

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

Dejan FIRM

**RAZVOJ VISOKOGORSKIH GOZDOV V
REZERVATU POLŠAK**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Maribor, 2006

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

Dejan FIRM

**RAZVOJ VISOKOGORSKIH GOZDOV V REZERVATU
POLŠAK**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**DEVELOPMENT OF HIGH-MOUNTAIN FORESTS IN THE
RESERVE POLŠAK**

GRADUATION THESIS
University studies

Maribor, 2006

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija gozdarstva in obnovljivih gozdnih virov.

Študijska komisija Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire je za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Jurija Diacija in za recenzenta doc. dr. Janeza Pirnata.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

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

Dejan Firm

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	GDK 2+228.9:(497.12*10 Polšak)(043.2)=863
KG	zgornja gozdna meja/razvojna dinamika/visokogorski gozd/bukev/ <i>Fagus sylvatica</i> L./smreka/ <i>Picea abies</i> Karst./macesen/ <i>Larix decidua</i> Mill.
AV	FIRM, Dejan
SA	DIACI, Jurij (mentor)
KZ	SI – 1000 Ljubljana, Večna pot 83
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
LI	2006
IN	RAZVOJ VISOKOGORSKIH GOZDOV V REZERVATU POLŠAK
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP	XI, 68 str., 39 pregl., 24 sl., 2 pril., 42 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	V gozdnem rezervatu Polšak, ki leži na Dleskovški planoti v Savinjskih Alpah, smo ponovili snemanje na 7 raziskovalnih ploskvah, ki so razporejene v višinskem gradientu 1300-1810 m nadmorske višine. Proučevali smo zgradbo in razvoj visokogorskih bukovih gozdov ter nadomestnih gozdov macesna in smreke v preteklem obdobju (1991-2004). Med obema meritvama smo zabeležili le majhne spremembe v zgradbi sestojev. V bukovih gozdovih smo ugotovili visoke vrednosti lesnih zalog (800-900 m³/ha) in prirastkov (8-12 m³/ha/l). Prevladuje bukev, kateri se delež z nadmorsko višino izrazito zmanjšuje. Primešani sta ji še smreka in macesen, ki smo ga zasledili izključno v zgornji plasti sestojev. Rezultati analiz nakazujejo, da sedanja meja razširjenosti bukve ni posledica zanjo neugodnih ekoloških razmer, ampak je posledica antropozoogenih vplivov. Vitalnost bukve v spodnjih plasteh sestojev govori v prid domnevi o njeni večji vlogi v prihodnosti. Visoke lesne zaloge (300-400 m³/ha) in prirastki (3-5 m³/ha/leto) na sedanji zgornji gozdni meji pričajo o prilagojenosti macesna in smreke na zaostrene ekološke razmere in potrjujejo domnevo o njenem dviganju v prihodnosti. Za macesen je izjemnega pomena zadostna osvetljenost krošenj, zato je v nadomestnih gozdovih izražena težnja k enakomerni razmestitvi osebkov. Smreki za naselitev ustrezajo ekološke razmere v zavetju macesnovih krošenj in ga v kasnejših razvojnih fazah prične izpodrivati, tako sukcesija na ugodnejših rastiščih poteka v smeri prevlade smreke. Gozdovi macesna in smreke so relativno trajen sukcesijski stadij, ki je na degradiranih rastiščih nadomestil klimaksne združbe.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn

DC FDC $2+228.9:(497.12*10 \text{ Polšak})(043.2)=863$

CX upper timber line/development dynamics/high-mountain forest/Common beech/*Fagus sylvatica* L./Norway spruce/*Picea abies* Karst./European larch/*Larix decidua* Mill.

AU FIRM, Dejan

AA DIACI, Jurij (supervisor)

PP SI – 1000 Ljubljana, Večna pot 83

PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Forestry and Renewable Forest Resources

PY 2006

TI DEVELOPMENT OF HIGH-MOUNTAIN FORESTS IN THE RESERVE POLŠAK

DT Graduation Thesis (University studies)

NO XI, 68 p., 39 tab., 24 fig., 2 ann., 42 ref.

LA sl

AL sl/en

AB We repeated measurements on 7 research plots, which are distributed at altitudes 1300-1810 m, in the forest reserve Polšak on Dleskovška planota in the Savinja Alps. We studied the structure and development of high-mountain beech forests and replacement forests of larch and spruce in past period (1991-2004). Only small changes in the structure of the stands between the two measurements were found. We established high values of growing stock (800-900 m³/ha) and volume increment (8-12 m³/ha/y) in the high-mountain beech forests. The prevailing species is beech, which share clearly decreases with altitude. Coexistent species are spruce and larch, that was found exclusively in the upper layers of the stands. The analyses show, that the present spread of beech in the reserve is not a result of unfavourable ecological conditions, but a result of anthropozoogenic influences. The vitality of beech in lower layers of stands is good, so we assume that beech will have a greater role in the future. High values of growing stock (300-400 m³/ha) and increment (3-5 m³/ha/y) on the present upper timber line substantiate excellent adaption of spruce and larch on the extreme ecological conditions and confirm the hypothesis that the altitude of the upper timber line will increase. The results indicate that sufficient illumination of crowns is very important for development of larch, so the trees tend towards regular spatial pattern in spite of high altitudes. The microsites under larch crowns offer suitable ecological conditions for regeneration and development of spruce. As a result the succession on the more favourable sites is developing in direction of the dominance of spruce. Forests of larch and spruce represent a long lasting and stabile succession phase, that successfully replaced climax communities on sites that were for centuries exploited by humans.

KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija	III
Key words documentation	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VIII
Kazalo slik	X
Kazalo prilog	XI
1 UVOD	1
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA	2
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 NAMEN NALOGE IN POSTAVITEV HIPOTEZ	5
3 MATERIAL IN METODE	6
3.1 OBJEKT RAZISKAVE	6
3.1.1 Lega objektov	6
3.1.2 Matična podlaga, tla in relief	8
3.1.3 Podnebne značilnosti	8
3.1.4 Rastlinske združbe	9
3.1.5 Zgodovina gozdov	11
3.2 METODA DELA	14
3.2.1 Zajemanje podatkov na raziskovalnih ploskvah	14
3.2.1.1 Meritve na ploskvah	14
3.2.1.2 Meritve svetlobnih razmer	15
3.2.2 Metode iz vrednotenja podatkov	16
3.2.2.1 Izračun kazalcev zgradbe	16
3.2.2.2 Analiza prostorske razmestitve	17
3.2.2.2.1 Analiza vzorca točkovne razmestitve ene spremenljivke (Ripleyjeva K-funkcija)	17
3.2.2.2.2 Analiza vzorca točkovne razmestitve dveh spremenljivk (Ripleyjeva K_{12} -funkcija)	18
3.2.2.3 Analiza velikosti krošenj in prirastkov	19
3.2.2.4 Analiza svetlobnih razmer	20

4	REZULTATI	21
4.1	ANALIZA ZGRADBE GOZDOV	21
4.1.1	Splošen opis sestojev	21
4.1.2	Razvoj števila, lesne zaloge živih dreves in struktura odmrlih dreves	22
4.1.3	Drevesna sestava	24
4.1.4	Zgradba sestojev po socialnih plasteh	27
4.1.4.1	Primerjava kombinacij socialnih plasti in vitalnosti	29
4.1.5	Srednja in zgornja višina sestojev	30
4.1.6	Drevesna sestava strehe sestojev	31
4.1.7	Priraščanje gozdnih sestojev	32
4.1.8	Koeficient gostote sestoja	34
4.1.9	Zgradba sestojev glede na prsni premer in drevesno višino	35
4.2	ANALIZA PROSTORSKE RAZMESTITVE DREVES	36
4.2.1	Analiza vzorca točkovne razmestitve ene spremenljivke	36
4.2.1.1	Razmestitev dreves	36
4.2.1.2	Razmestitev posameznih drevesnih vrst	40
4.2.2	Analiza vzorca točkovne razmestitve dveh spremenljivk	41
4.2.2.1	Prostorska povezanost drevesnih vrst	41
4.3	ANALIZA VELIKOSTI KROŠENJ IN DEBELINSKIH PRIRASTKOV	43
4.3.1	Velikost krošnje in debelinskih prirastkov pri macesnu	43
4.3.2	Velikost krošnje in debelinskih prirastkov pri bukvi	45
4.3.3	Velikost krošnje in debelinskih prirastkov pri smreki	46
4.3.4	Primerjava med drevesnimi vrstami	46
4.4	ANALIZA SVETLOBNIH RAZMER	49
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	51
5.1	RAZPRAVA	51
5.1.1	Razvoj visokogorskih bukovih gozdov z macesnom	51
5.1.2	Razvoj nadomestnih gozdov macesna in smreke	54
5.2	SKLEPI	58
5.2.1	O potencialni višini zgornje gozdne meje v rezervatu	58
5.2.2	O nadomestnih gozdovih macesna in smreke kot sukcesijskem stadiju	59
5.2.3	O zgradbi nadomestnih gozdov v optimalni fazi in njihovem nadaljnjem razvoju	60
5.2.4	O pomenu gozdnega rezervata Polšak	61

6	POVZETEK	63
7	VIRI	65
	ZAHVALA	
	PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Splošni podatki o raziskovalnih ploskvah	6
Preglednica 2: Razvoj števila, lesne zaloge in temeljnice živih dreves	22
Preglednica 3: Spremembe v strukturi odmrlih dreves (v m ³ /ha)	22
Preglednica 4: Razvoj števila dreves po drevesnih vrstah	25
Preglednica 5: Razvoj lesne zaloge dreves po drevesnih vrstah	25
Preglednica 6: Primerjava deležev števila glavnih drevesnih vrst po socialnih plasteh za I. stratum	27
Preglednica 7: Primerjava deležev števila glavnih drevesnih vrst po socialnih plasteh za II. stratum	28
Preglednica 8: Primerjava kombinacij razredov socialnih plasti in vitalnosti za I. stratum (v %)	29
Preglednica 9: Primerjava kombinacij razredov socialnih plasti in vitalnosti za II. stratum (v %)	30
Preglednica 10: Srednja in zgornja višina po ploskvah (v m)	31
Preglednica 11: Drevesna sestava strehe sestojev glede na lesno zalogo	32
Preglednica 12: Debelinski prirastki drevesnih vrst po ploskvah	32
Preglednica 13: Volumenski prirastki drevesnih vrst in povprečni volumenski prirastek po ploskvah	33
Preglednica 14: Vrednosti I _k koeficientov po ploskvah	34
Preglednica 15: Srednji prsni premer, standardni odklon in koeficient variacije po ploskvah	35
Preglednica 16: Srednja drevesna višina, standardni odklon in koeficient variacije po ploskvah	35
Preglednica 17: Vzorci prostorske razmestitve živih dreves (H>0,5 m) po ploskvah	37
Preglednica 18: Vzorci prostorske razmestitve živih (H>0,5 m) in odmrlih (stoječih in ležečih) dreves	38
Preglednica 19: Vzorci prostorske razmestitve vitalnih (i _d >0,07 cm/leto) dreves po ploskvah v II. stratumu	39
Preglednica 20: Vzorci prostorske razmestitve osebkov posameznih drevesnih vrst po ploskvah	41
Preglednica 21: Vzorci prostorske povezanosti drevesnih vrst po ploskvah	42
Preglednica 22: Analiza razlik debelinskih prirastkov med stratumoma za macesen	43

Preglednica 23: Analiza razlik v površini krošenj med stratumoma za macesen	44
Preglednica 24: Analiza razlik debelinskih prirastkov med stratumoma za vitalne macesne	44
Preglednica 25: Analiza razlik v površini krošenj med stratumoma za vitalne macesne	44
Preglednica 26: Analiza razlik debelinskih prirastkov med ploskvjo 17 in ploskvami 18, 19, 20 za macesen	45
Preglednica 27: Analiza razlik v površini krošenj med ploskvjo 17 in ploskvami 18, 19, 20 za macesen	45
Preglednica 28: Analiza razlik debelinskih prirastkov med ploskvama 14 in 15 ter ploskvijo 16 za bukev	45
Preglednica 29: Analiza razlik v površini krošenj med ploskvama 14 in 15 ter ploskvijo 16 za bukev	46
Preglednica 30: Analiza razlik debelinskih prirastkov med I. in II. stratumom za smreko	46
Preglednica 31: Analiza razlik v površini krošenj med I. in II. stratumom za smreko	46
Preglednica 32: Primerjava debelinskih prirastkov smreke in vitalnih macesnov v II. stratumu	47
Preglednica 33: Primerjava površine krošenj smreke in vitalnih macesnov v II. stratumu	47
Preglednica 34: Primerjava debelinskih prirastkov smreke in macesna na ploskvi 17	47
Preglednica 35: Primerjava debelinskih prirastkov bukve, smreke in macesna v I. stratumu	48
Preglednica 36: Primerjava površine krošenj bukve, smreke in macesna v I. stratumu	48
Preglednica 37: Primerjava svetlobnih razmer v I. in II. stratumu	49
Preglednica 38: Primerjava svetlobnih razmer na ploskvi 17 in ploskvami 18, 19 in 20	49
Preglednica 39: Primerjava svetlobnih razmer med točkami z oceno pokrovnosti 0 in 1	50

KAZALO SLIK

Slika 1: Macesni na nekdanjih visokogorskih pašnikih	1
Slika 2: Zgornja gozdna meja v rezervatu Polšak	2
Slika 3: Začetna faza gozdne sukcesije	5
Slika 4: Pregledna karta–Dleskovška planota, lega rezervata Polšak in lega raziskovalnih ploskev	7
Slika 5: Šop macesnov na zaraščajočem se pašniku	10
Slika 6: Uspešno uveljavljanje smreke v nadomestnih gozdovih	13
Slika 7: Razporeditev točk za snemanje svetlobnih razmer	15
Slika 8: Fotografiji hemisfere neba in krošenj v I. (levo) in II. stratumu (desno)	20
Slika 9: Struktura lesne zaloge odmrlih dreves glede na drevesne vrste za I. stratum	23
Slika 10: Struktura lesne zaloge odmrlih dreves glede na drevesne vrste za II. stratum	23
Slika 11: Struktura lesne zaloge odmrlih dreves na ploskvi 17	24
Slika 12: Razvoj lesne zaloge po drevesnih vrstah za I. stratum	26
Slika 13: Razvoj lesne zaloge po drevesnih vrstah za II. stratum	26
Slika 14: Drevesna sestava glede na lesno zalogo za I. in II. stratum	26
Slika 15: Deleži glavnih drevesnih vrst po socialnih plasteh v I. stratumu	27
Slika 16: Deleži glavnih drevesnih vrst po socialnih plasteh v II. stratumu	28
Slika 17: Razmerje srednjih višin drevesnih vrst po stratumih	31
Slika 18: Delež debelinskega prirastka drevesnih vrst po stratumih	33
Slika 19: Delež volumenskega prirastka drevesnih vrst po stratumih	34
Slika 20: Bukov šop na zgornji meji njene razširjenosti v rezervatu (1500 m n.m.v.)	52
Slika 21: Smreke vrasle v macesnov sestoj	56
Slika 22: Gozdna vegetacija v izraziti progresiji na pobočju Križevnika (1909 m n.m.v.)	58
Slika 23: Podoba čistih macesnovih sestojev	60
Slika 24: Nadomestni gozdovi iglavcev imajo tudi estetsko vrednost	62

KAZALO PRILOG

Priloga A: Analiza prostorske razmestitve

Priloga B: Tlorisi ploskev

1 UVOD

Človeška raba prostora je bila v preteklosti in je še danes ključna oblikovalka krajine v Alpah. Večstoletno izkoriščanje (sečnja, paša) visokogorskih gozdov je pustilo vidne posledice na teh ranljivih ekosistemih. Človek je s svojim delovanjem spremenil oz. uničil samoregulacijske mehanizme naravnega gorskega gozda, ki je v teh ekstremnih ekoloških razmerah predstavljal najstabilnejšo življenjsko združbo, in izginile so klimaksne gozdne združbe. Nadomestili so jih različni sukcesijski stadiji, ki jih je človek za zadovoljevanje lastnih potreb stoletja vzdrževal na začetni razvojni stopnji – alpska travišča.

Spremembe socio-ekonomske strukture lokalnega prebivalstva v 20. stoletju so privedle do opuščanja intenzivne rabe planinskih pašnikov na Dleskovški planoti in na širšem območju Savinjskih Alp. Število kmečkih gospodarstev, ki so odvisna od poletne paše v visokogorju, se je zmanjšalo in s tem se je zmanjšal tudi pritisk na gorske ekosisteme. Ti so (zahtevnim ekološkim razmeram navkljub) na spremembe v rabi burno odreagirali s pričetkom gozdne sukcesije oz. vračanjem gozda kot najstabilnejše rastlinske združbe v tem okolju. Za namene proučevanja zgradbe in dinamike razvoja visokogorskih rastišč in sestojev na gozdni meji in pod njo je bil izločen gozdni rezervat Polšak. V njem najdemo življenjske združbe, ki so rezultat ekstremnih reliefnih oblik in v katerih se odražajo surove ekološke razmere, pogojene z višjimi nadmorskimi višinami in ostro alpsko klimo.



Slika 1: Macesni na nekdanjih visokogorskih pašnikih (oktober, 2004)

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

Naše znanje o naravnih visokogorskih gozdovih (pragozdovih) in o višini zgornje gozdne meje je zelo pomanjkljivo, zato je potrebno trajno spremljanje razvoja teh izredno ranljivih ekosistemov. Le tako lahko spoznamo odločilne ekološke dejavnike in razvojne zakonitosti, ki vladajo v tem okolju. Poznavanje razvojnih procesov nam daje odgovore na vprašanja o vračanju gozda na ogolele površine v ekstremnih ekoloških razmerah in o nadaljnjem razvoju gozdov na zgornji gozdni meji. Zaradi dolgoročnosti življenjskih ciklov na gozdni meji so posebej pomembne periodične raziskave in opazovanja, ker nam dajo jasno sliko o razvoju ekosistemov. Novo znanje in razumevanje razvojne dinamike lahko pripelje do boljših odločitev pri našem gospodarjenju z gorskimi ekosistemi in pripomore k boljšemu razumevanju nekaterih globalnih sprememb (npr. klimatske spremembe). Nepoznavanje procesov in dinamike visokogorskih ekosistemov, še posebej na zgornji gozdni meji, je velika pomanjkljivost, če želimo spremembe v teh ekosistemi uporabljati kot kazalec za klimatske spremembe.



Slika 2: Zgornja gozdna meja v rezervatu Polšak (oktober, 2004)

2 PREGLED OBJAV

Proučevanje zgradbe in dinamike naravne klimatske zgornje gozdne meje je zahtevno zaradi povezav različnih vzrokov: naravnih (orografski, edafski in biotski) in antropozoogenih, ki nanjo poleg klime vplivajo in jo modificirajo. Močan in dolgotrajen antropozoogeni vpliv, ki je v zadnjih stoletjih zaznamoval gorski svet, je glavni razlog za zelo različna prepričanja med raziskovalci o podobi naravne klimatske zgornje gozdne meje v Alpah (Diaci, 1998). Tako so deljena mnenja ali je gozdna meja resnično naravna samo takrat, ko gre za relativno hiter prehod strnjenega in sklenjenega sestoja v grmičasto rastje, ali tudi v primeru zveznega prehoda od sklenjenega sestoja s posameznimi vrzelmi z ruševjem do odprtega sestoja in nato do posameznih dreves. Pri zadnji morfološki obliki, ki je danes v Alpah najbolj razširjena, ločimo tri meje: sestojno, drevesno in mejo pritlikave rasti (Tranquillini, 1979). Za prehodno območje nad sklenjenimi sestoji je danes v veljavi izraz »bojna cona« (ang. krummholz zone).

Ko pa pogledamo primere zgornje gozdne meje drugod po svetu, postane hitro jasno, da so razlike v fizionomiji te vegetacijske meje tudi posledica velikih razlik med drevesnimi vrstami v rastiščnih zahtevah in njihovi prilagoditvi na ekstremne klimatske razmere ter razlik med posameznimi območji v splošnih ekoloških razmerah (Tranquillini, 1979).

Raziskovalci, ki so se ukvarjali z rekonstrukcijo klimatske zgornje gozdne meje v Sloveniji, se strinjajo, da je meja v Sloveniji znižana za 200 do 400 m ter da so prvi raziskovalci vegetacije močno podcenjevali pomen bukve v visokogorskem in subalpinskem pasu slovenskih Alp (Diaci, 1998). To je predvsem posledica premalo kritičnega prenašanja in uporabe srednjeevropskega modela višinskih vegetacijskih stopenj z gozdovi iglavcev v visokogorskem in subalpinskem pasu. S tem je prišlo do podcenjevanja dolgotrajnega antropozoogenega vpliva na visokogorske gozdove in do zanemarjanja dejstva, da so ti dobili zunanjo podobo iglastih gozdov šele v sekundarni gozdni sukcesiji (Robič, 1998).

Vzroke za nastanek in oblikovanje bukovih gozdov v visokogorskem in subalpinskem pasu dinarskih gorstev ter proti morju orientiranih alpskih pobočij moramo iskati predvsem v kombinaciji in hitri izmenjavi oceanskih in mediteranskih klimatskih vplivov z visokimi padavinami, mnogo oblačnimi dnevi in v apnenčasti matični podlagi. Vse to ugodno vpliva na konkurenčno moč bukve (Diaci, 1998). Novejše raziskave

zgradbe gozdov na zgornji gozdni meji v Sloveniji to potrjujejo (Počkar in Stritih, 1987; Diaci, 1992; Kadunc in Rugani, 1998). S spreminjanjem klimatskih razmer oz. z manjšanjem mediteranskih in oceanskih vplivov od zahodnega proti vzhodnemu delu slovenskih Alp pa se spreminja pomen in povečuje delež macesna in smreke.

Obravnavano območje Dleskovške planote leži na prehodu, kjer se prepletajo oceanski in kontinentalni klimatski vplivi. Verjetno je to eden od razlogov, da so v prvih raziskavah (Tregubov, 1962) na območju planote čiste macesnove sestoje in tedanjo višino zgornje gozdne meje obravnavali kot naravno tvorbo oz. domnevali, da so posledica vertikalne conacije (t.j. razlik v ekoloških razmerah, ki so posledica višjih nadmorskih višin). Tudi v prvih raziskavah v rezervatu Polšak so avtorji podcenjevali prilagojenost posameznih drevesnih vrst (bukve, smreke in macesna) na zaostrene ekološke razmere (Breznik, 1980) in obravnavali višinsko conacijo gozda v rezervatu kot naravno (De Cuyper 1985, 1986). Razloge za takšne zaključke omenjenih raziskav lahko najdemo predvsem v izjemni spremenjenosti visokogorskih gozdov (umik klimaksnih vrst) in degradiranosti rastišč, na katerih so se uveljavili različni sukcesijski stadiji z rušjem in macesnom v glavni vlogi.

Šele podrobnejše raziskave zgornje gozdne meje in vegetacije na Dleskovški planoti leta 1991 so pokazale, da je imela bukev na tem območju večjo vlogo v visokogorskih pragozdovih in da so z macesnom bogati sestoji posledica stoletja trajajočega antropozoogenega vpliva (Diaci 1992, 1998). Takšne sukcesijske stadije, v katerih ima macesen glavno vlogo pri ponovni kolonizaciji degradiranih rastišč, so zasledili tudi v drugih predelih slovenskih Alp (Jakop in Kosmač, 1997; Primožič, 2001; Pagon, 2004). Podobno vlogo pa ima macesen tudi na različnih rastiščih v visokogorskem in subalpinskem pasu na celotnem območju Alp, ki so bila stoletja izkoriščana in iz katerih so se umaknile klimaksne drevesne vrste (Ott in sod., 1997). Njihovo vračanje poteka izjemno počasi, kar dokazujejo raziskave gozdnih sukcesij v subalpinskem pasu Alp (Schönenberger in Wasem, 1997; Risch in sod., 2003).

Raziskave proizvodne sposobnosti visokogorskih in subalpskih gozdnih rastišč ter zgradba ohranjenih gozdov nakazujejo visoko biomaso nekdanjih gorskih pragozdov in njihov močan okoljetvorni vpliv (Kotar, 1998; Diaci, 1992).

2.1 NAMEN NALOGE IN POSTAVITEV HIPOTEZ

Temeljni nameni naloge so naslednji:

- V gozdnem rezervatu Polšak raziskati razvojne zakonitosti in zgradbo visokogorskih bukovih gozdov z macesnom ter nadomestnih gozdov macesna in smreke.
- Opredeliti vlogo macesna in smreke na sedanji zgornji gozdni meji in ugotoviti višino potencialne gozdne meje.
- Raziskati vlogo bukve v ohranjenih gozdovih in njene možnosti za ponovno naselitev v višje lege.
- Predstaviti prihodnji razvoj gozdov v rezervatu in spremembe na zgornji gozdni meji ter poiskati možne usmeritve za gospodarjenje z visokogorskimi gozdovi.

Postavili smo naslednje hipoteze:

- Nadomestni gozdovi macesna in smreke so samo sukcesijski stadij vračanja gozda na subalpinske pašnike (bukova rastišča), vendar je lahko trajanje tega stadija izjemno dolgo.
- Sedanja višina zgornje gozdne meje za macesen in smreko ne predstavlja skrajnih ekoloških razmer (meja se bo še dvigala).
- V visokogorskih pragozdovih je imela bukev pomembnejšo vlogo in je uspevala v višjih legah kot danes.
- Macesen kot svetloljubna vrsta nima izražene težnje k tvorbi šopov, temveč k enakomerni razmestitvi osebkov (optimalna faza).
- Smreka se naseljuje za macesnom in postane v kasnejših fazah razvoja konkurenčno bolj sposobna.



Slika 3: Začetna faza gozdne sukcesije (september, 2004)

3 MATERIAL IN METODE

3.1 OBJEKT RAZISKAVE

3.1.1 Lega objektov

Raziskovalne ploskve ležijo v Savinjskih Alpah v gozdnem rezervatu Polšak (46°22'N, 14°41'E) in so razporejene v višinskem gradientu od 1300 do 1810 m nadmorske višine (Slika 4). Gozdni rezervat leži na skrajnem severovzhodnem delu Dleskovške planote (planota Veža) na prelomnici sredogorskega in visokogorskega, izrazito alpskega sveta v Zgornji Savinjski dolini. Osnovan je bil leta 1978, razteza se od vrha Križevnika (1909 m) do približno 950 m nadmorske višine in obsega 341,70 hektarjev.

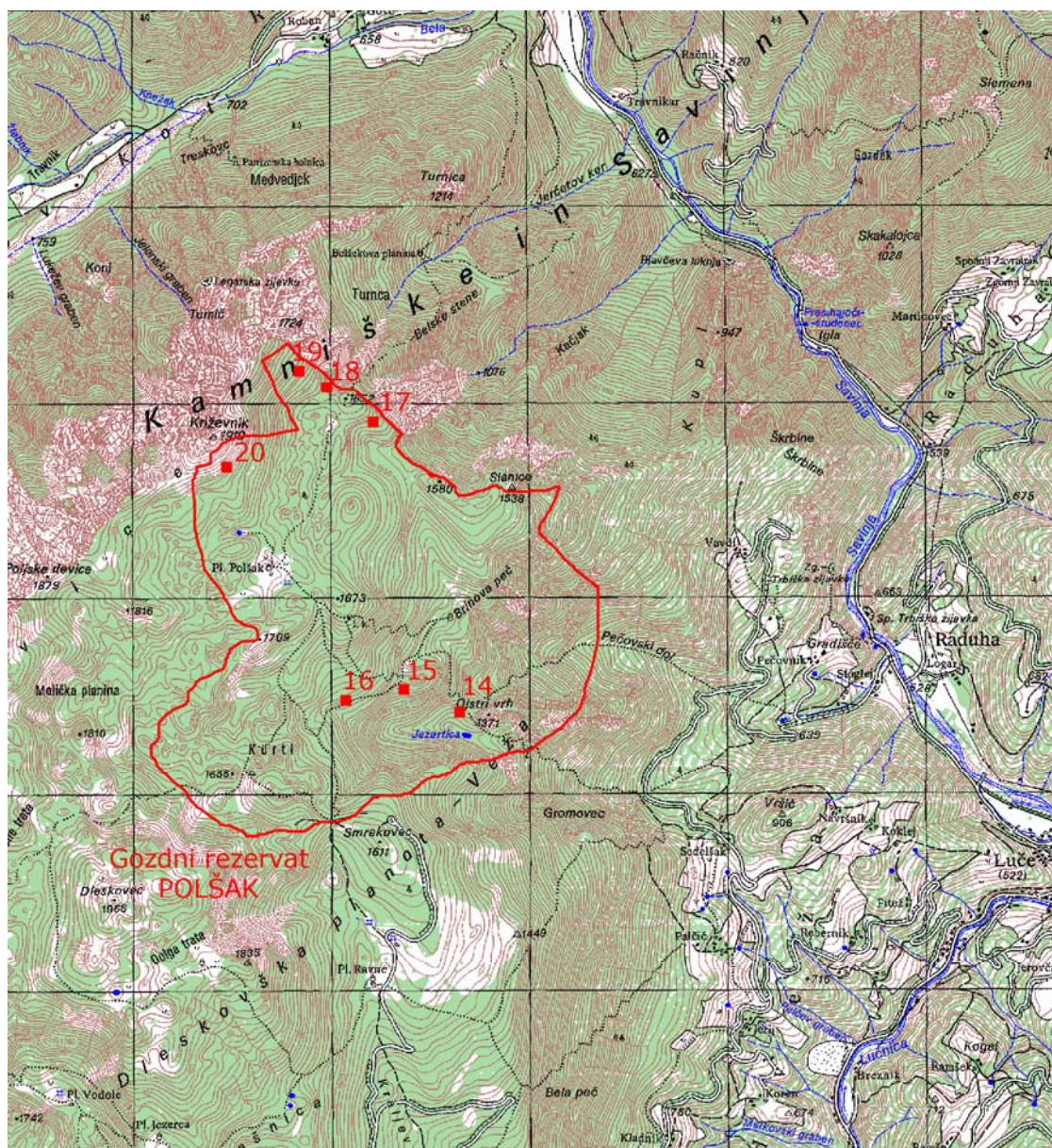
Pri izbiri objektov leta 1991 sta bila glavna izločitvena kriterija naslednja (Diaci, 1992):

- da se v novejšem času v sestojih ni sekalo in intenzivno paslo ter
- da so sestoji v optimalni fazi razvoja, t.j. stabilni sestoji s tesnim do normalnim sklepom krošenj.

Ploskve so bile sistematično razvrščene na vsakih 100 m višinske razlike, le na mestih z zelo razgibanim reliefom so bile izločene tudi dodatne ploskve na 50 m višinske razlike. Središče vsake ploskve natančno določa presečišče azimuta in plastnice na 100 m. Vsi splošni podatki o ploskvah so podani v preglednici (Preglednica 1), kjer so ploskve označene z zaporednimi številkami, na katere se bomo v nadaljevanju naloge sklicevali.

Preglednica 1: Splošni podatki o raziskovalnih ploskvah

Ploskev	Nadmorska višina (m)	Lega	Azimut (°)	Nagib (°)
14	1300	JZ	225	28
15	1400	J	180	23
16	1500	JJV	165	20
17	1600	JZ	215	29
18	1650	JJV	155	13
19	1720	JV	130	28
20	1810	JJV	165	27



Legenda:

15 ...lega raziskovalnih ploskev

...meja gozdnega rezervata

Slika 4: Pregledna karta–Dleskovška planota, lega rezervata Polšak in lega raziskovalnih ploskev

Glede na fitogeografsko delitev Slovenije (Zupančič in sod., 1987) bi lahko obravnavano področje uvrstili v:

- evrosibirsko-severnoameriško regijo,
- srednjeevropsko provinco,
- podalpski podsektor,
- jugovzhodni alpski distrikt.

Glede na vertikalno conacijo vegetacije v Sloveniji zajema proučevano območje visokogorski in subalpinski vegetacijski pas (Wraber, 1963). Delitev na rastlinske pasove je zelo odvisna od povprečnih ekoloških razmer. Zaradi reliefno razgibanih Savinjskih Alp in težko določljivega tisočletnega antropozoogenega degradacijskega vpliva na vegetacijo naj omenjena delitev na rastlinske pasove služi le za okvirno členitev proučevanega območja (Diaci, 1992).

3.1.2 Matična podlaga, tla in relief

Za celotno Dleskovško planoto in gozdni rezervat Polšak je značilna zelo homogena geološka podlaga. Prevladujejo svetlo sivi kristalasti apnenci srednje do zgodnje triadne starosti, nekaj pa je tudi dolomitne podlage. Za dolomit je značilno, da je skladovit in debelo zrnat, zato je kompakten in na pogled podoben apnencu. Relief je značilno visokogorski kraški s številnimi nadzemnimi (žlebiči, škraplje, vrtače, terase) in podzemnimi (brezna, jame) kraškimi pojavi. Zaradi apnenca, ki kemično prepereva, je na celotnem območju problematičen vodni režim. Dolomiti so manj prepustni za vodo, preperevajo predvsem fizikalno, prisotnost kraških pojavov in površinske skalovitosti je manjša.

Tla so zaradi razgibanosti reliefa v kemičnem, fizikalnem in biološkem pogledu heterogena. Na enotni matični podlagi so se razvili različni prehodi tal med rjavimi tlemi in različnimi tipi rendzin. Prepletajo se globoki žepi prsti in plitva skeletna tla (Diaci, 1992). V nižjih legah najdemo pokarbonatna rjava tla zelo neenakomernih globin, višje in na manj strmih legah pa sprsteninaste rendzine. Tla na zgornji gozdni meji so skromne skeletne in plitve rendzine s surovim humusom (Diaci, 1998). Zaradi ostrih klimatskih razmer je aktivnost mikroorganizmov bistveno manjša in posledica je še neaktiviran humus (prhninasta rendzina, protorendzina).

Rendzine so prepustne za vodo in imajo majhno vodno kapaciteto, zato so rastišča na njih precej odvisna od celoletne porazdelitve padavin.

3.1.3 Podnebne značilnosti

V podnebnem smislu leži območje v prehodni coni med podnebjem širše Slovenije in podnebjem višjih predelov Jezersko-Solčava (Manohin, 1974). Najbližji meteorološki postaji sta v Lučah (520 m n.m.v.) in na Krvavcu (1740 m n.m.v.). Uporabili smo podatke za obdobje od 1970 do 2000 (Meteorološki ..., 2006).

Povprečna letna temperatura v Lučah je 8,1°C in povprečna julijska temperatura znaša 17,7°C. Za Krvavec so vrednosti nižje, in sicer znaša povprečna temperatura 3,1°C in povprečna julijska temperatura 11,4°C. Za ugotovitev približnega poteka julijske izoterme 10°C (s to izotermo približno korelira potek naravne zgornje gozdne meje) na obravnavanem območju smo uporabili temperaturni gradient 0,65°C/100m in povprečno julijsko temperaturo za obe postaji. Izoterma poteka približno na višini med 1750 m in 2000 m.

Za predstavitev padavinskega režima smo uporabili podatke z obeh že omenjenih postaj in s postaj v Kamniški Bistrici in Logarski dolini.

Dolgoletno povprečje padavin za posamezne postaje:

Luče – 1659 mm

Krvavec – 1325 mm

Kamniška Bistrica – 2137 mm (601 m n.m.v.)

Logarska dolina – 1856 mm (730 m n.m.v.)

Razlike v količini padavin med posameznimi postajami so posledica vpliva masiva Kamniško-Savinjskih Alp.

Padavine so relativno enakomerno razporejene čez celo leto, maksimumi pa nastopijo v juniju, oktobru in novembru. Za območje Dleskovške planote in Podvolovljeka so značilne močne nevihte. Na planoti Veža se snežna odeja obdrži približno 170-200 dni. Na proučevanem območju je dovolj sončnih dni, da se ustvari bistvena razlika med prisojnimi in osojnimi pobočji. Dejanska klima na prisojnih pobočjih je zaradi tega mnogo bolj suha in toplejša v primerjavi z osojnimi pobočji. Razlika pride še posebej do izraza v zimskem času in na pobočjih z večjim naklonom.

Zaradi razgibanosti reliefa prihaja do anomalij klime in s tem do znatnih razlik med rastišči v mikroklimatskem pogledu (Diaci, 1992).

3.1.4 Rastlinske združbe

Za področje Dleskovške planote je bilo opravljenih več opisov vegetacije. Prvo fitocenološko kartiranje M. Wrabra leta 1963 je bilo izvedeno v razlaščenih škofijskih gozdovih v merilu 1:25.000 (Wraber, 1963). Večino gozdov so uvrstili v asociacijo predalpskih jelovo-bukovih gozdov (*Abieti-Fagetum praealpinum*). V mrzliščnih legah planote so bila kartirana visokogorska smrečja z golim lepenom (*Adenostylo glabrae-*

Piceetum). V najvišjih legah pa naj bi se raztezal pas alpskega rušja z macesnom (*Rhodothamno-Rhodoretum laricetosum*). Kasnejša kartiranja niso bila popolna, saj so zajeli samo določeno lastniško strukturo (Marinček in sod., 1974). Kot osnova je služila karta v merilu 1:10.000 in večino bukovih gozdov so zajeli s subasociacijo alpskih bukovih gozdov z macesnom (*Anemone-Fagetum laricetosum*).

Najnovejši opisi vegetacije (fitocenološki popisi po metodi Braun-Blanquet) so delo mag. Robiča iz leta 1991 in so bili opravljeni na raziskovalnih ploskvah, ki so predmet te raziskave. Iz vegetacijske tabele izstopa kot zanimivost predvsem relativna pogostost značilnic listnatih gozdov (vrste *Fagetalia* in *Querc-Fagetea*), ki so kljub gradientu nadmorskih višin relativno stanovitne (Robič, 1992). S pomočjo vegetacijskih popisov ter kvantitativnih meritev rastiščnih in sestojnih značilnosti so oblikovali stratume gozdov. Klasifikacija naravnih gozdnih sestojev je glede na vegetacijo ter ekološke, strukturne in prirastne spremenljivke pokazala štiri smiselne in homogene gozdne stratume:

- I. Predalpski jelovo-bukov gozd v Lučki Beli (1100 – 1350 m n.m.v.)
- II. Visokogorski bukov gozdovi z macesnom (1100 – 1500 m n.m.v.)
- III. Visokogorski bukov gozdovi z macesnom na skrajnostnih rastiščih (1500 – 1600 m n.m.v.)
- IV. Nadomestni (sekundarni) gozdovi macesna in smreke (1500 – 1810 m n.m.v.)



Slika 5: Šop macesnov na zaraščajočem se pašniku (oktober, 2004)

Sestojе, ki spadajo v stratum nadomestnih gozdov, je mogoče označiti kot stadij *Larix – Picea – Pinus mugo* (ali *Rhodothamno-Pinetum mugo laricetosum*) v progresivni gozdni sukcesiji pri zaraščanju opuščnega planinskega pašnika (Robič, 1992).

Izločeni stratumi predstavljajo podobne rastiščne razmere, strukturo sestojev, nastanek, jakost antropogenih vplivov, razvojno fazo in višinske vegetacijske pasove (Diaci, 1992).

Predmet te raziskave sta stratum visokogorskih bukovih gozdov z macesnom (II. stratum) in nadomestnih gozdov macesna in smreke (IV. stratum), saj skupaj zavzemata največji delež v gozdnem rezervatu Polšak.

3.1.5 Zgodovina gozdov

O tisočletnem vplivu človeka na alpski gozdni prostor nam pričajo različni zgodovinski viri, iz katerih je razvidna intenzivnost krčitve gozdov. V neposredni bližini proučevanega območja so bile najstarejše arheološke najdbe izkopane v Potočki zijalki pod vršnim grebenom Olševe, ki segajo v obdobje stare kamene dobe in pričajo že o pradavni poselitvi visokogorskega prostora. Prvotni prebivalci alpskih dežel (Breonci) so se ukvarjali z živinorejo in lovom, s prihodom Rimljanov se je močno okrepilo planinsko pašništvo. V srednjem veku je bilo kot panoga zelo pomembno planšarstvo (gozdarstvo pridobi na pomenu v 15. in 16. stoletju), kar dokazujejo zapiski v urbarjih iz 13. stoletja. Večino visokogorskih gozdov na planotastem svetu Veže so zaradi ugodne konfiguracije terena in prisojne lege že zelo zgodaj izkrčili za pašnike. Na novo pridobljene pašne površine so ponavadi pripadale posesti gručastih vasi ali pa so ostale v lasti gornjegrajske škofije. Gozdove, ki jih niso izkrčili za pašne namene, pa so že relativno zgodaj pričeli izkoriščati s sečnjo. Prvotno spravilo je potekalo večinoma ročno po drčah, v kasnejših obdobjih pa je sledilo kombinirano spravilo z lesenimi rižami in žičnicami (Kladnik, 1981). Tako so se na mestih z razgibanim terenom in neugodno konfiguracijo za spravilo (protivzponi) ali pašo do danes ohranili najlepši naravni gozdovi, med katere nedvomno spadajo tudi deli rezervata Polšak. Na območju Veže je bilo do II. svetovne vojne pašništvo zelo razširjeno, tako da je bilo na celotnem območju osem delujočih planin oz. alpskih pašnikov, na katerih so pasli predvsem ovce, koze, govejo živino in konje. Boj za pašne pravice je trajal stoletja. Prva pobuda za ureditev razmer je bila uvedba pašnih servitutov, ki so povzročili nove pravne spore. V 18. in 19. stoletju so poskušali zakonsko urediti odnose, kar jim v celoti ni uspelo, saj so uspeli urediti samo podaljšanje in možnost odkupa servitutnih

pravic. V kraljevini SHS so servitutne pravice odredjali različni akti, ki so planinskemu pašništvu ponovno dali večji pomen in možnost pridobivanja novih pašnih površin. Po drugi svetovni vojni je ostalo vprašanje s servituti obremenjenih škofijskih gozdov nerešeno. Takratna oblast je pašnim interesentom dovolila pašo na obstoječih pašnikih in zaustavila premeno gozdnih površin v pašne. Servitut se je obnovil v pravno nedoločeni obliki in leta 1953 je posebna gozdarsko-kmetijska komisija večino gozdov sedanjega rezervata Polšak razglasila za pašni gozd (Diaci, 1992).

V srednjem veku, po utrditvi fevdalnega reda, so bili obravnavani gozdovi v lasti bavarskih plemičev, plemenitih Trute in Dietbalda de Chagere. Njihovo posest je dobil leta 1140 v dar benediktanski samostan v Gornjem Gradu, leta 1461 pa so gozdovi postali last novoustanovljene ljubljanske škofije, ki je z njimi gospodarila vse do začetka II. svetovne vojne. Z načrtnim urejanjem gozdov se je pričelo ob koncu 19. stoletja, ko je takratni upravitelj škofijskih gozdov I. Jarc leta 1893 sestavil prvi elaborat. Na začetku 20. stoletja je inventarizacijo gozdov, izdelavo gozdarskih kart in načrtov ter dopolnitev oddelčne mreže vodil prof. A.v. Guttenberg. Gozdove sedanjega rezervata Polšak so že takrat obravnavali kot prebiralne in varovalne (Breznik, 1980). Prvi načrt po drugi svetovni vojni je bil narejen leta 1952. Takrat so višje ležeče obravnavane sestoje uvrstili med varovalne gozdove in v njih niso predpisovali etata (ploskve 17-20). Za večino sestojev na območju Polšaka so navedli, da so se razvili na zaraščajočem pašniku. Po drugi svetovni vojni pa so postali predmet eksploatacijskih sečenj nižje ležeči gozdovi z lepimi sestoji in relativno visokimi lesnimi zalogami (v bližini ploskev 14, 15 in 16). Spravilo so opravljali s pomočjo žičnice, ki je bila postavljena v začetku leta 1949. V celotnem obdobju eksploatacije (1948-1978) Polšaka je bilo tu posekanega približno 8.500 m³ lesa, od tega 99 % iglavcev (95 % smreke, ostalo macesen). Največ lesa je bilo posekanega v prvih štirih letih (1948-1952), približno 7.000 m³. Najmanj je bilo posekanega v oddelku št. 40 (925 m³), kjer so locirane raziskovalne ploskve 14, 15 in 16.

Gozdna in planinska paša je bila od poselitve naprej neprestano prisotna. Najmočnejši vpliv na visokogorske ekosisteme je imelo krčenje in požiganje gozdov za namene paše. Pri požiganju sta pastirjem velikokrat pomagala veter in strela (Diaci, 1992). Zadnji večji zabeležen požar na območju Polšaka je bil leta 1947 in takrat je pogorelo pobočje proti vrhu Križevnika na sami zgornji gozdni meji. V 19. in na začetku 20. stoletja se je na območju Veže vsako leto paslo povprečno 200 glav govedi in od 1.000 do 1.500 glav ovac ter koze in konji, na planini Polšak pa ni bilo nobeno leto manj kot 200 glav živine. Po drugi svetovni vojni do danes so pašo vse bolj opuščali. V

80. letih prejšnjega stoletja je v neposredni bližini rezervata pasel živino le en pastir, povprečno se je takrat paslo vsako leto 120 glav goveje živine in približno 100 ovac. Del te živine je redno zahajal na območje rezervata in ne le na planine, ampak tudi v bližnje gozdove (Breznik, 1980). Danes se občasno v rezervatu (planina Polšak) pase še par konj, v neposredni bližini rezervata na planini Ravne pa pase za potrebe pašne skupnosti en pastir od 30 do 50 glav goveje živine (od junija do oktobra).

Glede preteklega izkoriščanja bi lahko celotno območje današnjega gozdnega rezervata razdelili na dva dela po črti: Slanice (Klošter) – Tovsti vrh – Smrekovec (Breznik, 1980). Območje vzhodno od te črte je bilo v glavnem izkoriščano s sečnjo (z najbolj izkoriščanih predelov je bilo pobrano od 40 do 60 % lesne mase), območje zahodno od črte pa je bilo izkoriščano s pašo (Slika 4).



Slika 6: Uspešno uveljavljanje smreke v nadomestnih gozdovih (avgust, 2004)

3.2 METODA DELA

V letu 2004 smo ponovili snemanje na 7 raziskovalnih ploskvah v gozdnem rezervatu Polšak, ki so bile izločene in prvič premerjene leta 1991 – 13 let razlike. Meritve smo opravili v mesecu avgustu in oktobru. Velikost ploskev je 625 m² in so kvadratne oblike (25m x 25m). Ploskve so razporejene v višinskem gradientu od 1300 m do 1810 m nadmorske višine (Preglednica 1).

3.2.1 Zajemanje podatkov na raziskovalnih ploskvah

3.2.1.1 Meritve na ploskvah

Podatke, skupne za ploskev, smo povzeli in preverili na terenu:

1. Opis položaja v pokrajini
2. Nadmorska višina središča ploskve (višinomer SUUNTO)
3. Lega ploskve in azimut padnice (kompas SUUNTO)
4. Nagib padnice v stopinjah (padomer SUUNTO)
5. Skalovitost in kamnitost na ploskvi (v odstotkih zastiranja tal)
6. Splošen opis videza sestoja

Za vse žive in mrtve osebke, višje od 0,5 m, smo merili in ocenjevali naslednje podatke:

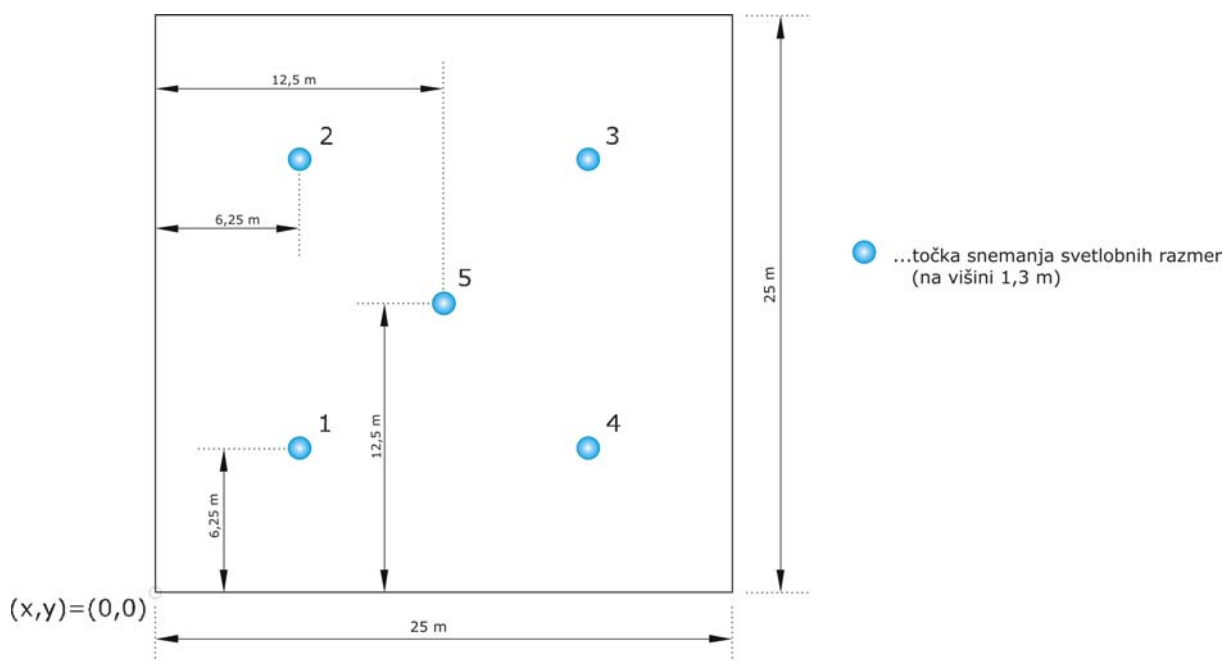
1. Drevesna vrsta
2. Obseg na prsni višini (na 1,3 m) smo merili s kovinskim metrom v centimetrih na 0,1 cm natančno.
3. Višino drevesa smo merili z višinomerom znamke SUUNTO, natančnost 1 %.
4. Dolžino debla smo merili pri iglavcih do prvega venca živih vej, pri listavcih do prve debelejšje veje z višinomerom SUUNTO, natančnost 1 %.
5. Koordinate središč dreves (v višini panja) smo preverili s 30-metrskim merilnim trakom in trasirkama. Izhodišče koordinatnega sistema (točka (x,y)=(0,0)) je v zgornjem levem oglišču, gledano po padnici navzdol.
6. Polmer krošnje smo merili na štirih mestih (v dveh smereh, določenih z osmi ploskve) kot horizontalno projekcijo s trasirko in s 30-metrskim merilnim trakom na 0,1 m natančno. Merili smo od debla do konca najdaljše veje.

7. Socialni položaj dreves je bil določen po Kraftovi klasifikaciji (5 razredov) in dodali smo še razreda odmrlih stoječih in ležečih dreves.
8. Vitalnost dreves je bila ocenjena po IUFRO klasifikaciji (3 razredi).

Za osebke, ki so na novo presegli meritveni prag, smo določili in izmerili vse podatke, vključno s koordinatami.

3.2.1.2 Meritve svetlobnih razmer

Na 6 ploskvah (ploskve 15-20) smo s pomočjo digitalnega fotoaparata Nikon Coolpix 995 in »fish-eye« objektiva Nikon FC-E8 posneli svetlobne razmere. Pri fotografiranju smo uporabljali ročne nastavitve, kjer smo izbrali možnost podosvetljevanja. S tem smo poudarili razlike med zastrtim in nezastrtim delom neba na fotografijah, kar nam je omogočilo kakovostnejšo analizo. Fotoaparat je bil nameščen na O-MOUNT samouravnavačo (horizontalen položaj) glavo z avtomatskim iskalom severa. Fotografije so bile posnete na višini 1,3 m od tal. Na vsaki ploskvi je bila svetloba posneta v 5 točkah, ki so bile razporejene sistematično (Slika 7). Za vse točke smo ugotavljali prisotnost rušja in oblikovali dva razreda (0 – brez rušja, 1 – rušje).



Slika 7: Razporeditev točk za snemanje svetlobnih razmer

3.2.2 Metode iz vrednotenja podatkov

3.2.2.1 Izračun kazalcev zgradbe

Lesno zalogo sestojev smo izračunali s pomočjo dvovhodnih deblovnic za posamezne drevesne vrste. Uporabili smo dvoparametrške funkcije, ki so prilagojene tem deblovnicam (Kotar, 1980).

Pri izračunu srednje višine (aritmetična sredina) naravnih sestojev smo upoštevali vsa drevesa iz 1., 2. in 3. socialne plasti po Kraftu. Tako smo se pri raziskavi osredotočili na osebke v zgornji plasti (streho sestoja), ki najbolj aktivno tekmujejo za življenjski prostor (Diaci, 1992). Za izračun zgornje višine sestojev smo upoštevali višino 9 najdebelejših osebkov na ploskvi (Kotar, 1998).

Velikost debelinskih in volumenskih prirastkov za preteklo obdobje (1991-2004) smo izračunali na podlagi razlik premerov in volumnov posameznih dreves.

Za ugotavljanje razlik v gostoti sestojev med posameznimi ploskvami in obema višinskima stratumoma smo uporabili koeficient I_k , ki temelji na predpostavki, da drevo potrebuje toliko m^2 rastne površine, kolikor znaša višina dreves, ki tvorijo streho sestoja (1., 2. in 3. soc. plast po Kraftu). Vrednost koeficienta izračunamo po naslednjem obrazcu (Kotar, 2005):

$$I_k = \frac{1}{100} \sqrt{H_{\text{streha}} \times N} \quad \dots(1)$$

H_{streha} ...povprečna višina dreves, ki tvorijo streho sestoja (1., 2. in 3. plast po Kraftu)

N ...število dreves v strehi sestoja

Za preverjanje zgradbe sestojev glede na prsni premer in drevesno višino smo uporabili koeficient variacije (KV %). V analizo smo zaradi primerljivosti vključili samo drevesa 1., 2. in 3. socialne plasti po Kraftu, saj število podstojnih dreves med obravnavanimi ploskvami močno variira. Meja, da smo sestoj lahko opredelili kot enomeren, je bila vrednost koeficienta variacije pod 10 %.

3.2.2.2 Analiza prostorske razmestitve

3.2.2.2.1 Analiza vzorca točkovne razmestitve ene spremenljivke (Ripleyjeva K-funkcija)

Kadar imamo podane x in y koordinate osebkov, lahko za ugotavljanje vzorca prostorske razmestitve uporabimo metodo kot je $K(t)$ statistika (Ripley, 1981). S pomočjo analize vzorca točkovne razmestitve lahko ugotovimo, ali je prostorska razmestitev točk (osebkov) naključna ali ne in opišemo vrsto vzorca.

Za opis vzorca razmestitve osebkov na raziskovalnih ploskvah smo uporabili Ripleyjevo funkcijo $K(t)$, ki temelji na varianci (analiza drugega reda) vseh razdalj med vsemi točkami (osebki) v dvodimenzionalnem prostoru. Funkcija $K(t)$ določi, ali se dejanska razmestitev osebkov značilno razlikuje od Poissonove porazdelitve. Prednost te metode je, da nam pokaže vzorce razmestitve različnih velikostnih redov (za razliko od metod, ki temeljijo na razdalji do najbližjega sosedu, nam ta metoda poda tudi merilo vzorca) in razdalje, na katerih se statistično značilno pojavlja šopasta razmestitev oz. heterogenost v prostoru (na intervalu razdalj lahko prikaže tudi mešan vzorec razmestitve). To je pomembna lastnost, saj so v bistvu vsi ekološki procesi odvisni od merila in se lahko njihove karakteristike v različnih merilih spreminjajo (Fortin in Dale, 2005).

Ripleyjeva K-funkcija je definirana tako, da je $\lambda \times K(t)$ pričakovano število sosednjih osebkov na razdalji t od naključno izbranega osebk, kjer je λ gostota osebkov (povprečno število osebkov na površino). V naključni porazdelitvi je $K(t) = \pi t^2$ (Camarero in sod., 2000).

Funkcija nam pove, do katere stopnje odstopa dejanska razmestitev od naključne in je definirana kot (Haase, 1995):

$$K(t) = A \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{\delta_{ij}(t)}{n^2} \quad \text{za } i \neq j \quad \dots(2)$$

A ...površina ploskve

t ...interval razdalj

n ...število dreves

δ_{ij} ...razdalja med osebkom i in osebkom j

Zaradi lažje interpretacije se je uveljavila korenska transformacija funkcije, ki jo linealizira in stabilizira njeno varianco (Haase, 1995):

$$L(t) = \sqrt{\frac{K(t)}{\pi}} - t \quad \dots(3)$$

Ta oblika ima za vse razdalje t pričakovano vrednost nič, če je vzorec razmestitve naključen. Za preverjanje statistične značilnosti odstopanja dejanske razmestitve od naključne smo uporabili postopek Monte Carlo, ki simulira naključno ustvarjene ploskve enakih dimenzij kot je dejanska ploskev in na njih naključno prerazporeja vse točke na ploskvi. V naši raziskavi smo naredili 99 simulacij, s pomočjo katerih smo dobili 99 % ovoj zaupanja za funkcijo $L(t)$. Za t smo uporabili interval razdalj od 0,5 m do 12,5 m in kot korak smo vzeli 0,5 m, saj lahko analiziramo razdalje do polovice dolžine najkrajše stranice raziskovalne ploskve. Dodatno smo značilnost preverili s Cramer-von-Mise testom. Vzorec prostorske razmestitve lahko opišemo kot šopast, naključen ali sistematičen, kjer je vrednost funkcije $L(t)$ večja, enaka oz. v mejah ali manjša kot 99 % ovoj zaupanja (Fortin in Dale, 2005; Motta in Edouard, 2005).

3.2.2.2 Analiza vzorca točkovne razmestitve dveh spremenljivk (Ripleyjeva K_{12} -funkcija)

Za raziskovanje medsebojnega odnosa dveh spremenljivk (med drevesnimi vrstami, socialnimi položaji) v vzorcu točkovne razmestitve, smo uporabili funkcijo (Haase, 1995):

$$K_{12}(t) = \frac{n_2 K_{12}(t) + n_1 K_{21}(t)}{n_1 + n_2} \quad \dots(4)$$

n_1 ...število osebkov prve vrste

n_2 ...število osebkov druge vrste

To je posplošena funkcija $K(t)$, s pomočjo katere lahko testiramo prostorsko neodvisnost dveh spremenljivk pri točkovni razmestitvi. Za analizo smo uporabili transformirano obliko (Haase, 1995):

$$L_{12}(t) = \sqrt{\frac{K_{12}(t)}{\pi}} - t \quad \dots(5)$$

Funkcija $L_{12}(t)$ nam poda stopnjo in vrsto prostorske povezanosti med dvema spremenljivkama (drevesne vrste) in zavzame vrednost 0, kadar sta spremenljivki

prostorsko neodvisni. Za preverjanje statistične značilnosti odstopanja vrednosti funkcije od vrednosti 0 smo uporabili postopek Monte Carlo in opravili simulacije ploskev, v katerih so bile eni spremenljivki naključno dodeljene nove koordinate, medtem ko so ostale koordinate druge spremenljivke nespremenjene. Naredili smo 99 simulacij in tako izračunali 99 % ovoj zaupanja za funkcijo $L_{12}(t)$. Za t smo uporabili interval razdalj od 0,5 m do 12,5 m in kot korak smo vzeli 0,5 m. Vrednosti $L_{12}(t)$, ki so večje, enake oz. v mejah ali manjše kot 99 % ovoj zaupanja, nakazujejo pozitivno odvisnost (privlačnost), prostorsko neodvisnost ali značilno negativno odvisnost (odboj) med obema analiziranimi spremenljivkama. Pri pozitivni odvisnosti med osebki se pokaže tendenca, da so osebki različnih skupin bližje drug drugemu kot če bi bili razporejeni neodvisno drug od drugega. Za negativno odvisnost je značilna ravno nasprotna tendenca razporeditve osebkov (Motta in Edouard, 2005).

Za izračun in določitev vzorca točkovne razmestitve ene in dveh spremenljivk smo uporabili program za prostorsko statistiko SPPA.EXE (Haase, 2002).

3.2.2.3 Analiza velikosti krošenj in prirastkov

Na vseh ploskvah smo za vsa živa drevesa merili štiri polmere krošnje v smereh, določenih z osmi ploskve (x in y) in dolžino krošnje. Za analizo velikosti krošenj smo izračunali volumen (6) in površino (7) posamezne krošnje. Pri izračunu smo uporabili srednji premer krošnje, dolžino krošnje in obrazec za volumen (Kotar, 2005):

$$V_k = 0,4 \times D^2 \times \frac{\pi}{4} \times L \quad \dots(6)$$

V_k ...volumen krošnje

D ...srednji premer krošnje

L ...dolžina krošnje

ter obrazec za površino krošnje:

$$P_k = \frac{\pi}{4} \times D \times \sqrt{4 \times L^2 + D^2} \quad \dots(7)$$

P_k ...površina krošnje

Vrednosti, dobljene z obema obrazcema, so le približek dejanskim vrednostim, zato smo jih v nadaljnjih analizah upoštevali le kot relativne veličine v primerjavah med vrstami in stratumi.

Statistično značilnost razlik srednjih vrednosti smo preverjali s Studentovim t-testom. Predhodno smo opravili tudi F-test za preverjanje razlik med variancami obeh vzorcev in na podlagi tega izbrali ustrezno različico t-testa.

3.2.2.4 Analiza svetlobnih razmer

Svetlobne razmere smo ugotavljali s pomočjo fotografij, ki smo jih posneli na terenu. Metoda, ki smo jo uporabili, deluje na osnovi projekcije hemisfere neba in krošenj. Fotografije so krožne in predstavljajo projekcijo okolice pod zornim kotom do 180°. Na projekciji (fotografija) so vidni s krošnjami zastrti in nezastrti deli neba, tako da lahko s prekrivanjem projekcije z ustrezno razdelitvijo za difuzno sevanje oz. s projekcijami sončnih poti ocenimo delež direktne in difuzne komponente sevanja. Metoda daje zanesljive ocene obeh komponent sevanja (Diaci in sod., 1999). Fotografije smo analizirali s programom WinSCANOPY (Regent Instruments Inc.). Delež direktnega in difuznega sevanja po posameznih točkah smo izračunali za okvirno dolžino vegetacijske dobe (1. junij – 30. september). Značilnost razlik smo preverili s Studentovim t-testom.

Ker smo analizo svetlobnih razmer opravili na podlagi majhnega števila vzorcev (skupno le 30 točk), velja opozorilo, da je reprezentativnost rezultatov nekoliko omejena.



Slika 8: Fotografiji hemisfere neba in krošenj v I. (levo) in II. stratumu (desno)

4 REZULTATI

4.1 ANALIZA ZGRADBE GOZDOV

Pri analizi smo se osredotočili predvsem na opis sprememb, ki so posledica razvoja v preteklem obdobju (1991-2004), na opis razlik med sestoji, ki nastopijo ob gradientu nadmorskih višin, in na ugotavljanje razlik med stratumom visokogorskih bukovih gozdov z macesnom (ploskve 14, 15 in 16 – I. stratum) in stratumom nadomestnih gozdov macesna in smreke (ploskve 17, 18, 19 in 20 – II. stratum).

4.1.1 Splošen opis sestojev

Glavno podobo visokogorskih bukovih gozdov z macesnom dajejo posamično razporejeni nadrasli macesni (*Larix decidua* Mill.), ki se jim v zgornji plasti pogosto pridruži še smreka (*Picea abies* (L.) Karsten) ter bukev (*Fagus sylvatica* L.), ta je večinoma podrasla in se mestoma prebija v zgornjo plast. Bukev v spodnji plasti daje sestojem dvoplasten videz. Sklep krošenj je normalen do tesen, zato do tal prihaja le malo svetlobe. Zeliščna in grmovna plast sta slabo razviti.

Povsem drugačno podobo imajo sestoji nadomestnih gozdov macesna in smreke, kjer je v največjem deležu zastopan macesen z izrazito dominantnim položajem, ob katerem se pojavljata še smreka in jerebika (*Sorbus aucuparia* L.). Tukaj najdemo površine v različnih sukcesijskih stadijih, ki so v horizontalnem in vertikalnem pogledu zelo heterogene. Lahko so popolnoma preraščene z rušjem (*Pinus mugo* Turra), med njimi najdemo manjše otoke, porasle z macesni in rušjem, ter sklenjene sestoj macesna z zrahljanim do vrzelastim sklepom krošenj. V grmovni plasti najdemo poleg rušja tudi druge vrste: pritlikavo jerebiko (*Sorbus chamaemespilus* Cr.), velikolistno vrbo (*Salix appendiculata* L.) in sibirski brin (*Juniperus alpina* S. F. Gray). V zeliščni plasti najbolj izstopajo preproge, ki jih tvorita navadni slečnik (*Rhododendron chamaecistus* Reichenb.) in dlakavi sleč (*Rhododendron hirsutum* L.), pogosti pa sta tudi borovnica (*Vaccinium myrtillus* L.) in brusnica (*Vaccinium vitis-idaea* L.). Razvitost grmovne in zeliščne plasti se manjša od odprtih površin proti površinam s sklenjeno drevesno vegetacijo, vendar se bujna zeliščna plast ohrani tudi pod sklenjenimi krošnjami macesnov.

4.1.2 Razvoj števila, lesne zaloge živih dreves in struktura odmrlih dreves

Zaradi primerljivosti rezultatov smo za izračun lesnih zalog uporabili enak postopek kot leta 1991.

Na večini ploskev smo ob trendu zmanjševanja števila živih osebkov ugotovili povečevanje lesne zaloge in temeljnice. Izjema je ploskev 14, kjer je v preteklem obdobju veter podrl nekaj večjih dreves (plitva tla) in nastale so vrzeli v sestoju. Število živih dreves je v stratumu nadomestnih gozdov približno za 1/3 manjše kot v stratumu visokogorskih bukovih gozdov. Opazen je trend zmanjševanja lesne zaloge in temeljnice z naraščajočo nadmorsko višino. Kljub višjim nadmorskim višinam in s tem slabšim ekološkim razmeram pa so lesne zaloge v obeh stratumih izjemno visoke. Posebej izstopajo visoke lesne zaloge na ploskvah (18, 19 in 20), ki so praktično na višini današnje zgornje gozdne meje in na katerih se lesna zaloga še vedno intenzivno akumulira, kljub relativno majhnemu številu dreves (Preglednica 2).

Preglednica 2: Razvoj števila, lesne zaloge in temeljnice živih dreves

1991				2004			
Ploskev	Št. (N/ha)	LZ (m³/ha)	G (m²/ha)	Št. (N/ha)	LZ (m³/ha)	G (m²/ha)	
I. stratum	14	624	677,8	50,8	512	621,6	45,1
	15	1072	676,6	61,4	864	817,5	68,1
	16	1104	821,3	72,1	1024	900,4	79,0
II. stratum	17	624	851,3	76,9	560	914,0	79,5
	18	688	388,6	52,8	688	440,9	56,0
	19	560	341,0	49,6	544	395,7	54,9
	20	544	244,5	42,5	480	272,1	45,6

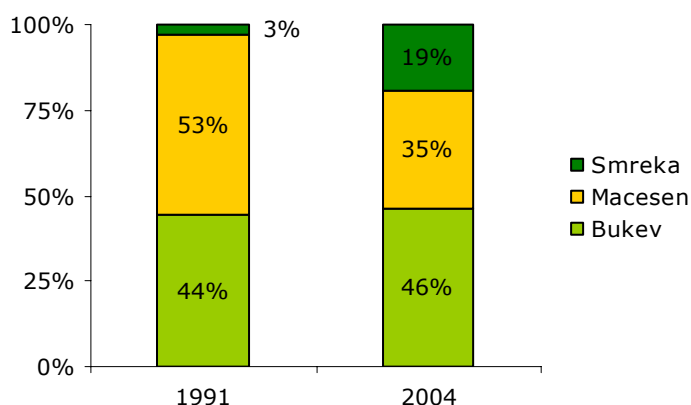
Pri analizi odmrlih dreves nismo ugotovili večjih sprememb v deležu in strukturi, razen na ploskvi 14, kar je posledica vetroloma (Preglednica 3).

Preglednica 3: Spremembe v strukturi odmrlih dreves (v m³/ha)

1991					2004				
Ploskev	LEŽEČA	STOJEČA	Skupna LZ (ŽIVA+ODMRLA)	Delež odmrlih (%)	LEŽEČA	STOJEČA	Skupna LZ (ŽIVA+ODMRLA)	Delež odmrlih (%)	
I. stratum	14	45,6	24,4	747,8	9,4	153,0	69,1	843,7	26,3
	15	43,7	17,7	738,0	8,3	60,4	11,8	889,7	8,1
	16	/	26,9	848,2	3,2	0,5	30,0	930,9	3,3
II. stratum	17	24,8	133,3	1009,4	15,7	29,9	157,5	1101,4	17,0
	18	/	31,8	420,4	7,6	3,7	40,8	485,4	9,2
	19	5,9	23,2	370,1	7,9	11,9	17,9	425,5	7,0
	20	2,7	19,2	266,4	8,2	31,3	3,4	306,8	11,3

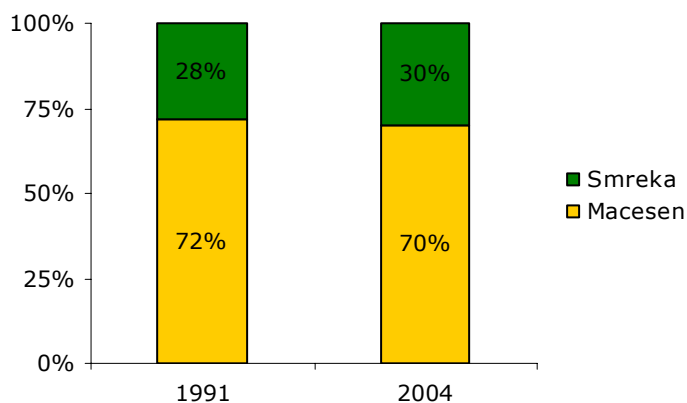
V prvem stratumu prevladujejo ležeča odmrła drevesa, v drugem stratumu pa stoječa drevesa, kar je nedvomno povezano z vrstno sestavo obeh stratumov. Nekoliko večji delež zavzemajo odmrła drevesa v nadomestnih gozdovih, v povprečju približno 11 %. Leta 1991 je ta delež znašal 10 %.

S primerjavo strukture odmrlih dreves glede na drevesne vrste v letu 2004 in 1991 smo skušali ugotoviti morebitne trende spreminjanja drevesne sestave po obeh stratumih. Rezultati so pokazali, da v preteklem obdobju ni prišlo do večjih sprememb v drevesni sestavi odmrlih dreves, ki bi bile posledica socialnega boja med vrstami. V prvem stratumu prevladujejo odmrła drevesa bukke in macesna. Razlike so predvsem posledica vetroloma, ki je močno povečal delež odmrle smreke. Deleži posameznih drevesnih vrst so ostali izenačeni, tako da tudi v prihodnje ni pričakovati večjih sprememb v drevesni sestavi (Slika 9).



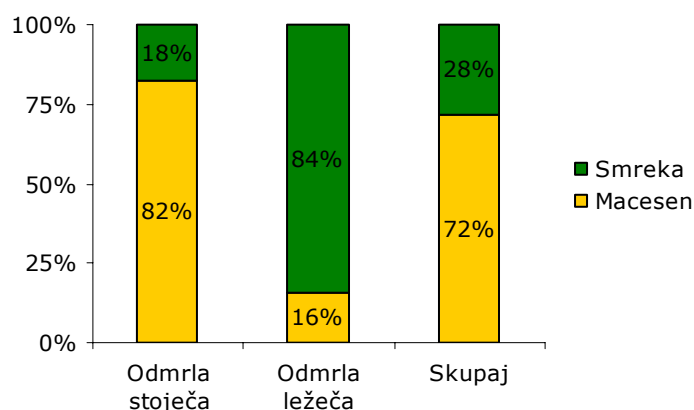
Slika 9: Struktura lesne zaloge odmrlih dreves glede na drevesne vrste za I. stratum

Primerjava v nadomestnih gozdovih, kjer prevladujejo odmrła drevesa macesna, je pokazala še manjše razlike, saj sta obe vrsti ohranili približno enak delež (Slika 10).



Slika 10: Struktura lesne zaloge odmrlih dreves glede na drevesne vrste za II. stratum

Kot posebnost v drugem stratumu smo še dodatno proučili razmere na ploskvi 17, kjer smo lahko opazovali socialni boj med smreko in macesnom. Razmere na ploskvi lepo odražajo lastnosti obeh vrst, ki pomembno vplivajo na hitrost in način razgradnje biosubstance. Smreka prevladuje v razredu odmrlih ležečih dreves, medtem ko je večji delež macesna v razredu odmrlih stoječih dreves. Macesen še dolgo po odmrtnju zaradi odlične zakoreninjenosti in počasnega razpadanja vztraja v pokončnem položaju (Slika 11).



Slika 11: Struktura lesne zaloge odmrlih dreves na ploskvi 17

4.1.3 Drevesna sestava

Pri analizi drevesne sestave nismo v preteklem obdobju (1991-2004) ugotovili večjih sprememb. V stratumu visokogorskih bukovih gozdov po številu dreves prevladuje bukev in njen delež se še povečuje. Primešane so še smreka, macesen in jelka. Z naraščajočo nadmorsko višino je opazen trend zmanjševanja deleža bukve in povečevanja deleža macesna, medtem ko delež smreke ostaja približno na enaki ravni. Vendar bukev na višini 1500 m še vedno zavzema 58 % delež po številu dreves. V nadomestnih gozdovih je po številu dreves očitna prevlada macesna (90 %), kateremu sta primešani smreka in jelka. Edina izjema je ploskev 17, kjer mu je po številu enakovredna smreka (Preglednica 4).

Preglednica 4: Razvoj števila dreves po drevesnih vrstah

		BUKEV		SMREKA		MACESEN		JELKA	
Ploskev		Št. (N/ha)	Delež (%)	Št. (N/ha)	Delež (%)	Št. (N/ha)	Delež (%)	Št. (N/ha)	Delež (%)
I. stratum	14	432 (512)	84,4 (82,1)	48 (64)	9,4 (10,2)	32 (48)	6,2 (7,7)	/ (/)	/ (/)
	15	688 (832)	79,6 (77,6)	32 (80)	3,7 (7,5)	144 (144)	16,7 (13,4)	/ (16)	/ (1,5)
	16	592 (640)	57,8 (58,0)	128 (144)	12,5 (13,0)	288 (304)	28,1 (27,5)	16 (16)	1,6 (1,5)
II. stratum	17	/ (/)	/ (/)	240 (256)	42,9 (41,0)	320 (368)	57,1 (59,0)	/ (/)	/ (/)
	18	/ (/)	/ (/)	48 (32)	7,0 (4,7)	624 (640)	90,7 (93,0)	16 (16)	2,3 (2,3)
	19	/ (/)	/ (/)	16 (16)	2,9 (2,9)	528 (544)	97,1 (97,1)	/ (/)	/ (/)
	20	/ (/)	/ (/)	80 (96)	16,7 (17,6)	400 (448)	83,3 (82,4)	/ (/)	/ (/)

Vrednosti v oklepaju so za leto 1991.

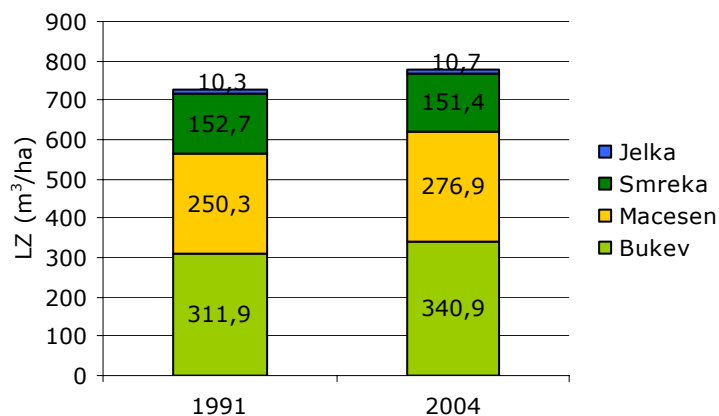
Tudi v lesni zalogi je delež bukve v prvem stratumu največji in se še povečuje, sledi ji macesen (Slika 12). Vendar je zmanjševanje deleža bukve z naraščajočo nadmorsko višino bolj izrazito (na 1500 m je njen delež samo še 28 %), povečuje se delež macesna in smreke, ki imata na višini 1500 m skupni delež 70 % (Preglednica 5).

Preglednica 5: Razvoj lesne zaloge dreves po drevesnih vrstah

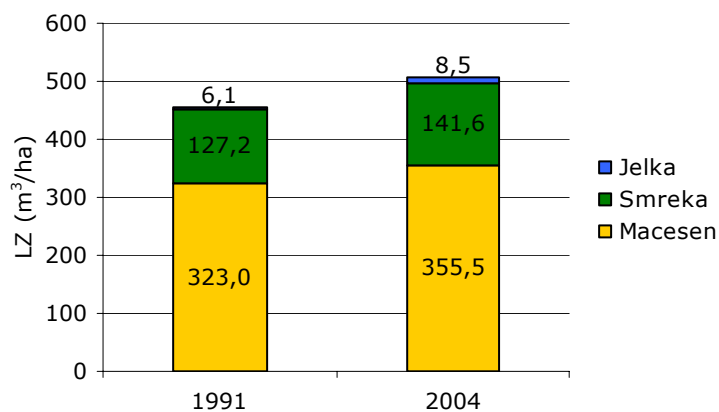
		BUKEV		SMREKA		MACESEN		JELKA	
Ploskev		LZ (m ² /ha)	Delež (%)	LZ (m ² /ha)	Delež (%)	LZ (m ² /ha)	Delež (%)	LZ (m ² /ha)	Delež (%)
I. stratum	14	394,7 (401,9)	63,5 (59,3)	170,1 (200,6)	27,4 (29,6)	56,8 (75,4)	9,1 (11,1)	/ (/)	/ (/)
	15	377,3 (314,7)	46,1 (46,5)	104,2 (98,4)	12,7 (14,6)	336,2 (263,4)	41,2 (38,9)	/ (0,2)	/ (/)
	16	250,7 (219,2)	27,8 (26,7)	179,8 (159,2)	20,0 (19,4)	437,8 (412,3)	48,6 (50,2)	32,0 (30,7)	3,6 (3,7)
II. stratum	17	/ (/)	/ (/)	492,5 (437,0)	53,9 (51,3)	421,6 (414,4)	46,1 (48,7)	/ (/)	/ (/)
	18	/ (/)	/ (/)	0,1 (/)	/ (/)	406,7 (364,2)	92,3 (93,7)	34,1 (24,5)	7,7 (6,3)
	19	/ (/)	/ (/)	30,7 (23,7)	7,8 (6,9)	365,0 (317,3)	92,2 (93,1)	/ (/)	/ (/)
	20	/ (/)	/ (/)	43,4 (48,2)	15,9 (19,7)	228,8 (196,3)	84,1 (80,3)	/ (/)	/ (/)

Vrednosti v oklepaju so za leto 1991.

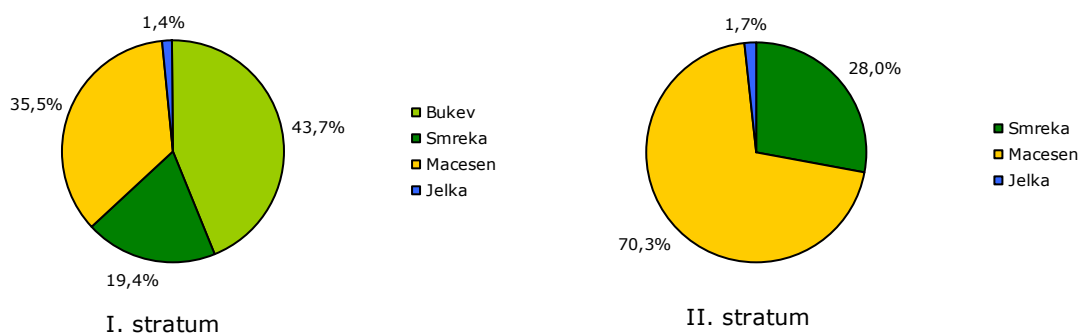
V drugem stratumu tudi v lesni zalogi dominira macesen, kateremu se delež bistveno ne spreminja, z izjemo ploskve 17, kjer ima smreka večji delež v lesni zalogi in ta delež se še povečuje (Preglednica 5, Slika 13). V obeh stratumih smo zasledili tudi jelke, katerih delež v lesni zalogi ni zanemarljiv (Slika 14).



Slika 12: Razvoj lesne zaloge po drevesnih vrstah za I. stratum



Slika 13: Razvoj lesne zaloge po drevesnih vrstah za II. stratum



Slika 14: Drevesna sestava glede na lesno zalogo za I. in II. stratum

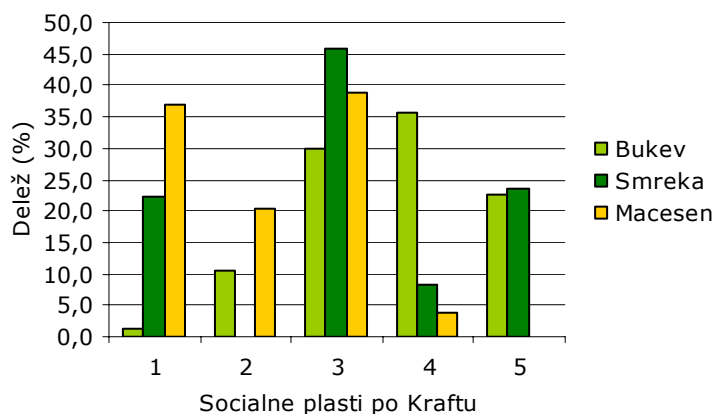
4.1.4 Zgradba sestojev po socialnih plasteh

Za bolj podrobno analizo vertikalne zgradbe proučevanih sestojev in za razumevanje njihovega razvoja smo naredili primerjavo deležev (glede na število osebkov) posameznih drevesnih vrst po socialnih plasteh.

Bukev je v prvem stratumu zastopana v vseh socialnih plasteh, prevladuje v 3. in 4. plasti. Njen delež v zgornjih plasteh se z nadmorsko višino zmanjšuje. Za bukev bi lahko rekli, da je »v prihodu«. Največ smreke najdemo v prvih treh plasteh (streha sestoja), predvsem v 1. in 3. plasti. Njen delež v 5. plasti tudi ni zanemarljiv, saj se smreka kot plesencovzdržna vrsta dobro razvija pod zastorom drugih dreves. Macesen kot izrazito svetloljubna vrsta, ki ne prenaša zasenčenja, je najbolj zastopan v prvih treh plasteh in ima največji delež v razredu nadvladajočih in sovladajočih (Preglednica 6, Slika 15).

Preglednica 6: Primerjava deležev števila glavnih drevesnih vrst po socialnih plasteh za I. stratum

Ploskev		14			15			16		
DV		BU (%)	SM (%)	MAC (%)	BU (%)	SM (%)	MAC (%)	BU (%)	SM (%)	MAC (%)
SOCIALNE PLASTI	1	3,7	66,7	50,0	/	/	44,4	/	/	16,7
	2	29,6	/	/	2,3	/	22,2	/	/	38,9
	3	25,9	/	50,0	39,5	100	33,4	24,3	37,5	33,3
	4	25,9	/	/	34,9	/	/	45,9	25,0	11,1
	5	14,9	33,3	/	23,3	/	/	29,8	37,5	/
Σ		100	100	100	100	100	100	100	100	100

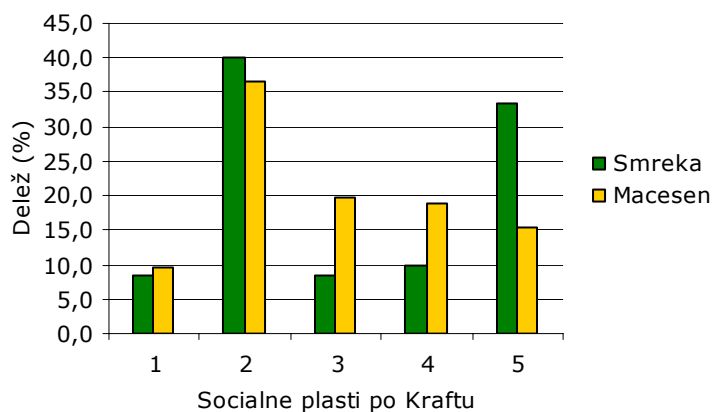


Slika 15: Deleži glavnih drevesnih vrst po socialnih plasteh v I. stratumu

V nadomestnih gozdovih prihaja do socialnega boja med dvema protagonistoma. Smreka je enakomerno zastopana v vseh plasteh z relativno majhnim skupnim številom osebkov, a vendar kaže tendenco počasnega izpodrivanja dominantnega macesna, ki je najbolj zastopan v prvih treh plasteh in ima tudi nezanemarljiv delež v 4. in 5. plasti. Rezultati uveljavljanja smreke so najbolj vidni na ploskvi 17, kjer že prevladuje v strehi sestoja. Podstojni ali drugače zasenčeni macesni začnejo (za razliko od smreke) kmalu stagnirati in njihov razvoj se ustavi (Preglednica 7, Slika 16).

Preglednica 7: Primerjava deležev števila glavnih drevesnih vrst po socialnih plasteh za II. stratum

Ploskev		17		18		19		20	
DV		SM	MAC	SM	MAC	SM	MAC	SM	MAC
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
SOCIALNE PLASTI	1	33,3	15,0	/	7,7	/	15,2	/	/
	2	20,0	45,0	/	25,6	100	27,3	40,0	48,0
	3	33,3	20,0	/	25,6	/	21,2	/	12,0
	4	/	15,0	/	12,8	/	24,2	40,0	24,0
	5	13,4	5,0	100	28,3	/	12,1	20,0	16,0
Σ		100	100	100	100	100	100	100	100



Slika 16: Deleži glavnih drevesnih vrst po socialnih plasteh v II. stratumu

4.1.4.1 Primerjava kombinacij socialnih plasti in vitalnosti

Za vpogled v prihodnji razvoj sestojev obeh stratumov smo naredili primerjavo kombinacij razredov socialnih plasti in vitalnosti za tri glavne drevesne vrste (glede na število osebkov). S takšno analizo smo dobili odgovore na vprašanja o bodoči zgradbi (drevesni sestavi, vertikalni strukturi) obravnavanih gozdov ob izostanku večjih naravnih motenj. V primerjavi kombinacij sta nas zanimali predvsem dve skupini dreves. Osebkni sposobni preslojevanja in osebkni, ki se bodo v konkurenčnem boju verjetno utopili.

Za prvi stratum smo ugotovili, da ima največje možnosti za uspešno uveljavljanje v prihodnosti bukev, ki je relativno dobro zastopana v 4. in 5. plasti z osebki odlične (1) in dobre (2) vitalnosti. Tudi smreka ima možnosti za povečanje svojega deleža v sestojih, predvsem z osebki iz 3. in 4. plasti. Dejstvo, da v spodnji in srednji plasti sestojev nismo zasledili vitalnih osebkov macesna, priča o zanj neprimernih rastnih razmerah. Konkurenca v sestojih je velika, saj smo zasledili relativno velik delež slabo vitalnih osebkov (Preglednica 8).

Preglednica 8: Primerjava kombinacij razredov socialnih plasti in vitalnosti za I. stratum (v %)

I. stratum												
Soc. plast	BUKEV				SMREKA				MACESN			
	1	2	3	Skupaj	1	2	3	Skupaj	1	2	3	Skupaj
1	0,9 (1)	/	/	0,9 (1)	7,7 (1)	7,7 (1)	/	15,4 (2)	20,7 (6)	6,9 (2)	/	27,6 (8)
2	/	7,5 (8)	0,9 (1)	8,4 (9)	/	/	/	/	6,9 (2)	24,1 (7)	/	31,0 (9)
3	0,9 (1)	22,4 (24)	7,5 (8)	30,8 (33)	/	38,5 (5)	/	38,5 (5)	/	27,6 (8)	6,9 (2)	34,5 (10)
4	/	17,8 (19)	18,7 (20)	36,5 (39)	/	7,7 (1)	7,7 (1)	15,4 (2)	/	/	6,9 (2)	6,9 (2)
5	/	4,7 (5)	18,7 (20)	23,4 (25)	/	/	30,7 (4)	30,7 (4)	/	/	/	/
Skupaj	1,8 (2)	52,4 (56)	45,8 (49)	100,0 (107)	7,7 (1)	53,9 (7)	38,4 (5)	100,0 (13)	27,6 (8)	58,6 (17)	13,8 (4)	100,0 (29)

Število osebkov je v oklepaju.

V drugem stratumu smo ugotovili, da ima smreka v primerjavi z macesnom v spodnji plasti več vitalnih (2) osebkov sposobnih preslojevanja v prihodnosti in da prične macesnovim osebkom pešati vitalnost že v 3. plasti (sovladajoči osebkni). V 4. in 5. plasti pa pri macesnu prevladuje slaba vitalnost (3), ki ima tudi nasplošno v primerjavi s smreko večji delež osebkov slabše vitalnosti (Preglednica 9).

Preglednica 9: Primerjava kombinacij razredov socialnih plasti in vitalnosti za II. stratum (v %)

II. stratum		SMREKA				MACESEN			
Soc. plast	Vitalnost	1	2	3	Skupaj	1	2	3	Skupaj
1		12,5 (3)	8,3 (2)	/	20,8 (5)	4,3 (5)	5,1 (6)	/	9,4 (11)
2		4,2 (1)	20,8 (5)	/	25,0 (6)	3,4 (4)	29,9 (35)	0,9 (1)	34,2 (40)
3		/	20,8 (5)	/	20,8 (5)	0,9 (1)	10,3 (12)	9,4 (11)	20,5 (24)
4		/	4,2 (1)	4,2 (1)	8,4 (2)	/	4,3 (5)	14,5 (17)	18,8 (22)
5		/	16,7 (4)	8,3 (2)	25,0 (6)	/	0,9 (1)	16,2 (19)	17,1 (20)
Skupaj		16,7 (4)	70,8 (17)	12,5 (3)	100,0 (24)	8,5 (10)	50,5 (59)	41,0 (48)	100,0 (117)

Število osebkov je v oklepaju.

4.1.5 Srednja in zgornja višina sestojev

Srednja in zgornja drevesna višina naravnih sestojev sta odlični nakazovalki splošnih ekoloških razmer določenega rastišča.

Za potrebe analize smo raziskovalne ploskve razdelili na dva višinska stratum (1300-1600 m in 1650-1810 m), saj je med obema očitna razlika v srednji in zgornji višini sestojev. Na vseh ploskvah se je v preteklem obdobju srednja višina sestoja povečala. V prvem višinskem stratumu znaša povprečna srednja višina 27 m in zgornja višina 31 m. Vrednosti za drugi stratum so nižje in obe višini (20 m) se med seboj ne razlikujeta bistveno, kar je najverjetneje posledica specifičnega razvoja teh sestojev in njihove socialne zgradbe (gozdna sukcesija na nekdanjih pašnikih).

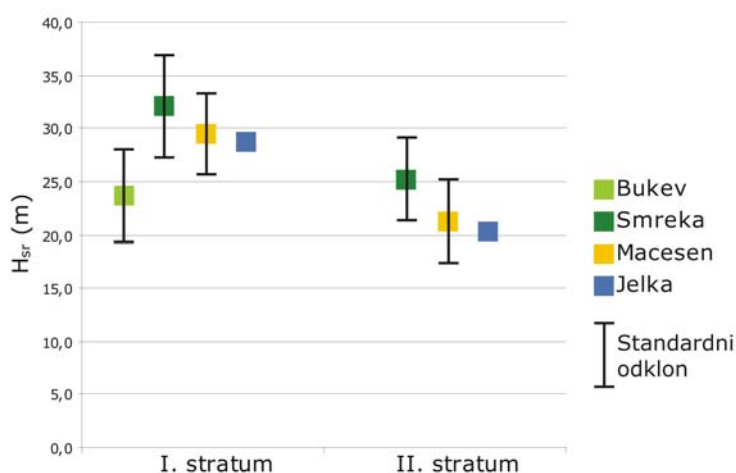
Za preverjanje, ali so vrednosti srednjih višin obeh višinskih stratumov značilno različne, smo uporabili Studentov t-test, ki je pokazal, da se srednji drevesni višini obeh stratumov značilno razlikujeta ($P < 0,001$; $df = 166$).

Razlika med obema stratumoma je tudi v velikosti višinskih prirastkov, saj smo v sestojih nižje ležečega stratumu ugotovili povprečni višinski prirastek 30 cm/leto, v sestojih višje ležečega pa 15 cm/leto za preteklo obdobje (Preglednica 10).

Preglednica 10: Srednja in zgornja višina po ploskvah (v m)

Višinski stratum	Ploskev	H_{sr}	H_{sr} (1991)	H_{zg}
1300-1600m	14	27,9	25,2	32,1
	15	26,0	21,7	30,3
	16	26,5	22,4	31,4
	17	27,1	23,2	29,1
1650-1810m	18	21,0	19,3	22,4
	19	20,1	18,2	21,8
	20	17,9	15,6	17,4

Za primerjavo srednjih višin posameznih drevesnih vrst smo ploskve spet razvrstili v stratum visokogorskih in nadomestnih gozdov. Za prvi stratum je značilno, da smreka in macesen dominirata nad bukvijo. Smreka dosega v povprečju večje višine kot macesen, ki je kljub temu še vedno močno zastopan v razredu vladajočih in nadvladajočih osebkov. Izstopa srednja višina jelke, ki jo najdemo v zgornji plasti v obeh stratumih. V drugem stratumu smo ugotovili podobno razmerje srednjih višin kot v prvem, le da so tukaj drevesa nižja (Slika 17).



Slika 17: Razmerje srednjih višin drevesnih vrst po stratumih

4.1.6 Drevesna sestava strehe sestojev (1., 2. in 3. plast po Kraftu)

Analiza je pokazala, da je na vseh ploskvah ne glede na nadmorsko višino večji delež lesne zaloge prav v strehi sestoja, v povprečju 90 %. Pri analizi deleža posameznih drevesnih vrst smo ugotovili, da bukvi z naraščajočo nadmorsko višino delež vidno

upada. Macesnu pa ravno obratno delež narašča in nad 1650 m že popolnoma dominira v strehi sestoja. Smreka svoj delež ne glede na nadmorsko višino ohranja, na ploskvi 17 pa počasi celo povečuje svoj delež glede na macesen, ki ji tukaj ne more več konkurirati (Preglednica 11).

Preglednica 11: Drevesna sestava strehe sestojev glede na lesno zalogo

Ploskev	I. stratum			II. stratum			
	14	15	16	17	18	19	20
LZ ₁₂₃ (m ³ /ha)	584,9	758,6	784,9	899,0	397,2	359,2	237,1
Delež (%)	94,1	92,8	87,2	98,4	90,1	90,8	87,1
BUKEV (%)	61,3	42,0	19,2	/	/	/	/
SMREKA (%)	29,0	13,7	21,8	54,8	/	8,5	15,7
MACESEN (%)	9,7	44,3	54,9	45,2	91,4	91,5	84,3
JELKA (%)	/	/	4,1	/	8,6	/	/

4.1.7 Priraščanje gozdnih sestojev

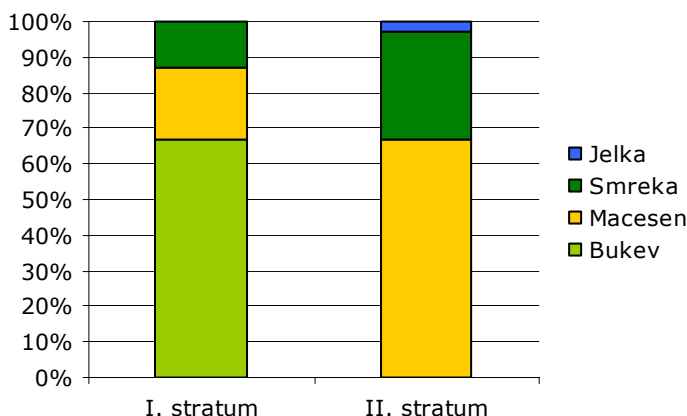
Ugotavljali smo povprečni debelinski in povprečni volumenski prirastek za obdobje od 1991 do 2004.

Iz preglednice 12 je razvidno, da neodvisno od nadmorske višine največje debelinske prirastke dosega smreka. Bukvi se prirastek z večanjem nadmorske višine manjša, macesnov debelinski prirastek se med obema stratumoma ne razlikuje in ob tem je povprečno za polovico manjši od smrekovega.

Preglednica 12: Debelinski prirastki drevesnih vrst po ploskvah

Ploskev	I. stratum			II. stratum			
	14	15	16	17	18	19	20
BUKEV	1,5	1,4	1,0	/	/	/	/
SMREKA	2,8	1,9	1,7	2,0	2,4	4,8	2,2
MACESEN	1,1	2,3	1,3	0,7	1,0	1,3	1,3
JELKA	/	/	0,4	/	6,0	/	/

V prvem stratumu po deležu debelinskega prirastka prevladuje bukev, saj zavzema kar 2/3 celotnega prirastka. Tudi v drugem stratumu ima enak večinski delež (2/3) ena drevesna vrsta in to je macesen (Slika 18).



Slika 18: Delež debelinskega prirastka drevesnih vrst po stratumih

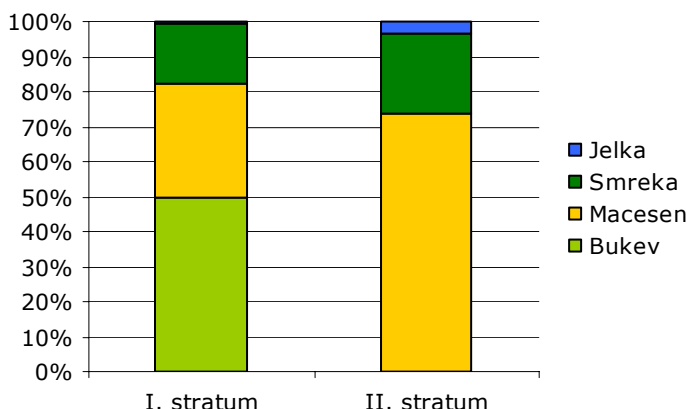
Pri analizi volumenskih prirastkov posameznih drevesnih vrst smo prišli do podobnih zaključkov kot pri analizi debelinskih, le da pri bukvi nismo ugotovili zmanjševanja volumenskega prirastka z naraščajočo nadmorsko višino (Preglednica 13).

Na relativno veliko rastnost sestojev kažejo vrednosti povprečnih volumenskih prirastkov za preteklo obdobje, ki so izredno visoke glede na nadmorsko višino posameznih ploskev. Trend zmanjševanja je opazen šele na višini 1650 m in v sestoji na sami zgornji gozdni meji (n.m.v. 1810 m) smo ugotovili še vedno visok povprečen volumenski prirastek - 3,2 m³/ha/leto.

Preglednica 13: Volumenski prirastki drevesnih vrst in povprečni volumenski prirastek po ploskvah

		I. stratum			II. stratum			
Ploskev		14	15	16	17	18	19	20
iv (m ³ /leto)	BUKEV	0,01	0,01	0,01	/	/	/	/
	SMREKA	0,04	0,03	0,01	0,02	0,00	0,03	0,01
	MACESEN	0,02	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
	JELKA	/	/	0,01	/	0,05	/	/
Pov. iv (m ³ /ha/leto)		7,5	12,1	8,7	7,5	5,1	4,7	3,2

Tudi v deležu volumenskega prirastka izstopa v prvem stratumu bukev, vendar se ji delež zmanjša na polovico. Poveča se predvsem delež macesna in nekaj manj delež smreke. V stratumu nadomestnih gozdov pa macesen poveča svoj delež na 3/4 (Slika 19).



Slika 19: Delež volumenskega prirastka drevesnih vrst po stratumih

4.1.8 Koeficient gostote sestoja

Za prikaz gostote sestojev smo uporabili koeficient gostote I_k . Kadar je $I_k < 1$, ima drevo na razpolago večjo rastno površino v m^2 , kot je višina strehe sestoja v m, pri $I_k > 1$ pa velja ravno nasprotno (Kotar, 2005).

Preglednica 14: Vrednosti I_k koeficientov po ploskvah

Višinski stratum	1300-1600m				1650-1810m		
	14	15	16	17	18	19	20
Ploskev							
I_k	0,94	1,10	1,11	1,12	0,90	0,84	0,70

Pri analizi smo ugotovili, da so vrednosti koeficientov v prvem višinskem stratumu večje od 1, v drugem pa manjše od 1, kar pomeni, da imajo drevesa v drugem stratumu na razpolago večjo rastno površino. Izjema je le najnižje ležeča ploskev (14), na območju katere je v preteklem obdobju veter podrl precej dreves, ki so tvorila streho sestoja. Najvišje vrednosti smo ugotovili na ploskvi (17), kjer v lesni zalogi prevladuje smreka. To sovпада z rezultati drugih raziskav, pri katerih so bile visoke vrednosti ugotovljene v višjih nadmorskih višinah in v smrekovih sestojih na Pokljuki in Jelovici, I_k med 0,85-1,38 (Kotar, 1994). Vrednosti v drugem stratumu, kjer prevladujejo čisti macesnovi sestoji, pa nakazujejo potrebo posameznih dreves (macesnov) po večji rastni površini (Preglednica 14).

4.1.9 Zgradba sestojev glede na prsni premer in drevesno višino

Zanimalo nas je, ali proučevani sestoji v svojem razvoju težijo k enomernosti glede na prsni premer in drevesno višino.

Ugotovili smo, da v nobenem od sestojev ne moremo govoriti o enomerni zgradbi glede na prsni premer. Nekoliko bolj je izražena težnja k enomernosti na višje ležečih ploskvah s čistimi macesnovimi sestoji (Preglednica 15).

Preglednica 15: Srednji prsni premer, standardni odklon in koeficient variacije po ploskvah

Ploskev	I. stratum			II. stratum			
	14	15	16	17	18	19	20
DBH_{sr} (cm)	37,4	38,1	39,7	44,8	38,8	40,6	40,9
σ (cm)	14,4	14,0	13,0	11,4	9,3	9,3	8,4
KV (%)	38,4	36,7	32,6	25,4	24,0	23,0	20,4

Nižje vrednosti koeficienta smo dobili pri analizi zgradbe glede na drevesno višino, saj smo za prvi stratum ugotovili vrednosti pod 20 % in za stratum nadomestnih gozdov vrednosti blizu 10 %. Na ploskvah, kjer prevladuje macesen, smo ugotovili jasno izraženo težnjo sestojev k enomernosti (Preglednica 16).

Preglednica 16: Srednja drevesna višina, standardni odklon in koeficient variacije po ploskvah

Ploskev	I. stratum			II. stratum			
	14	15	16	17	18	19	20
H_{sr} (m)	27,9	26,0	26,5	27,1	21,0	20,1	17,9
σ (m)	5,4	5,1	5,0	2,7	2,1	2,3	1,8
KV (%)	19,5	19,6	19,0	10,0	10,0	11,4	9,9

4.2 ANALIZA PROSTORSKE RAZMESTITVE DREVES

Opis vzorca prostorske razmestitve osebkov v določeni rastlinski združbi je nujen korak k razumevanju njenega razvoja. Za zaznavanje in analiziranje vzorcev so nam na razpolago številna orodja. Kot odlični orodji se izkažeta človeško oko in možgani, a vendar imata eno pomanjkljivost, rezultati so zmeraj subjektivni. Zato so, če želimo dobiti jasne in objektivne kazalce o prostorski razmestitvi osebkov, nujno potrebne statistične metode (Ripley, 1981). Le kombinacija omenjenih orodij nam lahko da zadostne odgovore na vprašanja o razporeditvi in medsebojnih odnosih med osebki. Poznamo različne metode ugotavljanja vzorca razmestitve dreves. V splošnem jih lahko razdelimo na metode ugotavljanja načina razmestitve z vzorčnimi enotami in metode ugotavljanja načina razmestitve na osnovi razdalj (Kotar, 2005). V tej raziskavi smo za ugotavljanje vzorca uporabili metodo na osnovi razdalj. Z njo smo opisali razmestitev vseh osebkov na ploskvi, razmestitev posameznih drevesnih vrst in preverili, če so osebki dveh različnih drevesnih vrst med seboj prostorsko neodvisni. Pri opisu vzorca smo uporabili tri tipe razmestitve dreves:

1. naključna razmestitev,
2. šopasta razmestitev in
3. sistematična (pravilna) razmestitev.

4.2.1 Analiza vzorca točkovne razmestitve ene spremenljivke

4.2.1.1 Razmestitev dreves

Analiza razmestitve živih dreves po ploskvah je pokazala, da se pojavlja v prvem stratumu (visokogorski bukovi gozdovi z macesnom) na ploskvah z višjo nadmorsko višino statistično značilna šopasta razmestitev. Na ploskvi 15 se šopi pojavljajo na krajši razdalji (0,5–1,5 m), na ploskvi 16 pa že na daljših razdaljah (0,5–4,5 m). Na ploskvi 16 smo pri analizi ugotovili tudi sistematično razmestitev in sicer na razdalji 8–8,5 m. V drugem stratumu (nadomestni gozdovi macesna in smreke) pa je analiza pokazala, da tukaj prevladuje naključna razmestitev dreves, saj smo značilno šopasto razmestitev ugotovili samo na dveh ploskvah. Na ploskvi 18 na razdalji 1,5–2 m in na ploskvi 20 na razdalji 10–11 m (Preglednica 17).

Preglednica 17: Vzorci prostorske razmestitve živih dreves ($H > 0,5$ m) po ploskvah

		I. stratum			II. stratum			
Ploskev		14	15	16	17	18	19	20
n		32	54	64	35	43	34	30
t (m)	0,5	•	+	+	•	•	•	•
	1	•	+	+	•	•	•	•
	1,5	•	+	+	•	+	•	•
	2	•	•	+	•	+	•	•
	2,5	•	•	+	•	•	•	•
	3	•	•	+	•	•	•	•
	3,5	•	•	+	•	•	•	•
	4	•	•	+	•	•	•	•
	4,5	•	•	+	•	•	•	•
	5	•	•	•	•	•	•	•
	5,5	•	•	•	•	•	•	•
	6	•	•	•	•	•	•	•
	6,5	•	•	•	•	•	•	•
	7	•	•	•	•	•	•	+*
	7,5	•	•	•	•	•	•	+*
	8	•	•	□	•	•	•	+*
	8,5	•	•	□	•	•	•	+*
	9	•	•	•	•	•	•	•
	9,5	•	•	•	•	•	•	•
	10	•	•	•	•	•	•	+
	10,5	•	•	•	•	•	•	+
	11	•	•	•	•	•	•	+
	11,5	•	•	•	•	•	•	•
	12	•	•	•	•	•	•	•
	12,5	•	•	•	•	•	•	•

Znak (+) pomeni značilno ($P < 0,01$) šopasto razmestitev na razdalji t, znak (•) naključno in znak (□) sistematično razmestitev ugotovljeno na osnovi porazdelitve vrednosti funkcije $L(t)$; n je število dreves upoštevanih pri analizi; (*) $P < 0,05$.

Da bi dobili odgovore na vprašanja o spremembah v razmestitvi dreves skozi čas, smo v analizo vključili vse osebke na ploskvah. Predpostavili smo, da so danes živa drevesa in večina odmrlih dreves (stoječih in ležečih) v določenem trenutku rastla skupaj na ploskvi. V prid predpostavki govori dejstvo, da so razlike v dimenzijah med živimi in odmrli drevesi minimalne in da so debla odmrlih še zelo dobro ohranjena. Za ploskve prvega stratuma (14,15,16) analiza ni pokazala nobenih večjih sprememb v razmestitvi osebkov. Na ploskvi 14 so bili osebki tudi v preteklosti razporejeni naključno na celotnem intervalu razdalj. Na ploskvi 15 so imeli značilno šopasto razmestitev, in sicer na enaki razdalji kot jo imajo danes živa drevesa. Na razdalji 2,5–3,5 m pa so imeli izraženo sistematično razmestitev, ki v današnji razporeditvi osebkov ni več opazna. Ploskev 16 je imela v preteklosti izraženo šopasto razmestitev na podobni razdalji kot jo ima še danes (0,5–5 m). V drugem stratumu so pri

razporeditvi osebkov po ploskvah še manjše razlike. Na ploskvi 17 in 19 so bili osebki tudi v preteklosti razmeščeni naključno. Na ploskvi 18 je bila izražena značilna šopasta (0,5–2,5 m) in sistematična razmestitev (10,5–11,5 m). V preteklosti je bila na ploskvi 20 na celotnem intervalu razdalj izražena naključna razmestitev (Preglednica 18). Omeniti moramo, da nam je analiza pokazala šopasto razmestitev z nižjo stopnjo značilnosti v drugem stratumu še trikrat: na ploskvi 19 pri analizi živih dreves na razdalji 1 m ($P < 0,1$), na ploskvi 20 pri živih drevesih na razdalji 7–8,5 m ($P < 0,05$) in pri analizi razmestitve vseh dreves na razdalji 1–1,5 m ($P < 0,05$).

Preglednica 18: Vzorci prostorske razmestitve živih ($H > 0,5$ m) in odmrlih (stoječih in ležečih) dreves

		I. stratum			II. stratum			
Ploskev		14	15	16	17	18	19	20
n		58	92	96	72	66	52	40
t (m)	0,5	•	+	+	•	+	•	•
	1	•	+	+	•	+	•	+*
	1,5	•	+	+	•	+	•	+*
	2	•	•	+	•	+	•	•
	2,5	•	□	+	•	+	•	•
	3	•	□	+	•	•	•	•
	3,5	•	□	+	•	•	•	•
	4	•	•	+	•	•	•	•
	4,5	•	•	+	•	•	•	•
	5	•	•	+	•	•	•	•
	5,5	•	•	•	•	•	•	•
	6	•	•	•	•	•	•	•
	6,5	•	•	•	•	•	•	•
	7	•	•	•	•	•	•	•
	7,5	•	•	•	•	•	•	•
	8	•	•	•	•	•	•	•
	8,5	•	•	•	•	•	•	•
	9	•	•	•	•	•	•	•
	9,5	•	•	•	•	•	•	•
	10	•	•	•	•	•	•	•
	10,5	•	•	•	•	□	•	•
	11	•	•	•	•	□	•	•
	11,5	•	•	•	•	□	•	•
	12	•	•	•	•	•	•	•
	12,5	•	•	•	•	•	•	•

Znak (+) pomeni značilno ($P < 0,01$) šopasto razmestitev na razdalji t, znak (•) naključno in znak (□) sistematično razmestitev ugotovljeno na osnovi porazdelitve vrednosti funkcije $L(t)$; n je število dreves upoštevanih pri analizi; (*) $P < 0,05$.

Rezultati analize razmestitve živih in vseh osebkov ter ogledi sestojev v nadomestnih gozdovih macesna in smreke so pokazali, da so šopi v teh sestojih manjših dimenzij in

da so ponavadi sestavljeni samo iz 2-3 osebkov. Dodatno se je pokazalo, da je v takem šopu en osebek izrazito dominanten, drugi pa mu pri razvoju ne sledijo – stagnirajo. Zato nas je pri naslednji analizi zanimalo, kakšna bi bila razmestitev dreves na ploskvah, če bi ostali samo dominantni oz. vitalni osebki. Določili smo jih s pomočjo debelinskega prirastka ($i_d > 0,07$ cm/leto) in ocene vitalnosti (VITAL=1 ali 2). Predpostavili smo, da bi drevesa z manjšimi prirastki in slabšo vitalnostjo v nadaljnjem razvoju sestojev najverjetneje propadla. To so predvsem podrasli macesni s slabo razvitimi, utesnjenimi krošnjami, ki so premalo osvetljene. Ugotovili smo, da bi bila na vseh ploskvah drugega stratuma razmestitev dreves na celotnem intervalu razdalj naključna (Preglednica 19).

Preglednica 19: Vzorci prostorske razmestitve vitalnih ($i_d > 0,07$ cm/leto) dreves po ploskvah v II. stratumu

		II. stratum			
Ploskev		17	18	19	20
n		21	22	20	23
t (m)	0,5	•	•	•	•
	1	•	•	•	•
	1,5	•	•	•	•
	2	•	•	•	•
	2,5	•	•	•	•
	3	•	•	•	•
	3,5	•	•	•	•
	4	•	•	•	•
	4,5	•	•	•	•
	5	•	•	•	•
	5,5	•	•	•	•
	6	•	•	•	•
	6,5	•	•	•	•
	7	•	•	•	•
	7,5	•	•	•	•
	8	•	•	•	•
	8,5	•	•	•	•
	9	•	•	•	•
	9,5	•	•	•	•
	10	•	•	•	•
	10,5	•	•	•	•
	11	•	•	•	•
	11,5	•	•	•	•
	12	•	•	•	•
	12,5	•	•	•	•

Znak (+) pomeni značilno ($P < 0,01$) šopasto razmestitev na razdalji t, znak (•) naključno in znak (□) sistematično razmestitev ugotovljeno na osnovi porazdelitve vrednosti funkcije $L(t)$; n je število dreves upoštevanih pri analizi.

4.2.1.2 Razmestitev posameznih drevesnih vrst

V analizo vzorca razmestitve živih osebkov posameznih drevesnih vrst (Preglednica 20) smo vključili tri glavne graditeljice sestojev v gozdnem rezervatu Polšak: bukev, macesen in smreko. Na vsaki ploskvi smo analizirali razmestitev drevesnih vrst, ki so bile zastopane v dovolj velikem številu ($n \geq 15$).

V prvem stratumu smo lahko analizirali samo razmestitev bukev, za katere je na ploskvi 14 na dveh razdaljah (4,5-5 m, 6-6,5 m) značilna sistematična razmestitev. Na ploskvah z višjo nadmorsko višino (1400-1500 m) pa se že pojavlja značilna šopasta razmestitev bukovih osebkov. Za ploskev 15 je značilna na razdalji 0,5-1,5 m in za ploskev 16 že na celotnem intervalu razdalj, razen na razdalji 8,5 m, kjer je značilna naključna razmestitev.

Za primerjavo smo analizirali razmestitev bukovih osebkov na dveh ploskvah (9 in 11), ki ležita izven rezervata Polšak na zahodnem delu Dleskovške planote nad dolino Lučke Bele na nadmorski višini 1500 m in 1580 m. Podatki o koordinatah bukovih osebkov so iz leta 1991, ko sta bili obe ploskvi umeščeni v stratum »visokogorski bukovi gozdovi z macesnom na skrajnostnih rastiščih« (Diaci, 1992). Zanimalo nas je, kakšna je razmestitev osebkov v bukovih gozdovih, ki so danes na celotnem območju planote najvišje ležeči sestoji z bukvijo in za katere se predvideva, da so najbolj ohranjeni oz. da so bili v svojem preteklem razvoju v manjši meri antropozoogeno vplivani (Diaci, 1998). Ugotovili smo, da je na obeh ploskvah prisotna značilna šopasta razmestitev osebkov, in sicer na ploskvi 9 na razdaljah 0,5-2 m, 4,5 m in 9-12,5 m ($P < 0,05$), na ploskvi 11 pa na razdaljah 0,5-4 m, 5-5,5 m in 7 m ($P < 0,05$). Primerjava obeh ploskev (9 in 11) s ploskvijo 16 iz rezervata Polšak (ploskve z nadmorsko višino 1500-1580 m) nam je pokazala, da ima bukev v rezervatu bolj izrazito šopasto razmestitev osebkov kot bukev nad Lučko Belo na enaki nadmorski višini.

V stratumu nadomestnih gozdov smo na vseh ploskvah analizirali razmestitev macesnovih osebkov, na ploskvi 17 pa smo opravili tudi analizo smrekovih (Preglednica 20). Rezultati so pokazali, da imata obe vrsti neodvisno od nadmorske višine, prevladujoč naključen vzorec razmestitve na celotnem intervalu proučevanih razdalj. Značilno šopasto razmestitev smo odkrili samo za macesen na ploskvi 18 (1-1,5 m) in na ploskvi 19 (1-1,5 m; $P < 0,1$).

Preglednica 20: Vzorci prostorske razmestitve osebkov posameznih drevesnih vrst po ploskvah

		I. stratum			II. stratum							
Ploskev		14	15	16	17	18	19	20	9	11		
DV		BU	BU	BU	SM	MAC	MAC	MAC	BU	BU		
n		27	43	37	15	20	39	33	25	57	53	
t (m)	0,5	•	+	+	•	•	•	•	•	+	+	
	1	•	+	+	•	•	+	•	•	+	+	
	1,5	•	+	+	•	•	+	•	•	+	+	
	2	•	•	+	•	•	•	•	•	+	+	
	2,5	•	•	+	•	•	•	•	•	•	+	
	3	•	•	+	•	•	•	•	•	•	+	
	3,5	•	•	+	•	•	•	•	•	•	+	
	4	•	•	+	•	•	•	•	•	•	+	
	4,5	□	•	+	•	•	•	•	•	+	•	
	5	□	•	+	•	•	•	•	•	•	+	*
	5,5	•	•	+	•	•	•	•	•	•	+	*
	6	□	•	+	•	•	•	•	•	•	•	•
	6,5	□	•	+	•	•	•	•	•	•	•	•
	7	•	•	+	•	•	•	•	•	•	+	*
	7,5	•	•	+	•	•	•	•	•	•	•	•
	8	•	•	+	•	•	•	•	•	•	•	•
	8,5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	9	•	•	+	•	•	•	•	•	+	*	•
	9,5	•	•	+	•	•	•	•	•	+	*	•
	10	•	•	+	•	•	•	•	•	+	*	•
	10,5	•	•	+	•	•	•	•	•	+	*	•
	11	•	•	+	•	•	•	•	•	+	*	•
	11,5	•	•	+	•	•	•	•	•	+	*	•
	12	•	•	+	•	•	•	•	•	+	*	•
	12,5	•	•	+	•	•	•	•	•	+	*	•

Znak (+) pomeni značilno ($P < 0,01$) šopasto razmestitev na razdalji t, znak (•) naključno in znak (□) sistematično razmestitev ugotovljeno na osnovi porazdelitve vrednosti funkcije $L(t)$; n je število dreves upoštevanih pri analizi; (*) $P < 0,05$.

4.2.2 Analiza vzorca točkovne razmestitve dveh spremenljivk

4.2.2.1 Prostorska povezanost drevesnih vrst

Pri analizi povezanosti nas je v prvem stratumu zanimal odnos med bukvijo in macesnom (ploskve 14-16), v drugem pa odnos med macesnom in smreko (ploskve 17-20). Za bukev in macesen smo ugotovili, da sta v večini primerov razporejena po ploskvah neodvisno drug od drugega. Le na ploskvi 16 je na razdalji 1 m in 12-12,5 m izražena značilna pozitivna povezanost.

Pri preverjanju povezanosti med macesnom in smreko pa smo odkrili nekoliko bolj pogosto privlačnost obeh vrst, in sicer na ploskvi 17 in 20. Na ploskvi 17 smo pri analizi povezanosti živih dreves ugotovili privlačnost na razdalji 8 m. Iz trenutnega stanja in razvoja sestoja na ploskvi je razvidno, da je macesen v preteklosti zavzemal večji delež kot danes (o tem priča veliko število mrtvih stoječih osebkov) in da se počasi umika smreki. Zato nas je zanimalo, kakšna je bila povezanost med vrstama v preteklosti. Pri analizi vseh osebkov macesna in smreke smo ugotovili značilno privlačnost na razdalji 9,5-12 m. Značilno privlačnost na razdaljah 8-9 m in 10,5-12,5 m pa je analiza pokazala za ploskev 20 (Preglednica 21).

Preglednica 21: Vzorci prostorske povezanosti drevesnih vrst po ploskvah

I. stratum					II. stratum			
Ploskev		14	15	16	17	18	20	
DV ₁ /DV ₂		LIST/IGL	BU/MAC	BU/MAC	MAC/SM	^{Vsi} MAC/SM	MAC/SM	MAC/SM
n ₁ /n ₂		27/5	43/9	37/18	20/15	42/30	39/3	25/5
t (m)	0,5	•	•	•	•	•	•	•
	1	•	•	+**	•	•	•	•
	1,5	•	•	•	•	•	•	•
	2	•	•	•	•	•	•	•
	2,5	•	•	•	•	•	•	•
	3	•	•	•	•	•	•	•
	3,5	•	•	•	•	•	•	•
	4	•	•	•	•	•	•	•
	4,5	•	•	•	•	•	•	•
	5	•	•	•	•	•	•	•
	5,5	•	•	•	•	•	•	•
	6	•	•	•	•	•	•	•
	6,5	•	•	•	•	•	•	•
	7	•	•	•	•	•	•	•
	7,5	•	•	•	•	•	•	•
	8	•	•	•	+*	•	•	+**
	8,5	•	•	•	•	•	•	+**
	9	•	•	•	•	•	•	+**
	9,5	•	•	•	•	+	•	•
	10	•	•	•	•	+	•	•
	10,5	•	•	•	•	+	•	+
	11	•	•	•	•	+	•	+
	11,5	•	•	•	•	+	•	+
	12	•	•	+	•	+	•	+
	12,5	•	•	+	•	•	•	+

Znak (+) pomeni značilno ($P < 0,01$) pozitivno prostorsko povezanost dveh vrst na razdalji t , znak (•) prostorsko neodvisnost in znak (-) negativno povezanost, ugotovljeno na osnovi porazdelitve vrednosti funkcije $L_{12}(t)$; n_1 in n_2 je število dreves posamezne vrste, upoštevanih pri analizi; (*) $P < 0,05$; (**) $P < 0,02$.

4.3 ANALIZA VELIKOSTI KROŠENJ IN DEBELINSKIH PRIRASTKOV

Pri proučevanju so nas zanimala predvsem razlike med velikostjo krošenj in velikostjo prirastkov za posamezne drevesne vrste, primerjava med vrstami in razlike med obema stratumoma. Na podlagi ugotovljenih razlik smo želeli spoznati, kako se spreminjajo značilnosti posameznih drevesnih vrst ob gradientu nadmorskih višin in kakšne so razlike med njimi v rasti. Pri izbiri kazalca priraščanja posameznih dreves smo se odločili za povprečni debelinski prirastek preteklega obdobja, ki je nedvomno odvisen od velikosti krošnje in za katerega smo ob ponovitvi snemanja na ploskvah ugotovili, da je obremenjen z najmanjšo napako pri meritvah.

Z izračunom korelacijskih koeficientov med volumnom in površino krošnje ter debelinskim prirastkom smo za tri glavne drevesne vrste ugotovili tesnejšo odvisnost med prirastkom in površino (macesen, $r=0,60$; bukev, $r=0,34$; smreka, $r=0,23$). Nižje vrednosti koeficienta so pri bukvi najverjetneje posledica oblike in velike plastičnosti krošnje, pri smreki pa je bilo upoštevanih tudi nekaj mlajših dreves z velikimi prirastki in majhnimi krošnjami. Do podobnih spoznanj so prišli tudi drugi avtorji (Diaci, 1992). Tako smo pri ugotavljanju razlik v velikosti debelinskega prirastka v povezavi z velikostjo krošnje uporabili površino krošnje.

4.3.1 Velikost krošnje in debelinskih prirastkov pri macesnu

Ugotavljali smo, kakšne so razlike med prirastki in velikostjo krošenj macesnov v prvem in drugem stratumu. Pri preverjanju razlik v debelinskem prirastku vseh osebkov med obema stratumoma smo odkrili, da so razlike značilne (Preglednica 22).

Preglednica 22: Analiza razlik debelinskih prirastkov med stratumoma za macesen

	I. stratum	II. stratum
Povp. i_d (cm/leto)	0,16	0,11
t		2,89
df		144
P		0,004

Povp. i_d ...povprečni debelinski prirastek za obdobje 1991-2004
t ...izračunana vrednost t
df ...stopinje prostosti
P ...statistična značilnost

V drugem stratumu smo ugotovili značilno manjše prirastke, zato nas je zanimalo, kakšne so razlike v velikosti krošenj med stratumoma (Preglednica 23).

Preglednica 23: Analiza razlik v površini krošenj med stratumoma za macesen

	I. stratum	II. stratum
Povp. P_k (m ²)	130,69	62,64
t	4,03	
df	35	
P	0,000	

Povp. P_k ...povprečna površina krošenj
t ...izračunana vrednost t
df ...stopinje prostosti
P ...statistična značilnost

Ugotovili smo, da so tudi površine krošenj v drugem stratumu značilno manjše kot v prvem. Razlike v zgradbi sestojev med obema stratumoma so precejšnje, saj v prvem stratumu najdemo macesen izključno v strehi sestoja z dobro razvitimi krošnjami, medtem ko se v drugem stratumu pojavlja večje število v socialnem boju premaganih osebkov, ki stagnirajo. Zato nas je zanimalo, kakšne so razlike v prirastku in površini krošenj med stratumoma, če v obeh stratumih upoštevamo samo normalno razvite vitalne osebke. Določili smo jih na podlagi debelinskega prirastka in ocene vitalnosti ($i_d > 0,07$ cm/leto in VITAL=1 ali 2). Tako smo med seboj lahko primerjali dva bolj homogena vzorca macesnovih osebkov in preverili vpliv zaostrenih ekoloških razmer na rast macesna. Testa sta pokazala, da razlike v debelinskih prirastkih niso statistično značilne, kljub temu, da so površine macesnovih krošenj v drugem stratumu značilno manjše (Preglednica 24, Preglednica 25).

Preglednica 24: Analiza razlik debelinskih prirastkov med stratumoma za vitalne macesne

	I. stratum	II. stratum
Povp. i_d (cm/leto)	0,19	0,16
t	1,18	
df	31	
P	0,246	

Preglednica 25: Analiza razlik v površini krošenj med stratumoma za vitalne macesne

	I. stratum	II. stratum
Povp. P_k (m ²)	139,18	90,54
t	3,12	
df	91	
P	0,002	

V stratumu nadomestnih gozdov se je kot posebej zanimiva pokazala ploskev 17, kjer poteka izrazit socialni boj med macesnom in smreko. Slednja v strehi sestoja uspešno

konkurira macesnu in je tam že prevzela primat dominantne vrste. Zato nas je zanimalo, kakšni so prirastki in površine krošenj macesnov na tej ploskvi v primerjavi z drugimi ploskvami tega stratuma (ploskve 18, 19 in 20). Primerjava je pokazala, da so prirastki macesnov na ploskvi 17 značilno manjši, medtem ko v površini krošenj ni statistično značilnih razlik (Preglednica 26, Preglednica 27).

Preglednica 26: Analiza razlik debelinskih prirastkov med ploskvjo 17 in ploskvami 18, 19, 20 za macesen

	Ploskev 17	Ploskve 18,19 in 20
Povp. i_d (cm/leto)	0,07	0,12
t		3,63
df		50
P		0,001

Preglednica 27: Analiza razlik v površini krošenj med ploskvjo 17 in ploskvami 18, 19, 20 za macesen

	Ploskev 17	Ploskve 18,19 in 20
Povp. P_k (m²)	72,59	60,59
t		0,82
df		115
P		0,413

4.3.2 Velikost krošnje in debelinskih prirastkov pri bukvi

Pri bukvi so nas zanimala razlike med ploskvama 14 in 15, ki ležita na nadmorski višini 1300 m in 1400 m, ter ploskvjo 16, ki leži na nadmorski višini 1500 m. Pri analizi zgradbe in vzorca razmestitve bukovih osebkov smo med nižje ležečima in višje ležečo ploskvijo ugotovili nekatere razlike. Na ploskvi 16 se je delež bukve v strehi sestoja močno zmanjšal in razmestitev bukovih osebkov je bila izrazito šopasta, zato nas je zanimalo, ali so te razlike že posledica za bukev neugodnih ekoloških razmer ali samo posledica nastanka in preteklega razvoja (antropozoogenih vplivov) teh sestojev. Pri analizi nismo odkrili značilnih razlik v prirastkih in površini krošenj med ploskvami (Preglednica 28, Preglednica 29).

Preglednica 28: Analiza razlik debelinskih prirastkov med ploskvama 14 in 15 ter ploskvijo 16 za bukev

	Ploskvi 14 in 15	Ploskev 16
Povp. i_d (cm/leto)	0,14	0,10
t		1,53
df		99
P		0,129

Preglednica 29: Analiza razlik v površini krošenj med ploskvama 14 in 15 ter ploskvijo 16 za bukev

	Ploskvi 14 in 15	Ploskev 16
Povp. P_k (m ²)	91,28	86,23
t	0,36	
df	105	
P	0,722	

4.3.3 Velikost krošnje in debelinskih prirastkov pri smreki

Zaradi majhnega števila osebkov smreke smo naredili samo primerjavo med prvim in drugim stratumom, ker nas je zanimalo, kako se zaostrene ekološke razmere odražajo na rasti smreke. Tudi tukaj smo proučili razlike med debelinskimi prirastki in površino krošenj, pri čemer nismo odkrili značilnih razlik med obema stratumoma (Preglednica 30, Preglednica 31).

Preglednica 30: Analiza razlik debelinskih prirastkov med I. in II. stratumom za smreko

	I. stratum	II. stratum
Povp. i_d (cm/leto)	0,20	0,22
t	0,64	
df	35	
P	0,525	

Preglednica 31: Analiza razlik v površini krošenj med I. in II. stratumom za smreko

	I. stratum	II. stratum
Povp. P_k (m ²)	134,97	116,12
t	0,56	
df	35	
P	0,580	

4.3.4 Primerjava med drevesnimi vrstami

Za prepoznavanje razvojnih procesov v sestojih je zelo pomembno poznavanje lastnosti posameznih drevesnih vrst in njihovih konkurenčnih sposobnosti v danih razmerah. Zato smo naredili primerjavo debelinskih prirastkov in površine krošnje med smreko in macesnom v drugem stratumu ter primerjavo treh glavnih drevesnih vrst v prvem stratumu.

V analizo razlik med smreko in macesnom v drugem stratumu smo vključili vse osebkke smreke in samo vitalne osebkke macesna ($i_d > 0,07$ cm/leto in VITAL=1 ali 2), saj bi veliko število izločenih macesnov močno popačilo rezultate primerjave. Tako smo med seboj lahko primerjali rast obeh drevesnih vrst s pomočjo dveh reprezentativnih vzorcev. Ugotovili smo, da ima smreka v danih ekoloških razmerah ob približno enaki površini krošenj značilno večji debelinski prirastek kot macesen, saj nismo odkrili značilnih razlik v površini krošenj med vrstama (Preglednica 32, Preglednica 33).

Preglednica 32: Primerjava debelinskih prirastkov smreke in vitalnih macesnov v II. stratumu

	SMREKA (II. stratum)	MACESEN (II. stratum)
Povp. i_d (cm/leto)	0,22	0,16
t	2,56	
df	30	
P	0,016	

Preglednica 33: Primerjava površine krošenj smreke in vitalnih macesnov v II. stratumu

	SMREKA (II. stratum)	MACESEN (II. stratum)
Povp. P_k (m²)	116,12	90,54
t	1,22	
df	30	
P	0,230	

Dodatno smo primerjali tudi debelinske prirastke obeh vrst na ploskvi 17, kjer prihaja do izrazitega uveljavljanja smreke na račun macesna. Analiza je pokazala, da so debelinski prirastki smreke značilno večji kot prirastki macesna (Preglednica 34).

Preglednica 34: Primerjava debelinskih prirastkov smreke in macesna na ploskvi 17

	SMREKA (Ploskev 17)	MACESEN (Ploskev 17)
Povp. i_d (cm/leto)	0,20	0,07
t	4,44	
df	18	
P	0,000	

Za ugotavljanje razlik v debelinskih prirastkih in površini krošenj med tremi glavnimi drevesnimi vrstami (bukev, smreka in macesen) v stratumu visokogorskih bukovih gozdov z macesnom smo uporabili metodo analize variance.

V debelinskih prirastkih bukve, smreke in macesna kljub dejstvu, da se vrste v velikosti krošnje med seboj značilno razlikujejo, nismo ugotovili značilnih razlik. Smreka in macesen imata približno enake površine krošenj, medtem ko so površine bukovih krošenj manjše (Preglednica 35, Preglednica 36).

Preglednica 35: Primerjava debelinskih prirastkov bukve, smreke in macesna v I. stratumu

	BUKEV	SMREKA	MACESEN
Povp. i_d (cm/leto)	0,13	0,20	0,16
F		1,37	
df		148	
P		0,258	

F ...izračunana vrednost F

Preglednica 36: Primerjava površine krošenj bukve, smreke in macesna v I. stratumu

	BUKEV	SMREKA	MACESEN
Povp. P_k (m²)	89,53	134,97	130,69
F		4,71	
df		148	
P		0,010	

4.4 ANALIZA SVETLOBNIH RAZMER

Zanimale so nas predvsem razlike v deležu sevanja med obema stratumoma, razlike v nadomestnih gozdovih med macesnovimi sestoji in sestoji z večjim deležem smreke ter razlike med točkami, kjer še raste rušje, in točkami, na katerih ni rušja (upoštevali smo samo točke iz II. stratuma, saj se rušje v I. stratumu ne pojavlja).

Primerjava svetlobnih razmer v visokogorskih bukovih gozdovih in nadomestnih gozdovih je pokazala, da so razlike v deležu direktnega in difuznega sevanja med obema značilne. V nadomestnih gozdovih smo ugotovili vrednosti obeh komponent sevanja, ki so približno 4 do 5-krat večje kot v visokogorskih bukovih gozdovih (Preglednica 37).

Preglednica 37: Primerjava svetlobnih razmer v I. in II. stratumu

	DSF (%)	ISF (%)
Sred. vrednost I. stratum	4,92	4,48
Sred. vrednost II. stratum	17,53	19,62
t	5,07	6,26
df	28	25
P	0,000	0,000

DSF ...delež direktnega sevanja
ISF ...delež difuznega sevanja
t ...izračunana vrednost t
df ...stopinje prostosti
P ...statistična značilnost

Za vpogled v svetlobne razmere sestojev, kjer smo ugotovili razlike v rasti in vitalnosti macesnov, smo opravili primerjavo med sestoji, na katerih prevladuje smreka (ploskev 17), in sestoji z večjim deležem macesna (ploskve 18, 19 in 20). Ugotovili smo, da je delež direktnega in difuznega sevanja v sestojih s smreko približno za 10 % manjši kot v sestojih z macesnom. Kot statistično značilne so se pokazale samo razlike med deleži difuznega sevanja (Preglednica 38).

Preglednica 38: Primerjava svetlobnih razmer na ploskvi 17 in ploskvami 18, 19 in 20

	DSF (%)	ISF (%)
Sred. vrednost Ploskev 17	10,49	10,75
Sred. vrednost Ploskve 18,19,20	19,88	22,58
t	2,09	2,63
df	18	18
P	0,051	0,017

Pri ogledih na terenu smo ugotovili, da se rušje kot svetloljubna vrsta umika s površin pod sklenjenimi sestoji. Zato nas je zanimalo, kakšne so vrednosti obeh komponent sevanja na mestih z rušjem in na mestih brez rušja v sestojih. Za točke, na katerih smo snemali svetlobne razmere, smo obenem ocenjevali prisotnost rušja v grmovni plasti (0 – brez rušja, 1 – rušje). Primerjava svetlobnih razmer med točkami z oceno pokrovnosti 0 in 1 je pokazala, da je delež direktnega in difuznega sevanja na točkah z rušjem v povprečju večji, vendar smo značilne razlike odkrili samo za delež difuznega sevanja (Preglednica 39).

Preglednica 39: Primerjava svetlobnih razmer med točkami z oceno pokrovnosti 0 in 1

	DSF (%)	ISF (%)
Sred. vrednost Ocena 0	16,30	17,64
Sred. vrednost Ocena 1	24,50	30,86
t	1,42	2,36
df	18	18
P	0,172	0,030

Ocena 0 ...brez rušja

Ocena 1 ...rušje

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

5.1.1 Razvoj visokogorskih bukovih gozdov z macesnom

V gozdnem rezervatu Polšak poteka meja med visokogorskimi bukovimi gozdovi in nadomestnimi gozdovi približno 50 do 100 višinskih metrov pod prelomnico, ki loči planotast svet Veže od strmih pobočij, ki se spuščajo proti Podveži in Lučam. O nastanku in preteklem razvoju visokogorskih bukovih gozdov z macesnom je precej nepojasnjene. Zelo malo je informacij, na podlagi katerih bi lahko sklepali, v kolikšni meri je bil razvoj teh sestojev v preteklosti pod antropozoogenim vplivom. Že potek današnje zgornje meje njihove razširjenosti nakazuje verjetne spremembe zgradbe v preteklosti. Ob pomanjkanju lesnih virov na planoti zaradi širjenja pašnih površin s sečnjo in požigi, so verjetno potrebe po lesu planine Polšak zadovoljevali z lesom iz sestojev tik pod prelomnico (Breznik, 1980). Spremembe v sestojih na teh strmih pobočjih pa so gotovo tudi posledica pogostih nekontroliranih požarov, ki so se s planotastega sveta verjetno tudi širili po pobočjih navzdol. Rezultati analize zgradbe in preteklega razvoja teh gozdov govorijo v prid tej domnevi.

Delež bukve v lesni zalogi in v strehi sestoja se z naraščajočo nadmorsko višino opazno zmanjšuje (63-28 %), medtem ko se delež macesna povečuje (9-49 %). Lahko bi tudi rekli, da se delež bukve z oddaljenostjo od planine povečuje. Najvišje ležeče osebke bukve smo v rezervatu zasledili na višini 1550 m kar je le 50 metrov pod prelomnico, sestoj z bukvijo pa še nekoliko nižje (1500 m). V raziskavah na drugi strani Dleskovške planote nad dolino Lučke Bele so najvišje bukove sestoj zasledili na podobni nadmorski višini (1500-1580 m) na strmih in slabše dostopnih pobočjih (Diaci 1992, 1998). V raziskavah v Julijskih Alpah nad Bohinjem so zasledili bukove sestoj na nadmorski višini 1400-1530 m (Kadunc in Rugani, 1998). O ugodnih rastiščnih razmerah in dobri ravnosti sestojev zgovorno pričajo vrednosti srednjih in zgornjih drevesnih višin. Sestoji so v fazi intenzivne akumulacije lesne zaloge, kar potrjujejo veliki povprečni volumenski prirastki za preteklo obdobje (8,7-12,1 m³/ha/leto). Izjemni prirastki in relativno majhen delež odmrlih dreves (3-8 %) pričajo o razvojni mladosti teh gozdov. Spremembe v drevesni sestavi v preteklem obdobju nakazujejo povečevanje pomena bukve v prihodnosti in potrjujejo domnevo o njeni večji vlogi v nekdanjih pragozdovih tega prostora. Tudi primerjava debelinskih prirastkov bukve, smreke in macesna je pokazala, da med vrstami ni značilnih razlik v

velikosti prirastkov. Pri analizi velikosti krošenj smo ugotovili, da so krošnje bukev v povprečju manjše, kar dokazuje veliko življenjsko moč bukve na današnji zgornji meji njenega uspevanja. Uspešno uveljavljanje bukve je nedvomno povezano z njeno prilagodljivostjo ravnim razmeram (sencovzdržnost) in plastičnostjo krošnje. O teh lastnostih nedvomno priča njen uspešen razvoj in uveljavljanje v spodnjem sloju sestojev, v katerem smo pri analizi svetlobnih razmer ugotovili relativno nizke vrednosti obeh komponent sevanja (DSF in $ISF \approx 5\%$). Pri analizi vzorcev razmestitve osebkov smo ugotovili, da pri razmestitvi dreves prevladuje naključna razmestitev. Vzorci agregacije osebkov so bili opazni le pri bukvi, in sicer na višini 1400 m na zelo kratkih razdaljah, kar je posledica prisotnosti manjšega števila večdebelih osebkov. Na zgornji meji njene razširjenosti pa smo odkrili izrazito šopasto strukturo (bukovi šopi okrog nadraslih macesnov; na ploskvi smo ugotovili tudi značilno privlačnost med obema vrstama), za katero domnevamo, da ni posledica zaostrenih ekoloških razmer. Najverjetneje je posledica antropozoogenih vplivov ali specifičnega načina nastanka (vpliv živalskega sveta – ptiči ali glodalci).



Slika 20: Bukov šop na zgornji meji njene razširjenosti v rezervatu - 1500 m n.m.v. (avgust, 2004)

V prid tej domnevi govori dobro priraščanje, vitalnost, uveljavljanje teh šopov v strehi sestoja in rezultati analize razmestitve bukovih osebkov nad Lučko Belo na podobni nadmorski višini, ki niso imeli tako izrazite šopaste zgradbe, čeprav uspevajo na skrajnostnih rastiščih (velik nagib, snežni plazovi). Prisotnost jelke v obravnavanih sestojih opozarja na to, da sta bila njena vloga in delež v pragozdovih bolj opazna (Diaci, 1992). Obstaja možnost, da so predalpski jelovo-bukovi gozdovi (*Abieti-Fagetum praealpinum*), ki jih najdemo v spodnjem delu rezervata, v preteklosti poraščali tudi višje predele. Tudi v drugih robnih predelih jugozahodnih Alp so opisani primeri jelovo-bukovih gozdov na karbonatni podlagi v visokogorskem višinskem pasu (800-1500 m), za katere so značilni mešani sestoji z bukvijo, jelko in smreko. Tem vrstam pa so lahko primešane še druge vrste, npr. macesen (Mayer in Ott, 1991).

Zanimiva je tudi vertikalna strukturiranost sestojev, saj se macesen pojavlja izključno v zgornjem sloju, kar je razumljivo glede na njegov svetloljuben značaj, medtem ko smreko in bukev najdemo v vseh slojih. Pokazalo se je, da so tri glavne drevesne vrste enakovredne v rasti in takšna enakovrednost omogoča relativno trajno drevesno in skupinsko mešanost drevesnih vrst. Tako se pojavi vprašanje nastanka in razvoja takšne uravnotežene zgradbe oz. vprašanje, ali so ti sestoji posledica večjih motenj v preteklosti ali pa poteka njihov razvoj po načelih dinamike manjših vrzeli, ki so velikosti posameznih dreves ali skupin dreves (Antos in Parish, 2002). S pomočjo analiz, ki smo jih opravili v sestojih, nam ni uspelo popolnoma odkriti procesov, katerih posledica je sedanja zgradba. Velik delež nadraslega macesna, ki se mu ponekod pridružuje tudi smreka, in večinoma podrasla bukev kot klimaksna vrsta kaže na to, da so ti sestoji nastali po večji (naravni ali antropogeni) motnji, po kateri se je macesen s hitro nasemenitvijo in naglo rastjo v mladosti uspešno uveljavil. V prid domnevi o endogenem razvoju teh sestojev pa govorijo predvsem naslednja dejstva: agregacija osebkov in prostorska povezanost med vrstami nista izraženi, razmestitev macesna in smreke je naključna ter macesen se zaradi močne konkurence bukve in smreke uveljavlja izrazito individualno v manjših vrzelih, nastalih s podiranjem skupin bukovih dreves (npr. v vrzeli na ploskvi 14 obstaja možnost nasemenitve macesna). Med starostjo macesna in bukve ni značilnih razlik. Predvidevamo lahko, da so imele v sestojih, bogatih z macesnom in podraslimi klimaksnimi vrstami (npr. ploskev 16), v preteklosti pri regeneraciji večjo vlogo velikopovršinske motnje. Za nižje ležeče sestoje z manjšim deležem macesna pa bi lahko veljalo, da je regeneracija potekala bolj malopovršinsko z odmiranjem posameznih dreves ali skupin dreves. Nadaljnji razvoj teh gozdov bo odvisen predvsem od tipa motenj in v prid domnevi, da bo v

prihodnosti tukaj prevladovala endogena dinamika, govori predvsem izrazita vertikalna razgibanost teh sestojev (nadrasli macesni in smreke). Ta nudi odličen odpor vetru, ki je tukaj najbolj nevarna motnja in povečuje stabilnost sestojev (macesen kot učvrščevalec sestojev). Za bolj natančno določitev dinamike teh sestojev bi bile potrebne dodatne analize starosti, rasti in prostorske razmestitve dreves.

5.1.2 Razvoj nadomestnih gozdov macesna in smreke

O nastanku teh gozdov vemo mnogo več, saj lahko z gotovostjo trdimo, da so posledica gozdne sukcesije na nekdanjih planinskih pašnikih (Breznik, 1980; Diaci, 1992). Različni sukcesijski in razvojni stadiji vegetacije so med seboj mozaično prepleteni brez ostrih prehodov. Sukcesija na огоlelih alpskih površinah poteka najprej z uveljavljanjem rušja, ki zaščiti tla in prepreči nadaljnjo degradacijo tal. Prav pomanjkanje rodovitne prsti in zaostrene ekološke razmere (nizke temperature, veter in sneg) sta glavna dejavnika, ki preprečujeta ponovno naselitev gozdne vegetacije (Mayer in Ott, 1991). Med rušje se v naslednji fazi naseli macesen kot pionirska drevesna vrsta, ki mu za nasemenitev ustrezajo gola mineralna tla, za nadaljnjo rast pa obilica direktnega sončnega sevanja (Ott in sod., 1997). Ponavadi se med rušjem na mestih z ugodnimi mikroklimatskimi in talnimi razmerami oblikujejo manjša jedra oz. šopi. Bližina rušja mu v mladosti nudi zaščito pred negativnim mehanskim in fiziološkim delovanjem vetra (abrazija, izsušitev), pred polzenjem snega in varuje tla pred izsuševanjem (Camarero in sod., 2000).

V nadaljnjem razvoju prihaja do združevanja posameznih šopov in nastanka sklenjenih macesnovih sestojev, za katere je značilen vrzelast sklep krošenj, pod katerimi se ustvari specifična sestojna klima. Mestoma se macesnu že med rušjem pridružita smreka in jerebika. Rušje pod macesnovimi krošnjami prične propadati in sčasoma zaradi pomanjkanja svetlobe izgine. Analiza svetlobnih razmer na mestih z rušjem ($DSF \approx 25\%$, $ISF \approx 31\%$) in mestih brez rušja ($DSF \approx 16\%$, $ISF \approx 18\%$) je pokazala značilne razlike le v deležu difuzne svetlobe, medtem ko razlike v deležu direktne svetlobe niso bile značilne. Število vzorcev, vključenih v raziskavo, je bilo premajhno, da bi lahko ugotovili mejne vrednosti sevanja za uspevanje rušja. Tudi v raziskavah na Snežniku so ugotovili, da prične rušje pod novonastalimi šopi jerebike propadati (Kramer, 2002).

V analiziranih sklenjenih sestojih prevladuje po številu dreves in po deležu v lesni zalogi macesen, primešana mu je še smreka, na nadmorski višini 1650 m pa uspeva tudi ena jelka. Vrednosti lesnih zalog obravnavanih sestojev so v primerjavi z vrednostmi, ki so jih ugotovili drugi avtorji v sestojih na podobni nadmorski višini, precej višje, podobno pa velja tudi za povprečne volumenske prirastke (Počkar in Stritih, 1987; Primožič, 2001; Pagon, 2004). Podobne vrednosti lesne zaloge in prirastkov so ugotovili le pri raziskavah zgornje gozdne meje na južnih pobočjih bližnje Raduhe (Jakop in Kosmač, 1997). Razlike med posameznimi območji so nedvomno posledica različnih sukcesijskih stadijev, v katerih so sestoji, in razlik v splošnih ekoloških razmerah med območji, ki odločilno vplivajo na rast sestojev (temperaturni in padavinski režim).

Hitrost vračanja gozda na bivše površine in velika rastnost sestojev pričajo o izjemni prilagojenosti drevesnih vrst (macesen in smreka) na dane razmere in o ugodnem prepletu ekoloških dejavnikov za rast gozda na območju Polšaka. O življenjski moči nadomestnih gozdov pričajo lesne zaloge in visoki povprečni volumenski prirastki za preteklo obdobje, saj smo v sestoji na sami gozdni meji ugotovili lesno zalogo 272 m³/ha in prirastek 3,2 m³/ha/leto. Vrednosti srednjih in zgornjih drevesnih višin (20 m) pa nakazujejo veliko rastno moč obeh vrst kljub dejstvu, da rastiščne razmere niso idealne, saj so bila ta rastišča podvržena večstoletnemu degradacijskemu vplivu. Prav zaradi tega je pomen odmrle biosubstance in način sproščanja hranil in energije v teh ekosistemih izrednega pomena (Diaci, 1992). Tudi tukaj smo pričali izredni prilagodljivosti in racionalnosti naravnih ekosistemov. Delež odmrlih dreves je relativno skromen (10-11 %), toda poskrbljeno je, da poteka razgradnja odmrle biosubstance počasi in sta tako kroženje hranilnih snovi in pretok energije uravnotežena. Na to vpliva predvsem manjša aktivnost mikroorganizmov in drevesna sestava. Največ je odmrlih dreves macesna, ki po odmrtnosti še zelo dolgo vztraja v pokončnem položaju ter tako pripomore k počasni in enakomerni razgradnji in sproščanju snovi. Nasprotno pa smreka ponavadi kmalu po propadu pade na tla in to pospeši proces razgradnje. Drevesa odmirajo predvsem posamično (naravna mortaliteta), kar še dodatno racionalizira sproščanje snovi. To je ena od zelo pomembnih lastnosti visokogorskih gozdov, še posebej na degradiranih rastiščih, saj povečuje stabilnost in omogoča nadaljnji razvoj.

Pri primerjavi sestojev nadomestnih gozdov smo med njimi odkrili razlike. Strukturni in drugi kazalci sestojev (ploskev 17), ki ležijo na pobočjih pod planotastim svetom rezervata, kažejo na njihov nekoliko drugačen razvoj. Nižja nadmorska višina (1600

m), boljši vodni režim in manjša degradiranost rastišč (zaradi večjega naklona manj primerna za pašo) (Diaci, 1994) se kažejo v višji lesni zalogi ($914 \text{ m}^3/\text{ha}$), večjih prirastkih ($7,5 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{leto}$) in drugačni drevesni sestavi, saj sta deleža smreke in macesna izenačena. Ugotovili smo, da na ploskvi poteka izrazit socialni boj med obema vrstama, saj se delež smreke v lesni zalogi in strehi sestoja vidno povečuje na račun macesna, ki prevladuje v razredu odmrlih dreves (70 %). V nadomestnih gozdovih smo odkrili značilne razlike v debelinskih prirastkih obeh vrst, saj smreka prirašča bistveno bolje. Podobne rezultate so dobili tudi v drugih raziskavah na zgornji gozdni meji (Jakop in Kosmač, 1997; Primožič, 2001). Še posebej pa pridejo do izraza razlike med vrstama na ploskvi 17. V prid domnevi, da macesen zelo slabo prenaša zasenčitev krošnje, tako od zgoraj kot tudi s strani, govori dejstvo, da so prirastki osebkov (ne glede na to, da tvorijo streho sestoja) značilno manjši od prirastkov macesnov v drugih sestojih in od prirastkov smreke. Kljub podobni površini krošenj dosega macesen bistveno manjše prirastke, zato lahko zaključimo, da je za njegov normalen razvoj ključna zadostna osvetljenost krošenj. Koeficient gostote sestoja ($I_k=1,12$) in svetlobne razmere (DSF in ISF $\approx 11 \%$) na ploskvi nakazujejo neprimerne razmere za nadaljnje uspevanje macesna, saj se vrednosti obeh razlikujejo od vrednosti, ugotovljenih v čistih macesnovih sestojih (DSF $\approx 20 \%$, ISF $\approx 23 \%$). Statistično značilne so samo razlike v deležu difuzne svetlobe.



Slika 21: Smreke vrasle v macesnov sestoj (oktober, 2004)

Analiza razmestitve je pokazala, da osebki ne težijo k tvorbi šopov in da je bila v preteklosti izražena pozitivna prostorska povezanost med smreko in macesnom. Podobne rezultate smo dobili tudi pri analizi na gozdni meji (ploskev 20), kjer smo za večje razdalje odkrili privlačnost med obema vrstama. Domnevamo, da smreki za naselitev ustrezajo ekološke razmere v zavetju predraslih macesnov, saj je glede mikrorastiščnih razmer pri pomlajevanju bolj zahtevna. Razlike med njima se sčasoma zabrišejo, saj smreke v zavetju naglo rastejo in se hitro vraščajo v krošnje nadraslih macesnov (Ott in sod., 1997). V sestoji na gozdni meji na višini 1810 m se je pri analizi razmestitve osebkov pokazalo, da ti težijo k šopasti zgradbi oz. da so drevesa na ploskvi del šopa, ki je nastal v procesu sukcesije med rušjem.

Z analizo zgradbe in vzorcev razmestitve dreves v čistih macesnovih sestojih smo ugotovili, da ti sestoji kljub visoki nadmorski višini težijo k enakomerni razmestitvi in enomerni zgradbi glede na drevesne višine, kar je nedvomno posledica izrazite svetloljubnosti macesna. Enomernost je izražena kljub velikim razlikam v starosti posameznih dreves (Diaci, 1992).

Debelinski prirastki macesnov v nadomestnih in visokogorskih bukovih gozdovih se ne razlikujejo. Skladno z zmanjševanjem osebkov (višina dreves) so manjše tudi krošnje macesnov v nadomestnih gozdovih. Domnevamo, da macesni, ki rastejo na gozdni meji v ostrejših razmerah, kompenzirajo velikost asimilacijskega aparata z večjo osvetljenostjo. Drevesa potrebujejo za normalno rast večji rastni prostor ($I_k=0,9-0,7$), kar se pozna v vrzelasti zgradbi teh sestojev (Počkar in Stritih, 1987). V sestojih je prisotna izrazita selekcija, saj osebki v spodnjem sloju odmirajo in tako ostajajo samo dominantni osebki z dobro razvitimi krošnjami. Prevladuje naključna razmestitev, opazna je tudi tvorba manjših šopov, ki v teku razvoja sestojev razpadajo oz. v šopih prevlada dominantni osebek. Združevanje osebkov v manjše šope je prisotno predvsem v mlajših razvojnih fazah, saj takšna strategija rasti omogoča boljšo zaščito pred neugodnimi ekološkimi dejavniki in povečuje možnost preživetja. Do takšnih ugotovitev so prišli tudi drugi avtorji (Počkar in Stritih, 1987; Diaci, 1992; Boyden in sod., 2005). Opisana zgradba sestojev omogoča macesnu veliko sproščenost krošenj in s tem ustrezno osvetljenost. O specifičnih svetlobnih razmerah lepo pričajo razlike med macesnovimi sestoji ($DSF \approx 18\%$, $ISF \approx 20\%$) in sestoji z večjim deležem smreke, še večje pa so razlike v primerjavi z visokogorskimi bukovimi gozdovi z macesnom.

5.2 SKLEPI

5.2.1 O potencialni višini zgornje gozdne meje v rezervatu

Velikosti lesnih zalog, prirastkov in drugih sestojnih kazalcev na sedanji zgornji gozdni meji pričajo o tem, da je gozd v izraziti progresiji, in o potencialno višji gozdni meji na tem območju. Z raziskavo smo prišli do zaključka, da ekološke razmere v zgornjem delu rezervata (1650-1810 m n.m.v.) še ne ovirajo rasti macesna in smreke, saj vrednosti višinskih in debelinskih prirastkov pričajo o izredni prilagojenosti obeh vrst na dane razmere. Tudi težnja dreves k enakomerni razmestitvi v nadomestnih gozdovih na aktualni gozdni meji potrjuje domnevo, da nimamo opravka s klimatsko zgornjo gozdno mejo, za katero je značilna izrazita šopasta zgradba. V ekstremnih razmerah za rast imajo drevesa v šopih boljše možnosti za kljubovanje negativnim dejavnikom, saj se v okviru šopov ustvarijo ugodne mikroklimatske razmere in se poveča stabilnost (Tranquillini, 1979). Iz tega lahko sklepamo, da na razmestitev osebkov na aktualni gozdni meji odločilno vpliva konkurenca za svetlobo in hranilne snovi med posameznimi osebki (Camarero in sod., 2000).



Slika 22: Gozdna vegetacija v izraziti progresiji na pobočju Križevnika - 1909 m n.m.v. (oktober, 2004)

To pomeni, da lahko v prihodnosti ob izostanku večjih katastrof, ki bi povzročile ponovno regresijo gozdne vegetacije (požar), pričakujemo znaten dvig zgornje gozdne meje na območju rezervata. Strnjena gozdna vegetacija bi lahko segala do grebena najvišjih vrhov, do nadmorske višine 1900 m. Dejstvo je, da ekološke razmere nad sedanjo sestojno mejo ovirajo razvoj gozdne vegetacije, vendar še ne v taki meri, da bi lahko govorili o »bojni coni« v pravem pomenu besede (Tranquillini, 1979). Zato na območju rezervata zelo težko govorimo o potencialni klimatski zgornji gozdni meji. Bolj upravičena bi bila uporaba termina potencialna orografska zgornja gozdna meja, ki je posledica neprimernih reliefnih razmer – gorski greben (Počkar in Stritih, 1987).

5.2.2 O nadomestnih gozdovih macesna in smreke kot sukcesijskem stadiju

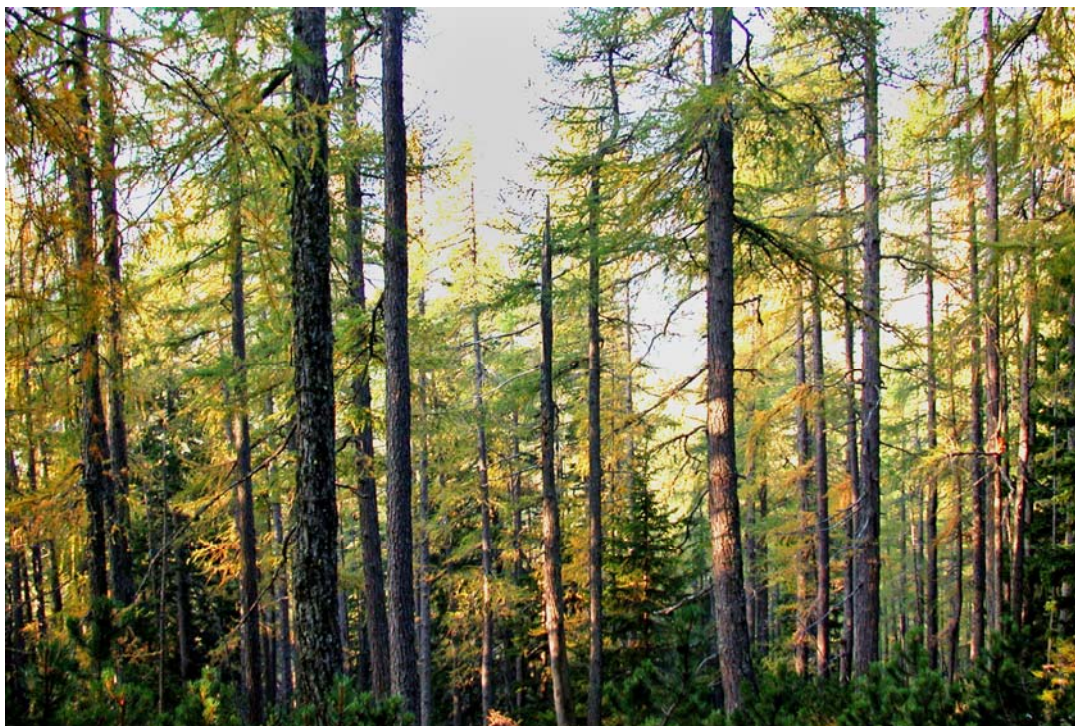
Površine na planotastem delu rezervata Polšak so stoletja umetno vzdrževali v stadiju alpskih travnišč za pašne namene, zato vemo o naravnih gozdovih tega območja zelo malo. Edina drevesna vrsta, ki je ustrezala takratnemu gospodarjenju na teh površinah, je bil macesen, saj s svojimi svetlimi krošnjami ne preprečuje razvoj trav, njegov les pa je vsestransko uporaben. Zaradi debelega lubja je bil relativno varen pred požari, najverjetneje pa so macesen pastirji tudi pospeševali (Diaci, 1992). O drugačni podobi pragozdov nam priča relativna pogostost značilnic reda *Fagetalia*, ki jih najdemo v zeliščni plasti macesnovih sestojev ali med rušjem. Tudi dejstvo, da višina sedanje meje uspevanja bukve v rezervatu ni naravna oz. ni posledica neugodnih ekoloških razmer za njeno rast, govori v prid domnevi o večji vlogi bukve v preteklosti (Diaci, 1998). Na podlagi opravljenih raziskav zelo težko sklepamo o njeni nekdanji razširjenosti na Dleskovski planoti in o naravni podobi gozdne meje na Polšaku. Lahko pa kljub dejstvu, da o ekologiji pomlajevanja visokogorskih in subalpinskih gozdov vemo zelo malo, z gotovostjo trdimo, da se bo bukev zelo težko oz. izjemno počasi uveljavljala na površinah nad mejo njene sedanje razširjenosti (strm teren, težko seme, vpliv divjadi).

Primere (gozdne sukcesije) gozdov, v katerih je imel oz. ima macesen glavno vlogo pri ponovni kolonizaciji površin v visokogorju, najdemo tudi v drugih predelih Alp. Tako se macesen kot pionir uveljavlja na nekdanjih pašnikih, kjer se mu v nadaljnjem razvoju pridruži še cemprin (*Pinus cembra*) kot klimaksna vrsta (Didier, 2001). V Alpah niso redki primeri, ko na različnih rastiščih, na katerih sta praviloma klimaksni vrsti cemprin ali smreka in je v naravnih sestojih macesen samo primešana vrsta, ta tvori bolj ali manj čiste sestoj, ki so posledica večstoletnega antropozoogenega

degradacijskega vpliva (Ott in sod., 1997; Holtmeier, 1995). V takšnih sestojih poteka uveljavljanje klimaksnih vrst zelo počasi, saj lahko z macesnom bogati stadiji trajajo tudi od 100 do 500 let, odvisno od rastišča (Mayer in Ott, 1991). Človekovo obnašanje je v robnih življenjskih združbah povzročilo zelo težko popravljivo škodo, zato je iluzorno pričakovati, da bo narava kdaj vzpostavila prejšnje »nedotaknjeno« stanje. Na zgornji gozdni meji se izrazito kaže ireverzibilnost naravnega razvoja, pa naj gre za progresijo ali regresijo (Počkar in Stritih, 1987). Zato domnevamo, da bodo nadomestni gozdovi macesna in smreke ostali relativna stalnica v subalpinskem pasu na območju rezervata.

5.2.3 O zgradbi nadomestnih gozdov v optimalni fazi in njihovem nadaljnjem razvoju

Vrzelasta zgradba macesnovih sestojev nudi odlične razmere (dovolj toplote in svetlobe) za pomlajevanje smreke, ki se pod krošnjami macesnov zelo hitro uveljavlja in izpodriva macesen. Ta je izjemno občutljiv na zasenčitve krošnje, bodisi od zgoraj ali od strani, zato v socialnem boju s smreko v danih razmerah nima možnosti. Večja konkurenčnost smreke v nadomestnih gozdovih se kaže tudi v dolžini krošnje, saj tvori globoke krošnje (do tal), do katerih v redkih macesnovih sestojih prihaja dovolj svetlobe.



Slika 23: Podoba čistih macesnovih sestojev (oktober, 2004)

Macesen zaradi izjemne občutljivosti na zasenčitev ne tvori tako dolgih krošenj, saj so svetlobne razmere v teh sestojih v spodnjem sloju, kljub relativno visokim vrednostim sevanja, za normalen razvoj macesnovih krošenj neustrezne. Rezultat tega so širše krošnje in redki sestoji.

Oblikovanje šopov je prisotno predvsem kot strategija vračanja gozda na nekdanje pašnike ali med rušje oz. v začetni fazi uveljavljanja drevesnih vrst. V kasnejših razvojnih fazah se šopasta zgradba izgublja in v sklenjenih macesnovih sestojih izgine. Takšen razvoj razmestitve osebkov je nedvomno tudi posledica prevladujočega deleža macesna. V primeru spremembe drevesne sestave v smeri večjega deleža smreke lahko pričakujemo šopasto zgradbo (Motta in Edouard, 2005).

Smer razvoja nadomestnih gozdov bo v prihodnosti odvisna predvsem od vrste in intenzivnosti naravnih motenj (vetrolomi, požari), saj se je vpliv neposrednih antropozoogenih dejavnikov močno zmanjšal. Domnevamo lahko, da se bo delež smreke še naprej povečeval in da bo na mestih z ugodnejšimi rastiščnimi razmerami nadomestila macesen, ki se bo najverjetneje ohranil na mestih z neugodnimi reliefnimi razmerami. V nadaljnjem razvoju lahko pričakujemo dolgotrajno sobivanje obeh vrst, saj obe zavzemata različne niše v zaostrenih ekoloških razmerah in se razlikujeta v načinu pomlajevanja in dolgoživosti.

5.2.4 O pomenu gozdnega rezervata Polšak

Prednost rezervata Polšak je njegova lega na Dleskovški planoti, saj v tem delu ni posebej atraktivnih vrhov in zato na območje rezervata zahaja le manjše število obiskovalcev. Rezervat ima z vidika raziskovalnega laboratorija neprecenljivo vrednost, saj je eden redkih objektov v Sloveniji na tej nadmorski višini, v katerem je bilo opravljeno že večje število raziskav, ki pomenijo kontinuirano spremljanje razvoja (Breznik, 1980; De Cuyper, 1985; Diaci, 1992). Omogoča opazovanje dinamike visokogorskih gozdov in sprememb na sami zgornji gozdni meji ter spremljanje gozdne sukcesije v zaostrenih ekoloških razmerah. Opazovanje sprememb in razumevanje razvojnih procesov, ki se odvijajo v teh ekosistemi, lahko pripomoreta k boljšim odločitvam pri gospodarjenju z njimi in večji objektivnosti raziskav globalnih sprememb podnebja.

Gozdovi rezervata in okoliški gozdovi predstavljajo življenjski prostor številnim živalskim vrstam. V raziskavah, ki so jih opravili na območju Dleskovške planote in v

različnih sestojih rezervata, so ugotovili, da ta predstavlja refugij za nekatere redke in ogrožene vrste ptic (gozdne kure, ujede in sove), ki imajo v teh gozdovih še možnosti za nemoteno življenje (Kladnik, 1981; Perušek, 1998). Pomen takšnih odmaknjenih in manj dostopnih območij v visokogorju se je v zadnjem času še povečal, saj je večina visokogorskih gozdov vedno bolj pod pritiskom obiskovalcev (rekreacija, turizem).



Slika 24: Nadomestni gozdovi iglavcev imajo tudi estetsko vrednost (september, 2004)

6 POVZETEK

V gozdnem rezervatu Polšak, ki leži na skrajnem severovzhodnem delu Dleskovške planote (Kamniško-Savinjske Alpe), smo proučevali zgradbo in razvoj visokogorskih gozdov. Leta 2004 smo ponovili snemanje na 7 raziskovalnih ploskvah (25 X 25 m), ki so razporejene v višinskem gradientu od 1300 m do 1810 m nadmorske višine. Ploskve so bile izločene in prvič premerjene leta 1991 (13 let razlike). Pri meritvah smo uporabili enako metodologijo kot pri prvem snemanju, pri čemer pa smo s pomočjo digitalnega fotoaparata in »fish-eye« objektiva dodatno snemali še svetlobne razmere. Na ploskvah prevladujejo južna lega in zmerni nagibi. Geološko podlago tvorijo svetlo sivi kristalasti apnenci, na katerih prevladujejo različni tipi rendzin in v nižjih legah plitva rjava pokarbonatna tla. Relief je zelo razgiban: tipičen visokogorski kraški relief s številnimi nadzemnimi in podzemnimi pojavi. Za obravnavano območje je značilna alpska klima z enakomerno razporejenimi padavinami in kratko vegetacijsko dobo (4-5 mesecev).

V raziskavi smo obravnavali stratum visokogorskih bukovih gozdov z macesnom in nadomestnih gozdov macesna in smreke, ki sta bila izločena v raziskavi leta 1991 in skupaj zavzemata največji delež v rezervatu. Analizirali smo zgradbo in razvoj sestojev v preteklem obdobju (1991-2004). Zanimale so nas predvsem spremembe, ki nastopijo ob gradientu nadmorskih višin in razlike med obema stratumoma. Primerjali smo število in lesno zalogo dreves, drevesno sestavo, zgradbo po socialnih plasteh in razredih vitalnosti, debelinske in volumenske prirastke, srednjo in zgornjo višino, gostoto ter zgradbo sestojev glede na prsni premer in drevesno višino. Na vseh ploskvah smo analizirali prostorsko razmestitev osebkov s pomočjo Ripleyjeve K-funkcije. Metoda temelji na varianci vseh razdalj med vsemi osebki v dvodimenzionalnem prostoru ter nam poda vrsto in merilo vzorca prostorske razmestitve osebkov. Analizirali smo tudi velikost krošenj in debelinskih prirastkov ter svetlobne razmere v obeh stratumih.

Rezultati analize zgradbe in razvoja sestojev visokogorskih bukovih gozdov so pokazali, da so lesne zaloge (800-900 m³/ha) in prirastki (8-12 m³/ha/l) kljub nadmorski višini izjemno visoki. V sestojih prevladuje bukev, kateri se delež v lesni zalogi in strehi sestaja z nadmorsko višino zmanjšuje. Primešani so ji še macesen, smreka in jelka. Macesen smo zasledili izključno v zgornji plasti sestojev, ki so zaradi tega izrazito vertikalno razgibani. Prevladuje naključna razmestitev dreves, le bukev

ima na sedanji zgornji meji uspevanja (1500 m) izraženo šopasto razmestitev. Ugotovili smo, da sedanja meja razširjenosti bukve ni posledica zanjo neugodnih ekoloških razmer, ampak antropozoogenih vplivov. Pri bukvi smo zasledili izjemno prilagojenost na slabše rastne razmere v spodnjih plasteh (slabe svetlobne razmere), kar dokazuje njena vitalnost. To govori v prid domnevi o večji vlogi bukve v teh gozdovih v prihodnosti. Domnevamo, da so sestoji z večjim deležem bukve nastali z endogenim razvojem, medtem ko so na razvoj višje ležečih sestojev vplivale predvsem velikopovršinske motnje (večji delež macesna).

V nadomestnih gozdovih po deležu prevladuje macesen, kateremu je primešana smreka. Visoke lesne zaloge ($300-400 \text{ m}^3/\text{ha}$) in prirastki ($3-5 \text{ m}^3/\text{ha/l}$) na sedanji gozdni meji pričajo o življenjski moči in prilagojenosti obeh vrst na zaostrene ekološke razmere. Šopasta zgradba je kot strategija rekolonizacije prisotna izključno v začetnih fazah vračanja gozda na nekdanje pašnike, v kasnejših fazah pa se izgublja. Ugotovili smo, da je za macesen izjemnega pomena zadostna osvetljenost krošenj, saj smo vitalne osebke zasledili izključno v zgornji plasti. Nadomestni gozdovi kljub visoki nadmorski višini težijo k enomerni zgradbi glede na drevesne višine in k enakomerni razmestitvi osebkov. Smreki za naselitev ustrezajo ekološke razmere v zavetju macesnovih krošenj, v nadaljnjem razvoju pa ga prične izpodrivati, saj ji macesen v danih razmerah ne more konkurirati. Na mestih z ugodnejšimi rastiščnimi razmerami poteka sukcesija v smeri prevlade smreke. Na podlagi raziskave v prihodnosti ne moremo pričakovati večjih sprememb v zgradbi gozdov na zgornji gozdni meji, saj razvoj poteka izjemno počasi. Na nadomestne gozdove lahko gledamo kot na relativno trajen in stabilen sukcesijski stadij, ki je na degradiranih rastiščih v zaostrenih ekoloških razmerah nadomestil klimaksne združbe. Na podlagi dosedanjega razvoja gozdov lahko sklepamo, da se bo zgornja gozdna meja še naprej dvigala (do vršnega grebena Križevnika).

7 VIRI

- Antos J. A., Parish R. 2002. Structure and dynamics of a nearly steady-state subalpine forest in south-central British Columbia, Canada. *Oecologia*, 130: 126-135.
- Boyden S., Binkley D., Shepperd W. 2005. Spatial and temporal patterns in structure, regeneration and mortality of an old-growth ponderosa pine forest in the Colorado Front Range. *Forest Ecology and Management*, 219: 43-55.
- Breznik A. 1980. Gozdni rezervat Polšek: diplomsko delo. Ljubljana, samozal.: 66 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: 1-16.
- De Cuyper B. 1986. Structure and development dynamics of the forest reserve Poljšak in Slovenia, Yugoslavia. V: IUFRO XVIII. World Congress, Satellite Meeting of Young Graduates from Europe: 6 str.
- De Cuyper B. 1987. Zonation in the forest reserve Poljšak. *Silva Gandavensis*, 52: 57-83.
- Diaci J. 1992. Zgradba in razvoj naravne visokogorske in podalpinske gozdne vegetacije na Dleskovški planoti v Savinjskih Alpah: magistrsko delo. Ljubljana, samozal.: 158 str.
- Diaci J. 1994. Spreminjanje naravne gozdne vegetacije ob višinskem gradientu Veže – Dleskovške planote v Savinjskih Alpah. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 44: 45-84.
- Diaci J. 1998. Primerjava zgradbe in razvoja naravnega bukovega gozda in nadomestnega gozda macesna in smreke ob zgornji gozdni meji v Savinjskih Alpah. V: Gorski gozd - zbornik referatov, XIX. gozdarski študijski dnevi. Diaci J. (Ur.). Ljubljana, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 313-336.
- Diaci J., Thormann J. J., Kolar U. 1999. Meritve sončnega sevanja v gozdu – II. Metode na osnovi projekcij hemisfere neba in krošenj. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 60: 177-210.
- Didier L. 2001. Invasion patterns of European larch and Swiss stone pine in subalpine pastures in the French Alps. *Forest Ecology and Management*, 145: 67-77.
- Fortin M.-J., Dale M. 2005. Spatial analysis: a guide for ecologists. Cambridge, Cambridge University Press: 365 str.

- Haase P. 1995. Spatial pattern analysis in ecology based on Ripley's K-function: Introduction and methods of edge correction. *Journal of Vegetation Science*, 6: 575-582.
- Haase P. 2002. SPPA.EXE Statistical Program.
<http://haasep.homepage.t-online.de/> (2005).
- Holtmeier F. K. 1995. European larch in middle Europe with special reference to the Central Alps. V: *Proceedings of an International Symposium on Ecology and Management of Larix Forests: a Look Ahead*. Whitefish, Montana, USA, 5-9 Oct. 1992. Schmidt W. C., McDonald K. J. (Ur.). USDA Intermountain Research Station, UT, USA: 41-49.
- Jakop I., Kosmač L. 1997. Zgornja gozdna meja na južnem pobočju Raduhe: diplomsko delo – VSŠ. Ljubljana, samozal.: 98 str.
- Kadunc A., Rugani T. 1998. Zgornja gozdna meja v Notranjem Bohinju: diplomsko delo. Ljubljana, samozal.: 123 str.
- Kladnik A. 1981. Gospodarski gozd – bivalni prostor divjega petelina (*Tetrao urogallus*): diplomsko delo. Ljubljana, samozal.: 77 str.
- Kotar M. 1980. Rast smreke (*Picea abies* (L.) Karst) na njenih naravnih rastiščih v Sloveniji. (Strokovna in znanstvena dela, 67). Ljubljana, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo: 250 str.
- Kotar M. 1994. Proizvodna sposobnost gozdnih rastišč, ki jih poraščajo smrekovi in bukovi gozdovi ter njihova proizvodna zmogljivost v optimalni razvojni fazi. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 44: 125-148.
- Kotar M. 1998. Proizvodna sposobnost visokogorskih in subalpinskih gozdnih rastišč ter zgradba njihovih gozdov. V: *Gorski gozd - zbornik referatov, XIX. gozdarski študijski dnevi*. Diaci J. (Ur.). Ljubljana, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 109-124.
- Kotar M. 2005. Zgradba, rast in donos gozda na ekoloških in fizioloških osnovah. Ljubljana, Zveza gozdarskih društev Slovenije in Zavod za gozdove Slovenije: 500 str.
- Kramer M. 2002. Zgornja gozdna meja na Snežniku: diplomsko delo. Ljubljana, samozal.: 77 str.
- Manohin V. 1974. Klimatska analiza za širše območje GG Nazarje. V: *Vegetacijska in rastiščna analiza za GGE Luče: elaborat*. Ljubljana, Biološki inštitut J. Hadžija pri SAZU: 13 str.

- Marinček L., Puncer I., Zupančič M. 1974. Vegetacijska in rastiščna analiza za GGE Luče, družbeni gozdovi. Ljubljana, Biološki inštitut J. Hadžija pri SAZU: 73 str.
- Mayer H., Ott E. 1991. Gebirgswaldbau – Schutzwaldpflege: Ein waldbaulicher Beitrag zur Landschaftsökologie und zum Umweltschutz. 2. Auflage. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag: 587 str.
- Meteorološki podatki. 2006. Urad za meteorologijo, Agencija RS za okolje, Ministrstvo za okolje in prostor (osebni vir).
- Motta R., Edouard J. L. 2005. Stand structure and dynamics in a mixed and multilayered forest in the Upper Susa Valley, Piedmont, Italy. Canadian Journal of Forest Research, 35: 21-36.
- Ott E., Frehner M., Frey H.-U., Lüscher P. 1997. Gebirgsnadelwälder: Ein praxisorientierter Leitfaden für eine standortgerechte Waldbehandlung. Bern, Verlag Paul Haupt: 287 str.
- Pagon R. 2004. Zgornja gozdna meja na Mangartu: diplomsko delo. Ljubljana, samozal.: 64 str.
- Perušek M. 1998. Ptice gorskega gozda – gozdnega rezervata Polšak. V: Gorski gozd - zbornik referatov, XIX. gozdarski študijski dnevi. Diaci J. (Ur.). Ljubljana, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 391-404.
- Počkar B., Stritih J. 1987. Strategija rasti gozda na zgornji gozdni meji – primerjava med Dinaridi in Julijskimi Alpami: diplomsko delo. Ljubljana, samozal.: 64 str.
- Primožič J. 2001. Zgornja gozdna meja nad Lipanco v Julijskih Alpah: diplomsko delo – VSŠ. Ljubljana, samozal.: 64 str.
- Ripley B. D. 1981. Spatial statistics. New York, John Wiley & Sons: 252 str.
- Risch A. C., Nagel L. M., Schütz M., Krüsi B. O., Kienast F., Bugmann H. 2003. Struktur und Langzeitentwicklung von subalpinen *Pinus montana* Miller und *Pinus cembra* L. Wäldern in der zentraleuropäischen Alpen. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 122, 4: 219-230.
- Robič D. 1992. Vegetacijska tabela popisov raziskovalnih ploskev na Dleskovški planoti s komentarjem. Ljubljana, samozal., tipkopis.
- Robič D. 1998. Gorski gozd v Sloveniji, poizkus opredelitve in nekatere posebnosti ravnanja z njim. V: Gorski gozd - zbornik referatov, XIX. gozdarski študijski dnevi. Diaci J. (Ur.). Ljubljana, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 1-16.

Schönenberger W., Wasem U. 1997. Wiederbewaldung einer Waldbrandfläche in der subalpinen Stufe bei Müstair. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 148, 6: 59-64.

Tranquillini W. 1979. Physiological ecology of the alpine timberline: tree existence at high altitudes with special reference to the European Alps. Berlin, Springer Verlag: 137 str.

Tregubov V. 1962. Naravni sestoji macesna v Sloveniji in gospodarjenje z njimi. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 3: 29-145.

Wraber M. 1963. Gozdnogojitveni elaborat za območje GG Nazarje. Ljubljana, Biološki inštitut J. Hadžija pri SAZU: 73 str.

Zupančič M., Marinček L., Seliškar A., Puncer I. 1987. Considerations on the phytogeographic division of Slovenia. Biogeografia delle Alpi Sud-Orientali. Udine, Biogeographia, 13: 89-98.

ZAHVALA

Mentorju, prof. dr. Juriju Diaciju, se iskreno zahvaljujem za pomoč, strokovno usmerjanje in nasvete pri izdelavi diplomskega dela.

Doc. dr. Janezu Pirnatu se zahvaljujem za recenzijo diplomskega dela in koristne pripombe.

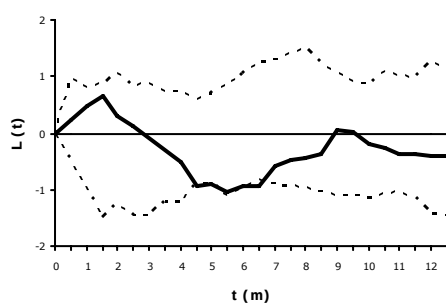
Mitji Ferlanu se zahvaljujem za pomoč pri analizi svetlobnih razmer.

Priloga A

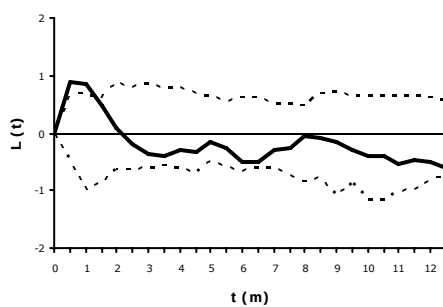
Analiza prostorske razmestitve

Primeri porazdelitve funkcije $L(t)$ na intervalu razdalj. Cela črta predstavlja funkcijo $L(t)$; obe prekinjeni črti pa 99% ovoj zaupanja izračunan z metodo Monte Carlo.

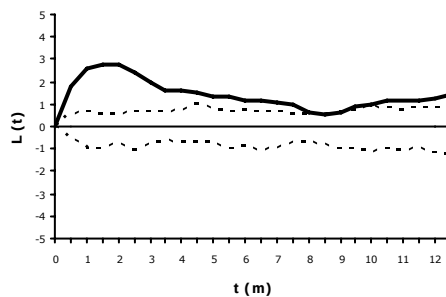
Bukev - ploskev 14



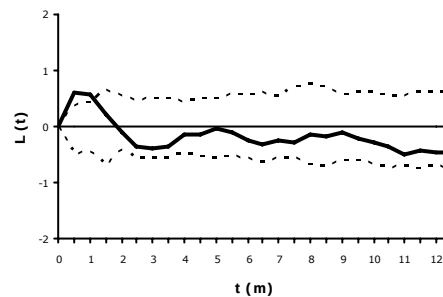
Bukev - ploskev 15



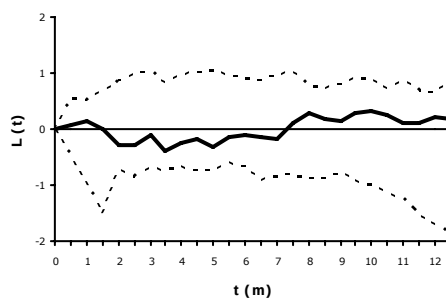
Bukev - ploskev 16



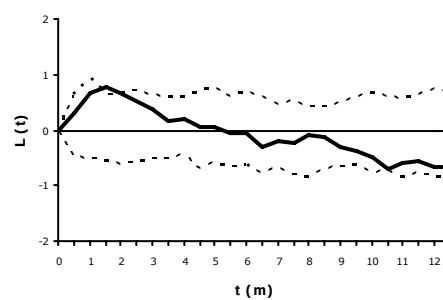
Živa drevesa - ploskev 15



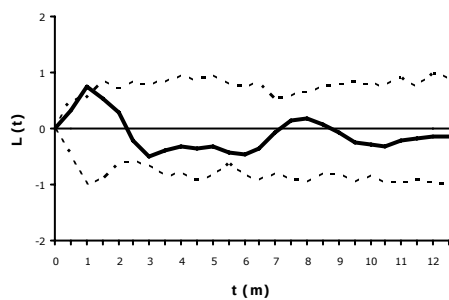
Živa drevesa - ploskev 17



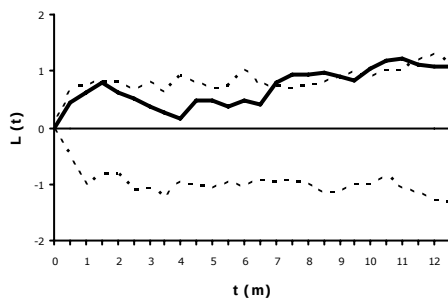
Živa drevesa - ploskev 18



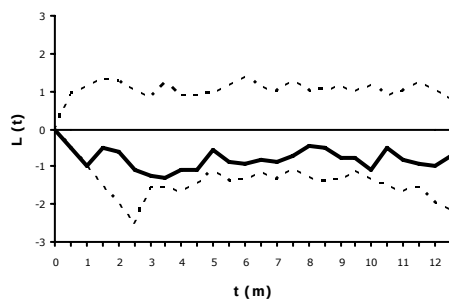
Živa drevesa - ploskev 19



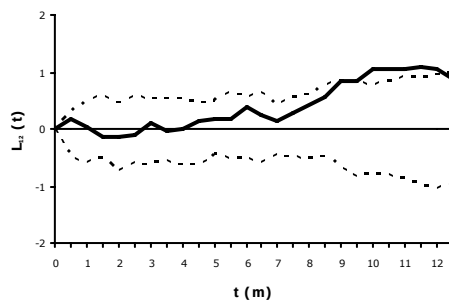
Živa drevesa - ploskev 20



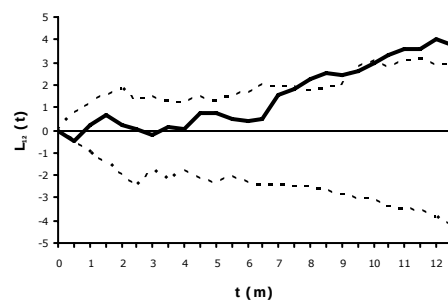
Vitalna drevesa - ploskev 19



Živa in odmrla drevesa (MAC-SM) - ploskev 17



Živa drevesa (MAC-SM) - ploskev 20



Priloga B

Tlorisi ploskev

