

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

Aleksander JENKO

**VPLIV SVETLOBNIH RAZMER NA RAZRAST
BUKOVIH GOŠČ V JELOVO - BUKOVIH GOZDOVIH**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2007

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

Aleksander JENKO

VPLIV SVETLOBNIH RAZMER NA RAZRAST BUKOVIH GOŠČ V
PODGORSKIH BUKOVIH GOZDOVIH

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**LIGHT EFFECTS ON BEECH SAPLINGS ARCHITECTURE IN
SILVER FIR - BEECH FORESTS**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2007

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija gozdarstva in obnovljivih gozdnih virov. Opravljeno je bilo ob pomoči ZGS OE Novo mesto, KE Straža.

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

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.

Aleksander Jenko

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	GDK 181.21:176.1 <i>Fagus sylvatica</i> :(497.4*06)(043.2)=163.6
KG	svetlobne razmere/bukova gošča/razrast/jelovo-bukovi gozdovi
AV	JENKO, Aleksander
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	2007
IN	VPLIV SVETLOBNIH RAZMER NA RAZRAST BUKOVIH GOŠČ V JELOVO-BUKOVIH GOZDOVIH
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP	X, 90 str., 20 pregl., 24 sl., 2 pril., 34 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Z namenom, da bi raziskali domnevni negativni vpliv zastiranja krošenj na razrast ter kakovost bukovih osebkov v razvojni fazi gošče, smo v GGO Novo mesto v GE Soteska na rastiščih <i>Lamio orvale-Fagetum</i> izločili 60 ploskev treh velikosti vrzeli ter v vsaki analizirali 200 osebkov. Gošča je bila nenegovana. Na vsaki ploskvi smo ugotavljali naslednje kazalnike: gostota dreves, gostota gornjega sloja ter relativno jakost sevanja (RJO). Pri vsakemu od 600 osebkov smo analizirali višino, premer, višinski prirastek ter ugotavljali kazalce kakovosti kot so širina krošnje v dveh smereh, število živih in mrtvih vej, odklon od vertikale, krivost, tip rasti. Razmere kažejo, da je zaradi malopovršinskega gospodarjenja malo dostopne svetlobe. Tako smo oblikovali dva razreda RJO. V razmerah polne osvetlitve (RJO 67-92 %) kakovostni znaki gošč v nasprotju s pričakovanjem niso bili izrazito negativni. Delež osebkov z enim terminalnim poganjkom je bil tu največji, vitkostno razmerje ugodno, prisotne pa so bile daljše krošnje. Pri podrobni analizi šibke jakosti svetlobe smo ploskve razdelili v tri RJO razrede vrednosti od 0–29 %. V takšnih razmerah se je, v primerjavi z razmerami polne osvetlitve, pojavilo največ dvovrhatih osebkov. V RJO razredu 0–9 % je bil delež takšnih osebkov nekoliko manjši. Ugodno je bila izražena ploščina krošenj ter dolžina čistega debla. Silaška rast je bila najmanj izrazita. Negativne lastnosti pri šibki osvetljenosti so se pokazale predvsem pri krivosti ter odklonu od navpične rasti, višinski prirastki so bili nižji, vitkostno razmerje je bilo višje.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn
DC FDC 181.21:176.1 Fagus sylvatica:(497.4*06)(043.2)=163.6
CX light conditions/beechn saplings/tree architecture/silver fir-beech forests
AU JENKO, Aleksander
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 2007
TI LIGHT EFFECTS ON BEECH SAPLINGS ARCHITECTURE IN SILVER FIR - BEECH FORESTS
DT Graduation Thesis (University studies)
NO X, 90 p., 20 tab., 24 fig., 2 ann., 34 ref.
LA sl
AL sl/en
AB The main objective of this research was to investigate supposedly negative effects of the shade on the architecture and quality of beech saplings. Beech saplings (between 3-6 m tall) were examined in gaps in the research area GGO Novo mesto in GE Soteska in the vegetation type classified as *Lamio orvale-Fagetum*, where we sampled 60 plots of three different gap sizes containing a total of 200 individual beech saplings in each gap size. Beech saplings in gaps were unmanaged. For each plot we determined the following parameters: tree density, density of the upper layer and relative light intensity (RLI). For each chosen sapling we determined height, diameter, height increment, and the qualitative parameters such as crown width in two directions, number of healthy and dead branches, deviation from vertical growth, bending size and type of terminal shoot. We found out that small scale management provides low light environment. That is why we formed two RLI types. In plots with high light levels (RLI 67-92 %) the effects on beech saplings despite high radiation were not distinctively negative. The percentage of specimens with one terminal shoot was the highest, height-diameter ratio favourable, although the crowns were deeper. As we focused on detailed analysis we formed three different types of low light intensity classes (RLI 0-29 %). In this conditions there were mostly specimens with two terminal shoots, compared to the high light availability. In RLI 0-9 % the percentage specimens of this type was somewhat lower. The crown surface and the length of the stem with no branches were also favourable. More robust specimens were not common. The negative characteristics in low light regime showed a deviation in the size of bending from vertical growth, height increments were lower and height-diameter ratio was the largest.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE.....	V
KAZALO PREGLEDNIC	VIII
KAZALO SLIK	IX
KAZALO PRILOG	X
1 UVOD	1
2 PREGLED LITERATURE.....	3
3 NAMEN NALOGE IN POSTAVITEV HIPOTEZ.....	8
4 METODE DELA.....	9
4.1 OBJEKT RAZISKAVE.....	9
4.1.1 GGO Novo mesto in GGE Soteska.....	9
4.1.2 Matična podlaga in tla	10
4.1.3 Relief.....	10
4.1.4 Podnebne značilnosti in hidrološke razmere	10
4.1.5 Gozdne združbe v GGE Soteska	11
4.1.6 Objekt raziskave	12
4.1.6.1 Oddelek 36a.....	12
4.1.6.2 Oddelek 42a.....	13
4.1.6.3 Oddelka 18a in 25a	13
4.1.7 Okoljske razmere v GGE v zadnjem desetletju.....	14
4.1.8 Zgodovina preteklega gospodarjenja	14
4.2 METODOLOGIJA DELA.....	15
4.2.1 Področje raziskave.....	15
4.2.2 Izbira vrzeli	15
4.2.3 Določitev in postavitve raziskovalnih ploskev	16
4.2.4 Meritve na raziskovalnih ploskvah	17
4.2.4.1 Kvantitativni znaki izbranih osebkov gornjega sloja.....	18
4.2.4.2 Kvalitativni znaki izbranih osebkov gornjega sloja.....	19

4.2.5	Meritve svetlobe na ploskvah	19
4.2.6	Metode iz vrednotenja rezultatov.....	21
5	REZULTATI.....	22
5.1	SVETLOBNE RAZMERE V VRZELIH.....	22
5.1.1	Površine vrzeli.....	22
5.2	RAZRAST PO TIPIH VRZELI	22
5.2.1	Povprečne vrednosti kazalnikov ploskev in njihova primerjava po tipih vrzeli.....	23
5.2.1.1	Kazalniki ploskev	23
5.2.1.2	Primerjava obravnavanih kazalnikov ploskev.....	26
5.2.2	Povprečne vrednosti znakov izbranih osebkov gornjega sloja po tipih vrzeli.....	27
5.2.2.1	Kvantitativni znaki izbranih dreves	27
5.2.2.2	Kvalitativni znaki izbranih dreves	31
5.2.2.3	Primerjava znakov izbranih dreves po tipih vrzeli	33
5.3	RAZRAST PO RAZREDIH RELATIVNE JAKOSTI SEVANJA (RJO).....	35
5.3.1	Povprečne vrednosti kazalnikov ploskev in njihova primerjava po razredih RJO.....	36
5.3.1.1	Kazalniki ploskev	36
5.3.1.2	Primerjava kazalnikov ploskev.....	38
5.3.2	Povprečne vrednosti znakov izbranih osebkov gornjega sloja po razredih RJO ter njihova medsebojna primerjava.....	40
5.3.2.1	Kvantitativni znaki osebkov	40
5.3.2.2	Kvalitativni znaki dreves.....	43
5.4	RAZRAST PO RAZREDIH ŠIBKE OSVETLITVE.....	46
5.4.1	Povprečne vrednosti kazalnikov ploskev pri šibkih vrednostih osvetlitve in njihova medsebojna primerjava	47
5.4.1.1	Kazalniki ploskev	47
5.4.1.2	Primerjava kazalnikov ploskev med razredi šibke osvetljenosti.....	50
5.4.2	Povprečne vrednosti znakov osebkov gornjega sloja po RJO razredih šibke jakosti sevanja.....	51
5.4.2.1	Kvantitativni znaki dreves.....	51

5.4.2.2	Kvalitativni znaki dreves.....	54
5.5	ODVISNOST NEKATERIH IZBRANIH ZNAKOV OD STOPNJE RJO	58
5.6	MEDSEBOJNE POVEZAVE IN ODVISNOSTI ZNAKOV	60
5.6.1	Linearna odvisnost kazalnikov ploskev in znakov dreves od razredov RJO.....	60
5.6.2	Medsebojne odvisnosti znakov dreves.....	62
5.7	RAZLIKOVANJE IZBRANIH OSEBKOV NA SVETLOBNE RAZREDE NA PODLAGI KAKOVOSTNIH ZNAKOV S POMOČJO DISKRIMINATIVNE IN KANONIČNE ANALIZE.....	63
5.7.1	Diskriminativna in kanonična analiza v RJO razredih I in II	64
5.7.2	Diskriminativna in kanonična analiza v RJO razredih A, B in C.....	66
6	RAZPRAVA IN SKLEPI.....	70
6.1	RAZPRAVA	70
6.2	SKLEPI.....	80
7	POVZETEK	83
8	SUMMARY	85
9	LITERATURA.....	87
ZAHVALA		
PRILOGE		

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Prikaz števila ter velikosti ploskev po tipih vrzeli.....	22
Preglednica 2: Povprečja in analiza statističnih razlik kazalnikov ploskev po tipih vrzeli (N=60)	26
Preglednica 3: Preskus razlik pojavljanja predrastkov po tipih vrzeli (N=60)	27
Preglednica 4: Primerjava kvantitativnih znakov izbranih dreves in preskus značilnosti razlik med vrzelmi (N=600)	34
Preglednica 5: Preizkus razlik za pojavljanje poškodb in tip rasti (N=600)	35
Preglednica 6: Povprečja in analiza statističnih razlik kazalnikov ploskev po razredih RJO (N = 58)	39
Preglednica 7: Preskus razlik pojavljanja predrastkov po razredih RJO (N=58).....	39
Preglednica 8: Primerjava kvantitativnih znakov dreves in preizkus značilnosti razlik (N=580)	45
Preglednica 9: Analiza razlik med razredoma RJO za tip rasti in poškodbe (N=580)	46
Preglednica 10: Analiza statističnih razlik kazalnikov ploskev po izbranih svetlobnih razredih (N = 39)	50
Preglednica 11: Ugotavljanje razlik za predrastke med razredi šibke osvetlitve (N=39).....	51
Preglednica 12: Analiza kvantitativnih znakov osebkov ter preizkus statističnih razlik med izbranimi svetlobnimi razredi (N=390).....	57
Preglednica 13: Preizkus statističnih razlik za kvalitativne znake (N=390)	58
Preglednica 14: Linearna regresija v odvisnosti od RJO (N=58).....	60
Preglednica 15: Diskriminativna funkcijska analiza za izbrane znake dreves (N=580).....	64
Preglednica 16: Standardizirani koeficienti diskriminativna funkcije.....	65
Preglednica 17: Matrika razvrstitve primerkov v modelne razrede (klasifikacijska matrika) .	66
Preglednica 18: Diskriminativna funkcijska analiza za izbrane znake dreves (N=390).....	66
Preglednica 19: Standardizirani koeficienti za diskriminativni funkciji.....	67
Preglednica 20: Matrika razvrstitve primerkov v modelne razrede (klasifikacijska matrika) .	69

KAZALO SLIK

Slika 1 : Prikaz objekta raziskave (oddela 36a in 42a)	12
Slika 2: Prikaz merilnih naprav za merjenje difuzne svetlobe	20
Slika 3: Povprečna relativna jakost sevanja	23
Slika 4: Povprečna gostota dreves po tipih vrzeli.....	24
Slika 5: Povprečna gostota gornjega sloja	25
Slika 6: Tip rasti po vrzelih	32
Slika 7: Poškodbe po tipih vrzelih	33
Slika 8: Povprečna relativna jakost sevanja po razredih RJO	36
Slika 9: Povprečna gostota dreves po RJO razredih	37
Slika 10: Povprečna gostota dreves gornjega sloja po RJO razredih	37
Slika 11: Predrastki na ploskvah po RJO razredih	38
Slika 12: Tip poškodb po razredih RJO	44
Slika 13: Povprečna relativna jakost sevanja po razredih nizke osvetljenosti	47
Slika 14: Povprečna gostota dreves v razredih nizke stopnje osvetljenosti	48
Slika 15: Povprečna gostota gornjega sloja v razredih nizke stopnje osvetljenosti	49
Slika 16: Pojavljanje predrastkov na ploskvah nizke stopnje osvetlitve	49
Slika 17: Tip rasti po razredih nizke osvetljenosti	55
Slika 18: Poškodbe po razredih nizke osvetljenosti	56
Slika 19: Odvisnost nekaterih znakov dreves od RJO	59
Slika 20: Odvisnost vitkostnega razmerja od RJO	61
Slika 21: Odvisnost števila živih vej od RJO	61
Slika 22: Odvisnost dolžine krošenj od RJO.....	62
Slika 23: Odvisnost višinskega prirastka od RJO.....	62
Slika 24: Grafični prikaz analize diskriminativnih funkcij v razredih nizke RJO.....	68

KAZALO PRILOG

PRILOGA A: Medsebojne odvisnosti znakov	1
PRILOGA B: Vrzeli in svetlobne razmere v njih.....	2

1 UVOD

Bukev je v evropskem prostoru razširjena predvsem v zahodnem in srednjem delu celine. Splošna razširjenost buke v Sloveniji ni samo posledica ekoloških razmer, ki so ji pri nas naklonjene, temveč je prevladala tudi zaradi njenih bioloških in socioloških lastnosti (Marinček, 1987). Če bi imeli današnji gozdovi v Sloveniji naravno sestavo drevesnih vrst, bi bukev prevladovala z 58 %, danes pa je njen delež v skupni lesni zalogi le 29 % (Brus in Kotar, 1999).

Biološke značilnosti buke gre pripisati njeni veliki ekološki prilagodljivosti, obilni rodovitnosti, veliki vzdržnosti pri rasti v senci in plastičnost pri oblikovanju krošnje. Pri osvajanju prostora si zelo pomaga s svojo izrazito ekološko plastičnostjo (Kordiš, 1993). Bukev je sposobna dolgotrajnega čakanja pod zastorom odraslega gozda in nenadno reagirati na dodajanje svetlobe (Collet in sod., 2002). V malih vrzelih v razmerah šibke svetlobe bukova drevesa razvijejo plagiotropno rast. V primeru postopnega odpiranja vrzeli in dodajanja svetlobe takšne osebke praviloma prerastejo drevesa z ravnimi debli, ki naglo priraščajo v višino (Diaci in Kozjek, 2005).

Pomlajevanje je proces, ki stalno poteka v pragozdu in gospodarskem gozdu (Diaci, 2006). Gre za proces, kjer so prisotni kompleksni in vzajemni učinki med mnogimi ekološkimi dejavniki. Ključnega pomena pri tem je svetloba, kjer s spreminjanjem svetlobnih razmer bistveno vplivamo na razvoj in kakovost mladja (Sagheb-Talebi, 1994, 1996). Pomlajevanje buke v slovenskih jelovo-bukovih pragozdovih je izrazito prisotno v majhnih ter srednjih vrzelih, ki nastanejo zaradi endogenih ter eksogenih motenj (najpogosteje so to vetrolomi) (Diaci in Kozjek, 2005). Kljub prevladujočemu šibkemu svetlobnemu sevanju tekom procesov pomlajevanja in prisotnosti plagiotropnih osebkov v pomladku, so se v pragozdu pojavila tudi bukova drevesa z ravnimi debli in ustrezno zgradbo (Mlinšek, 1967).

Energija, ki pride v jasnem dnevu do zemeljske površine obsega 2 % UV-spektra, 49 % vidnega dela spektra in 49 % infrardečega dela spektra. (Mitscherlich, 1971, cit. po Kotar, 2005). Fotosintetsko aktivnega sevanja je približno 35 % od celotnega sevanja, in sicer od

320 do 750 nm. Ta del sevanja imenujemo fotosintetsko aktivno sevanje ali PAR (Kotar, 2005).

Pod pojmom razrast razumemo niz kvantitativnih in kvalitativnih znakov dreves v bukovi gošči. Kot kakovostni znak smo obravnavali dolžino čistega debla, debelino vej, obliko krošnje, število terminalnih poganjkov, vitkost dreves. S temi znaki je mogoče oceniti bodočo komercialno kakovost osebkov že v razvojni fazi gošče.

Razvojna stopnja gošče je v gospodarskem smislu pomembna prelomnica v razvoju gozda, vendar je presoja kakovosti v gošči še precej negotova. Iz predhodno kakovostnih osebkov se le manjši del uvrsti med kakovostne pri naslednjih presojah. Nekatere napake in pomanjkljivosti se pokažejo šele v višjih starostih (Leibundgut, 1993).

Naravno obnovo bukovih sestojev zastavimo pod zastorom. Pri tem s presvetlitvami oblikujemo vrzeli ter jih z robnimi sečnjami postopno združujemo. Bukev se ob primerni gostoti mladja in gošče hitro čisti vej (Diaci, 2006). Čistost debla je eden izmed pomembnejših kakovostnih znakov, ki ga lahko zagotovimo že v razvojni stopnji gošče in se kaže tudi kasneje pri starejših razvojnih fazah. Ključno vprašanje kakovostnega razvoja bukovih gošč je vpliv svetlobe v mlajših razvojnih fazah, kjer lahko z negovalnimi ukrepi pomembno vplivamo na zgradbo, stabilnost in kakovost bodočega sestoka.

2 PREGLED LITERATURE

Vpliv svetlobnih razmer na uspešnost pomlajevanja in razrast ter kakovost bukovega mladja, je bil glavni raziskovalni cilj v nekaterih raziskavah pri nas in v tujini. Šafar (1964) je v sestojih dinarskih predelov Hrvaške raziskoval kakovost bukovega mladja. Zaključil je, da zastor negativno vpliva na kakovost debelc bukovih dreves. Za povečanje kakovosti debel je potrebno pravočasno sprostiti zastor matičnega sestoja in osnovati ter vzgajati mladje v skupinah. Zastor povzroči slabšo kakovost debelc, manjše premere in širše krošnje.

Brinar (1969) je pri raziskavi vpliva svetlobe na razvoj bukovega mladja v gospodarskem gozdu ugotovil, da zasenčenje povzroča slabšo kvaliteto osebkov, manjše število popkov in listov, zgodnejše in dlje trajajoče olistanje in zmanjšuje višinsko in debelinsko rast. Preslojevanje mladja je otežkočeno. Mlinšek (1967) je v roškem pragozdnem ostanku odkril, da biološkemu značaju buke ustreza pomlajevanje v vrzelih, kjer je ključnega pomena za boljšo kakovost bukovega mladja delno zasenčenje od strani in ne od zgoraj.

Rast ameriške buke (*Fagus grandifolia*) pod sklenjenim zastorom povzroči učinkovitejšo razporeditev listov. Stopnja odzivnosti na spremenjene svetlobne razmere ob nastanku manjših zastornih vrzeli je v povezavi s stopnjo plastičnosti pri razvejanju. Bukev dobro izrablja majhne zastorne vrzeli zaradi tolerance na senčne razmere, rastnih odzivov in upoštevanja arhitekture vrzeli (Canham, 1988).

Pri raziskavi kakovosti debeljakov buke je bilo ugotovljeno, da v mladosti enakomerna in zadržana rast, kaže največji delež kakovostnega lesa. Dlje časa zastrta mladovja zahtevajo postopno odstranjevanje zastora. Nenadna presvetlitev povzroči močan odziv vitalnih čakajočih drevesa, s tem pa večjo verjetnost napak v lesu (Mlinšek in Backker, 1990).

Pogostost oblikovanja vertikalne lateralne rasti je večja pri polni osvetlitvi, kot v pogojih sence. Nasprotno polna osvetlitev povzroči večjo umrljivost apikalnega meristema, kar vzpodbudi vertikalno razporeditev vej. Metlasta rast dreves je odvisna od prisotnosti ali

odsotnosti zastora sestoj in je v veliki meri posledica nihanja v letni stopnji rasti (Nicolini, 1994).

Naravno pomlajevanje bukve je močno pod vplivom svetlobnih pogojev in ostalih okoljskih dejavnikov. Znaki, kot so višina in premer osebkov, njihova gostota, dolžina kresnih poganjkov, vejnatost ter njihova gostota so odvisni od količine in kvalitete svetlobe (Sagheb-Talebi, 1996). Isti avtor je pri preučevanju relativne jakosti svetlobe (RJO) ugotovil, da se le-ta zmanjšuje z večanjem zastrtosti v vrzelih. Z večanjem zastora je mladje bukve močno povečalo poševno rast, kot posledica rasti proti viru svetlobe (Sagheb-Talebi, 1994).

Madsen (1995) je ugotovil, da so za uspešno naravno obnovo bukve pomembni medsebojni vplivi rastnih dejavnikov, kot so osvetljenost, vsebnost vode in hranil v tleh. Za uspešno ugotavljanje zakonitosti in odzivnosti rastnih procesov bukve je pomembno kvantificirati rastne dejavnike.

Raziskava medsebojnih vplivov svetlobe in rodovitnosti tal v bukovem mladju je pokazala, da je ob zadostni količini hranil v tleh glavni dejavnik preživetja bukovega mladja ravno količina svetlobe. Nenadno zmanjšanje zastora povzroči povečano mineralizacijo organskih snovi v tleh, kar vodi v povečane količine dostopnega dušika v tleh in posledično pomanjkanja vode. Visoka stopnja oskrbe z dušikom lahko povzroči pri bukvi prehrabeno neravnovesje (Minotta in Pinzauti, 1996).

Madsen in Larsen (1997) sta ugotovila, da so rastne razmere v začetnih fazah osnovanja mladja ključni za uspeh uspešnega pomlajevanja. Stopnja preživetja mladja se s povečanjem gostote zastora zmanjša, nasprotno pa se poveča višina osebkov. Prisotnost vrzeli je povzročilo vertikalno razslojevanje.

Raziskava o dinamiki vrzeli (Coates in Burton, 1997) je pokazala, da velikost in lokacija osebkov znotraj vrzeli vpliva na mikroklimatske in biološke procese v vrzeli. Vrzeli različnih velikosti imajo drugačne svetlobne in mikroklimatske razmere, ki vplivajo na razvoj vegetacije. Motnje v gozdu so ključne za razvoj strukture in delovanja gozdnih

ekosistemov. Razporeditev vrzeli, njihova velikost, razpršenost in dinamika so lahko ključni pripomočki pri gojenju gozdov.

Pri arhitekturni analizi vrst je bilo ugotovljeno, da ima bukev veliko oblikovno plastičnost, ki vključuje lateralno razrast vej. Prisoten je mešan rastni vzorec, ki zagotavlja večjo individualnost zgradbe znotraj drevesa. Za bukev je značilna plagiotropna rast (Millet in sod., 1998).

Tognetti in sodelavci (1998) so pri preučevanju vpliva spreminjajočih se svetlobnih razmer na ekofiziološko stanje in preživetje bukve dognali, da majhne vrzeli predstavljajo ustrezno okolje za fotosintezo in rast osebkov bukve, zaradi zmanjšanja svetlobnega stresa, kjer imajo sončne pege pomembno vlogo. Bukovo mladje ima omejeno sposobnost prilagoditve na nenadno povečano količino svetlobe. Listi, ki so uspevali v senčnih razmerah in bili izpostavljeni močni svetlobi, so doživeli fotoinhibicijo.

Vpliv gostote toka fotonov, ki so fotosintetsko aktivni (PPFD) na rast bukovega mladja tekom daljšega časovnega obdobja se kaže v pomembnosti svetlobnih razmer v preteklih rastnih sezonah ter v zgradbi in fizioloških procesih osebkov v naslednjih rastnih obdobjih (Welander in Ottoson, 1998).

Dokazano je, da mladi, manj vitalni osebki bukve, ki rastejo pod gostim zastorom, razvijejo plagiotropno glavno os debelca, na kateri se razvije sploščeno oblikovana krošnja. Na drugi strani pa vitalna, starejša drevesa oblikujejo vertikalno glavno os debla s široko in dobro oblikovano krošnjo (Nicolini, 2001).

V pragozdovih v Franciji so raziskovali vpliv rastiščnih razmer na preživetje bukovega mladja. Uspešnost pomladitve bukovega mladja je bila bolj odvisna od okoljskih razmer, v katerih se je osnovalo mladje, kot od produkcije semena. Gostota mladja je v veliki meri odvisna tudi od talnega substrata (Topoliantz in Ponge, 2000).

Rast bukovega mladja v naravno pomlajenem gozdu je povezana s sposobnostjo preživetja mladja v razmerah nizke osvetljenosti in posledično zmanjšane rasti. Sprostitev zastora

sestoja značilno vpliva na višinsko rast, ne pa tudi na povečanje debelinskega priraščanja. Pri nižjih vrednostih sončnega sevanja se višinska rast sencozažnih vrst prične pri nižjih stopnjah osvetlitve, kot to velja za rast prsnega premera (Collet in sod., 2001). Stopnja zastrtosti vpliva tako na količino akumulirane biomase, kot tudi na razporeditev mase vzdolž različnih delov debla. Starost sadik osebkov bukve ne vpliva na sposobnost reagiranja pri odpiranju zastora (Collet in sod., 2002).

Kompeticija v koreninski plasti ima močan vpliv na rast in količino nadzemnega priraščanja rastlin. Prisotnost korenin odraslih dreves lahko vodi do začasnega pomanjkanja mladju dostopne vode. Z izločitvijo korenin odraslih dreves se je povečala vlažnost tal, s tem pa je prišlo do sprememb v rasti in razporeditvi mlajših populacij (Ammer, 2002).

Pri preučevanju vpliva zastora smreke na bukovo mladje so prišli do zaključka, da se je manjša količina svetlobe v sestoji izkazala kot zmanjšanje višinske rasti, premera, suhe mase vej, listov in korenin osebkov bukve. Razlik med mladjem pod zastorom in tistim z večjim deležem osvetlitve ne gre v celoti pripisati zgolj zmanjšanju intenzitete osvetlitve. Dokazano je, da se rast in optimalna osvetlitev s starostjo spreminjajo in da je porazdelitev biomase predvsem funkcija starosti drevesa (Ammer, 2003).

V procesih naravnega pomlajevanja se pojavlja velika gostota mladja, kar se pri bukvi kaže v majhnih stroških nege, saj se uveljavlja samonegovalni princip. Raziskava vpliva svetlobe in tal na premer in višino različnih sencozažnih drevesnih vrst je pokazala, da bukev značilno poveča rast tako v debelino kot v višino s povečano količino svetlobe. Vendar celoten izkoristek ni velik, če je mladje bukve izpostavljeno direktni svetlobi, ker dobro izkorišča razpršeno svetlobo (Modry in sod., 2004).

V Karpatih v gorskem mešanem gozdu so preučevali rast mladja v različnih svetlobnih razmerah. Izkazalo se je, da ima pri hkratnem osnovanju mladja bukve, smreke in jelke v vrzelih, bukev bistveno prednost v vertikalni rasti. Pri sprostitev zastora je bukev sposobna prilagoditi celoten listni aparat in s tvorbo kratkih in dolgih poganjkov v celoti izkoristi

rastni prostor. Takšna plastičnost rasti ji omogoča prilagajanje novim okoljskim razmeram (Stancioiu in O'Hara, 2005).

Dinamiko naravne obnove v podgorskih bukovih gozdovih na kočevskem sta preučevala Bitorajc in Tanko (2004). Ugotovila sta, da na razrast mladovja bistveno vplivata velikost vrzeli in jakost svetlobe v njih. Svetlobno sevanje v večjih vrzelih je povzročilo intenzivnejše višinsko priraščanje, daljše kresne prirastke, večvrhatost in silaško rast. V malih vrzelih in nižjem deležu svetlobnega sevanja so bukke povečale svoje krošnje, izrazitejša je bila navpična rast in nižji višinski prirastek dreves.

V Dinarskih jelovo-bukovih gozdovih bukev povzroča številne težave in omejitve pri malopovršinskem pomlajevanju in pri redčenjih bukovih sestojev, zaradi slabe apikalne kontrole. Bukovo mladje v vrzelih razvije vertikalno plagiotropno rast. V sukcesijskih razvojnih fazah takšna drevesa odmrejo zaradi pomanjkanja svetlobe. Nepravilnost v rasti odraslih bukovih dreves je posledica nenadnih sprememb svetlobnega režima zaradi velikopovršinskih motenj ali antropogenih vplivov (Diaci in Kozjek, 2005).

3 NAMEN NALOGE IN POSTAVITEV HIPOTEZ

Namen diplomske naloge je raziskati vpliv svetlobnih razmer pri naravni obnovi gozdov na razrast nenegovanih bukovih gošč v gorskih dinarskih gozdovih združbe *Omphalodo-Fagetum* v območni enoti Novo mesto.

Hipoteze diplomske naloge so sledeče:

- stopnja zastrtosti in velikost vrzeli vplivata na razrast bukove gošče
- naravi prepuščeni razvoj bukovega mladja omogoča uveljavitev najmočnejših primerkov, katerih kakovostni znaki niso najboljši
- malopovršinski (prebiralni) gojitveni sistemi negativno vplivajo na kakovostne znake bukovih gošč (tip rasti, vitkostno razmerje, odklon od vertikale, krivost osebkov, velikost krošnje, prisotnost poškodb in kresnih poganjkov, število živih in mrtvih vej nad tretjino prsnega premera debla).

4 METODE DELA

4.1 OBJEKT RAZISKAVE

4.1.1 GGO Novo mesto in GGE Soteska

Gozdnogospodarsko območje Novo mesto se nahaja v jugovzhodnem delu Slovenije in se razprostira vse do mejne reke Kolpe na jugu. Zavzema 152.000 ha skupne površine, pri čemer gozdovi predstavljajo 62 %. Značilen je blag, a zelo razgiban relief, kjer izstopata vzhodni del roškega masiva in Gorjanci. Glavna površinska vodotoka sta Krka in Kolpa, ki imata zaradi izrazitega kraškega terena malo površinskih vodotokov. Prevladuje apnena matična podlaga. Območje je razdeljeno na 20 gozdnogospodarskih enot (Gozdnogospodarski načrt ..., 2004).

Gozdnogospodarska enota Soteska se znotraj območja nahaja na zahodnem delu in je po površini najmanjša izmed vseh enot v območju. Površina gozdov v enoti znaša 1.914 ha in so v celoti v državni lasti. Povprečna velikost 44 oddelkov znaša 43,5 ha. (Gozdnogospodarski načrt ..., 2004).

V enoti delimo gozdove glede na drevesno sestavo na predgorske bukove gozdove, gorske bukove gozdove in dinarske jelovo-bukove gozdove na najboljših rastiščih. Poleg tega se v enoti nahajajo tudi gozdovi s posebnim namenom, ki predstavljajo pragozdni ostanek Pečka. V lesni zalogi prevladuje bukev z 51,1 % deležem, ostalo predstavljajo smreka (24 %), jelka (18,3 %) in plemeniti listavci, od katerih prevladuje gorski javor. Povprečna lesna zaloga gozdov znaša 381,1 m³/ha, prirastek pa 9,19 m³/ha. Večina gozdov je v razvojni fazi debeljakov in predstavljajo 47,8 % površine. Pretežni del gozdov v GGE Soteska sodi v kategorijo ohranjenih gozdov, kar je zelo dobro izhodišče za sonaravno gospodarjenje z gozdovi. Ohranjenost drevesne sestave je na nivoju gozdnogospodarske enote 29,5 % in nakazuje na prevelik delež smreke in premajhen bukve. Velik problem predstavlja pomlajevanje jelke, gorskega javorja in gorskega bresta zaradi objedanja divjadi. Mladje jelke in gorskega bresta ne uspe prirasti v višje višinske razrede. V splošnem so terenske razmere za rastlinojedo divjad manj ugodne zaradi pomanjkanja

pašnih površin in pretežno severne lege enote. Ta dejavnik se kaže v nižji gostoti srnjadi in jelenjadi v primerjavi z okoliškimi predeli. A se z zmanjšanjem številčnosti jelenjadi ni sorazmerno zmanjšala objedenost mladja. Od leta 1954 naprej se je delež smreke v gozdovih stalno povečeval. Ravno obratno pa se je delež jelke, ki gradi te gozdove, stalno zmanjševal. Delež bukve, ki je v teh gozdovih glavna drevesna vrsta, se je do leta 1993 povečeval, v zadnjih letih pa se je ustalil pri nekoliko več kot 50 % deležu (Gozdnogospodarski načrt ..., 2004).

4.1.2 Matična podlaga in tla

Matična enota enote je zelo homogena. Predstavljajo jo sivi gosti apnenci z vložki zrnatega dolomita, ter sivi in beli plastoviti apnenci, ki so nastali v geološki dobi krede. Le majhen del tik ob Krki predstavljajo aluvialni nanosi. Na apnencu so nastala rjava pokarbonatna in humozna tla. V vrtačah so to praviloma globoka tla, na pobočjih pa globoka in žepasta. Grebeni, vrhovi in najstrmejši predeli so prekriti s plitvimi, skeletnimi in humoznimi tlemi. Globina tal se z nagibom manjša, skalovitost pa se izrazito poveča (Gozdnogospodarski načrt ..., 2004).

4.1.3 Relief

Gozdnogospodarska enota Soteska leži na skrajnem severovzhodnem delu roške planote in se razteza na nadmorskih višinah od 170 m ob reki Krki do 910 m na vrhu Pečke. Prevladujejo severovzhodne in deloma severozahodne lege. Površje strmo do srednje strmo ter valovito in deloma vrtačasto na manj strmem osrednjem delu. Orografsko močno izstopa celoten greben roške planote z vrhovoma Pečka in Kočevske gore-Sveti Peter (888 m nad morjem) (Gozdnogospodarski načrt ..., 2004).

4.1.4 Podnebne značilnosti in hidrološke razmere

Enota leži na robu območja zmerno celinskega podnebja osrednje Slovenije, blizu zmerno celinskega podnebja vzhodne in južne Slovenije. Povprečna količina padavin v spodnjih predelih enote je 1300-1400 mm, v pretežnem zgornjem delu pa 1400-1500 mm.

Povprečna letna temperatura se v spodnjem delu enote giblje od 8°C do 10°C, v zgornjem delu pa od 6°C do 8°C. Ker prevladuje apnenčasta matična podlaga se na površju nahaja veliko vrtač, prisotni so tudi drugi kraški pojavi. Padavinska voda večinoma odteče po podzemnih kanalih proti reki Krki, ki je edini večji vodotok znotraj gozdnogospodarske enote (Gozdnogospodarski načrt ..., 2004).

4.1.5 Gozdne združbe v GGE Soteska

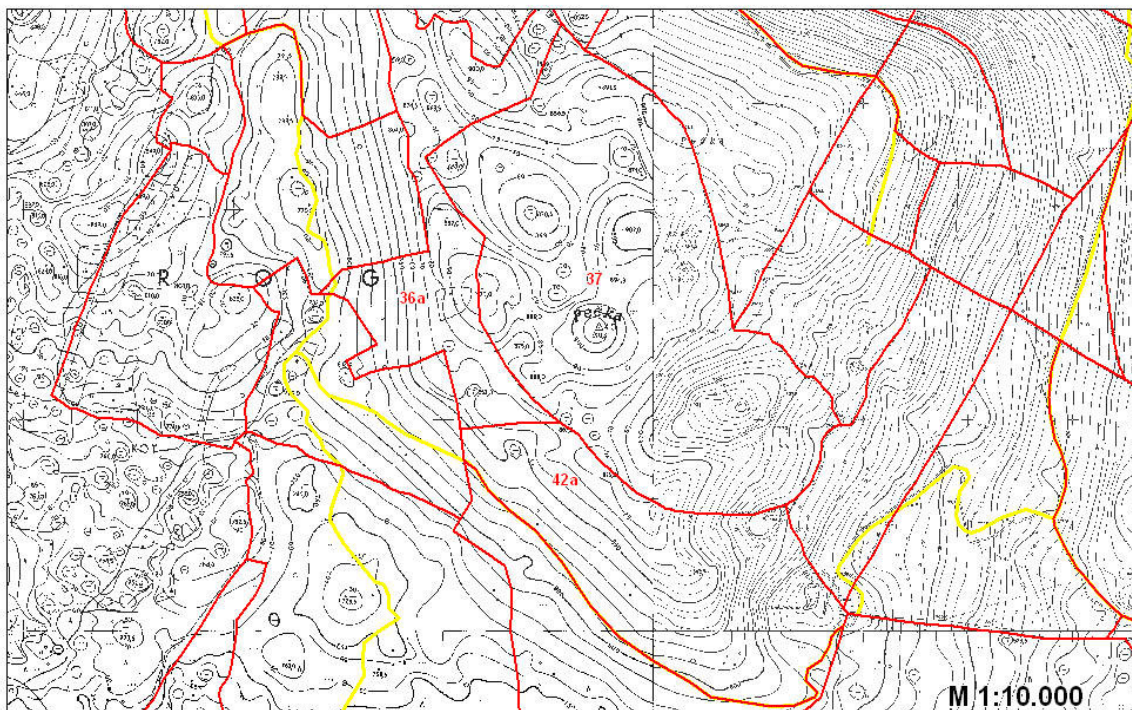
Največji delež gozdov znotraj gozdnogospodarske enote predstavljata združbi *Lamio orvale-Fagetum* var. geog. *Dentaria polyphyllus* (850,3 ha ali 44,4 %) in *Omphalodo-Fagetum* (779,9 ha ali 40,8 %). Večji delež zastopa še združba *Hedero-Fagetum* (11,6 %), ostale združbe, predvsem listavcev, se pojavljajo fragmentirano in v manjšem obsegu.

V gospodarskem razredu dinarski jelovo-bukovi gozdovi na najbolj rodovitnih rastiščih, kamor sodijo tudi gozdovi v v objektu pričujoče raziskave, prevladujejo skupinsko raznodobni in prebiralni sestoji. Prednjačijo sestoji bukke in jelke (41 %), sledijo čisti sestoji bukke (21 %). Lesna zaloga v tem gospodarskem razredu je za 13 % višja in prirastek za 7 % večji od povprečja v GGE. V pomladku prevladuje bukev s 70 % deležem, nato sledi smreka s 18,9 % in jelka z 5,5 %. Takšno razmerje drevesnih vrst v mladovju govori v prid dolgoročnemu povečevanju deleža listavcev in deloma nakazuje tudi možnost ohranitve jelke (Gozdnogospodarski načrt ..., 2004).

Lesna zaloga v gospodarskem razredu je vztrajno v porastu, drevesna sestava pa je dokaj stabilna z rahlim upadom deleža jelke in manjšim povečanjem deleža smreke. Razmerje razvojnih faz je značilno neuravnoteženo. Občutno je preveč debeljakov in bistveno premalo drogovnjakov.

4.1.6 Objekt raziskave

Raziskovalne ploskev za potrebe raziskave smo postavili v oddelkih 36a in 42a v GGE Soteska, ki se nahajata v neposredni bližini pragozdnega ostanka Pečka. Tu smo proučevali male in srednje vrzeli. Velike vrzeli smo proučevali v oddelkih 18a in 25a.



Slika 1 : Prikaz objekta raziskave (oddelka 36a in 42a)

4.1.6.1 Oddelek 36a

Leži na nadmorski višini od 785 do 900 m. Ekspozicija je zahodna s 15° naklonom. V kamninski sestavi prevladuje apnenec. Kamnitost in skalovitost dosegata 30 % celotnega površja oddelka. Prevladujoči gozdni združbi sta *Abieti Fagetum – omphalodetosum* (62 %) in *Abieti Fagetum – hacquetietosum* (35 %). Površina oddelka znaša 3,84 ha, skupna lesna zaloga 435 m³/ha in prirastek 8,8 m³/ha. V drevesni sestavi prevladuje bukev z 68 % deležem, sledi ji jelka z 21 % deležem, smreka (7 %) in gorski javor (4 %). Pretežno se v oddelku nahajajo prebiralni sestoji na 67 % površine, 30 % površine zaseda razvojna faza

debeljakov. Gospodari se na malopovršinski do skupinsko prebiralni način. Zadnja večja sečnja v oddelku je bila izvedena leta 1990, kjer je skupen posek znašal 1726 m³. Temu so sledile manjše sanitarne sečnje v letih od 1991 do 1995 (Gozdnogospodarski načrt ..., 2004).

4.1.6.2 Oddelek 42a

Nahaja se na nekoliko nižji nadmorski višini od oddelka 36a, saj večina 2,81 ha površine oddelka sega od višine 710 do 875 m. Ima jugozahodno lego z 20° naklonom. V kamninski sestavi prav tako prevladuje apnenec. Na površini sta prisotni nižja, le 10 % kamnitost in skalovitost. Prevladujeta združbi *Abieti Fagetum – omphalodetosum* s 60 % in *Abieti Fagetum – typicum* s 39 %. S 52 % deležem v drevesni sestavi prevladuje bukev, kateri sledi jelka z 38 %, smreka z 8 % in gorski javor z 2 %. Skupna lesna zaloga oddelka znaša 551 m³/ha, prirastek pa 8,5 m³/ha. Gre za starejše sestoje, saj na površini s 70 % prevladuje razvojna faza debeljakov, 22 % je prebiralnih sestojev, preostanek predstavljajo sestoji v obnovi. Način gospodarjenja je malopovršinski in skupinsko prebiralni. Leta 1993 so v oddelku izvedli zadnjo večjo sečnjo (2547m³), kateri so kasneje sledile manjše sanitarne sečnje. Zadnja takšna je bila izvedena leta 2006 (Gozdnogospodarski načrt ..., 2004).

4.1.6.3 Oddelka 18a in 25a

Oba oddelka ležita na nižji nadmorski višini, kot oddelka 42a in 36a. Oddelek 18a se nahaja na nadmorski višini od 515-670 m na površini 12,89 ha. V drevesni sestavi prevladuje bukev (44 %), sledi jelka z 42 %, preostalo predstavljata smreka in gorski javor. Sestoj se v večjem deležu nahaja v razvojni fazi debeljaka, 25 % pa pokrivajo sestoji v obnovi. Lesna zaloga znaša 388 m³/ha. Način gospodarjenja je skupinsko postopen. Leta 2004 se je v sestoji izvedla sanitarna sečnja na strmem pobočju, ki je bila posledica vetroloma.

Lega oddelka 25a je na višini 590-760 m na površini 17,20 ha. V drevesni sestavi prevladuje bukev z 59 %, smreke je 22 %, sledijo jelka in gorski javor. Lesna zaloga sestoja je nizka in znaša 164 m³/ha. V sestoji najdemo razvojne faze mladovja (15 %),

prevladujejo pa sestoji v obnovi (85 %). Gospodari se skupinsko postopno, zadnja redna sečnja je bila izvedena leta 2005.

Oba oddelka sodita v isti gospodarski razred z letnim prirastkom $8,07 \text{ m}^3/\text{leto/ha}$. V obeh prevladuje gozdna združba *Lamio orvale-Fagetum*. V oddelku 18a je to večinska združba.

4.1.7 Okoljske razmere v GGE v zadnjem desetletju

V zadnjih desetih letih so bile na širšem območju obravnavane GGE Soteska prisotne številne okoljske motnje. V obdobju od 1994 do 2003 so se izmenično pojavljale suše, vetrolomi in žledolomi, ki so v nekaterih oddelkih povzročili znatne škode na drevju. Leta 2001 je suša močno prizadela smrekove sestoje na celotni površini GGE Soteska. To leto je bilo tudi semensko leto za jelko in bukev, vendar je bilo ravno zaradi suše veliko semena jalovega. Naslednje leto so močni vetrolomi poškodovali predvsem starejše sestoje v razvojni fazi debeljaka in pomlajenca na celotnem območju gozdnogospodarske enote Soteska (Gozdarska kronika za GGE Soteska).

4.1.8 Zgodovina preteklega gospodarjenja

Prvi znani lastnik gozdov v gozdnogospodarski enoti Soteska je bila od leta 1630 dalje rodbina Auersperg, na kar nakazujejo številni ostanki lesnopredelovalnih obratov v širši okolici doline Krke. Po prvi svetovni vojni se je na podlagi zakona o agrarni reformi leta 1934 nacionaliziral nekdanji revir Sv. Peter. Revir Soteska je bil nacionaliziran šele po drugi svetovni vojni, do takrat pa je imel vlogo lovskega rezervata. Načrtovanje v GGE Soteska ima dolgo tradicijo, saj je grof Karel Auersperg že leta 1893 zaposlil gozdarskega strokovnjaka dr. Leopolda Hufnagla, ki je po podatkih iz prejšnjih načrtov, izdelal prvi gozdnogospodarski načrt za graščine Soteska, Višnja gora in Žužemberk za obdobje od 1894 – 1913. Od takrat do danes se je v tej GGE redno načrtovalo in gospodarilo. Prav tako se meje GGE Soteska od takrat do danes niso bistveno spreminjale in so ostale v prvotnih okvirih (Gozdnogospodarski načrt ..., 2004).

4.2 METODOLOGIJA DELA

4.2.1 Področje raziskave

Raziskovalno področje dinamike razraščanja in naravne obnove bukovih gošč, so bili gozdni sestoji, v katerih prevladuje združba *Omphalodo-Fagetum*, ki skupaj z združbo *Lamio orvale-Fagetum* var. geog. *Dentaria polyphyllus* zavzemata pretežni del gozdnogospodarske enote Soteska. S področjem raziskave smo se skupaj z mentorjem na Katedri za gojenje gozdov seznanili na terenskem ogledu, kjer smo ob pomoči revirnega gozdarja določili širše območje oddelkov, primernih za izločitev vrzeli preučevanja. Možne vrzeli smo kasneje ob pričetku terenskih snemanj in zbiranja podatkov preučili z vidika ustreznosti metodam raziskovanja. Poleg terenskega ogleda smo določili tudi kvantitativne in kvalitativne znake dreves, ki so po našem mnenju pomembni za določitev razvojne dinamike bukovih gošč. Meritve parametrov smo na terenu izvedli meseca junija, julija ter septembra 2005.

4.2.2 Izbira vrzeli

Vrzeli so bile izbrane na podlagi večih kriterijev, pri tem sta bila poglavitna dinamika obnove vrzeli in način pomlajevanja. Kriteriji izbire vrzeli so bili prisotnost naravnega pomlajevanja, nega mladovja pa naj bi izostala v čim večji možni meri ali bila izvedena zgolj v majhnem obsegu. Izbirali smo vrzeli, v katerih je bila bukova gošča približno enake starosti ter višine, hkrati pa čim višja, da so bili posamezni preučevani znaki dovolj prepoznavni.

Dinamika obnove vrzeli pomeni časovno in prostorsko komponento širjenja vrzeli, kamor sodijo kazalniki, kot so velikost vrzeli ter časovno zaporedje širjenja in oblikovanja vrzeli. Glede na velikost smo raziskali tri različne tipe vrzeli:

- za izbiro velikih vrzeli je bil ključni kriterij njihova velikost (več kot 0,5 hektarjev površine), oblikovane pa so morale biti ob začetku obnove in se kasneje niso bistveno širile

- pri izbiri srednjih vrzelih je bila velikost prav tako pomembna (do 0,5 hektarjev površine), smer širjenja vrzeli pa ni bila ključna za njihovo izbiro
- kriterij za izbiro majhnih vrzeli ni bil njihova velikost, pač pa njihov razvoj, ki naj bi potekal pod zastorom matičnega sestoja in brez ukrepov nege

Pri izbiri srednjih in velikih vrzelih je bil pomemben kriterij tudi možnost določitve večjih raziskovalnih ploskev hkrati, kar pa je bilo v naši raziskavi možno le v nekaterih velikih vrzelih. V srednjih vrzelih, ob upoštevanju vseh kriterijev postavitve ploskev, je bilo v eni vrzeli možno postaviti največ tri ploskve. Na terenu smo hkrati s snemanjem ostalih znakov dreves, približno ocenili tudi velikost posameznih vrzeli. Vse velike vrzeli so se nahajale izven oddelkov, kjer so bile izbrane male in srednje vrzeli. Razlog temu je bilo dejstvo, da znotraj teh dveh oddelkov ni bilo mogoče izločiti nobene velike vrzeli, ki bi zadostila postavljenim kriterijem. Tako smo bili primorani iskati velike vrzeli in določati raziskovalne ploskve nekoliko nižje, v oddelkih 18a in 25a, kjer prevladujejo gorski bukovi gozdovi združbe *Lamio orvale-Fagetum*.

Gošča v izločenih vrzelih je večinoma nastala pred 15 leti, nekateri osebki so celo nekoliko mlajši. Vrzeli so se nahajale pretežno v prebiralnih sestojih, kjer je glavna drevesna vrsta bukev, preostali delež pa odpade na smreko in jelko ter posamične osebke gorskega javorja.

4.2.3 Določitev in postavitve raziskovalnih ploskev

Izbiri vrzeli smo opravili po postopku, ki sta ga uporabila že Bitorajc in Tanko (2004). Enako smo upoštevali nepoškodovanost gošče pri obnovi in širjenju vrzeli ter nenegovanost gošče. Prav tako smo postavili ploskve na način, da je bila morebitna poškodovanost osebkov zaradi objedanja divjadi, čim manjša. Skupno število ploskev je bilo 60, od tega v 20 velikih, 20 v srednjih in 20 v malih vrzelih. Postavitev ploskev v vrzelih je bila odvisna od naključnosti postavitve prve ploskve, kar smo zagotovili z metanjem količka za hrbet. Ta točka je predstavljala jugozahodni kot prve ploskve velikosti 5 x 5 metrov (0,25 ara). Smeri ostalih stranic so se ravnale po smereh neba. Prva točka na vseh ploskvah je bila oštevilčena in označena s trakom za lažje prepoznavanje

kasneje. Stranice ploskev smo omejili z metrskim trakom in si s tem omogočili natančnejše meritve posameznih parametrov na ploskvi.

Postavitev vseh naslednjih ploskev v vrzeli se je navezovala na prvo postavljeno ploskev, pri čemer smo se ravnali po straneh neba. Razdalja med stranicama dveh sosednjih ploskev je bila 2,5 metra. Morebitne izjeme v sistematičnosti porazdelitve posameznih ploskev so se pojavljale predvsem zaradi terenskih razmer. Večina ploskev srednjih in malih vrzeli se je nahajala v oddelku 36a, vse velike vrzeli pa smo izločili v oddelkih nekoliko nižje nadmorske višine. Ploskve so se pretežno nahajale na strmejšem terenu, kjer je bila v večini primerov prisotna površinska skalovitost.

4.2.4 Meritve na raziskovalnih ploskvah

Pri določitvi vpliva svetlobe na razrast bukovih gošč smo izhajali iz uporabljenih metod, ki sta jih pri svoji raziskavi kazalnikov ploskev uporabila Bitorajc in Tanko (2004) in ki so jih pred tem že uporabili avtorji Šafar (1964), Mlinšek (1967), Brinar (1969), Sagheb – Talebi (1994, 1996). Nekaj znakov kazalnikov ploskev smo določili skupaj z mentorjem in jih ustrezno prilagodili.

Vsako naključno določeno ploskev smo omejili z metrskim trakom ter jo znotraj razdelili na dva ali več manjših delov za lažje določanje skupnega števila osebkov na ploskvah. Na vsaki ploskvi smo določili število dreves, ki s svojimi krošnjami tvorijo gornji sloj dreves in v tlorisu prekrivajo celotno površino ploskve. Za beleženje posameznih kazalnikov ploskev smo uporabili preglednico, ki sta jo izdelala Bitorajc in Tanko (2004) in jo prilagodili našim potrebam. Na posamezni ploskvi smo ugotavljali prisotnost in število predrastkov.

Po štetju vseh dreves na izločeni ploskvi in določitvi dreves gornjega sloja smo izločili deset osebkov za določitev vseh kazalnikov ploskev. Glavni kriterij pri njihovi izbiri je bila njihova višina in enakomerna razporejenost na ploskvi. Na vseh ploskvah smo tako izbrali in določili 600 osebkov, 200 osebkov v vsakem tipu vrzeli. Ti osebki so predstavljali

morebitne kandidate pri izbiralnem ali prebiralnem redčenju v bodoče, odvisno od načina gospodarjenja v sestoju.

4.2.4.1 Kvantitativni znaki izbranih osebkov gornjega sloja

Bukovim osebkom, ki so bili na proučevanih ploskvah izbrani v vzorec, smo merili posamezne kvantitativne znake. Pri merjenju smo uporabili 6-metrsko kovinsko palico s 25 cm razdelbo, ki je služila predvsem za merjenje višin dreves. Večino ostalih znakov dreves smo izmerili z navadnim metrom. Merjeni znaki so bili:

- višina osebkov na 0,25 metra natančno; pri osebkih, višjih od 5 m so bile meritve natančne na 0,5 metra
- prsni premer v prsni višini 1,3 m, merjeno s kljunastim merilom na milimetrsko natančnost
- pomladni (višinski) prirastek, merjen v letu raziskave na milimeter natančnosti; dolžino prirastka visokih osebkov smo izmerili z upogibanjem
- kresni prirastek, za katerega smo ugotavljali zgolj prisotnost pri posameznih osebkih
- dolžina do prvega internodija, merjenega od vrha terminalnega poganjka do prvega stranskega poganjka na milimeter natančno
- širina krošnje, premerjena v največji njeni dolžini ter pravokotno na to smer v decimetrih natančno
- krivost osebkov; merilno palico smo pristavili ob drevo na višini 0,5 in 3 metre. Odčitali smo razdaljo med drevesom in palico in tako dobili podatek o krivosti v cm/2,5 metra dolžine debla.
- odklon osebka od vertikale, kjer smo merilno palico prislonili vertikalno ob drevo na višini 4 metrov in tako odmerili odmik debla od palice pri višini 0,5 metra. Tako smo dobili odmik od vertikale v cm/3,5 metra dolžine debla. Če so osebki dosegali nižjo višino od 4,5 metre, smo palico prislonili pri nižji višini in to upoštevali kasneje pri izračunu.
- višina od tal do prve žive veje, merjena na centimeter natančno
- število mrtvih in živih vej, kjer smo upoštevali premer vej, ki je dosegel vsaj tretjino premera osebka v višini prsnega premera; zraslih grč nismo upoštevali

4.2.4.2 Kvalitativni znaki izbranih osebkov gornjega sloja

Izmed kvalitativnih znakov smo za potrebe analize vpliva svetlobe na bukov gošče izbrali dva, in sicer tip rasti ter poškodovanost izbranih osebkov gornjega sloja. Pri tipu rasti smo upoštevali število terminalnih poganjkov in oblikovali v tri razrede:

- 1 – enovrhati
- 2 – dvovrhati
- 3 – večvrhati

Za vsak osebek buke smo ugotovili prisotnost poškodb, katerih nismo razvrščali glede na njihov izvor. Tako smo upoštevali le dva razreda:

- 0 – ni prisotnih poškodb
- 1 – poškodbe so prisotne

4.2.5 Meritve svetlobe na ploskvah

Meritve svetlobe smo izvedli s pomočjo dveh naprav LAI-2000 Plant canopy analyzer. Na ti dve napravi smo priključili LI-COR kvantna senzorja 190SA, ki merita fotosintetsko aktivno sevanje (PAR – photosynthetic active radiation) valovnih dolžin od 400 do 700 nm. Senzor izvaja meritve v enoti $\mu\text{mol s}^{-1} \text{ m}^{-2}$ (Navodila za LI-COR, 1995). Svetlobne razmere na ploskvah smo izmerili s hkratnimi meritvami na raziskovalnih ploskvah in na primerni odprti vrzeli, nastali zaradi vetroloma, na nekoliko nižji nadmorski višini. Pri postavitvi naprave v odprti vrzeli je bilo za pravilno izvednotenje rezultatov pomembno, da ni prihajalo do kakršnega koli zastiranja s strani okoliških dreves. Drugo napravo, s katero smo merili vrednosti svetlobnega sevanja na raziskovalnih ploskvah, smo pritrdili na kovinsko palico, na vrhu katere se je nahajal senzor za merjenje PAR sevanja. Meritve svetlobe na ploskvah smo izvajali v dveh delih. V prvem primeru smo meritve opravili tik pred sončnim zahodom ter takoj naslednje jutro tik pred sončnim vzhodom. Pri tem je bila zelo pomembna hitrost in pravočasnost merjenja. V prvem poskusu nam je uspelo izmeriti 40 ploskev (stratum 2 in 3). Preostale ploskve stratuma 1 smo merili v popolnoma oblačnem vremenu.



(a)



(b)

Slika 2: Prikaz merilnih naprav za merjenje difuzne svetlobe

Na vsaki izmed merilnih palic je na vrhu nameščen LI-COR kvantni senzor. Na palici za merjenje difuzne svetlobe na izbranih ploskvah (a) je pritrjen LAI-2000 Plant canopy analyzer. Na sliki (a) je spodaj viden sprožilec s pomočjo katerega senzor na vrhu palice odčita jakost svetlobnega sevanja. Slika (b) prikazuje postavitev senzorja in sprejemnika na referenčni ploskvi. (foto: Jenko, 2005)

Meritve na ploskvah smo opravili na višini, večji od 5,5 m oziroma tako visoko, da je senzor za merjenje PAR sevanja segal nad krošnje dreves zgornjega položaja. Na sredini vsake ploskve smo opravili po dve meritvi. V odprti vrzeli smo postavili senzor za merjenje svetlobe na višino 3 metrov. Meritve smo izvedli na dan 16. septembra po sončnem zahodu, 17. septembra pred sončnim vzhodom v jasnem vremenu ter 17. septembra 2005 dopoldan v popolnoma oblačnem vremenu.

Na podlagi vseh opravljenih meritev smo izračunali relativne jakosti sevanja (RJO), izraženih v odstotkih za posamezne ploskve. Takšne metode meritev sta uporabila tudi Bitorajc in Tanko (2004) ter nekateri drugi raziskovalci: Madsen (1995), Welander in Ottoson (1997).

4.2.6 Metode iz vrednotenja rezultatov

Rezultate smo iz vrednotili s statistično analizo, pri čemer smo razlike med znaki dreves in kazalnikov ploskev med tipi vrzeli in razredi relativne jakosti sevanja ugotavljali z analizo kovariance. Kot neodvisna spremenljivka (kovariata) je nastopala višina osebkov. Pri ugotavljanju razlik med kvalitativnimi znaki glede na tip vrzeli in razrede RJO smo uporabili Pearsonov χ^2 – test. Razlike pojavljanja predrastkov med stratumi smo ugotavljali s pomočjo Cochranovega testa, zaradi razlik v številu ploskev znotraj razredov RJO pa smo uporabili Pearsonov χ^2 – test.

Odvisnost kazalnikov ploskev in znakov dreves od relativne jakosti sevanja ter medsebojne odvisnosti smo določali s pomočjo linearne regresije, kjer nam korelacijski koeficient R^2 podaja stopnjo odvisnosti med neodvisnim in odvisnim znakom ob določeni stopnji tveganja.

Za izločitev znakov, ki posamezen analiziran osebek uvrstijo v določen svetlobni razred, smo uporabili diskriminativno analizo. Pri tem nam parcialne Wilksove lambde (λ) predstavljajo ekvivalente parcialnim korelacijskim koeficientom pri multipli regresiji, pri čemer nam manjša vrednost omenjenega znaka kaže na večjo razlikovalno moč posameznega znaka. V izbrani analizi nam korelacijski koeficient R^2 za posamezen znak kaže na stopnjo odvisnosti tega znaka od ostalih znakov v modelu. Kanonična analiza nam je pokazala, kako so znaki diskriminirani po posameznih razredih. Pri tem smo izračunali diskriminativne funkcije. Standardizirani koeficienti se nanašajo na standardizirane spremenljivke, ki nam služijo za interpretacijo rezultatov.

Pri statistični analizi smo si pomagali z računalniškim programom Statistica.

5 REZULTATI

Bukovo goščo ter svetlobne razmere v njih smo analizirali in primerjali na 60 ploskvah treh tipov vrzeli na podlagi izmerjenih kvalitativnih in kvantitativnih znakov 600 izbranih osebkov bukve.

5.1 SVETLOBNE RAZMERE V VRZELIH

5.1.1 Površine vrzeli

Površine posameznih vrzeli se med seboj bistveno razlikujejo, odvisno od tega v kateri velikostni razred so bile uvrščene. Velikosti vrzeli so ocenjene okularno, pri čemer je kot kriterij veljal večkratnik velikosti površin merjenih ploskev (0,25 ar). Ocenjena površina največje ploskve je bila velikosti reda 500 arov in je bila le del obširne površine, ki je nastala kot posledica vetroloma. Male vrzeli so bile v povprečju velike manj kot 1 ar, med tem ko so bile srednje vrzeli povprečno velike 3,25 ara.

Preglednica 1: Prikaz števila ter velikosti ploskev po tipih vrzeli

ODDELKI	TIP VRZELI					
	VELIKE		SREDNJE		MALE	
	število vrzeli	povp. površine (ar)	število vrzeli	povp. površine (ar)	število vrzeli	povp. površine (ar)
18a	1	500,00				
25a	3	28,33				
36a			10	3,37	7	0,71
42a			1	2,00	4	0,50
Σ	4	146,20	11	3,25	11	0,63

5.2 RAZRAST PO TIPIH VRZELI

Različne drevesne višine merjenih osebkov so bile razlog, da smo pri statistični analizi kovariance kot kovariato uporabili višino dreves. Povprečne dejanske vrednosti kazalcev in

znakov ploskev smo prikazali s pomočjo grafov. V primeru bistvenih odstopanj povprečnih vrednosti posameznih znakov in kazalnikov, smo v oklepaju navedli tudi njihove prilagojene vrednosti.

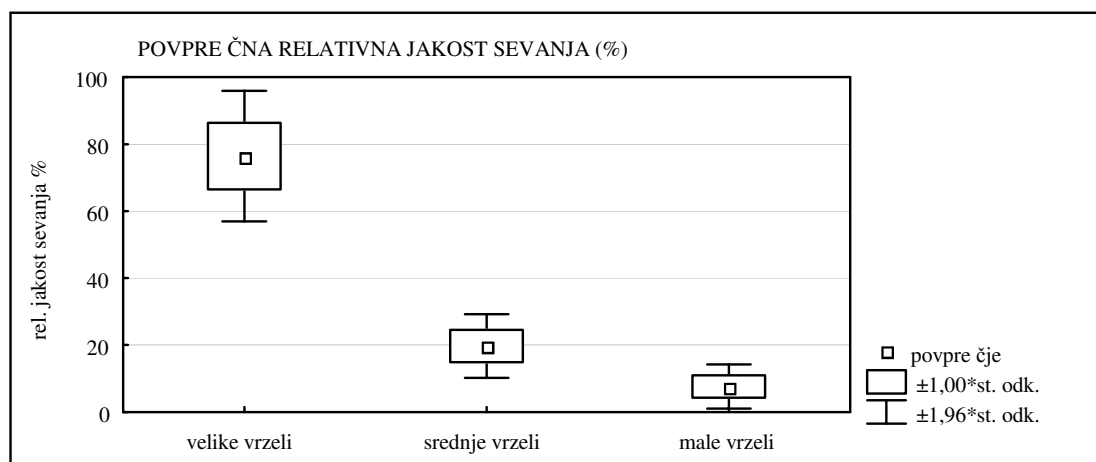
5.2.1 Povprečne vrednosti kazalnikov ploskev in njihova primerjava po tipih vrzeli

5.2.1.1 Kazalniki ploskev

Svetlobne razmere

Relativna jakost sevanja (RJO)

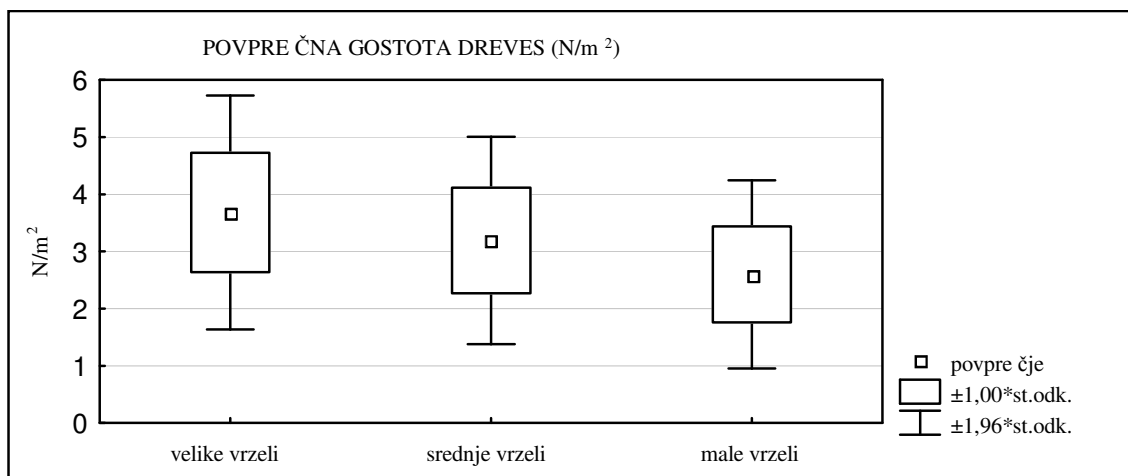
Relativna jakost sevanja je bila pričakovano največja v velikih vrzelih, kjer je učinek zastiranja sosednjih dreves najmanjši. Povprečna vrednost RJO v velikih vrzelih je znašala 76,45 %, kar lahko pripišemo izbiri ploskev, deloma pa vplivu robnih dreves. Najmanjše vrednosti relativne jakosti sevanja smo izmerili v malih vrzelih, povprečje je znašalo 7,60 %. V izbranih malih vrzelih so bile svetlobne razmere dokaj homogene, na kar nakazujejo tudi izmerjene najmanjše (4 %) ter največje (14 %) vrednosti RJO (slika 3; preglednica 2). V srednjih vrzelih so bile vrednosti RJO bolj raznolike (najmanjša 10 % in največja 33%), vendar kljub vsemu nižje od pričakovanih, kar je možno pojasniti s postavitvijo ploskev znotraj posameznih vrzeli.



Slika 3: Povprečna relativna jakost sevanja

Gostota dreves

Povprečna gostota dreves je bila največja v velikih vrzelih in je znašala 3,68 (4,73) dreves na kvadratni meter. Iz slike 4 je razvidno, da povprečno število dreves približno linearno pada od velikih proti malim vrzelim, kar je v skladu s pričakovanji, saj je delež osvetljenosti v malih vrzelih najmanjši. Povprečna gostota dreves v srednjih vrzelih je 3,19 N/m^2 (2,62 N/m^2), med tem ko v malih vrzelih znaša 2,60 N/m^2 (2,13 N/m^2) (preglednica 2). Največja vrednost gostote dreves je bila v veliki vrzeli in znaša 5,92 N/m^2 , najmanjša pa v malih vrzelih, kjer smo našli zgolj 1,20 osebkov/ m^2 . Nizko število dreves v vrzelih lahko pripišemo tudi večji površinski skalovitosti v malih in srednjih vrzelih, ki je bila na nekaterih ploskvah blizu 50 % celotne površine ploskve.



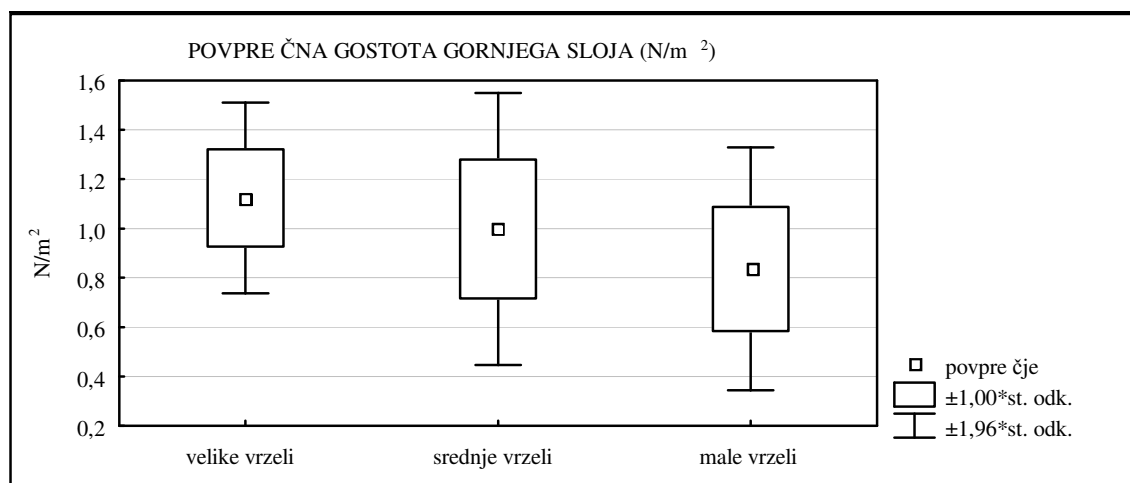
Slika 4: Povprečna gostota dreves po tipih vrzeli

Drevesna sestava

Pri ugotavljanju drevesne sestave osebkov po vrzelih je daleč prevladovala bukev. Največji delež ostalih drevesnih vrst smo našli v velikih vrzelih, kjer so se v večjem številu pojavljali gorski brest, gorski javor in smreka. Veliki jesen in jelka sta bila na ploskvah prisotna le s posameznimi osebki.

Gostota gornjega sloja

Število dreves v gornjem sloju dreves na preučevanih ploskvah je pričakovano glede na tipe vrzeli. Tako je bila ugotovljena največja gostota osebkov v velikih vrzelih, in sicer $1,12 \text{ N/m}^2$ ($1,26 \text{ N/m}^2$). V srednjih vrzelih bilo število osebkov v gornjem sloju $1,00 \text{ N/m}^2$ ($0,93 \text{ N/m}^2$), v malih vrzelih pa $0,84 \text{ N/m}^2$ ($0,78 \text{ N/m}^2$) (slika 5, preglednica 2).



Slika 5: Povprečna gostota gornjega sloja

Predrastki

Predrastki bukve so bili prisotni v vseh tipih vrzelih, vendar v malih vrzelih le na petih ploskvah. Na ploskvah v srednjih vrzelih so bili predrastki prisotni v 9 primerih, v velikih vrzelih pa kar na 16 ploskvah, kar predstavlja večino izbranih ploskev. Razlog večjemu številu predrastkov v velikih in deloma tudi srednjih vrzelih lahko razložimo z dejstvom, da so bili ti osebki prisotni pred oblikovanjem vrzeli ali pa so posamezni osebki zgolj uveljavili konkurenčno moč proti ostalim osebkom (preglednica 2).

5.2.1.2 Primerjava obravnavanih kazalnikov ploskev

Namen statistične analize pridobljenih podatkov je bilo ugotoviti, ali se obravnavani kazalniki ploskev v posameznih tipih vrzeli med seboj statistično razlikujejo. Za test razlik smo uporabili analizo kovariance, pri čemer je višina dreves nastopala kot kovariata. Za relativno jakost sevanja nismo podajali analize kovariance in prilagojenih vrednosti, navedli smo zgolj povprečne dejanske vrednosti. Pri ugotavljanju statističnih razlik med ploskvami za pojav predrastkov smo uporabili Cochranov test.

Z analizo kovariance je bilo ugotovljeno, da med tipi vrzeli obstajajo statistično značilne razlike. Največja odstopanja med povprečnimi dejanskimi in povprečnimi prilagojenimi vrednostmi so se pojavile za kazalnik gostota dreves na ploskvah in posledično tudi za število bukev na ploskvah posameznih tipov vrzeli. Analiza rezultatov kaže, da je dejansko povprečno število dreves na ploskvah znotraj posameznih tipov vrzeli bistveno nižje, kot pa nakazujejo rezultati povprečnih prilagojenih vrednosti. Največja odstopanja se kažejo v velikih vrzelih, kjer povprečne prilagojene vrednosti za število osebkov na ploskvah ($4,73 \text{ N/m}^2$) odstopajo za več kot en osebek/ m^2 v primerjavi z dobljenimi povprečnimi dejanskimi vrednostmi ($3,68 \text{ N/m}^2$).

Preglednica 2: Povprečja in analiza statističnih razlik kazalnikov ploskev po tipih vrzeli (N=60)

KAZALNIKI PLOSKEV		VELIKE VRZELI	SREDNJE VRZELI	MALE VRZELI	R ² F-test p		
		povprečje					
gos. dreves (N/m ²)	dejansko	3,68	3,19	2,60	0,3404	9,63	0,0000
	prilagojeno	4,73	2,62	2,13			
gos. bukev (N/m ²)	dejansko	3,21	3,14	2,56	0,2784	7,20	0,0003
	prilagojeno	4,20	2,60	2,11			
gos. ost. vrst (N/m ²)	dejansko	0,50	0,05	0,04	0,5591	23,68	0,0000
	prilagojeno	0,52	0,03	0,02			
gos. g. sloja (N/m ²)	dejansko	1,12	1,00	0,84	0,2306	5,60	0,0019
	prilagojeno	1,26	0,93	0,78			
RJO (%)	dejansko	76,45	19,70	7,60			

Statistično značilne razlike pri pojavljanju predrastkov smo ugotavljali s pomočjo Cochranovega testa. Izračun je pokazal, da te razlike obstajajo. Predrastki so bili prisotni na polovici (30) vseh ploskev (preglednica 3).

Preglednica 3: Preskus razlik pojavljanja predrastkov po tipih vrzeli (N=60)

TIP VRZELI	PREDRASTKOV NI		PREDRASTKI SO		Q	st. pr.	p
	število	delež (%)	število	delež (%)			
velike vrzeli	4	20,0	16	80,0	10,94	2	0,0042
srednje vrzeli	11	55,0	9	45,0			
male vrzeli	15	75,0	5	25,0			
Σ	30		30				

5.2.2 Povprečne vrednosti znakov izbranih osebkov gornjega sloja po tipih vrzeli

5.2.2.1 Kvantitativni znaki izbranih dreves

Med kvalitativnimi znaki naključno izbranih osebkov na ploskvah po posameznih tipih vrzeli smo obravnavali vse znake, ki jih navajamo v nadaljevanju. Pri višinskem prirastku nismo obravnavali kresnih poganjkov, ker je bila večina meritev opravljena konec junija ter v začetku julija, ko kresni poganjki še niso bili prisotni.

Višina

Najvišja izbrana drevesa so se nahajala v velikih vrzelih, njihova povprečna višina je znašala 5,8 m. Med srednjimi (4,1 m) in malimi (4,2 m) vrzelmi ni bilo večjih razlik v višini. V velikih vrzelih je bila izmerjena največja, 7,5 m visoka bukev, medtem ko je bilo najnižje bukovo drevo izmerjeno v srednji vrzeli (2,75 m).

Premers

Povprečen premer je bil v velikih vrzelih bistveno večji, kot v srednjih in malih vrzelih, saj je znašal 32,9 mm (25,5 mm). Razlike v povprečnih vrednostih premerov srednjih in malih vrzeli so bile približno enake (preglednica 4). Največji premer je bil izmerjen v velikih vrzelih, njegova vrednost je bila 51 mm, med tem ko smo najmanjši premer ugotovili v srednjih vrzelih (11 mm).

Vitkostno razmerje

Vitkostno razmerje je izraženo kot kvocient med višino posameznih osebkov ter njihovim premerom. Povprečne vrednosti kvocienta so se spreminjale obratno sorazmerno glede na tip vrzeli. V malih vrzelih smo ugotovili največje vrednosti H/d . Najmanjše vrednosti so bile v velikih vrzelih in so v povprečju znašale 180,7 (193,5) (preglednica 4).

Višinski prirastki

Kot je bilo že v uvodu poglavja omenjeno, nismo ugotavljali kresnih poganjkov, ker je bila večina meritev opravljena v času, ko poganjki na osebkih še niso bili prisotni. Zato tudi ne podajamo ločeno dolžine pomladnih in kresnih poganjkov, pač pa zgolj dolžino višinskih prirastkov. Le-ta je bila pričakovano največja v velikih vrzelih, saj je v povprečju znašala kar 431,2 mm. Tudi standardni odklon je bil največji v velikih vrzelih. Povprečna višinska prirastka v srednjih in malih vrzelih sta bila občutno nižja od tistih v velikih vrzelih (preglednica 4).

Dolžina do prvega internodija

Povprečne vrednosti dolžin od vrha vodilnega poganjka do prvega internodija se med posameznimi tipi vrzeli niso bistveno razlikovale. Tako smo v velikih vrzelih izmerili povprečno dolžino 28,1 mm, v malih vrzelih pa 27,8 mm. V vseh tipih vrzeli se je pojavila tudi nična dolžina do prvega internodija. Ta pojav pa je prevladoval v velikih vrzelih. Razlog temu je bila pri večini primerkov poškodba terminalnih poganjkov zaradi toče.

Krošnja

Ploščina krošnje

Ploščino krošnje smo izračunali na podlagi izmere obeh dolžin krošnje, pri čemer smo uporabili enačbo za računanje ploščine elipse. Omenjena enačba se glasi:

$$pl = \pi \cdot a \cdot b \quad \dots (1)$$

pl = ploščina krošnje

a = polovica širine krošnje v najdaljši smeri

b = polovica širine krošnje v smeri pravokotni na najdaljšo

Rezultati kažejo na zelo podobne povprečne vrednosti ploščin krošenj v vseh tipih vrzelih. V malih vrzelih so bile povprečne vrednosti ploščine krošenj $2,9 \text{ m}^2$ ($3,4 \text{ m}^2$), v velikih vrzelih so te vrednosti znašale $3,0 \text{ m}^2$ ($1,9 \text{ m}^2$). V srednjih vrzelih je bila povprečna ploščina krošnje najmanjša, znašala je $2,7 \text{ m}^2$ ($3,2 \text{ m}^2$).

Dolžina krošnje

Dolžino krošnje smo dobili kot razliko med višino posameznega osebka ter višino do njegove prve žive veje. Povprečne dolžine krošenj so bila največje v velikih vrzelih in so znašale 4,2 m (3,5 m), najmanjše v malih vrzelih – 3,0 m (3,3 m), v srednjih vrzelih je njihova vrednost znašala 3,3 m (3,7 m).

Stopnja asimetričnosti

Vrednosti za stopnjo asimetričnosti smo dobili kot kvocient med krajšo in daljšo dolžino krošnje, izraženo v odstotkih. Največja stopnja asimetričnosti je bila prisotna v srednjih vrzelih – 84 %. V velikih in malih vrzelih so bile te vrednosti manjše le za odtenek - 82 %.

Krivost

Krivosti so se med posameznimi tipi vrzeli le malo razlikovale. V povprečju je bila največja krivost izmerjena v malih vrzelih in sicer je znašala 2,7 cm/m. Sledi povprečna krivost v srednjih vrzelih – 2,6 cm/m ter v velikih vrzelih – 2,5 cm/m (preglednica 4). Največjo povprečno krivost smo izmerili v srednji vrzeli, vrednost je znašala 11,2 cm/m.

Odklon od vertikale

Z zmanjševanjem vrzeli so se večale povprečne vrednosti odklona od navpične smeri rasti. Zaznali smo večje razlike med povprečnimi vrednostmi med tipi vrzeli (preglednica 4). V velikih vrzelih so te vrednosti znašale 8,5 cm/m, med tem ko v srednjih 10,4 cm/m, v malih vrzelih pa 10,2 cm/m. V slednjih je bilo tudi največ izbranih dreves, ki so imela izrazitejšo poševno rast, čeprav je bil osebek z največjim odklonom od navpične smeri rasti izmerjen v srednji vrzeli. Odklon je znašal 54,7 cm/m.

Višina do prve žive veje

Največjo povprečno vrednost višine do prve žive veje smo ugotovili v velikih vrzelih in je znašala 160 cm (119 cm). V srednjih vrzelih so povprečne vrednosti znaka znašale 81 cm (104 cm), v malih vrzelih pa 117 cm (136 cm). Standardni odklon je bil največji v velikih vrzelih in je znašal 85,35, kar nakazuje na veliko razpršenost izmerjenih podatkov okoli povprečne vrednosti višin do prve žive veje.

Število vej

Žive veje

Največ živih vej se je pojavilo v srednjih vrzelih – 6,5 vej, kjer je bilo tudi največje odstopanje od povprečja. Nepričakovano majhno število živih vej smo v povprečju ugotovili v velikih vrzelih, le 3,3 veje (preglednica 4). Največje število živih vej je bilo ugotovljeno v malih vrzelih – 14 vej. V splošnem je bilo izredno malo primerkov, ki bi bili

brez živih vej debeline vsaj tretjino premera drevesa, v velikih vrzelih smo našli le dva takšna osebka.

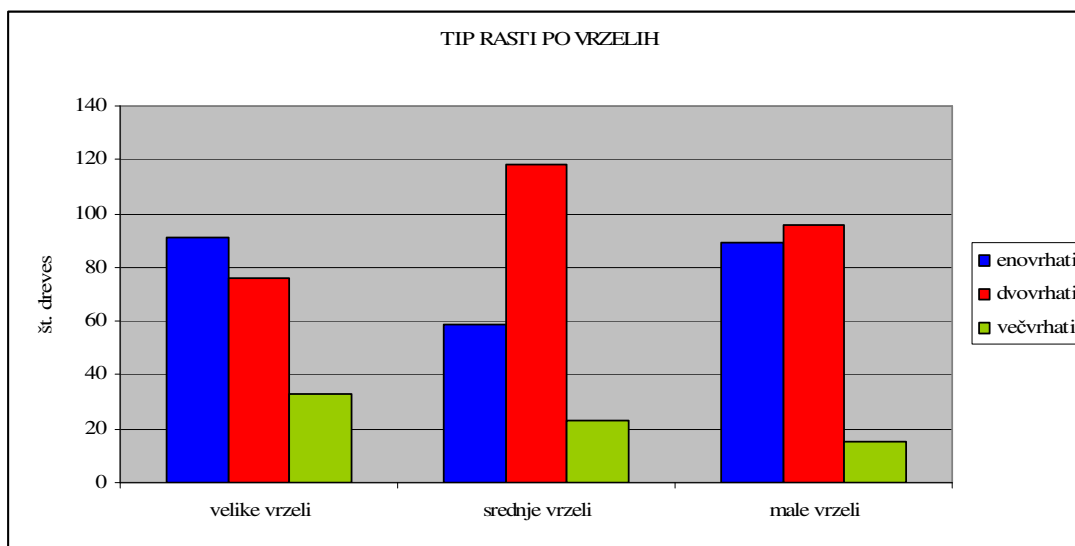
Mrtve veje

Največ mrtvih vej – 3,1 vej z debelino vsaj tretjino premera drevesa smo ugotovili v malih vrzelih, kar je znak dobrega trebljenja vej osebkov. V srednjih vrzelih je bilo povprečje mrtvih vej 1,9, v velikih vrzelih je ta vrednost znašala 1,0 vej. Največje število mrtvih vej na enem primerki smo določili v malih vrzelih – 9 vej. V vseh tipih vrzelih je bilo precejšnje število osebkov brez mrtvih vej.

5.2.2.2 Kvalitativni znaki izbranih dreves

Tip rasti

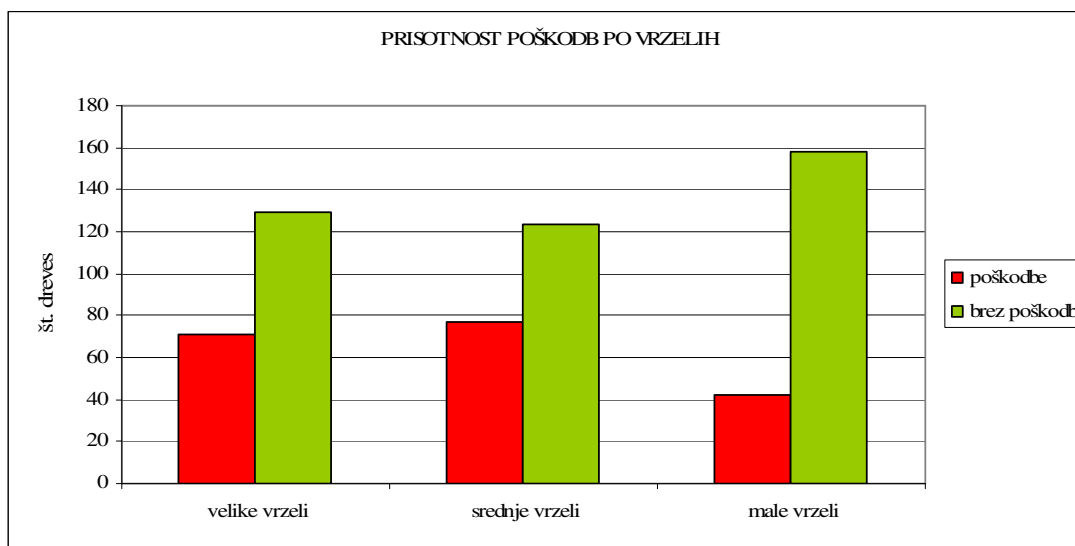
Pri analizi bukove gošče na primeru izbranih osebkov smo glede tipa rasti ugotovili, da so v velikih vrzelih prevladovali enovrhati osebki. Podobna slika se je pokazala tudi v malih vrzelih, le da je bilo v njih ugotovljeno za nekaj primerkov večje število osebkov z dvema terminalnima poganjkoma. V vseh tipih vrzeli je bilo več kot polovico osebkov dvo- ali večvrhatih, kar v tej stopnji razvoja mladja predstavlja nezaželeno obliko rasti. Ta ugotovitev je presenetljiva predvsem v malih vrzelih, kjer naj bi zaradi zaostrenih svetlobnih razmer prevladovali osebki le z enim terminalnim poganjkom.



Slika 6: Tip rasti po vrzelih

Poškodbe

Pri ugotavljanju prisotnosti poškodb izbranih primerkov bukev smo določali zgolj prisotnost poškodb, ne pa tudi vzrok njihovega nastanka. Iz slike 8 je razvidno, da so po posameznih tipih vrzelih prevladovali osebki, ki niso bili poškodovani. Takšnih bukev je bilo največ v malih vrzelih. V splošnem smo ugotovili, da so prevladovale poškodbe biotskega izvora (defoliirani listi, zadebelitve vej). Na nekaterih primerkih so se pojavljale tudi poškodbe po toči, vendar le v majhnem obsegu.



Slika 7: Poškodbe po tipih vrzeli

5.2.2.3 Primerjava znakov izbranih dreves po tipih vrzeli

Z analizo kovariance, pri čemer je višina dreves nastopala kot kovariata, smo skušali ugotoviti ali se ugotovljeni znaki izbranih dreves po tipih vrzeli med seboj značilno razlikujejo. Za višino dreves nismo podajali analize kovariance in prilagojenih vrednosti, temveč le povprečne dejanske vrednosti.

Za kvantitativna znake dreves smo ugotovili, da so bile razlike med tipi vrzeli statistično značilne za vse znake. Izjema je le krivost osebkov v posameznih tipih vrzeli, kjer razlike v krivosti med tipi vrzeli niso statistično značilne ($p=0,275$). Korelacijski koeficienti so v splošnem visoki. Največji ugotovljeni se pojavljajo pri premeru, višinskem prirastku in dolžini krošnje.

Preglednica 4: Primerjava kvantitativnih znakov izbranih dreves in preskus značilnosti razlik med vrzelmi (N=600)

ZNAKI DREVES		VELIKE VRZELI	SREDNJE VRZELI	MALE VRZELI	R ²	F-test	p
	število	povprečje					
višina (m)	dejansko	5,8	4,1	4,2			
premer (mm)	dejansko	32,9	22,8	21,2	0,8351	457,76	0.0000
	prilagojeno	25,5	26,9	25,0			
vitkostno razmerje	dejansko	180,7	186,3	201,6	0,3519	28,08	0.0000
	prilagojeno	193,5	179,3	195,8			
viš. prirastek (mm)	dejansko	431,2	252,4	156,3	0,7599	271,57	0.0000
	prilagojeno	391,4	274,2	174,3			
internodij (mm)	dejansko	28,1	27,5	27,8	0,1527	4,74	0.0028
	prilagojeno	23,7	29,9	29,8			
plošč. krošnje (m ²)	dejansko	3,0	2,7	2,9	0,5495	85,93	0.0000
	prilagojeno	1,9	3,3	3,4			
dolžina krošnje (m)	dejansko	4,2	3,3	3,0	0,7024	193,50	0.0000
	prilagojeno	3,5	3,7	3,3			
st. asimetričnosti	dejansko	81,8	83,6	81,4	0,1243	3,12	0.0256
	prilagojeno	79,9	84,6	82,3			
krivost (cm/m)	dejansko	2,5	2,6	2,7	0,0804	1,29	0.2755
	prilagojeno	2,7	2,5	2,6			
odklon od vert. (cm/m)	dejansko	8,5	10,4	10,2	0,1814	6,76	0.0002
	prilagojeno	9,7	9,7	9,6			
viš. do prve veje (cm)	dejansko	159,5	81,6	117,3	0,5197	73,52	0.0000
	prilagojeno	119,2	103,7	135,6			
št. živih vej	dejansko	3,3	6,5	5,3	0,5777	99,49	0.0000
	prilagojeno	4,2	6,1	4,9			
št. mrtvih vej	dejansko	1,0	1,9	3,1	0,4319	45,56	0.0000
	prilagojeno	0,9	1,9	3,2			

S Pearsonovim χ^2 -testom smo preizkušali razlike za kvantitativne znake med tipi vrzeli. Rezultati so pokazali, da so med vrzelmi statistično značilne razlike tako za tip rasti kot za poškodbe (preglednica 5).

Preglednica 5: Preizkus razlik za pojavljanje poškodb in tip rasti (N=600)

	VELIKE VRZELI	SREDNJE VRZELI	MALE VRZELI	χ^2	st. prost.	p
TIP RASTI	število osebkov					
enovrhat	91	59	89	24,07	4	0,0000
dvovrhat	76	118	96			
večvrhat	33	23	15			
Σ	200	200	200			
POŠKODBE						
poškodb ni	129	123	158	16,19	2	0,0000
poškodbe so	71	77	42			
Σ	200	200	200			

5.3 RAZRAST PO RAZREDIH RELATIVNE JAKOSTI SEVANJA (RJO)

Zaradi primerljivosti med vrednostmi RJO na ploskvah, ki smo jih izmerili pri pričujoči raziskavi ter RJO vrednostmi, ki so bile izmerjene pri raziskavi svetlobnih razmer v bukovih goščah podgorskih bukovih gozdov (Bitorajc in Tanko, 2004), smo oblikovali svetlobne razrede po tretjinah od vrednosti 100 %. Na ta način smo oblikovali le dva razreda, kajti izmerjene vrednosti RJO so se gibale od 0-33 % ter od 67-100 %. Vmesne vrednosti RJO smo izmerili le na dveh ploskvah (34 % in 66 %), ki smo jih zaradi boljše primerljivosti rezultatov izločili iz analize. Tako smo oblikovali razred I, ki je vseboval vrednosti 67-100 % (18 ploskev, 180 osebkov) ter razred II, ki je obsegal vrednosti od 0-33 % (40 ploskev, 400 osebkov). Vse ploskve v malih in srednjih vrzeli so bile glede na izmerjeni RJO uvrščene v razred šibke jakosti sončnega sevanja. Razlog za takšno razporeditev ploskev po razredih RJO lahko razložimo z načinom gospodarjenja. V sestojih, kjer so bile določene ploskve malih in srednjih vrzeli, je način gospodarjenja malopovršinski – skupinsko prebiralni. Pri takšnem načinu gre za postopno in zmerno odstranitev odraslih dreves, kjer se tudi svetlobne razmere ne spreminjajo bistveno. Delno takšno razporeditev svetlobnih razmer v izbranih ploskvah lahko pripišemo tudi subjektivni izbiri vrzeli ter njihovi razporeditvi na tipe vrzeli.

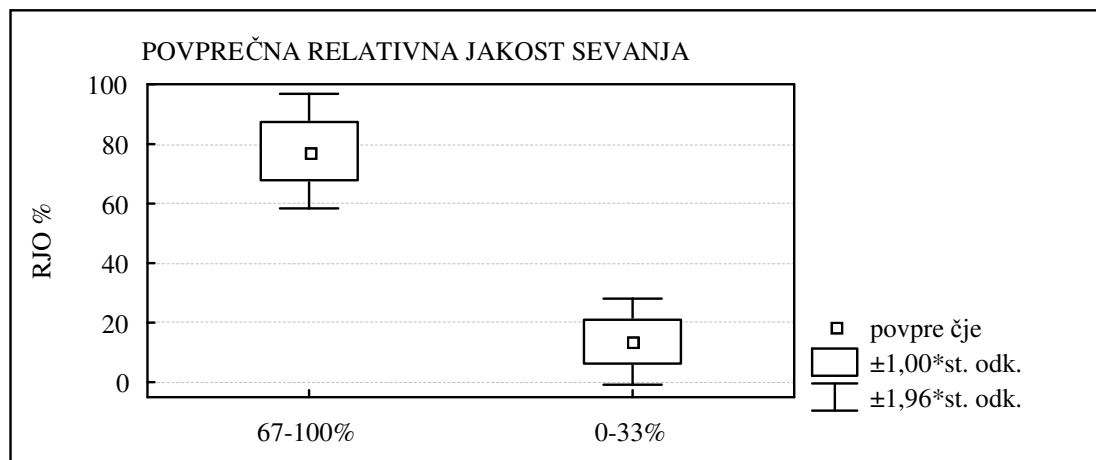
5.3.1 Povprečne vrednosti kazalnikov ploskev in njihova primerjava po razredih RJO

5.3.1.1 Kazalniki ploskev

Svetlobne razmere

Relativna jakost sevanja

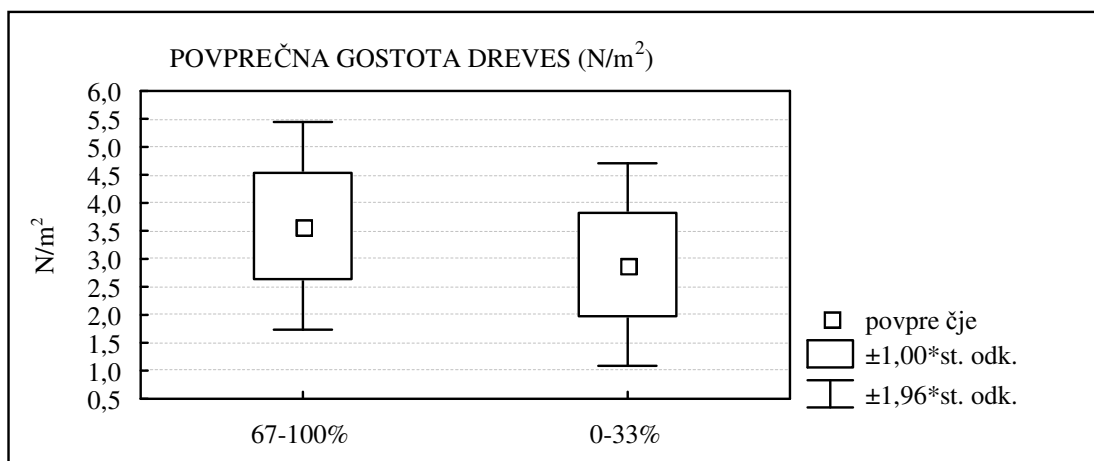
Pričakovano je bila največja povprečna vrednost relativne jakosti sevanja v razredu I (78 %). V razredu II je znašala povprečna RJO 14 %. Standardni odklon v tem razredu je bil nizek (7,38), kar nakazuje na dokaj homogene svetlobne razmere, čeprav so v ta razred poleg malih vrzeli vključene tudi srednje vrzeli (slika 8, preglednica 6).



Slika 8: Povprečna relativna jakost sevanja po razredih RJO

Gostota dreves

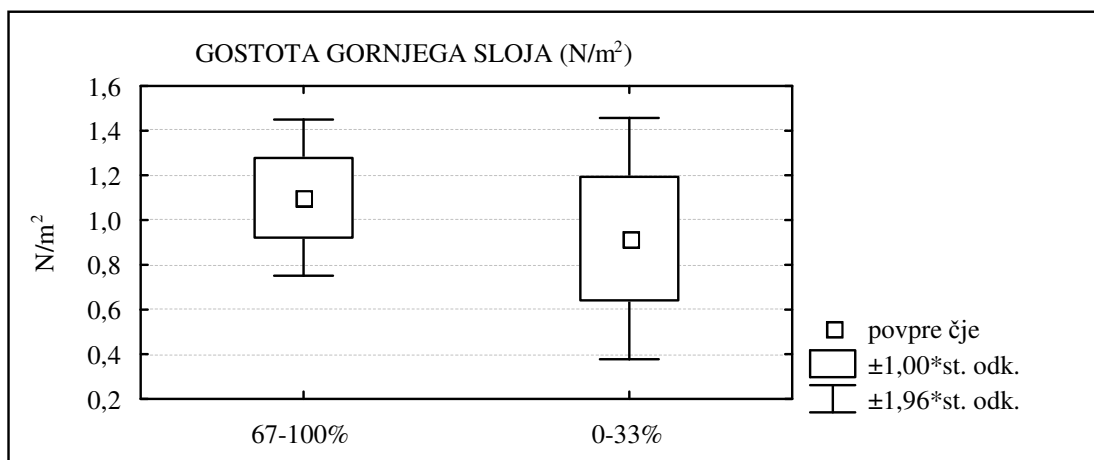
Največja povprečna gostota dreves se je pojavila na ploskvah razreda I – 3,59 N/m² (4,71 N/m²). V razredu II so bile te vrednosti manjše – 2,90 N/m² (2,39 N/m²), vendar dejansko povprečno število dreves na ploskvah v obeh razredih ni bilo izrazito različno (slika 9, preglednica 6).



Slika 9: Povprečna gostota dreves po RJO razredih

Gornji sloj

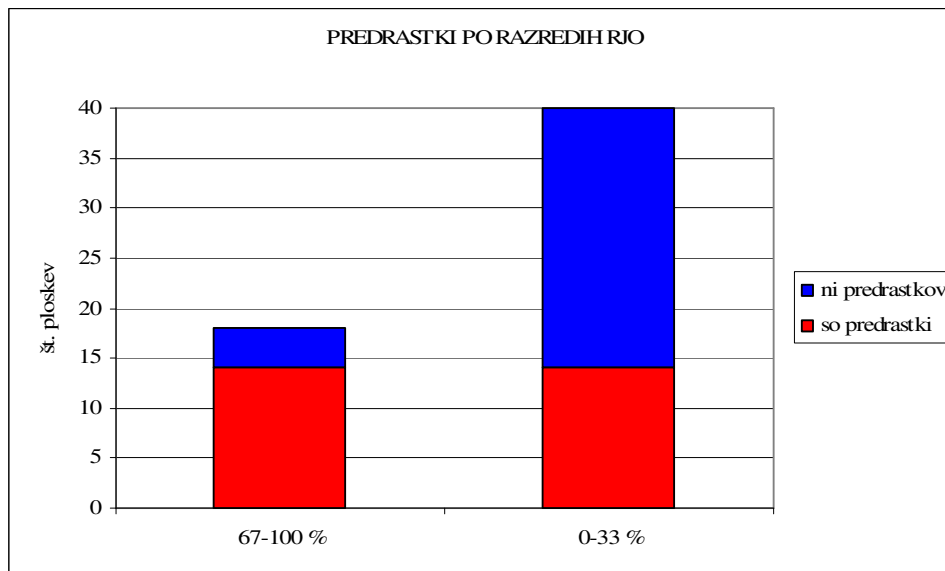
Podobno kot pri povprečnih gostotah vseh osebkov na ploskvi se je tudi pri povprečni gostoti pokazalo največje število osebkov v razredu I. Dejanska povprečna vrednot osebkov je znašala 1,10 N/m², prilagojena pa 1,25 N/m². Povprečne vrednosti števila osebkov gornjega sloja v razredu II so znašale 0,92 N/m² (0,85 N/m²) (slika 10, preglednica 6). Izkazalo se je, da se v obeh svetlobnih razredih približno tretjina vseh osebkov na ploskvah nahaja v zgornjem sloju.



Slika 10: Povprečna gostota dreves gornjega sloja po RJO razredih

Predrastki

Število predrastkov po obeh svetlobnih razredih je bilo enako, vendar glede na število ploskev je bil njihov delež po razredih seveda različen. Tako v razredu I kot razredu II se je pojavilo 14 predrastkov, kar v razredu I predstavlja 78 % vseh ploskev, v razredu II pa 35 %.



Slika 11: Predrastki na ploskvah po RJO razredih

5.3.1.2 Primerjava kazalnikov ploskev

S statistično analizo pridobljenih podatkov smo skušali ugotoviti ali se obravnavani kazalniki ploskev v posameznih razredih RJO med seboj statistično razlikujejo. Za test razlik smo uporabili analizo kovariance, pri čemer je višina dreves nastopala kot kovariata. Za relativno jakost sevanja nismo podajali analize kovariance in prilagojenih vrednosti, navedli smo zgolj povprečne dejanske vrednosti. Pri preizkusu razlik za pojavljanje predrastkov med razredoma RJO smo zaradi različnega števila ploskev po razredih uporabili hi-kvadrat (χ^2) test.

Z analizo kovariance je bilo ugotovljeno, da med tipi vrzeli obstajajo statistično značilne razlike. Večjih odstopanj med povprečnimi dejanskimi in povprečnimi prilagojenimi

vrednostmi ni bilo, izjema je le gostota dreves ploskvah in posledično tudi število bukev na ploskvah po posameznih RJO razredih. Tudi tu je analiza pokazala, da je dejansko povprečno število dreves na ploskvah znotraj posameznega RJO razreda nižje, kot pa nakazujejo rezultati povprečnih prilagojenih vrednosti.

Preglednica 6: Povprečja in analiza statističnih razlik kazalnikov ploskev po razredih RJO (N = 58)

KAZALNIKI PLOSKEV		RAZRED RJO		R ²	F-test	p
		I	II			
		povprečje				
gos. dreves (N/m ²)	dejansko	3,59	2,90	0,2965	11,59	0,000
	prilagojeno	4,71	2,39			
gos. bukev (N/m ²)	dejansko	3,15	2,85	0,2341	8,40	0,000
	prilagojeno	4,22	2,36			
gos. ost. vrst (N/m ²)	dejansko	0,44	0,05	0,5320	31,27	0,000
	prilagojeno	0,49	0,03			
gos. g. sloja (N/m ²)	dejansko	1,10	0,92	0,1526	4,95	0,010
	prilagojeno	1,25	0,85			
RJO (%)	dejansko	77,61	13,65			

Izračun statistično značilnih razlike pri pojavljanju predrastkov je pokazal, da razlike med razredi RJO obstajajo (preglednica št. 7).

Preglednica 7: Preskus razlik pojavljanja predrastkov po razredih RJO (N=58)

RAZRED RJO	PREDRASTKOV NI		PREDRASTKI SO		χ^2	st. pr.	p
	število	delež (%)	število	delež (%)			
razred I	4	22,0	14	78,0	9,10	1	0,002
razred II	26	65,0	14	35,0			
Σ	30		26				

5.3.2 Povprečne vrednosti znakov izbranih osebkov gornjega sloja po razredih RJO ter njihova medsebojna primerjava

5.3.2.1 Kvantitativni znaki osebkov

Višina

Povprečne višine so bile pričakovano največje v razredu I in so znašale kar 5,79 m. Razlog za tako visoke vrednosti lahko iščemo v dejstvu, da smo nekaj ploskev postavili v veliki vrzeli, ki je nastala kot posledica vetroloma. Tam so imeli nekateri osebki višino tudi do 7 m. V razredu II je bila povprečna višina bistveno nižja, znašala je 4,15 m (preglednica 8).

Premjer

V razredu I je znašal povprečni premer 32,3 mm (prilagojen 24,7 mm), med tem ko je v razredu II znašalo povprečje 22,2 mm (25,7 mm) (preglednica 8).

Vitkostno razmerje (H/d)

Največja odstopanja vitkostnih razmerij so se pojavila v II razredu RJO, kjer je povprečna dejanska vrednost za ta razred znašala 194. V razredu I je bilo ugotovljeno povprečje 184 (preglednica 8). Rezultati nakazujejo, da se z manjšanjem jakosti svetlobnega sevanja povečuje vitkostno razmerje osebkov.

Višinski prirastek

Tudi tu smo upoštevali le pomladni višinski prirastek saj se v času opravljanja meritev kresni poganjki še niso pojavljali. Največje povprečne vrednosti so bile pričakovano ugotovljene v razredu I in so znašale 432 mm (396 mm). V razredu II so bile te vrednosti skoraj za več kot polovico nižje, znašale so 204 mm (220 mm). Kaže se, da so z manjšanjem deleža svetlobnega sevanja manjše tudi vrednosti višinskih prirastkov (preglednica 8).

Dolžina do prvega internodija

Dejanska povprečna dolžina do prvega internodija je bila v RJO razredu I 29,1 mm, med tem ko je bila prilagojena povprečna vrednost 24,3 mm. Standardni odklon je bil v razredu I sorazmerno velik – 23,2 mm. V RJO razredu II je znašala povprečna dolžina do prvega internodija 27,6 mm (29,7 mm) (preglednica 8).

Krošnja

Ploščina krošnje

Ploščine krošenj so bile v povprečju največje v razredu I, in sicer je znašala 2,99 m² (1,77 m²). V razredu II je ploščina krošenj znašala 2,77 m² (3,32 m²). Raznolikost ploščin krošenj osebkov v obeh svetlobnih razredih je približno enaka, na kar nakazuje tudi enak standardni odklon. Le-ta znaša 0,53 (preglednica 8).

Dolžina krošnje

Primerki z najdaljšimi krošnjami s 4,2 m so se nahajali v svetlobnem razredu I. Krajše so bile v razredu II, povprečne vrednosti so znašale 3,1 m. Dejanske in prilagojene vrednosti dolžine krošenj so se najbolj razlikovale v razredu I (preglednica 8).

Stopnja asimetričnosti

Stopnje asimetričnosti med obema svetlobnima razredoma se niso bistveno razlikovale. Izračunane vrednosti so odstopale le minimalno. Enako velja tudi za razlike med dejanskimi ter prilagojenimi povprečnimi vrednostmi v obeh razredih (preglednica 8). V razredu I je tako v povprečju znašala asimetričnost krošnje 81,7 %, v razredu II pa 82,5 %. Rezultati nakazujejo, da so krošnje izbranih bukovih osebkov razmeroma pravilnih (okroglih) oblik.

Krivost

Ugotovili smo, da so si krivosti podobne v obeh razredih, saj se vrednosti med seboj ne razlikujejo bistveno. Največja krivost je bila sicer ugotovljena v razredu I – 2,48 cm/m, vendar je povprečna krivost v razredu II podobna – 2,63 cm/m. Standardni odklon v razredu I znaša 1,7 cm/m, v razredu II je le nekoliko manjši (1,4 cm/m). Vrednosti, ki smo jih ugotovili za kazalnik krivosti, so razmeroma homogene in ne presegajo vrednosti 7,0 cm krivosti na meter višine. Podatek kaže, da drevesa v fazi gošče v razmerah nizke osvetljenosti svojo rast usmerijo v višino, kar se kaže v razmeroma ravnih debelcih (preglednica 8).

Odklon od vertikale

Podobno kot velja za kazalnik krivosti, smo ugotovili tudi za kazalnik odklona od vertikale. Največji odkloni so bili, ravno nasprotno, ugotovljeni v RJO razredu II in so znašali 10,3 cm/m. Povprečne vrednosti v razredu I so znašale 8,5 cm/m. Standardni odklon je v obeh razredih velik. V razredu I je znaša 5,3 cm/m, med tem ko v razredu pa kar II 6,2 cm/m. Tudi tu se kaže, da osebki pri nizki stopnji osvetlitve svojo rast usmerijo v višino, zato imajo buke majhen odklon od vertikale.

Višina do prve žive veje

V razredu I je znašala povprečna vrednost višine do prve žive veje 158 cm, v razredu II pa je ta vrednost dosegla 99 cm. Korigirane vrednosti pri analizi kovariance so pokazale ravno obratno sliko. Najvišje povprečne vrednosti so se pojavile v razredu II (119 cm), v razredu I pa so bile te vrednosti nižje (114 cm). Ugotovljene dejanske povprečne vrednosti so nekoliko nepričakovano nizke v II svetlobnem razredu, kjer je osvetljenost osebkov bistveno nižja, kot v razredu I. Zato bi tudi zaradi boljšega trebljenja vej pričakovali višje višine do prve žive veje. Delno lahko ta pojav pripišemo manjšemu številu osebkov na ploskvah nižje osvetljenosti, kar se je kazalo z večjim rastnim prostorom posameznih bukev (preglednica 8).

Število vej

Žive veje

Največ živih vej (5,9 vej/4 m) smo v povprečju ugotovili pri osebkih v razredu II. Standardni odklon je bil v tem primeru tudi največji in je znašal 2,2 veje /4 m. V povprečju je bilo število živih vej v razredu I manjše, le 3,4 veje/4 m. Pričakovano povprečno število živih vej v svetlobnem razredu I znašalo 4,3 veje /4 m, v razredu II pa 5,5 veje/4 m (preglednica 8).

Mrtve veje

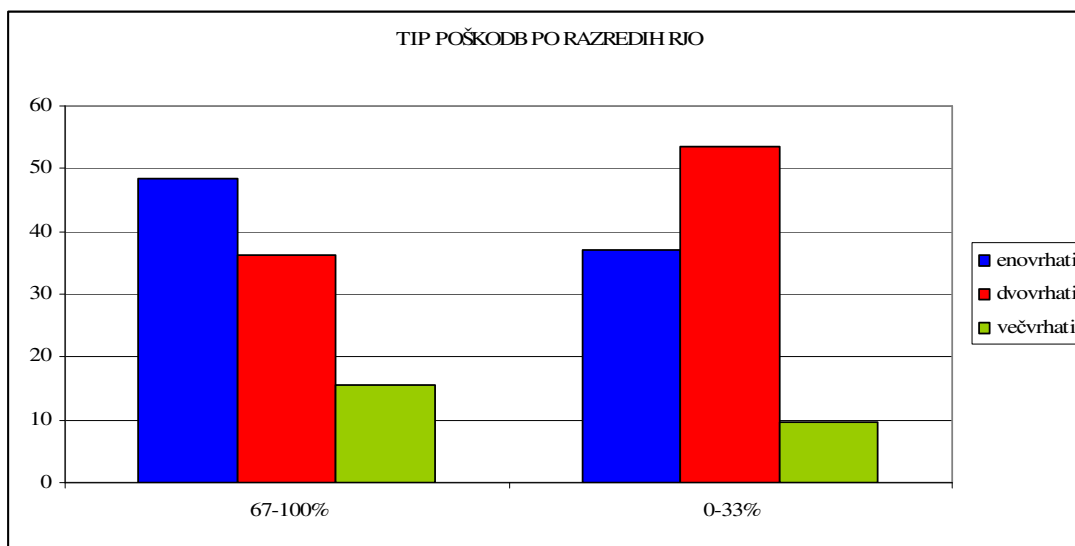
Število mrtvih vej je bilo v povprečju najmanjše v razredu I – 1,0 vej/4 m. V razredu II je bilo povprečno število vej 2,5/4 m. V tem razredu je bil standardni odklon največji in je znašal 2,2 veje/4 m. Velik razpon števila vej v razredu II kaže na heterogene svetlobne razmere v vrzelih, zato je takšen standardni odklon pričakovan (preglednica 8).

Z analizo kovariance, kjer je kot kovariata nastopala višina, smo ugotovili, da med razredom I in razredom II za znake dreves stopnja asimetrije ter krivost ne obstajajo statistično značilne razlike. Za ostale kvantitativne znake smo ugotovili, da statistično značilne razlike obstajajo. Največji korelacijski koeficienti so se pojavili pri premeru in višinskem prirastku, kar nakazuje na večjo odvisnost med višino in omenjenima znakoma.

5.3.2.2 Kvalitativni znaki dreves

Tip rasti

V RJO razredu I so prevladovali enovrhati osebki, saj je bil njihov relativni delež največji – 48,3 %. Presenetljivo veliko je bilo dvovrhatih osebkov v razredu II, kjer je bila stopnja direktnega sevanja najnižja. Relativni delež dvovrhatih dreves je znašal več kot polovico – 53,5 %, med tem ko je bilo enovrhatih osebkov zgolj 37 % (preglednica 9). To dejstvo lahko pripišemo spreminjanju svetlobnih razmer v začetku razvojne poti osebkov mladja.



Slika 12: Tip poškodb po razredih RJO

Poškodbe

Najmanjši relativni delež poškodb je bil ugotovljen v RJO razredu II in je znašal 29,75 %. Delež poškodb v razredu II je bil le nekoliko večji – 37,78 % (preglednica 9). Večinoma so bile prisotne poškodbe biotskega izvora (poškodovani listi, razne zadebelitve vej ipd.).

Preglednica 8: Primerjava kvantitativnih znakov dreves in preizkus značilnosti razlik (N=580)

ZNAKI DREVES	RAZRED RJO			R ²	F-test	p
	I	II				
		povprečje				
višina (m)	dejansko	5,79	4,15			
premer (mm)	dejansko	32,3	22,2	0,6856	629,18	0.0000
	prilagojeno	24,7	25,6			
vitkostno razmerje	dejansko	183,9	193,9	0,0701	21,75	0.0000
	prilagojeno	196,5	188,2			
viš. prirastek (mm)	dejansko	432,1	204,3	0,5079	297,76	0.0000
	prilagojeno	396,2	220,5			
internodij (mm)	dejansko	29,1	27,6	0,0278	8,25	0,0003
	prilagojeno	24,3	29,8			
plošč. krošnje (m ²)	dejansko	3,0	2,8	0,3155	132,97	0.0000
	prilagojeno	1,8	3,3			
dolžina krošnje (m)	dejansko	4,2	3,1	0,4789	265,10	0.0000
	prilagojeno	3,5	3,5			
st. asimetričnosti	dejansko	81,72	82,74	0,0102	2,97	0.0520
	prilagojeno	79,71	83,38			
krivost (cm/m)	dejansko	2,5	2,6	0,0049	1,47	0.2411
	prilagojeno	2,6	2,6			
odklon od vert. (cm/m)	dejansko	8,5	10,3	0,0325	9,70	0.0000
	prilagojeno	9,7	9,7			
viš. do prve veje (cm)	dejansko	114,3	158,4	0,2424	92,33	0.0000
	prilagojeno	119,3	99,4			
št. živih vej	dejansko	3,4	5,9	0,2781	111,12	0.0000
	prilagojeno	4,3	5,5			
št. mrtvih vej	dejansko	0,8	1,0	0,1134	36,91	0.0000
	prilagojeno	2,6	2,5			

Za kvalitativne znake dreves smo statistično značilne razlike med obema razredoma RJO ugotavljali s pomočjo χ^2 testa, saj število dreves po posameznih razredih ni bilo enako. Z analizo smo ugotovili, da med obema razredoma osvetlitve ploskev obstajajo statistično značilne razlike za kvalitativni znak tip rasti. S testom pa nismo ugotovili statistično značilnih razlik med obema svetlobnima razredoma glede prisotnosti poškodb na osebkih (preglednica 9).

Preglednica 9: Analiza razlik med razredoma RJO za tip rasti in poškodbe (N=580)

TIP RASTI	RAZRED				χ^2	st. pr.	p
	I		II				
	št. dreves	delež	št. dreves	delež			
enovršni	87	48,33	148	37,00	15,74	2	0,0000
dvovršni	65	36,11	214	53,50			
večvršni	28	15,56	38	9,50			
	180	100	400	100			
POŠKODBE							
poškodb ni	112	62,22	281	70,25	3,66	1	0,0557
poškodbe so	68	37,78	119	29,75			
	180	100	400	100			

5.4 RAZRAST PO RAZREDIH ŠIBKE OSVETLITVE

Ena izmed postavljenih hipotez raziskave je ta, da stopnja zastrtosti in velikost vrzeli vplivata na razrast bukove gošče. Nižje vrednosti relativne jakosti sevanja nakazujejo na večjo stopnjo zastrtosti vrzeli, kar posledično pomeni, da gre pretežno za vrzeli malega do srednjega velikostnega razreda. S tem namenom smo kazalnike ploskev ter kvalitativne in kvantitativne znake dreves statistično obdelali na podlagi razdelitve ploskev v tri velikostne razrede osvetlitve. Tako je najnižji razred A obsegal vrednosti RJO od 0 – 9 %, srednji razred B vrednosti od 10 – 29 % ter razred z najvišjimi RJO vrednostmi, razred C, vrednosti od 20 – 29 %. Na ta način smo razvrstili 39 ploskev (390 osebkov), ki so bile po velikosti vrzeli razvrščene med male ali srednje vrzeli. Število ploskev in osebkov je bilo po posameznih oblikovanih razredih različno. Najmanj ploskev je bilo uvrščenih v razred C, le 6 ploskev (60 osebkov). V razred B smo uvrstili več kot polovico vseh ploskev, to je 20 ploskev (200 osebkov). V najnižji razred osvetlitve C pa smo na podlagi izmerjenih RJO vrednosti razvrstili 13 ploskev (130 osebkov). Povprečne velikosti vrzeli, ki sodijo v posamezni RJO razred so znašale za razred A – 0,65 ara, razred B – 3,12 ara in razred C – 4,03 ara.

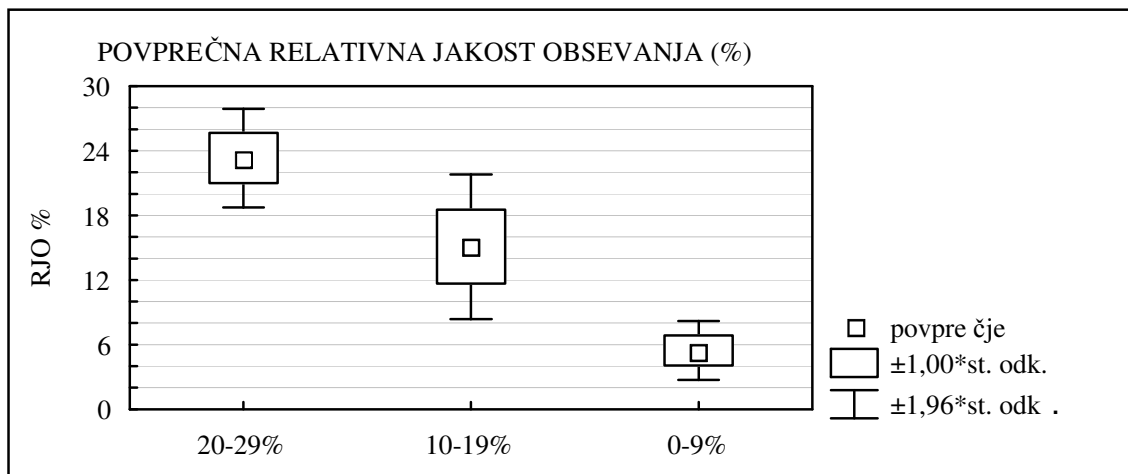
5.4.1 Povprečne vrednosti kazalnikov ploskev pri šibkih vrednostih osvetlitve in njihova medsebojna primerjava

5.4.1.1 Kazalniki ploskev

Svetlobne razmere na izbranih ploskvah

Relativna jakost sevanja

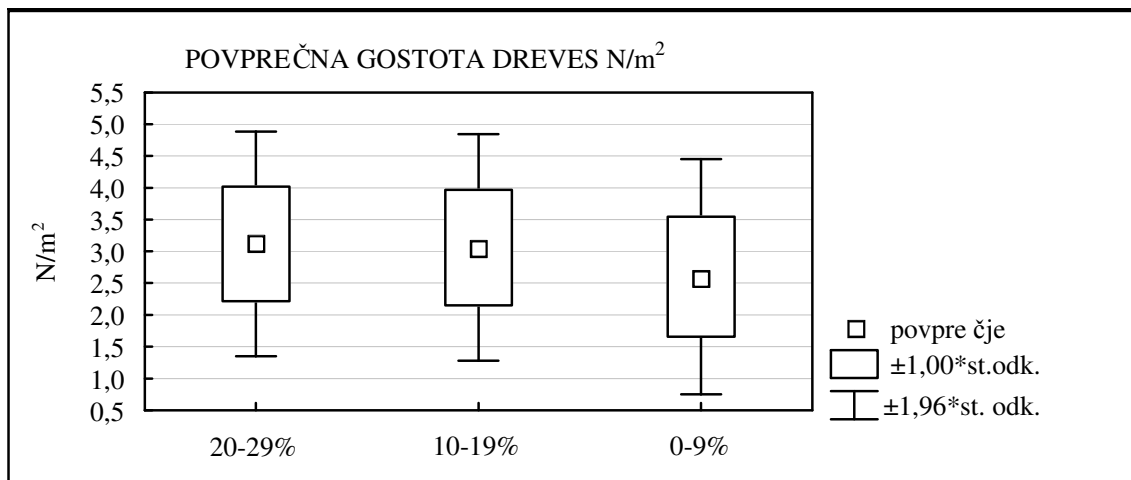
Največja povprečna vrednost RJO je bila pričakovano v razredu C in je znašala 23,3 %. V razredu B se je povprečna stopnja osvetlitve nahajala na sredini razreda, njena vrednost je bila 15,1 %. V najnižjem razredu osvetlitve A je bila izmerjena relativna povprečna vrednost jakosti svetlobe najnižja, le 5,5 %. Relativne vrednosti po posameznih svetlobnih razredih, linearno padajo od največje k najmanjši vrednosti osvetlitve (slika 13, preglednica 10).



Slika 13: Povprečna relativna jakost sevanja po razredih nizke osvetljenosti

Gostota dreves

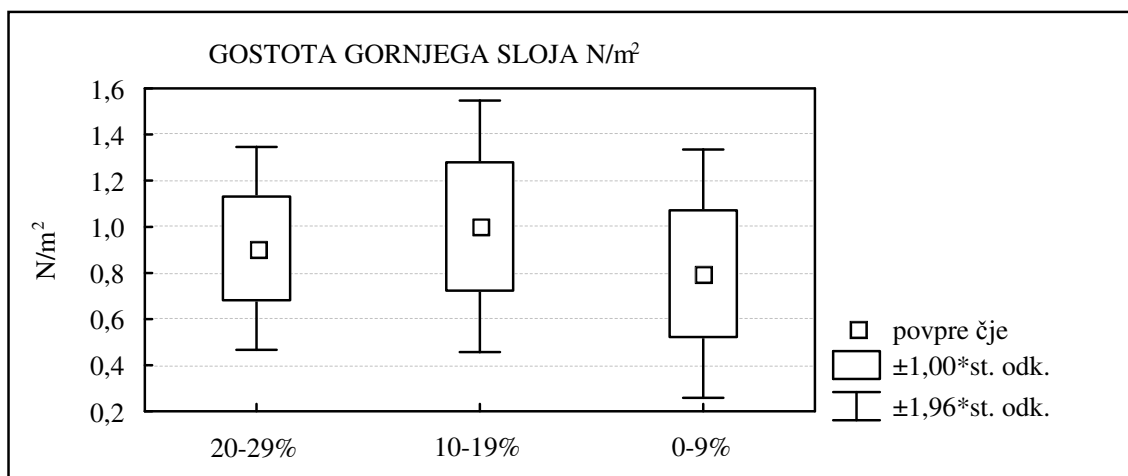
Slika 14 nakazuje, da je povprečna gostota dreves v svetlobnem razredu B in C zelo podobna in znaša 3,1 osebek / m². Pri najnižji jakosti svetlobnega sevanja v razredu A je bilo povprečno število dreves le nekoliko nižje, 2,6 osebkov / m² (preglednica 10). Majhno razliko v številu dreves na ploskvah med izbranimi svetlobnimi razredi lahko deloma pripišemo izbiri vzorčnih ploskev, deloma pa subjektivni določitvi velikosti vrzeli.



Slika 14: Povprečna gostota dreves v razredih nizke stopnje osvetljenosti

Gornji sloj

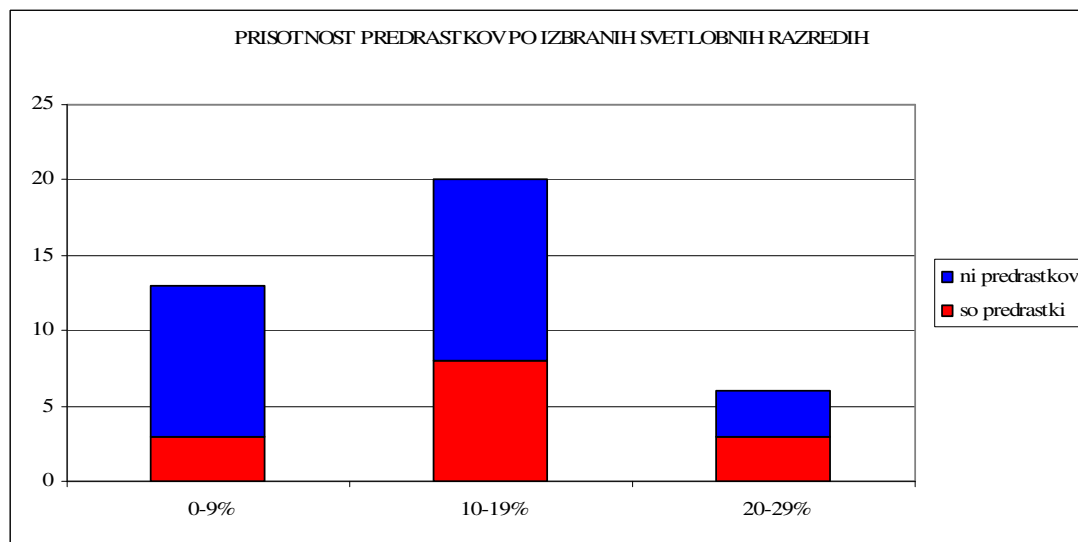
Enako kot pri povprečni gostoti dreves na ploskvah tudi rezultati za povprečno število dreves gornjega sloja kažejo približno podobne ugotovitve. Razlike med vsemi tremi razredi nizke jakosti osvetlitve so majhne. Največjo povprečno gostoto gornjega sloja smo ugotovili v B svetlobnem razredu – 1,0 osebkov / m², najnižjo pa pričakovano v svetlobnem razredu A – 0,8 osebkov / m².



Slika 15: Povprečna gostota gornjega sloja v razredih nizke stopnje osvetljenosti

Predrastki

Največji delež predrastkov se je pojavilo na ploskvah razreda C (50 % delež – na treh ploskvah). Od 20 ploskev v svetlobnem razredu B so se predrastki pojavljali na 8 ploskvah (40 %). Tako je bilo najmanj predrastkov v najnižjem svetlobnem razredu – le na 3 ploskvah (23 %).



Slika 16: Pojavljanje predrastkov na ploskvah nizke stopnje osvetlitve

5.4.1.2 Primerjava kazalnikov ploskev med razredi šibke osvetljenosti

Z analizo kovariance smo ugotavljali, ali obstajajo statistično značilne razlike med posameznimi izbranimi svetlobnimi razredi. Kot kovariata je nastopala višina. Za RJO po svetlobnih razredih nismo ugotavljali razlik, podana je le povprečna vrednost po posameznih razredih. Preizkus razlik za pojavljanje predrastkov so testirali s χ^2 – testom, saj je bilo število ploskev znotraj razredov RJO različno.

Rezultati kažejo, da obstajajo statistično značilne razlike v pojavljanju števila bukovih dreves med posameznimi svetlobnimi razredi ($p < 0,05$). Za vse ostale znake je analiza pokazala, da statistično značilne razlike med posameznimi svetlobnimi razredi ne obstajajo, ker so razlike med razredi premajhne.

Preglednica 10: Analiza statističnih razlik kazalnikov ploskev po izbranih svetlobnih razredih (N = 39)

KAZALNIKI PLOSKEV		RAZRED RJO			R ²	F-test	p
		A	B	C			
		povprečje					
gos. dreves (N/m ²)	dejansko prilagojeno	2,60	3,06	3,12	0,1947	2,87	0,0502
		2,57	3,10	3,05			
gos. bukev (N/m ²)	dejansko prilagojeno	2,55	3,02	3,02	0,2100	3,10	0,0390
		2,52	3,06	2,96			
gos. ost. vrst (N/m ²)	dejansko prilagojeno	0,05	0,03	0,09	0,0694	0,87	0,4661
		0,05	0,03	0,09			
gos. g. sloja (N/m ²)	dejansko prilagojeno	0,80	1,00	0,90	0,1594	2,21	0,1039
		0,79	1,00	0,89			
RJO (%)	dejansko	23,3	15,1	5,5			

Tudi za pojavljanje predrastkov med posameznimi razredi nizke osvetljenosti statistična analiza s χ^2 – testom ni pokazala statistično značilnih razlik.

Preglednica 11: Ugotavljanje razlik za predrastke med razredi šibke osvetlitve (N=39)

RAZRED RJO	PREDRASTKOV NI		PREDRASTKI SO		Q	st. pr.	p
	število	delež (%)	število	delež (%)			
A	10	77,0	3	23,0	1,59	2	0,9015
B	12	60,0	8	40,0			
C	3	50,0	3	50,0			
Σ	25		14				

5.4.2 Povprečne vrednosti znakov osebkov gornjega sloja po RJO razredih šibke jakosti sevanja

5.4.2.1 Kvantitativni znaki dreves

Višina

Povprečne višine so bile v vseh treh svetlobnih razredih približno enake in so se gibale v razponu od 4,05 m - razred C z največjo stopnjo osvetlitve, do 4,18 m – razred B (preglednica 12). Največji standardni odklon je bil ugotovljen v razredu B, znašal je 0,68 m. Tudi v ostalih dveh razredih je bil standardni odklon relativno velik.

Premjer

Najnižje povprečne vrednosti premerov izbranih osebkov smo ugotovili v razredu najnižje jakosti osvetlitve – 20,8 mm (21,0 mm). V razredih B in C je bil povprečni izmerjeni premer dreves približno enak. Od vseh kvalitativnih znakov dreves je ravno premer kazal najbolj tesno povezavo z izbranimi razredi RJO. Regresijski koeficient v tem primeru je znašal $R^2 = 0,5697$ (preglednica 12).

Vitkostno razmerje

Vitkostno razmerje je doseglo največje vrednosti v razredu A relativne jakosti sevanja, povprečne vrednosti so znašale 203,2. Z večanjem stopnje osvetlitve so se vrednosti H/d zmanjševale. Tako je najmanjša povprečna vrednost vitkostnega razmerja v svetlobnem razredu C znašala 187,6.

Višinski prirastek

Povprečni višinski prirastek je bil v povprečju najdaljši v svetlobnem razredu C – 255,6 mm (257,0 mm). Z zmanjševanjem relativne jakosti sevanja je bila tudi dolžina višinskega prirastka manjša – v razredu B 233,2 mm in v razredu C 134,3 mm. Standardni odklon je bil največji v srednjem svetlobnem razredu, njegova vrednost je znašala 79,1 mm.

Dolžina do prvega internodija

Razlike v dolžini do prvega internodija med posameznimi svetlobnimi razredi so bile majhne. Tako so drevesa dosegla največjo povprečno dolžino v RJO razredu A – 28,2 mm, najmanjšo pa v svetlobnem razredu C – 26,8 mm. V slednjem razredu je bil izmerjen tudi največji standardni odklon, ki je znašal 14,6 mm.

Krošnja

Ploščina krošnje

Izbrani osebki, ki so bili uvrščeni v svetlobni razred C, so imeli v povprečju najmanjšo krošnjo – 2,4 m² (2,5 m²). Ploščine krošenj, izmerjene v razredih A in B, so si bile v povprečju dokaj podobne med seboj, njihove vrednosti so se gibale med 2,8 m² in 2,9 m² (preglednica 12).

Dolžina krošnje

Najdaljše krošnje so imela v povprečju drevesa v svetlobnem razredu C – 3,3 m. Le nekoliko krajše so bile krošnje dreves v razredu B – 3,2 m. Najkrajše krošnje z 2,9 m so bile v razredu A relativne jakosti sevanja.

Stopnja asimetrije

Za znak stopnja asimetrije so med izbranimi svetlobnimi razredi zelo majhne razlike v povprečni vrednosti. Tako je bila najmanjša povprečna vrednost ugotovljena v razredu A – 82,33, med tem ko je bila v razredu B največja vrednost zgolj 82,53. Analiza statističnih razlik med razredi je pokazala, da le-ta za stopnjo asimetrije ne obstaja ($p=0,929$) (preglednica 12).

Krivost

Razlike v krivosti osebkov med posameznimi svetlobnimi razredi niso bile zaznavne. V vseh treh razredih RJO so se vrednosti gibale okoli 2,7 cm/m. Tudi izračun statističnih razlik med svetlobnimi razredi je pokazal, da razlike med njimi niso statistično značilne ($p=0,517$) (preglednica 12).

Odklon od vertikale

Najmanjši povprečni odklon od vertikale je bil izmerjen v svetlobnem razredu B – 8,9 cm/m. V razredih A in C sta si bili te vrednosti podobni – v prvem je znašala 11,5 cm/m, v drugem pa 11,2 cm/m (preglednica 12). Največji standardni odklon je bil ugotovljen v razredu najmanjše svetlobne jakosti, njegova vrednost je znašala 6,9 cm/m.

Višina do prve žive veje

Med obravnavanimi razredi se je višina do prve žive veje močno razlikovala. Največja povprečna vrednost znaka se je nahajala v razredu A, to je v razmerah najšibkejšje jakosti

sevanja – 114,9 cm. V razredu B je bila ta vrednost 96,0 cm. V razmerah največjega svetlobnega sevanja so se prve veje osebkov v povprečju nahajale 79,2 cm od tal (preglednica 12). Ti rezultati kažejo, da se drevesa v razmerah zelo šibke jakosti zelo dobro trebijo vej.

Število vej

Žive veje

Število živih vej narašča z večanjem jakosti sevanja. Tako je bilo najmanjše število vej v povprečju ugotovljenih v razredu A – 5,4 veje/4m, največ pa v razredu C – 6,4 veje/4 m. Zakonitosti pojavljanja živih in mrtvih vej v vseh treh svetlobnih razredih sovpadajo z ugotovitvami o višini do prve žive veje. Zaradi nizke vrednosti RJO se drevesa bolj intenzivno trebijo vej, posledično pa lahko ugotovimo manjše število živih vej ter večje število mrtvih vej v razmerju med premerom posameznega osebka in debelino vej.

Mrtve veje

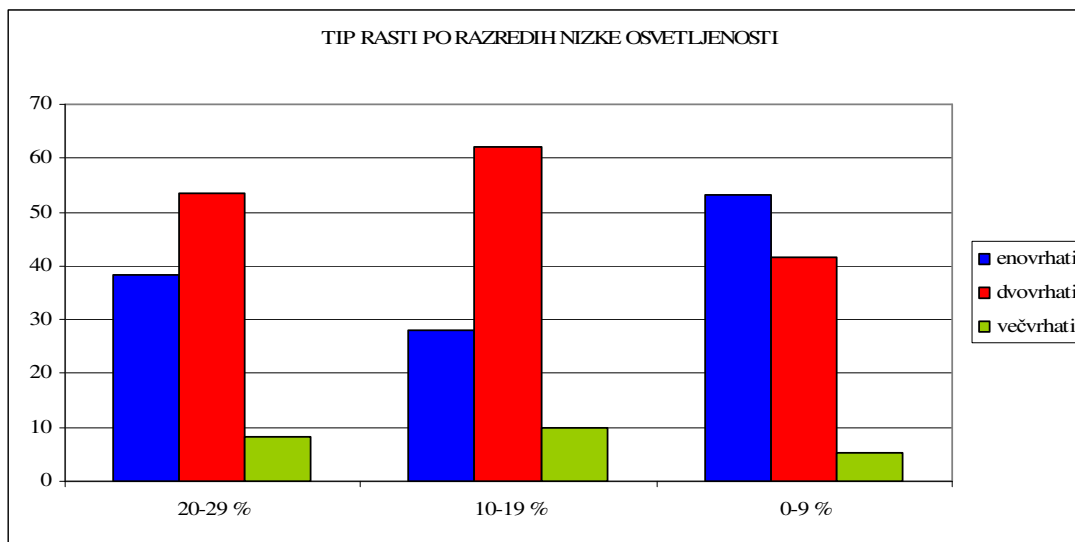
Povprečno število mrtvih vej je bilo pričakovano največje v svetlobnem razredu A – 3,5 veje/4 m. Nekoliko manjša je bila ta vrednost v razredu C – 2,3 veje/4 m. Najmanjše število mrtvih vej smo zasledili v razredu B – le 1,9 veje/ 4 m.

5.4.2.2 Kvalitativni znaki dreves

Tip rasti

V svetlobnih razredih B in C se je relativno gledano pojavljalo največ dvovrhatih osebkov, kar je glede na nizko stopnjo osvetljenosti presenetljiv podatek. V razredu B je bilo tako kar 62 % (124 osebkov) dvovrhatih, v razredu C pa 53,3 % (32 osebkov). V svetlobnem razredu A z najmanjšo jakostjo sončnega sevanja je bil največji delež enovrhatih dreves (53,1 % ali 69 osebkov), vendar je bil delež dvovrhatih precej visok (41,5 % ali 54 osebkov). Razlog temu so lahko spremenjene svetlobne razmere v času osnovanja in

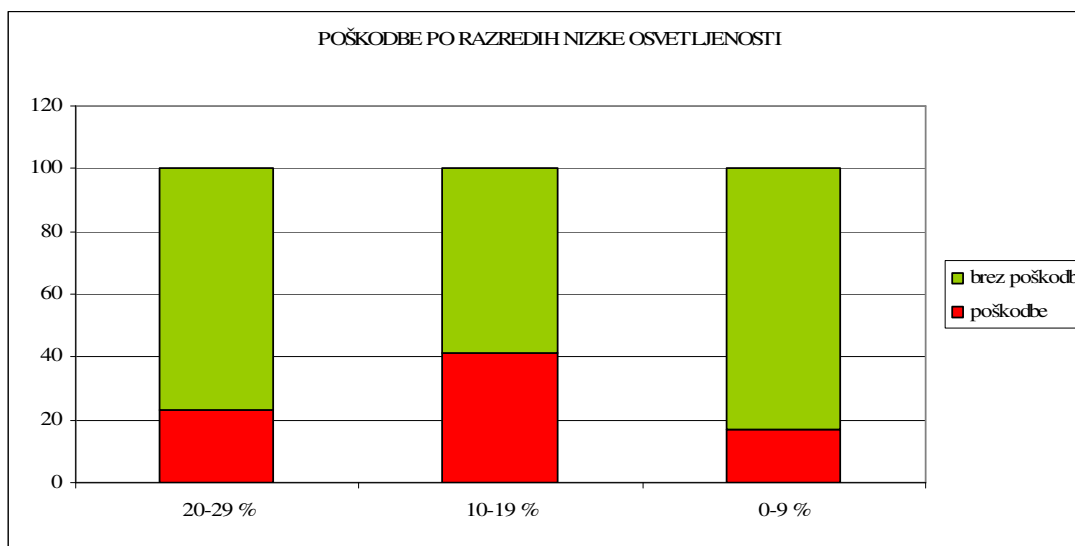
razvoja mladja. Povečana dostopnost svetlobe potencialno lahko omogoči razvoj dvo ali večvrhato rast, ki pa ob kasnejšem povečanem zastiranju nadraslih dreves ne more več preiti v enovrhato rast.



Slika 17: Tip rasti po razredih nizke osvetljenosti

Poškodbe

Najmanjši relativni delež poškodb je bil prisoten v svetlobnem razredu A. Brez poškodb je bilo tako dobrih 83 % osebkov. Razmeroma visok odstotek dreves s prisotnimi poškodbami smo ugotovili v razredu B, takšnih je bilo 41,5 % osebkov. Glede na največji delež dostopne svetlobe je imel razred C dokaj nizek odstotek poškodovanih osebkov – 23,3 %.



Slika 18: Poškodbe po razredih nizke osvetljenosti

Statistična analiza razlik kvantitativnih znakov med posameznimi razredi nizke stopnje osvetljenosti je pokazala, da za dolžino do prvega internodija, stopnjo asimetričnosti in krivost razlike med razredi RJO niso statistično značilne. Največji korelacijski koeficient je bil ugotovljen za premer, višinski prirastek ter ploščino krošnje, kar nakazuje na razmeroma tesno povezavo med omenjenimi znaki in jakostjo osvetlitve. Za ostale znake velja, da so razlike med razredi RJO statistično značilne.

Preglednica 12: Analiza kvantitativnih znakov osebkov ter preizkus statističnih razlik med izbranimi svetlobnimi razredi (N=390)

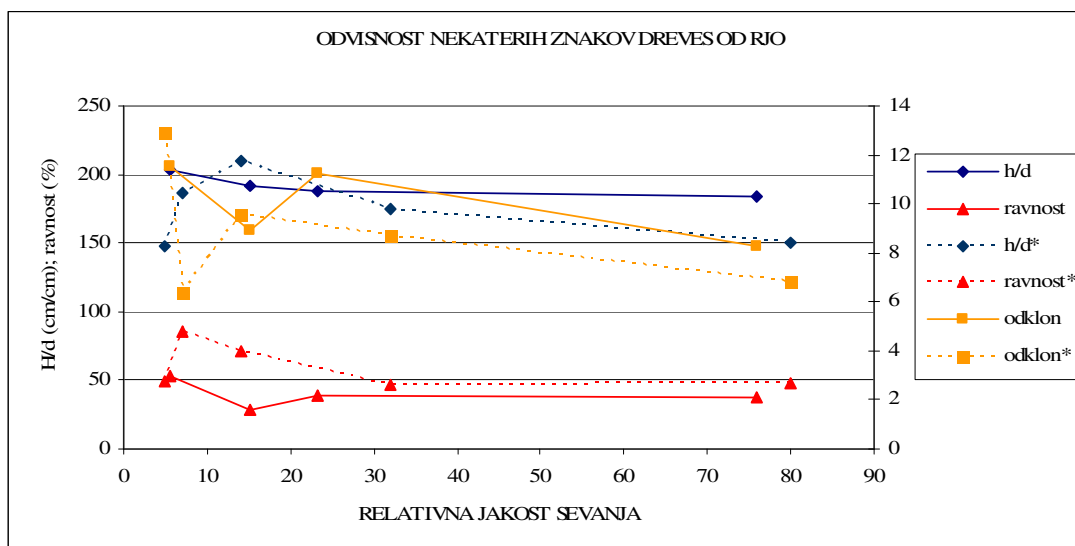
ZNAKI DREVES	RAZRED RJO				R ²	F-test	p
		A	B	C			
	število	povprečje					
višina (m)	dejansko	4,10	4,18	4,05			
premer (mm)	dejansko	20,8	22,8	22,5			
	prilagojeno	21,0	22,4	23,0	0,5697	170,37	0.0000
vitkostno razmerje	dejansko	203,2	191,2	187,6			
	prilagojeno	202,7	191,9	186,5	0,0993	14,19	0.0000
viš. prirastek (mm)	dejansko	134,3	233,2	255,6			
	prilagojeno	134,9	232,4	257,0	0,3448	67,71	0.0000
dol. do internodija (mm)	dejansko	28,2	27,7	26,8			
	prilagojeno	28,2	27,6	27,0	0,0136	1,77	0.15068
plošč. krošnje (m ²)	dejansko	2,9	2,8	2,4			
	prilagojeno	3,0	2,7	2,5	0,3427	67,09	0.0000
dolžina krošnje (m)	dejansko	2,9	3,2	3,3			
	prilagojeno	3,0	3,2	3,3	0,3166	59,62	0.0000
st. asimetričnosti	dejansko	82,33	82,53	82,37			
	prilagojeno	82,36	82,49	82,42	0,0011	0,15	0.9291
krivost (cm/m)	dejansko	2,7	2,6	2,7			
	prilagojeno	2,7	2,6	2,6	0,0059	0,76	0.5172
odklon od vert. (cm/m)	dejansko	11,5	8,9	11,2			
	prilagojeno	11,5	9,0	11,1	0,0754	10,49	0.0000
viš. do prve veje (cm)	dejansko	114,9	96,0	79,2			
	prilagojeno	116,4	94,0	82,8	0,2373	40,02	0.0000
št. živih vej	dejansko	5,4	6,0	6,5			
	prilagojeno	5,4	6,0	6,4	0,1031	14,79	0.0000
št. mrtvih vej	dejansko	3,5	1,9	2,3			
	prilagojeno	3,5	1,9	2,3	0,1153	16,73	0.0000

Preglednica 13: Preizkus statističnih razlik za kvalitativne znake (N=390)

TIP RASTI	RAZRED						χ^2 .	st. pr.	p
	A		B		C				
	št. dreves	delež	št. dreves	delež	št. dreves	delež			
enovrhati	69	53,08	56	28,00	23	38,30	21,24	4	0,0000
dvovrhati	54	41,54	124	62,00	32	53,30			
večvrhati	7	5,38	20	10,00	5	8,40			
Σ	130	100	200	100	60	100			
POŠKODBE									
poškodb ni	108	83,10	117	58,50	46	76,70	24,17	2	0,0000
poškodbe so	22	16,90	83	41,50	14	23,30			
Σ	130	100	200	100	60	100			

5.5 ODVISNOST NEKATERIH IZBRANIH ZNAKOV OD STOPNJE RJO

Ob predpostavki, da relativna jakost sevanja vpliva na razrast bukovih gošč, smo analizirali odvisnost vitkostnega razmerja, ravnost (delež enovrhatih osebkov) ter odklon od vertikale od RJO. Zanimalo nas je ali so te povezave linearne. Pri tem smo kot podatke za grafični prikaz uporabili povprečne vrednosti omenjenih znakov po posameznih razredih šibke jakosti svetlobnega sevanja ter povprečja v razredu visoke jakosti sevanja. Grafi, ki so prikazani s črtkano linijo izhajajo iz podatkov, ki sta jih pri svoji raziskavi dobila Bitorajc in Tanko (2004). Z njunimi podatki smo skušali širše prikazati zakonitosti pri odvisnosti znakov od stopnje RJO.



Slika 19: Odvisnost nekaterih znakov dreves od RJO

Grafikon kaže, da vitkostno razmerje, ravnost ter odklon od vertikale niso v linearni odvisnosti od stopnje svetlobnega sevanja. Zelo zastrti osebki kažejo večje odklone od vertikale, kar zmanjšuje kakovost bukovih gošč. S povečevanjem svetlobe se vrednosti odklonov drevesc zmanjšajo, vendar le do določene vrednosti RJO (na grafikonu med 10 in 15 %). Tu se te vrednosti zopet povečujejo (15–25 % RJO), od tu dalje pa linearno padajo z večanjem stopnje RJO. Delež enovrhatih (ravnih) osebkov je v razmerah nizke osvetljenosti visok (53–86 %), s povečevanjem svetlobe se ta delež prične zmanjševati in pri vrednosti RJO 15–32 % doseže vrednost, ki ostaja približno enaka tudi pri višjih stopnjah RJO. Razlike med našo raziskavo ter ugotovitvami Bitorajc in Tanko (2004) pri vitkostnem razmerju nekoliko odstopajo. Naše ugotovitve kažejo, da se vitkostno razmerje z manjšanjem stopnje RJO zmanjšuje z zakonitostjo, ki je najbližje linearni, v primerjavi z vsemi ostalimi znaki. Njuni rezultati so pokazali, da vitkostno razmerje narašča nekje do vrednosti RJO 14 %, nato pa se prične zmanjševati. Omenjena odstopanja so lahko posledica smeri padanja svetlobe na bukove gošče. Svetloba, ki pada navpično v vrzeli povzroči rast osebkov v višino, s tem pa se povečuje tudi vitkostno razmerje. Svetloba s strani omogoča osebkom na zunanjem robu vrzeli bolj čokato rast, posledično pa je vitkostno razmerje nižje.

5.6 MEDSEBOJNE POVEZAVE IN ODVISNOSTI ZNAKOV

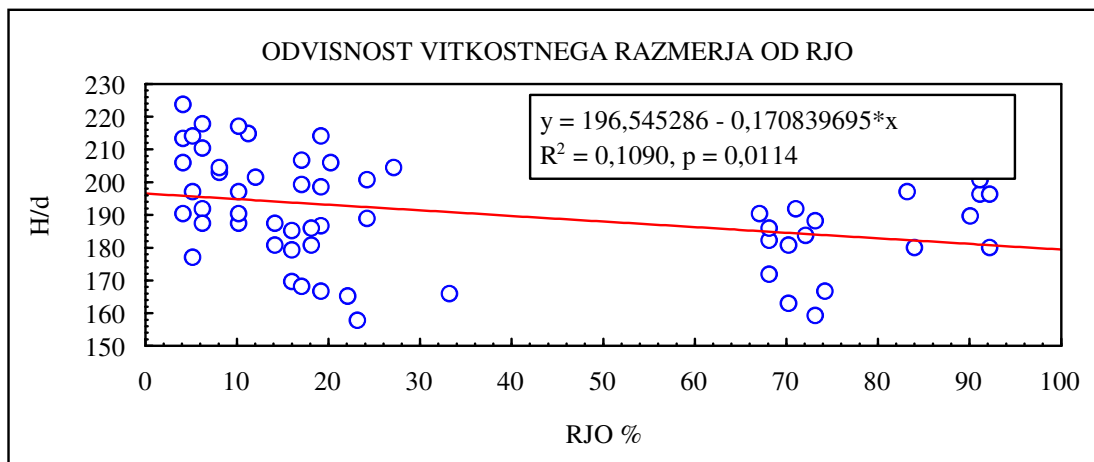
5.6.1 Linearna odvisnost kazalnikov ploskev in znakov dreves od razredov RJO

Z linearno analizo smo skušali dognati odvisnost med kazalniki ploskev ter znaki dreves od relativne jakosti sevanja, ki je bila izmerjena na posameznih ploskvah. Vrednosti kazalnikov ploskev ter znaki so bile povprečne vrednosti po ploskvah. Iz preglednice 14 je razvidno, da obstaja najbolj tesna povezava med višinskim prirastkom ter RJO. Visoki korelacijski koeficienti in s tem tesna povezava med znaki in RJO so bili ugotovljeni tudi za višino, premer ter dolžino krošenj izbranih osebkov na ploskvah. Za znake odklon od vertikale, krivost, stopnja asimetričnosti, ploščina krošenj, dolžina do prvega internodija ter kazalnik ploskev gostota bukovih dreves ni bila ugotovljena statistično značilna odvisnost od relativne jakosti sevanja. Ugotavljamo, da je odvisnost vitkostnega razmerja od RJO značilna, vendar šibka. V našem primeru tako zaključujemo, da jakost svetlobnega sevanja ne vpliva na razmerje med višino in premerom osebkov, čeprav tako premer kot višina kažeta visoko stopnjo odvisnosti od RJO.

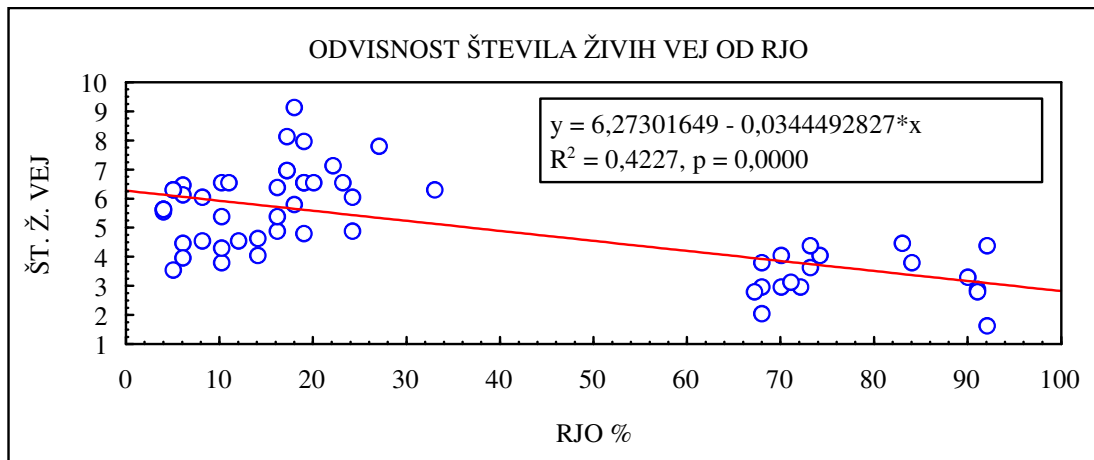
Preglednica 14: Linearna regresija v odvisnosti od RJO (N=58)

KAZALNIKI IN ZNAKI	R	R ²	SS	st. pr.	F	p
gostota dreves	0,3219	0,1036	48,7	56	6,47	0,0137
gostota bukev	0,1767	0,0312	43,1	56	1,80	0,1846
gostota ost. dr. vrst	0,6302	0,3972	2,2	56	36,89	0,0000
gostota gornjega sloja	0,3215	0,1034	3,5	56	6,64	0,0139
premer	0,8393	0,7044	520,4	56	133,45	0,0000
višina	0,8508	0,7238	12,2	56	146,76	0,0000
vitkostno razmerje	-0,3302	0,1090	13.007,8	56	6,85	0,0114
višinski prirastek	0,8514	0,7248	253.652,7	56	147,53	0,0000
višina do prvega internodija.	0,1174	0,0138	2.771,5	56	0,78	0,3801
ploščina krošnje	0,1100	0,0121	16,1	56	0,68	0,4111
dolžina krošnje	0,8363	0,6994	6,0	56	130,29	0,0000
stopnja asimetričnosti	-0,0656	0,0043	1.390,3	56	0,24	0,6249
krivost	0,0185	0,0003	32,6	56	0,02	0,8902
odklon od vertikale	-0,0265	0,0007	1.731,4	56	0,04	0,8438
višina do prve žive veje	0,5366	0,2879	90.220,1	56	22,64	0,0000
št. živih vej	-0,6502	0,4227	88,4	56	41,00	0,0000
št. mrtvih vej	-0,5084	0,2585	85,4	56	19,52	0,0000

Iz sledečih grafov je razvidno, da je odvisnost vitkostnega razmerja od relativne jakosti sevanja negativna, saj se z večanjem svetlobe zmanjšuje vitkostno razmerje (slika 20). Podobno velja tudi za število živih vej, kjer se z zmanjševanjem dostopne svetlobe povečuje število živih vej premera do tretjine premera debelc osebkov (slika 21). Omenjena analogija velja tudi za odvisnost števila mrtvih vej od RJO, le da je ta odvisnost šibkejša.

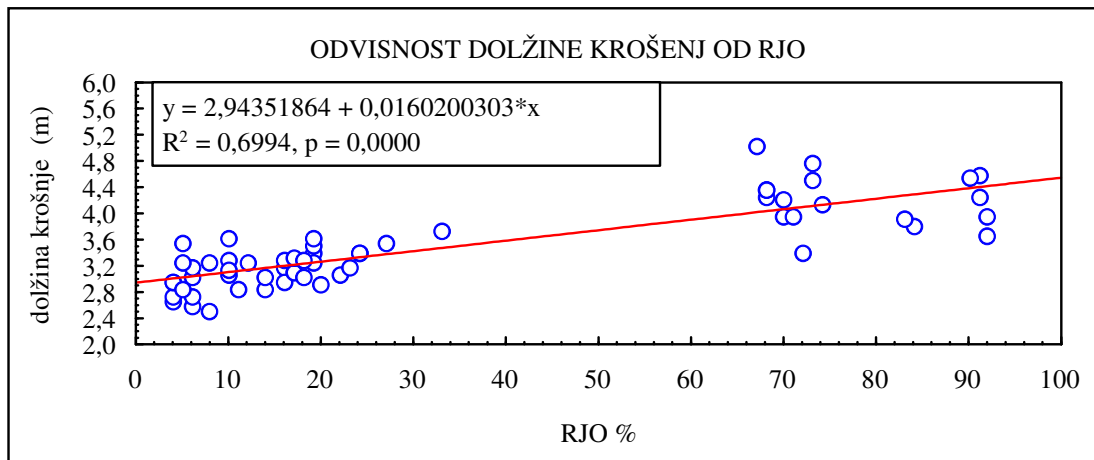


Slika 20: Odvisnost vitkostnega razmerja od RJO

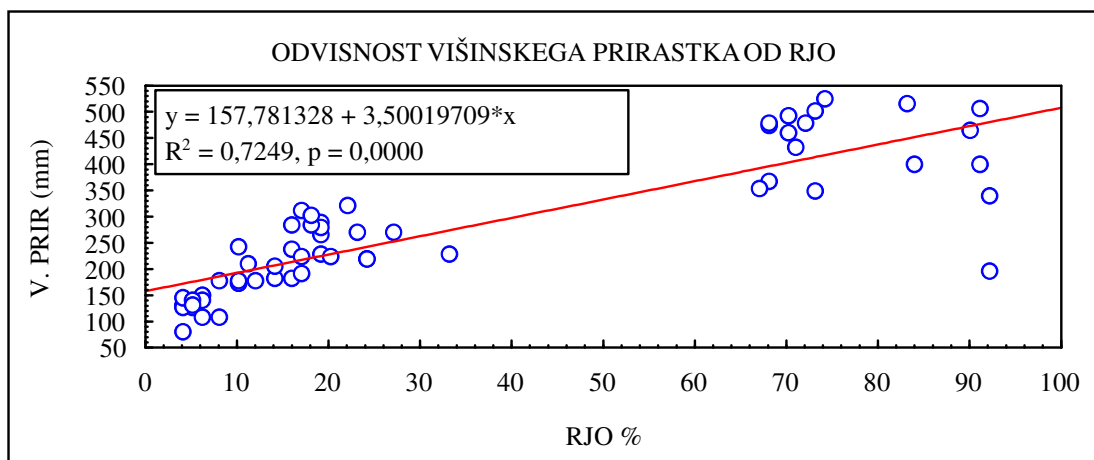


Slika 21: Odvisnost števila živih vej od RJO

Grafični prikaz odvisnosti dolžine krošnje od RJO prikazuje tesno pozitivno odvisnost (slika št. 22). Z večanjem dostopne svetlobe se pri osebkih povečuje dolžina krošnje kot tudi višinski prirastek (slika št. 23). Le-ta je najmanjši pri nizkih vrednostih RJO.



Slika 22: Odvisnost dolžine krošenj od RJO



Slika 23: Odvisnost višinskega prirastka od RJO

5.6.2 Medsebojne odvisnosti znakov dreves

S pomočjo korelacijske matrike (priloga A) smo skušali ugotoviti, med katerimi znaki obstajajo medsebojno statistično značilne odvisnosti. Tesne povezave obstajajo med naslednjimi preučevanimi znaki:

- prsni premer v odvisnosti od višine (0,829), višinskega prirastka (0,588), ploščine (0,564) in dolžine krošnje (0,649); vse povezave so bile tesne in pozitivne
- višina v odvisnosti od višinskega prirastka (0,623), ploščine (0,408) in dolžine krošnje (0,688) in višine do prve žive veje (0,491)
- višinski prirastek od dolžine krošnje (0,496) ter ploščina od dolžine krošnje (0,344); povezavi sta pozitivni
- vitkostno razmerje se je z večanjem premera zmanjševalo (-0,733), enako velja za večanje krošnje osebkov (-0,496); obe povezavi sta bili tesni, a negativni
- višina do prve žive veje od dolžine krošnje (-0,294) in števila živih vej (-0,548)
- število živih vej se je z manjšanjem višine osebkov (-0,521) ter premera (-0,317) povečevalo, odvisnost je bila negativna
- število mrtvih vej je bilo v dokaj tesni negativni odvisnosti od premera (-0,306), višine (-0,243), višinskega prirastka (-0,373) ter dolžine krošnje (-0,313)

5.7 RAZLIKOVANJE IZBRANIH OSEBKOV NA SVETLOBNE RAZREDE NA PODLAGI KAKOVOSTNIH ZNAKOV S POMOČJO DISKRIMINATIVNE IN KANONIČNE ANALIZE

V pričujoči raziskavi smo pri izbranih osebkih opravili meritve 10 kvantitativnih ter dveh kvalitativnih znakov. Iz nekaterih kvantitativnih znakov smo neposredno izpeljali še nekatere ostale vrednosti za znake, kot so vitkostno razmerje, dolžina in ploščina krošnje, itd. Zanimalo nas je, kateri izmed merjenih in izpeljanih znakov dreves so ključni za uvrstitev posameznega primerka v enega izmed izbranih razredov relativne jakosti sevanja. V ta namen smo izvedli diskriminativno analizo, katera je namenjena iskanju linearnih kombinacij za znake, ki najbolj razlikuje dva ali več razredov predmetov ali dogodkov. Analiza je v tesni povezavi z regresijsko analizo in enako skuša izraziti eno odvisno spremenljivko kot linearno kombinacijo ostalih znakov, vključenih v raziskavo.

Znake, ki smo jih v našem primeru vnesli v model, smo določili na podlagi odvisnosti posameznega znaka od jakosti izmerjenega sevanja s pomočjo korelacijskih koeficientov linearne regresije. Prav tako smo izhajali iz nekaterih predpostavk o pomenu in vplivu

posameznega znaka za uvrstitev v določen razred RJO. Takšna znaka sta bila relativni prirastek in relativna dolžina krošnje, ki smo ju dobili z delitvijo izmerjenih višinskih prirastkov in dolžine krošnje z višino posameznega osebka. Izvedli smo diskriminativno analizo ločeno za RJO razrede 0-33 % in 67-100% (razred II in I) ter za razrede nizke jakosti sevanja (razredi A, B in C).

Kanonična analiza nam za dve dani množici spremenljivk omogoči poiskati taki linearni kombinaciji iz vsake množice spremenljivk, da je korelacija med njima največja. Z analizo smo ugotovili dejansko diskriminativno funkcijo, s katero smo prepoznali diskriminiranje posameznih preučevanih znakov med različnimi svetlobnimi razredi.

5.7.1 Diskriminativna in kanonična analiza v RJO razredih I in II

Diskriminativna analiza je pokazala, da ima največjo diskriminativno moč med razredoma I in II relativne jakosti sevanja premer (parcialni Wilksov λ doseže vrednost 0.61). Premeru sledita vitkostno razmerje in relativni višinski prirastek (preglednica št. 15).

Preglednica 15: Diskriminativna funkcijska analiza za izbrane znake dreves (N=580)

ZNAK	parcialni λ	F	p	R ²
premer	0,6082	367,88	0,000*	0,7717
vitkostno razmerje	0,7910	150,85	0,000*	0,7043
rel.prirastek	0,8603	92,69	0,000*	0,1805
ploščina krošnje	0,9309	42,41	0,000*	0,4888
št. živih vej	0,9504	29,81	0,000*	0,2233
št. mrtvih vej	0,9685	18,56	0,000*	0,0945
krivost	0,9950	2,85	0,092	0,0624
poškodbe	0,9952	2,77	0,096	0,0131
rel.dol.krošnje ^{a)}	0,9999	0,01	0,938	0,2317
tip rasti ^{a)}	0,9985	0,82	0,364	0,0448
odklon ^{a)}	0,9999	0,07	0,794	0,0949

a) znak ni vključen v model

Odklon, tip rasti in relativna dolžina krošnje niso bili izbrani v model, ker njihova vrednost F ne dosega modelne vrednosti (F=1,6). Najvišje korelacijske koeficiente smo ugotovili pri

premeru in vitkostnemu razmerju. Razmeroma visok R^2 je bil tudi pri ploščini krošnje. Od iz modela izločenih znakov je imela najvišji korelacijski koeficient relativna dolžina krošnje. To pomeni, da je odvisna od drugih znakov, a skupno gledano nima razlikovalne moči pri razvrščanju v posamezni razred svetlobnega sevanja.

Preglednica 16: Standardizirani koeficienti diskriminativna funkcije

ZNAKI	STANDARDIZIRANI KOEFIICIENTI diskr.funk.
premer	1,5656
vitkostno razmerje	1,0047
rel.prirastek	-0,4933
ploščina krošnje	-0,4395
št. živih vej	-0,3020
št. mrtvih vej	-0,2228
krivost	0,0854
poškodbe	0,0836
lastna vrednost	2,3358
kumulativen delež	1,0000

Pri diskriminativni analizi med RJO razredoma I in II smo določili spremenljivke, ki najbolj razlikujejo omenjena dva svetlobna razreda. Največjo število diskriminativnih funkcij pri diskriminativni analizi je enako številu skupin, zmanjšano za eno. Zato smo dobili standardizirane koeficiente le za eno diskriminativno funkcijo. Diskriminativna funkcija je s standardiziranimi koeficienti najbolj pojasnjena s premerom in vitkostnim razmerjem, sledita relativni prirastek ter ploščina krošnje. Lastna vrednost predstavlja delež celotne variance spremenljivk posameznih skupin podatkov, ki so vključeni v analizo korelacije med kanoničnimi spremenljivkami. Kumulativni delež v tem primeru je enak vrednosti 1,00, ker imamo le eno diskriminativno funkcijo.

Namen diskriminativne funkcije je uvrstitev primerkov v modelne razrede s pomočjo koeficientov klasifikacije. Na ta način primerjamo dejansko razvrstitev z modelno.

Preglednica 17: Matrika razvrstitve primerkov v modelne razrede (klasifikacijska matrika)

RAZREDI	DEJANSKA	PRAVILNOST	MODELNA	
	RAZVRSTITEV	UVRSTITVE	RAZVRSTITEV	
	št. primerkov	%	I	II
	št. primerkov	%	št. primerkov	
I	180	90,56	163	17
II	400	97,25	11	389
Σ	580	95,17	174	406

Razvrstitev kaže na visoko stopnjo (95 %) pravilnosti uvrstitve primerkov v enega izmed obeh svetlobnih razredov. Tako visok rezultat je pričakovan, saj med obema obravnavanima razredoma jakosti svetlobne osvetlitve manjka razred z vrednostmi med 34-66 % RJO. Takšne vrednosti smo izmerili le na dveh ploskvah, ki smo jih izločili iz raziskave zaradi nereprezentativnosti.

5.7.2 Diskriminativna in kanonična analiza v RJO razredih A, B in C

Pri svetlobnih razredih nizke jakosti sevanja je diskriminativna analiza pokazala, da ima največjo razlikovalno moč relativni prirastek (parcialni Wilksov λ ima vrednost 0,80). Sledita število mrtvih vej in ploščina elipse.

Preglednica 18: Diskriminativna funkcijska analiza za izbrane znake dreves (N=390)

ZNAK	parcialni λ	F	p	R ²
rel.prirastek	0,8090	44,63	0,000*	0,1960
št.mrtvih vej	0,9267	14,94	0,000*	0,0819
poškodbe	0,9547	8,97	0,000*	0,0305
tip rasti	0,9639	7,08	0,000*	0,0712
odklon	0,9699	5,87	0,003	0,0450
št. živih vej	0,9889	2,11	0,123	0,3922
ploščina krošnje	0,9420	11,64	0,000*	0,5418
premer	0,9534	9,23	0,000*	0,7864
rel. dol. krošnje	0,9876	2,37	0,095	0,2810
vitkostno razmerje	0,9886	2,18	0,114	0,7091
krivost ^{a)}	0,9983	0,32	0,721	0,0563

a) znak ni vključen v model

Izračun je pokazal, da krivost ni vključena v model, ker vrednost F ni dosegla modelne vrednosti. Najvišji korelacijski koeficienti so bili ugotovljeni za premer, vitkostno razmerje, ploščino krošnje ter število živih vej. Ostali koeficienti so bili precej nizki. Krivost ima prav tako nizko vrednost korelacijskega koeficienta, kar kaže na majhno odvisnost od drugih znakov, poleg tega nima diskriminativne moči pri uvrstitvi v posamezen razred RJO.

V preglednici 19 je prikazana kanonična analiza z diskriminativnima funkcijama, ki prikazuje kako se v model vključene spremenljivke razvrščajo med izbranimi razredi RJO.

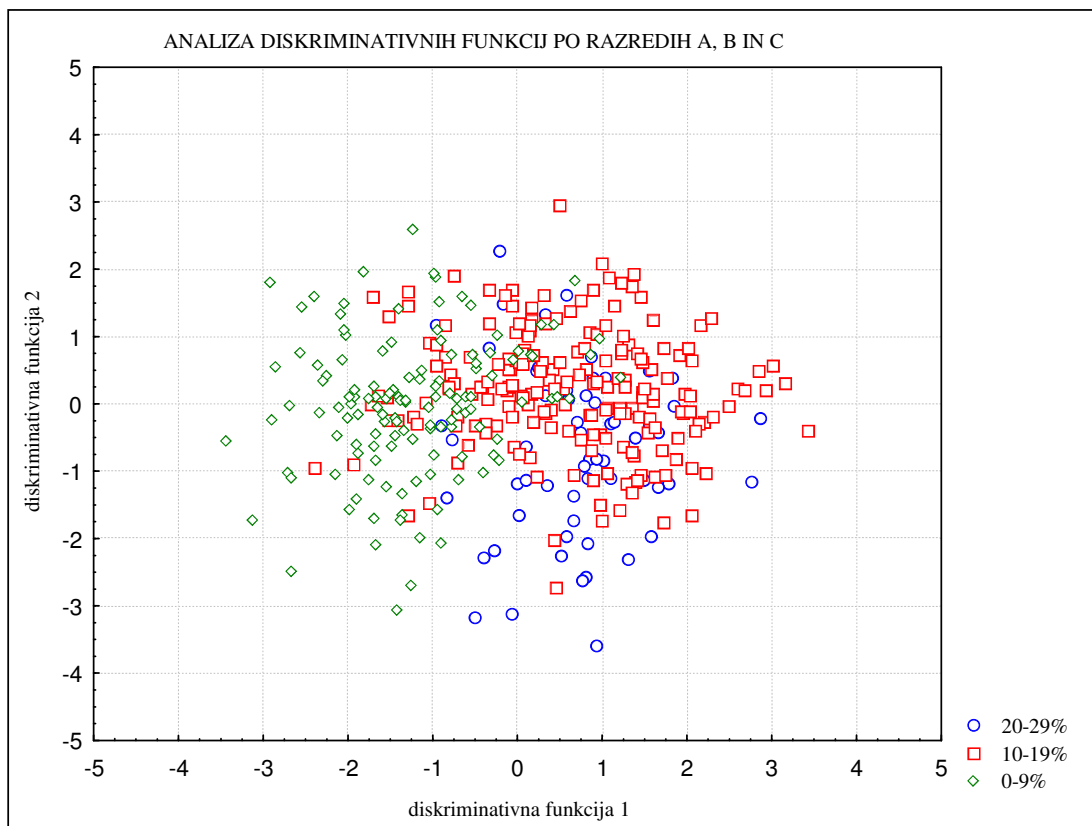
Preglednica 19: Standardizirani koeficienti za diskriminativni funkciji

ZNAKI	STANDARDIZIRANI KOEFIICIENTI	
	diskr.funk.1	diskr.funk.2
rel.prirastek	0,7250	-0,2925
št.mrtvih vej	-0,3914	-0,3870
poškodbe	0,2280	0,5321
tip rasti	0,2787	0,2391
odklon	-0,1782	-0,4561
št. živih vej	-0,1694	-0,2570
ploščina krošnje	-0,4832	0,5358
premer	0,6912	-0,3184
rel. dol. krošnje	0,1960	-0,0679
vitkostno razmerje	0,2921	0,1444
lastna vrednost	0,7799	0,0924
kumulativen delež	0,8940	1,0000

Analiza je pokazala, da je prva diskriminativna funkcija s standardiziranimi koeficienti najbolj pojasnjena z relativnim prirastkom ter premerom, druga pa s ploščino krošnje ter poškodbami. Kumulativni delež pri prvi razlikovalni funkciji utemeljuje 89 % pojasnjene variance, kar pomeni, da je tolikšen delež razlikovalne moči funkcije pojasnjen s prvo diskriminativno funkcijo.

Ker smo primerjali tri različne svetlobne razrede (skupine) smo tako dobili dve diskriminativni funkciji, s katerima lahko prikažemo kopičenje primerkov po posameznem

razredu RJO. Iz grafa težko z gotovostjo trdimo, da je v katerem izmed svetlobnih razredov grupiranje izrazito. Deloma je krivo premajhno število podatkov, ki bi bolj jasno nakazale trend kopičenja podatkov. Kljub vsemu lahko zaključimo, da je opazno grupiranje v razredih A in B, med tem ko v razredu C grupiranje ni izrazito. Prva diskriminativna funkcija oba razreda razlikuje med seboj ter od RJO razreda C.



Slika 24: Grafični prikaz analize diskriminativnih funkcij v razredih nizke RJO

Klasifikacija primerkov s pomočjo koeficientov klasifikacije je razvrstila posamezne osebk v modelne razrede v primerjavi z dejansko razvrstitvijo.

Preglednica 20: Matrika razvrstitve primerkov v modelne razrede (klasifikacijska matrika)

RAZREDI	DEJANSKA RAZVRSTITEV	PRAVILNOST UVRSTITVE	MODELNA RAZVRSTITEV		
	št. primerkov	%	A	B	C
A	130	78,46	102	30	0
B	200	82,00	30	164	6
C	60	21,67	4	43	13
Σ	390	71,54	136	235	19

Matrika razvrstitve je pokazala, da je mogoče 72 % primerkov uvrstiti v izvorni (dejanski) RJO razred. Največji delež pravilnosti uvrstitve se pokaže v razredu B, saj je 164 osebkov od 200 uvrščenih tako v dejanski kot modelni razred, kar pomeni 82 % zanesljivost uvrstitve. Za RJO razred C ta trditev ne drži, saj je zanesljivost uvrstitve osebkov v dejanski in modelni razred le 22 %. Kar 47 osebkov iz razreda C je bilo uvrščenih v druga dva razreda. Iz tega lahko zaključimo, da je pri osvetlitvi do 20 % RJO možno z dokaj visoko zanesljivostjo razvrstiti osebkke v posamezni svetlobni razred, pri višjih jakostih osvetlitve pa svetlobne razmere povzročijo večjo heterogenost znakov med osebki.

6 RAZPRAVA IN SKLEPI

6.1 RAZPRAVA

Celotna raziskava, ki smo jo izvedli v gozdnih sestojih v neposredni bližini pragozdnega ostanka Pečka, je bila usmerjena v ugotavljanje vplivov stopnje zastrtosti in velikosti vrzeli na razrast bukovih gošč. Omenjena dejavnika sta ključna za poznavanje dinamike pomlajevanja ter nadaljnjega razvoja bukovih osebkov. Analiza podatkov, dobljenih s pričujočo raziskavo, je del širše zastavljenega znanstvenega dela proučevanja dinamike pomlajevanja bukovih gošč, saj sta bili podobni raziskavi izvedeni v podgorskih bukovih gozdovih (Bitorajc in Tanko, 2004) ter v pragozdnih ostankih v Rajhenavskem rogu ter Pečki (Kozjek, 2005).

Velikost vrzeli in svetlobne razmere v njih

Glavna značilnost razvojne stopnje gošče je, da se drevesa sklenejo pri prsni višini. Ta sklenitev pomeni pričetek intenzivnega medsebojnega tekmovanja (Leibundgut, 1993). Kakšen bo nadaljnji razvoj posameznih osebkov v tej populaciji pa je v veliki meri odvisno od svetlobnih razmer, velikosti vrzeli, od sestojne klime, genetskih lastnosti posameznega osebka ter kakovosti semena. Sestojno klimo enačimo s pojmom mikroklima in pomeni klimo prostora pod vegetacijsko odejo (Kordiš, 1993). V raziskavi bukovih gošč gospodarskega gozda v bližini Pečke so bile vrzeli velikosti od 0,3 pa vse tja do 500 arov, kolikor smo ocenili velikost velike vrzeli, ki je nastala po vetrolomu. Vrzeli smo razdelili v tri velikostne tipe. Glede na izmerjene vrednosti relativne jakosti sevanja smo tvorili dva svetlobna razreda, razporejena po tretjinskih deležih RJO. Razreda RJO od 34-66 % nismo oblikovali, saj bi bili na podlagi izmerjenih vrednosti RJO, v ta razred uvrščeni le dve ploskvi. V tem primeru bi bila reprezentativnost rezultatov vprašljiva.

Delež sevanja glede na celotno jakost sevanja (RJO) se je med obema tipoma vrzeli statistično razlikoval. V velikih vrzelih je največja povprečna vrednost znašala 76 %. V malih in srednjih vrzelih so bile vrednosti RJO dokaj homogene in večjih odstopanj ni bilo. V srednjih vrzelih je povprečna vrednost RJO znašala le 20 %. Nasprotno kot pri Bitorajcu

in Tanku (2004) niti ena vrednost RJO, izmerjena v srednjih vrzelih, ni bila višja kot 33 %. Najverjetnejši razlog takšnemu odstopanju gre iskati v različnem načinu gospodarjenja. V primeru lokacij malih in srednjih vrzeli se v sestojih gospodari malopovršinsko raznomerno, ki je ena izmed oblik skupinsko postopnega gospodarjenja. Značilnost tega sistema je, da je razmerje med odraslim sestojem in mladjem prilagojeno njegovi ekologiji in kakovosti. Mladje se razvija večinoma pod zastorom, gošče pa se oblikujejo v manjših ali večjih jedrih (Diaci, 2006). Ravno tako so v naši raziskavi vrzeli predstavljale posamezna jedra različnih velikosti, obdana z odraslimi drevesi. Izkazalo se je, da je bil pravilni izbor tipa vrzeli močno podvržen subjektivni oceni glede na stanje v sestoju. Največkrat je šlo za izbor na podlagi primerjave med močno ter nekoliko manj zastrtimi vrzelmi. Vpliv okoliških nadstojnih dreves na vrednost RJO v vrzelih je bil tako precejšen. Pri analizi svetlobnih razredov nižje stopnje RJO so povprečne vrednosti izmerjene RJO predstavljale približno sredino posameznega RJO razreda (razred A – 5,5 %, razred B – 15,1 % in razred C – 23,3 %). Podobno nizke vrednosti RJO, kot smo jih ugotovili v raziskavi, so se pokazale tudi v malih vrzeli v pragozdu Pečka in Rajhenavski rog (Kozjek, 2005). Povprečne vrednosti difuznega sevanja v malih vrzelih so znašale 5 %, njihova povprečna velikost pa je bila 0,52 ara, kar je nekoliko nižja vrednost, kot pa je bila povprečna velikost vrzeli razreda A (0,65 ara).

Primerjava povprečnih velikosti srednjih vrzeli, ugotovljenih pri Bitorajc in Tanko (2004) ter v naši raziskavi, kaže na analogijo vrednosti RJO ter velikostjo vrzeli. V njunem primeru je so povprečne vrednosti srednjih vrzeli znašale 13,56 ara, med tem ko v naši raziskavi le 3,25 ara. Velikost malih vrzeli v naši raziskavi je znašala 0,63 ara, njune male vrzeli pa so imele povprečno velikost 0,99 ara.

Raztros relativne jakosti sevanja po tipih vrzeli v naši raziskavi ni bil tako očiten, saj so vrednosti dokaj homogene. Z oblikovanjem RJO razredov po tretjinskih deležih smo predvsem za razred RJO 0-33% ta raztros nekoliko povečali. S tem so se povečali tudi standardni odkloni. Z oblikovanjem treh razredov RJO pri nizkih stopnjah osvetlitve pa smo ta raztros bistveno zmanjšali. Odkloni od povprečja pa so se pri nekaterih proučevanih znakih kljub vsemu ohranili.

Kazalniki gošč na ploskvah

Gostota dreves se je med tipi vrzeli in posameznimi RJO razredi statistično razlikovala. Največje povprečne število osebkov so bile v velikih vrzelih ($3,68$ osebkov / m^2) ter RJO razredu I ($3,59$ osebkov / m^2). Gostota dreves po tipih vrzeli približno linearno pada z zmanjševanjem relativne jakosti sevanja. V velikih vrzelih se je v povprečju pojavilo približno 30 % več osebkov kot v malih vrzelih. Nekatere raziskave so pokazale, da v naravno osnovanih sestojih bukov pomladek lahko preživi pri približno 3-5 % difuzne svetlobe. Več avtorjev je ugotovilo, da v bukovem pomladku s povečevanjem stopnje zastrtosti upada število osebkov (Madsen, 1997, Collet in sod., 2001). Razlika v gostoti osebkov med razredoma I in II RJO je razvidna, vendar glede na velikost difuznega sevanja ni pretirano visoka – le $0,69$ osebka / m^2 . Bistvenega odstopanja v gostoti osebkov v razmerah nizke osvetljenosti nismo zaznali. V primerjavi z ugotovitvami raziskave Bitorajca in Tanka (2004), je povprečna gostota v vseh tipih vrzeli nižja. V malih in srednjih vrzelih sta ugotovila povprečne vrednosti gostote med 3 in 4 osebke / m^2 , v velikih pa 5 osebkov / m^2 . Razliko gre pripisati dejstvu, da je naša analiza potekala na višji nadmorski višini (okoli 900 m) v bolj zaostrenih ekoloških razmerah. Poleg vsega pa je bila na izbranih ploskvah prisotna površinska skalovitost ter v nekaterih primerih (predvsem pri ploskvah v velikih vrzelih) precejšen nagib terena. Oba dejavnika sta vplivala na manjšo gostoto osebkov na ploskvah. Prav tako bi v nekaterih primerih lahko bila nizka gostota povezana nizko vrednostjo RJO%. V obzir moramo vzeti tudi dejstvo, da gre pri njuni raziskavi tudi za drugo rastišče (*Hedero-Fagetum*). Rezultati njune ter naše raziskave tako kažejo, da manjše vrzeli ter nižja relativna jakost sevanja pomenijo tudi nižjo gostoto osebkov v bukovih goščah. Število osebkov na ploskvah je bilo v obeh primerih v šibki linearni odvisnosti od RJO. V primeru raziskave bukovih gošč v pragozdu je gostota drevesc v povprečju še bistveno nižja (Kozjek, 2005).

Ostale drevesne vrste so se na ploskvah pojavljale v zelo majhnem številu. V največji meri se je pojavljal gorski brest, gorski javor ter posamezni osebki mladih smrek. Prisotna sta bila tudi veliki jesen ter jelka. Med vrzelmi kot tudi med razredoma RJO obstajajo statistično značilne razlike. Med razredi nizke jakosti sevanja pa teh razlik nismo dognali.

Zakovitosti, ki smo jih odkrili pri gostoti osebkov na ploskvah, veljajo tudi za gostoto gornjega sloja. Odnosi med tipi vrzeli ter razredi RJO ostajajo enaka. Gostota gornjega sloja se povečuje z večanjem deleža RJO.

Kozjek (2005) je v raziskavi ugotovila, da se predrastki pojavljajo tako v velikih kot v malih vrzelih, kjer so prevladovali. Do podobnih ugotovitev je prišel tudi Šafar (1964), saj je v vrzelih pod zastorom ugotovil večje število predrastkov kot pa v odprtih vrzelih. Nasprotno pa sta Bitorajc in Tanko (2004) ugotovila relativno največje število predrastkov v razmerah večje svetlobe, v šibkih svetlobnih razmerah (male vrzeli) pa najmanj. Za pojavljanje predrastkov sta ugotovila pojavljanje statistično značilnih razlik med tipi vrzeli in RJO razredi. V srednjih ter valikih vrzelih sta ugotovila enak delež predrastkov na ploskvah, v RJO razredu II (34-67 %) pa se je pojavil celo večji delež predrastkov, kot v razmerah polne osvetlitve. Podobno zakonitost smo dognali tudi v naši raziskavi. V velikih vrzelih so se predrastki pojavili kar na 80 % ploskev. V srednjih vrzelih je bil ta odstotek nižji (45 %), vendar glede na stopnjo RJO v njih še vedno visok. V RJO razredu II je bil relativni delež predrastkov 35 %. Tako med tipi vrzeli, kot RJO razredi obstajajo statistično značilne razlike, med tem ko med razredi nizke stopnje osvetljenosti teh razlik nismo zaznali ($p=0,901$). Zaključimo lahko, da na pojavljanje predrastkov v gospodarskem gozdu odločilno vpliva povečana osvetljenost, ki pri posameznih osebkih sproži silaško rast.

Znaki dreves

Glavni kriterij pri izbiri posameznega tipa vrzeli je bila bukova gošča primerljivih višin. Na terenu se je to v nekaterih primerih izkazalo kot težko določljivo, saj so se višine bukovih gošč v posameznih vrzelih (pomladitvenih jedrih) med seboj močno razlikovale. Kasneje smo z analizo rezultatov ugotovili, da so srednje višine v malih vrzelih celo nekoliko višje (4,2 m) od srednjih vrzeli (4,1 m). Pri analizi nizke svetlobe pa so bile povprečne višine največje v razredu sevanja 10-19 % - 4,18 m. Zato smo višino uporabili kot kovariato pri analizi razlik po tipih vrzeli in posameznih izbranih razredih RJO. Pričakovano so bile povprečne višine najvišje v razredu največje jakosti sevanja. Do podobnih ugotovitev je prišel tudi Sagheb-Talebi (1996), saj so bile največje povprečne

višine v vrzelih z visoko stopnjo osvetlitve – nad 80 %. Nekoliko drugačni so bili rezultati analize višin pri Bitorajcu in Tanku (2004). Največje višine sta ugotovila v srednjih vrzelih in v razredu sevanja od 34-66 %. Večje število avtorjev je raziskovalo vpliv zastora na višinsko rast bukovih osebkov (Ammer, 2003, Collet in sod., 2001, 2002, Modry, 2004, Madsen, 1997). Skupna ugotovitev vseh avtorjev je, da delež zastrtosti močno vpliva na višinsko rasti bukovih osebkov. Pri raziskavi vpliva povečane svetlobe z odprtjem zastora je bilo ugotovljeno, da se rast v višino ne poveča takoj s povečanjem dotoka svetlobe, se pa stalno povečuje v nadaljnjih letih. Primerjalno je bila višina osebkov pod zastorom za 60 % nižja od tistih v vrzelih (Collet in sod., 2001).

Med premerom osebkov in višino obstaja tesna in statistično značilna odvisnost ($R^2=0,86$). Povprečne vrednosti premera se z višino osebkov linearno povečujejo. Primerjava med višino ter premerom osebkov je pokazala, da zgornja zakonitost drži. Vendar je bil premer osebkov v srednjih v primerjavi z malimi vrzeli, kljub nižji višini, v povprečju večji za 1,6 mm. Podobna značilnost se kaže tudi pri razredih nizke osvetljenosti. Tudi Bitorajc in Tanko (2004) ter Kozjek (2005) so prišli do podobnih ugotovitev. Takšno stanje je mogoče razložiti z povečano količino svetlobe v večjih vrzelih. Collet in sod. (2001) so ugotovili povečano priraščanje v debelino že v prvem letu po odpiranju sklepa krošenj, premer pa je bil močno odvisen od klimatskih razmer posameznega leta. Vpliv svetlobe na povečanje premerov pri isti starosti osebkov se kaže tudi v tem, da imajo drevesa v središču vrzeli zaradi največje količine priskele svetlobe, najvišje premere (Sagheb-Talebi, 1996). Primerjava prilagojenih vrednosti premerov v naši raziskavi pa je pokazala, da med tipi vrzeli ter RJO razredoma I in II za premere nismo ugotovili bistvenih razlik. Pri razredih šibke osvetljenosti so bili pri manjšem deležu svetlobe tudi manjši premeri. Regresijska odvisnost premerov osebkov od RJO je tesna in pozitivna.

Razmerje med višino in premerom osebkov je pomemben kazalnik kakovosti in stabilnosti sestojev. Tako med tipi vrzeli kot pri obeh tipih svetlobnih razredov smo za vitkostna razmerja ugotovili statistično značilne razlike. Zanimivo je, da so te razlike med razredoma I in II RJO sicer obstajale, vendar so bile relativno majhne – v razredu I je bila povprečna H/d vrednost 196, v razredu II pa celo nekoliko nižja -188. To je zanimivo predvsem zato, ker je bil v razredu II večji nabor osebkov in kjer je bilo prisotna nižja stopnja osvetlitve

(0-33 %). Največje povprečne vrednosti vitkostnega razmerja smo tako dosegli v malih vrzelih (196) ter pri nizki stopnji osvetlitve (0-9 %) – 203. Nasprotno kot Bitorajc in Tanko (2004) smo pri naši raziskavi ugotovili, da statistično značilna povezava med vitkostnim razmerjem in RJO sicer obstaja, vendar ne gre za tesno odvisnost ($R^2=0,109$). Vrednosti vitkostnega razmerja v splošnem padajo z večanjem stopnje RJO. Pojav rahle odvisnosti H/d od RJO si lahko razlagamo z nenadnimi svetlobnimi spremembami. Kot smo že ugotovili zgoraj, nenaden dotok svetlobe najprej poveča debelino drevesc, šele nato se sprememba odrazi tudi na višini osebkov. Odsotnost učinka povečanja zastora na vitkostno razmerje se lahko kaže tudi v prekratnem času od odpiranja vrzeli do popolnega odziva osebkov na spremenjene svetlobne razmere. Pri tem imajo lahko pomembno vlogo tudi dostopnost vode in hranil, ki zmanjšajo učinek svetlobe (Collet in sod., cit. po Madsen, 1994). Zanimivo je dejstvo, da se med tipi vrzeli povprečne prilagojene vrednosti ne razlikujejo značilno - v srednjih vrzelih je razmerje najnižje, v velikih ter malih pa skoraj enako. V RJO razredu II, kjer je nižja stopnja osvetlitve, je H/d razmerje celo nižje, kot v razmerah polne osvetlitve.

Dolžina višinskega prirastka je od vseh znakov dreves kazal najbolj tesno in pozitivno odvisnost od RJO ($R^2=0,724$). Najmanjši povprečni višinski prirastek se je pojavljal v malih vrzelih ter v razredih nizke stopnje osvetljenosti (prilagojene vrednosti za razred II – 220 mm, za razred A – 134 mm, za male vrzeli – 174 mm). V velikih vrzelih in pri višjem razredu RJO so višinski prirastki za 50 – 60 % večji kot v malih vrzelih in pri nizki stopnji osvetljenosti.

Brinar (1969) je v svoji raziskavi bukovega mladja ugotovil, da je zmanjšanje dostopne svetlobe za 50 % povzročilo zmanjšanje višinskega prirastka v vrzelih pod zastorom za 42 %. Višinski prirastek med zastrtimi in nezastrtimi ploskvami se je izenačil šele po 4 letih enakih svetlobnih razmer. Bukev v prvih letih rasti ob nizki stopnji osvetlitve proizvede več suhe mase v podzemni del, kot pa v nadzemne asimilacijske organe (Welandar, 1998), kar je lahko tudi vzrok nizkim prirastkom v bukovih goščah pod večjim zastorom. Podobno so ugotovili tudi Collet in sodelavci (2002), saj je stopnja zastrtosti vplivala na količino ter vzorec porazdelitve biomase po posameznih delih bukovih osebkov. Povečan prirastek nekateri avtorji povezujejo porastu listne površine in posledično povečanju

fotosintetske učinkovitosti, ki je povezana s povečanjem dostopne svetlobe. Hkrati se s povečanjem osvetlitve zveča tudi količina hranil v rastlinskih delih (Minotta in Pinzauti, 1996). Tudi pri raziskavi Canhama (1988) je bilo ugotovljen nižji višinski prirastek bukev pod zastorom. Predvsem je poudaril odziv bukve v majhnih vrzelih na njeno stopnjo plastičnosti ter vzorcev razvejanja in olistanja, ki predstavlja njeno konkurenčno prednost pred ostalimi drevesnimi vrstami. Enako je tudi Sagheb-Talebi (1996) ugotovil povečanje prirastkov z večanjem svetlobe v vrzelih. Pri tem je imelo pomembno vlogo tudi rastišče.

Dolžina do prvega internodija je med tipi vrzeli ter RJO razredoma I in II statistično značilna, vendar povezava ni tesna. Razlike med povprečnimi vrednostmi po tipih vrzeli so precej podobne. V razredih nizke stopnje sevanja nismo ugotovili statistično značilnih razlik med posameznimi razredi. Enako tudi nismo ugotovili odvisnosti od RJO, kar napeljuje na zaključek, da na dolžino od vrhnjega poganjka do prvega internodija svetlobne razmere ne vplivajo. Do enakih zaključkov sta prišla tudi Bitorajc in Tanko (2004).

V raziskavi nismo ugotovili statistično značilnih razlik med ploščino krošnje ter RJO, kar je v nasprotju s pričakovanjem in ugotovitvami Bitorajca in Tanka (2004) in tudi našimi izsledki. Pri vseh treh analizah kovariance se je izkazalo, da pri nižjih svetlobnih razmerah bukve razvijejo večjo ploščino ter manjšo dolžino krošnje, kar nakazuje na plagiotropno rast bukve ob nizki osvetlitvi. Izostanek regresijske odvisnosti v tem primeru ne znamo pojasniti. Razlog za to lahko pripišemo dejstvu, da je bilo število osebkov na ploskvah v povprečju bistveno nižje, kot na ploskvah v podgorskih bukovih gozdovih. Med tem ko je bila povprečna gostota v malih vrzelih v podgorskih gozdovih bukve 4,1 osebkov/m², je bila v naših razmerah le 2,6 osebkov/m². Tudi pri ostalih dveh tipih vrzeli je bilo podobno. Tako med vrzelmi kot tudi med razredi RJO so se pojavljale statistično značilne razlike. Šafar (1964) je pri raziskavi bukovega mladja v Dinaridih ugotovil, da dolgo zasenčenje krošenj spodnjih slojev povzroči nepravilne oblike krošenj ter njihov slab razvoj. Razlog pripiše osvajanju višjih plasti v mladovju, posledica pa so slabo razvite krošnje.

Sagheb-Talebi (1996) ugotavlja odvisnost ploščine krošnje tudi od višine, premera ter gostote osebkov na ploskvi. Odvisnost je pozitivna v prvih dveh primerih, med tem ko

povečanje gostote osebkov pomeni manjše krošnje. Podobne zakonitosti navajata tudi Bitorajc in Tanko (2004). V našem primeru smo prišli do podobnih zaključkov. Kozjek (2005) v pragozdni bukovih goščah ugotavlja, da je povprečna ploščina krošenj v malih vrzelih dvakrat večja od ploščin v velikih vrzelih. Navaja, da v pogojih šibke svetlobe bukev poveča premer krošnje, da bi v čim večji meri izkoristila dostopno svetlobo.

Dolžina krošnje, kot razlika med višino osebka ter višino do prve žive veje, je tako med tipi vrzeli kot med svetlobnimi razredi statistično značilna. Kaže tudi tesno odvisnost od RJO ($R^2=0,699$). Najmanjša dolžina krošenj se je pojavila v malih vrzelih ter v razredih II ter A svetlobnega sevanja. V razmerah šibke svetlobe se razvijajo krajše krošnje kot posledica odmiranja spodnjih vej. Povprečna dolžina krošenj v pragozdu je bila značilno večja v malih vrzelih. Razlog temu naj bi bila večja gostota osebkov v velikih vrzelih, kar prav tako vpliva na odmiranje spodnjih vej (Kozjek, 2005). Kot kaže večja osvetljenost vpliva na dolžino krošnje in s tem dolžino čistega debla, kar lahko pomeni kakovostno negativen znak.

Stopnja asimetričnosti krošnje je statistično značilna le med tipi vrzeli, med razredi RJO pa se ta značilnost ne kaže. Z linearno regresijo nismo ugotovili odvisnosti asimetričnosti krošenj od vrednosti RJO. Do enakih ugotovitev sta prišla tudi Bitorajc in Tanko (2004) in Kozjek (2005).

Krivost niti med tipi vrzeli niti med posameznimi razredi RJO ni bila statistično značilna. Iz tega sledi, da tudi odvisnost krivosti od RJO ni statistično značilna. Slednje sta ugotovila tudi Bitorajc in Tanko (2004). Pri njima so obstajale statistično značilne razlike med tipi vrzeli ter razredi RJO, povezava pa ni bila zelo tesna. Kozjek (2005) je v pragozdni ugotovila statistično značilne razlike v krivosti med velikimi in malimi vrzelmi. V slednjih je bila gostota osebkov nizka, zato so se bukve obračale proti svetlobi in se zato posledično krivile. Brinar (1969) je v zastrti vrzeli v primerjavi z nezasenčeno populacijo odkril za 35 % večji delež krivih osebkov. Krivosti ni pripisoval večjega pomena, saj naj bi se krivost z nadaljnjim razvojem osebka bistveno zmanjšala. Tudi Šafar (1964) je ugotovil manjši delež ravnih osebkov v razmerah zasenčenosti v primerjavi z nazastrtimi ploskvami.

Odklon od vertikale ni linearno odvisen od RJO. Različne svetlobne razmere tako niso vplivale na odmik rasti osebkov. Med tipi vrzeli ter vsemi razredi RJO pa obstajajo statistično značilne razlike, ki so največje med tipi vrzeli. Vendar pa prilagojene vrednosti teh razlik ne pokažejo. Največje povprečne vrednosti odklonov smo ugotovili v malih (10,2 cm/m) in srednjih vrzelih (10,4 cm/m) ter pri nizkih stopnjah osvetljenosti (razred A – 11,5 cm/m). Nasprotno sta Bitorajc in Tanko (2004) ugotovila linearno odvisnost odklona od RJO, saj so bukke v manjših vrzelih in pri nižji stopnji RJO imele večji odklon od vertikalne rasti. V splošnem lahko zapišemo, da so povprečne vrednosti odklonov večje v razmerah šibke svetlobe, vendar linearne odvisnosti odklona od RJO nismo ugotovili. Tako lahko zaključimo, da tako krivost kot odklon od vertikale nista odvisna od jakosti sončnega sevanja. Razlog takšnim rezultatom bi lahko bile spremenljive svetlobne razmere po ploskvah, katerim se osebki ne morejo dovolj hitro prilagoditi. Prav tako bi lahko na odklon vplivala tudi smer dotoka svetlobe do gošč. Svetloba, ki pada na bukove gošče navpično, povzroči ravno rast osebkov. Svetloba od strani pa ima lahko za del osebkov v gošči negativne posledice, ki se kažejo v obliki večjega odklona od navpične rasti kot tudi krivosti bukve.

Število živih vej nad tretjino premera je negativno odvisno od stopnje RJO, povezava je tesna in statistično značilna. Največje število živih vej se je med tipi vrzeli pojavilo v srednjih vrzelih ter v RJO razredih II ter C. Rezultati so v razmerah šibke jakosti svetlobe v skladu s pričakovanji, saj se z večanjem stopnje osvetlitve veča tudi število živih vej. Pri tipih vrzeli ter RJO razredoma I in II pa se je najmanjše število vej pojavilo v velikih vrzelih ter pri polni osvetlitvi. Podoben pojav sta zaznala tudi Bitorajc in Tanko (2004). Razlog takšnemu rezultatu botruje metoda meritve živih vej, kjer smo upoštevali samo veje debeline nad tretjino premera. V malih vrzelih so pri šibki svetlobi prisotne nižje vrednosti premera, zato so v izbor prišle tudi tanjše veje, v primerjavi z velikimi vrzelmi. Šafar (1969) je ugotovil, da v mladosti zastrto bukovje v razvojni stopnji gošče oblikuje krošnje z manj obetajočo kakovostjo, a so veje v takih krošnjah tanjše. Ob predpostavki, da ta lastnost pomeni prednost zaključujemo, da je začetno zasenčenje v tem pogledu koristno.

Zakovitosti pri številu živih vej so se ponovile tudi pri pojavljanju mrtvih vej, le da gre tu za pričakovane vrednosti. Število mrtvih vej je odvisno od stopnje RJO, povezava je

negativna in statistično značilna. Največje število mrtvih vej se je v povprečju pojavilo v malih vrzelih in pri razredih šibke osvetljenosti. Ta ugotovitev bolje odraža razmerje med vrzelmi, saj je bilo mrtvih vej v velikih vrzelih pri večji stopnji RJO bistveno nižje. Zaključimo lahko, da se z manjšanjem jakosti sončnega sevanja poveča število mrtvih vej s tem pa trebljenje vej osebkov. Do enakih zaključkov sta prišla tudi Bitorajc in Tanko (2004).

V splošnem lahko zaključimo, da v malih vrzelih ter razmerah nizke osvetljenosti lahko pričakujemo večjo dolžino čistega debla, manjše število živih ter večje število mrtvih vej.

Rezultati raziskave tipa rasti bukovih osebkov so nekoliko presenetljivi. Pričakovali bi največji delež enovrhatih osebkov v malih vrzelih in v razmerah šibke osvetljenosti. V takšnih razmerah bukova drevesa oblikujejo ravno enoosno steblo z enim vrhom zaradi rasti proti svetlobi. V našem primeru se je ta zakonitost potrdila le v razmerah zelo šibke osvetlitve (0-9 %), kjer je bilo relativno največ enovrhatih debelc (53,1 %). V malih vrzelih sta si bila deleža enovrhatih ter dvovrhatih osebkov približno enako visoka. V srednjih vrzelih so prevladovali dvovrhati osebki (59 %). Presenetljivo velik delež enovrhatih osebkov se je nahajal v velikih vrzelih (45,5 %) ter v razmerah visoke osvetljenosti (48,3 %). Bitorajc in Tanko (2004) sta ugotovila največjo prisotnost enovrhatih drevesc tako v malih vrzelih (72 %) kot tudi v razmerah šibke jakosti (66,3 %). Njuni skupni rezultati nakazujejo, da je večvrhatost odvisna od RJO in se najmanj pojavlja pri nizki stopnji RJO (14 %). Kozjek (2005) ugotavlja, da v pragozdnem okolju slabe svetlobne razmere v malih vrzelih vplivajo na dvovrhatost osebkov, v velikih vrzelih pa jih pospešujejo. Nicolini (1994) je pri preučevanju vpliva zastora in polne osvetljenosti v 18 letnih bukovih goščah na razporeditev vertikalne lateralne osi in pojava metlaste rasti ugotovil, da je ravna vertikalna os debelc pogostejša v razmerah polne osvetljenosti. Na drugi strani ugotavlja, da je v razmerah polne osvetljenosti večja apikalna umrljivost, ki povzroči metlasto rast. Takšna rast je predvsem posledica fluktuacij v letni stopnji rasti. Na podlagi naših rezultatov lahko zapišemo, da visoka stopnja osvetljenosti ne pomeni nujno tudi negativnega pomena na razvoj vršnih poganjkov. Tako imamo lahko že v goščah pri nizki stopnji osvetlitve slabe sestojne zasnove.

Večvršnost se je pri nas pojavila le v manjšem deležu. Brinar (1969) je pod zastrtim sestojem dognal za 33 % več večvrhatih osebkov, kot pa v odprtih vrzelih. Takšna oblika rasti je gospodarsko nezaželena. Sagheb-Talebi (1996) je ugotovil nizek delež dvovrhatih ter večvrhatih osebkov, pojav pa je bil odvisen od svetlobnih razmer.

Pri ugotavljanju poškodb na osebkih smo se osredotočili le na njihovo prisotnost. Tako smo najmanjši delež nepoškodovanih osebkov ugotovili v malih vrzelih (79 %) ter v razmerah šibke osvetljenosti (razred II – 70,25 %, razred A – 83,1 %). Med RJO razredoma I in II nismo ugotovili statistično značilnih razlik. Najbolj mogoč razlog za takšno sliko je v zaščiti bukovih gošč v malih vrzelih zaradi zaščite dreves odraslega sestoja. Največkrat prisoten poškodbe so bile pretežno biotskega izvora. Poškodb od sečnje je bilo zelo malo.

Diskriminativna analiza znakov osebkov glede na razrede RJO

Pri analizi podatkov nas je med drugim zanimalo tudi medsebojni učinek znakov osebkov glede na svetlobne razmere. Tako so nas zanimali tisti znaki, ki so z vidika svetlobnih razmer pomembnejši od drugih. Diskriminativna analiza je pokazala, da ima največjo razlikovalno moč v RJO razredih I in II premer, vitkostno razmerje ter relativni višinski prirastek. V razredih A, B in C šibke osvetljenosti se je največja diskriminativna moč pokazala pri relativnem prirastku, številu mrtvih vej ter ploščini krošnje. S pomočjo teh znakov bi z večjo gotovostjo posamezen primerek uvrstili v enega izmed RJO razredov. Bitorajc in Tanko (2004) sta največjo razlikovalno moč ugotovila pri ploščini krošnje, premeru in relativnem višinskem prirastku.

6.2 SKLEPI

Na kakovostne znake bukovih gošč ima velikost vrzeli ter svetlobne razmere v njih ključen pomen. Kakovost analiziranih osebkov je bila spremenljiva. V naši raziskavi smo imeli možnost primerjati le svetlobne razmere do 33 % relativne jakosti sevanja ter od 67 % dalje. Očitno je, da na območju raziskave prisotno malopovršinsko raznomerno gospodarjenje ne ustvarja dovolj pestrih svetlobnih razmer, ki bi nam lahko podale pravo

sliko vpliva svetlobe na razrast bukovih gošč. Kljub vsemu lahko zaključimo, da razmere nižje osvetljenosti bolje vplivajo na kakovost bukovih gošč. V razmerah nižje osvetljenosti lahko pričakujemo manjše število osebkov, dovolj visoke višinske prirastke, krajše krošnje in daljše dolžine čistih debelc. Malo je rogovilaste rasti vršnega poganjka, čeprav delež enovrhatih osebkov ne prevladuje. Več kot polovica osebkov je bila enovrhata, vendar z dodajanjem svetlobe v prihodnjem razvoju osebkov kljub vsemu pričakujemo prevlado enoosnih debel. Nasprotno se v takšnih razmerah pojavijo tudi negativni znaki, kot so neugodna vitkostna razmerja. Vendar je potrebno poudariti, da kakovostni znaki v velikih vrzelih in večji jakosti svetlobnega sevanja ne zaostajajo za razmerami šibke jakosti. V velikih vrzelih je bil delež enovrhatih osebkov največji, tudi število poškodovanih drevesc je bilo razmeroma nizko. Tudi vrednosti kakovostnih znakov, kot sta krivost in odklon od vertikale, so bili primerljivi z malimi in srednjimi vrzelmi.

Raziskava Bitorajca in Tanka (2004) v gospodarskih podgorskih bukovih gozdovih je pokazala, da je optimalna jakost osvetlitve, ki najugodneje vpliva na kakovost gošč, med vrednostjo 20 do 60 % RJO. Na podlagi naše analize lahko ugotovimo, da so bili kakovostni znaki gošč tudi pri nižjih vrednostih šibke svetlobe še vedno zelo zadovoljivi. Najnižje RJO vrednosti so tako segale le do 4 % celotnega sončnega sevanja. Zaključimo lahko, da tudi relativne vrednosti jakosti svetlobe od 5 do 25 % bukovi gošči še vedno omogočajo ugoden kakovostni razvoj. Velikost vrzeli naj bi znašala od 0,5 do 6 arov.

Če združimo rezultate vseh treh raziskav in izključimo vpliv različnih rastišč ugotovimo, da se optimalne svetlobne razmere in velikost vrzeli v gospodarskem gozdu ter pragozdu gibljejo nekje med 5 in 32 % RJO oziroma velikostjo ploskev od 0,5 do 5 arov. Sagheb-Talebi (1996) je ugotovil, da na splošno kakovost bukve najboljše vpliva relativna jakost svetlobe med 20 – 39 %.

Dve hipotezi smo s pričujočo raziskavo potrdili, eno pa le delno. Svetloba in velikost vrzeli sta imeli odločilen vpliv na kakovost bukovih gošč. V naravno razvijajočih se goščah se pojavlja silaška rast posameznih osebkov, ki so si ustvarili določeno prednost v razvoju. Z bujno razvitimi krošnjami odvzemajo rastni prostor drugim osebkom ter povzročajo

njihovo odmiranje. Pri tem imajo ključno vlogo ravno svetlobne razmere. Z odstranitvijo teh osebkov bi omogočili nemoten razvoj večjega števila nižjih, bolj kakovostnih osebkov.

Pri tem se nakazuje tudi pomen smeri dotoka svetlobe. Svetloba, ki v vrzel prodira z vrha, omogoči osebkom izrazitejše priraščanje v višino, s tem pa ugodno vitkostno razmerje ter enovršnost osebkov v gošči. Posledično se zmanjšata tudi krivost ter odklon od vertikale. Svetloba s strani pa lahko privede do zavrte rasti osebkov na notranji strani vrzeli, med tem ko osebki na zunanji strani vrzeli lahko razvijejo bolj čokato rast. Malopovršinski gojitveni sistemi omogočajo ravno takšne svetlobne razmere. Z postopnim odpiranjem sestojev se ustvarjajo heterogene svetlobne razmere, ki lahko negativno vplivajo na razrast bukovih gošč. V naši raziskavi se je to pokazalo predvsem pri nizkem številu enovrhatih osebkov v razmerah šibke svetlobe.

Bukovi osebki v manjših vrzelih so nagnjeni k plagiotropni rasti. V primeru povečevanja vrzeli takšne osebke praviloma prerastejo osebki z ravnimi debelci, ki imajo sposobnost pospešene višinske rasti (Diaci, Kozjek, 2005). V slabših svetlobnih razmerah smo zato pričakovali slabše kakovostne znake primerkov. Šibka svetlobna jakost je tako negativno vplivala na krivost ter odklon osebkov, deloma na enovrhatost osebkov ter razraslost krošenj. Pozitivni učinek se je kazal predvsem v dolžini čistega debla in vitkosti osebkov. Tudi v velikih vrzelih in razmerah večjega svetlobnega sevanja se negativni kakovostni znaki niso pokazali. Kot sta ugotovila že Bitorajc in Tanko (2004) naj bo v bukovih goščah težišče ukrepanja v malih in srednjih vrzelih, kjer občasna odstopanja v eno ali drugo smer zaradi majhnih razlik med kakovostnimi znaki, ne pomeni bistvene izgube kakovosti in stabilnosti. Gospodarjenje v sestojih na območju raziskave je malopovršinsko raznomerno, kar nakazuje na večjo sproščenost ukrepanja v gošči ter večjo mero upoštevanja naravne obnove sestojev.

Z raziskavo smo dokazali, da je mogoče dobiti zadovoljivo kakovost bukovih osebkov pri zelo šibki jakosti svetlobe. Nadaljnje raziskave bi morale ugotoviti predvsem vpliv smeri dotoka svetlobe na kakovostne znake osebkov. Prav tako bi bilo smiselno spremljati povezavo med kakovostnimi znaki mladja ter nadaljnjih razvojnih faz.

7 POVZETEK

Bukev je v mladostni fazi razvoja izrazito sencoljubna drevesna vrsta in ima temlastnostim primerno rast. Naravna dinamika obnove v bukovih gozdovih je malopovršinska s pomladitvenimi jedri pod zastorom. V malih vrzelih pod zastorom dosežemo boljšo kakovost osebkov z manjšimi ukrepi nege, kar je danes zaradi ekonomskih učinkov čedalje bolj primerna in zaželena oblika ukrepanja. Bukove krošnje so goste, kar osebkom omogoča dobro uveljavljanje tekom življenjske rasti. Zanj je značilna ekološka plastičnost, saj se dobro prilagaja spremembam v okolju. V šibkih svetlobnih razmerah je bukev nagnjena k plagiotropni rasti, t. j. rast, usmerjena iz vertikalne v horizontalno smer, kar povzroča slabo kakovost osebkov. Zato sta pomembni tista velikost vrzeli ter jakost sevanja, ki omogočata razvoj kakovostnih osebkov.

Namen raziskave v jelovo-bukovih gozdovih je bil ugotoviti vpliv zastrtosti ter velikost vrzeli na razrast bukovih gošč ter jih primerjati z že opravljenimi raziskavami v podgorskih bukovih gozdovih ter pragozdnih sestojih. Pri tem so nas zanimali posamezni kvalitativni ter kvantitativni znaki osebkov. V ta namen smo na 60 raziskovalnih ploskvah analizirali 600 bukovih osebkov v razvojni fazi gošče. Analiza je zajemala iskanje razlik med povprečji kazalcev in znakov razrasti bukovih gošč po tipih vrzeli ter dveh različno oblikovanih razredih RJO. Ker nas je zanimal vpliv na razrast bukovih gošč pri nizki jakosti sevanja, smo oblikovali tudi tri svetlobne razrede do vrednosti RJO 29 %. S pomočjo korelacijske matrike smo ugotavljali medsebojne odvisnosti znakov, z linearno regresijo pa smo ugotavljali odvisnosti kazalcev in znakov gošč od stopnje RJO.

Analiza rezultatov naše raziskave je pokazala, da je tudi v razmerah šibke osvetljenosti (pod 15 %, velikost vrzeli do 1,5 ara) kakovost izbranih bukovih osebkov zadovoljiva. To se kaže predvsem v dolžini čistega debla, velikosti krošenj ter ugodnemu vitkostnemu razmerju. Nekoliko manj značilno je bila izražena enovrhatost osebkov. Zaradi večje količine dostopne svetlobe v velikih vrzelih nismo opazili negativnih kakovostnih znakov, celo nasprotno, relativno največ envrhatih osebkov je bilo ravno v velikih vrzelih (RJO 76 %). Pozitivni učinki velikih vrzeli se kažejo tudi pri višinskem prirastku. Skupen zaključek vseh treh raziskav bi bil, da se primerne okoljske razmere za ustrezno kakovost bukovih

gošč lahko pojavijo pri relativni jakosti sevanja od 5 % do 32 % v vrzelih velikosti do 14 arov. V pragozdu malopovršinska obnova v svetlobnih jaških privede do izrazito slabih kakovostnih znakov.

Nadaljnje raziskave bi morale ugotoviti predvsem vpliv smeri dotoka svetlobe na kakovostne znake osebkov ter povezavo med kakovostnimi znaki mladja ter starejših razvojnih faz.

8 SUMMARY

In the early stages of development beech is considered to be an extremely shade tolerant species with belonging characteristics. The natural dynamics of generation in beech forests is closed to small scale with regeneration cores under canopy. In small gaps under closed canopy we can achieve better quality of the young beech trees with less tending which is today, due to economical effects, of great importance. Because of dense crowns beech has an advantage in growth capable during its life time. It has significant ecological plasticity and can be well adapted to environmental changes. In terms of low radiation beech sapling is favoured of plagiotropic growth, i.e. growth changed from vertical to horizontal direction, which causes low quality of young beech trees.

The aim of this research in silver fir-beech forests was to ascertain influence of closed canopy and gap size on beech architecture, also to compare with some others researches in sub-mountain beech forests and old-growth forests. We focused on some attributes and quality characteristics of saplings. With this intention we set 60 research plots where we analysed 600 beech saplings. The analysis included searching for differences between average indexes and signs of beech sapling architecture, according to the type of gap, and two differently shaped groups of RLI. Because of our interest in the influence of low-light availability on beech architecture, we set three different groups of RLI up to 29 %. With correlation matrix we determined the interacting effects of different measured signs of the beech saplings, the linear regression then showed the dependence of measured signs from the RLI degree.

The results showed that even in the low light availability (RLI under 15 %, size of the gaps up to 1,5 ar) we can expect satisfactory quality of beech saplings. The advantages of these conditions are shown by the stem length without branches, the size of the crown and the favourable height-diameter ratio. The number of terminal shoots was less significant as expected. In the open canopy with high light availability we did not find any characteristic signs of negative quality of saplings, on the contrary, in the open canopy saplings had relatively high number of terminal shoots (RLI 76 %). The positive effects of open canopy are shown also by higher height increment. The conclusion of all three researches would be

that the appropriate environment for corresponding beech sapling quality is at relative light index from 5 % to 32 % in canopies of a size up to 14 ar. In the old-growth forests small scale regeneration in low light conditions can provide extremely low quality characteristics of saplings.

Future research should focus on influence of direction of light source on quality characteristics of saplings and connection between beech architecture in early developmental stages and those in adult developmental stages.

9 LITERATURA

Ammer C. 2003. Growth and biomass partitioning of *Fagus sylvatica* L. and *Quercus robur* L. seedlings in response to shading and small changes in the R/FR-ratio of radiation. *Annals of Forest Science*, 60:163-171.

Ammer C. 2002. Response of *Fagus sylvatica* seedlings to root trenching of overstorey *Picea abies*. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 17: 408 - 416

Brinar M. 1969. Vpliv svetlobe na razvoj bukovega mladja = Der Einfluss des Lichtes auf die Entwicklung des Buchenjungwuchses. *Zbornik- Research reports*, 7: 61-144

Bitorajc Z., Tanko B. 2004. Vpliv svetlobnih razmer na razrast bukovih gošč v podgorskih bukovih gozdovih: diplomska naloga. Ljubljana, samozal.:83 str.

Bradač B. Gozdarska kronika za GGE Soteska. 1994-2003. OE Novo mesto, KE Straža.

Brus R., Kotar M. 1999. Naše drevesne vrste. Ljubljana, Slovenska matica: 320 str.

Canham C. D. 1988. Growth and canopy architecture of shade-tolerant trees: response to canopy gaps. *Ecology*, 69: 786-795

Coates K. D., Burton P.J. 1997. A gap-based approach for development of silvicultural systems to adress ecosystem management objectives. *Forest Ecology and Management*, 99: 337-354

Collet C., Lanter O., Pardos M. 2001. Effect of canopy opening on height and diameter growth in naturally regenerated beech seedlings. *Annals of Forest Science*, 58: 127-134

Collet C., Lanter O., Pardos M. 2002. Effect of canopy opening on the morphology and anatomy of naturally regenerated beech seedlings. *Trees*, 16: 291-298

Diaci J., Kozjek L. 2005. Beech sapling architecture following small and medium gap disturbances in silver fir-beech old-growth forests in Slovenia. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 156: 481-486

Diaci J. 2006. Gojenje gozdov: pragozdovi, sestoji, zvrsti, načrtovanje, izbrana poglavja. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo: 348 str.

Gozdnogospodarski načrt GGE Soteska za obdobje 2004-2013. 2004. Novo mesto, Zavod za gozdove Slovenije.

Kordiš F. 1993. Dinarski jelovo bukovi gozdovi v Sloveniji. (Strokovna in znanstvena dela 112). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo: 139 str.

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

Kozjek L. 2005. Vpliv zastora krošenj na razrast bukovih gošč v pragozdovih jelke in bukve: diplomska naloga. Ljubljana, samozal.: 61 str.

Leibundgut H., Kotar M. (prevajalec). 1993. Nega gozda. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo: 191 str.

Madsen P. 1995. Effects of soil water content, fertilization, light, weed competition and seedbed type on natural regeneration of beech (*Fagus sylvatica*). *Forest ecology and Management*, 72: 251-264

Madsen P., Larsen J.B. 1997. Natural regeneration of beech (*Fagus sylvatica* L.) with respect to canopy density, soil moisture and soil carbon content. *Forest Ecology and Management*, 97: 95-105

Marinček L. 1987. Bukovi gozdovi na Slovenskem. 1. natis. Ljubljana, Delavska enotnost: 153 str.

Millet J., Bouchard A., Edelin C. 1998. Plagiotropic architectural development of four tree species of the temperate forest. *Canadian Journal of Botany*, 76: 2100-2118

Minotta G., Pinzauti S., 1996. Effect of light and soil fertility on growth, leaf chlorophyll content and nutrient use efficiency of beech (*Fagus sylvatica* L.) seedlings. *Forest ecology and Management*, 86: 61-71

Mlinšek D. 1967. Pomlajevanje in nekatere razvojne značilnosti bukovega in jelovega mladovja v pragozdu na Rogu. *Zbornik Biotehniške fakultete*, 15: 7-32

Mlinšek D., Bakker A. 1990. Jugendwachstum und Holzqualität bei der Buche. *Forst Wissenschaftliches Centrallblatt*, 109: 242-248

Modry M., Hubeny D., Rejšek K. 2004. Differential response of naturally regenerated European shade tolerant tree species to soil type and light availability. *Forest Ecology and Management*, 188: 185-195

Nicolini, E. 1994. Influence of various architectural characteristics on the development of forked axis in *Fagus sylvatica* as function of canopy presence. *Canadian Journal of Botany*, 72: 1723-1734

Nicolini, E., B. Chanson, F. Bonne. 2001. Stem growth and epicormic branch formation in understory beech trees (*Fagus sylvatica* L.). *Annals of Botany*, 87: 737-750

Sagheb - Talebi K. 1994. Study of some characteristics of young beeches in the regeneration gaps of irregular shelterwood system (Femelschlag). V: *Genetics and Silviculture of Beech: Proceeding from the 5th Beech Symposium of the IUFRO Project Group P1.10-00 Denmark*, 19-24. sep. 1994. Madsen S. F. (ur). Denmark, Forskningscentret for Skov & Landskab: 105-116

Sagheb - Talebi K. 1996. Quantitative und qualitative Merkmale von Buchenjungwuechsen (*Fagus sylvatica* L.) unter dem Einfluss des Lichtes und anderer Standortsfaktoren. Beiheft zur Schweizerischen Zeitschrift für Forstwesen, 78: 219 str.

Stancioiu P. T., O'Hara K. L. 2005. Regeneration growth in different light environments of mixed species, multiaged, mountainous forests of Romania. European Journal of Forest Research, 125: 151-162

Šafar J. 1964. Kakvoča bukovog mladika u sastojinama Dinarskih planina. Šumarski list, 88: 307-315

Tognetti R., Minotta G., Pinzauti S., Michelozzi M., Borghetti M. 1998. Acclimation to changing light conditions of long-term shade-grown beech (*Fagus sylvatica* L.) seedlings of different geographic origins. Trees, 12: 326-333

Topoliantz, S., and P. J. F. 2000. Influence of site conditions on the survival of *Fagus sylvatica* seedlings in an old-growth beech forest. Journal of Vegetation Science, 11: 369-374.

Welander N.T., Ottosson B. 1998. The influence of shading on growth and morphology in seedlings of *Quercus robur* L. and *Fagus sylvatica* L. Forest Ecology and Management, 107: 117-126

ZAHVALA

Zahvaljujem se:

Prof. dr. Juriju Diaciju za usmeritve ter pomoč pri izdelavi diplomske naloge

Prof. dr. Robertu Brusu za hitro recenzijo dela.

Hvala tudi revirnemu gozdarju Branetu Bradaču iz KE Straža za posredovanje podatkov, kartno gradivo in pomoč na terenu.

Zahvala gre tudi Boštjanu Tanku za pomoč pri meritvah in obdelavi podatkov.

Tabornikom RST za sproščanje energije in širjenje obzorij.

Hazi za vztrajnost pri klicih, za jutranje kave in vse kar je nastalo iz tega. Stvari bi se odvijale nekoliko hitreje, če bi le prevzel malo discipline. Enostavno – hvala!

Jarotu za doživetje svobode na valovih in marsikatero modro izjavo. »Barba zna!«

Vsem, ki ste kakorkoli prispevali, da je te vrstice dejansko možno brati.

In nenazadnje domačim za potrpljenje in upanje, da se vsaka stvar enkrat mora končati, če le verjameš v to. Hvala!

PRILOGA A: Medsebojne odvisnosti znakov

Preglednica št. 1: Korelacijska matrika medsebojnih odvisnosti znakov dreves (N=600)

	Š.M.VEJ	Š.Ž.VEJ	V. Ž. V.	ODKL.	KRIV.	T. RASTI	ST. A.	D. KR.	PL. KR.	INTER.	V.PRI.	H/D	VIŠINA	PREMER
PREMER	-0,306	-0,319	0,313	-0,212	-0,097	0,109	0,075	0,649	0,564	0,044	0,588	-0,733	0,829	1,000
VIŠINA	-0,243	-0,521	0,491	-0,181	-0,074	0,030	0,039	0,688	0,408	0,107	0,623	-0,283	1,000	
VITKOST	0,242	-0,077	0,016	0,138	0,042	-0,160	-0,096	-0,324	-0,496	0,035	-0,298	1,000		
V. PRIR.	-0,373	-0,225	0,225	-0,179	-0,108	-0,008	0,051	0,496	0,134	0,171	1,000			
INTER.	0,037	-0,094	0,146	-0,012	0,028	-0,028	0,035	-0,004	0,110	1,000				
PL. KROŠ.	-0,077	0,041	0,125	-0,123	-0,014	-0,108	0,145	0,344	1,000					
DOL. KROŠ.	-0,313	-0,115	-0,294	-0,127	-0,073	0,019	0,048	1,000						
ST. ASIM.	0,023	0,049	-0,006	-0,017	-0,006	0,014	1,000							
TIP RASTI	0,037	-0,001	0,025	-0,086	0,005	1,000								
KRIVOST	0,085	-0,020	-0,010	0,226	1,000									
ODKLON	0,101	-0,017	-0,086	1,000										
V. Ž. VEJE	0,056	-0,548	1,000											
ŠT.Ž.VEJ	0,023	1,000												
ŠT.M.VEJ	1,000													

s črno označene značilne odvisnosti, $p=0,05$

PRILOGA B: Vrzeli in svetlobne razmere v njih



Slika 1: Velika vrzel, ocenjena velikost 500 arov (foto: Jenko, 2005)



Slika 2: Srednja vrzel, ocenjena velikost 6 arov (foto: Jenko, 2005)



Slika 3: Mala vrzel, ocenjena velikost 0,5 ara (foto: Jenko, 2005)



Slika 4: LI-COR kvantni senzor 190SA (levo), pritrjen na vrhu merilne palice, in LAI-2000 Plant canopy analyzer (desno), pod njim je pritrjen sprožilec (ni na sliki) (foto: Jenko, 2005)