

GDK: 221.4 +535 : 176.1 *Alnus glutinosa* Gaertn.

Prispelo/Received: 18.04.2001
Sprejeto/Accepted: 26.10.2001

Izvirni znanstveni članek
Original scientific paper

VPLIV IZBIRALNIH REDČENJ NA PROSTORSKO RAZMESTITEV IN PREVRŠČANJE DREVES V MLAJŠIH SESTOJIH ČRNE JELŠE

Miloš KECMAN*, Franc FERLIN**

Izvleček:

Analizirali smo prostorsko razmestitev, naravno izločanje in prevrščanje drevja v čistih enodobnih sestojih črne jelše (Prekmurje, SV Slovenija) od faze letvenjaka do močnejšega drogovnjaka (starost ~10 - 40 let), posebej z vidika vpliva izbiralnih redčenj. V analizo smo vključili dve stalni raziskovalni ploskvi, izločeni koncem šestdesetih let, velikosti 0,6 ha, s po tremi polji (neredčeno, zmerno in močno redčeno). Uporabili smo podatke meritev iz leta 1973 / 1975 ter 2000. Rezultati kažejo, da izbiralna redčenja, ki temeljijo na izbiri in vzgoji najdebelejših dreves v sestoji, bistveno ne spreminjajo obstoječe prostorske razmestitve niti socialne strukture ter splošne tendence / intenzitete prevrščanja dreves v strehi sestoja. Prevrščanje, merjeno s spremembami relativnih debelinskih rangov dreves v 27-letnem obdobju, je med 25 % najdebelejših dreves strehe sestoja (t.i. nosilci sestojne populacije) zelo intenzivno. Pri 48 - 56 % nosilcev populacije iz letvenjaka gre za prevrščanje navzdol (proces naravnega izločanja), pri 10 - 15 % nosilcev za prevrščanje navzgor. 29 - 42 % osebkov z razvojem sestoja ohranja svoj pridobljeni populacijski rang. Prevrščanju navzdol (in mortaliteti) je podvržen tudi najdebelejši del nosilcev populacije, pri katerem pa je pogostost / verjetnost izgube pozitivne razvojne težnje in izpada najmanjša (35 - 51 %).

Ključne besede: *Alnus glutinosa* Gaertn., prostorska razmestitev, naravno izločanje, izbiralna redčenje, nosilec sestojne populacije, prevrščanje dreves, razvojna prognoza, gozdnogojitvena prognoza.

THE INFLUENCE OF SELECTIVE THINNINGS ON THE SPATIAL ARRANGEMENT AND SOCIAL RANK CHANGES OF TREES IN YOUNG BLACK ALDER STANDS

Abstract:

Spatial arrangement, self-thinning and social rank changes of trees were analysed in pure even-aged stands of *Alnus glutinosa* (in north east Slovenia), in the period from the small to larger pole stage (age ~ 10 - 40 years), particularly regarding the influences of selective thinnings. The two permanent research plots, set aside in the 1960s, 0.6 ha in size, split into the three fields (control, moderate and heavy thinning), were included in the study. Measurements from 1973 / 1975 and 2000 were used. Results show that selective thinnings, based on selection and education of the thickest trees, do not essentially change the existent spatial arrangement, the social structure nor the common tendency / intensity of social rank changes in stand canopies. Social rank changes, measured by changes of the relative diameter ranks in the period of 27 years, are very intensive among the 25 % of the thickest trees (the so-called stand population carriers). Negative social rank changes (self-thinning) occur in 48 - 56 % of population carriers from the small pole stage. In 10 - 15 % of population carriers, rank changes are positive. 29 - 42 % of population carriers conserve their initial social rank by aging. Negative social rank changes occur also in population carriers with higher rank, however, with lower frequency / probability of social rank decline (35 - 51 %).

Key words: *Alnus glutinosa* Gaertn., spatial arrangement, self-thinning, selective thinning, stand population carrier, social rank change, development, silvicultural prognosis.

* univ. dipl. inž. gozd., Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana, SVN

** mag., Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana, SVN

VSEBINA
CONTENTS

1	UVOD	
	INTRODUCTION.....	159
2	RAZISKOVALNI OBJEKTI IN METODE	
	RESEARCH OBJECTS AND METHODS	160
3	REZULTATI	
	RESULTS.....	164
4	RAZPRAVA IN GOZDNOGOJITVENI NAPOTKI	
	DISCUSSION AND SILVICULTURAL RECOMMENDATIONS	176
5	POVZETEK.....	179
6	SUMMARY.....	182
7	VIRI	
	REFERENCES.....	184
8	ZAHVALA	
	ACKNOWLEDGEMENT	185

1 UVOD INTRODUCTION

Gospodarjenje z jelševimi greznimi gozdovi v Prekmurju, ki se je po drugi svetovni vojni razvilo iz panjevskega, je temeljilo na velikopovršinskem golosečnem sistemu kot izjemi v sistemu sonaravnega gospodarjenja z gozdovi v Sloveniji. Kljub golosečnemu gospodarjenju je bila v teh sestojih - ob intenzivni negi - omogočena proizvodnja visoko kakovostnega lesa, ob hkratnem upoštevanju ekoloških in socialnih funkcij gozda. Z začetki negovalnega gospodarjenja z greznimi gozdovi sovpada postavitve raziskovalnih ploskev v šestdesetih letih. Proučevanje in spremljanje razvoja gozda na teh ploskvah je dodobra izkristaliziralo sliko o stanju in nadaljnjih možnih poteh gospodarjenja s črno jelšo (MLINŠEK 1960, ZAVRL BOGATAJ 1977, NEMESSZEGHY 1986, KECMAN 1999a, 1999b). Ugotovitve teh analiz večinoma slonijo na sestojnih kazalnikih, razvojnim tendencam v »mikro« merilu pa se je najbolj približal Lesnik (LESNIK 1976), ki je raziskoval vpliv mikroreliefa na rast dreves.

Cilji raziskave, ki temelji na individualnem spremljanju in analizah razvoja drevja od faze letvenjaka do močnejšega drogovnjaka, so bili usmerjeni v osvetlitev naslednjih temeljnih vprašanj:

1. Kakšne so značilnosti procesa naravnega izločanja in prevrščanja najdebelejših dreves, t.i. nosilcev sestojne populacije¹ v mlajših jelševih sestojih, med drugim, ali tudi pri jelši obstaja t.i. prevrščanje navzgor med nosilci sestojne populacije znotraj strehe sestoja?
2. Kakšen je vpliv (intenzitete) izbiralnih redčenj na razmestitev dreves, socialno strukturo ter dinamiko naravnega izločanja in prevrščanja nosilcev populacije v sestoju?

¹ Pojem »nosilci populacije« (po FERLIN / BOBINAC, 1999) označuje najdebelejša drevesa v sestoju (npr. 25% populacije), ne glede na njihovo prostorsko razmestitev ali gospodarsko kakovost.

3. Kakšna je verjetnost / zanesljivost razpoznavanja naravnih razvojnih teženj ter gozdnogojitvene perspektivnosti kandidatov za nosilce funkcij pri redčenjih v mladosti?
4. Kakšni bi bili tem ugotovitvam prilagojeni napotki za izbiralna redčenja jelševih sestojev?

2 RAZISKOVALNI OBJEKTI IN METODE **RESEARCH OBJECTS AND METHODS**

2.1 OPIS PLOSKEV **DESCRIPTION OF PLOTS**

Leta 1967 je bila v Polanskem logu izločena ploskev 11, leta 1970 pa ploskev 5. Ploskvi se razlikujeta glede starosti sestojev in bonitete rastišča. Vsaka ploskev je razdeljena na tri polja; vsako od njih meri 0,2 ha (40 x 50 m). Na prvem polju naj bi se izvajala zmerna redčenja, na tretjem polju močna, drugo polje je predstavljalo neredčeno (kontrolno) polje. Zmerno redčenje je pomenilo, da se kandidatom pomaga z odstranitvijo le najmočnejših konkurentov ter predraslih osebkov vprašljive kvalitete, močno redčenje pa, da se kandidatom odstranijo vsi konkurenti in vsa predrasla drevesa vprašljive kvalitete (MLINŠEK 1998).

Ploskev 5 leži v oddelku 70a. Sadnja dvoletnih sadik je bila izvedena spomladi leta 1970. Sadili so 10.000 sadik na hektar. Prva meritev prsnih premerov je bila opravljena marca 1975, zadnja pa julija 2000. Natančni podatki o intenziteti gojitvenih del so znani le za leto 1997. Do leta 1980 se je na ploskvi izvajala nega mladja in gošče (obžetev, čiščenje, odstranjevanje ovijalk). V letu 1980 je bilo izvedeno prvo redčenje na poljih 1 in 3, na vsakem polju je bilo posekano po ca. 10 prostorninskih metrov lesne mase (drva). Po gozdnogospodarskih načrtih lahko predvidevamo, da je bilo opravljeno še eno redčenje med leti 1984 do 1987 (GGN 1971, 1981, 1991). V letu 1993 so bila vsa drevesa na novo

oštevilčena, ker so prejšnje številke na drevesih propadle ali se izgubile, tako da je bila v tem pogledu izgubljena kontinuiteta meritev.

Ploskev 11 leži v oddelku 76 b. Sadnja dvoletnih sadik je bila opravljena spomladi leta 1963. Sadili so 10.000 sadik na hektar, od tega 80% črne jelše, 15% poljskega jesena, 5% hrasta-doba, poleg tega pa še čremso, ameriški jesen in vrbo (GGN 1958). Sadili so v vrste. Na vsake tri do štiri vrste črne jelše je bila posajena ena vrsta jesena (MLINŠEK 1998). Prva meritev prsnih premerov je bila opravljena oktobra 1973, zadnja pa avgusta 2000. Natančne podatke o intenziteti gojitvenih del poznamo za leto 1973, ko je bilo izvedeno redčenje na polju 3, za leto 1977, ko je bilo izvedeno redčenje na polju 1 ter za leto 1979, ko je bilo izvedeno redčenje na obeh poljih. Po gozdnogospodarskih načrtih predvidevamo, da je bilo opravljeno vsaj še eno redčenje v letih 1983 in 1984 ali pa v letih 1987 in 1988. Poleg tega iz gozdnogospodarskih načrtov izvemo, da je bil v tem oddelku opravljen posek suhih dreves v letu 1983 in v letu 1989 (GGN 1971, 1981, 1991). Niso pa poznane jakosti redčenj na posameznih poljih v osemdesetih letih. Zadnje redčenje je bilo izvedeno jeseni leta 1999. Na delu polja 1 je prišlo tudi do sušenja dreves in propada sestoja iz neznanega razloga.

2.2 RAZISKOVALNE METODE RESEARCH METHODS

V prvi popis (leta 1967 – ploskev 11 oz. leta 1975 – ploskev 5) so bila vključena samo tista drevesa, ki so bila po klasifikaciji IUFRO uvrščena v zgornjo združbeno plast (šifra 100). Vsako drevo je bilo oštevilčeno in izmerjen je bil njegov prsni premer (s π -metrom na mm natančno). V naši analizi smo posebej obravnavali kolektiv nosilcev populacije, ki je obsegal 25 % najdebelejših dreves strehe sestoja ob prvi meritvi (leta 1973 oz. leta 1975). Poleti 2000 je bil za potrebe ugotavljanja prostorske razmestitve dreves določen položaj (koordinate) vsakega drevesa. Način razmeščanja dreves smo ugotavljali s primerjavo dejanskih in teoretičnih vrednosti srednjih razdalj do najbližjih prvih treh sosednjih dreves (D_0^1 do D_0^3) - za naključno- vedli s Cochranovim testom (KOTAR

1977). Poleg tega smo analogno primerjali dejanske in teoretične standardne odklone do najbližjih prvih treh sosednjih dreves, vse za naključno-enakomerno razmestitev. Teoretične vrednosti srednjih razdalj do najbližjih prvih treh sosednjih dreves in pripadajoče standardne odklone za naključno enakomerno razmestitev smo izračunavali s pomočjo naslednjih obrazcev (KOTAR 1993):

$$E(D_0^n) = \frac{n(2n)!}{2^{2n}(n!)^2 \sqrt{\rho}} \quad \sigma(D_0^n) = \sqrt{\frac{n}{\pi\rho} - E(D_0^n)^2}$$

pri čemer je n rang sosednjega drevesa in σ gostota sestoja.

Dreves, ki so rasla v 7,5 m širokem pasu ob meji vsakega polja pri analizi prostorske razmestitve nismo obravnavali kot izhodiščna drevesa. S tem smo izločili vpliv najbližjih dreves, ki so zunaj raziskovalnega polja. Tako je za potrebe analize prostorske razmestitve velikost polja dejansko znašala 25 x 35 m. Drevesa, ki so rasla v mejnem pasu, pa smo seveda upoštevali pri izračunu prvih treh srednjih razdalj od izhodiščnega drevesa. Ugotavljali smo tudi način razmeščanja nosilcev populacije, zmanjšan na tisti del nosilcev populacije, ki prostorsko niso bili uvrščeni v 7,5 metrski robni pas. Za potrebe preverjanja domneve o skupinskem razmeščanju nosilcev sestojne populacije, ki se je pojavila med raziskavo, smo uporabili metodo kopičenja na osnovi najbližjega sosedu (*nearest neighbour*), s pomočjo enojnega povezovanja (*single linkage*) (STATSOFT 1995).

Podrobneje smo analizirali socialno strukturo drevja v strehi sestoja ter prevrščanje nosilcev populacije, vključno z njihovim naravnim izločanjem, v obdobju od letvenjaka do močnejšega drogovnjaka. Analizo smo izvedli samo na ploskvi 11. Osebki kolektiva nosilcev populacije iz leta 1973 (letvenjak), ki v popisu leta 2000 niso več prisotni, predstavljajo mortaliteto (in posek). Za začetno in končno meritev smo izračunali t.i. relativni premer dreves, ki se običajno uporablja pri tovrstnih analizah (npr. WECK 1958, KLÄDKKE 1990). V našem primeru je ta kazalnik izračunan kot količnik med premerom

posameznega in srednjim premerom vseh² nosilcev populacije za isto obdobje (po FERLIN / BOBINAC 1999), ki v bistvu predstavlja populacijski (socialni) rang dreves v sestoji. Vrednosti tega količnika / ranga smo za potrebe kontingenčne analize razvrstili v tri razrede: višji ($k > 1,05$), srednji ($1,05 \leq k \leq 0,95$) in nižji ($k < 0,95$) rang. Takšna razvrstitev se v teh sestojih dobro ujema z običajno, subjektivno klasifikacijo dreves po socialnih razredih (nadvladajoča, vladajoča in sovladajoča drevesa).

Podrobnejšo analizo prevrščanja med nosilci sestojne populacije (v strehi sestoja) smo izvedli tako, da smo primerjali populacijski rang vsakega drevesa pri prvi in zadnji meritvi ter ugotavljali njegove spremembe. Primerjave strukturnih deležev (p%) oziroma statistične značilnosti njihovih razlik med (pod)populacijami smo opravljali z ustreznim statističnim testom (STATSOFT, 1995). Posameznim strukturnim deležem smo – za potrebe posploševanja rezultatov na celo (pod)populacijo – ročno izračunavali ustrezne statistične odklone zaupanja (Δp %) po naslednjem splošnem obrazcu:

$$\Delta p (\%) = \pm t_{\alpha(n-1)} \cdot \sqrt{p \cdot q / (n-1)},$$

pri čemer je:

t ... vrednost t-porazdelitve pri ustreznem številu stopinj prostosti (n-1) in tveganju $\alpha=5\%$,

p ... delež (%) enot v vzorčni subpopulaciji, $q = 1 - p$,

n ... števil enot v vzorčni populaciji,

$\sqrt{\quad}$... kvadratni koren.

Za vsako polje (jakost redčenj) smo izračunali tudi regresijske premice med začetnim (1973) in sedanjim (2000) relativnim premerom / rangom dreves, pri čemer je kot neodvisna spremenljivka služil relativni premer prve meritve. Z analizo kovariance (po STATSOFT, 1995) smo primerjali naklone (koeficient b) regresijskih premic, da bi

² V primeru retrospektivne analize končnega kolektiva nosilcev populacije je relativni premer tudi za leto 1973 izračunan za končno velikost kolektiva, s čimer je odstranjen vpliv t.i. debelinskega pomika dreves.

ugotovili, ali se odvisnosti med jakostni redčenj značilno razlikujejo. Poleg tega nas je zanimalo, v kakšnem odnosu so te regresijske premice s premico z naklonskim kotom 45° , ki glede prevrščanja predstavlja ravnotežje pozitivnih in negativnih prevrščanj (FERLIN / BOBINAC 1999). Razlike med dejanskimi in teoretičnim koeficientom smo testirali s preprostim t testom (KOTAR 1998).

Za ponazoritev tendence prevrščanja dreves v strehi sestoja smo uporabljali naslednje izraze:

- prevrščanje navzgor oz. pozitivna razvojna težnja, kadar je osebek svoj prvotni populacijski rang izboljšal;
- ohranitev ranga, kadar je osebek obdržal svoj prvotni populacijski rang;
- prevrščanje navzdol oz. negativna razvojna težnja, kadar je osebek svoj prvotni populacijski rang poslabšal.

3 REZULTATI RESULTS

3.1 PROSTORSKA RAZMESTITEV DREVES V SESTOJU SPATIAL ARRANGEMENT OF TREES IN A STAND

3.1.1 Razmestitev vseh dreves Arrangement of all trees

V preglednicah 1 in 2 so prikazane dejanske vrednosti srednjih razdalj do najbližjih prvih treh sosednjih dreves (D_0^1 do D_0^3) s pripadajočimi standardnimi odkloni (s) ter teoretične vrednosti za srednje razdalje do najbližjih prvih treh sosednjih dreves in pripadajoči standardni odkloni za naključno enakomerno razmestitev vseh dreves v sestoju.

Preglednica 1: Povprečne razdalje od drevesa do njegovega 1., 2. in 3. soseda ter pripadajoči standardni odkloni za dejansko in teoretično naključno enakomerno razmestitev na ploskvi 5, za vsa drevesa (n = število razdalj).

Table 1: Average distances from a tree to its 1st, 2nd and 3rd neighbours and standard deviations for actual and theoretical random uniform distribution in a research plot 5, all trees included (n = number of distances).

Parameter	Zmerno redčenje Moderate thinning ($n=87$)		Neredčeno Self thinning ($n=132$)		Močno redčenje Heavy thinning ($n=100$)	
	Dejansko Actual	Teoretično Theoretical	Dejansko Actual	Teoretično Theoretical	Dejansko Actual	Teoretično Theoretical
D_0^1	2,05**	1,59	1,46**	1,29	1,86**	1,48
$s(D_0^1)/\sigma(D_0^1)$	0,72	0,83	0,42**	0,67	0,66	0,77
D_0^2	2,68**	2,38	2,09**	1,93	2,48*	2,22
$s(D_0^2)/\sigma(D_0^2)$	0,60**	0,86	0,49**	0,70	0,67*	0,81
D_0^3	3,23**	2,97	2,51	2,41	3,03*	2,77
$s(D_0^3)/\sigma(D_0^3)$	0,51**	0,87	0,55**	0,71	0,59**	0,82

Preglednica 2: Povprečne razdalje od drevesa do njegovega 1., 2. in 3. soseda ter pripadajoči standardni odkloni za dejansko in teoretično naključno enakomerno razmestitev na ploskvi 11, vključena vsa drevesa (n = število razdalj).

Table 2: Average distances from a tree to its 1st, 2nd and 3rd neighbours and standard deviations for actual and theoretical random uniform distribution in research plot 11, all trees included (n = number of distances).

Parameter	Zmerno redčenje Moderate thinning ($n=74$)		Neredčeno Self thinning ($n=99$)		Močno redčenje Heavy thinning ($n=68$)	
	Dejansko Actual	Teoretično Theoretical	Dejansko Actual	Teoretično Theoretical	Dejansko Actual	Teoretično Theoretical
D_0^1	2,27**	1,72	1,73*	1,49	2,13*	1,79
$s(D_0^1)/\sigma(D_0^1)$	0,53**	0,90	0,64*	0,78	0,84	0,94
D_0^2	2,85*	2,58	2,44*	2,23	2,89	2,69
$s(D_0^2)/\sigma(D_0^2)$	0,55**	0,94	0,66*	0,81	0,82	0,98
D_0^3	3,37	3,22	2,90	2,79	3,48	3,36
$s(D_0^3)/\sigma(D_0^3)$	0,55**	0,95	0,69*	0,82	0,83	0,99

Na ploskvi 5 so dejanske povprečne razdalje do prvih treh najbližjih sosedov na vseh treh poljih večje in večinoma statistično značilno različne od teoretičnih vrednosti za naključno enakomerno razmestitev, dejanski standardni odkloni pa manjši in večinoma statistično značilno različni. Poleg tega so dejanske povprečne razdalje do prvih treh najbližjih sosedov na vseh treh poljih manjše in statistično značilno različne od teoretičnih vrednosti za sistematično enakomerno razmestitev. Za ta sestoj tako lahko sklepamo, da se je črna jelša z razvojem oddaljila od sistematično enakomerne razmestitve (ob sadnji), razvojna težnja k naključno enakomerni razmestitvi pa ni potrjena. Vpliva redčenj na razmestitev vseh dreves statistično ne moremo potrditi. Opazno pa je, da se na redčenih poljih dejanski standardni odkloni zmanjšujejo s povečevanjem nivoja (ranga) sosednjih dreves, nasprotno pa se na neredčenem polju višajo. To pomeni, da se z redčenji do neke mere ohranja sistematično enakomerna razmestitev dreves.

Na ploskvi 11 so dejanske povprečne razdalje do prvih treh najbližjih sosedov na zmerno redčenem in neredčenem polju višje in večinoma statistično značilno različne od teoretičnih vrednosti za naključno enakomerno razmestitev, dejanski standardni odkloni pa so na vseh nivojih manjši in statistično značilno različni. Ob tem so dejanske povprečne razdalje do prvih treh najbližjih sosedov na obeh poljih manjše ter statistično značilno različne od teoretičnih vrednosti za sistematično enakomerno razmestitev. Tudi za ti dve polji lahko sklepamo, da se razmestitev drevja z razvojem oddaljuje od sistematično enakomerne razmestitve (ob sadnji), razvojna težnja k naključni enakomerni razmestitvi pa ni potrjena. Razlike na močno redčenem polju niso več statistično značilne, so pa dejanske povprečne razdalje do prvih dveh najbližjih sosedov še vedno večje od teoretičnih vrednosti za naključno enakomerno razmestitev, dejanski standardni odkloni pa manjši. Ob tem so dejanske povprečne razdalje do prvih treh najbližjih sosedov manjše in statistično značilno različne od teoretičnih vrednosti za sistematično enakomerno razmestitev. Na tem polju se torej kaže vpliv močnih redčenj na razmestitev drevja, ki se odraža v približevanju razmestitve k naključni enakomerni razmestitvi.

3.1.2 Razmestitev nosilcev sestojne populacije

Arrangement of stand population carriers

V preglednicah 3 in 4 so prikazane dejanske vrednosti srednjih razdalj do najbližjih prvih treh sosednjih dreves (D_0^1 do D_0^3) s pripadajočimi standardni odkloni (s) ter teoretične vrednosti za srednje razdalje do najbližjih prvih treh sosednjih dreves s pripadajočimi standardnimi odkloni za naključno enakomerno razmestitev nosilcev populacije v sestoju.

Preglednica 3: Povprečne razdalje od drevesa do njegovega 1., 2. in 3. soseda ter pripadajoči standardni odkloni za dejansko in teoretično naključno enakomerno razmestitev na ploskvi 5, vključeni samo nosilci sestojne populacije (n = število razdalj).

Table 3: Average distances from a tree to its 1st, 2nd and 3rd neighbours and standard deviation for actual and theoretical random uniform distribution in a research plot 5, only population carriers included (n = number of distances).

Parameter	Zmerno redčenje Moderate thinning ($n=29$)		Neredčeno Self-thinning ($n=25$)		Močno redčenje Heavy thinning ($n=25$)	
	Dejansko Actual	Teoretično Theoretical	Dejansko Actual	Teoretično Theoretical	Dejansko Actual	Teoretično Theoretical
D_0^1	3,73*	2,75	3,40	2,96	3,14	2,96
$s(D_0^1)/\sigma(D_0^1)$	1,30	1,44	1,20	1,55	1,48	1,55
D_0^2	4,74	4,12	4,92	4,44	4,51	4,44
$s(D_0^2)/\sigma(D_0^2)$	1,05*	1,50	1,14*	1,61	1,46	1,61
D_0^3	5,60	5,15	5,84	5,55	5,62	5,55
$s(D_0^3)/\sigma(D_0^3)$	1,11	1,51	1,18	1,63	1,39	1,63

Statistično značilnost razlik med dejanskimi srednjimi razdaljami do vseh treh najbližjih sosedov in teoretičnimi vrednostmi za naključno enakomerno razmestitev ugotovimo le v enem primeru. Razlike med dejanskimi standardnimi odkloni pa so od teoretičnih vrednosti za naključno enakomerno razmestitev statistično značilno različne le v redkih primerih. Dejanske povprečne razdalje do prvih treh najbližjih nosilcev sestoja so večinoma večje od teoretičnih vrednosti za naključno enakomerno razmestitev in tudi dejanski standardni odkloni so večinoma manjši od teoretičnih vrednosti za naključno

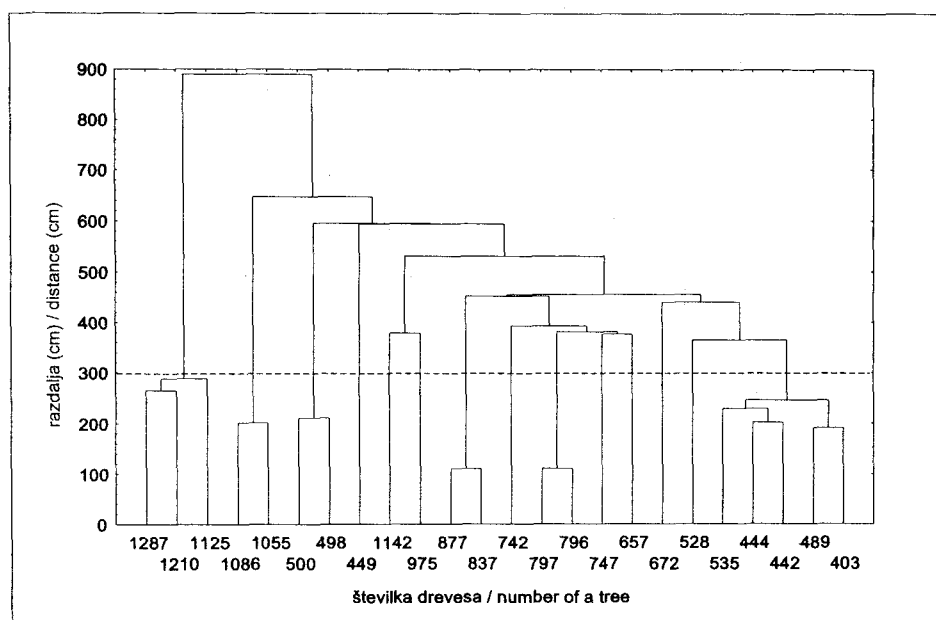
enakomerno razmestitev. Poleg tega so dejanske povprečne razdalje do prvih treh najbližjih sosedov na vseh treh poljih manjše in statistično značilno različne od teoretičnih vrednosti za sistematično enakomerno razmestitev.

Preglednica 4: Povprečne razdalje od drevesa do njegovega 1., 2. in 3. sosedu ter pripadajoči standardni odkloni za dejansko in teoretično naključno enakomerno razmestitev na ploskvi 11, vključeni samo nosilci sestojne populacije (n = število razdalj).

Table 4: Average distances from a tree to its 1st, 2nd and 3rd neighbours and standard deviation for actual and theoretical random uniform arrangement in a research plot 11, only population carriers included (n = number of distances).

Parameter	Zmerno redčenje Moderate thinning ($n=16$)		Neredčeno Self thinning ($n=24$)		Močno redčenje Heavy thinning ($n=21$)	
	Dejansko Actual	Teoretično Theoretical	Dejansko Actual	Teoretično Theoretical	Dejansko Actual	Teoretično Theoretical
D_0^1	3,81	3,70	2,60	3,02	4,27	3,23
$s(D_0^1)/\sigma(D_0^1)$	1,44	1,93	1,08*	1,58	1,65	1,69
D_0^2	5,39	5,55	4,47	4,53	5,48	4,84
$s(D_0^2)/\sigma(D_0^2)$	1,17*	2,01	1,56	1,64	1,44	1,76
D_0^3	6,93	6,93	5,60	5,66	6,47	6,05
$s(D_0^3)/\sigma(D_0^3)$	1,21*	2,04	1,47	1,66	1,41	1,78

Za kolektiv nosilcev sestojne populacije tako lahko trdimo, da z razvojem sestoja teži k naključni enakomerni razmestitvi. Le rezultati na neredčenem polju ploskve 11 nakazujejo, da se po dve močni drevesi združujeta v skupinice (sestojne celice), saj so tako razdalje kot standardni odkloni do prvega sosedu bistveno manjši kot pri naključni enakomerni razmestitvi, vendar pa statistična značilnost razlik ni potrjena. Zato smo domnevo dodatno preverili z analizo kopičenja na osnovi razdalje do najbližjega sosednjega nosilca populacije. Na grafu 1 je s črtkano črto označena trimetrška (evklidska) razdalja, pod katero se največji del nosilcev populacije (dve tretjini) združuje v skupinice / sestojne celice, največkrat v "dvojčke". Lahko bi torej rekli, da na neredčenem delu te ploskve nosilci populacije tvorijo neko obliko skupinske razmestitve. Vzrok je iskati v izpadu nosilcev zaradi naravnih motenj (sušenje).



Graf 1: Rezultati analize kopičenja na osnovi najbližjega soseda (na temelju enojnega povezovanja) za nosilce populacije neredčenega polja, ploskev 11.

Graph 1: Results of the nearest - neighbour clustering (single linkage method) of the population carriers in the self-thinned field, research plot 11.

3.2 PREVRŠČANJE NOSILCEV SESTOJNE POPULACIJE SOCIAL RANK CHANGES OF THE STAND POPULATION CARRIERS

3.2.1 Socialna struktura drevja v redčenih in neredčenih sestojih Social structure of trees in the thinned and self-thinned stands

Primerjava socialne strukture nosilcev populacije, ki temelji na primerjavi po relativnih debelinskih rangih / razredih dreves glede na njihovo povprečje, je med redčenima in neredčenim sestojem za prvo (leta 1973) in zadnjo meritev (2000) prikazana v preglednici 5. Pričakovati bi bilo, da se socialna struktura oziroma njene spremembe skozi čas v redčenih in neredčenih sestojih razlikujejo (vsaj v primeru močnih redčenj).

Preglednica 5: Primerjava strukture nosilcev populacije po relativnih debelinskih rangih med redčenima in neredčenim poljem; stanje 1973 (starost 13 let) in 2000 (starost 40 let) vključno z mortaliteto.

Table 5: Comparison of the relative diameter rank structure of population carriers between the thinned and self-thinned fields, situation in 1973 (age 13 years) and 2000 (age 40 years) including mortality.

Jakost redčenja → Thinning intensity	Zmerno redčenje Moderate thinning		Neredčeno Self-thinning		Močno redčenje Heavy thinning	
	1973 (n=172)	2000 (n=104)	1973 (n=215)	2000 (n=148)	1973 (n=156)	2000 (n=98)
Relativni debelinski rang Relative diameter rank ↓						
Višji / Higher %	29,8	35,6	24,3*	34,4*	21,4*	33,7*
Srednji / Average %	31,7	24,0	41,9*	25,0*	51,0*	27,5*
Nižji / Lower %	38,5	40,4	33,8	40,6	27,6	38,8
Skupaj / Total %	100,0		100,0		100,0	
Mortaliteta / Mortality %	39,5		31,2		37,2	

Opomba: Značilno različni pari strukturnih deležev znotraj polj so označeni z zvezdico (s 95 % verjetnostjo).

Note: Significantly different pairs of structural percentages within the fields are marked with asterisks (with 95 % probability).

Rezultati kažejo, da se socialna struktura jelševih sestojev s starostjo značilno spreminja: zmanjšuje se delež nosilcev populacije srednjega, povečuje pa delež nosilcev višjega (prevrščanje navzgor) in nižjega debelinskega ranga (prevrščanje navzdol). Socialna struktura redčenih sestojev (stanje 2000) pa se - proti pričakovanju - značilno ne razlikuje od neredčenih. Spremembe socialne strukture so v primeru močnih redčenj sicer nekoliko močnejše (v smeri upada deleža drevja srednjega populacijskega ranga), vendar te razlike še niso statistično značilne. Po deležu izločenih nosilcev populacije (naravna mortaliteta in sečnje) v 27-letnem obdobju se redčeni in neredčeni sestoji prav tako značilno ne razlikujejo.

S takšno primerjavo redčenih in neredčenih sestojev tako nismo mogli dokazati, da z redčenji značilno vplivamo na socialno strukturo dreves v zgornji združbeni plasti. Primerjava razvoja socialne strukture drevja pa je sicer nakazala, da s starostjo sestoj prihaja do (debelinskega) prevrščanja drevja navzgor, kar je posebej zanimivo.

3.2.2 Prevrščanje preostalega kolektiva nosilcev sestojne populacije v redčenih in neredčenih sestojih

Social rank changes of the remaining collective of stand population carriers in the thinned and self-thinned stands

Analiza dinamike prevrščanj nosilcev populacije, narejena na podlagi korelacij med sedanjimi (v letu 2000) in začetnimi (v letu 1973) relativnimi premeri dreves je prikazana v preglednici št. 6 in grafu št. 2. V takšno analizo je lahko vključen le sedanji kolektiv nosilcev populacije (brez mortalitete), analiza pa ima tako retrospektivni značaj. Velika variabilnost korelacij (okrog uravnovešenega stanja) pri takšni analizi vselej nakazuje živahno (pozitivno ali negativno) prevrščanje drevja, smer (ali odklon) korelacijskih premic pa prevladujočo tendenco prevrščanja (podpovprečno ali nadpovprečno debelih) dreves.

Rezultati kažejo, da je dinamika prevrščanja (navzgor in navzdol) preostalega kolektiva nosilcev populacije v 27-letnem obdobju (brez mortalitete) - ne glede na intenziteto redčenj - zelo velika, prevladujoča tendenca prevrščanja pa rahlo pozitivna za nosilce populacije z nadpovprečnim debelinskim rangom. Vendar tako kot s primerjavo socialne strukture dreves med redčenim in neredčenim sestojem (glej prejšnje poglavje) tudi z analizo kovariance nismo uspeli potrditi domneve, da intenziteta redčenj značilno vpliva na tendenco prevrščanj nosilcev populacije, saj so razlike v nagibih (koeficienti b) posameznih regresijskih premic majhne in statistično neznailne (preglednica 6). Ugotovitev nekoliko preseneča, saj smo kljub temu pričakovali značilne razlike - vsaj med neredčenimi in močno redčenimi sestoji. Vzrok je po eni strani v precejšnji variabilnosti korelacijskih povezav (glej tudi graf 2), po drugi strani pa v dejstvu, da pri izbiralnih redčenjih izkoriščamo naravne razvojne težnje, zaradi česar tovrstne razlike (v relativnem smislu) ne morejo biti zelo velike.

Preglednica 6: Primerjava koeficientov regresijskih premic ter korelacij med relativnimi premeri nosilcev populacije iz prve (1973) in zadnje (2000) meritve - med različnimi intenzitetami redčenj.

Table 6: Comparison of coefficients of regression lines and correlations between relative diameter of population carriers from the first (1973) and last (2000) measurement - between different thinning intensities.

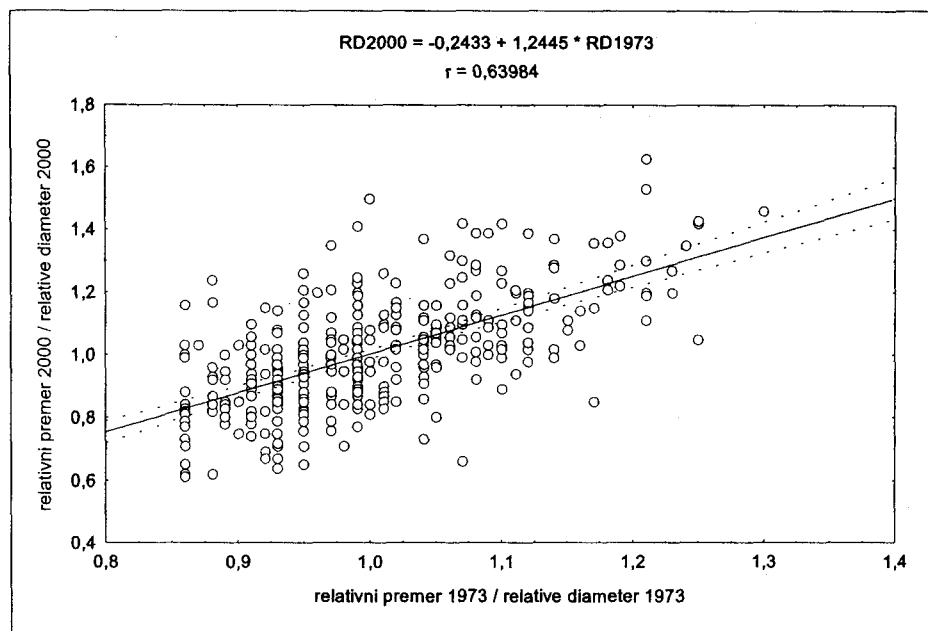
Intenziteta redčenj / Thinning intensity	Koeficienti / Coefficients			Test paralelnosti / Parallelism test
	A	B	R	
Zmerno / Moderate	-0,2252	1,2556	0,6693	F=0,712 p=0,491
Neredčeno / Self-thinned	-0,1528	1,1392	0,5831	
Močno / Heavy	-0,4349	1,4172	0,6587	

Opomba: Koeficient B (naklon) za močno redčenje se značilno razlikuje od vrednosti 1 ($k = 45^\circ$).

Note: Coefficient B (slope) for heavy thinning is significantly different from value 1 ($k = 45^\circ$).

Ker nam primerjava regresijskih premic med polji z različnimi intenzitetami redčenj ni dala značilnih razlik, smo dodatno analizirali, v kakšnem odnosu so regresijske premice s premico z naklonskim kotom 45° , ki teoretično predstavlja linijo, pri kateri je ($\pm$) prevrščanje celotnega kolektiva nosilcev uravnoteženo. Na zmerno redčenem in neredčenem polju nismo ugotovili statistične značilnosti razlik, na močno redčenem polju pa se naklonski kot obravnavane premice ($b = 1,42$) značilno razlikuje od teoretičnega naklona ($b = 1$, pri 5 % tveganju). To pomeni, da pri močnih redčenjih lahko s 95 % verjetnostjo pričakujemo relativno močnejše reakcije debelejšega (in vitalnejšega) dela nosilcev populacije. Šele s tem dodatnim preizkusom smo torej potrdili, da z močnimi redčenji v splošnem najbolj povečujemo možnosti razvoja debelejšega dela nosilcev sestoje populacije na račun tanjšega (šibkejšega), reakcijska sposobnost in s tem razvojna perspektivnost slednjega pa je temu primerno slabša.

Ker z analizo kovariance nismo uspeli dokazati značilnosti razlik med neredčenim in redčenima sestoje, in ker so zanimivi tudi združeni rezultati (po intenzitetah redčenj), smo nosilce sestoje populacije z vseh polj združili, ponovno izračunali regresijsko premico (graf 2) ter analizirali, v kakšnem odnosu je le-ta s premico z naklonskim kotom 45° , ki predstavlja uravnoteženo stanje (brez prevrščanj).



Graf 2: Odvisnost med relativnimi premeri preostalega kolektiva nosilcev sestojne populacije (leto 2000) ter njihovimi relativnimi premeri ob prvi meritvi (leta 1973); intenzitete redčenj združene.

Graph 2: Relationship between the relative diameters of the remaining collective of stand population carriers (year 2000) and the their relative diameters from the first measurement (year 1973); thinning intensities combined.

Ugotovili smo statistično značilnost razlik med naklonskima kotoma obravnavane premice ($b = 1,24$) in teoretičnega naklona ($b = 1$, pri 1 % tveganju), kar pomeni, da imajo nosilci z večjim relativnim premerom v povprečju nekoliko bolj izraženo pozitivno razvojno težnjo. Torej je splošna značilnost pri črni jelši, da najdebelejši osebki iz kolektiva nosilcev svoj socialni status z razvojem sestoja (v povprečju) dodatno nekoliko izboljšujejo na račun sosedov nižjega socialnega statusa. Tak rezultat je za črno jelšo kot izrazito svetloljubno vrsto popolnoma pričakovan.

3.2.3 Prevrščanje in naravno izločanje izhodiščnega kolektiva nosilcev sestojne populacije

Social rank changes and self-thinning of the initial collective of the stand population carriers

Da bi celoviteje spoznali procese prevrščanja v sestojih črne jelše, ki bi vključevali tudi vsa v razvoju izločena drevesa (vključno z mortaliteto), smo na združeni "populaciji" nosilcev iz letvenjaka analizirali spremembe populacijskega ranga za vsako drevo v proučevanem 27-letnem obdobju (preglednica 7).

Preglednica 7: Spremembe relativnega debelinskega ranga začetnega kolektiva nosilcev sestojne populacije v 27-letnem razdobju (poskusna polja združena).

Table 7: Changes in the relative diameter rank of the initial collective of stand population carriers in the 27-years period (experimental fields combined).

Relativni debelinski rang 1973 Relative diameter rank 1973		Relativni debelinski rang 2000 Relative diameter rank 2000				
		K > 1,05	K ~ 1	K < 0,95	Mortalit.	Σ
Višji / Higher, k > 1,05	N	76	21	6	30	133
	%	57,1	15,8	4,5	22,6	100
Srednji / Average, k ~ 1 (0,95 - 1,05)	N	41	38	60	77	216
	%	19,0	17,6	27,8	35,6	100
Nižji / Lower, k < 0,95	N	9	19	80	87	195
	%	4,6	9,7	41,0	44,6	100
Σ	N	126	78	146	194	544
	%	23,2	14,3	26,8	35,7	100

S takšno analizo, ki je zajela celotno izhodiščno "populacijo" nosilcev (25 % najdebelejših dreves) iz letvenjaka, vključno z izločenim delom (mortaliteto in posekom), smo dobili celovit vpogled v razvojne težnje nosilcev sestojne populacije. Ugotovili smo, da razvojni procesi potekajo pretežno v smeri iz višjega proti nižjemu populacijskemu rangu (prevrščanje navzdol), saj kar $51,7 \pm 4,2$ % vseh nosilcev iz letvenjaka svoj status do faze močnejšega drogovnjaka poslabša (proces izločanja); $35,7 \pm 4,0$ % nosilcev svoj status ohrani, $12,7 \pm 2,8$ % nosilcev sestojne populacije pa svoj socialni status celo izboljša (prevrščanje navzgor). Skupni delež nosilcev sestojne populacije, ki ohranjajo ali izboljšujejo socialni status tako za proučevano obdobje znaša $48,3 \pm 4,2$ %. Ugotovitev o prevladujočem procesu izločanja je na splošno pričakovana, vendar pa - glede na veliko svetloljubnost jelše - preseneča razmeroma visok delež nosilcev, ki se prevrščajo navzgor.

Med nosilci sestojne populacije z nadpovprečno debelino je delež tistih, ki svoj rang obdržijo, največji ($57,1 \pm 8,5 \%$), med povprečno debelimi pa najmanjši ($17,6 \pm 5,1 \%$). Večina nosilcev v tem razredu se prevršča navzdol, oziroma propada. Navzgor se prevršča $19,0 \pm 5,2 \%$ nosilcev sestojne populacije tega ranga. Sposobnost prevrščanja navzgor imajo tudi podpovprečno debeli nosilci: navzgor se jih prevršča kar $14,4 \pm 4,9 \%$, od tega slaba tretjina celo med nadpovprečno debele nosilce populacije. Tako visok delež prevrščanja podpovprečno debelih nosilcev sestojne populacije navzgor pri jelši preseneča.

Posebej so zanimive tudi ugotovitve o izpadu / mortaliteti nosilcev sestojne populacije v proučevanem obdobju. $35,7 \pm 4,0 \%$ nosilcev populacije iz faze letvenjaka odmre oz. so kot konkurenti odstranjeni pri redčenjih. Ugotovitve iz poglavja 3.2.1. pa kažejo, da razlike v mortaliteti med redčenimi in neredčenimi sestoji ni. Izmed nadpovprečno debelih nosilcev sestojne populacije izpade $22,6 \pm 7,2 \%$ osebkov, kar je precej več kot je bilo pričakovati (verjetno zaradi naravnih motenj), največ pa izmed podpovprečno debelih nosilcev populacije ($44,6 \pm 7,0 \%$), kjer pa je bilo pričakovati celo večji izpad.

Gornje ugotovitve so dober kazalnik individualne razvojne in s tem gozdnogojitvene perspektivnosti dreves v mlajših jelševih sestojih. Če perspektivnost merimo s kriterijem izpada / mortalitete dreves, je za proučevano obdobje razvojno perspektivnih $64,3 \pm 4,0 \%$ nosilcev. Če h kategoriji mortalitete prištejemo tudi vse nosilce sestojne populacije, ki imajo nižji populacijski rang (podpovprečno debeli nosilci), pa je v kolektivu nosilcev iz letvenjaka razvojno perspektivnih le $37,5 \pm 4,1 \%$ osebkov. Razvojna perspektivnost nosilcev sestojne populacije je značilno odvisna od izhodiščnega populacijskega ranga - močno upada od višjega proti nižjemu rangu, posebej če jo merimo z drugim perspektivnostnim kriterijem. Upoštevajoč slednjega bi bila razvojna perspektivnost nosilcev jelševe populacije v obdobju od letvenjaka do močnejšega drogovnjaka naslednja: $72,9 \pm 7,7 \%$ pri nosilcih z višjim; $36,6 \pm 6,4 \%$ pri nosilcih s srednjim ter $4,3 \pm 5,0 \%$ pri nosilcih populacije (iz faze letvenjaka) z nižjim rangom.

4 RAZPRAVA IN GOZDNOGOJITVENI NAPOTKI DISCUSSION AND SILVICULTURAL RECOMMENDATIONS

Za bukov sestoj ugotavljajo, da z redčenji pospešujemo enakomeren razpored dreves (BONČINA 1994). V naši raziskavi lahko le v enem primeru potrdimo vpliv (močnih) redčenj na razmestitev dreves v sestoju. Z gotovostjo pa lahko trdimo, da se črna jelša v enodobnih sestojih z razvojem oddaljuje od sistematično-enakomerne razmestitve, v kateri je bila sajena. Za nosilce sestojne populacije lahko trdimo, da se njihov razpored z razvojem sestoja nagiba k naključni enakomerni razmestitvi. Le za en neredčen sestoj (ploskev 11) lahko z gotovostjo trdimo, da se večina nosilcev populacije združuje v skupinice (pretežno po dve drevesi) oziroma v neko obliko skupinske razmestitve. Dobljene rezultate lahko razložimo z dejstvom, da je v osemdesetih letih (1983 in 1989) na tej ploskvi »redčila« predvsem narava v obliki sušenja dreves (GGN 1991). Črna jelša ob dolgotrajni poletni izsušitvi tal namreč zanesljivo začne odmirati (LEVANIČ 1993). Najbrž imajo v takih razmerah večjo možnost preživetja tisti osebki, ki so nahajajo v »mini« depresijah, kajti oddaljenost njihovega koreninskega sistema do nivoja podtalnice je manjša. Pomembno vlogo pri mikrorastiščnih razmerah pa prav gotovo igra tudi vrsta in kakovost tal, saj je ugotovljena velika nehomogenost tal (KOESTLER / BRUECKENER / BIBELRIETHER 1968).

O pojavu prevrščanja drevja (nem.: *Umsetzung*, angl.: *social rank change*) v enodobnih sestojih se je v zadnjih 50-letih v evropskem prostoru zvrstilo kar precej raziskav, pretežno v redčenih sestojih, pri različnih drevesnih vrstah, nekatere med njimi tudi z nasprotujočimi si ali celo napačnimi ugotovitvami (pregled glej v SCHÖBER 1989 in KLÄDKKE 1990). Eno splošnih vprašanj, ki je na tem področju očitno še odprto, je vprašanje mladostne zanesljivosti izbire "pravih" osebkov za bodočnost (dreves bodočnosti, z-dreves, izbrancev, nosilcev funkcij). Ob problemu (ne)zanesljivosti izbire sta pravzaprav razhajata tudi švicarska (po SCHÄDELIN-u) in nemška šola (novejša npr. po ABETZ-u 1969) izbiralnega / visokega redčenja. Prva, ki ji pripada tudi naša, priznava naravno nezanesljivost izbire kandidatov - način izbire zato temelji na njihovi vsakokratni ponovni presoji - druga pa temelji na domnevi, da je izbira Z-dreves - ob

ustreznih gojitvenih intervencijah - zelo zanesljiva (z-drevesa se izberejo in trajno označijo v mladosti, s ciljem, da ostanejo v sestoji do končne faze). Na primeru jelše smo odgovor tudi na to vprašanje dobili v redčenih in neredčenih sestojih.

Doslej je bilo pri nas poznano, da je živahno prevrščanje (kandidatov pri redčenjih) značilno predvsem za mlade sestoje bukve in plemenitih listavcev (MLINŠEK / FERLIN 1992), za bukove sestoje v starejši optimalni fazi pa, da je prevrščanje najdebelejših dreves (npr. 100 na hektar) bolj ali manj slučajen pojav (KOTAR 1996). V primerljivi raziskavi razvoja mlajših, nenegovanih hrastovih - dobovih sestojev (FERLIN / BOBINAC 1999) se za obdobje 21 let (od starosti 30 - 50 let) ugotavlja zelo podobno - živahno debelinsko prevrščanje med nosilci hrastove populacije. V sestojih črne jelše je od faze letvenjaka do faze močnejšega drogovnjaka (obdobje 27-ih let) dinamika prevrščanj v zgornji združbeni plasti (med nosilci sestojne populacije), če jo merimo s kriterijem relativnega priraščanja dreves v debelino, za črno jelšo kot izrazito svetloljubno vrsto nepričakovano velika. Pri tem je potrebno poudariti, da prevrščanje iz nižjih socialnih plasti (v smislu pravega) socialnega vzpona, značilno za sencozažne vrste (npr. v prebiralnem gozdu), pri jelši ne obstaja, ker se takšni osebki intenzivno naravno izločajo.

S primerjavo redčenih in neredčenih sestojev nismo mogli potrditi domneve, da z redčenji (ne glede na intenziteto) značilno vplivamo na socialno strukturo strehe sestoja, ki se s starostjo sicer spreminja. Podobne domneve niso bile potrjene niti v neredčenih in šibko redčenih bukovih sestojih (KOTAR 1996). Na podlagi retrospektivne analize prevrščanja nosilcev jelševe populacije - glede na njihov sedanji in izhodiščni relativni premer - ter primerjave s teoretično uravnoteženim stanjem pa lahko sklepamo, da močna redčenja bolj prispevajo h krepitvi debelejšega dela populacije nosilcev sestoja (v primerjavi s tanjšim). Dolgoročno to pomeni večji delež debelejšega drevja in s tem ugodnejšo debelinsko strukturo.

Pri negi moramo upoštevati, da nosilci populacije z višjim debelinskim rangom svoj socialni status z razvojem sestoja ohranjajo v največji meri ($57,1 \pm 8,5 \%$). Podobne ugotovitve izhajajo tudi iz raziskave mlajših, nenegovanih hrastovih sestojev (FERLIN / BOBINAC 1999). Ta kolektiv dreves je torej biološko najbolj perspektiven za izbiro in vzgojo pri redčenjih (v našem primeru je hkrati tudi gozdnogojitveno najbolj kvaliteten), rizik izbire kandidatov pa je pri njem najmanjši. Pri izbiri kandidatov v jelševih sestojih bi gojitelj zato vsekakor moral biti usmerjen k osebkom najugodnejšega socialnega statusa (najdebelejšim osebkom), posebej še, ker so taki osebki običajno v teh sestojih tudi gospodarsko najbolj kvalitetni.

Spoznanja o deležu nosilcev, ki v določenem obdobju razvoja sestoja ohranjajo ali izboljšujejo socialni status, so pomembna podlaga za izbiro razvojni fazi (starosti) ustreznega števila oziroma gostote kandidatov pri redčenjih. Posredno ta spoznanja lahko uporabimo tudi za oceno zanesljivosti (rizika) takšne izbire. V našem primeru bi bilo tako priporočljivo v fazi letvenjaka, upoštevaje ugotovljeno nezanesljivost (ohranitve in izboljšanja lastnosti), izbirati in pospeševati najmanj dvakrat večje število kandidatov od tistega, ki ga pričakujemo v močnejšem drogovnjaku.

Z gozdnogojitvenega vidika je posebej zanimivo spoznanje o sposobnosti prevrščanja nosilcev populacije s povprečnim ali celo podpovprečnim rangom navzgor, čeprav je delež takih osebkov (v populaciji 25 % najdebelejših dreves v letvenjaku) razmeroma skromen ($12,7 \pm 2,8 \%$). Pri zelo majhnem deležu nosilcev populacije z nižjim rangom prihaja celo do prevrščanja med nosilce populacije z višjim rangom. Pri teh gre najbrž za individualno izboljšanje razmer v ravnem prostoru - zaradi naravnih motenj (npr. propada dominantnejšega drevesa) ali odstranitve konkurenčnega osebka (pri redčenju). Te ugotovitve nakazujejo, da so lahko gozdnogojitveno perspektivni celo nekateri osebki z relativno nižjim populacijskim rangom (glede na skupno povprečje), pod pogojem da so v ugodni prostorski situaciji (brez močnejših sosedov) in jim pri redčenju ustrezno pomagamo (močnejši ukrepi). Takšen pojav prevrščanja navzgor je značilen tudi za mlajše (nenegovane) hrastove sestoje (FERLIN / BOBINAC 1999), pri katerih je delež

takšnih dreves podoben ($14 \pm 5 \%$). Ugotovitve o živahnem (debelinskem) prevrščanju dreves v strehi sestoja potrjujejo, da je naša tehnika izbiralnega redčenja, pri kateri vsakokrat (glede na razvoj sestoja) na novo izbiramo kandidate za nosilce funkcij, ustrezna tudi pri tako svetloljubni in hitrorastoči vrsti kot je črna jelša.

Mortaliteta (s posekom vred) nosilcev jelševe populacije ($35,7 \pm 4,0 \%$) je v proučevanem obdobju nižja, kot je bilo pričakovati glede na rezultate pri hrastu - dobu. V raziskavi mlajših, nenegovanih hrastovih sestojev (FERLIN / BOBINAC 1999) namreč ugotavljajo, da je mortaliteta nosilcev populacije, čeprav le-ta v celoti ni primerljiva, večja ($52,9 \pm 6,0 \%$).

Zaradi zelo hitrega in močnega naravnega izločanja in diferenciranja dreves v mladih jelševih sestojih bi morali začeti z izbiralnim redčenjem že zelo zgodaj, kar priporočajo tudi dosedanje raziskave (MLINŠEK 1960, NEMESSZEGHY 1986, KECMAN 1999a, 1999b). Z biološkega vidika (velikost krošenj, vitalnost in reakcijska sposobnost drevja) bi bila za mlajše jelševe sestoje najbolj priporočljiva močnejša redčenja, pri katerih bi kandidatom, skladno z veliko hitrostjo in dinamiko razvoja ter občutljivostjo krošenj na utesnjevanje, odstranjevali vse konkurente, pri čemer pa bi se dejanska intenziteta ukrepa (za sprostitev nosilca) ravnala po potrebnem ravnem prostoru in sicer do naslednjega ukrepa. Če želimo uspešno uresničevati ekološke in gozdnogojitvene cilje, naj bi bili ukrepi redčenj v mlajših sestojih - hitremu razvoju jelše prilagojeno - ustrezno pogostni.

5 POVZETEK

V raziskavi smo proučevali prostorsko razmestitev, intenziteto naravnega izločanja ter proces prevrščanja v zgornji združbeni plasti čistih enodobnih jelševih sestojev zlasti z vidika vpliva izbiralnih redčenj na te procese. Spremljali in analizirali smo razvoj sestojev od faze letvenjaka do faze močnejšega drogovnjaka (starost ~10 - 40 let). V ta namen smo uporabili podatke dveh raziskovalnih ploskev, velikosti 0,6 ha, ki sta bili

koncem šestdesetih let izločeni v Prekmurju (Polanski log). Vsaka ploskev je razdeljena na tri polja, z različno jakostjo redčenja (neredčeno ter zmerno in močno redčeno). Vsakemu drevesu je bil na začetku (1973 ali 1975) in koncu poskusa (2000) izmerjen prsni premer. Študij prevrščanja in naravnega izločanja drevja je temeljil na individualnem spremljanju razvoja t.i. nosilcev populacije (25 % najdebelejših dreves) iz letvenjaka.

Obliko prostorske razmestitve dreves smo testirali s primerjavo dejanskih in teoretičnih srednjih razdalj ter standardnih odklonov do prvih treh sosednjih dreves (KOTAR 1993). Procese prevrščanja smo proučevali s pomočjo primerjav relativnega debelinskega ranga dreves, ki predstavlja količnik (k) med premerom posameznega nosilca sestojne populacije ter srednjim premerom vseh nosilcev za isto obdobje (po FERLIN / BOBINAC 1999).

Za potrebe (kontingenčne) analize smo na osnovi relativnega premera oblikovali tri razrede: višji ($k > 1,05$), srednji ($1,05 \leq k \leq 0,95$) in nižji ($k < 0,95$), ki so predstavljali populacijske (socialne) range dreves v sestoji glede na debelino dreves. Na tej podlagi smo primerjali socialno strukturo sestojev med seboj ter analizirali njen razvoj v proučevanem obdobju. (Retrospektivno) Analizo dinamike prevrščanja dreves med nosilci sedanjega kolektiva smo izvedli z regresijsko in kovariančno analizo med začetnim (1973) in sedanjim (2000) relativnim premerom dreves (po posameznih intenzitetah redčenj in skupaj) ter primerjavo regresijske premice s teoretično uravnoteženim stanjem prevrščanja (naklon 45°).

Rezultati kažejo, da se črna jelša se z razvojem sestojev oddaljuje od sistematično enakomerne razmestitve, v kateri je bila sajena, razvojna težnja k naključni enakomerni razmestitvi pa ni statistično potrjena. Razmeroma šibak vpliv redčenj na razmestitev vseh dreves v sestoji je le deloma prisoten - domneva je statistično potrjena le v enem primeru. Nosilci sestojne populacije težijo k naključni enakomerni razmestitvi, na enem od neredčenih polj pa celo oblikujejo skupinice (pretežno po dva).

Močnejša izbiralna redčenja najbolj pospešujejo razvoj dreves z najvišjim populacijskim rangom, vendar pa vpliv redčenj na prevrščanje in socialno strukturo sestojev ni statistično značilen. Prevrščanje, merjeno s spremembami relativnih premerov / populacijskih rangov dreves v 27-letnem obdobju, je med nosilci sestojne populacije zelo intenzivno. Pri 48 - 56 % nosilcev populacije iz letvenjaka prihaja do prevrščanja navzdol (proces naravnega izločanja), pri 10 - 15 % nosilcev pa do prevrščanja navzgor. Le 29 - 42 % nosilcev sestojne populacije z razvojem sestoja ohranja svoj izhodiščni populacijski status. Prevrščanju navzdol (vključno z mortaliteto) so podvrženi tudi nosilci sestojne populacije z višjim rangom, vendar pa z manjšo pogostostjo / verjetnostjo izgube populacijskega ranga (35 - 51 %).

V mlajših sestojih črne jelše je torej za nosilce sestojne populacije značilna razmeroma velika nezanesljivost razvojne in / ali gozdnogojitvene prognoze. Zanesljivost prognoze raste z naraščajočim populacijskim rangom dreves. Začetno število izbranih kandidatov (in rezervistov) v letvenjaku naj bi zato bilo najmanj dvakrat večje od pričakovanega v močnejšem drogovnjaku. Pri ponovnem redčenju naj bi se tudi izbira / presoja kandidatov opravila ponovno, takšna je tudi sicer splošna praksa v Sloveniji. Zaradi zelo hitrega naravnega izločanja in diferenciranja dreves v mladih jelševih sestojih bi morali začeti z izbiralnim redčenjem že zelo zgodaj (pred starostjo 10 let). Z biološkega vidika (velikost krošenj, vitalnost in reakcijska sposobnost drevja) bi bila za mlajše jelševe sestoje najbolj priporočljiva močnejša redčenja, skladno z veliko hitrostjo razvoja ter občutljivostjo krošenj na utesnjevanje. Kandidatom naj bi odstranjevali vse konkurente (drugih osebkov ne), pri čemer pa naj bi se dejanska intenziteta ukrepa (za sprostitev nosilca) ravnala glede na potrebni rastni prostor do naslednjega redčenja. Za uspešno uresničevanje ekoloških in gozdnogojitvenih ciljev bi morala biti redčenja - hitremu razvoju jelše prilagojena - tudi ustrezno pogostna.

6 SUMMARY

*This research was carried out to analyse the spatial arrangement of trees, the intensity of self-thinning and the social rank changes in the canopy of pure even-aged stands of the black alder (*Alnus glutinosa*), especially with regard to the influence of selective thinning. The development of the stands from the small pole to larger pole stage (age ~10 - 40 years) was analysed. Data from two research plots (sized 0,6 ha) were used for this purpose. The plots were set aside in the 1960 in Prekmurje (site: Polanski log), northeast Slovenia. Each plot was divided into three fields and treated with different thinning intensities (without thinning, moderate thinning and heavy thinning). The DBH of the each tree was measured at the beginning (1973 or 1975) and at the end (2000) of the experiment. The study of social rank changes and self-thinning processes was based on individual monitoring of the development of so-called population carriers (the 25 % thickest trees) from the young to the large pole stage.*

The type of spatial arrangement of the trees was tested by comparison of the actual and theoretical distances and their standard deviations from a tree to the first three trees next to it (according to KOTAR 1993). Social rank changes were studied by comparisons of the relative diameter rank, presented as a quotient (k) between the DBH of each population carrier and the mean diameter of all population carriers for the same year of measurement (according to FERLIN & BOBINAC 1999).

For the needs of the (contingency) analysis, three categories of relative diameter / population ranks were formed: higher ($k > 1,05$), average ($1,05 \leq k \leq 0,95$) and lower ($k < 0,95$) categories. These categories represent social ranks of trees in a stand based on their DBH. On this basis the stand, structure has been compared among stands (of different thinning intensities) and its development analysed during the researched period. Retrospective analysis of social rank changes of the remaining collective of population carriers was performed by a regression and covariance analysis between initial (1973) and current (2000) relative diameters of trees (for different thinning intensities and

combined) and comparisons of the regression line with theoretical equilibrium line (45° slope).

Results show that the black alder, by aging, moves away from the systematic uniform distribution of trees, in which it was planted, but its developmental tendency to random uniform distribution has not been statistically proved. The influence of thinnings on the spatial arrangement of all trees in the stand is only partly present (Table 1 - 2). Population carriers tend to random-uniform spatial arrangement, while even a tendency of clustering into groups (mostly by two trees) is present in one of the self-thinned stand (Table 3 - 4).

Heavier thinnings promote the development of population carriers with a highest diameter rank at most, however, the influence of thinnings on social rank changes and social structure of stands is not statistically significant (Table 5, 6, Graph 2). Social rank changes, measured by the relative diameter rank changes within the period of 27 years, are very intensive between population carriers (Table 7). Negative social rank changes (self-thinning) occur in 48 - 56 % of population carriers from the small pole stage, while in 10 - 15 % of population carriers positive rank changes occur. Only 29 - 42 % of population carriers conserve their initial social rank by ageing. Negative social rank changes also occur in population carriers with higher rank, but with lower frequency / probability of social rank losses (35 - 51 %).

Thus, a relatively high uncertainty of population carriers' developmental and / or silvicultural prognosis is characteristic for young black alder stands. Certainty of prognosis is growing by increasing of trees' social rank. The initial number of candidates (and reservist trees) chosen in the small pole stage should therefore be at least twice as high as the number expected in the large pole stage. At future thinnings, the re-selection / reassessment of candidates should be made every time which is also a common thinning practice in Slovenia. Fast differentiation and self-thinning of trees in young black alder stands shows a need for a very early beginning of selective thinning (before 10 years of

age). From a biological point of view (crown size, vitality, reaction capacity of trees) heavier selective thinnings would be the most recommendable for younger black alder stands, in harmony with fast development and sensitivity of crowns to the competition of neighbouring trees. All competitor trees to each candidate should be removed from the stand canopy, where the intensity of thinnings (for release of the candidate tree) should result in the individual trees' growing space needs - until the next thinning. For successful realisation of ecological and silvicultural objectives, correspondingly frequent selective thinnings - adapted to the fast black alder development - would be necessary.

7 VIRI REFERENCES

- ABETZ, P., 1969. Biologische Produktionsmodelle als Entscheidungshilfen im Waldbau. Forstarchiv 41, s. 5-9.
- BONČINA, A., 1994. Vpliv redčenj na razvoj bukovih sestojev na Somovi gori.- Zbornik gozdarstva in lesarstva, 44, s. 85-106.
- FERLIN, F. / BOBINAC, M., 1999. Natuerliche Strukturentwicklung und Umsetzungsvorgaenge in juengeren, ungepflegten Stieleichenbestaenden.- Allgemeine Forst und Jagdzeitung, 170, 8, s. 137 - 142.
- KECMAN, M., 1999a. Učinki različnih pristopov izbiralnega redčenja na sestoje črne jelše (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) v Polanskem logu.- Diplomsko naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, 108 s.
- KECMAN, M., 1999b. Gojitvene lastnosti črne jelše v Polanskem logu.- GozdV, 57, 9, s. 355 - 367.
- KLÄDKE, J., 1990. Umsetzungsprozesse unter besonderer Berücksichtigung Z-Baum-bezogener Auslesedurchforstung. AFJZ 161 (2), s. 29 - 36.
- KOESTLER, J. N. / BRUECKENER, E. / BIBELRIETHER, H., 1968. Die Wurzeln der Waldbaeume (Untersuchung zur Morphologie der Waldbaeume in Mitteleuropa).- Hamburg und Berlin, Paul Parey Verlag, 284 s.
- KOTAR, M., (prir.) 1977. Statistične metode, Izbrana poglavja za študij gozdarstva, Drugi zvezek.- Ljubljana, 1977, s. 173-378.
- KOTAR, M., 1986. Prirastoslovje.- Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo, 196 s.
- KOTAR, M., 1993. Določanje načina razmestitve dreves v optimalni razvojni fazi gozda.- Zbornik gozdarstva in lesarstva, 42, s. 121-153.
- KOTAR, M., 1996. Prevrščanje dreves v optimalni fazi bukovega gozda.- Zbornik gozdarstva in lesarstva, 49, s. 5-32.
- KOTAR, M., (prir.) 1998. Statistične metode, Izbrana poglavja za podiplomski študij gozdarstva.- Ljubljana, tipkopis, 150 s.
- LESNIK, A., 1976. Mikrolief in talnica kot vplivna faktorja pri izbiri drevesnih vrst v logu črne jelše v Pomurju.- Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, 34 s.

- LEVANIČ, T., 1993. Vpliv melioracij na rastne in prirastne značilnosti črne jelše (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.), ozkolistnega jesena (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) in doba (*Quercus robur* L.) v Prekmurju.- Magistrsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, 114 s.
- MLINŠEK, D., 1960. Rast in gospodarska vrednost črne jelše.- Murska Sobota, Pomurski tisk, 32 s.
- MLINŠEK, D., 1998. Ideje o namenu postavitve raziskovalnih ploskev, Ljubljana, december 1998, ustni vir.
- MLINŠEK, D. / FERLIN, F., 1992. Jugendliche Waldentwicklung und die Kernfragen der Waldpflege. Schweiz. Zeitschr. f. Forstw., letnik 143, št. 12, s. 983 - 990.
- NEMESSZEGHY, L., 1986. Črna jelša v Prekmurju.- Murska Sobota, Pomurska založba, 88 s.
- SCHÖBER, R., 1989. Von Zukunfts- und Elitebäumen. AFZ 159 (11/12), s. 239-248.
- STATSOFT, INC., 1995. STATISTICA for WINDOWS [Computer program manual].- Tulsa, zvezek I, s. 1001-1878 in zvezek II, s. 3001-3782.
- WECK, J., 1958. Vom Umsetzen unserer Waldbäume. AFZ 13 (49), s. 717 - 720.
- ZAVRL BOGATAJ, A., 1977. Vrednostni prirastek črne jelše na njenih optimalnih rastiščih.- Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, s. 29.
- Gozdnogospodarski načrt GGE Lendava - poplavni gozdovi 1.1.1959 - 31.12.1968, 1958.
- Gozdnogospodarski načrt GGE Dolinsko 1.1.1972 - 31.12.1981, 1971.
- Gozdnogospodarski načrt GGE Dolinsko 1.1.1982 - 31.12.1991, 1981.
- Gozdnogospodarski načrt GGE Dolinsko 1.1.1992 - 31.12.2001, 1991.

8 ZAHVALA ACKNOWLEDGEMENT

Prispevek je nastal v okviru nalog javne gozdarske službe Gozdarskega inštituta Slovenije (naloge: Razvoj sonaravnega gospodarjenja z gozdovi), ki jih financira Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. Zahvala gre Andreju Kecmanu, Andreju Koblerju, Janezu Kolenku, Tonetu Kralju, Urši Vilhar in Ireni Tavčar, ki so nesebično pomagali pri terenskih meritvah, pisarniškem obdelovanju podatkov in zbiranju informacij.