, tu imajo tudi nižje ležeči sestoji pogosto ob odsotnosti nege velik delež krošenj normalne velikosti, vendar asimetrične oblike (e. g. Muršič, 2005, Meterc, 2008).

Ena od značilnosti sestojev na zgornji gozdni meji je tudi velikih delež dreves s sproščenimi oziroma manj utesnjenimi krošnjami. V smrekovih sestojih na nižjih legah so drevesa praviloma bolj utesnjena (Kotar, 1980). Bukovi sestoji na zgornji gozdni meji in nižje ležeči bukovi sestoji pa ponekod izkazujejo razmeroma podobno utesnjenost dreves (Zupanič, 2001), drugod pa je utesnjenost v nižje ležečih sestojih večja (Meterc, 2008), kar je v precejšnji meri pogojeno s gospodarjenjem.

Poznavanje zgodovine je pri raziskavah gozdov oziroma gozdne vegetacije zelo pomembno, saj potekajo procesi počasi, vplivi preteklih dogodkov pa se še dolgo pozna. Proučevanje zgornje gozdne meje bi moralo biti še tesneje povezano s študijami preteklih rab tega prostora, saj so tu procesi še počasnejši. Velik vpliv na gozdove na zgornji gozdni meji je imelo in ima pašništvo. Planinsko pašništvo in planine so propadale že med prvo svetovno vojno in v času do druge svetovne vojne (Petek, 2005). Nazadovanje se je po drugi svetovni vojni nadaljevalo, največjo krizo pa je doživljalo do sredine sedemdesetih let prejšnjega stoletja (Petek, 2005). Podrobna analiza opuščanja planin bi verjetno pojasnila marsikatero značilnost starostne strukture drevja. Tako se starost rušja in številnih dreves v prehodni coni lepo ujema z obdobjem intenzivnega povojnega opuščanja planin.

Naloga temelji na sintezi rezultatov osmih diplomskih del (Jakop in Kosmač, 1997, Kadunc in Rugani, 1998, Primožič, 2001, Kramer, 2002, Polajnar, 2003, Pagon R., 2004, Pagon J., 2006, Žemva, 2009) in ene seminarske naloge (Pogačnik in Prosen, 1998).

Opozoriti moramo, da se lahko posamezni rezultati v tej nalogi nekoliko razlikujejo od rezultatov v primarnih virih. Vzrok so lahko odkrite napake v primarnih virih, nekoliko drugačna metodologija ozziroma sodobnejša, bolj izpopolnjena preračunavanja.

Študija temelji na raziskavah osmih lokacij, na katerih smo analizirali 25 ploskev in 13 prog. Močno so prevladovale bolj prisojne lege, kar je vsaj deloma posledica tega, da se na osojnih legah, ki so navadno strmejše, redkeje razvije klimatska zgornja gozdna meja, saj nakloni, skalnatost in druge značilnosti površja zadržujejo gozd na nižjih legah. V Sloveniji je na nadmorski višini zgornje gozdne meje z izjemo najvišjih vrhov Pohorja in Smrekovškega pogorja geološka podlaga karbonatna, zato smo v študijo zajeli le sestoje s takšno matično podlago.

7 POVZETEK (SUMMARY)

7.1 POVZETEK

Naloga obravnava zgornjo gozdno mejo v Sloveniji, kjer je to območje v preteklosti močno obremenjevalo pašništvo in tako precej znižalo dejansko mejo gozda. Zaradi opuščanja pašništva v današnjih časih procesi potekajo v obratni smeri, saj se gozd preko različnih sukcesijskih oblik vrača na ta področja.

Tuje raziskave za področje Alp so dokaj številne in obsežne, nobena pa ni vključevala Slovenskih Alp, ki predstavljajo jugovzhodni del tega pogorja in v (poglobljenih) tujih raziskavah nikoli niso bile zajete. Prav zato je bilo smiselno in potrebno proučiti zbrano gradivo naših domačih raziskav s področja rasti drevja in sestojev ter njihove zgradbe na zgornji gozdni meji. Proučevanja rastnih značilnosti drevja in sestojev ter njihove zgradbe na zgornji gozdni meji (Kadunc in Rugani, 1998, Pogačnik in Prosen, 1998, Primožič, 2001, Kramer, 2002, Polajnar, 2003, Pagon R., 2004, Pagon J., 2006, Žemva, 2009), so pokazala na relativno velike vrednosti sestojnih temeljnic in lesnih zalog za gozdove na gozdni meji. Naštete raziskave so bile načrtno koordinirane tako, da bi zajele vse vegetacijske tipe zgornje gozdne meje pri nas oziroma pokrile ves visokogorski prostor. Iz tega sledi, da so posamezne naloge omogočile sintezo spoznanj.

Lokacije raziskovalnih objektov iz omenjenih nalog so bile izbrane načrtno tako, da so zajele različne vegetacijske tipe zgornje gozdne meje v Sloveniji. Prostorsko gledano so analizirane lokacije razprtene po vseh slovenskih Alpah in na Notranjskem Snežniku.

Gre za skupno 25 ploskev v sestojih tik pod sestojno gozdno mejo in za 13 prog (transek托) med sestojno in drevesno mejo. Ploskve so bile večinoma velike 9 arov (30 m × 30 m), proge pa so bile široke 20 m in različnih dolžin, odvisno od širine prehodne/bojne cone.

Objekte smo izbrali tako, da so topografske značilnosti omogočale prehod od sestaja preko prehodne cone do alpskih livad.

Na osnovi raziskovanj smo preverili šest hipotez, ki smo jih v tej nalogi postavili in ugotovili:

1. Tudi na zgornji gozdni meji, v sestojih tik pod drevesno mejo produkcijska sposobnost še zmerom dosega približno $2\text{-}6 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{leto}^{-1}$.
2. Rezultati so pokazali, da se je pri smreki in bukvi (z izjemo starejših semenskih bukev) višinsko priraščanje v zadnjih 30 letih povečalo. Za macesen in starejše bukve semenskega izvora tega nismo dokazali, kar pomeni, da smo drugo hipotezo le deloma potrdili.
3. Iz raziskave lahko povzamemo, da je na večini ploskev (nekako dve tretjini) drevje dejansko razmeščeno šopasto, zlasti na krajših razdaljah, kar pomeni, da so drevesa pogosto razmeščena šopasto, šopi pa naključno. Tudi v prehodni coni smo na dobri polovici ploskev potrdili šopasto razmestitev.
4. Naši testi so pokazali, da je bil koeficient variacije (kot kazalec starostne variabilnosti) statistično značilno večji tako pri smreki kot pri bukvi od primerjanih nižje ležečih sestojev.
5. Peta hipoteza povezuje produkcijsko sposobnost in fitoindikacijo, pri čemer smo predpostavili, da fitoindikacijske vrednosti, zlasti indikacija toplotnih razmer nakazuje produkcijsko sposobnost gozda na zgornji gozdni meji.

Te hipoteze ne moremo v celoti potrditi, saj smo ugotovili statistično značilne povezave le med svetlobnimi razmerami oziroma reakcijo tal in produkcijsko sposobnostjo sestojev.

6. Potrdili smo trditev, da je floristična sestava gozda na zgornji gozdni meji raznolika, nanjo pa poleg geografskega položaja in drugih ekoloških dejavnikov (tla, lega, nagib), vplivajo tudi pretekli antropozoogeni vplivi.

7.2 SUMMARY

The thesis describes the upper timberline in Slovenia; in the past this area was heavily burdened by grazing, which consequently lowered the actual forest borderline. Due to the abandonment of pastoralism nowadays, such processes take place in the opposite direction and the forest is returning to these areas through various forms of succession.

Numerous and extensive foreign studies covering the area of the Alps have not included the Slovenian Alps, representing the southeastern part of this mountain chain. It was therefore reasonable and necessary to examine the material collected from our domestic research on the growth of trees and stands, and their structure at the upper timberline. Studies of the growth characteristics of trees and stands, and their structure at the upper timberline (Kadunc and Rugani, 1998, Pogačnik, 1998, Primožič, 2001, Kramer, 2002, Polajnar, 2003, Pagon R., 2004, J. Pagon, 2006, Žemva, 2009), showed relatively high levels of stand basal and growing stock of forests at the timberline. The listed studies were systematically coordinated and selected to cover representative vegetation types above the timberline in our country or cover the entire region of Slovenian Alps and the Snežnik area. In total 25 plots in stands just below the timberline and 13 lines (transects) between the stands' and the forest's border were included in the study. Plots were mostly 9 acres ($30\text{ m} \times 30\text{ m}$) in size, while lines were 20 meters wide and of varying lengths, depending on the width of the transitional / battle zone.

Topographical features of selected objects enabled the transition from the stand through the transition zone to the alpine meadows.

We may conclude that:

1. Even at the upper timberline, in the stands just below the tree line, the production capacity still adds up to around $2\text{-}6\text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{year}^{-1}$.
2. The height increment in spruce and beech (with the exception of larch and older beech of seed origin) has increased in the last 30 years.
3. The distribution of trees on most of the plots (on two thirds) is clustered, especially on shorter distances; clusters are distributed in a random fashion.

4. The coefficient of variation (as an indicator of the age-variability at the timberline) was significantly higher for both spruce and beech, compared to the stands at lower altitudes.
5. The phytoindication values, in particular thermal conditions well indicate the forest production capacity at the upper timberline. The hypothesis may not be completely accepted, as we confirmed significant relationship only between light conditions and the reaction of the soil and the stand production capacity.
6. The floristic composition of the forests at the upper timberline varies, is affected by the geographical position and other ecological factors (soil, location, tilt) and influenced by the past anthropozoogenic effects.

8 VIRI

Arno S. F. 1984. Timberline, Mountain and Arctic Forest Frontiers. The Mountaineers, Seattle: 304 str.

Assmann E. 1961. Waldertragskunde. BLV Verlagsgesellschaft München, Bonn, Wien, 492 str.

Baddeley A., Turner R. 2005. Spatstat: An R Package for Analyzing Spatial Point Patterns. Journal of Statistical Software, 12, 6:1-42.
<http://www.jstatsoft.org/v12/i06/>

Bontemps J.-D., Hervé J.-C., Dhôte J.-F. 2009. Long-Term Changes in Forest Productivity: A Consistent Assessment in Even-Aged Stands. Forest Science, 55, 6: 549-564

Braun-Blanquet J. 1964. Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetations Kunde. 3. Auflage. Wien, New York, Springer: 865 str.

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

Carrer M., Soraruf L., Lingua E., 2013. Convergent space-time tree regeneration patterns along an elevation gradient at high altitude in the Alps. Forest Ecology and Management, 304: 1-9

Chauchard S., Beilhe F., Denis N., Carcaillet C. 2010. An increase in the upper tree-limit of silver fir (*Abies alba* Mill.) in the Alps since the mid-20th century: A land-use change phenomenon. Forest Ecology and Management, 259: 1406-1415

Chhetri P. K., Bista R., Cairns D. M. 2016. Population structure and dynamics of *Abies spectabilis* at treeline ecotone of Barun Valley, Makalu Barun National Park, Nepal. *Acta Ecologica Sinica*, 36: 269-274

Ciglar M. 1955. Podoba in značaj vegetacijskega pasu ob zgornji gozdnini in drevesni meji v Sloveniji. diplomska naloga. (Fakulteta za agronomijo, gozdarstvo in veterinarstvo). Ljubljana: 181 str.

Clark P.J., Evans F.C. 1954. Distance to nearest neighbour as a measure of spatial relationships in populations. *Ecology*, 35: 445-453

Dakskobler I. 2006: Asociacija *Rhodothamno-Laricetum* (Zukrigl 1973) Willner & Zukrigl 1999 v Julijskih Alpah. The Association *Rhodothamno-Laricetum* (Zukrigl 1973) Willner & Zukrigl 1999 in the Julian Alps. Razprave 4. razreda SAZU, 47, 1: 117–192.

Dakskobler I. 2015. Gozdna vegetacija Triglavskega naravnega parka. *Acta Triglavensia*, 3: 9–39.

Dakskobler I., Leban F., Rozman A., Seliškar A. 2010. Distribution of the association *Rhodothamno-Laricetum* in Slovenia. Razširjenost asociacije *Rhodothamno-Laricetum* v Sloveniji. *Folia biologica et geologica*, 51, 4: 165–176.

Dakskobler I., Kutnar L. 2012. Macesnovi gozdovi v Sloveniji: vzhodnoalpsko macesnovje, združba evropskega macesna in slečnika. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije, Zveza gozdarskih društev Slovenije: 30 str.

Dakskobler I., Rozman A., Seliškar A. 2013. Forest and scrub communities with green alder (*Alnus viridis*) in Slovenia. *Hacquetia*, 12, 2: 95–185.

Dakskobler I., Vreš B., Seliškar A., Anderle B. 2013. Phytosociological characteristics of sites of *Peucedanum ostruthium* in the Peca Mountains (eastern Karavanke, northeastern Slovenia). *Folia biologica et geologica*, 54, 2: 5–23.

Dakskobler I., KutnarL., ŠilcU., VrešB. 2016. Prisotnost in pogostnost tujerodnih rastlinskih vrst v gozdnih rastiščnih tipih Slovenije. V: Jurc M. (ur.). Invazivne tujerodne vrste v gozdovih ter njihov vpliv na trajnostno rabo gozdnih virov: zbornik prispevkov posvetovanja z mednarodno udeležbo, XXXIII. Gozdarski študijski dnevi, Ljubljana, 14.-15. april 2016. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 125-141.

Diaci J. 1998. Primerjava zgradbe in razvoja naravnega bukovega gozda in nadomestnega gozda macesna in smreke na zgornji gozdnji meji v Savinjskih Alpah. V: Diaci, J., (ur.). Gorski gozd: Zbornik referatov, XIX. Gozdarski študijski dnevi. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: str. 313-336

Díaz-Varela R. A., Colombo R., Meroni M., Calvo-Iglesias M. S., Buffoni A., Tagliaferri A., 2010. Spatio-temporal analysis of alpine ecotones: A spatial explicit model targeting altitudinal vegetation shifts. Ecological Modelling, 221: 621-633

Dietz P. 1975. Dichte und Rindengehalt von Industrieholz. Holz als Roh-und Werkstoff, 33: 135-141

Dufrêne M., Legendre P. 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible assymetrical approach. Ecological Monographs, 67: 345-366

Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchwesen (EAFV). 1969. Ertragstafeln für die Lärche in der Schweiz.

Ellenberg H. 1963. Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. 1. Auflage. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer: 943 str.

Ellenberg H., Weber H., Düll R., Wirth V., Werner W., Paulissen D. 1991. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. (Scripta Geobotanica, Vol. 18). Göttingen: 247 str.

Firm D. 2016. Gozdna sukcesija in ekologija evropskega macesna (*Larix decidua* Mill.) v slovenskih Alpah: doktorska naloga. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana: 154 str.

Fortin M. J., Dale M. 2005. Spatial analysis: a guide for ecologists. Cambridge, Cambridge University Press: 365 str.

Gams I. 1976. O zgornji gozdni meji na jugozahodnem koroškem. Geografski zbornik, 16, 2: 155-192.

Hafner P., Robertson I., Mccarroll D., Loader N. J., Gagen M., Bale R. J., Jungner H., Sonninen E., Hilasvuori E., Levanič T. 2011. Climate signals in the ring widths and stable carbon, hydrogen and oxygen isotopic composition of *Larix decidua* growing at the forest limit in the southeastern European Alps. Trees, 25, 6: 1141-1154

Hafner P., Mccarroll D., Robertson I., Loader N. J., Gagen M., Young G., Bale R. J., Sonninen E., Levanič T. 2014. A 520-year record of summer sunshine for the eastern European Alps based on stable carbon isotopes in larch tree rings. Climate dynamics, 43, 3/4: 971-980

Halaj J., Grék J., Pánek F., Petrás R., Řehák J. 1987. Rastové tabuľky hlavných drevín ČSSR. Bratislava, Príroda: 361 str.

Hertel D., Schöling D. 2011. Norway Spruce Shows Contrasting Changes in Below-Versus Above-Ground Carbon Partitioning towards the Alpine Treeline: Evidence from a Central European Case Study. Arctic, Antarctic and Alpine Research, 43, 1: 46-55

Hoch G., Popp M., Körner C. 2002. Altitudinal increase of mobile carbon pools in *Pinus cembra* suggests sink limitation of growth at the Swiss treeline. Oikos, 98: 361-374

Hofgaard A., Dalen L., Hytteborn H. 2009. Tree recruitment above the treeline and potential climate-driven treeline change. Journal of Vegetation Science, 20: 1133-1144

Holtmeier F. K. 1989. Ökologie und Geographie der oberen Waldgrenze. Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft, 1: 15-45

Holtmeier F. K. 2003. Mountain Timberlines, Ecology, Patchiness, and Dynamics. Kluwer academic publisher: 369 str.

Holtmeier F. K. 2009. Mountain Timberlines, Ecology, Patchiness, and Dynamics. Springer: 437 str.

Jakop I., Kosmač L. 1997. Gornja gozdna meja na južnem pobočju Raduhe:višješolska diplomska naloga. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 98 str.

Kadunc A. 2012a. Ocena produkcijske sposobnosti bukovih rastišč v Sloveniji. V: Bončina A. (ur.). Bukovi gozdovi v Sloveniji: ekologija in gospodarjenje. Ljubljana, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Biotehniška fakulteta: 91-101

Kadunc A. 2012b. Rastne značilnosti, kakovost lesa, pojav rdečega srca in vrednostne karakteristike bukovih sestojev. V: Bončina A. (ur.). Bukovi gozdovi v Sloveniji: ekologija in gospodarjenje. Ljubljana, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Biotehniška fakulteta: 209-229

Kadunc A. 2013. Factors influencing site index of Norway Spruce in Slovenia. Centralblatt für das Gesamte Forstwesen, 130, 3: 167-186

Kadunc A., Rugani T. 1998. Zgornja gozdna meja v Notranjem Bohinju:diplomska naloga. (Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 123 str.

Kadunc A., Poljanec A., Dakskobler I., Rozman A., Bončina A. 2013. Ugotavljanje proizvodne sposobnosti gozdnih rastišč v Sloveniji: poročilo o realizaciji projekta. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 42 str.

Klinka K., Chen H. 2003. Potential productivity of three interior subalpine forest tree species in British Columbia. *Forest Ecology and Management*, 175: 521-530

Kobal M. 2011. Vpliv sestojnih, talnih in mikrorastiščnih razmer na rast in razvoj jelke (*Abies alba* Mill.) na visokem krasu Snežnika: doktorska disertacija. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 148 str.

Košir Ž. 2002. Primerjava relativne bonitete gozdnih rastišč, ugotovljene z rastiščnim koeficientom z njihovo izračunano oziroma ocenjeno proizvodno sposobnostjo. *Gozdarski vestnik*, 60, 1: 3-23

Kotar M. 1980. Rast smreke *Picea abies* (L.) Karst. na njenih naravnih rastiščih v Sloveniji: disertacija (Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo). Ljubljana, samozal.: 165 str.

Kotar M. 1991. Zgradba bukovih sestojev v njihovi optimalni razvojni fazi. *Zbornik gozdarstva in lesarstva* 38: 15 - 40

Kotar M. 1995. Site productivity on sites overgrown by spruce and beech forests. *Lesnictví-Forerstry*, 41, 10: 449-462

Kotar M. 1998. Proizvodna sposobnost visokogorskih in subalpinskih gozdnih rastišč ter zgradba njihovih gozdov. V: Diaci J. (ur.). *Gorski gozd: zbornik referatov*. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 109-124

Kotar M. 2002. Spremembe proizvodne sposobnosti bukovih gozdov v Sloveniji v zadnjih desetletjih. *Gozdarski vestnik*, 60, 4: 170-191

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

Kotar M., Robič D. 2001. Povezanost proizvodne sposobnosti bukovih gozdov v Sloveniji z njihovo floristično sestavo. Gozdarski vestnik 59, 5-6: 227 – 248

Körner C. 1998a. Worldwide positions of alpine treelines and their causes. V: Bensiton M., Innes J. (ur.). The impacts of climatic variability on forests. Heidelberg, Springer: 221-229

Körner C. 1998b. A re-assessment of high elevation treeline positions and their explanation. Oecologia, 115: 445-459

Körner C. 2003. Alpine Plant Life. Functional Plant Ecology of High Mountain Ecosystems. 2nd ed. Springer: 337 str.

Körner C. 2012. Alpine Treelines. Functional Ecology of the Global High Elevation Tree Limits. Basel, Springer: 220 str.

Kramer M. 2002. Zgornja gozdna meja na Snežniku: diplomsko delo, univerzitetni študij. (Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 77 str.

Landolt E., Bäumler B., Erhardt A., Hegg O., Klötzli F., Lämmler W., Nobis M., Rudmann-Maurer K., Schweingruber F. H., Theurillat J.-P., Urmi E., Vust M., Wohlgemuth T. 2010. Flora indicativa. 2. Auflage. Bern, Stuttgart, Wien, Haupt Verlag: 323 str.

Leibundgut H. 1938. Wald- und Wirtschaftstudien im Lötschental. Beiheft zur Zeitschrift des Schweizerischen Forstvereins, 18: 150 str.

Levanič T. 2005a. Kronologija macesna (*Larix decidua* Mill.) za območje jugovzhodnih Alp. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 76: 39-70

Levanič T. 2005b. Vpliv klime na debelinsko rast macesna (*Larix decidua* Mill.) na zgornji gozdni meji v JV Alpah. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 78: 29-55

Lovrenčak F. 1977. Zgornja gozdna meja v Kamniških Alpah v geografski luči (v primerjavi s Snežnikom). Geografski zbornik, 26: 57 str.

Lyu L., Zhang Q., Deng X., Mäkinen H., 2016. Fine-scale distribution of treeline trees and the nurse plant facilitation on the eastern Tibetan Plateau. Ecological Indicators, 66: 251-258

Maarel van der E. 1979. Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community similarity. Vegetatio, 39, 2: 97–114

Marinček L. 1980. Subalpsko bukovje Škofjeloškega pogorja. Loški razgledi, 27: 182-192

Marinček L. 1996. Subalpine Buchenwälder in den Westlichen Dinariden. V: Flora e vegetazione dell'Insubria: Atti del 24o Simposio della Societa Estalpino-Dinarica di Fitossociologia. (Annali dei Musei Civici di Rovereto : Supplemento II: Sezione Archeologia, Storia e Scienze Naturali, 11). Rovereto: 197-208

Marinček L., Čarni A. 2010. Altimontanski bukovi gozdovi podzveze *Saxifrago-Fagenion* (*Aremonio-Fagion*). Scopolia, 69: 1–107.

Martinčič A. 2003: Seznam listnatih mahov (Bryopsida) Slovenije. Hacquetia, 2, 1: 91–166.

Martinčič A. 2011. Annotated Checklist of Slovenian Liverworts (Marchanthiophyta) and Hornworts (Anthocerotophyta). Scopolia, 72: 1–38.

Martinčič A., Wraber T., Jogan N., Podobnik A., Turk B., Vreš B., Ravnik V., Frajman B., Strgulc Krajšek S., Trčak B., Bačič T., Fischer, M. A., Eler K., Surina B. 2007. Mala flora Slovenije:ključ za določanje praprotnic in semenk. Četrta, dopolnjena in spremenjena izdaja. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 967 str.

Mayer H. 1976. Gebirgswaldbau – Schutzwaldpflege: ein waldbaulicher Beitrag zur Landschaftsökologie und zum Umweltschutz. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag: 436 str.

Meterc G. 2008. Zgradba in rast bukovih sestojev na rastišču *Isopyro-Fagetum*: diplomsko delo - univerzitetni študij (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 103 str.

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>
(25. sep. 2015)

Muršič B. 2005. Proizvodna sposobnost rastišč bukovih gozdov *Vicio orobodi-Fagetum* s. lat. in njihova zgradba v Prekmurju: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 56 str.

Ogrin D. 1999. Klimatska pogojenost debelinskega prirastka dreves ob slovenskih visokogorskih alpskih jezerih. V: Sonaravni razvoj v slovenskih Alpah in sosedstvu: 1. Melikovi geografski dnevi, Kranjska Gora, Slovenija. (Dela. Oddelek za geografijo Filozofske fakultete, 11). Ljubljana, Oddelek za geografijo Filozofske fakultete : 89-102

Oksanen J., Blanchet F. G., Kindt R., Legendre P., Minchin P. R., O'Hara R. B., Simpson G. L., Solymos P., Stevens M. H., Wagner H. 2012. Vegan: Community Ecology Package. R package version 2.0-4.

<http://CRAN.R-project.org/package=vegan>(14.7.2016)

Pagon J. 2006. Zgornja gozdna meja na Stolu v Karavankah: diplomska naloga, univerzitetni študij. (Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 71 str.

Pagon R. 2004. Zgornja gozdna meja na Mangrtu: diplomsko delo, univerzitetni študij. (Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 63 str.

Paulsen J., Weber U., Körner C. 2000. Tree Growth near Treeline: Abrupt or Gradual reduction with Altitude? Arctic, Antarctic, and Alpine Research, 32, 1: 14-20

Petek F. 2005. Spremembe rabe tal v slovenskem alpskem svetu. (Geografija Slovenije, 11). Ljubljana, Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU, Ljubljana: 216 str.

Plesnik P. 1971. O vprašanju zgornje gozdne meje in vegetacijskih pasov v gorovjih jugozahodne in severozahodne Slovenije. Geografski vestnik, 43: 3-25.

Plesnik P. 1991. System of timberlines on the earth. Geografický Casopis, 43, 2: 134-149

Počkar B., Stritih J. 1987. Strategija rasti gozda na zgornji gozdni meji - primerjava med Dinaridi in Julijskimi Alpami: diplomska naloga. (Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 72 str.

Podani J. 2001. SYN-TAX 2000: Computer Programs for Data Analysis in Ecology and Systematics: User's Manual. Budapest: 53 str.

Pogačnik N., Prosen M., 1998. Zgradba bukovega gozda ob gozdni meji na Snežniku. Gozdarski vestnik, 56, 10: 443-459

Polajnar T. 2003. Zgornja gozdna meja na Zaplati v pogorju Storžiča: diplomsko delo, visokošolski strokovni študij. (Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 108 str.

Primožič J. 2001. Zgornja gozdna meja nad Lipanco v Julijskih Alpah: diplomsko delo, visokošolski strokovni študij. (Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal: 64 str.

Qi Z., Liu H., Wu X., HaoQ. 2015. Climate driven speedup of alpine treeline forest growth in the Tianshan Mountains, Northwestern China. *Global Change Biology*, 21: 816-826

R Development Core Team - R Project for Statistical Computing, 2016. Vienna, Austria, R Fundation for Statistical Comuting.
<http://www.R-project.org> (16. 8. 2016)

Ripley B. D. 1976. The second-order analysis of stationary point processes. *Journal of applied probability*, 13: 255–266

Ripley B.D. 1988. Statistical inference for spatial processes. Cambridge University Press: 148 str.

Robič D. 1998. Gorski gozd v Sloveniji, poizkus opredelitve in nekatere posebnosti ravnanja z njim. V: Diaci J. (ur.). Gorski gozd: zbornik referatov, XIX. Gozdarski študijski dnevi. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 1-16.

Rozman A. 2008. Dinamika razvoja zgornje gozdne meje in ekološka vloga rušja (*Pinus mugo* Turra) v sekundarni sukcesiji v Julijskih in Savinjskih Alpah: doktorska disertacija. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 151 str.

Seliškar T., Vreš B., Seliškar A. 2003. FloVegSi 2.0: računalniški program za urejanje in analizo bioloških podatkov. Ljubljana, Biološki inštitut ZRC SAZU

Simončič T., Kadunc A., Bončina A. 2009. Analiza horizontalne zgradbe bukovih sestojev s podatki s stalnih vzorčnih ploskev. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 90: 11-24

Spiecker H., Mielikäinen K., Köhl M., Skovsgaard J. (ur.). 1996. *Growth Trends in European Forest*. (European Forest Institute Research Report, No. 5). Berlin,Tokyo, Springer: 372 str.

Suppan U., Prügger J., Mayrhofer H. 2000. Catalogue of the lichenized and lichenicolous fungi of Slovenia. *Bibliotheca Lichenologica*, 76: 1–215

Surina B., Rakaj M. 2007. Subalpine beech forests with Hairy Alpenrose (*Polystichum lonchitis-Fagetum rhododendretosum hirsuti* subass. nova) on Mt. Snežnik (Liburnian Karst, Dinaric Mts). *Hacquetia*, 6, 2: 195–208.

Šilc U., Čarni A. 2012. Conspectus of vegetation syntaxa in Slovenia. *Hacquetia*, 11, 1: 113–164

Theurillat J. P. 2004. Pflanzensoziologisches System. V: Aeschimann D., Lauber K., Moser D. M., Theurillat J.-P. (ur.). *Flora alpina 3: Register*. Bern, Stuttgart, Wien, Haupt Verlag: 301–313

Tranquillini W. 1979. Physiological ecology of the alpine timberline. (Ecological Studies, 31). New York, Tokyo, Springer: 137 str.

Tregubov V. 1962. Naravni sestoji macesna v Sloveniji in gospodarjenje z njimi. *Zbornik Inštituta za gozdno in lesno gospodarstvo Slovenije*, 3: 29-143

Troll C. 1973. The upper timberlines in different climatic zones. *Arctic and Alpine Research*, 5, 3: 3–18.

Turk Z., Lipoglavšek M. 1972. Volumni in težinski delež lubja glede na premer deblovine jelke, smreke in bukve v nekaterih območjih Slovenije. (Strokovna in znanstvena dela 37). Ljubljana, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo: 68 str.

Veber I. 1986. Gozdovi bohinjskih fužinarjev. Bled, GG Bled: 48 str.

Wang T., Liang Y., Ren H., Yu D., Ni J., Ma K. 2004. Age structure of *Picea schrenkiana* forest along an altitudinal gradient in the central Tianshan Mountains, northwestern China. *Forest Ecology and Management*, 196: 267-274

Wardle P. 1974. Alpine timberlines. V: Ives J., Barry R. (ur.) Arctic and Alpine Environment. London, Methuen: 371-402

Wieser G. 2007. Limitation by an insufficient Carbon Assimilation and Allocation. V: Wieser G., Tausz M. (ur). Trees at their Upper limit. Treelife Limitation at the Alpine Timberline. (Plant Ecophysiology, Volume 5). Springer: 79-119

Wieser G., Tausz M. (ur.) 2007. Trees at their Upper Limit. Treelife Limitation at the Alpine Timberline. (Plant Ecophysiology, Volume 5). Springer: 232 str.

Wraber M. 1966. Das *Adenostylo glabrae-Piceetum*, eine neue Fichtenwaldgesellschaft in den slowenischen Alpen. Angewandte Pflanzensoziologie, 18/19: 93-101

Wraber M. 1970. Die obere Wald- und Baumgrenze in den slowenischen Hochgebirgen in ökologischer Betrachtung. V: Mitteilungen der Ostalpin-Dinarischen pflanzensoziologischen Arbeitsgemeinschaft, Heft 11: Vegetationsgrenzen im Hochgebirge, 13.7.-18.7.1970, Obergurgl/Innsbruck. Obergurgl; Innsbruck: Internationale Vereinigung für Vegetationskunde, Ostalpin - Dinarische Sektion: 235-248.

Zhang Q., Zhang Y., Peng S., Yirdaw E., Wu N. 2009. Spatial structure of alpine trees in mountain Baima Xueshan on the southeast Tibetan plateau. Silva Fennica, 43,2: 197-208

Zhang Y., Wilmking M. 2010. Divergent growth responses and increasing temperature limitation of Qinghai spruce growth along an elevation gradient at the northeast Tibet Plateau. Forest Ecology and Management, 260: 1076-1082

Zupančič M. 1999. Smrekovi gozdovi Slovenije (Spruce forests in Slovenia). (Dela, Slovenska akademija znanosti in umetnosti, Razred za naravoslovne vede, 36). Ljubljana, Slovenska akademija znanosti in umetnosti: 212 str.

Zupančič M. 2013. New considerations on southeast-Alpine and Dinaric-central Balkan dwarf pine. Hrvatska misao (Sarajevo), 17 (61), 1 (46): 156–172.

Zupančič M. 2015. Problems of classification of dwarf pine scrub into higher syntaxa. *Folia biologica et geologica*, 56, 3: 149–154.

Zupančič M., Žagar V. 2007. Comparative analysis of phytocoenoses with larch (*Rhodothamno-Rhododendretum* var. geogr. *Paederota lutea laricetosum*, *Rhodothamno-Laricetum*). Razprave 4, Razreda SAZU (Ljubljana), 48, 2: 307-335.

Zupančič M., Wraber T., Žagar V. 2004. Dinarska združba ruševja *Hyperico grisebachii-Pinetum mugo* na Snežniku. Razprave 4. razreda SAZU, 45, 2: 185–261.

Zupančič M., Žagar V., Culiberg M. 2006. Slovensko alpsko ruševje v primerjavi z evropskimi ruševji: (*Rhodothamno-Rhododendretum hirsuti* var. geogr. *Paederota lutea*)=Slovene *Pinus mugo* scrub in comparison with European *Pinus mugo* scrub (*Rhodothamno-Rhododendretum hirsuti* var. geogr. *Paederota lutea*). Dela, Slovenska akademija znanosti in umetnosti, Razred za naravoslovne vede, 40). Ljubljana, Slovenska akademija znanosti in umetnosti, 111 str.

Zupanič B. 2001. Proizvodna sposobnost rastišč bukovih gozdov *Castaneo-Fagetum* in *Vicio oroboidi-Fagetum* v Pesniški dolini: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal., 75 str.

Žemva M. 2009. Zgornja gozdna meja na Košuti: diplomsko delo, visokošolski strokovni študij. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 59 str.

Žitnik S. 1995. Rast in razvoj bukovih sestojev na južnem pobočju Snežnika (v vegetacijski enoti *Adenostylo-Fagetum*): diplomska naloga. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo). Ljubljana, samozal: 101 str.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju dr. Alešu Kaduncu za pomoč in usmerjanje pri izdelavi naloge. Zahvaljujem se tudi somentorju dr. Igorju Dakskoblerju za opravljene popise na ploskvah ter za pomoč pri izdelavi naloge.

Zahvala gre tudi dr. Andreju Rozmanu in dr. Milanu Kobalu za pomoč pri obdelavi podatkov.

Končno se zahvaljujem tudi svoji družini za pomoč in razumevanje.

PRILOGE

Priloga A:

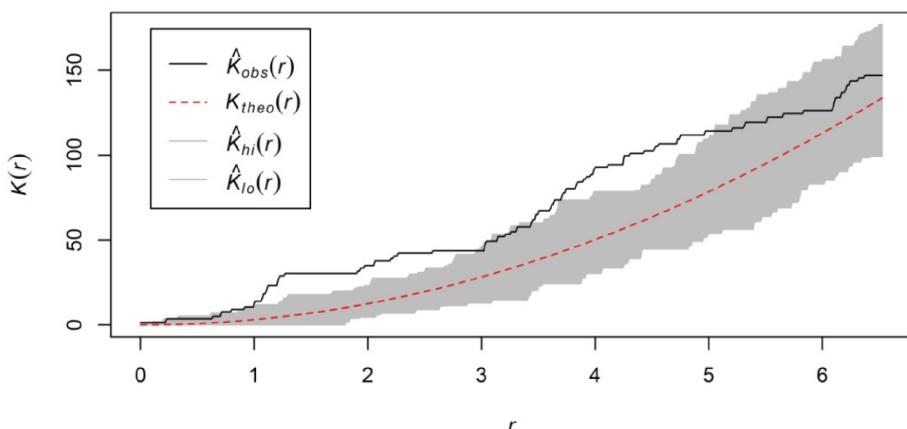
Fitocenološka tabela raziskovalnih ploskev in raziskovalnih prog v gozdnih in grmiščnih sestojih na zgornji gozdni meji v Sloveniji (avtor dr. Igor Dakskobler)

Fitocenološka tabela raziskovalnih ploskev in raziskovalnih prog v gozdnih in grmiščnih sestojih na zgornji gozdni meji v Sloveniji

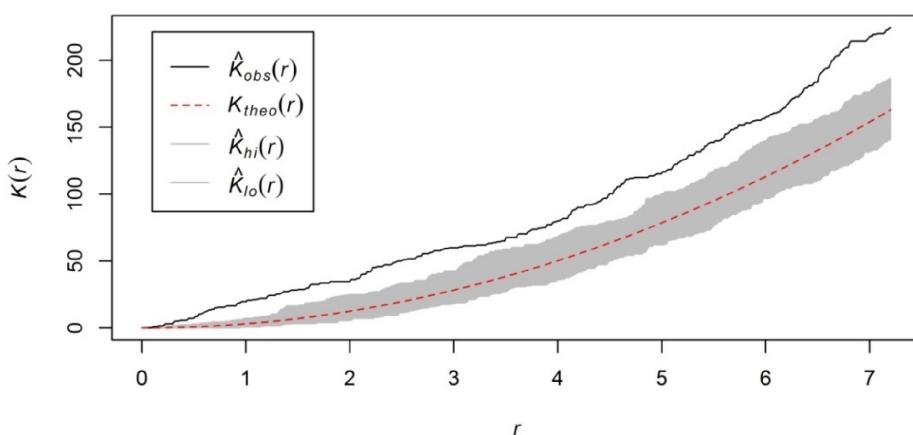
Priloga B:

Ripleyeve krivulje

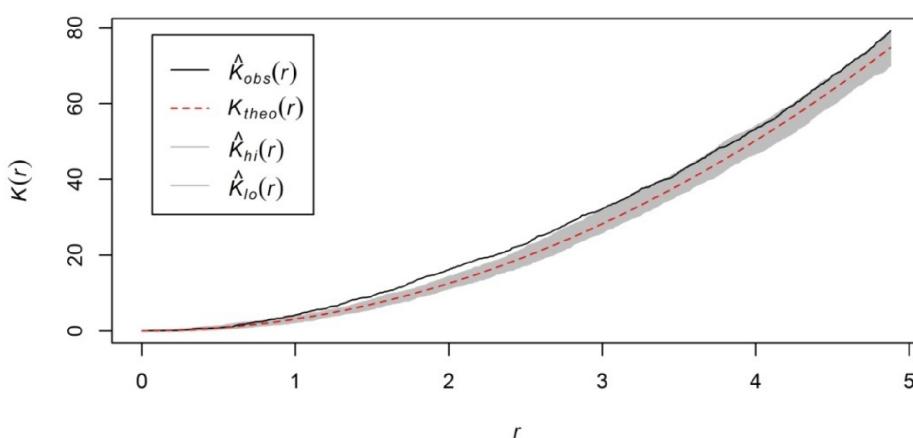
Ripleyeva funkcija za ploskev Jakop 1



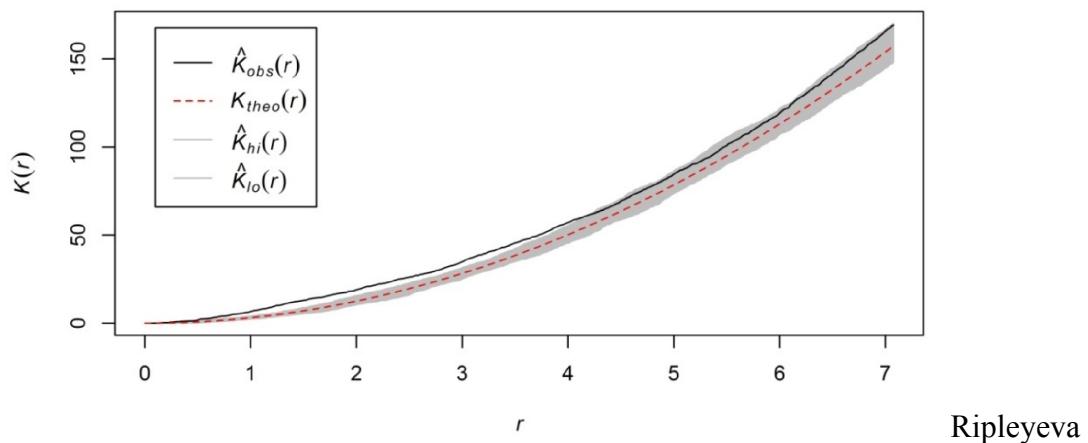
Ripleyeva funkcija za ploskev Jakop 2



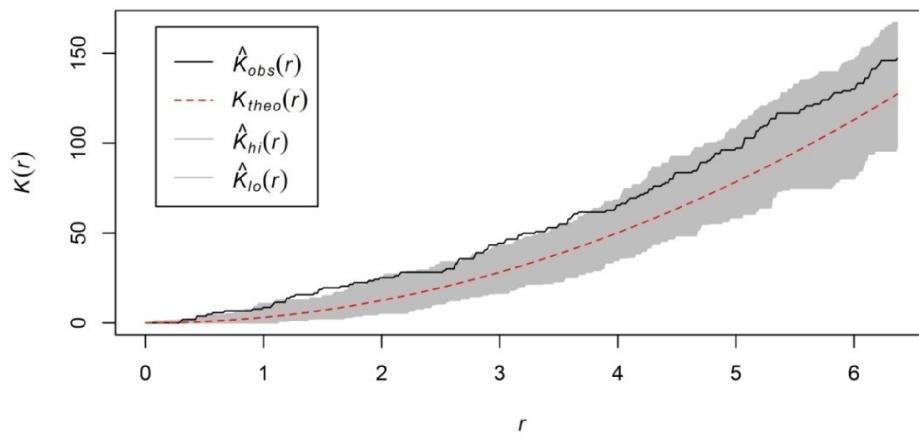
Ripleyeva funkcija za ploskev Jakop 3



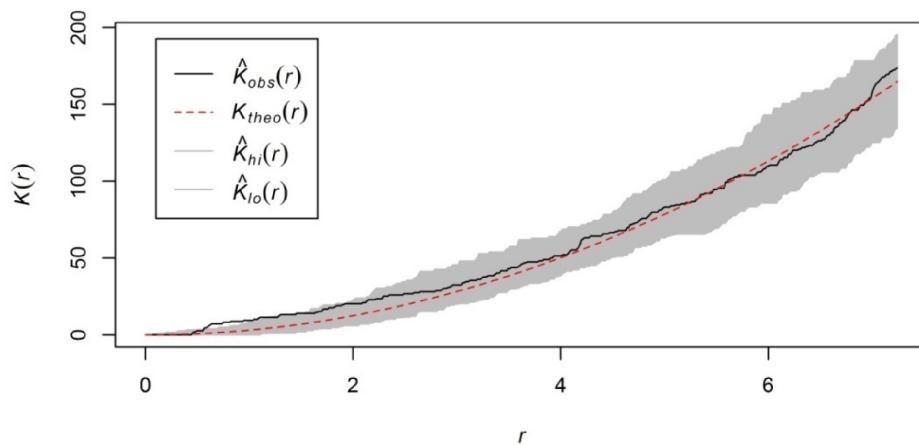
Ripleyeva funkcija za ploskev Jakop 4



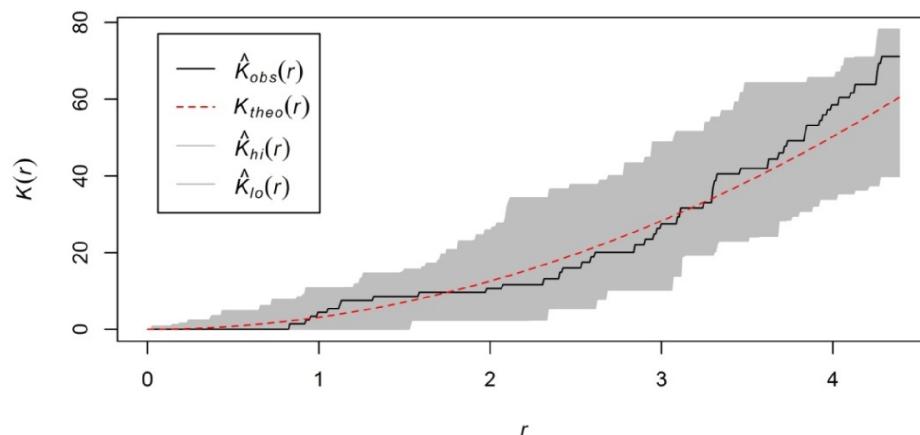
Ripleyeva funkcija za ploskev Kramer 1



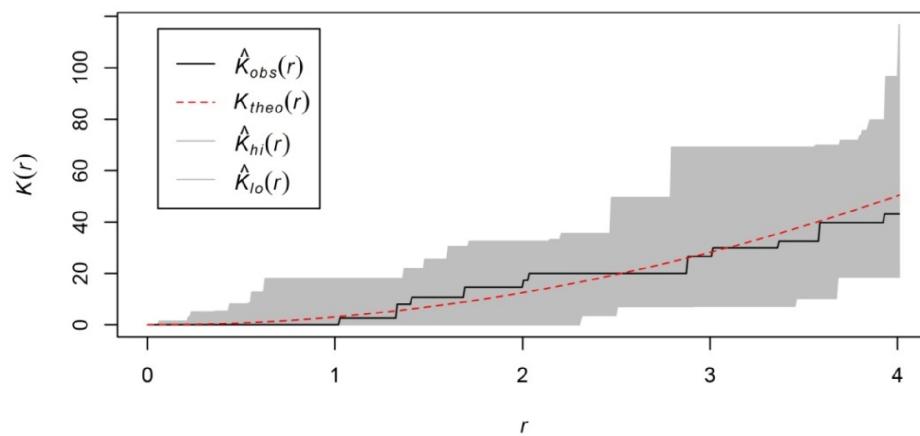
Ripleyeva funkcija za ploskev Kramer 2



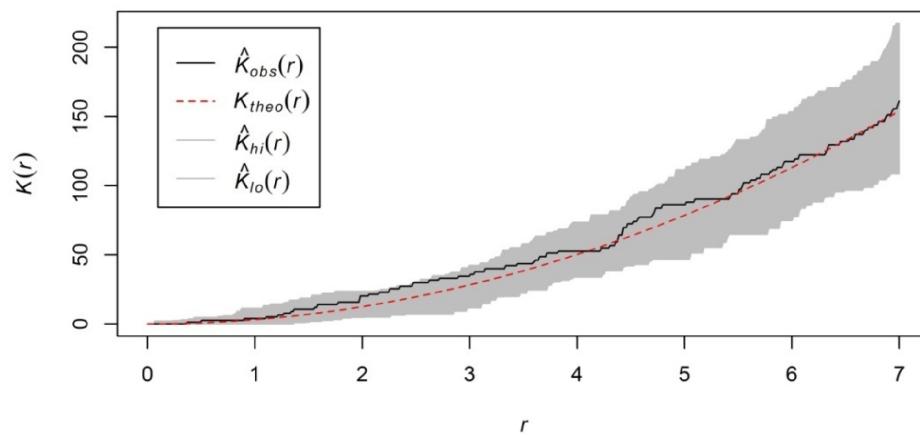
Ripleyeva funkcija za ploskev Mangart 1



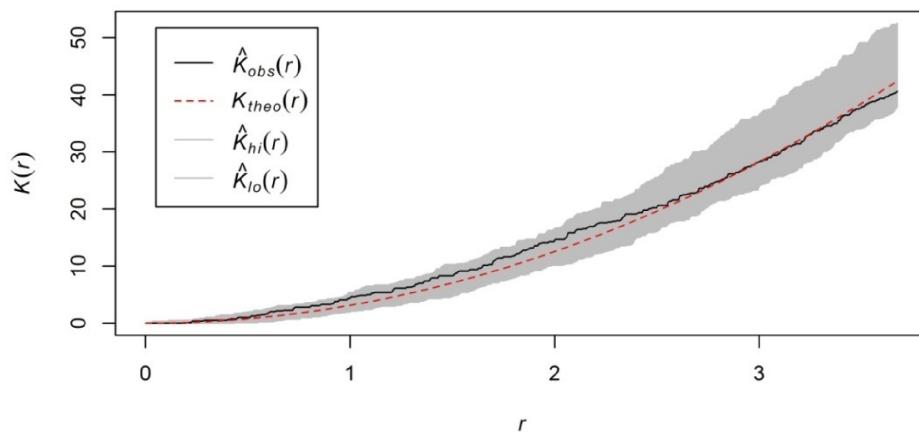
Ripleyeva funkcija za ploskev Mangart 2



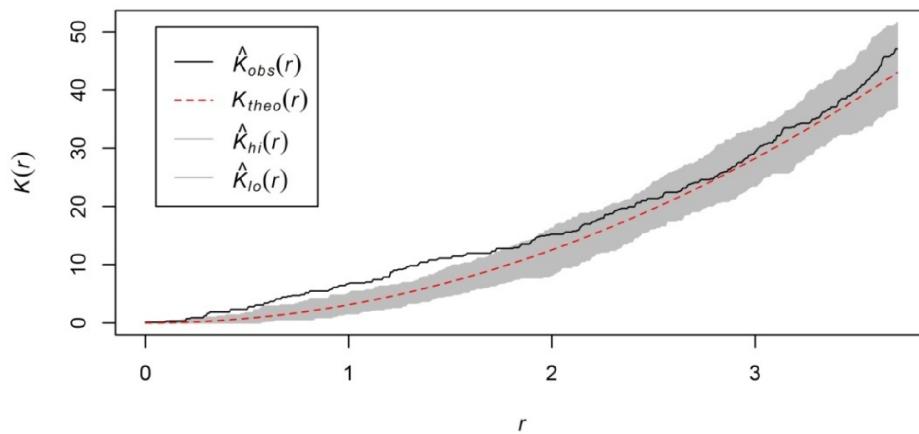
Ripleyeva funkcija za ploskev Mangart 3



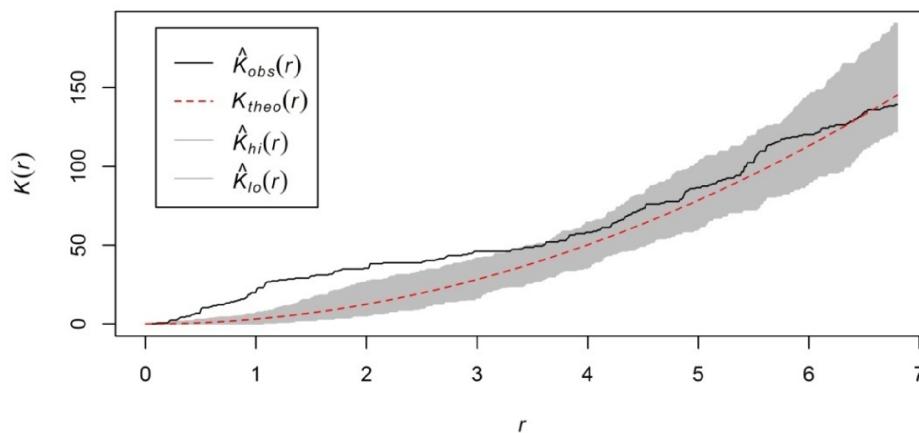
Ripleyeva funkcija za ploskev Pagon 1



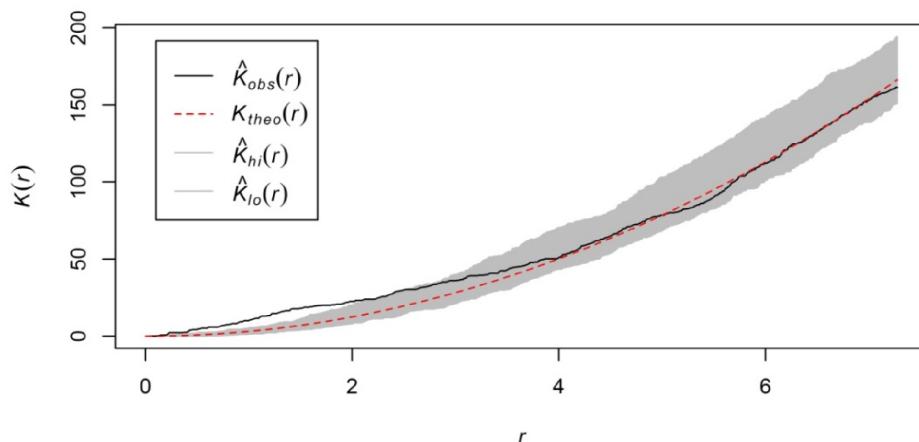
Ripleyeva funkcija za ploskev Pagon 2



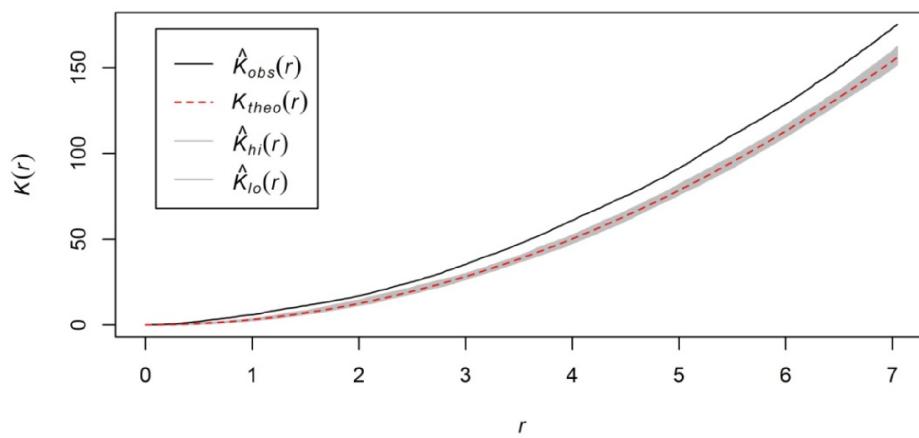
Ripleyeva funkcija za ploskev Polajnar 2



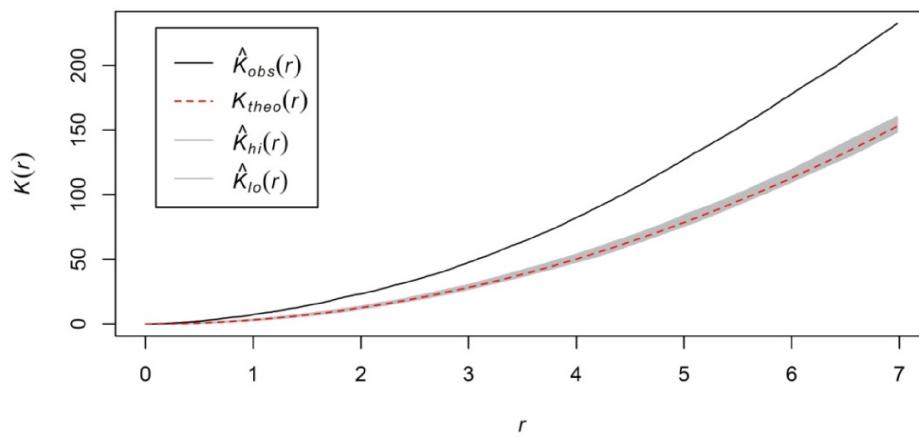
Ripleyeva funkcija za ploskev Polajnar 1



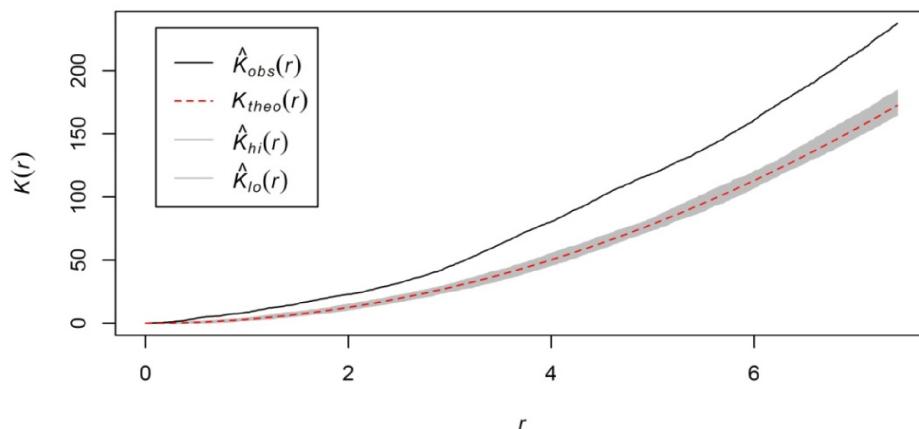
Ripleyeva funkcija za ploskev Primožič 1



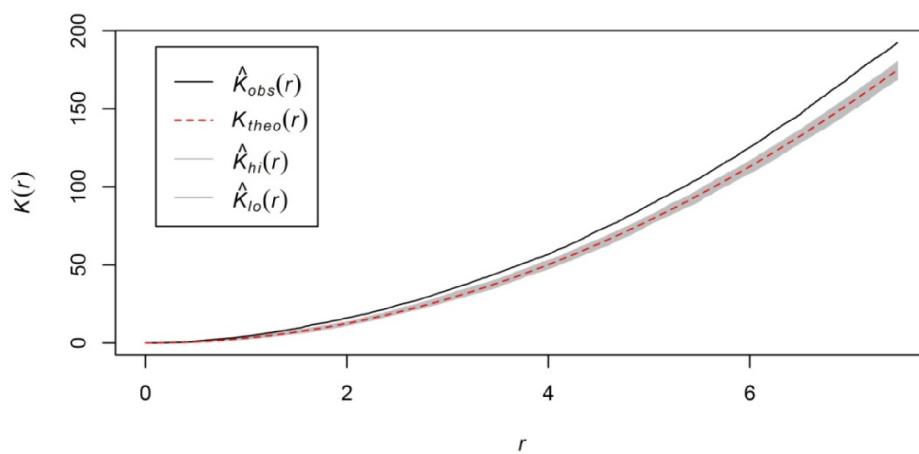
Ripleyeva funkcija za ploskev Primožič 2



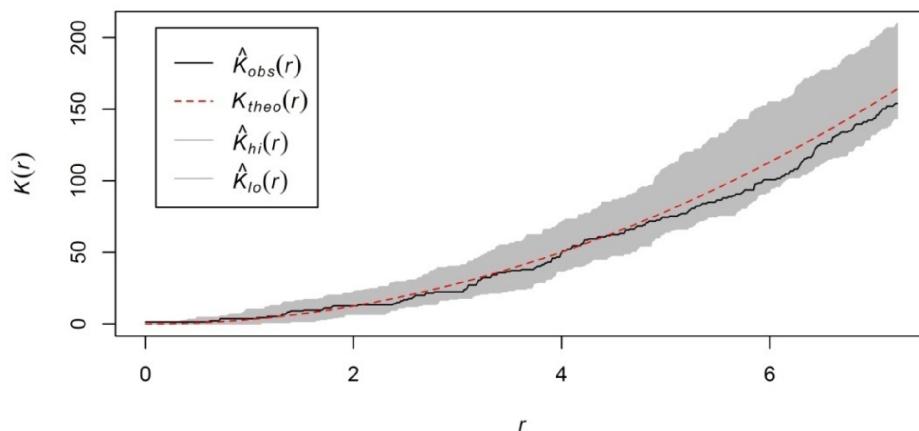
Ripleyeva funkcija za ploskev Šija



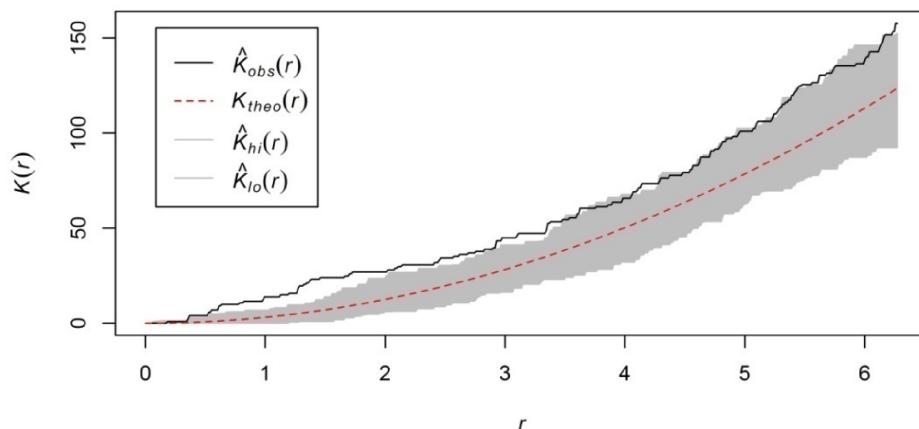
Ripleyeva funkcija za ploskev Snežnik 1



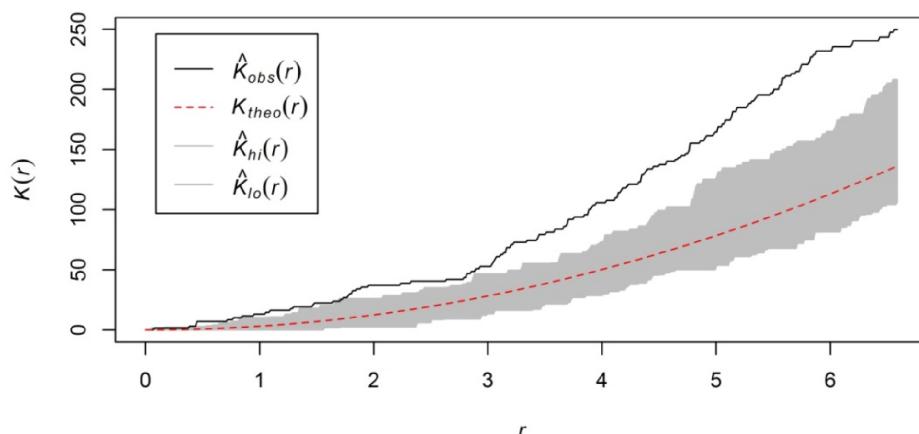
Ripleyeva funkcija za ploskev Snežnik 2



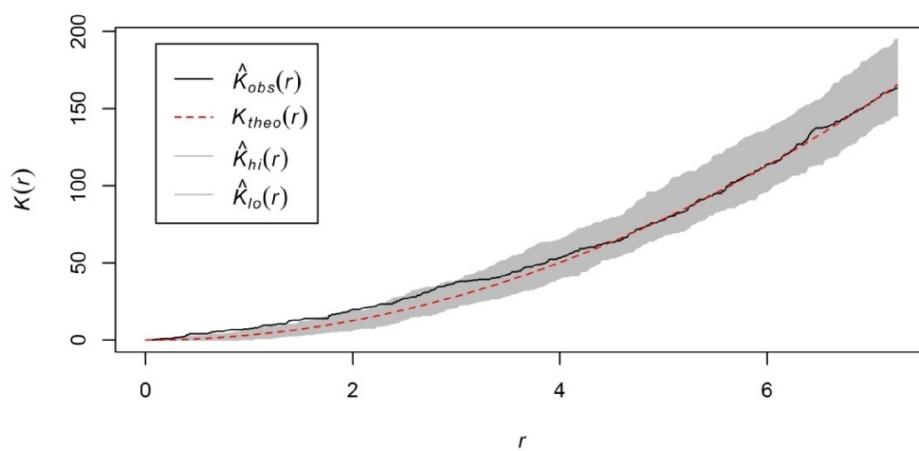
Ripleyeva funkcija za ploskev Snežnik 3



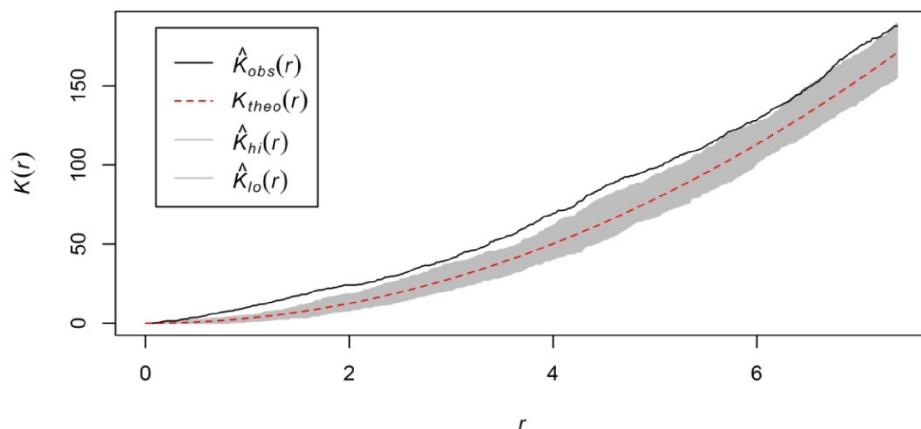
Ripleyeva funkcija za ploskev Snežnik 4



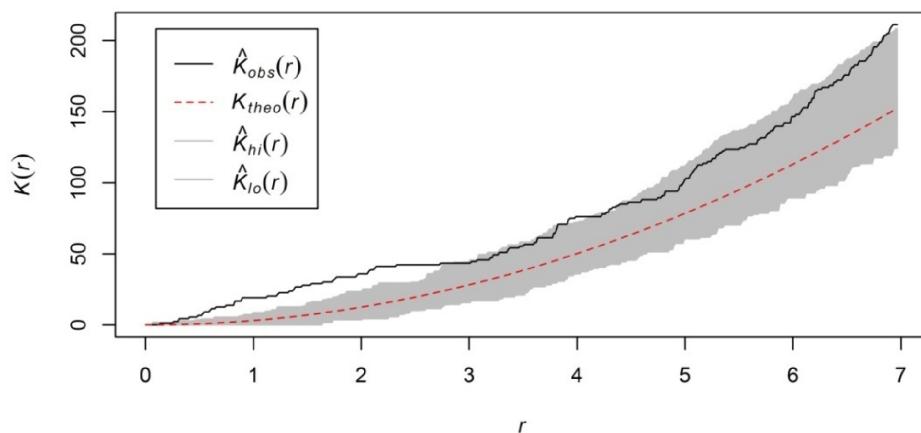
Ripleyeva funkcija za ploskev Suha 1



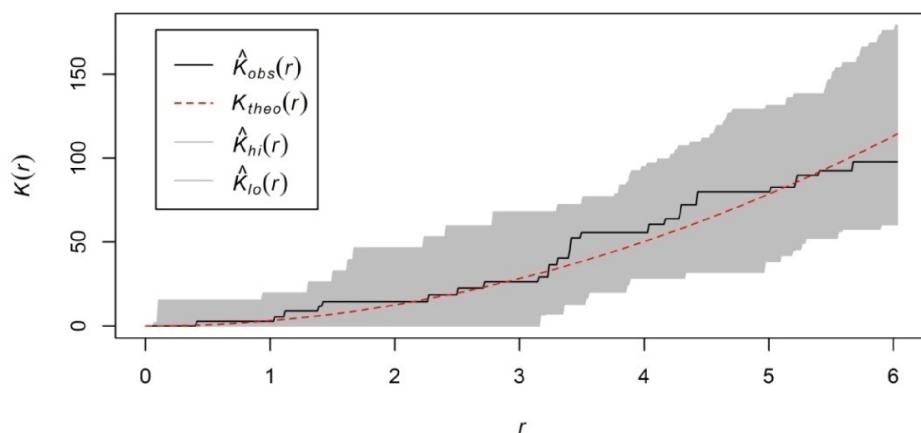
Ripleyeva funkcija za ploskev Suha 2



Ripleyeva funkcija za ploskev Suha 3



Ripleyeva funkcija za ploskev Suha 4



Ripleyeva funkcija za ploskev Tegošče

