

## UTJECAJ INTENZITETA PROREDA NA VRIJEDNOST ETATA U STARIJOJ BUKOVOJ SASTOJINI

### THE INFLUENCE OF INTENSIVELY THINNING ON VALUABLY SHARES OF ASSORTMENTS OF METURING BEECH ASSOTIATION

Juraj ZELIĆ\*

**SAŽETAK:** U čistoj osamdesetpetogodišnjoj bukovoj sastojini Gospodarske jedinice "Južni Papuk", odjel 63a, postavljen je paralelni pokus s ciljem utvrđivanja razlike u sječivoj vrijednosti drvnih sortimenata po jedinici površine (1 ha), na kojima se u prošlosti gospodarilo različitim intenzitetom prorjeđivanja.

Mjerenjem je utvrđeno je da se za istu starost, to jest 85 godina, na plohi 1 nalazi 346 stabala po hektaru, srednji prsni promjer je 33,75 cm, volumen 452,98 m<sup>3</sup>/ha i vrijednost 121113,03 kn/ha, (300,23 kn/m<sup>3</sup>), a na plohi 2 nalazi se 408 stabala po hektaru, srednji prsni promjer je 31,15 cm, volumen 444,72 m<sup>3</sup>/ha i vrijednost 111216,29 kn/ha (279,85 kn/m<sup>3</sup>), to jest razlika je 8,80 %.

Kao mjerilo ekonomske učinkovitosti gospodarenja bukovim sastojinama, ophodnje 100 godina, izračunata je šumska taksa ili cijena drveta na panju. Za plohu 1 izračunata je pozitivana šumska taksa 61,79 kn/m<sup>3</sup>, te 46,43 kn/m<sup>3</sup> za plohu 2.

Optimalnijim prorjeđivanjem po debljinskim stupnjevima jačeg intenziteta na plohi 1, u odnosu na plohu 2, postignuto je da je cijena drva na panju veća za 33,08 %.

Izračunavanjem praga rentabilnosti ili "točke pokrića", u dobi sastojine kada je sječiva vrijednost drvnih sortimenata po hektaru ili volumenu jednaka ukupnim troškovima iskorištavanja šuma (fco pomoćno stovarište), utvrđeno je kako je za plohu 1 točka pokrića 70 godina, te 73 godine za plohu 2.

U članku su uspoređeni i drugi biometrijski parametri, srednji prsni promjer, medijana prsnog promjera, standardna devijacija, mjere asimetrije i spljoštenosti, te koeficijenti beta-distribucije ( $d_w$ ,  $M_d$ ,  $\sigma$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\alpha$ ,  $\gamma$ ), koji pokazuju distribucije prsnih promjera konkretnih sastojina u odnosu na beta-distribucije, kao mjere normalnosti sastojine.

Usporedbom navedenih biometrijskih parametara, broja stabala i volumena po hektaru zaključuje se kako je na dijelu sastojine (ploha 1) obavljan optimalan intezitet prorjeđivanja, čime je postignut bolji rezultat ekonomske učinkovitosti gospodarenja za istu starost i bonitet staništa.

Rezultati istraživanja cijene drva na panju (šumska taksa) u datim uvjetima gospodarenja (UŠP Požega) i aktualne cijene drvnih sortimenata pokazuju kako jednodobne šumske sastojine bukve daju pozitivnu šumsku taksu tek iznad 2/3 ophodnje, to jest oko sedamdesete godine starosti.

**Ključne riječi:** distribucija prsnih promjera i volumena, beta-distribucija, mjere asimetrije, intenzitet prorede, sortimentna i vrijednosna struktura sječivog etata, šumska taksa, točka pokrića.

\* Mr. sc. Juraj Zelić, dipl. ing. šum. "Hrvatske šume",  
Milke Trnine 2, 34 000 Požega

## UVOD – Introduction

Tijek rasta, prirasta i razvoja prirodnih šumskih sastojina ovisan je o sastojinskoj strukturi.

“Pod strukturom sastojine podrazumjeva se distribucija vrsta, broja stabala i njihovih dimenzija po jedinici površine (hektar)” (Pranjić - Lukić, 1997).

Prorjeđivanjem prirodnih šumskih sastojina, kao osmišljenom gospodarskom aktivnošću, regulira se optimalan broj jedinki s najvećom vrijednošću u određenoj dobi sastojine. Od bitne važnosti za gospodarenje šumskom sastojinom je intenzitet prorjeđivanja.

U Priručniku za uređivanje šuma Meštrović i Fabijanić (1995) preporučuju etat prethodnog prihoda, odnosno intenzitet prorjeđivanja sastojina izračunavati po formulama Klepca (1963) i Matića (1985).

Za izračunavanje etata prethodnog prihoda po formuli Klepca,

$$E_m = M * (1 - 1/1,0 p^l) * 1/q,$$

potrebno je znati drvenu zalihu ( $M = m^3/ha$ ), postotak prirasta ( $p$ ) kojom prirašćuje drvena zalih u turnusu prorjeđivanja ( $l$ ) i faktor realizacije  $1/q$ .

Za normalne šumske sastojine određene dobi etat prethodnog prihoda, odnosno intenzitet prorjeđivanja izračunava se po Matićevoj formuli,

$$E_m = M/n,$$

U gornjoj formuli potrebno je poznavati volumen sastojine po hektaru ( $M = m^3/ha$ ) i dob sastojine ( $n$ ) izražene u desetljećima. Kvocjent  $1/n$  ustvari predstavlja intenzitet prorede,

$$i = 1/n * 100.$$

Ako se primjerice za istu drvenu zalihu po hektaru uspoređi etat prethodnog prihoda po Klepcu i Matiću, može se zaključiti da je po drugome intenzitet prorede veći u relativnom i apsolutnom iznosu, odnosno volumen po hektaru. Etat, odnosno intenzitet prethodnog prihoda po formuli Matića opada povećanjem dobi sastojine.

U Osnovi gospodarenja Gospodarskom jedinicom “Južni Papuk” autori (Najvirt i dr. 2004) izračunavali su etat prethodnog prihoda za cijelu Gospodarsku jedinicu po Klepčevoj formuli, dopuštajući da u pojedinim odsjecima, s obzirom na utvrđene taksacijske veličine, intenzitet prorjeđivanja ili faktor realizacije bude veći od  $1/3$ .

U članku se upravo na dvije primjerne plohe interpretiraju ekonomske posljedice većeg, odnosno optimalnog intenziteta prorjeđivanja u istom odsjeku. O metodi raspoređivanja utvrđenog etata prorede u istoj sastojini raspravljao je Zelić (2005).

## CILJ ISTRAŽIVANJA – Research aim

Cilj istraživanja je utvrditi pozitivnu ekonomsku učinkovitost gospodarenja na temelju razlika biometrijskih parametra, broja stabala, volumena, sječne vrijednosti drvnih sortimenata, šumske takse i “točke pokrića”

po hektaru dviju ploha bukove starije sastojine (85 godina) iste dobi i boniteta, na kojima je u prošlosti primijenjen veći (opimalan) i manji intenzitet prorjeđivanja.

## METODA ISTRAŽIVANJA – The resarch method

Kao ogledni primjer za istraživanje metode prorjeđivanja čiste bukove sastojine (*Lamio orvale-Fagetum sylvaticae* Ht. 1938) odabrana je sastojina u gospodarskoj jedinici “Južni Papuk”, odjel 63, odsjek a.

Prethodnim gospodarenjem sastojinom održana je “normalna” distribucija stabala po debljinskim stepnjevima i jedinici površine. Smještaj primjernih ploha 1 i 2, veličine po 1 ha, prikazane su na Slici 1., a njihov izgled pokazuje Slika 2.

*Opis sastojine bukve iz Osnove gospodarenja “Južni Papuk”*

Površina: 55,60 ha, EGT - II - D - 10, bonitet II  
Fitocenoza: *Lamio orvale-Fagetum sylvaticae* Ht. 1938, Ilirska bukova šuma s mrtvom koprivom (Vukelić i Rauš, 1998).

Obrast: 0,98, sklop potpun,

Omjer smjese: bukva 94,00%, kitnjak 1,00%, grab 1,00 %, gorski javor 4,00%,

Temeljnica 27,82 m<sup>2</sup>/ha, srednje plošno stablo 31,0 cm, broj stabala po hektaru 368, bez debljinskog stupnja 7,5 cm.

Drvena zalih: 335 m<sup>3</sup>/ha, godišnji tečajni prirast 6,70 m<sup>3</sup>/ha, postotak tečajnog godišnjeg prirasta 2,00 %

Etat u I/1 polurazdoblju 34,02 m<sup>3</sup>/ha, intenzitet prorede 10,14 %.

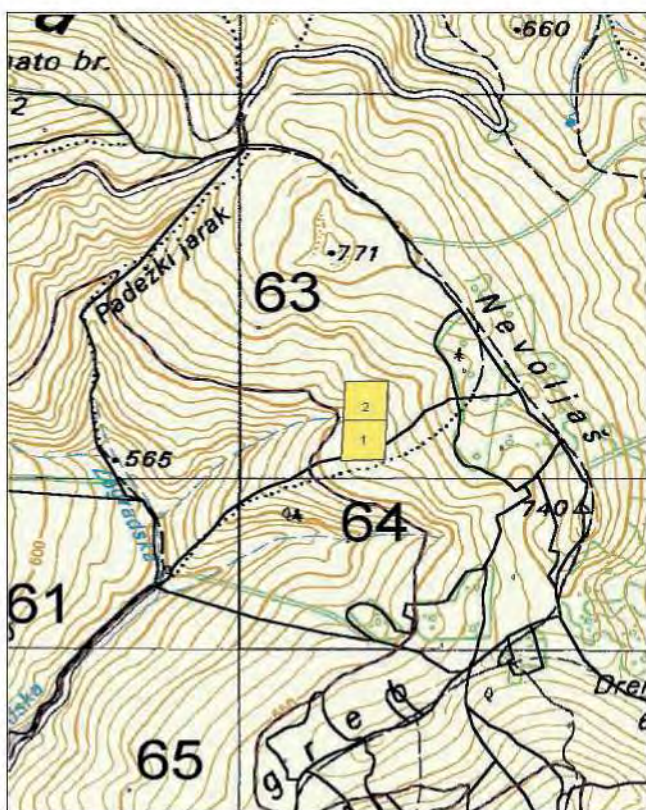
Tarifni niz bukve: 10/43

Opis staništa i sastojine: Sjemenjača bukve i OMB, s primjesom gorskog javora, graba i kitnjaka dosta dobre kakvoće, dob 85 godina.

“Na matičnim eruptivnim i metamorfnim stijenama gorja Papuk navučeni su u geološkoj prošlosti dolomiti na kojima se razvilo distrično smeđe šumsko tlo. Tlo je bogato hranjivima, relativno duboko i ovisno o mikroreljefu” (Najvirt i dr., 2004).

Smjernice gospodarenja i obrazloženje etata: “U I/1 polurazdoblju izvršiti proredu”.





Slika 1. G. j. "Južni Papuk", odjel 63, odsjek a, primjerne plohe veličine 1 ha

Picture 1 M. u. "Južni Papuk", compartment 63, section a, surface of example plots, 1 ha

Za biometrijsku obradu podatka korišteni su sljedeće formule i funkcije:

- Za određivanje srednje vrijednosti izmjerenih prsnih promjera upotrijebljena je aritmetička sredina po formuli:  $d_a = \Sigma n_i d_i / \Sigma n_i$
- Za izračunavanje varijance primijenjena je formula,  $\sigma^2 = \Sigma ((n_i d_i)^2 / \Sigma n_i) - (\Sigma n_i d_i / \Sigma n_i)^2$
- Za izjednačenje distribucije prsnih promjera sastojine upotrijebljena je beta – distribucija,  $f(d) = K * \Sigma ((d-a)^\alpha * (b-d)^\gamma) = N$ , a za koeficijent asimetrije,  $\beta_1 = m_3 / \sigma^3$ , te za koeficijent spljoštenosti,  $\beta_2 = (m_4 / \sigma^4) - 3$ .
- Za izjednačenje visinske krivulje upotrijebljena je funkcija Mihajlova:  $h_c = b_2 * e^{b_1/d} + 1,3$ .
- Za izračunavanje lokalnog tarifnog niza za bukvu upotrijebljena je formula Špiranca:  $v = 0,00003468 * d^{2,024425} * h^{1,032212}$ .
- Etat međuprihoda po Matiću:  $E_m = M / n$ ,
- Vrijednost šumske sastojine induktivnom metodom:  $C_n = C_0 * 1,0p^n$ ,



Slika 2. Jednodobna čista bukova sastojina (85 godina), odjel 63, odsjek a, ploha 2, G. j. "Južni Papuk"

Picture 2 The even-aged forest of beech, age 85 years, compartment 63a, section a, plot 2 M. u. "Južni Papuk"

- Vrijednost drva na panju (šumska taksa) izračunata je po Barthinoj formuli:

$$\dot{S} = (C / 1,0p) - E,$$

- Za izračunavanje "točke pokrića" u  $n$ -toj godini:

$$n = (\log C_n - \log C_0) / \log r.$$

Računanje je obavljeno računalnim aplikacijama Excel i Statistica 6.

#### Način rada

U odjelu 63a, g. j. "Južni Papuk" odabrane su dvije primjerne plohe veličine 1ha. Plohe su precizno snimljene geodetskim instrumentom i horizontirane. Ploha broj 1 je na blago nagnutom ternu, jugozapadne ekspozicije, a ploha broj 2 na isprekidanom, nagnutom i djelomično strmom terenu, jugoistočne ekspozicije.

Klupaža stabala na primjernoj površini obavljena je promjerkom koja ima podjelu 1cm, točno na obilježenoj prsnoj visini 1,30 m.

Mjerenje prsnih promjera obavljeno je u rasponu od 10 do 65 cm, a rezultati distribucije prikazani su debljinskim stupnjevima po 5 cm (12,5, 17,5...).

Izjednačenje konkretne distribucije prsnih promjera po hektaru obavljeno je beta-distribucijom.

Za mjerenje visina stabala upotrijebljen je instrument Vertex III s Transponderom T3. Visine su mjerene s točnošću 0,1 m, a oko pedesetak izmjerenih visina u debljinskim stupnjevima od 10 do 65 cm izjednačeno je funkcijom Mihajlova.

Pomoću izjednačenih visina i prsnih promjera po debljinskim stupnjevima izračunat je po Špirančevoj formuli za bukvu lokalni tarifni niz.

Volumen po debljinskim stupnjevima i ukupno za plohe 1 i 2 izračunat je primjenom distribucije prsnih promjera i tarifnog niza po debljinskim stupnjevima.



Strukturalna vrijednost drvnih sortimenata utvrđena je na osnovi aktualnih sortimentnih tablica (Štefančić, 1998) za bukvu i aktualnog Cjenika glavnih šumskih proizvoda "Hrvatskih šuma". Postotni odnosi drvnih sortimenata po debljinskim stupnjevima modificirani su i prikazani prikladnim logaritamskim funkcijama.

Vrijednost drveta na panju (šumska taksa) izračunata je po Barthinoj formuli (Potočić, 1977), a "točka

pokrića" ( $T_n$ ) u  $n$ -toj godini izvedena je iz vrijednosti šumskih sastojina koje se računaju po Metodologiji za utvrđivanje naknade za prenesena i ograničena prava na šumi i šumskom zemljištu (N. N., 121/1997).

Rezultati mjerenja i izračunatih biometrijskih parametara, volumena i vrijednosti prikazani su tablično i grafički.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA – The results of investigation

### Izračunavanje taksacijskih i biometrijskih parametara

Visine su izjednačene po funkciji:  $h_c = 33,31155 * e^{-13,9327A/d} + 1,3$ , a lokalni tarifni niz izračunat je po formuli:  $v = 0,00003468 * d^{2,024425} * h^{1,032212}$ .

Izjednačenje distribucije prsnih promjera za plohu 1 obavljeno je po beta – funkciji:

$$F(d) = 0,007495 \Sigma (d - 10)^{1,00771} * (65 - d)^{1,63964} =$$

346, a za plohu 2 po beta-funkciji:  $F(d) = 0,007495 \Sigma (d - 10)^{0,91156} * (65 - d)^{2,06635} = 408$ ,

Iz distribucije prsnih promjera i lokalnog tarifnog niza izračunati su stvarni izjednačeni volumeni po debljinskim stupnjevima i ukupno.

U Tablici 1 prikazana je distribucija prsnih promjera i volumena po debljinskim stupnjevima širine 5 cm za plohe 1 i 2.

Tablica 1. Distribucija prsnih promjera i volumena po debljinskim stupnjevima, ploha 1 i 2

Table 1. Distribution of breast diameter and volume per degrees of thickness, plots 1, 2

| Ploha 1 (Plot 1)                           |                                    |                   |                                     | Ploha 2 (Plot 2)                           |                                    |                   |                                     |
|--|------------------------------------|-------------------|-------------------------------------|--|------------------------------------|-------------------|-------------------------------------|
| Prsni promjer<br>Diameter<br>breast height | Broj stabala<br>Number<br>of trees | Volumen<br>Volume | Izjednačeni volumen<br>Equal volume | Prsni promjer<br>Diameter<br>breast height | Broj stabala<br>Number<br>of trees | Volumen<br>Volume | Izjednačeni volumen<br>Equal volume |
| cm   |                                    | m <sup>3</sup>    | m <sup>3</sup> /ha                  | cm   |                                    | m <sup>3</sup>    | m <sup>3</sup> /ha                  |
| $d$  | $N$                                | $V$               | $V$                                 | $d$  | $N$                                | $V$               | $V$                                 |
| 12,5                                       | 20                                 | 1,53              | 0,91                                | 12,5                                       | 36                                 | 2,75              | 1,75                                |
| 17,5                                       | 34                                 | 6,92              | 6,50                                | 17,5                                       | 38                                 | 7,73              | 10,15                               |
| 22,5                                       | 21                                 | 8,42              | 18,05                               | 22,5                                       | 47                                 | 18,84             | 25,26                               |
| 27,5                                       | 54                                 | 36,22             | 34,22                               | 27,5                                       | 66                                 | 44,27             | 44,29                               |
| 32,5                                       | 55                                 | 55,81             | 52,78                               | 32,5                                       | 64                                 | 64,94             | 62,93                               |
| 37,5                                       | 57                                 | 81,70             | 68,78                               | 37,5                                       | 77                                 | 110,37            | 75,95                               |
| 42,5                                       | 47                                 | 90,58             | 79,01                               | 42,5                                       | 40                                 | 77,09             | 79,01                               |
| 47,5                                       | 29                                 | 72,42             | 79,90                               | 47,5                                       | 20                                 | 49,94             | 69,92                               |
| 52,5                                       | 22                                 | 69,14             | 66,00                               | 52,5                                       | 14                                 | 44,00             | 47,15                               |
| 57,5                                       | 3                                  | 11,60             | 38,65                               | 57,5                                       | 4                                  | 15,46             | 23,19                               |
| 62,5                                       | 4                                  | 18,66             | 9,33                                | 62,5                                       | 2                                  | 9,33              | 4,66                                |
| $\Sigma$                                   | 346                                | 452,98            | 454,13                              | $\Sigma$                                   | 408                                | 444,72            | 444,25                              |

Biometrijski parametri, kao mjere odstupanja i asimetrije distribucije prsnih promjera prikazani su u Tablici 2.

Tablica 2. Biometrijski parametri kao mjere simetrije distribucije prsnih promjera

Table 2. The biometrical parameters, as the measure of distribution of breast diameter

| Naziv plohe<br>(Plots) | Aritmet. sredina<br>Aritmet. mean | Standardna devijacija<br>Standard deviation | Koefic. asimetrije<br>Coefficient of asymetry | Koefic. spljoštenosti<br>Coefficient of flatness | 1. koef. Beta – dist.<br>1. coef. Beta – dist. | 2. koef. Beta – dist.<br>2. coef. Beta – dist. |
|------------------------|-----------------------------------|---|---|--|--|--|
|                        | $d_o$                             | $\sigma$                                    | $\beta_1$                                     | $\beta_2$  | $\alpha$                                       | $\gamma$                                       |
| Ploha 1                | 33,75                             | 11,46                                       | 0,02124                                       | -0,57873   | 1,0077   | 1,6396   |
| Ploha 2                | 31,15                             | 10,94                                       | 0,1554  | -0,48211   | 0,9116   | 2,0664   |

Prema izračunatim biometrijskim parametrima, kao mjerama simetrije distribucije prsnih promjera, može se zaključiti kako su na obje plohe stvarne distribucije blago pozitivno asimetrične i blago spljoštenije u odnosu na normalnu. Distribucija prsnih promjera na plohi 1 gotovo je simetrična, ima za manji broj stabala po hektaru, veći srednji prsni promjer i volumen po hektaru, veću standardnu devijaciju i spljoštenost u odnosu na plohu 2.

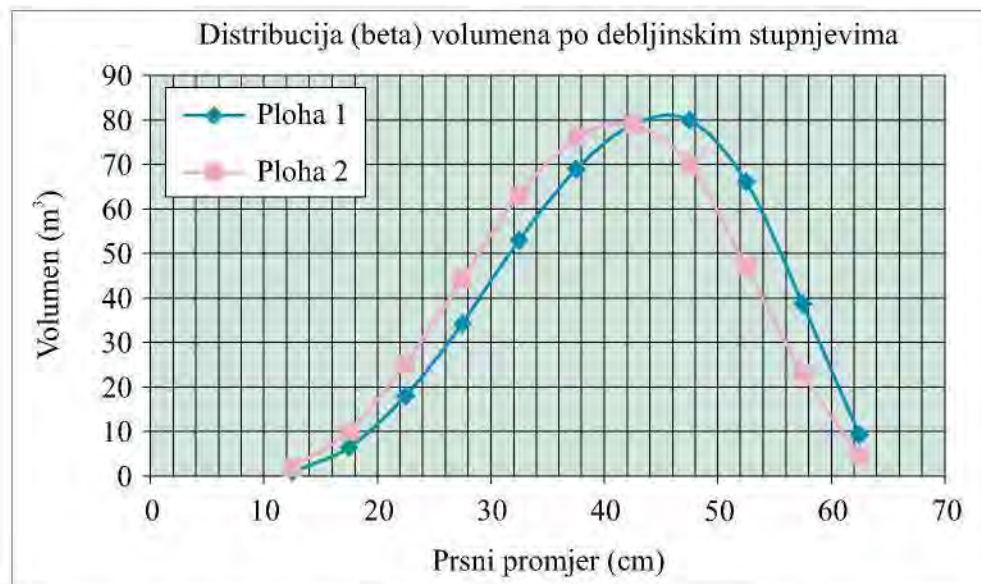
Izračunati parametri potvrđuju biološke karakteristike bukve kao vrste drveća koja podnosi zasjenu, te ima široku distribuciju prsnih promjera, u mladosti po-

zitivnu asimetriju, koja u starijoj dobi prelazi u negativnu asimetriju.

Izračunate mjere simetrije distribucije prsnih promjera pokazuju da se u prošlosti gospodarenje obavljalo po pravilima šumarske struke, no na plohi 1 s nešto većim intenzitetom prorjeđivanja nego na plohi 2.

Za razliku distribucije prsnih promjera, čija je krivulja lijevo asimetrična, distribucija volumena po debljinskim stupnjevima je desno asimetrična.

Na grafikonu 1. prikazani su izjednačeni volumeni (beta-funkcijom) po debljinskim stupnjevima.



Grafikon 1. Izjednačena distribucija volumena po debljinskim stupnjevima, plohe 1, 2  
Graph 1. The equalizing of distribution of volume per degrees of thickness, plots 1, 2

#### Struktura drvnih sortimenata na plohi 1 i 2

Struktura drvnih sortimenata utvrđena je na osnovi aktualnih sortimentnih tablica za bukvu (Štefančić, 1998). Sortimentne tablice za bukvu modificirane su tako da su normativi (postotni odnosi) klasa po prsnim promjerima stabala bukve iskazani logaritamskim funkcijama kako slijedi:

Furnirski trupci:

$$p_F = -0,441 + 0,309 \log d,$$

$$p_L = 0,285 - 0,105 \log d,$$

Pilanski trupci I., II., III. klase:

$$p_I = 0,319 - 0,107 \log d,$$

$$p_{II} = 0,443 - 0,174 \log d,$$

$$p_{III} = -0,264 + 0,217 \log d,$$

Tanka oblovina:

$$p_{T.o.} = 0,218 - 0,122 \log d,$$

Prostorno drvo drvo:

$$p_{Pr.d.} = 2,245 - 1,135 \log d,$$

Otpad:

$$p_{Op.} = -0,126 + 0,105 \log d,$$

Pomoću gornjih matematičkih funkcija utvrđeni su postotni udjeli sortimentnih klasa po prsnim promjerima stabla. Budući da zbroj postotnih udjela klasa istog prsnog promjera nije 1,00, to je utvrđen faktor korekcije ( $f$ ) kojim treba umnožiti postotne udjele radi poravnanja.

Modifikacijom originalnih postotnih udjela aktualnih sortimentnih tablica za bukvu, koji nisu izjednačeni, nije promijenjena ukupna struktura po klasama nego samo struktura unutar klase po debljinskim stupnjevima.

Izjednačene postotne udjele s faktorom korekcije ( $f$ ) pokazuje Tablica 3.



Tablica 3. Relativni udjeli klasa drvnih sortimenata bukve po prsnim promjerima stabla

Table 3 Share of classis percentage per degrees of thickness, beech

| Prsni promjer | F       | L     | I     | II    | III   | T.o.  | Prost. drvo | Otpad | Ukupno | Faktor korekcije |
|---------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|-------|--------|------------------|
| <i>d</i>      | % / 100 |       |       |       |       |       | <i>f</i>    |       |        |                  |
| 12,5          |         |       |       |       |       |       | 0,964       | 0,036 | 1,000  | 1,000            |
| 17,5          |         |       |       |       |       | 0,066 | 0,834       | 0,060 | 0,961  | 1,041            |
| 22,5          |         |       |       |       |       | 0,053 | 0,710       | 0,077 | 0,840  | 1,190            |
| 27,5          |         |       |       | 0,193 | 0,048 | 0,042 | 0,611       | 0,090 | 0,965  | 1,016            |
| 32,5          |         |       | 0,157 | 0,180 | 0,064 | 0,034 | 0,529       | 0,101 | 1,065  | 0,939            |
| 37,5          |         | 0,120 | 0,151 | 0,169 | 0,078 | 0,026 | 0,458       | 0,110 | 1,112  | 0,900            |
| 42,5          | 0,062   | 0,114 | 0,145 | 0,160 | 0,089 | 0,019 | 0,397       | 0,118 | 1,104  | 0,906            |
| 47,5          | 0,077   | 0,109 | 0,140 | 0,151 | 0,100 | 0,013 | 0,342       | 0,126 | 1,058  | 0,946            |
| 52,5          | 0,091   | 0,104 | 0,135 | 0,144 | 0,109 | 0,008 | 0,293       | 0,132 | 1,016  | 0,985            |
| 57,5          | 0,103   | 0,100 | 0,131 | 0,137 | 0,118 | 0,003 | 0,248       | 0,138 | 0,977  | 1,023            |
| 62,5          | 0,114   | 0,096 | 0,127 | 0,131 | 0,126 |       | 0,207       | 0,143 | 0,943  | 1,060            |
| 67,5          | 0,124   | 0,093 | 0,123 | 0,125 | 0,133 |       | 0,169       | 0,148 | 0,915  | 1,093            |

Primjenom navedenih udjela (%/100) na distribuciju volumena stvarne sastojine na plohama 1 i 2 (Tabli-

ca 1.) izračunata je sortimentna struktura bukve po kvalitetnim razredima (Tablica 4.).

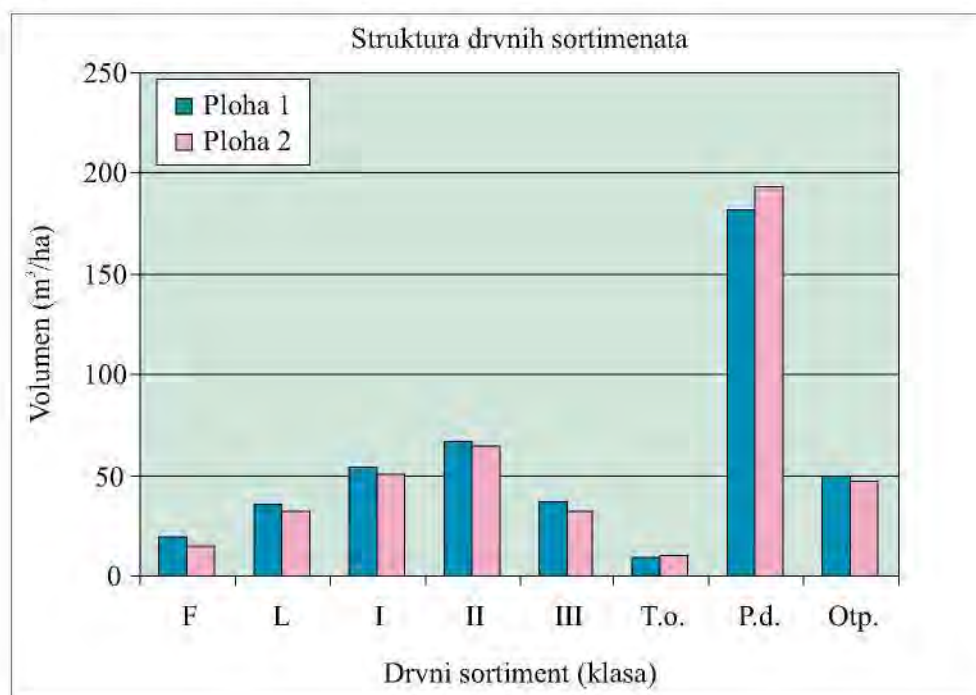
Tablica 4. Sortimentana struktura bukve u bruto volumenu po hektaru

Table 4 The structure of assortments in brutto volume of beech per hectare

| Vrsta sort. | F     | L     | I     | II    | III   | T. o. | P. drvo | Otpad | Σ      |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|--------|
| Ploha 1     | 20,02 | 35,83 | 54,00 | 66,41 | 36,34 | 9,34  | 181,46  | 49,71 | 453,11 |
| %           | 4,42  | 7,91  | 11,92 | 14,66 | 8,02  | 2,06  | 40,05   | 10,97 | 100,00 |
| Ploha 2     | 14,65 | 32,05 | 50,41 | 64,40 | 32,58 | 10,64 | 193,04  | 46,93 | 444,70 |
| %           | 3,29  | 7,21  | 11,34 | 14,48 | 7,33  | 2,39  | 43,41   | 10,55 | 100,00 |

Struktura drvnih sortimenata po kvalitetnim razredima bolja je u apsolutnoj količini i relativnoj vrijed-

nosti (%) na plohi 1 u odnosu na plohu 2, kako to pokazuje i Grafikon 2.



Grafikon 2. Sortimentana struktura bukve u bruto volumenu po hektaru

Graph 2 The structure of assortments in brutto volume of beech per hectare

Prikazujući sortimentu struktru bukve po hektaru na plohama 1 i 2 još se bolje uočava po iskazanoj vrijednosti kvalitetnih razreda (klasa) i ukupnoj vrijednosti.

#### Vrijednost drvnih sortimenata na plohi 1 i 2

Množeći aktualne cijene iz Cjenika gotovih šumskih proizvoda (2005) "Hrvatskih šuma" po debljinskim raz-

redima i klasama drvnih sortimenata utvrđena je strukturna vrijednost drvnih sortimenata bukve u neto volumenu po hektaru za plohe 1 i 2. Vrijednosnu strukturu u novčanim jedinicama i postocima pokazuje Tablica 5.

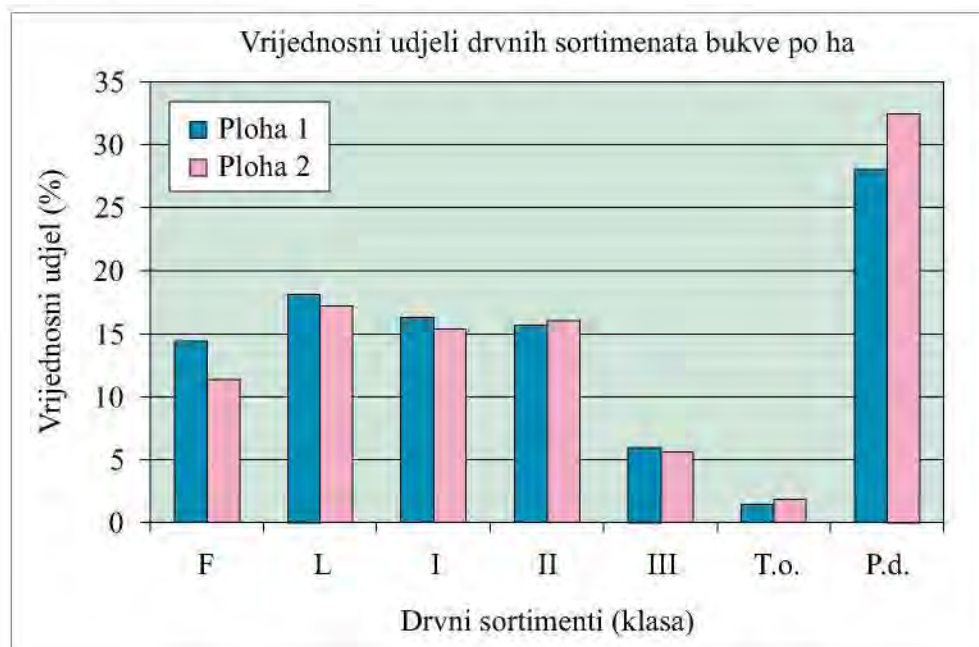
Tablica 5. Vrijednost drvnih sortimenata bukve u neto volumenu po hektaru  
Table 5. Valuably shares of assortments in brutto volume of beech per hectare

| Vrsta sortimenta | F     | L     | I     | II    | III  | T. o. | P. drvo | S      |
|------------------|-------|-------|-------|-------|------|-------|---------|--------|
|                  | kn/ha |       |       |       |      |       |         |        |
| Ploha 1          | 17421 | 21951 | 19796 | 18993 | 7175 | 1804  | 33973   | 121113 |
| %                | 14,38 | 18,13 | 16,34 | 15,68 | 5,92 | 1,49  | 28,06   | 100,00 |
| Ploha 2          | 12713 | 19151 | 17099 | 17874 | 6282 | 2005  | 36142   | 111316 |
| %                | 11,42 | 17,20 | 15,36 | 16,06 | 5,64 | 1,85  | 32,47   | 100,00 |

Neto volumen (bez otpada) drvnih sortimenata za plohu 1 iznosi 403,40 m<sup>3</sup>/ha, a vrijednost 300,23 kn/m<sup>3</sup> te 397,77 m<sup>3</sup>/ha za plohu 2 s vrijednošću 279,85 kn/m<sup>3</sup>.

Ukupna vrijednost drvnih sortimenata bukve po hektaru veća je za 8,80 % na plohi 1 u odnosu na plohu

2. Relativni udjeli (%) veći su za kvalitetnije klase (F, L, I) na plohi 1, dok su udjeli tanke oblovine i prostornog drva veći na plohi 2, kako to pokazuje Grafikon 3.



Grafikon 3. Vrijednosni udjeli drvnih sortimenata bukve u neto volumenu po hektaru  
Graph 3. Valuably shares of assortments in brutto volume of beech per hectare

Vrijednosni udjel oblovine u neto volumenu bukve po hektaru na plohi 1 iznosi 71,94 %, prostornog drva 28,06 %, a na plohi 2 udjel oblovine je 67,53 % a prostornog drva 32,47%.

Optimalnije gospodarenje prethodnim proredama na plohi 1 odražava se i na druge elementa ekonomske učinkovitosti gospodarenja, kao što su cijena drveta na panju (šumska taksa) i prag rentabilnosti (točka pokrića).

Određivanje šumske takse ( $\check{S}_n$ ) ili cijene drveta na panju, točke pokrića ( $TP_n$ ) ili praga rentabilnosti za dozrijevujuće bukove sastojine (ploha 1, 2)

Za određivanje vrijednosti drveta na panju ili šumske takse ( $\check{S}_n$ ), osim "sadašnje sječive vrijednosti" (S a b a d i, 1992) potrebno je poznavati troškove iskorištavanja šuma ( $E_n$ ) kao umanjitelj u Barthinoj formuli i prosječnu profitnu stopu ( $p_n$ ) za određenu starost ( $n$ ) sastojine:



$$\check{S}_n = (C_n / 1,0 p_n) - E_n$$

Troškovi iskorištavanja šuma za šumsku sastojinu određene dobi sastoje se od izravnih troškova sječe i izrade, izvlačenja i manipulacije drvnim sortimentima na pomoćnom stovarištu, općih troškova uprave i prodaje ( $E_o$ ) te zakonskih troškova (Zakon o šumama, 1991) za biološku reprodukciju ( $C_o$ ), po jedinici volumena ( $\text{kn/m}^3$ ), to jest,

$$E_n = E_o + C_o.$$

Za uvjete rada iskorištavanja šuma u kojima su tretirane pokusne plohe bukve (UŠP Požega) utvrđeno je da ukupni troškovi ( $E_o$ ) iznose  $164 \text{ kn/m}^3$ , te zajedno s troškovima biološke reprodukcije za plohu 1 ( $C_o = 69 \text{ kn/m}^3$ ) iznose  $233 \text{ kn/m}^3$ .

U gornjoj formuli, kao nepoznanica ostaje prosječna profitna stopa ( $p_n$ ), koja se može tretirati i kao postotak prirasta vrijednosti ( $p$ ) sastojine u općoj formuli za računanje vrijednosti sastojine induktivnom metodom, to jest pomoću troškova podizanja sastojine  $C_o$ , koji se ukamaju postotkom prirasta u razdoblju  $n$  - godina:

$$\begin{aligned} C_n &= C_o * 1,0 p^n, \\ 1,0 p &= r = 1 + p/100 \\ n &= 85 \text{ godina} \end{aligned}$$

Ako se za  $C_o$ , kao troškove podizanja šumske sastojine, primjeni zakonski normativ za biološku reprodukciju jednodobnih šuma, to jest 23 % na vrijednost drvnih sortimenata na pomoćnom stovarištu, tada je uz izračunatu vrijednost:

$$\begin{aligned} C_n &= 121113 \text{ kn/ha, za plohu 1, i} \\ C_n &= 111316 \text{ kn/ha, za plohu 2,} \\ C_o &= 121113 \text{ kn/ha} * 0,23 = 27856 \text{ kn/ha,} \\ &\quad (69,05 \text{ kn/m}^3) \text{ plohu 1, i} \\ C_o &= 111316 \text{ kn/ha} * 0,23 = 25603 \text{ kn/ha,} \\ &\quad (64,37 \text{ kn/m}^3) \text{ za plohu 2.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \log r &= (\log C_n - \log C_o) / n = 0,007509 \\ r &= 1,017441, \\ p &= 1,74 \%, \end{aligned}$$

Šumska taksa ili cijena drveta na panju iznosi:

$$\check{S}_n = (300,23/1,0174 \text{ kn/m}^3) - 233,31 \text{ kn/m}^3 = 61,79 \text{ kn/m}^3, \text{ za plohu 1,}$$

$$\check{S}_n = (279,85/1,0174 \text{ kn/m}^3) - 228,63 \text{ kn/m}^3 = 46,43 \text{ kn/m}^3, \text{ za plohu 2}$$

Cijena drveta na panju (šumska taksa), kao krajnja mjera ekonomske učinkovitosti gospodarenja šumskim sastojinama pokazuje kako je učinkovitost gospodarenja na plohi 1 u odnosu na plohu 2, veća za 33,08 %.

Troškovi iskorištavanja šuma po volumenu (bez biološke reprodukcije) jednaki su na obje plohe, bez obzira na vrijednost drvnih sortimenata.

Metodu određivanja sadašnje sječive vrijednosti Sabadi (1992) preporučuje samo za sastojine starosti preko 2/3 ophodnje.

Budući da je konkretna sastojina starosti 85 godina, to se izračunati šumski kamatnjak ( $r = 1,0174$ ) može primijeniti za izračunavanje praga renatabilnosti ili točke pokrića, to jest starosti sastojine kada su prihodi od drvnih sortimenata jednaki rashodima (fco pomoćno stovarište).

$$\begin{aligned} n &= (\log C_n - \log C_o) / \log r = (\log 94117,25 - \\ &\quad \log 27865,00) / 0,007509 = 70,40 \\ TP_n &= 70,40 \text{ godina za plohu 1,} \\ n &= (\log C_n - \log C_o) / \log r = (\log 90942,16 - \\ &\quad \log 25602,75) / 0,007509 = 73,31 \\ TP_n &= 73,31 \text{ godina za plohu 2.} \end{aligned}$$

I prag rentabilnosti gospodarenja šumskom sastojinom ili točka pokrića pokazuje veću ekonomsku učinkovitost, te je za plohu 1 u sedamdesetoj, a za plohu 2, tri godine kasnije, to jest u sedamdesetitrećoj godini.

Prema Cestar i dr., 1983, točka pokrića ili prag rentabilnosti pokazatelj je najmanjeg ukupnog prihoda ( $\text{kn/m}^3$ ) ili najmanjeg stupnja iskorištenja kapaciteta u količini ( $\text{m}^3$ ), kod kojih su pokriveni svi troškovi (izravni, opći, biološka reprodukcija) u obračunskom razdoblju.

U konkretnom slučaju, to jest za sastojinu 63a, G. j. "Južni Papuk", znači da na plohi 1 treba realizirati  $0,78 \text{ m}^3$  prosječnog sortimenta, te  $0,82 \text{ m}^3$  prosječnog sortimenta bukve na plohi 2.

## RASPRAVA – Discussion

Prema normalama za bukve (Prirasno-prihodne tablice, Špiranec, 1975) na II bonitetu, dobi 85 godina broja stabala je 380 po hektaru, srednji prsni promjer 31,05 cm, srednja visina 28,4 m i volumen  $404,50 \text{ m}^3/\text{ha}$ .

U Osnovi gospodarenja gospodarske jedinice "Južni Papuk" (Najvirt i dr., 2004) navedeno je da se sjemenjača bukve II boniteta prostrire na površini  $478,82 \text{ ha}$ , da je drvena zaliha  $142781 \text{ m}^3$ , a desetgodiš-

nji prirast  $31870 \text{ m}^3$ . Iz navedenih podataka može se izračunati da je postotak prirasta bukve na II bonitetu 2,23%. Ako se u formulu uvrsti navedeni postotak prirasta, drvena zaliha  $M = 444,69 \text{ m}^3/\text{ha}$  na plohi 2, a faktor realizacije 1/3, to će etat prethodnog prihoda za desetgodišnje razdoblje iznositi:

$E_m = 444,69 * (1 - 1/1,0 223^{10}) * 1/3 = 29,91 \text{ m}^3$ . Takav intenzitet je i primjenjivan na plohi 2, dok je na plohi 1 primijenjen jači intenzitet, to jest ukoliko se primje-



ni faktor realizacije,  $1/q = 1/2$ , to bi etat međuprihoda iznosio,  $E_m = 44,86 \text{ m}^3$ , a intenzitet prorede,  $i = 10\%$ .

Međutim, ukoliko se primjeni Matićeva metoda za računanje etata međuprihoda:

$$E_m = M/n = 444,69/8,5 = 52,32 \text{ m}^3/\text{ha},$$

ne bi se narušila temeljna drvena zaliha za optimalan prirast vrijednosti sastojine.

U Osnovi gospodarenja g. j. "Južni Papuk", odjel 63, odsjek a, broj stabala po hektaru je 368, srednji prsni promjer 31,0 cm, srednja visina 23,0 m i volumen 335,00  $\text{m}^3/\text{ha}$ . Iako je drvena zaliha u odsjeku "podcjenjena", na temelju malog statističkog uzorka (2,70 %, 30 primjernih krugova po 500  $\text{m}^2$  na 55,60 ha) sastojina je svrstana u II bonitet, te na osnovi toga određen sječivi etat prorede 34,02  $\text{m}^3/\text{ha}$ , intenzitet 10,14 %.

## ZAKLJUČCI – Conclusions

Predlaže se da se za normalne jednodobne bukove sastojine II boniteta u navedenoj gospodarskoj jedinici "Južni Papuk" primijeni jači intenzitet prorede, s faktorom realizacije  $q = 1/2$  po Klepčevoj metodi izračunavanja etata međuprihoda ili da se primijeni intenzitet prorjeđivanja po Matićevoj metodi.

Primjenom jačeg intenziteta prorjeđivanja na plohi 1 po metodi Klepca s faktorom realizacija  $1/q = 1/2$ , odnosno po Matićevoj metodi intenziteta  $i = 1/n \cdot 100$ , postignuto je da se na manjem broju stabala po hektaru (346) postigao veći volumen (452,96  $\text{m}^3/\text{ha}$ ) sa srednjim prsnim promjerom (33,75 cm) u odnosu na plohu 2, s 408 stabala po ha, volumenom 444,69  $\text{m}^3/\text{ha}$ , sa srednjim prsnim promjerom 31,15 cm. Povećanjem srednjeg prsnog promjera za istu dob sastojine povećala se i ukupna vrijednost sortimenata na plohi 1 po hektaru.

Kao posljedica optimalnog prorjeđivanja, postignuto je da je na plohi 1 udjel oblovine 48,98 %, prostornog drva 40,05 %, otpada 10,97 %, a na plohi 2, oblovine je 46,04 %, prostornog drva 43,41 %, otpada 10,55 %.

Kvalitetnija sortimentna struktura odrazila se na vrijednost drvnih sortimenata po hektaru te je na plohi 1 vrijednost 121113,03 kn/ha (300,23  $\text{kn}/\text{m}^3$ ), a na 2 plohi 111316,29 kn/ha (279,85  $\text{kn}/\text{m}^3$ ), to jest veća je za 8,80 %.

Cijena drveta na panju ( $\mathcal{S}_t$  – šumska taksa), kao relevantna mjera ekonomske učinkovitosti gospodarenja

Pretpostavlja se kako su u prošlosti, prilikom odabira stabala za sječu prema propisima Osnove gospodarenja, doznačari primjenjivali veći intenzitet prorede na konfiguracijom povoljnijim terenskim uvjetima plohe 1, u odnosu na manje povoljne terenske uvjete plohe 2.

Sve mjere odstupanja stvarnih parametara od normalnih, to jest aritmetička sredina ( $d_a$ ), medijana ( $Me$ ), koeficijent asimetrije ( $\beta_1$ ), koeficijent spljoštenosti ( $\beta_2$ ), prvi eksponent ( $\alpha$ ) i drugi eksponent ( $\gamma$ ) beta – funkcije pokazuju da je navedena sastojina normalne debljinske i volumne strukture. Koeficijenti asimetrije ( $\beta_1$ ) i koeficijenti spljoštenosti ( $\beta_2$ ) u beta – distribuciji se kreću u rasponu od – 1 do + 1, što potvrđuje da se može stvarna sastojina (plohe 1 i 2), prihvatiti kao "normalna". No, navedeni parametri na plohi 1 pokazuju da je bliža "normalnosti", nego ploha 2.

pod datim uvjetima, na plohi 1 u vrijednosti 61,79  $\text{kn}/\text{m}^3$  pokazuje značajnu razliku u odnosu na plohu 2, na kojoj je cijena drveta na panju 46,43  $\text{kn}/\text{m}^3$ .

Navedene vrijednosti šumske takse pokazuje da je ekonomska učinkovitost gospodarenja na plohi 1 za 1/3 (33,08 %) veća u odnosu na plohu 2.

Prag rentabilnosti gospodarenja šumskom sastojinom ili točka pokrića ( $TP_n$ ) pokazuje također veću ekonomsku učinkovitost gospodarenja, te je za plohu 1 u sedamdesetoj, a za plohu 2, tri godine kasnije, to jest u sedamdesetitrećoj godini.

Ako se uzme da je točka pokrića ili prag rentabilnosti pokazatelj najmanjeg ukupnog prihoda ( $\text{kn}/\text{m}^3$ ) ili najmanjeg stupnja iskorištenja kapaciteta u količini ( $\text{m}^3$ ), kod kojih su pokriveni svi troškovi (direktni, opći, biološka reprodukcija) u obračunskom razdoblju, to znači da za osamdesetpetogodišnju bukovu sastojinu na plohi 1 treba realizirati 0,78  $\text{m}^3$  prosječnog sortimenta, te 0,82  $\text{m}^3$  prosječnog sortimenta bukve na plohi 2.

Rezultati istraživanja pokazuju kako je prag rentabilnosti gospodarenja jednodobnim bukovim sastojinama, uz postojeće tržišne i gospodarske uvjete privređivanja UŠP Požega, iznad 2/3 ophodnje (67 godina).

Za uvjete "prorjeđivanja većeg intenziteta" na plohi 1, prag rentabilnosti gospodarenja je 70 godina, a za uvjete "prorjeđivanja manjeg intenziteta" na plohi 2, prag rentabilnost je 73 godine.

## LITERATURA – References

- Cestar, D., M. Glavaš, M. Halambek, M. Harapin, V. Hren, J. Martinović, Z. Pelcer, 1986: Bukva i bukove šume Hrvatske, Radovi broj 69, Šumarski institut Jastrebarsko.
- Cestar, D., V. Hren, J. Martinović, Z. Pelcer, Z. Kovačević, 1979: Tipološke značajke šuma Slavenskog gorja, Radovi broj 39, Šumarski institut Jastrebarsko.
- Cestar, D., V. Hren, J. Martinović, Z. Pelcer, Z. Kovačević, 1983: Ekološko-gospodarski tipovi šuma područja Bilogore, Radovi broj 57, Šumarski institut Jastrebarsko.

- Hren, V., Đ. Kovačić, 1987: Normalna raspodjela stabala po debljinskim stupnjevima i dobnim razredima...; Radovi, Šumarski institut Jastrebarsko.
- Klepac, D., 1963: Rast i prirast šumskih vrsta drveća i sastojina, Nakladni zavod, Znanje, Zagreb.
- Matić, S., 1989: Intenzitet prorede i njegov utjecaj na stabilnost, proizvodnost i pomlađivanje sastojina hrasta lužnjaka. Glasnik za šumske pokuse br. 25, Zagreb, str. 261–278.
- Matić, S., 1991: Njega šuma proredom, Šumarski fakultet, Hrvatske šume, Zagreb.
- Meštrović, Š., G. Fabijanić, 1995: Priručnik za uređivanje šuma, Ministarstvo poljoprivrede i šumarstva Hrvatske, Zagreb.
- Musa, K. 1991: Zakon o šumama. XXI. stoljeće; Zagreb.
- Najvirt, Ž., B. Puača, V. Vujić, 2004: Gospodarska jedinica, "Južni Papuk", Osnova gospodarenja (2004–2013).
- Potočić, Z., 1977: Ekonomika šumske privrede. Sveučilište u Osijeku, Osijek.
- Pranjić, A., N. Lukić, 1997: Izmjera šuma, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet.
- Sabadi, R., 1992: Ekonomika šumarstva. Školska knjiga, Zagreb.
- Špiranec, M., 1975: Prirasno prihodne tablice (jela, bukva, grab...), Šumarski institut Zagreb.
- Štefančić, A., 1998: Udio drvnih sortimenata u volumenu krupnog drva do 7 cm promjera za običnu bukvu u jednodobnim sastojinama. Šumarski list, broj 7–8, Zagreb.
- Vukelić, J., Đ. Rauš, 1998: Šumarska fitocenologija i šumske zajednice u Hrvatskoj, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.
- Zelić, J., 2005: Prilog istraživanju metode prorede jednodobnih bukovih sastojina. Šumarski list, broj 9–10, Zagreb.
- \*\*\* Hrvatske norme proizvoda iskorištavanja šuma. II. izdanje. Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo, Zagreb.
- Cjenik glavnih šumskih proizvoda Hrvatskih šuma po debljinskim razredima i klasama drvnih sortimenata, 2005.
- Plan poslovanja UŠP Požega za 2005. godinu. Požega, 2005.
- Metodologija utvrđivanja naknada za oduzeta i ograničena prava u pogledu šuma i šumskih zemljišta. "Hrvatske šume", d.o.o Zagreb.
- Utvrđivanje naknade za prenesena i ograničena prava na šumi i šumskom zemljištu. Narodne novine, br. 121, 1997.
- Utvrđivanje vrijednosti podizanja sastojina metodom troškova (po 1 ha) (c). Hrvatske šume, d.o.o. Zagreb, 1997.

*Summary: The article compares two plots (plot 1, 2) of normal beech forest (EGT-II-D-10) that are 85 years of age covering 1 ha of surface, in the department 63a, management unit "South Papuk".*

*It was stipulated, from the measured data, the plot 1 was more intensively managed in the past, that plot 2, but with expertise, which proves the distribution of breast height diameter characteristic for regular stands.*

*Different management (more intensive thinning on plot 1, than plot 2) has different effects. On plot 1, there are 346 trees with volume of 452,98 m<sup>3</sup>/ha, while on plot 2 there are 408 trees with the volume 444,72 m<sup>3</sup>/ha.*

*Distribution of breast height diameter and volume per thickness degrees is shown in Table 1.*

*According to earlier management type of regular stands, the curve of distribution of breast height diameters is bell-shaped. The corrections of distribution are determined with Beta-functions:*

$$F(d) = 0,007495 \Sigma (d - 10)^{1,00771} * (65 - d)^{1,63964} = 346, \text{ for plot 1,}$$

$$F(d) = 0,002737 \Sigma (d - 10)^{0,91156} * (65 - d)^{2,06635} = 408, \text{ for plot 2.}$$

*The biometrical parameters, as amount of variation of breast height diameters (arithmetical mean, median, first and second exponents of beta-distribution, asymmetry and flatness coefficient) show how the real distributions of breast height diameters are asymmetrical on the left (positive) side (Table 2).*



The equaling distribution of volumes per thickness degrees is shown in Graph 1.

The structure of assortments in gross volume per hectare on plots 1. and 2. differentiates as well (Table 4, Graph 2).

The value of assortments in gross volume per hectare shown on Table 5. and Graph 3.

It can be concluded that value of wood assortments per hectare is 8,80 % higher on plot 1, than on plot 2.

The research presents a method of calculation of forest interest rate of regular beech stands, that 85 years of age.

The basic formula for calculation the current felling value of stands per hectare or volume is:

$$C_n = C_0 * 1,0 p n, .$$

The current felling value of regular beech stands per hectare is:

$$C_n = 121113,03 \text{ kn/ha}, (300,23 \text{ kn/m}^3) \text{ for plot 1. and,}$$

$$C_n = 111316,29 \text{ kn/ha} ( 279,85 \text{ kn/m}^3) \text{ for plot 2.}$$

The legal standard for biological reproduction is 23 % of actual price of wood assortments (fco forest depot).

In this case the standards for biological reproduction equals with the costs of establishing forest stands, ( $C_0$ ):

$$C_0 = 27856,00 \text{ kn/ha}, (69,05 \text{ kn/m}^3) \text{ for plot 1,}$$

$$C_0 = 25602,75 \text{ kn/ha} (64,36 \text{ kn/m}^3) \text{ for plot 2.}$$

The forest interest rate ( $p$ ) is one parameters in the function: The forest interest rate is:  $p = 1,74 \%$ .

The price of stem wood (forest annuity) is calculated using Barth's formula:

$$\check{S}_n = (C_n / 1,0 p n) - E_n$$

$E_n$ , in Barth's formula represents total costs of exploitation (fco forest depot).

The calculated forest annuities (the price of stem wood ) are:

$$\check{S}_n = 61,79 \text{ kn/m}^3, \text{ for plot 1 and, } \check{S}_n = 46,43 \text{ kn/m}^3, \text{ for plot 2.}$$

The price of stem wood (forest annuity) like indicator of menagement economic efficacy is 33,08 % higher on plot 1, than on plot 2.

The point of profitibility or break-even point ( $TP_n$ ) is 70,40 years for plot 1 and 73,34 years for plot 2 in department 63a, m.u. "South Papuk".

It was affirmed that management economic efficacy of beech stands under mentioned condicions is after 2/3 of beech maturity (100 yeas).

**Key words:** Unmixed regular beech forest, intesively thinning, normals, beta-function, breast height diameter distribution, the asymmetry and flatness coefficients assortment structure, value of wood assortments, current felling values, forest interest rate (forest annuity), price of stem wood, the point of profitibility (break-even point).