

PRILOG ISTRAŽIVANJU METODE PROREDE JEDNODOBNIH BUKOVIH SASTOJINA

SUPPLEMENT OF RESEARCH OF THINNING METHOD OF REGULAR BEECH STANDS

Juraj ZELIĆ*

SAŽETAK: U članku se istražuje metoda prorede jednodobnih bukovih sastojina s ciljem da se odredi takav odabir stabala i volumena po debljinskim stupnjevima za sječu etata međuprihoda, kojim će se uspostaviti normalna distribucija prsnih promjera sastojine određene dobi, boniteta ili ekološko-gospodarskog tipa.

Budući da u šumarskoj operativi ne postoje relevantne normale distribucije broja stabala i volumena, kao korektiv za normalitet predlaže se izjednačena distribucija prsnih promjera beta-funkcijom oblika:

$$f(d) = K \cdot \int ((d-a)^\alpha \cdot (b-d)^\gamma) = N,$$

Za dvije pokusne plohe bukove sastojine dobi 85 godina u G. j. "Južni Papuk", veličine 1 ha, izračunati su dendrometrijsko-biometrijski parametri prsnih promjera (aritmetička sredina, medijana, standardna devijacija, koeficijenti asimetrije i spljoštenosti, konstanta i eksponenti beta-funkcije) kao mjere odstupanja stvarne od teoretske distribucije prsnih promjera.

Izračunati biometrijski parametri (d_{ϕ} , M_{ϕ} , σ , β_1 , β_2 , α , γ) potvrdili su kako se stvarna distribucija prsnih promjera bukove sastojine dobi 85 godina uklapa u mjere normalne, beta-distribucije.

Usporedbom distribucija stvarne i izjednačene, a posebno njihovim grafičkim oblikom (Grafikon 1.,2) utvrđena je pozitivna ili negativna razlika broja stabala, odnosno volumena po debljinskim stupnjevima.

Za doznaku stabala i volumni etat međuprihoda (E_m) odabrani su debljinski stupnjevi s pozitivnom razlikom između stvarne i izjednačene (normalne) distribucije.

Intenzitet prorede i sječivog volumena prethodnog prihoda izračunat je po Maticévoj metodi te nakon njegovog "nadjeljivanja" odabranim debljinskim stupnjevima uspostavljena je distribucija prsnih promjera i volumena bliže teoretskom normalitatu (Grafikon 3.).

Ključne riječi: distribucija prsnih promjera, beta-distribucija, mjere asimetrije, metoda prorede, etat međuprihoda, oblik stvarne i normalne distribucije prsnih promjera.

UVOD – Introduction

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

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

Dvije su tipične strukture šumskih sastojina, jednodobna i preborna. Jednodobna sastojinska struktura

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

ima unimodalnu distribuciju prsnih promjera, a krivulja distribucije ima zvonolik oblik. Preborna struktura pokazuje padajuću distribuciju prsnih promjera, a krivulja distribucije pokazuje oblik obrnutog slova J (Lio-courtova distribucija).

Prirodnom zakonitošću regulira se mogući broj jedinki drveća na određenom prostoru, a smišljenom gospodarskom aktivnošću regulira se optimalan broj jedinica s najvećom vrijednošću u određenoj dobi sastojine.

U početnoj fazi razvoja jednodobne sastojine sve biljke, stabalca nastala iz šumskog sjemena prirodnom regeneracijom, imaju genetski podjednake mogućnosti da rastom i prirastom dosegnu biološku granicu određenu promjerom i visinom, odnosno volumenom stabla.

Međutim, zbog razlika povoljnijih edafskih i mikroklimatskih uvjeta, neke od jedinki razvijaju se rastom i prirastom brže od ostalih, te nakon određenog vremena zauzimaju poseban položaj u vertikalnoj i horizontalnoj strukturi sastojine. Takve jedinice, borbom za prostorom, svjetlom, toplinom, vodom i mineralima u tlu, neposredno i posredno utječu na sporiji rast i prirast ili smrt ostalih jedinki iz njihovog okruženja.

Mlade jednodobne sastojine, u stadiju pomlatka, imaju krivulju distribucije (Gauss) zvonolikog oblika. U kasnijoj fazi razvoja sastojine takva "slučajna" distribucija nije održiva.

"Stabla jačih prsnih promjera sa slučajnom prednosti u početku i dalje kontinuirano imaju bolje uvjete rasta, dok tanja stabla (od srednjeg prsnog promjera) sustavno zaostaju u rastu. Distribucija prsnih promjera postaje asimetrična". (Pranjić - Lukić, 1997).

CILJ ISTRAŽIVANJA – The research goal

Cilj istraživanja je utvrditi razliku biometrijskih parametara konkretne sastojine i sastojine postavljenog normaliteta, te na toj osnovi obaviti odabir (doznaku) stabala i volumena po debljinskim stupnjevima, kako

Za šumarsku operativu, osim normalne (Gaussove) distribucije, primjenjiva je beta (Eulerova) distribucija, koja je jednostavna i prilagodljiva, te se njenom transformacijom u "funkciju gustoće" i uvođenjem multiplikacijske konstante može izračunati broj stabala po debljinskim stupnjevima i po hektaru.

Krivulja distribucije prsnih promjera mlađih sastojina je lijevo (pozitivno) asimetrična, a starijih desno (negativno) asimetrična.

Distribucija prsnih promjera sastojine je u određenom vremenu trenutačno stanje, koje pokazuje promjenu razvoja stabala i njihovu međusobnu uvjetovanost u prošlosti s mogućom vjerojatnošću prelaženja u neko buduće stanje.

Modeliranjem normaliteta distribucije prsnih promjera jednodobnih srednjodobnih bukovih sastojina bavio se u istoj gospodarskoj jedinici Zelić, (2005).

Normalnu raspodjelu broja stabala po debljinskim stupnjevima i dobnim razredima proučavali su Hren i Kovačić, (1987), te raspodjelom učestalosti broja stabala i drvene mase kao mjerom unapređenja proizvodnje u nekim prirodnim sastojinama hrasta lužnjaka, Kovačić 1981.

Odstupanje stvarne distribucije prsnih promjera od normalne može se izraziti parametrima. Kao mjere odstupanja stvarnih parametara od normalnih upotrebljavaju se najčešće aritmetička sredina (d_n), medijana (Me), koeficijent asimetrije (β_1), koeficijent spljoštenosti (β_2), prvi eksponent beta – funkcije (α) i drugi eksponent beta – funkcije (γ).

bi se uspostavila kvalitetnija struktura za razvoj sastojine, to jest produkcija maksimalnog volumena najviše vrijednosti.

METODA ISTRAŽIVANJA – The resarch method

a) Predmet istraživanja

Kao ogledni primjer za istraživanje metode prorjeđivanja čiste bukove sastojine (*Lamio orvale-Fagetum sylvaticae* Ht. 1938, Ilirska bukova šuma s mrtvom koprivom Vukelić i Rauš, 1998) odabrana je sastojina u gospodarskoj jedinici "Južni Papuk", odjel 63, odsjek a. Prema ocjeni šumarskih stručnjaka, sastojinom se do starosti 85 godina primjerno gospodarilo prorjeđivanjem, te je odabiranjem i sječom stabala održana "normalna" distribucija stabala po debljinskim stupnjevima i jedinici površine. Smještaj primjernih ploha 1 i 2, veličine po 1 ha, prikazane su na slici 1., a njihov izgled pokazuje slika 2.

b) Opis sastojine bukve iz Osnove gospodarenja "Južni Papuk"

Odjel 63, odsjek a

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 %.

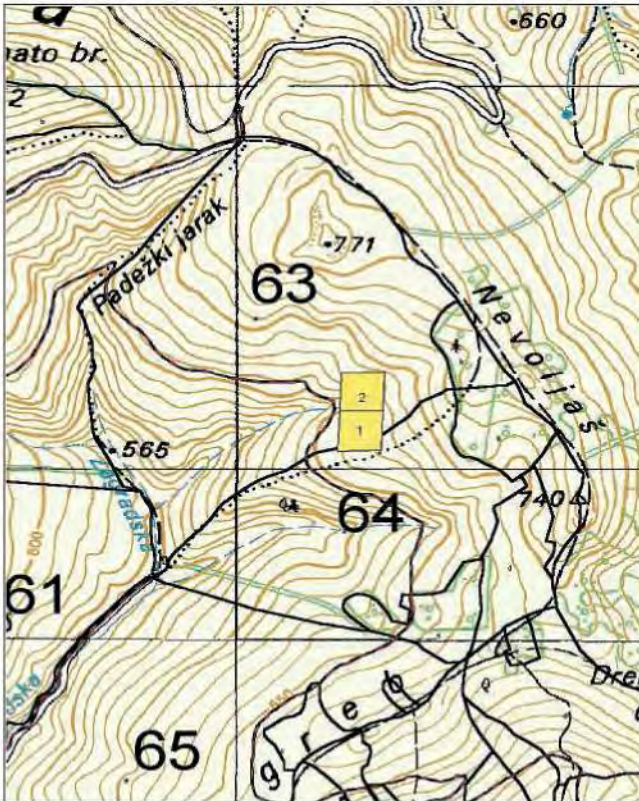
Temeljnica 27,82 m²/ha, srednje plošno stablo 31,0 cm, broj stabala po hektaru 368, bez debljinskog stupnja 7,5 cm.

Drvena zaliha: 335 m³/ha, godišnji tečajni prirast 6,70 m³/ha, postotak tečajnog godišnjeg prirasta 2,00 %.

Etat u I/1 polurazdoblju 34,02 m³/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.



Slika 1. Gospodarska jedinica "Južni Papuk", odjel 63, odsjek a, primjerne plohe veličine 1 ha

Picture 1. Management unit "Južni Papuk", department 63, section a, surface of example plots, area 1 ha



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

Picture 2. The regular forest beech, age 85 years, department 63 section a, M.u. "Južni Papuk"

"Na matičnim eruptivnim i metamorfnim stijenama gorja Papuk navučeni su u geološkoj prošlosti dolomiti na kojima se razvilo distrično smeđe šumsko tlo (kalkikalkosol). 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.

c) Za biometrijsku obradu podataka korišteni su sljedeći postupci i funkcije:

a) Za određivanje srednje vrijednosti izmjerenih prsnih promjera upotrijebljena je aritmetička sredina po formuli: $d_a = \sum n_i d_i / \sum n_i$

b) Za izračunavanje varijance primijenjen je formula, $\sigma^2 = \sum ((n_i d_i)^2 / \sum n_i) - (\sum n_i d_i / \sum n_i)^2$

c) Za izjednačenje distribucije prsnih promjera sastojine upotrijebljena je beta – distribucija, $f(d) = K * [(d - a)^\alpha * (b - d)^\beta] = N$, a za koeficijent asimetrije,

$$\beta_1 = m_3 / \sigma^3,$$

te za koeficijent spljoštenosti,

$$\beta_2 = (m_4 / \sigma^4) - 3.$$

d) Za izjednačenje visinske krivulje upotrijebljena je funkcija Mihajlova:

$$h_c = b_2 * e^{b_1/d} + 1,3.$$

e) Za izračunavanje lokalnog tarifnog niza za bukvu upotrijebljena je formula Špiranca:

$$v = 0,00003468 * d^{2,024425} * h^{1,032212}.$$

Računanje je obavljeno računalnim aplikacijama Excel i Statistica 6.

d) Način rada

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

Klupaža stabala na primjernoj površini obavljena je promjerkom koja ima podjelu 1 cm, 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 mjerenе 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 za bukvu.

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

Rezultati mjerenja i izračunatih biometrijskih parametara prikazani su tablično i grafički.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA – The results of investigation

a) *Izračunavanje biometrijskih parametara*

U Tablici 1. prikazana je distribucija prsnih promje-

ra 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

Ploha 1 – (Plot 1)					Ploha 2 – (Plot 2)				
Prsni promjer Breast height diameter	Broj stabala Number of trees	Visina Height	Tarifni niz Tarifs	Volumen Volume	Prsni promjer Breast height diameter	Broj stabala Number of trees	Visina Height	Tarifni niz Tarifs	Volumen Volume
cm		m	m ³	m ³ /ha	cm		m	m ³	m ³ /ha
<i>d</i>	<i>N</i>	<i>h_c</i>	<i>v</i>	<i>V</i>	<i>d</i>	<i>N</i>	<i>h_c</i>	<i>v</i>	<i>V</i>
12,5	20	12,23	0,076	1,53	12,5	36	12,23	0,076	2,75
17,5	34	16,33	0,203	6,92	17,5	38	16,33	0,203	7,73
22,5	21	19,23	0,401	8,42	22,5	47	19,23	0,401	18,84
27,5	54	21,37	0,671	36,22	27,5	66	21,37	0,671	44,27
32,5	55	23,00	1,015	55,81	32,5	64	23,00	1,015	64,94
37,5	57	24,27	1,433	81,70	37,5	77	24,27	1,433	110,37
42,5	47	25,30	1,927	90,58	42,5	40	25,30	1,927	77,09
47,5	29	26,14	2,497	72,42	47,5	20	26,14	2,497	49,94
52,5	22	26,85	3,143	69,14	52,5	14	26,85	3,143	44,00
57,5	3	27,44	3,865	11,60	57,5	4	27,44	3,865	15,46
62,5	4	27,96	4,664	18,66	62,5	2	27,96	4,664	9,33
Σ	346			452,98	Σ	408			444,72

Iz mjerenih podataka za plohe 1 i 2 izračunati su sljedeći biometrijski parametri (Tablica 2.); kao mjere odstupanja stvarnih parametara od normalnih upotrebljavaju se najčešće aritmetička sredina (d_a), medijana

(Me), koeficijent asimetrije (β_1), koeficijent spljoštenosti (β_2), prvi eksponent beta – funkcije (α) i drugi eksponent beta – funkcije (γ).

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 (Plots)	Moment 1. reda	Moment 2. reda	Moment 3. reda	Moment 4. reda	Koefic. asimet.	Koefic. spljoštenosti	1. koef. 1. coef.	2. koef. 2. coef.
	Aritmet. sredina Aritmet. mean	Varijanca Variance	3. moment of centre	4. moment of centre	Coefficient of asymetry	Coefficient of flatness	Beta – dist.	Beta – dist.
	d_a	σ^2	m_3	m_4	β_1	β_2	α	γ
Ploha 1	33,75	131,44	51802,75	2242640,22	0,02124	- 0,57873	1,0077	1,6396
Ploha 2	31,15	119,71	41490,42	1693191,64	0,1554	- 0,48211	0,9116	2,0664

Iz varijance izračunata je standardna devijacija $\sigma = 11,46$ za plohu 1 i $\sigma = 10,94$ za plohu 2. Medijana za plohu 1 iznosi $M_d = 33$ cm, a za plohu 2, $Me = 31$ cm.

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:

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

Visine su izjednačene po funkciji: $h_c = 33,31155 * e^{-13,93274/d} + 1,3$, a tarifni niz izračunat je po formuli: $v = 0,00003468 * d^{2,024425} * h^{1,032212}$.

Koliko stvarna (konkretna) distribucija prsnih promjera i volumena odstupa od teoretske distribucije pokazuju usporedni biometrijski parametri.

U Tablici 3. prikazani su standardni biometrijski parametri normalne i beta – distribucije i biometrijski parametri stvarne distribucije prsnih promjera, te oblik stvarne distribucije.

Tablica 3. Standardni biometrijski parametri normalne i beta – distribucije prsnih promjera, ploha 1,2
Table 3 The standard biometrical parameters of normal and beta distribution of breast diameter, plots 1,2

Biometrijski parametar	Oznaka	Standardna veličina parametra	Oblik distribucije	Stvarna veličina parametra	Oblik distribucije
Aritmet. sredina	d_a	$d_a > M_d$	pozitivna, lijeva asimet.	ploha 1: $d_a = 33,75$ ploha 2: $d_a = 31,75$	pozit. asimet. pozit. asimet.
Medijana	M_d	$M_d < d_a$	pozitivna, lijeva asimet.	ploha 1: $M_d = 33,00$ ploha 2: $M_d = 31,00$	pozit. asimet. pozit. asimet.
Koeficijent asimetrije	β_1	$-1 < \beta_1 > +1$ $b_1 > +1$	pozitivna, lijeva asimet.	ploha 1: $\beta_1 = 0,02124$ ploha 2: $\beta_1 = 0,1554$	blizu simet. blago pozit. asimetrična
Koeficijent spljoštenosti	β_2	$-1 < \beta_2 > +1$ $-1 < \beta_2$	negativna spljoštenost	ploha 1: $\beta_2 = -0,57873$ ploha 2: $\beta_2 = -0,48211$	spljoštenija od normalne spljoštenija od normalne
1. eksponent beta-distribucije	α	$\alpha < \gamma$	pozitivna, lijeva asimet.	ploha 1: $\alpha = 1,00771$ ploha 2: $\alpha = 0,91156$	pozit. asimet. pozit. asimet.
2. eksponent beta-distribucije	γ	$\gamma > \alpha$	pozitivna, lijeva asimet.	ploha 1: $\gamma = 1,63964$ ploha 2: $\gamma = 2,06635$	pozit. asimet. pozit. asimet.

Prema izračunatim biometrijskim parametrima, kao mjerama simetrije ili asimetrije distribucije prsnih promjera, može se zaključiti kako na obje plohe stvarne distribucije blago pozitivno (lijevo) asimetrične i blago spljoštenije u odnosu na normalnu. Distribucija prsnih promjera na plohi 1 je gotovo simetrična, ima manji broj stabala po hektaru, veći srednji prsni promjer i vo-

lumen po hektaru, no veću standardnu devijaciju i spljoštenost u odnosu na plohu 2.

Navedeni parametri upućuju na intenzivniji pristup prorjeđivanja na površini plohe 1, u odnosu na plohu 2.

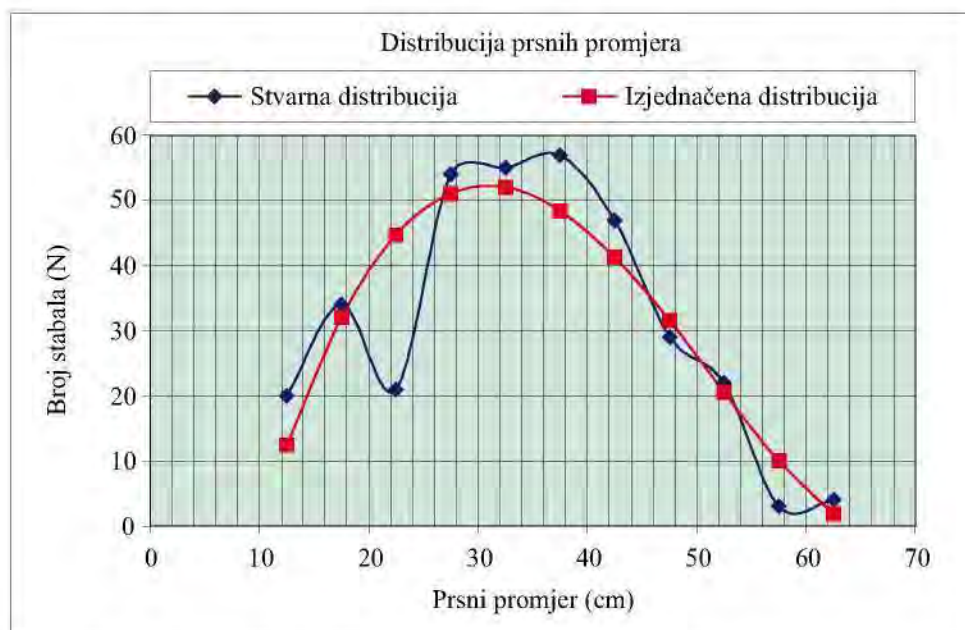
U Tablici 4. prikazana je stvarna i teoretska (beta) distribucija prsnih promjera i volumena po debljinskim stupnjevima.

Tablica 4. Stvarna i izjednačena distribucija prsnih promjera i volumena po debljinskim stupnjevima
Table 4 Concrete and equal distribution of breast parameter and volume per degrees of thicknees

Ploha 1 – (Plot 1)					Ploha 2 – (Plot 2)				
Prsni promjer	Stvarni broj stabala	Izjedn. broj stabala	Stvarni volumen	Izjedn. volumen	Prsni promjer	Stvarni broj stabala	Izjedn. broj stabala	Stvarni volumen	Izjedn. volumen
d	N/ha	$F(d) = N$	m^3/ha	m^3/ha	d	N/ha	$F(d) = N$	m^3/ha	m^3/ha
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12,5	20	12	1,53	0,91	12,5	36	23	2,75	1,75
17,5	34	32	6,92	6,50	17,5	38	50	7,73	10,15
22,5	21	45	8,42	18,05	22,5	47	63	18,84	25,26
27,5	54	51	36,22	34,22	27,5	66	66	44,27	44,29
32,5	55	52	55,81	52,78	32,5	64	62	64,94	62,93
37,5	57	48	81,70	68,78	37,5	77	53	110,37	75,95
42,5	47	41	90,58	79,01	42,5	40	41	77,09	79,01
47,5	29	32	72,42	79,90	47,5	20	28	49,94	69,92
52,5	22	21	69,14	66,00	52,5	14	15	44,00	47,15
57,5	3	10	11,60	38,65	57,5	4	6	15,46	23,19
62,5	4	2	18,66	9,33	62,5	2	1	9,33	4,66
Σ	346	346	452,98	454,13	Σ	408	408	444,72	444,25

Grafički prikaz stvarne i izjednačene distribucije prsnih promjera za plohu 1 prikazuje Grafikon 1, a dis-

tribuciju volumena po debljinskim stupnjevima Grafikon 2.



Grafikon 1. Stvarna i izjednačena distribucija prsnih promjera, ploha 1
Graph 1 Concrete and equal distribution of breast diameter, plot 1

U Grafikonu 1. vidi se kako je “manjak” stabala u debljinskim stupnjevima od 17,5 do 27,5 cm, te u debljinskom stupnju 57,5. Kao “višak” stabala, stvarna distribucija prsnih promjera u odnosu na izjednačenu, pokazuje se u debljinskim stupnjevima od 27,5 do 47,5 cm.

Sličnu razliku pokazuje distribucija volumena na Grafikonu 2.

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

b) Izračunavanje intenziteta i etata prethodnog prihoda, (međuprihoda prorede)

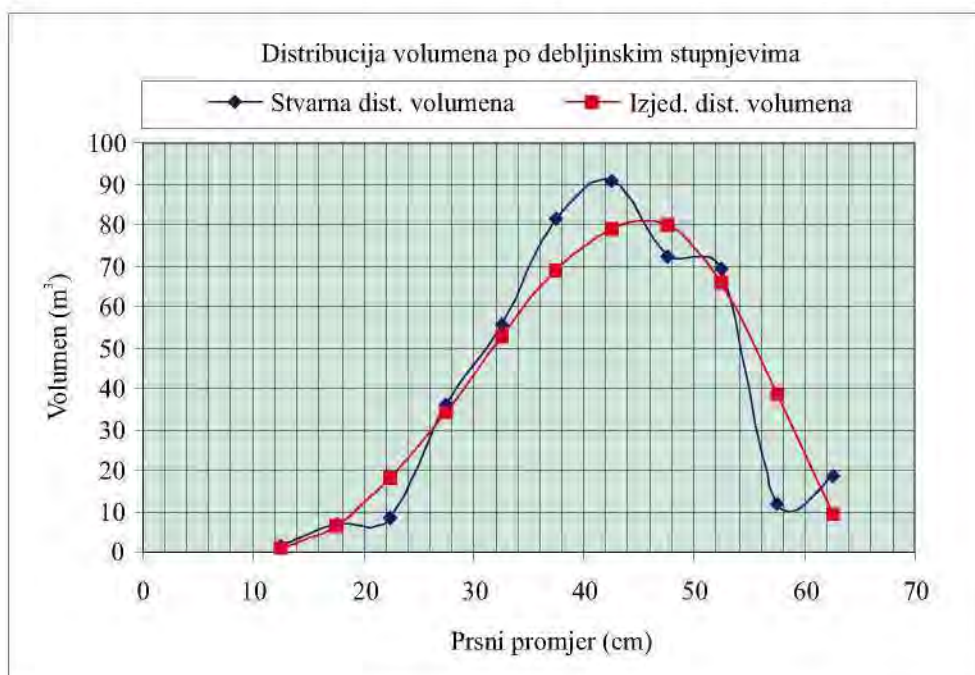
U Priručniku za uređivanje šuma (Meštrović i Fabijanić, 1995) preporučuje se etat prethodnog prihoda izračunavati po formulama:

$$E_m = M * (1 - 1/1,0 p^l) * 1/q, \text{ (Klepac, 1963)}$$

$$E_m = \text{etat prethodnog prihoda,}$$

M = drvena zaliha sastojine predviđene za proredu,

p = postotak prirasta kojom prirašćuje drvena zaliha,



Grafikon 2. Stvarna i izjednačena distribucija volumena po debljinskim stupnjevima, ploha 1
Graph 1 Concrete and normal distribution of volume per degrees of thickness, plot 1

l = turnus prorjeđivanja

$1/q$ = faktor realizacije, $1/q = 1/3$

Da bi se izračunao etat prethodnog prihoda po gornjoj formuli, potrebno je znati drvenu zaliha (m^3/ha), postotak prirasta kojom prirašćuje drvena zaliha i faktor realizacije.

U Osnovi gospodarenja gospodarske jedinice "Južni Papuk" (Najvirt, i dr., 2004) navedeno je da se sjemenjača bukve II boniteta prostrire na površini 478,82 ha, da je drvena zaliha 142781 m^3 , a desetogodišnji prirast 31870 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 $M = 444,69 m^3/ha$ na plohi 2, a faktor realizacije $1/3$, to će etat prethodnog prihoda za desetogodišnje razdoblje iznositi:

$$E_m = 444,69 * (1 - 1/1,0223^{10}) * 1/3 = 29,91 m^3.$$

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

U istom Priručniku za uređivanje šuma predlaže se Matičeva formula za izračunavanje etata prethodnog prihoda:

$$E_m = M/n,$$

E_m = etat prethodnog prihoda,

M = drvena zaliha sastojine predviđene za proredu,

n = dob sastojine izražena u desetljećima,

Kvocjent $1/n$ ustvari predstavlja intenzitet prorede, $i = 1/n * 100$. Starost konkretne sastojine je 85 godina, te bi intenzitet prorede iznosio, $i = 1/8,5 * 100 = 11,76\%$, a etat prethodnog prihoda:

$$E_m = 452,98 / 8,5 = 53,29 m^3, \text{ odnosno } 452,98 * 11,76/100 = 53,29 m^3, \text{ za plohu 1,}$$

$$E_m = 444,69 / 8,5 = 52,32 m^3, \text{ odnosno } 444,69 * 11,76/100 = 52,32 m^3, \text{ za plohu 2.}$$

Ako se uspoređi izračunati etat prethodnog prihoda po Klepcu i Matiću, može se zaključiti da je po drugome intenzitet prorede veći u relativnom i apsolutnom iznosu za istu sastojinu. Međutim, Matić (1991) navodi: "Drvena masa posječena proredom ne smije biti veća od tečajnog godišnjeg prirasta, a može biti maksimalna u vrijednosti konkretnog prosječnog dobnog prirasta".

Iz Matičeve formule proizlazi da intenzitet prorede opada sa starošću sastojine, volumen prethodnog prihoda "ovisi o konkretnoj drvoj zalihi, prosječnom dobnom prirastu, starosti sastojine, bonitetu staništa i kvaliteti stabala u sastojini". Autor se, dakle, poziva na primjenu metode na "normalne" sastojine. Osim navedenog numeričkog podatka o količini prethodnog prihoda prorede, autor ukazuje i na potrebu biološko-gospodarske klasifikacije stabala u sastojini (De ka-

nić, 1976). Klasifikacijom stabala na proizvodni dio (A-glavna, B-nuzgredna etaža) i pomoćni (C- podstojna, D-odumrla etaža), ukazuje se na sljedeće: "Iz proizvodnog dijela sastojine proredom se vadi od ukupne sječive mase u postocima najmanje toliko koliko taj dio sastojine u postotku sudjeluje u ukupnoj masi sastojine, a iz pomoćnog dijela (podstojna etaža, C) u postocima najviše toliko u koliko postotaka taj dio sastojine sudjeluje u ukupnoj masi".

Prijedlog za numeričko raspoređivanje sječivog etata

Da bi se mogao utvrditi etat, odnosno intenzitet prorede svake konkretne bukove sastojine određene dobi, boniteta i EGT – tipa, valjalo bi znati normalitet sastojine izražen, primjerice, beta distribucijom prsnih promjerom te ga usporediti s konkretnom distribucijom.

Budući da za jednodobne čiste sastojine bukve ne postoje normale distribucija broja stabala i volumena po debljinskim stupnjevima (za razliku od normala po Liocourtu u prebornim sastojinama), kao "normala" na plohama 1 i 2 pretpostavljena je beta-distribucija dobivena, izjednačenjem stvarne distribucije prsnih promjera i volumena po ha.

Predlaže se da se izračunati sječivi etat međuprihoda, primjerice po metodi Matića (1985), raspoređi samo na pozitivnu razliku broja stabla i volumena po debljinskim stupnjevima između konkretne i "normalizirane" distribucije, kako to pokazuje postupak proveden na plohi 1 i 2, (Tablice 5. i 6.).

Positivna razlika (stupci 6 i 7) broja stabala i volumena konkretne distribucije u odnosu na normaliziranu distribuciju prsnih promjera je "korektiv" za raspodjelu izračunatog sječivog etata međuprihoda po debljinskim stupnjevima. Osim ili umjesto biološko-gospodarske klasifikacije stabala koristili bi se numerički podaci i grafički oblici distribucije prsnih promjera i volumena po debljinskim stupnjevima.

"Korektiv" može biti pozitivan, ako je izračunati etat međuprihoda veći od zbroja pozitivnih razlika konkretne i izjednačene distribucije prsnih promjera i volumena, ili negativan, ako je izračunati etat međuprihoda manji od zbroja pozitivnih razlika.

U konkretnom slučaju, na plohi 1 i 2, treba pozitivnim razlikama broj stabala i volumena po debljinskim stupnjevima proporcionalno "nadijeliti" razliku do izračunatog sječivog etata međuprihoda, kako to pokazuje Tablica 7.

Ako se konkretan broj stabala poslije sječe ponovno izjednači beta-funkcijom, moći će se zaključiti kako i koliko je doznaka i sječa stabala prethodnog prihoda dovela do približavanja teoretskom normalitetu distribucije prsnih promjera.

Tablica 5. Razlike stvarne i izjednačene (normalizirane) distribucije prsnih promjera i volumena
 Table 5 The differences between of concrete and equal distribution of breast diameter and volume

Ploha 1. Plot 1

Prsni promjer d	Konkretno stabala N/ha	Izjednačeni broj stabala $F(d) = N/ha$	Volumen Konkretni $V_{konk.}$	Volumen izjednačeni $V_{izjed.}$	Razlika broja stabala (R_n) $N_{konk.} - N_{izjed.}$	Razlika volumena (R_v) $V_{konk.} - V_{izjed.}$
1	2	3	4	5	6 (2–3)	7 (4–5)
12,5	20	12	1,52	0,91	+ 8	+ 0,61
17,5	34	32	6,90	6,50	+ 2	+ 0,41
22,5	21	45	8,42	18,05	- 24	- 9,62
27,5	54	51	36,23	34,22	+ 3	+ 2,01
32,5	55	52	55,83	52,78	+ 3	+ 3,05
37,5	57	48	81,68	68,78	+ 9	+ 12,90
42,5	47	41	90,57	79,01	+ 6	+ 11,56
47,5	29	32	72,41	79,90	- 3	- 7,49
52,5	22	21	69,15	66,00	+ 1	+ 3,14
57,5	3	10	11,60	38,65	- 7	- 27,06
62,5	4	2	18,66	9,33	+ 2	+ 9,33
Σ	346	346	452,96	454,13	$\Sigma (+R_n) = 34$	$\Sigma (+R_v) = 43,01$

Tablica 6. Razlike stvarne i izjednačene (normalizirane) distribucije prsnih promjera i volumena
 Table 6 The differences between of concrete and equal distribution of breast diameter and volume

Ploha 2. Plot 2

Prsni promjer d	Konkretno stabala N/ha	Izjednačeni broj stabala $F(d) = N/ha$	Volumen Konkretni $V_{konk.}$	Volumen izjednačeni $V_{izjed.}$	Razlika broja stabala (R_n) $N_{konk.} - N_{izjed.}$	Razlika volumena (R_v) $V_{konk.} - V_{izjed.}$
1	2	3	4	5	6 (2–3)	7 (4–5)
12,5	36	23	2,74	1,75	+ 13	+ 0,99
17,5	38	50	7,71	10,15	- 12	- 2,44
22,5	47	63	18,85	25,26	- 16	- 6,42
27,5	66	66	44,29	44,29	0	0,00
32,5	64	62	64,96	62,93	+ 2	+ 2,03
37,5	77	53	110,34	75,95	+ 24	+ 34,39
42,5	40	41	77,08	79,01	- 1	- 1,93
47,5	20	28	49,94	69,92	- 8	- 19,98
52,5	14	15	44,00	47,15	- 1	- 3,14
57,5	4	6	15,46	23,19	- 2	- 7,73
62,5	2	1	9,33	4,66	+ 1	+ 4,66
Σ	408	408	444,69	442,5	$\Sigma (+R_n) = 50$	$\Sigma (+R_v) = 42,07$

Funkcije za izjednačenje glase:

$$F(d) = 0,0016822 \Sigma (d - 10)^{1,0202} * (65 - d)^{1,8392} = 304, \text{ ploha 1}$$

$$F(d) = 0,0009287 \Sigma (d - 10)^{1,04503} * (65 - d)^{2,2312} = 358, \text{ ploha 2}$$

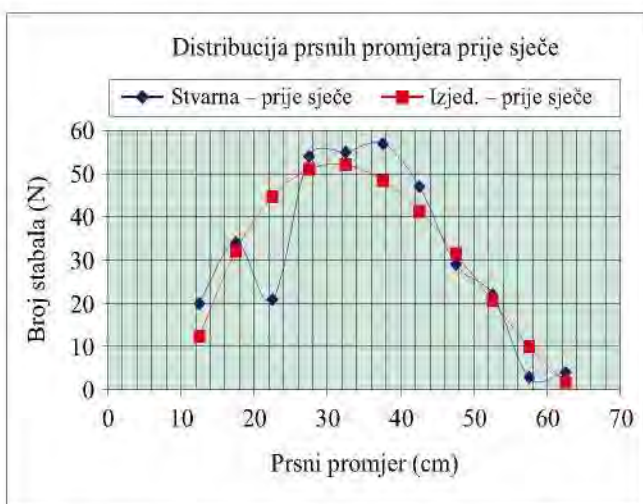
Na Grafikonu 3. prikazan je oblik distribucije prsnih promjera prije i poslije sječe prethodnog prihoda na plohi 1.

Usporedbom oblika distribucije broja stabla prije i poslije sječe, na plohi 1, uočava se znatno "normaliziranje" konkretne sastojine poslije doznake i sječe etata prethodnog prihoda.

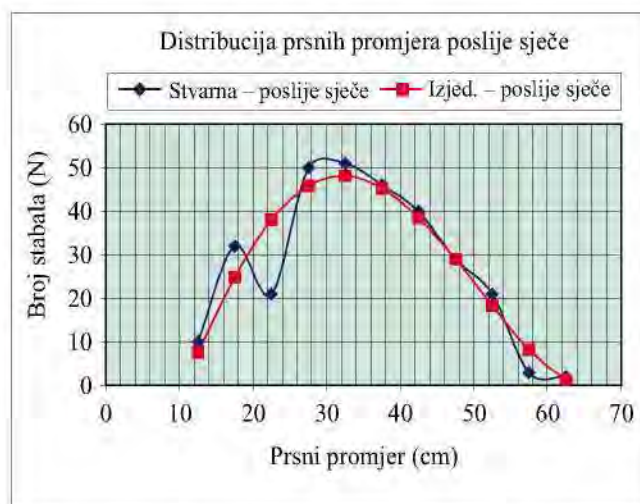
Manjak stabala u debljinskim stupnjevima od 17,5 do 27,5 nije se bitno popravio, jer je to rezultat "niske" prorede u proteklom razdoblju, no doznakom viška stabala u debljinskim stupnjevima od 32,5 do 42,5 došlo je do "izgladivanja" distribucije prsnih promjera.

Tablica 7. Distribucija prsnih promjera i volumena po debljinskim stupnjevima poslije sječe
 Table 7 The distribution of breast diameter and volume per degrees of thicknes after cuting

Ploha 1					Ploha 2				
Prsni promjer	Doznaka		Poslije sječe		Prsni promjer	Doznaka		Poslije sječe	
	Broj stabala	Volumen	Broj stabala	Volumen		Broj stabala	Volumen	Broj stabala	Volumen
d	N/ha	m^3/ha	N/ha	m^3/ha	d	N/ha	m^3/ha	N/ha	m^3/ha
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12,5	10	0,75	10	0,77	12,5	16	1,23	20	1,51
17,5	2	0,50	32	6,40	17,5			38	7,71
22,5			21	8,42	22,5			47	18,85
27,5	4	2,49	50	33,74	27,5	0	0,00	66	44,29
32,5	4	3,77	51	52,05	32,5	2	2,52	62	62,44
37,5	11	15,98	46	65,70	37,5	30	42,77	47	67,57
42,5	7	14,33	40	76,24	42,5			40	77,08
47,5			29	72,41	47,5			20	49,94
52,5	1	3,89	21	65,25	52,5			14	44,00
57,5			3	11,60	57,5			4	15,46
62,5	2	11,56	2	7,10	62,5	1	5,80	1	3,53
Σ	41	53,29	304	399,68	Σ	49	52,32	358	392,37



Grafikon 3. Distribucija broja stabala prije sječe, ploha 1
 Graph 3 Distribution of breast diameter before cuting plot 1



Grafikon 4. Distribucija broja stabala poslije sječe, ploha 1
 Graph 4 Distribution of breast diameter after cuting plot 1

RASPRAVA – Discussion

U šumarskoj praksi ne postoje znanstveno utemeljene normale distribucije prsnih promjera i volumena za jednodobne bukove sastojine, po dobi, bonitetu ili EGT-tipovima, te se u predloženoj metodi izračunavanja etata međuprihoda primjenjuje umjesto normale izjednačena stvarna distribucija beta-distribucijom.

Koliko je takav način usporedbe objektivan, pokazuju biometrijski parametri, posebno koeficijent asimetrije (β_1) i spljoštenosti (β_2), konkretne distribucije u odnosu na beta-distribuciju.

Usporedba konkretne distribucije i beta-distribucije prsnih promjera pokazuje rezultate gospodarenja u prošlosti, kako to pokazuju plohe 1 i 2, u kojima se

obavljala “niska” proreda s jakim zahvatom u debljinske stupnjeve ispod srednjeg prsnog promjera. Širina distribucije, odnosno spljoštenost pokazuju da se proredom nisu relizirali niti “predrasti”, iako nisu svi “plus” stabla.

Primjenom jačeg intenziteta prorjeđivanja na plohi 1 postignuto je da se na manjem broju stabala po hektaru (346) postigao veći volumen (452,96 m^3/ha) sa srednjim prsnim promjerom (33,75 cm) u odnosu na plohu 2, s 408 stabala po ha, volumenom 444,69 m^3/ha , sa srednjim prsnim promjerom 31,15 cm. Povećanjem srednjeg prsnog promjera za istu dob sastojine povećala se i ukupna vrijednost plohe 1 po hektaru.

ZAKLJUČCI – Conclusions

Etat prethodnog prihoda (E_m) izračunavati jednom od aktualnih, priznatih metoda, a u konkretnom slučaju primijenjena je metoda izračunavanje intenziteta prorede po Matiću (1986), jer konkretne plohe pokazuju normalnu drvenu zalihu za II bonitet bukve ili EGT-II-D-10.

Normala iskazana funkcijom beta-distribucije je teoretska. U stvarnosti su distribucije prsnih promjera više ili manje blizu beta-distribuciji, no gospodarenje sastojinama doznakom i proredom sječom prethodnog prihoda stvarna distribucija se "prilagođava" normaliziranoj beta-distribuciji (Tablica 7, Grafikoni 3,4).

Predložena metoda za numeričko raspoređivanje etaata prepoznaje se usporedbom stvarnih distribucija prsnih promjera i volumena po debljinskim stupnjevima, te njihovom pozitivnom i negativnom razlikom u određenim debljinskim stupnjevima s beta distribucijom.

Provedenom doznakom i sječom etaata međuprihoda "normalizirala" se distribucija prsnih promjera i volumena.

Na plohi 1 ostalo je 305 stabala s drvnom zalihom 399,68 m³/ha, srednjim prsnim promjerom 34,07 cm, a standardna devijacija prsnih promjera smanjila se sa $\sigma = 11,46$ na $\sigma = 11,09$.

Na plohi 2 ostalo je 359 stabala s drvnom zalihom 392,37 m³/ha, srednjim prsnim promjerom 31,15 cm, a standardna devijacija prsnih promjera smanjila se sa $\sigma = 10,94$ na $\sigma = 10,70$.

Jakim prorednim zahvatom u debljinskim stupnjevima od 30 do 45 cm (nuzgredna etaža) i djelomično u podstojnoj (10–20 cm), te na kvalitetno lošim stablima dominantne etaže (65 cm) sastojine, posljednjom proredom, u dobi 85 godina, sastojina se priprema za oplodnu sječū.

LITERATURA – References

- Dekanić, I., 1976: Intenziviranje proizvodnje proredom sastojina u Slavonskoj šumi hrasta lužnjaka. Šumsko privredno poduzeće "Slavonska šuma" Vinkovci, GZH Zagreb.
- Dekanić, I., 1991: Utjecaj strukture na njegu sastojina proredom u šumi hrasta lužnjaka i običnog graba, HAZU, Centar za znanstveni rad Vinkovci, Vinkovci.
- 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.
- Kovačić, Đ., 1981: Raspodjela učestalosti broja stabala i drvne mase kao mjera unapređenja šumske proizvodnje u nekim prirodnim sastojinama hrasta lužnjaka u Hrvatskoj, Zagreb, 1981 (dissertacija).
- Matić, S., 1989: Intenzitet prorede i njegov utjecaj na stabilnost, proizvodnost i pomlađivanje sastojina na 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.
- Najvirt, Ž., B. Puača, V. Vujić, 2004: Gospodarska jedinica, "Južni Papuk", Osnova gospodarenja (2004–2014).
- Pranjić, A., N. Lukić, 1997: Izmjera šuma, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet.
- Špiranec, M., 1975: Prirasno prihodne tablice (jela, bukva, grab ...), Šumarski institut Zagreb
- Vukelić, J., Đ. Rauš, 1998: Šumarska fitocenologija i šumske zajednice u Hrvatskoj, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.
- Zelić, J., 2005: Prilog modeliranju normaliteta regularnih srednjodobnih bukovih sastojina (EGT-II-D-10), Šumarski list broj 1–2/2005, str. 51–62.

SUMMARY: The article compares two test plots (plot 1 and plot 2, see Picture 1) of regular beech stands (EGT-II-D-10) that are 85 years of age, on the surface 1 ha, in management unit "South Papuk".

Distribution of breast height diameter and volumes per hectares are very important parameters of forest management.

Different management (more intensive thinning on plot 1 than on plot 2) has different effects.

On plot 1, there are 346 trees with volume of 452,98 m³/ha, while on plot 2 there are 408 trees with volume of 444,72 m³/ha.

The research goal was to found an optimal method of beech stands thinning.

The forest practice still does not apply normal distributions of breast height diameters. The article recommends Beta-distribution as a good model of "normal distributions".

The measured data confirms the plot 1 was more intensively managed in the past than plot 2, but both plots were managed with expertise which proves the distribution of breast height diameter, characteristic for regular stands.

Distribution of breast height diameters and volume per degrees of thickness are shown in Table 1.

According to earlier management type of regular stands, the curve of distribution of breast height diameters is bell-shaped.

The distributions of diameter of breast heights and volume per hectare are essential parameters of forest management.

Beta-functions were used to equal the distributions of breast height diameters.

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

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

Concrete and equal distributions were shown on Graphs 1 and 2.

The biometrical parameters, as amount of variation of breast height diameters (arithmetical mean, median, first and second parameters of beta-distribution, asymmetry and flatness coefficient) show how the real distribution of breast height diameters are asymmetrical on the left (positive) side (Tables 2, 3).

Felling thinning volume was calculated using Matic' (1985) method ($E_m = M/n$) and distributed according the thickness degrees, that show positive difference of trees numbers and volumes between the concrete and beta-distribution (Tables 5, 6, 7).

After such distribution of felling volume per thickness degree, the concrete distributions show "more normal" shape (Graphs 3, 4).

Key words: method of thinning of regular forest, concrete and beta-distribution of breast diameters, biometrical parameters, felling thinning volume, distribution of felling volume per breast height diameter.