

## Učinek redčenj v bukovih sestojih na Brezovi Rebri

### *The Effect of Thinning in Beech Stands in Brezova Reber*

Katarina CELIČ

#### Izvleček:

Prispevek opisuje rezultate razvoja bukovih sestojev na dveh vzorčnih ploskvah v GGE Brezova Reber, izločenih leta 1970, od katerih je bil eden redčen, drugi prepuščen naravi. Analiziranih je 6 znakov: prsni premer, višina, dolžina čistega debla, volumen krošnje, vrednost in dimenzijsko razmerje. Poleg enostavnih statističnih testov je uporabljena metoda diskriminativne analize kot način za določanje tistih kazalcev, ki bistveno diskriminirajo med redčenimi in neredčenimi sestoji. Na podlagi diskriminativne funkcije je možno tudi napovedati, v katero grupo sodi določeno drevo. Ločeno sta obravnavana kolektiv vseh dreves ter kolektiv dreves v strehi sestoja.

**Gljučne besede:** bukov sestoj, izbiralno redčenje, statistične metode, diskriminativna analiza

#### Abstract:

The article describes the development of beech stands on two sample plots in the Brezova Reber Forest Management Unit, established in 1970, one thinned and one unthinned. 6 characteristics were chosen to distinguish between them: dbh, tree height, clean timber stem length, crown volume, timber value and dimension ratio. Some basic statistical tests were performed. Discriminant analysis was chosen as the method to determine which characteristics show significant differences for thinned and unthinned stands and are suitable for prediction the group membership of each tree. Two separate collective bodies were examined: the entire population of trees and trees from the stand canopy.

**Keywords:** beech stands, selective thinning, statistical methods, discriminant analysis

## 1 UVOD

### 1 INTRODUCTION

Raziskave učinkov redčenj so dragocene, saj zahtevajo dolgotrajno spremljanje razvoja sestoja na vzorčnih ploskvah. Še posebej to velja za raziskave buke, ki je bila v gospodarskem smislu dolgo časa podcenjevana. V Sloveniji se je izbiralno redčenje začelo uveljavljati po I. 1962 (KORDIŠ 1982), pred tem so pozornost posvečali predvsem smreki. Vzorčne ploskve na Brezovi Rebri, izločene leta 1970 (PIŠKUR 1984), so med prvimi tovrstnimi poskusi.

Dokazovanje učinkov redčenj je tudi danes aktualno. Če je bil prvoten namen takih raziskav predvsem prepričati gozdarske strokovnjake v upravičenost izbiralnega redčenja in njegove prednosti pred nizkim redčenjem, je danes dosti pomembnejše prepričati lastnike gozdov o dolgoročne koristi, ki jih prinaša izbiralno redčenje. Po več kot treh desetletjih se še vedno pojavljajo dvomi glede smiselnosti redčenj, intenzivnosti, racionalnosti ipd., ki so posledica konzervativne miselnosti in ne nazadnje tudi strahu pred tveganjem. V naših klimatskih razmerah so naravne kalamitete kot posledica vetra, snega ali žleda dokaj pogoste, pravkar redčeni sestoji pa so na videz njihova najpogostejša tarča. Razlog je morda v tem, da se je z redčenji pogosto začlenjalo prepozno, ko je bilo drevje previtko in nestabilno, ker je sestoj šele takrat dajal tržno zanimive sortimente. Te značilnosti še posebej veljajo za listavce. Še vedno se zato dogaja, da se gozdarji pri izbiri drevja za možni posek bojijo posegati v zgornji drevni sloj in zato etat 'nabirajo' z nizkim redčenjem. Drug nezanemarljiv problem so stroški redčenja v mlajših razvojnih fazah in negotovost glede trženja teh sortimentov.

Najpomembnejše ugodne učinke redčenj lahko strnemo v nekaj točkah (KOTAR 1982):

\*K.C., univ.dipl.ing.gozd., Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS, Dunajska 56, 58, 1000 Ljubljana, Slovenija

- večji srednjemeteljnični premer redčenih sestojev,
- zgodnejša kulminacija debelinskega in volumenskega prirastka sestoja,
- krajša proizvodna doba,
- večja stabilnost sestoja zaradi ugodnejšega dimenzijskega razmerja,
- večja vrednost sortimentov,
- predčasni (vmesni) donosi.

Navedene ugotovitve na splošno veljajo za vse drevesne vrste in vse oblike negovalnih redčenj (nizka in visoka).

V raziskavi primerjamo dva vzorčna bukova sestoja na podobnem rastišču, ki sta bila v zadnjih 30 letih različno gospodarjena. Prvi je bil redčen na osnovi izbiralnega redčenja, drugi prepuščen naravi. Predpostavljamo, da se razlikujeta v mnogih značilnostih. Izbrali smo 6 znakov, na katere lahko vplivamo z redčenjem in jih je možno določiti z enostavnimi meritvami. Zanima nas, katere so tiste bistvene značilnosti dreves, ki so posledica redčenj, oz. s katerimi kazalci lahko preverjamo pozitivne učinke redčenj.

Naša podmena je, da se redčeni sestoji razlikujejo od neredčenih v spodaj naštetih znakih:

- Volumen krošenj.  
Zaradi manjše gostote dreves je volumen krošenj večji v redčenih sestojih. Ker je velikost krošnje tudi posreden kazalec velikosti koreninskega sistema, predpostavljamo, da so drevesa z večjo krošnjo tudi mehansko stabilnejša.
- Prsni premer dreves.  
Povprečni prsni premer dreves je zaradi manjše gostote drevja večji v redčenih sestojih kot neredčenih.
- Višina dreves.  
Glede na enako rastišče in fizično starost sestojev razlik v višini dreves ne bi smelo biti. To velja za zgornjo višino dreves, medtem ko se na srednji višini gozdnogojitveni ukrepi odražajo.
- Vrednost sortimentov.  
Vrednost je rezultat kakovosti in dosežene dimenzije sortimenta. Kot merilo smo izbrali denarno izraženo vrednost sortimenta na prvih 4 m dolžine debla, saj se v spodnjem delu debla nahajajo najvrednejši sortimenti. Zato je ta znak močno koreliran z vrednostjo celega drevesa. S pozitivno izbiro se v redčenih sestojih poveča delež kakovostnega drevja, hkrati z večjo povprečno debelino dreves tako dobimo bistveno vrednejše sortimente.
- Dolžina čistega debla.  
Posreden kazalec kakovosti je tudi dolžina čistega debla. Pod čistim deblom razumemo tisto dolžino debla brez večjih vidnih napak kakovosti (rogovila, gnila grča, rakava tvorba ipd.), ki bistveno poslabšajo vrednost sortimenta. Te napake debla so hkrati tudi pomemben kriterij pri izbiri nosilcev oz. njihovih konkurentov, zato so v negovanih sestojih drevesa z večjimi napakami debla iz sestoja praviloma odstranjena že v zgodnejši fazi. Znano je, da z redčenji čisto dolžino debla skrajšamo, kar je posledica daljših krošenj (FERLIN 1988). Kljub temu predpostavljamo, da je v negovanih sestojih dreves z izrazitimi vidnimi napakami kakovosti manj, in da bo zato ta znak imel večje vrednosti v redčenem sestoju. Dolžina čistega debla nam posredno predstavlja kazalnik kakovosti oz. negovanosti sestoja.

- Dimenzijsko razmerje.  
Stabilnost dreves oz. sestojev lahko ocenimo tudi z dimenzijskim razmerjem med višino in prsnim premerom drevesa. V neredčenih sestojih pričakujemo večji delež vitkih dreves, t.j. dreves z dimenzijskim razmerjem nad 90.
- Cenotski status.  
Ker z redčenji vplivamo na združbene razmere v sestoju, obravnavamo ločeno kolektiv vseh dreves (kolektiv I) in kolektiv dreves v strehi sestoja (kolektiv II). Predpostavljamo, da so razlike med sestojema izrazitejše pri drevesih, ki tvorijo streho sestoja. Tam se nahajajo izbrana drevesa, katerim je posvečena naša pozornost pri oblikovanju sestoja oz. odstranjevanju konkurentov. V strehi sestoja pričakujemo izrazitejše razlike predvsem v tistih znakih, ki odražajo kakovost dreves - to sta vrednost prvega sortimenta in dolžina čistega debla.

## 2 PREDMET RAZISKAVE

### 2 OBJECT OF RESEARCH

Gozdnogospodarska enota (GGE) Brezova Reber leži na skrajnem jugozahodnem robu Ajdovske planote v Suhi krajini. Razteza se na nadmorskih višinah od 200 m do 600 m. Relief je večinoma vrtačast in valovit. Geološka podlaga so apnenci, le na skrajnem zahodu dolomit.

Podnebje je preddinarsko-predpanonskega tipa s povprečno letno temperaturo 9°C in povprečno letno količino padavin 1200 mm. Značilni so ekstremi med poletnimi in zimskimi temperaturami ter za vegetacijo ugoden razpored padavin.

Po fitocenološkem kartiranju v GGE prevladujejo rastišča bukve, uvrščena v naslednje združbe: *Hedero-Fagetum* (56%), *Lamio orvalae-Fagetum* (37%), *Hacquetio-Fagetum* (3%) (ZORN 1974). V lesni zalogi je bukve 60%, smreke 21%, jelke 9%, g. javorja 3%, gradna 2%, g. bresta 1%, češnjak 1%.

GGE Brezova Reber je v celoti državna last. Nacionalizirana je bila leta 1934, ko je prešla v upravljanje Začasne državne uprave (ZDU). Prejšnji lastniki so bili iz rodbine Auersperg. Prvi gozdnogospodarski načrt za enoto je bil izdelan že leta 1893.

Vzorčne ploskve je osnoval spomladi leta 1970 Jernej Piškur (Gozdni obrat Straža, Gozdno gospodarstvo Novo mesto), ko je organiziral seminar iz izbiralnega redčenja, katerega namen je bil predvsem izobraževanje strokovnih delavcev (odkazilo) in dokazovanje učinkov različnih jakosti redčenja v bukovih sestojih. (PIŠKUR 1984, PIRC 1997). V odd. 17, GGE Brezova Reber, so bile izločene 4 ploskve velikosti 50m x 50m. Izveden je bil natančen popis vseh dreves (prni premer na cm natančno, IUFRO klasifikacija) ter odkazilo v skladu z naslednjimi usmeritvami:

1. ploskev (P1): močno izbiralno redčenje,
2. ploskev (P2): zmerno izbiralno redčenje,
3. ploskev (P3): brez ukrepanja (kontrolna ploskev),
4. ploskev (P4): nizko redčenje.

Starost sestoja po gozdnogospodarskem načrtu je bila takrat od 40 do 50 let. Nastanek sega v čas velikopovršinskih sečenj v obdobju pred nacionalizacijo leta 1934.

Vse nadaljnje meritve in spremljanje rezultatov se je ohranilo le na P1 in P3, kateri tudi obravnavamo. Na njiju se je vse do danes gospodarilo v skladu

z osnovnimi usmeritvami iz leta 1970. Obe ploskvi še danes služita kot demonstracijska objekta za strokovne in laične, domače in tuje ekurzije ter kot učni objekt iz gojenja gozdov. Rezultati meritev so bili prvič objavljeni šele leta 1988 (FERLIN 1988).

Iz dendrometrijskih podatkov je razvidno, da sta se ploskvi P1 in P3 že leta 1970 razlikovali. Del sestoja v bližini kamionske ceste je bil namreč šibko nizko redčen že pred izločitvijo poskusnih ploskev, del sestoja, kjer se nahaja tudi ploskev P3, pa je ostal zaradi oddaljenosti razmeroma nedotaknjen.

Preglednica 1. Osnovni podatki o vzorčnih ploskvah v letu 1970  
Table 1: Basic information on the sample plots from 1970

	P1	P3
Nadm. višina <i>Altitude</i>	464-470 m	472-482 m
Oddaljenost od ceste <i>Distance from the road</i>	10 m	200 m
Rastiščna enota <i>Site unit</i>	<i>Hedero-Fagetum Site unit</i> (syn. <i>Quercu-Fagetum typicum</i> )	<i>Hedero-Fagetum</i> (syn. <i>Quercu-Fagetum stellarietosum</i> )
Nagib <i>Inclination</i>	5 %	10 %
Ekspozicija <i>Aspect</i>	JJZ SSW	ZJZ WSW

### 3 METODA DELA

#### 3 WORKING METHODS

Meritve in ostala terenska dela so bila opravljena v času od jeseni 1996 do pomladi 1997. Vsakemu drevesu nad merilnim pragom so bili na mestu samem določeni naslednji znaki:

- prsni premer,
- višina,
- širina krošnje,
- delež krošnje od skupne višine,
- povprečna kvaliteta sortimentov na prvih 4 m višine,
- cenotski status po Kraftu,
- dolžina čistega debla.

Višina drevesa in dolžina čistega debla sta bili merjeni z višinomerom Leiss, prsni premer smo merili s  $\pi$ -metrom. Kakovost prvega sortimenta smo določili na podlagi JUS standardov za gozdne lesne sortimente. Za prve 4 m dolžine smo se odločili zaradi lažjega okularnega ocenjevanja pri stoječem drevju. Tanjše drevje smo uvrščali med goli oz. drva ali jamski les. V jamski les smo uvrstili t.i. kvalitetnejše goli (ravne, gladke), ki merijo na sredini dolžine vsaj 20 cm.

Dolžino čistega debla smo določali po naslednjih kriterijih:

- pri drevju, ki dosega zahtevano debelino za hlodovino, je dolžina čistega debla razdalja od tal do prve debelejšje veje (tanjših adventivnih poganjkov nismo upoštevali), začetka razvejanosti krošnje ali debelejšje gnile odmrle veje (t.i. štrclja), ki bistveno spremeni kakovost sortimenta,
- pri tanjšem drevju, ki ponavadi nima dobro razvite krošnje in je večinoma enoosno, smo upoštevali dolžino do tiste višine debla, ko je sortiment še uporaben (pri goleh 7 cm na tanjšem koncu).

Nekateri znaki (prsni premer, višina drevesa in dolžina čistega debla) so bili določeni neposredno na terenu. Osnovni podatki, zajeti na terenu, so bili

vnešeni in nadalje pripravljani za obdelavo s programskim paketom Excel. Dimenzijsko razmerje (KOTAR 1982) je izračunano iz prsnega premera in višine drevesa po obrazcu:  $V = 0,4 \cdot \pi \cdot P \cdot L/4$ . Pri izračunu volumna prvega sortimenta je upoštevan tablični padec prsnega premera za bukev (ČOKL 1992). Volumen krošnje je izračunan iz ocenjene širine krošnje in deleža od skupne višine po obrazcu,  $V = 0,4 \cdot \pi \cdot P \cdot L/4$ , kjer je P tloris oz. projekcija krošnje in L je dolžina krošnje (ČOKL 1977).

Za izračun vrednosti prvega sortimenta so uporabljene hipotetične cene, oblikovane na podlagi cenika, objavljenega v aprilski številki Lesarskega utripa iz leta 1997 ter cenika GG Novo mesto z dne 16. 1. 1997.

Značilnost razlik med aritmetičnima sredinama za vse obravnavane znake smo preverili z enostavnim testom za preskušanje hipotez z velikimi vzorci:

$$z = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{\sqrt{s_1^2/n_1 + s_2^2/n_2}}$$

(oz. z ustreznim t-testom za preskušanje razlik z malimi vzorci), kjer pomeni:

$\bar{x}_1$  = aritmet. sredina prvega vzorca (P1),

$s_1^2$  = cenilka variance v prvem vzorcu (P1),

$n_1$  = število enot v prvem vzorcu (P1),

$\bar{x}_2$  = aritmetična sredina drugega vzorca (P3),

$s_2^2$  = cenilka variance v drugem vzorcu (P3),

$n_2$  = število enot v drugem vzorcu (P3).

V primeru nehomogenih varianc je za določitev stopinj prostosti uporabljen naslednji obrazec:

$$df = \frac{(s_1^2/n_1 + s_2^2/n_2)^2}{\frac{(s_1^2/n_1)^2}{n_1 - 1} + \frac{(s_2^2/n_2)^2}{n_2 - 1}}$$

Homogenost varianc smo testirali z izrazom:  $F = s_1^2/s_2^2$

Razliko v frekvenčnih porazdelitvah posameznih znakov med ploskvama smo preverili s Snedecor-Brandt testom:

$$\chi^2 = (N^2/n_1 \cdot n_2) \cdot (\sum (f_k^2/n_k) - n_1^2/N)$$

$N = n_1 + n_2$

$f_k$  = število enot v razredu k v prvem vzorcu

$n_k$  = seštevek frekvenc v razredu k iz obeh vzorcev

število stopenj prostosti = k-1

Za primerjavo obeh populacij v vseh izbranih znakih smo uporabili diskriminativno analizo. Poiskali smo spremenljivko L, ki je linearna funkcija vseh izbranih spremenljivk:

$$L = \sum_{i=1}^{i=k} \lambda_i X_i$$

$X_i$  so vrednosti opazovanih k spremenljivk,  $\lambda$  pa njihovi utežnostni koeficienti.

Določili smo jo tako, da imajo člani ene populacije visoke, člani druge populacije pa nizke vrednosti te spremenljivke. Koeficiente diskriminativne funkcije smo izbrali tako, da se vrednosti diskriminativne funkcije med obema grupama kar se da razlikujejo oz., da je razmerje vsote kvadratov med grupami

in vsote kvadratov znotraj grup maksimum. Koeficienti  $\lambda$  diskriminativne funkcije L so torej izbrani tako, da je količina Q maksimalna:

$$Q = \frac{(L_A - L_B)^2}{\sum_i (L_i - L_A)^2 + \sum_j (L_j - L_B)^2}$$

- $L_A$  = povprečna vrednost diskriminativne funkcije v populaciji A,
- $L_B$  = povprečna vrednost diskriminativne funkcije v populaciji B,
- $L_i$  = posamezne vrednosti L v populaciji A,
- $L_j$  = posamezne vrednosti L v populaciji B.

Katerakoli druga linearna kombinacija spremenljivk bi imela drugačno, manjšo vrednost tega razmerja. V našem primeru predstavljajo eno populacijo redčeni bukovni sestoji, drugo pa neredčeni bukovni sestoji. Za izračun koeficientov diskriminativne funkcije je bil uporabljen Fisherjev algoritem (KOTAR 1993).

Da bi izločili iz analize tiste znake, ki bistveno ne vplivajo na razločevanje med populacijama, smo uporabili metodo *stepwise* pri multipli regresiji v programskem orodju SPSS.

## 4 REZULTATI IN RAZPRAVA

### 4 RESULTS AND DISCUSSION

#### 4.1 Gostota sestojev

##### 4.1 Stand Density

V raziskavi smo zajeli vsa živa drevesa nad merilnim pragom na redčeni ploskvi (P1) in na neredčeni ploskvi (P3). Skupaj je bilo tako izmerjenih 459 dreves, od tega na ploskvi P1 143 dreves (135 bukev in 8 gorskih javorjev) ter na ploskvi P3 316 dreves (vse bukke). Razlika v drevesni sestavi je lahko odraz razlik med rastiščema ali pa rezultat nekonkurenčnosti javorja na tipično bukovem rastišču, kar se zdi bolj verjetno. Na redčeni ploskvi se je namreč javorju dajalo pri izbiri prednost in je zato ostal v sestoji.

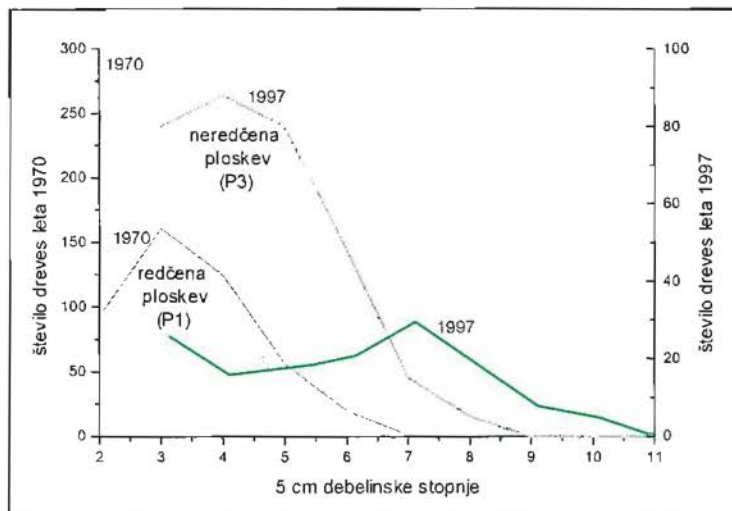
Ugotovili smo, da se je od leta 1970 do leta 1997 število dreves zmanjšalo za 61% na ploskvi P1 in za 25% na ploskvi P3 (preglednica 2). Podobne zakonitosti razvoja bukovih sestojev potrjujejo tudi druge sorodne raziskave (ŠTEFANČIK 1996, BASTIEN 1995, BONČINA 1994). Poleg redčenja in poseka slučajnih pripadkov (vetrolom) na redčeni ploskvi je razlog zmanjšanja števila drevja tudi naravno odmiranje, predvsem tanjšega podstojnega drevja. Še vedno je opazen tudi trend vraščanja dreves izpod merilnega praga. To posebej velja za redčeno ploskev zaradi sestojnih vrzeli, nastalih po izpadu

Leto Year	P3	P1	Posek na P1 Fellings on P1
1970	424	363	84
1975	625	338	
1977	-	-	1
1981	450	-	29
1990	-	223	
1991	-	-	21
1992	364	156	
1994	379	149	
1997	316	143	

Preglednica 2: Gibanje števila drevja ter evidentiran posek drevja na ploskvah od leta 1970 do leta 1997

Table 2: Number of trees and data on fellings on the plots from 1970 to 1997

posameznih nosilcev funkcij v vetrolomu. Prisotnost večjega števila tanjših dreves na redčeni ploskvi je razvidna iz frekvenčne porazdelitve prsnih premerov (slika 1). Opazimo lahko, da se je število drevja od leta 1970 do leta 1997 zmanjšalo na tretjino, vendar je oblika porazdelitve za neredčeno ploskev ostala skoraj enaka, medtem ko se je oblika porazdelitve redčene ploskve bistveno spremenila.



Slika 1: Frekvenčna porazdelitev prsnih premerov na vzorčnih ploskvah v primerjavi z letom 1970

Figure 1: Frequency distribution of dbh on the sample plots in comparison with year 1970

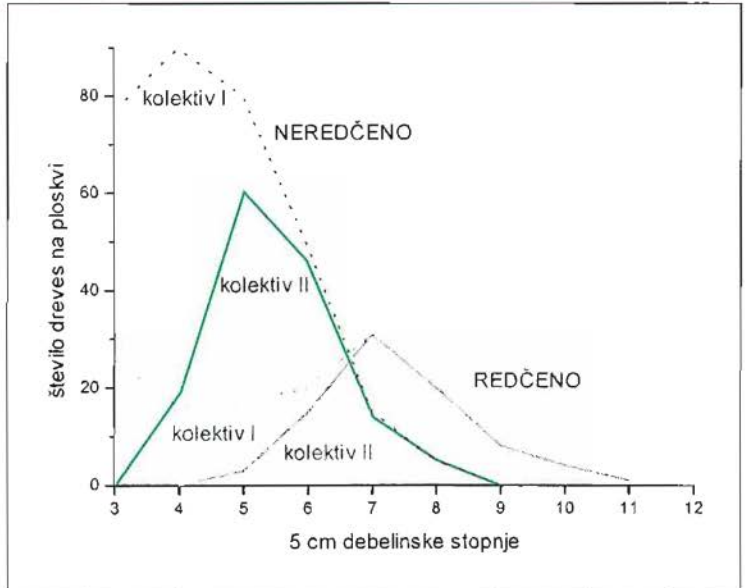
Streho sestoja (*stand canopy*) na redčeni ploskvi tvori 57% dreves. Na neredčeni ploskvi je dreves v strehi sestoja 46%. Na slednji so še vedno opazni procesi izločanja kljub visoki starosti, kar je značilno za bukev. Kljub temu razlika med ploskvama ni tako očitna, kot bi pričakovali. Razlog je v doslednem izvajanju načel visokega redčenja na redčeni ploskvi, pa tudi zaradi izkoriščanja ugodnih učinkov polnilnega sloja, saj se v sestojnih vrzelih že začenja pojavljati podmladek. Prisotnost polnilnega sloja se kaže tudi v porazdelitvi dreves po debelinskih stopnjah, ki nakazuje dvovrstnost, značilno za sestoje s polnilnim slojem ali dvoslojne sestoje (slika 2).

Temeljnica redčene ploskve (preglednica 3) je v primerjavi z letom 1970 narasla za 20%, temeljnica neredčene ploskve pa je 53% večja kot leta 1970. Za primerjavo povejmo, da je imel neredčen bukov sestoj podobne starosti na Danskem temeljnico 48,3 m<sup>2</sup>/ha (BASTIEN 1995), na Slovaškem in Bavarskem pa 40,6 m<sup>2</sup>/ha (ŠTEFANČIK et al. 1996).

Preglednica 3: Kazalci gostote sestojev  
Table 3: Indicators of stand density

Leto Year	Redčen sestoj - Thinned stand		Neredčen sestoj - Unthinned stand	
	1970	1997	1970	1997
Lesna zaloga Growing stock m <sup>3</sup> /ha	313	526	236	498
Število dreves/ha Number of trees/ha	1452	572	1696	1264
Temeljnica Basal area m <sup>2</sup> /ha	31,2	37,4	28,3	43,3
SDI	-	719	-	947
S %	-	19,29	-	16,79
$I_k$	-	0,985	-	1,237

Slika 2: Debelinska struktura vzorčnih ploskev I.1997  
Figure 2: Frequency distribution of dbh on the sample plots in 1997



Lesna zaloga redčene ploskve znaša 526 m<sup>3</sup>/ha, neredčene pa le 498 m<sup>3</sup>/ha. Nižja zaloga neredčene ploskve kljub višji temeljnici in večjemu številu dreves je posledica v povprečju nižjega drevja. V primerjavi z letom 1970 je lesna zaloga na redčeni ploskvi narasla za 68%. Če upoštevamo še 65 m<sup>3</sup>posekane lesne mase, je skupna lesna proizvodnja sestoja narasla za 251%. Na neredčeni ploskvi se je lesna zaloga v tem obdobju povečala za 211% (preglednici 2 in 3). Podatkov o odmrlem drevju na neredčeni ploskvi v tem obdobju nimamo.

Za primerjavo gostote obeh sestojev smo uporabili tudi relativne kazalce gostote (KOTAR 1985). Specifična gostota sestojev (SDI) nam pove, koliko dreves/ha bi bilo v sestojih ob enakem srednjemeljničnem premeru (25 cm). SDI neredčenega sestoja v primerjavi z redčenim je večji za 32%, medtem ko je dejanska gostota drevja večja za 120%.

Hart-Beckingov indeks razdalje med drevesi (S%) nam pove, kolikšen je delež povprečne razdalje med drevesi glede na zgornjo višino sestoja. Pri tem so upoštevana le drevesa v strehi sestoja (kolektiv II). Pri enaki višini se indeks z gostoto drevja zmanjšuje, kar potrjuje tudi naš primer.

Indeks gostote sestoja (I<sub>r</sub>) nam pove, kakšno je razmerje med modelnim in dejanskim sestojem glede na razmerje med zgornjo višino sestoja in povprečno rastno površino. V modelu predpostavljamo, da drevo s krošnjo v strehi sestoja potrebuje za svoj razvoj toliko rastne površine, kot znaša njegova višina (h<sub>zg</sub>). Indeksi z vrednostjo večjo kot 1 pomenijo sestoje, ki so gostejši od modelnih. V našem primeru se redčen sestoj približuje modelnemu sestoju, neredčen sestoj pa je bistveno gostejši.



## 4.2 Srednje vrednosti, variabilnost in porazdelitev znakov

### 4.2 Mean Values, Variability and Distribution of Characteristics

Oba sestoj se v vseh analiziranih znakih statistično značilno razlikujeta (preglednica 4), kar velja tako za kolektiv I (vsa drevesa) in kolektiv II (drevesa v strehi sestoja). Razlike so najbolj očitne pri povprečnem prsnem premeru, ki je na redčeni ploskvi večji za 36% (38%)<sup>1</sup>, pri volumnu krošnje, ki je na redčeni ploskvi večji za 167% (189%) in pri vrednosti sortimentov, ki je na redčeni ploskvi večja za 277% (273%).

Poleg srednjih višin smo izračunali tudi zgornjo višino dreves (povprečje 25 najdebelejših dreves na ploskvi), ki nam kaže na razlike v proizvodni sposobnosti obeh rastišč (preglednica 1). Zgornja višina dreves na redčeni ploskvi znaša namreč 29,6 m, na neredčeni pa le 26,4 m. Razlika med njima je statistično značilna. Meritve iz leta 1987 (FERLIN 1988) so dokazovale ravno nasprotno, namreč da sta zgornji višini ploskev enaki (tedaj 25,3 m).

Povprečna dolžina čistega debla v redčenem sestoju znaša 14 m in v neredčenem slabih 12 m; v obeh primerih znaša delež čistega debla glede na višino drevesa 55%. Če upoštevamo še globino krošnje, ki v redčenem sestoju znaša 24% in v neredčenem sestoju 14% od skupne višine drevesa, dobimo podatek o deležu »ne-čistega« debla: 21% na redčeni ploskvi in 31% na neredčeni ploskvi. Sklepamo lahko torej, da smo z redčenjem relativno prispevali h globlji krošnji, ne pa tudi k daljšanju čistega debla. V strehi sestoja je razlika med dolžinama čistega debla očitnejša (15,5 m in 12,6 m), delež čistega debla na redčeni ploskvi znaša 54% in na neredčeni ploskvi 51%.

V povprečju meri krošnja v redčenem sestoju 65 m<sup>3</sup>, v neredčenem le 24 m<sup>3</sup>. Razlika je očitna tudi v strehi sestoja, kjer je srednja vrednost volumna

Preglednica 4: Test aritmetičnih sredin  
Table 4: Test of equality of means

<sup>1</sup>Vrednosti v oklepajih se nanašajo na kolektiv II.

	Kolektiv I <i>Collective body I</i>			Kolektiv II <i>Collective body II</i>			
	Redčen sestoj <i>Thinned stand</i>	Neredčen sestoj <i>Unthinned stand</i>		Redčen sestoj <i>Thinned stand</i>	Neredčen sestoj <i>Unthinned stand</i>		
	Aritmetična sredina <i>Ar. mean</i>		z	Aritmetična sredina <i>Ar. mean</i>		t	Stop.p. <i>df</i>
Prsni premer <i>Dbh</i>	27,05	19,95	7,80 ***	34,43	24,86	13,11 ***	146
Višina <i>Height</i>	25,21	21,82	6,83 ***	28,63	24,73	15,27 ***	225
Dolž.čist.debla <i>Clean stem length</i>	13,97	11,83	5,47 ***	15,50	12,57	6,51 ***	201
Volumen krošnje <i>Crown volume</i>	65,34	24,45	6,73 ***	104,71	47,84	7,07 ***	109
Vrednost sortim. <i>Timber value</i>	25,99	6,89	7,06 ***	42,44	11,37	8,16 ***	88
Dimenz. razmerje <i>Dimension ratio</i>	102,03	114,58	-5,46***	120,19	100,24	-8,48***	225
n	316	143		82	145		

Preglednica 5: Primerjava vrednosti sortimentov med ploskvama

Table 5: Comparison of timber value between the plots

Vrednost v SIT: - Value in SIT of:	Kolektiv I - Collective body I			Kolektiv II - Collective body II		
	P1	P3	P1/P3	P1	P3	P1/P3
Sestoja - a stand	371725	217774	1,71	347990	164872	2,11
Drevesa - a tree	2599	689	3,77	4244	1137	3,73
1 m <sup>3</sup>	8133	4896	1,66	11037	5734	1,92

krošnje v redčenem sestoju kar 105 m<sup>3</sup>, v neredčenem pa le 48 m<sup>3</sup>. Te razlike so odraz večje gostote dreves in utesnjenosti krošenj v neredčenem sestoju.

Na redčeni ploskvi je kar 62 dreves (43%) prsnega premera 30 cm ali več, ki že z doseženo debelino presežejo prag bistveno vrednejših sortimentov. Na neredčeni ploskvi je takih dreves le 20 (6%). Tako je na redčeni ploskvi kar 78 dreves (55%), ki v prvih 4 m dosegajo standard hlodovine. Na neredčeni ploskvi je takih dreves le 47 (15%) (preglednica 5). Razmerje med najnižjo in najvišjo ceno sortimentov iz našega cenika je 1 : 6,25. Skupna denarno izražena vrednost neredčenega sestoja znaša 59% vrednosti redčenega sestoja, vrednost posameznega drevesa pa znaša 27% vrednosti drevesa na redčeni ploskvi.

Povprečna vrednost dimenzijskega razmerja h/d dreves v redčenem sestoju znaša 102 in v neredčenem sestoju 115. Drevesa enakih višin so v redčenem sestoju torej debelejša in posledično tudi stabilnejša. Če vzamemo kot kriterij stabilnih sestojev tiste, ki imajo večino dreves z dimenzijskim razmerjem manjšim od 90 (KOTAR 1982), potem ugotovimo:

- da je na redčeni ploskvi 41 (67) % dreves z dimenzijskim razmerjem manjšim od 90,
- da je na neredčeni ploskvi le 13 (21) % dreves z dimenzijskim razmerjem manjšim od 90,

Preglednica 6: Preskus homogenosti varianc in razlik v porazdelitvi dreves

Table 6: Test of homogeneity of variances and of differences in frequency distribution

		Prsni premer Dbh	Višina Height	Dolžina č. debela Clean stem lenhgt	Volumen krošnje Crown volume	Vrednost 1.sort. Timber value	Dimenzijsko razmerje Dimension ratio	n
Kolektiv I.	Redčen sestoj Thinned stand	101,19	27,66	15,985	4765,62	1018,39	633,425	143
	Neredčen sestoj Unthinned stand	38,46	16,60	14,71	1122,21	60,03	480,55	316
	F	2,63***	1,67***	1,09	4,25***	16,96***	1,32*	
Kolektiv II.	Stop.prostosti df	8	9	9	11	12	13	
	$\chi^2$	107,68***	148,33***	42,82***	76,43***	119,3***	56,75***	
	F	1,39*	1,13	0,63*	3,29***	12,84***	0,567	
Kolektiv I.	Redčen sestoj Thinned stand	31,09	3,69	8,75	4520,95	1137,91	147,57	82
	Neredčen sestoj Unthinned stand	22,32	3,25	13,96	1373,68	88,64	260,45	145
	F	1,39*	1,13	0,63*	3,29***	12,84***	0,567	
Kolektiv II.	Stop.prostosti df	7	5	8	15	12	8	
	$\chi^2$	106,45***	126,08***	42,3***	68,67***	119,35***	60,42***	
	F	1,39*	1,13	0,63*	3,29***	12,84***	0,567	

- kar pomeni, da je sestoj na redčeni ploskvi bistveno stabilnejši od sestoja na neredčeni ploskvi.

Poleg srednjih vrednosti smo ugotavljali tudi variabilnost posameznih znakov. Ko obravnavamo kolektiv I, se ploskvi statistično značilno razlikujeta v variabilnosti vseh obravnavanih znakov razen dolžine čistega debla. Redčen sestoj je v vseh obravnavanih znakov bolj heterogen od neredčenega. Najbolj očitna je razlika v variabilnosti prsnih premerov. Očitno je, da z izbiralnimi redčenji pospešujemo variabilnost, medtem ko naravi prepuščeni sestoji ustvarjajo bolj homogene strukture.

Ko obravnavamo drevesa v strehi sestoja (kolektiv II), se sestoja značilno razlikujeta v variabilnosti vseh znakov, razen višine in dimenzijskega razmerja (preglednica 6). Zanimivo je tudi, da ima v tem primeru neredčen sestoj večjo variabilnost od neredčenega v dolžini čistega debla in dimenzijskem razmerju.

Statistično značilne so tudi razlike v porazdelitvi obravnavanih znakov med obema ploskvama (preglednica 6). S tem smo potrdili podmeno, da analizirana vzorca nista del iste populacije.

### 4.3 Diskriminativna analiza in klasifikacija

#### 4.3 Discriminant Analysis and Classification

Diskriminativno analizo smo izbrali, da bi poiskali novo spremenljivko, ki nam bo pomagala razločevati med populacijama. V prvem koraku smo tako zajeli kolektiv I (vsa drevesa na ploskvah) ter v analizo vključili vse spremenljivke ( $X_1, \dots, X_6$ ).

Dobili smo diskriminativno funkcijo oblike:

$$L_1 = 52,8 X_1 + 42,9 X_2 + 24,9 X_3 + 0,1 X_4 + 5,3 X_5 + 8,2 X_6$$

vrednosti koeficientov v enačbi so pomnožene z  $10^5$ .

Z analizo variance smo preverili in potrdili tudi značilnost diskriminativne funkcije (preglednica 7).

Povprečna vrednost  $L_1$  (grupni centroid) znaša 0,0147. Povprečna vrednost redčenega sestoja (grupni centroid) je 0,0167 in neredčenega 0,0139.

**Preglednica 7:** Analiza variance pri diskriminativni funkciji

*Table 7: Analysis of variance of discriminant function*

Vir variacije <i>Source of variation</i>	Vsota kvadratov <i>Sum of squares</i>	Stop. prost. <i>df</i>	Povpr. kvadrat <i>Mean square</i>	F
Diskriminativna funkcija $L_1$ - <i>Discriminant function <math>L_1</math></i>				
Med razredi - <i>Between groups</i>	0,000787	5	0,000157	25,16***
Znotraj razredov - <i>Within groups</i>	0,002827	452	0,000006	
Diskriminativna funkcija $L_2$ - <i>Discriminant function <math>L_2</math></i>				
Med razredi - <i>Between groups</i>	0,000674	1	0,000674	117,48***
Znotraj razredov - <i>Within groups</i>	0,002617	456	0,000006	
Diskriminativna funkcija $L_3$ - <i>Discriminant function <math>L_3</math></i>				
Med razredi - <i>Between groups</i>	0,043078	5	0,008616	66,09***
Znotraj razredov - <i>Within groups</i>	0,028678	220	0,000130	
Diskriminativna funkcija $L_4$ - <i>Discriminant function <math>L_4</math></i>				
Med razredi - <i>Between groups</i>	0,040039	5	0,020020	161,47***
Znotraj razredov - <i>Within groups</i>	0,027648	223	0,000124	

Drevesa z vrednostjo  $L$ , ki je večja od grupnega centroida klasificirano kot pripadnike redčenega sestoja. Domnevamo torej, da imajo vsa drevesa z vrednostjo  $L$  večjo od grupnega centroida, izražene lastnosti, ki so tipične za redčen sestoj. Vendar je na podlagi tako določene diskriminativne funkcije pravilno klasificiranih le 72% dreves, od tega 62% v redčenem sestoju in 76% v neredčenem.

V drugem koraku smo zato z regresijsko analizo preverili, katere spremenljivke so dovolj značilne za pojasnjevanje razlik med ploskvama. Določene spremenljivke so namreč med seboj v močni korelaciji (npr. krošnja in prsni premer), zato njihov prispevek k skupni vsoti kvadratov morda ni dovolj signifikanten. Metoda *stepwise* je kot neznačilne izločila vse spremenljivke razen  $X_3$  (dolžina čistega debla) in  $X_5$  (vrednost).

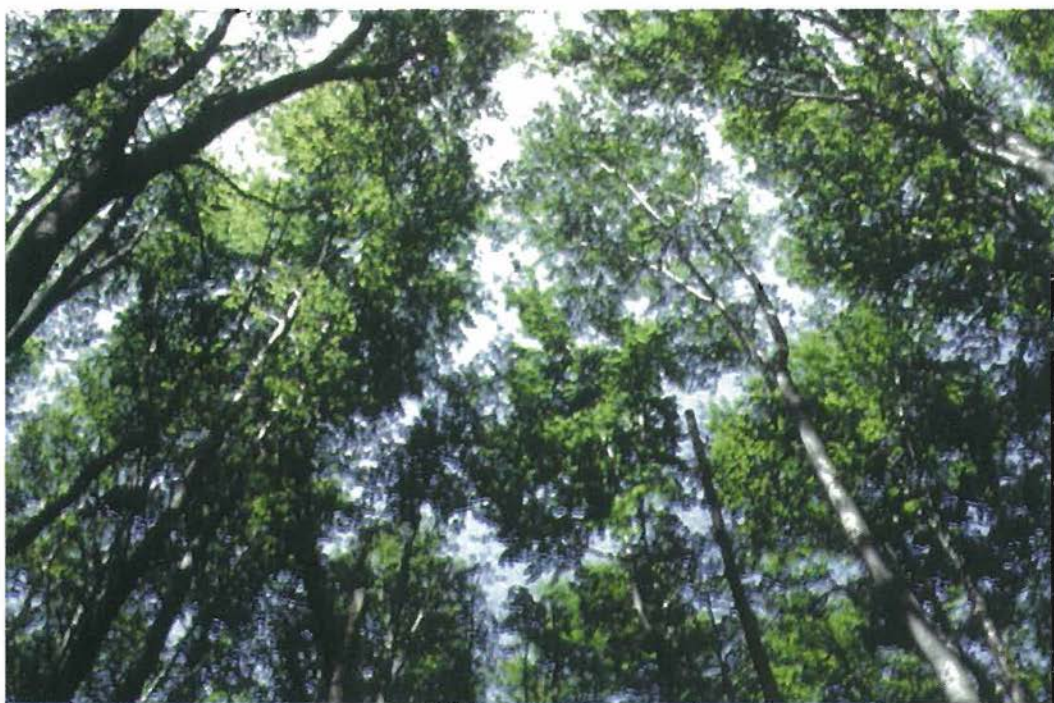
Iz diskriminativne analize smo zato izločili spremenljivke  $X_1$  (premer),  $X_2$  (višina),  $X_4$  (volumen krošnje) ter  $X_6$  (dimenzijsko razmerje).

Nova diskriminativna funkcija je tako dobila obliko:

$$L_2 = 2,4 X_3 + 1,1 X_5;$$

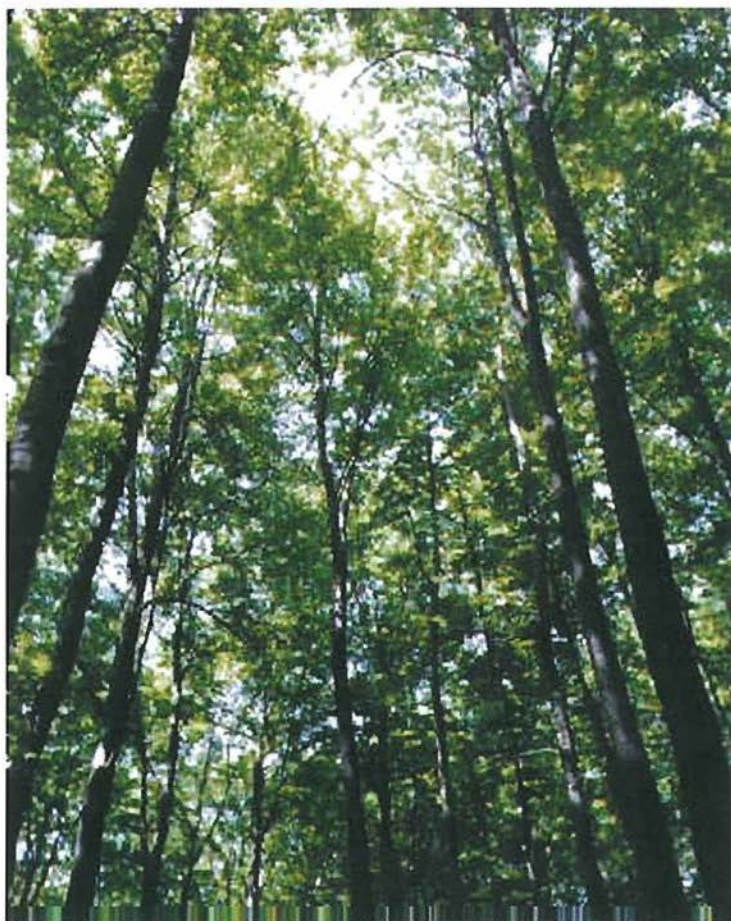
vrednosti koeficientov v enačbi so pomnožene z  $10^4$ .

Grupna centroida znašata 0,0062 za redčeno in 0,0036 za neredčeno ploskev. Povprečna vrednost diskriminativne funkcije  $L_2$  za oba sestoja (grupni centroid) je 0,0044. S to funkcijo je pravilno klasificiranih 72 % dreves, od tega 75 % dreves neredčenega sestoja in 65 % dreves redčenega sestoja. Z izločitvijo štirih spremenljivk torej nismo bistveno zmanjšali ločljivosti med drevesi. Ti podatki nam povedo tudi, da ima samo 65 % dreves na ploskvi P1

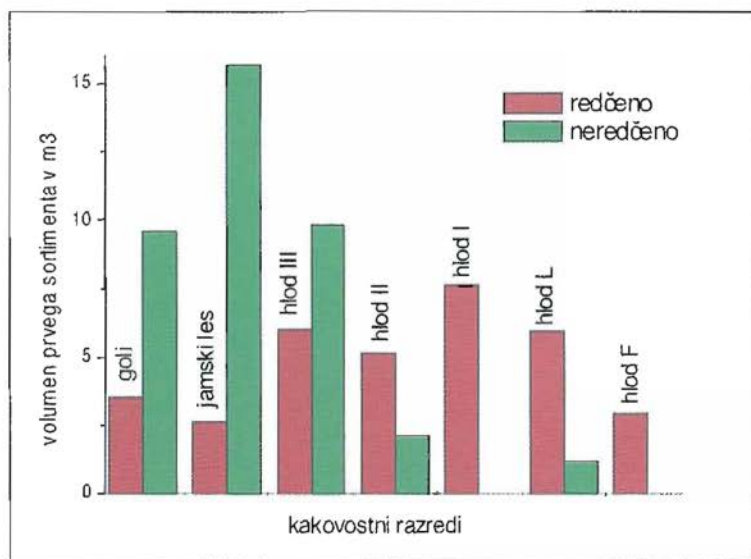


Slika 3: Pogled v krošnje – ploskev P3 (foto K.Celič)

Figure 3: A view of crowns – plot P3 (photo K.Celič)



Slika 4: Pogled v krošnje - ploskev P1 (foto K.Celič)  
Figure 4: A view of crowns - plot P1 (photo K.Celič)

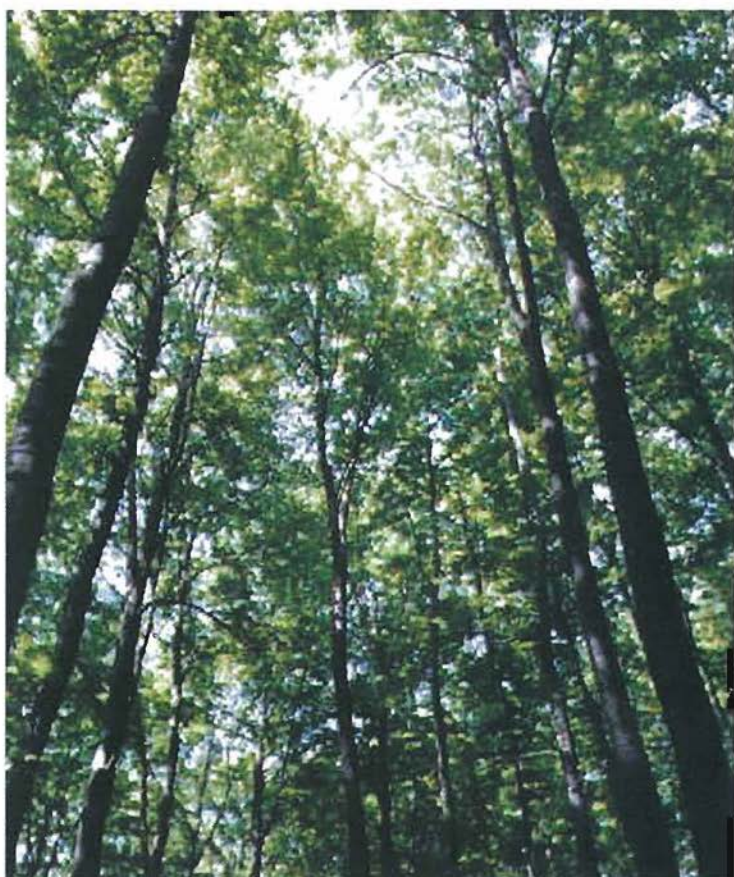


Slika 5: Porazdelitev lesne zaloge po kakovostnih razredih  
Figure 5: Distribution of wood mass according to quality classes



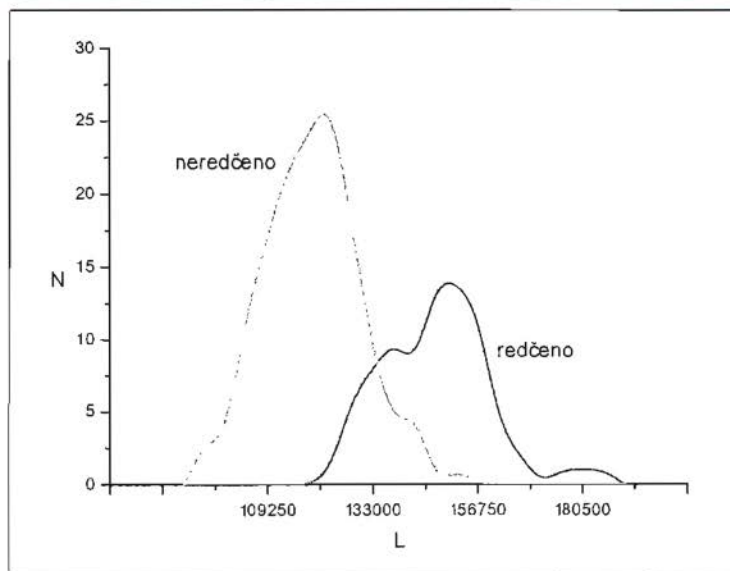
Slika 7: Sestoj na ploskvi P3 (foto K. Celič)

Figure 7: The stand on plot P3 (photo K. Celič)



Slika 8: Sestoj na ploskvi P1 (foto K. Celič)

Figure 8: The stand on plot P3 (photo K. Celič)



Slika 6: Graf diskriminativne funkcije  $L_3$   
 Figure 6: Plot of discriminant function  $L_3$

izražene lastnosti redčenega sestoja. Prav tako lahko sklepamo, da ima 25 % dreves v uredenem sestoju izražene lastnosti redčenega sestoja, čeprav vanj z negovalnimi ukrepi nismo posegali.

Že na podlagi testov razlik med aritmetičnimi sredinami ter porazdelitvami lahko sklepamo, da so razlike med redčenim in uredenim sestojem izrazitejšje, ko obravnavamo samo drevesa v strehi sestoja. V tretjem koraku smo zato analizirali le kolektiv II.

Ko v analizo vključimo vse obravnavane spremenljivke, dobimo diskriminativno funkcijo:

$$L_3 = 31,7 X_1 + 18,3 X_2 + 12,6 X_3 - 0,6 X_4 - 0,8 X_5 + 4,0 X_6$$

vrednosti koeficientov so pomnožene z  $10^4$ .

Povprečna vrednost  $L_3$  znaša 0,19 za obe grupi skupaj, 0,21 za redčen in 0,18 za ureden sestoj. S to funkcijo je pravilno klasificiranih 200 dreves (88%), in sicer 84% dreves uredenega sestoja ter 95% dreves redčenega sestoja (slika 6).

Preglednica 8: Test regresijskih koeficientov pri multipli regresiji  
 Table 8: Test of regression coefficients at multiple regression

Metoda - Method Kolektiv Collective body	Enter				Stepwise			
	I		II		I		II	
	B	t	B	t	B	t	B	t
Prsni premer dbh	0,081	2,315*	3,018	3,018**	0,101	<b>1,419</b>	0,386	5,655***
Višina Height	-0,066	-2,032*	1,770	<b>1,770</b>	0,049	<b>0,844</b>	0,346	4,837***
Dolž. čist. debla Clean stem length	0,038	3,271**	4,324	4,324***	0,161	3,766***	0,223	4,801***
Volumen krošnje Crown volume	0,0002	<b>0,142</b>	-1,806	<b>-1,806</b>	0,096	<b>1,411</b>	-0,111	<b>-1,520</b>
Vrednost sortim. Timber value	0,008	2,082*	-0,930	<b>-0,930</b>	0,389	9,071***	-0,0322	<b>-0,415</b>
Dimenz. razmerje Dimension ratio	0,013	2,188*	1,588	<b>1,588</b>	-0,020	<b>-0,395</b>	0,112	<b>0,744</b>

Preglednica 9: Izračun rizika napačne klasifikacije  
 Table 9: Estimation of misclassification

	z	Riziko - Risk
L <sub>1</sub>	0,565	28,6 %
L <sub>2</sub>	0,546	29,3 %
L <sub>3</sub>	1,256	10,5 %
L <sub>4</sub>	1,242	10,7 %

V četrtem koraku nam je regresijska analiza (metoda *stepwise*) kot neznačilne spremenljivke izločila  $X_4$  (volumen krošnje),  $X_5$  (vrednost) ter  $X_6$  (dimenzijsko razmerje).

Diskriminativna funkcija s preostalimi tremi spremenljivkami ima obliko:

$$L_4 = 1,3 X_1 + 3,0 X_2 + 1,3 X_3$$

vrednosti koeficientov so pomnožene z  $10^3$ .

Povprečna vrednost L znaša v tem primeru 0,13 (za obe grupi skupaj), 0,15 za redčen sestoj in 0,12 za neredčen sestoj. S to funkcijo je pravilno klasificiranih 197 dreves (87%), v redčenem sestoju 93% in v neredčenem 83%, kar je manj kot v primeru, ko so bile v analizi vse spremenljivke. Z izločitvijo nesignifikantnih spremenljivk torej nismo bistveno zmanjšali razlikovalne ostrine med obema populacijama<sup>2</sup>.

Riziko napačne klasifikacije, pod predpostavko da se spremenljivka  $L_4$  porazdeljuje normalno, znaša 10,7% (preglednica 9).

## 5. POVZETEK

V GGE Brezova Reber, ki jo poraščajo pretežno bukovni gozdovi, že od leta 1970 spremljamo učinke redčenj na dveh vzorčnih ploskvah, na prvi intenzivno izbiralno redčenje, na drugi, kontrolni, pa smo razvoj prepustili naravi. Starost sestojev ocenjujemo na okrog 80 let.

V nalogi obravnavamo 6 znakov, v katerih naj bi se redčeni sestoji bistveno razlikovali od neredčenih, in to so:

- prsni premer,
- višina,
- dolžina čistega debla,
- volumen krošnje,
- vrednost prvega sortimenta,
- dimenzijsko razmerje.

Enostavni testi razlik med srednjimi vrednostmi pokažejo, da se sestoji statistično značilno razlikujeta v vseh obravnavanih znakih. Enako velja tudi za porazdelitve teh znakov po posameznih drevesih. Z izjemo dolžine čistega debla so značilne tudi razlike v variancah pri vseh znakih.

Ko analiziramo samo drevesa v strehi sestoja, kjer se nahajajo tako izbrana drevesa kot konkurenti, katerim posvečamo pozornost pri izbiralnem redčenju, se pojavijo statistično značilne razlike v variabilnosti dolžine čistega debla, dimenzijskega razmerja in višine dreves.

Uporabili smo diskriminativno analizo, da poiščemo novo spremenljivko kot linearno kombinacijo obravnavanih znakov, ki najbolj pojasni in pokaže razlike med populacijama. Z metodo *stepwise* pri multipli regresiji smo izločili spremenljivke, ki niso signifikantne za pojasnitev razlik med populacijama. Največjo razlikovalno ostrino med populacijama smo dosegli, ko smo v analizi

<sup>2</sup> Tudi v primeru, ko vzamemo za izločitev nesignifikantnih spremenljivk drug kriterij, in sicer test regresijskega koeficienta, ne dosežemo večje razlikovalne ostrine, saj je na ta način pravilno urščenih le 84% dreves.



obdržali le drevesa v strehi sestoja, medtem ko izločitev nesignifikantnih spremenljivk ni doprinesla k večji razlikovalni ostrini.

## The Effect of Thinning in Beech Stands in Brezova Reber

### Summary

Effects of thinnings have been monitored on sample plots in Forest Management Unit Brezova Reber, predominantly covered with beech, since 1970. One of the plots was intensively selectively thinned, the other is a control plot without any thinnings. Age of these stands is estimated at around 80 years.

6 characteristics are chosen to distinguish between thinned and unthinned stands:

- dbh,
- tree height,
- stem length without branches,
- crown volume,
- timber volume,
- dimension ratio.

Simple tests of means show that differences between stands are statistically significant for all analysed parameters. That also applies for variability (with exception of clean stem length) and distribution of these parameters.

When only stand canopy trees are being examined which represent a focus point of our attention when we do selective thinning, statistically significant differences occur in variability of clean stem length, dimension ratio and tree height.

Discriminant analysis was chosen to construct a new variable, a linear combination of other variables, that shows best the difference between the stands. Stepwise method at multiple regression was chosen to eliminate the variables which are not significant enough to explain differences between populations. The biggest discriminance between the stands was achieved when only stand canopy trees were examined while elimination of insignificant variables was not proved to be successful.

### Viri / References

- BASTIEN, Y., 1995. L'expérience danoise d'éclaircie de hêtre de Totterup. *Revue forestière française*, 47, 2, s.133-136.
- BONČINA, A., 1994. Vpliv redčenj na razvoj bukovih sestojev na Somovi gori. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, Ljubljana, 44, s. 85-106.
- BRYNDUM, H., 1988. Hugstforsøg i bøg. *Dansk Skovforenings Tidsskrift*, 73, 1, s. 9-33.
- ČOKL, M., 1977. Merjenje sestojev in njihovega potenciala. *Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo pri Biotehniški fakulteti v Ljubljani*, 292 s.
- ČOKL, M., 1992. *Gozdarski priročnik*. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, oddelek za gozdarstvo, 342 s.
- FERLIN, F., 1988. Učinki izbiralnih redčenj v starejših bukovih sestojih. *GozdV* 46, 5, s.214-223.

- KORDIŠ, F., 1982. Izkušnje z izbiralnim redčenjem v Sloveniji, *GozdV* 40, 4, s.153-162.
- KOTAR, M., 1979. Prirastoslovje. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, oddelek za gozdarstvo, 196 s.
- KOTAR, M., 1982. Redčenje z vidika prirastoslovja in donosnosti gozdov, *GozdV* 40, 5, s.193-203.
- KOTAR, M., 1985. Povezanost proizvodnih zmogljivosti sestoja z njegovo gostoto. Zbornik gozdarstva in lesarstva, Ljubljana, 26, s. 107-126.
- KOTAR, M., 1993. Statistične metode, študijski material za študente III. stopnje, BF, Oddelek za gozdarstvo, polikopija.
- PIRC, S., 1997. Vpliv izbiralnih redčenj na rast, razvoj in kakovost sestojev v GGE Brezova Reber. Biotehniška fakulteta, oddelek za gozdarstvo. Viš. diplom. naloga, Ljubljana.
- PIŠKUR, J., 1984: Spremljanje razvoja bukovega drogovnjaka na poskusnih ploskvah v GGE Brezova Reber, tipkopis.
- ŠTEFANČIK, L., UTSCHIG, H, PRETZSCH, H., 1996. Paralelné sledovanie rastu a štruktúry nezmiešaného bukového porastu na dlhodobých prebierkových výskumných plochách v Bavarsku a na Slovensku. *Lesnictvi-Forestry*, 42, 1, s. 3-19.
- ZORN, M., 1974. Gozdne združbe in rastiščnogojitveni tipi v gospodarski enoti Brezova Reber,- Ljubljana, Biro za gozdarsko načrtovanje.