

PROBLEMATIKA GOSPODARENJA PREBORNIM SASTOJINAMA BUKVE I JELE (*Abieti – Fagetum pannonicum* Rauš 1969) NA PAPUKU

THE PROBLEMS OF MANAGEMENT WITH SELECTION FOREST OF BEECH AND
SILVER FIR (*Abieti – Fagetum pannonicum* Rauš 1969) IN MOUNTAIN PAPUK

Juraj ZELIĆ*

SAŽETAK: Mješovitim sastojinama bukve i jеле na Papuku se donedavno gospodarilo kao jednodobnim sastojinama, a pomlađivanje se obavljalo putem oplodnih sjeća.

Biološke i ekološke značajke jеле i bukve upućuju na mogućnost gospodarenja prebornim načinom, čime bi se značajno povećala ekološka stabilnost i iskorištenje edafskih i klimatskih značajki podneblja.

U članku se na temelju Sussmelove korelacije za jelu i Colletove za bukvu te visina dominantnih stabala daje pregled izračunavanja koeficijenta korelacije (q) za jelu i bukvu, normalni broj stabala, normalna temeljnica i volumen (normala) po jedinci površine, za odabrani bonitet i za "tehničku zrelost" stabla prsnog promjera 60 cm.

Za relevantno donošenje zaključaka i postavljanje metode za moguće prevođenje jednodobne u prebornu sastojinu analizirani su za konkretnu mješovitu sastojinu jеле (0,6) i bukve (0,4), u odjelu 56a, gospodarske jedinice "Zapadni Papuk II", taksacijski i biometrijski parametri (srednji promjer, srednje kubno stablo, Beta – distribucija, Liocourtova distribucija, tarifni nizovi, vrijeme prijelaza, tečajni prirast, volumen po hektaru prije i poslije sječe u odnosu na postavljenu normalu).

Na temelju taksacijskih i biometrijskih parametara, tabličnih i grafičkih prikaza, predložene su mjere, postupci i smjernice budućega gospodarenja u prostoru i vremenu i usporedba s dosadašnjim mjerama i postupcima gospodarenja.

Ključne riječi: jednodobne regularne sastojine, preborne sastojine bukve i jеле, normala, konkretna distribucija prsnih promjera, Beta distribucija, Liocourtova distribucija, vrijeme prijelaza, prirast, doznaka u grupama, sječivi etat

UVODNE NAPOMENE – Introduction

Prilikom izrade Osnove gospodarenja gospodarske jedinice "Zapadni Papuk II" za mješovite sastojine bukve i jеле (*Abieti - Fagetum pannonicum* Rauš 1969) nije bilo znanstvenog istraživanja strukture niti normala po kojima bi se odredili relevantni parametri za buduće preborno gospodarenje. Prethodno se bukovojelovim sastojinama gospodarilo kao visokim jednodobnim regularnim sastojinama, a prirodna obnova provodila se po načelu oplodnih sjeća.

Na mogući i poželjan preborni način gospodarenja ukazivalo je nekoliko čimbenika. Poremećena ekološka ravnoteža ima za posljedicu umiranje i sušenje znatnog dijela jelovih stabala, a znanstveno je dokazano da preborni oblik gospodarenja ima veću ekološku stabilnost (povoljniji procesi u razvoju edafskih čimbenika, manja degradacija tla, bolja pripremljenost za regeneraciju i veća zdravstvena otpornost sastojine na sveukupne ekološke pritiske).

Važan čimbenik prebornog gospodarenja su biološke karakteristike jеле u šumskoj zajednici bukve i jеле

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

u danim stanišnim uvjetima, koje pokazuju prirodnu tendenciju da se jela regenerira u manjim ili većim grupama, često pod stablima bukve i obratno, bukva se obnavlja grupimično pod prorijeđenim krošnjama jele. Jela dobro podnosi zasjenu, a fotosinteza se odvija pod višim frekvencijama kraćih svjetlosnih valova. Humifikacijom organske tvari u sastojini stvara se sloj ugljičnog dioksida do četrdesetak centimetara visine, koji povoljno, uslijed pojačane asimilacije i fotosinteze, utječe na rast i razvoj jelovog ponika i pomlatka. Vertikalna struktura preborne sastojine omogućava veće iskorištenje asimilacijske površine stabala za fotosintezu, a rizosfera je također optimalno razvijena po dužini za iskorištenje proizvodne sposobnosti tla.

Rezultati veće ekološke stabilnosti i bioloških značajki prebornih sastojina jele i bukve su optimalna proizvodnost drvene mase i ujednačena vrijednosna bilanca gospodarenja.

Optimalna drvana zaliha (normala) preborne sastojine omogućuje trajno pomlađivanje sastojine i optimalni prirast. Vertikalna struktura sastojine, uz prirodnu regulaciju svjetla i topline povoljno utječe na godišnji priljev stabala, odnosno volumen sastojine s trajnom regeneracijom.

Normalno stanje u prebornoj sastojini počiva na jednom nizu stabala različite starosti. Svake godine jedno ili više stabala na jedinici površine dolazi do dimenzija zrelosti, a posjećena stabla s dimenzijama zrelosti nadomještaju se priljevom novih stabala ispod taksacijske granice i upotpunjajući nizom stabala koja debljinskim prirastom prelaze iz nižeg u viši debljinski stupanj.

METODA RADA – The research method

Predmet rada

Kao ogledni primjer gospodarenja prebornim sastojinama jele i bukve na Papuku odabran je odjel 56a u gospodarskoj jedinici "Zapadni Papuk II", površine 15,10 ha u kojem je omjer smjese jele 0,6 i bukve 0,4.

Kratak opis sastojine jele i bukve iz Osnove gospodarenja "Zapadni Papuk II" – Odjel 56, odsjek a

Površina: 15,10 ha, EGT : II – C – 10, bonitet III

Fitocenoza: panonska bukovo-jelova šuma

Obrast: 1,13, sklop prekinut, omjer smjese: bukva 40,27, jela 58,45, OTB 1,28

Temeljnica: 28,45, srednje plošno stablo 35,10 cm, broj stabala po hektaru 294

Drvana zaliha: 363,12 m³/ha, godišnji tečajni prirast 10,41 m³/ha, postotak tečajnog godišnjeg prirasta 2,86%.

Sječivi etat u I/I polurazdoblju 61,99 m³/ha, intenzitet prorede 9,34 %.

Tarifni niz: posebno izračunat za preborne sastojine bukve i jele

Preborna sastojina uviјek je podjednaka, jer se sječe najjači debljinski stupanj pa se razlika između broja stabala dvaju susjednih debljinskih stupnjeva uviјek svodi na normalni broj stabala u debljinskom stupnju.

Dimenzija sječne zrelosti jele može biti određena uslijed različitih okolnosti, npr. ekonomskog ili zdravstvenog stanja, a ne zbog smanjenja volumnog prirasta s povećanjem debljinskog stupnja stabla. Dapače, većina jelovih sastojina pokazuje tendenciju povećanja volumnog prirasta s povećanjem prsnog promjera.

Prema Meyeru, "uravnovežena preborna šuma" je ona u kojoj se tečajni prirast može užiti u određenom razdoblju (npr. ophodnjica 10 godina) tako da se održava inicijalna distribucija volumena sastojine po jedinici površine.

Liocourt je 1898. godine pronašao da se broj stabala u prebornoj sastojini smanjuje od najnižeg prema najvišem debljinskom stupnju, po zakonitosti geometrijskog niza. Kvocijent (q) broja stabala nižeg i višeg debljinskoga stupnja je veći od jedan ($q > 1$), a naziva se Liocourtov kvocijent.

Distribucija prsnih promjera mogu se prikazati Mayerovom funkcijom gustoće:

$$N = k \cdot e^{-ad}, \text{ a usporedba distribucija moguća je za debljinske stupnjeve jednakе širine, odnosno ako im granice debljinskih stupnjeva koincidiraju.}$$

I visinska krivulja preborne sastojine ima stalni karakter, a prema prsnim promjerima pokazuje razliku samo po bonitetima staništa.

The research method

Opis staništa i sastojine: Sjemenjača bukve i jele, gorskog javora, jasena i briješta dosta dobre kakvoće, djelomično progoljenog sklopa. Tlo je smeđe distično, lesivirano na granitu i rankeru. Imo nešto pomlatka i mladiča jele i javora, u progoljenim dijelovima pomlađak jele obilan, ali zastarčen.

Smjernice gospodarenja i obrazloženje etata: U I/I polurazdoblju izvršiti prebornu sječu. Odabrati za sječu zrela stabla bukve i jele te prekobrojna u debljinskim stupnjevima od 32,5 do 47,5

U pomladnim grupama izvršiti njegu mladiča.

Za biometrijsku obradu podatka korišteni su sljedeći postupci i funkcije:

- Za određivanje srednje vrijednosti izmjerenih prsnih promjera upotrijebljena je aritmetička sredina po formuli: $d_a = \sum n_i d_i / \sum n_i$
- Za izračunavanje varjance primijenjen je postupak, $\sigma^2 = \sum ((n_i d_i)^2 / \sum n_i) - (\sum n_i d_i / \sum n_i)^2$
- Za izjednačenje distribucije prsnih promjera sastojine upotrijebljena je beta-distribucija,

- $f(d) = \text{konst } \Sigma ((d - a)^\alpha \cdot (b - d)^\gamma)$,
 a za koeficijent asimetrije, $\beta_1 = m_3 / \sigma^3$,
 te za koeficijent spljoštenosti, $\beta_2 = (m_4 / \sigma^4) - 3$.
- d) Drvnogromadna linija (tarifni niz), odnosno normala volumena sastojine po Šuriću za određeni bonitet, može se izjednačiti parabolom drugog reda,
 $v = b_0 + b_1 \cdot d + b_2 \cdot d^2$, d je prsnji promjer, odnosno za normalu volumena sastojine,
- e) Konkretne distribucije prsnih promjera mogu se izjednačiti Mayerovom funkcijom:
 $N = k \cdot e^{-ad}$, d je prsnji promjer, k i a su konstante, e je baza prirodnog logaritama
- f) Normalni broj stabala po debljinskim stupnjevima, normala volumena i temeljnica te korelacija (k) po Sussmelu za jelu i Colletu za bukvu:

$$\text{Jela: } V = h^3 / 3$$

$$G = 0,97 h$$

$$q = 4,3 / \sqrt[3]{h}$$

$$\text{Bukva: } V = h^3 / 4,23$$

$$G = 0,73 h$$

$$q = 4,54 / \sqrt[3]{h}$$

Svrha i cilj istraživanja o gospodarenju prebornim sastojinama jеле i bukve na Papuku

Svrha istraživanja gospodarenja prebornim sastojinama jеле i bukve na Papuku je da se analizom i komparacijom biometrijskih parametara utvrdi struktura sastojina prije početka gospodarenja prebornim načinom i poslije prve doznake i sječe sječivog etata, prema smjernicama gospodarenja iz Osnove gospodarenja.

Cilj je da se na temelju utvrđenih teoretskih i praktičnih odstupanja od optimalnog stanja sastojine dadu parametri kojima će se tijekom određenog razdoblja prevesti konkretnu sastojinu u normalnu prebornu strukturu.

Način rada

Kao polazište za izračunavanje temeljnih taksacijskih parametara prilikom izrade Osnove gospodarenja za gospodarsku jedinicu "Zapadni Papuk II" uzete su pretpostavke koje vrijede za preborne sastojine bukve i jеле.

Normalan broj stabala po debljinskim stupnjevima za preborne sastojine bukve i jеле izračunat je na temelju Sussmelove korelacije za jelu i Colletove za bukvu.

Uzeta je visina dominantnih stabala od 33 m, uz napomenu da odgovara III. bonitetu. Na temelju srednje

visine dominantnih stabala i omjera smjese jеле i bukve te dimenzije zrelosti koja je određena na 60 cm prsnog promjera (tehnička zrelost) izračunati su koeficijenti geometrijske progresije (q), normalna drvna zaliha i normalna temeljnica.

$$\text{Jela: } V = h^3 / 3 = (33 \cdot 33) / 3 = 363 \text{ m}^3$$

$$G = 0,97 h = 0,97 \cdot 33 = 32 \text{ m}^2$$

$$q = 4,3 / \sqrt[3]{h} = 4,3 / \sqrt[3]{33} = 1,3408$$

$$\text{Bukva: } V = h^3 / 4,23 = (33 \cdot 33) / 4,23 = 257 \text{ m}^3$$

$$G = 0,73 h = 0,73 \cdot 33 = 24 \text{ m}^2$$

$$q = 4,54 / \sqrt[3]{h} = 4,54 / \sqrt[3]{33} = 1,4154$$

Pomoću Sussmelovog koeficijenta korelacije za jelu ($q = 1,3408$) i Colletovog za bukvu ($q = 1,4154$) izračunate su normale broja stabala i normalna temeljnica po debljinskim stupnjevima.

Izračunavanje niza broja stabala je obavljeno od debljinskog stupnja $62,5^0, 57,5^1 \dots 12,5^{10}$. Sume kružnih ploha (temeljnica) koje pripadaju tako dobivenom debljinskom stupnju, iznose za jelu $4,33 \text{ m}^2$, a za bukvu $5,73 \text{ m}^2$. Iz odnosa izračunate temeljnice za jelu 32 m^2 i za bukvu 24 m^2 izračunati su koeficijenti 7,39 za jelu i 4,19 za bukvu, pomoću kojih je dobivena normala broja stabala i temeljnica po debljinskim stupnjevima za jelu i bukvu. Ukupni broj stabala za jelu iznosi 524, temeljnica $32,00 \text{ m}^2$, a za bukvu 450 stabala uz temeljnici $24,00 \text{ m}^2$.

Prema Mayerovoj funkciji gustoće izračunate su funkcije za normalu broja stabala jеле i bukve i posebno u odjelu 56a, gdje je omjer smjese jеле (0,6), bukve (0,4):

$$N = 288,64476 \cdot e^{-0,05865 \cdot d} \dots \text{jela} \dots 524 \text{ stabala}$$

$$N = 322,01947 \cdot e^{-0,06948 \cdot d} \dots \text{bukva} \dots 450 \text{ stabala}$$

$$N = 297,34888 \cdot e^{-0,06225 \cdot d} \dots \text{jela (0,6)} + \text{bukva (0,4)} \dots 495 \text{ stabala}$$

Tarifni niz III normale (boniteta) za jelu i bukvu moguće je prikazati funkcijama:

$$v = 0,38 - 0,015852 d + 0,0012362 d^2 \dots \text{jela}$$

$$v = 0,185 - 0,031711 d + 0,0016608 d^2 \dots \text{bukva}$$

Pomoću Mayerovih funkcija gustoće i funkcija za tarifne nizove III boniteta po Šuriću izračunate su normale za jelu $317 \text{ m}^3/\text{ha}$, za bukvu $258 \text{ m}^3/\text{ha}$, te za mješovitu sastojinu omjera smjese jеле (0,6), bukve (0,4) $294 \text{ m}^3/\text{ha}$, kako to pokazuje tablica 1.

Tablica 1

	Omjer smjese											
Bukva	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	
Jela	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	
V	258	264	270	276	282	288	294	299	305	311	317	
G	24,0	24,7	25,5	26,4	27,2	27,9	28,8	29,6	30,3	31,2	32,0	
N	450	458	465	472	480	487	495	502	509	517	524	

Međutim, u Osnovi gospodarenja za potrebe prebornih sastojina bukve i jela u gospodarskoj jedinici "Zapadni Papuk II" date su "lokalne tarife" koje su za 2,68% veće od izračunatih za III bonitet jele i bukve po Šuriću, te bi se za isti postotak povećale normale volumena, tj. za jelu $325 \text{ m}^3/\text{ha}$, bukvu $265 \text{ m}^3/\text{ha}$, a za mješovitu sastojinu omjera smjese jele (0,6), i bukve (0,4) $302 \text{ m}^3/\text{ha}$

Jela = 0,6 Bukva = 0,4

Iz tablice 1 i koeficijenta progresije (q) izračunate su distribucije prsnih promjera za jelu i bukvu prema omjeru smjese (od 0,0 – 1,0).

Tako su npr. za omjer smjese jela = 0,6 i bukva = 0,4 izračunate normale broja stabala i volumena po debljinskim stupnjevima prikazane u tablici 2.

Tablica 2														
d	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5	52,5	57,5	62,5	67,5	72,5	Σ
N	137	100	73	54	39	29	21	15	11	8	6	0	0	494
V	5	14	23	30	34	35	35	34	31	28	24	0	0	293

Prosječno vrijeme prijelaza za bukvu i jelu dato je po debljinskim stupnjevima, koje opada s povećanjem debljinskog stupnja, te prosječno za bukvu iznosi 9 godina, a za jelu 11 godina. Vrijeme prijelaza mjereno je prilikom izrade Osnove gospodarenja za bukvu i jelu na Papuku. Za konkretnu sastojinu 56a izravnato je prema omjeru smjese bukva (0,4), jela (0,6) i izjednačeno eksponencijalnom (logaritamskom) funkcijom: $T = 177,47288 \cdot d^{-0,81033}$.

Za utvrđivanje priljeva stabala postavljene su plohe na kojima je po formuli: $P.F. = (N_{7,5} + N_{12,5}) / 2 \cdot T_{7,5}$ izračunat godišnji priljev stabala po hektaru $2,07 \text{ bukve i } 3,19 \text{ jelu}$, odnosno ukupno $5,3 \text{ stabala po hektaru godišnje}$. Ako godišnji priljev stabala pomnožimo s volumenom srednjeg stabla za jelu $1,02 \text{ m}^3$ i bukvu $0,64 \text{ m}^3$, a za mješovitu sastojinu jelu i bukve $0,87 \text{ m}^3$, dobit će se godišnji priljev od $4,61 \text{ m}^3/\text{ha}$.

Izražava se sumnja da postavljene plohe ne daju vjerodostojan podatak o priljevu stabala, jer su postavljene u sastojini koja još nema formiranu normalnu prebornu strukturu.

U smjernicama gospodarenja za preborne sastojine jele i bukve na Papuku navodi se: "Najveći dio etata realizirat će se u debljinskom razredu iznad 50 cm (zaostali sjemenjaci bukve i jele) i debljinskom razredu $31 - 50 \text{ cm}$ (osobito kod bukve), jer je mod u tom debljinskom razredu. Preborna sječa obavlјat će se u manjim grupama u dijelovima s većim udjelom jele i stabilno u dijelovima gdje dominira bukva jednodobne strukture".

Na osnovi tako utvrđenih polaznih taksacijskih parametara i smjernica gospodarenja, obavljena je doznačka i sječa za 2001. godinu.

REZULTATI ANALIZE – The results of analysis

Analiza je obavljena u odjelu 56a gospodarske jedinice "Zapadni Papuk II". Biometrijski pokazatelji strukture sastojine izračunati su prema postavljenoj metodi rada, te se rezultati djelomično razlikuju od onih u Osnovi gospodarenja.

Distribucija prsnih promjera jele i bukve analizirana je posebno za svaku vrstu drveća i zajedno prema omjeru smjese jele i bukve u mješovitoj sastojini. Iz takve analize biometrijskih parametara može se zaključiti o vertikalnoj i horizontalnoj strukturi sastojine.

Na temelju distribucije prsnih promjera jele (podaci iz Osnove gospodarenja) izračunata je aritmetička sredina: $d_a = 35,38 \text{ cm}$. Standarna devijacija prsnih promjera iznosi: $\sigma_a = 12,86$

Na temelju promjera srednjeg sastojinskog stabla i funkcije za III bonitet jele:

$$(v = 0,38 - 0,015852 d + 0,0012362 d^2)$$

može se izračunati da je volumen srednjeg sastojinskog stabla jele: $v_a = 1,02 \text{ m}^3$.

Prema prijašnjem načinu gospodarenja, tj. kao jednodobnom sastojinom distribucija prsnih promjera jele ima oblik zvonolike krivulje. Zato je izjednačenje distribucije prsnih promjera stabala sastojine obavljeno pomoću Beta – funkcije, koja glasi:

$$f(d) = 0,00038002 \cdot \Sigma((d - 10,0)^{0,983} \cdot (75,0 - d)^{2,103}).$$

Konkretan i izjednačen broj stabala po hektaru i debljinskim stupnjevima prikazan je tabično u tablici 3. Krivulja izjednačenja je pozitivno (lijevo) asimetrična, jer je eksponent $\alpha < \gamma$ tj. $\alpha = 0,983$, a eksponent $\gamma = 2,103$.

Normalizirana distribucija prsnih promjera stabala je asimetrično – zvonolikog oblika, primjerena starosti sastojine od 95 godina. Gospodarenje sastojinom u prošlosti teklo je smjerom oponašanja prirodnih zakonitosti visokih regularnih šuma. Broj stabala jele po hektaru u konkretnom odsjeku 56a je 156.

Normalna za čistu sastojinu jele bila bi 524 stabala po hektaru, odnosno $317 \text{ m}^3/\text{ha}$.

Koliko konkretna distribucija odstupa ili se poklapa s normaliziranoj distribucijom za jednodobne sastojine, može se odrediti pomoću koeficijenta asimetrije (β_1) i koeficijenta spljoštenosti (β_2).

Koeficijent asimetrije za konkretnu distribuciju prsnih promjera jele, $\beta_1 = +0,29$, pokazuje da je distribucija blago pozitivno (lijevo) asimetrična, tj. vrijednost medijane se nalazi lijevo od aritmetičke sredine sastojine (35,38 cm). Koeficijent asimetrije normaliziranog obilježja se kreće normalno od –1 do +1.

Koeficijent spljoštenosti, $\beta_2 = +3,0138$, tj. $\beta_2 > 3$, pokazuje da je konkretna distribucija malo šiljastija od normalne distribucije, što ukazuje na dosta veliko rasipanje prsnih promjera ($\sigma_a = 12,86$) oko srednjeg prsnog promjera sastojine (35,38 cm).

Dakle, navedena distribucija prsnih promjera jele u sastojini pokazuje karakterističnu strukturu jednodobne sastojine. Na takav zaključak ukazuje i izjednačena distribucija po Liocourt:

$$N = 47,205 \cdot e^{-0,0378 \cdot d}.$$

Izjednačene distribucije pokazuju tablica 3, mogu se prikazati grafički.

Bukva u mješovitoj sastojini (jela 0,6, bukva 0,4) ima nešto drukčije biometrijske karakteristike. Srednji prni promjer iznosi: $d_a = 28,62$ cm. Standarna devijacija prsnih promjera iznosi: $\sigma_a = 13,33$

Na temelju promjera srednjeg sastojinskog stabla i funkcije za III bonitet bukve

$$v = 0,185 - 0,031711 d + 0,0016608 d^2$$

moe se izračunati da je volumen srednjeg sastojinskog stabla jele: $v_a = 0,64 \text{ m}^3$.

Da bi smo provjerili debljinsku strukturu za bukvu u sastojini odjela 56a izjednačena je distribucija prsnih promjera Beta – funkcijom: $f(d) = 0,11855104 \cdot \Sigma ((d - 10,0)^{0,0334} \cdot (75,0 - d)^{1,30})$. U navedenoj funkciji $\alpha < \gamma$, tj. $\alpha = 0,0334$, a eksponent $\gamma = 1,30$ ukazuje na to da je distribucija pozitivno (lijevo) asimetrična, a oblik distribucije je padajući, tj. distribucija broja stabala po debljinskim stupnjevima bliža je Liocourtovoj distribuciji, koja glasi:

$$N = 74,731 \cdot e^{-0,0583 \cdot d}.$$

Konkretnu distribuciju broja stabala bukve po debljinskim stupnjevima u mješovitoj sastojini s jelom u odnosu na normalu za bukvu te Beta – distribuciju i Liocourtovu distribuciju, prikazuje tablica 3.

Tablica 3. Gospodarska jedinica "Zapadni Papuk II" – Management unit "Zapadni Papuk II"
Table 3 Distribucije broja stabala po hektaru u odjelu 56a – Distributions of number trees per hectare in compartment 56a

Prni promjer d (cm)	jela (0,6)			bukva (0,4)			jela + bukva (0,6 + 0,4)		
	Broj stabala (N) (konkretno)	Broj stabala (N) (normala)	Broj stabala (N) (Liocourt) (beta dist.)	Broj stabala (N) (konkretno)	Broj stabala (N) (normala)	Broj stabala (N) (Liocourt) (beta dist.)	Broj stabala (N) (konkretno)	Broj stabala (N) (normala)	Broj stabala (N) (Liocourt) (beta dist.)
12,5	10	83	6	29	26	54	24	36	137
17,5	12	62	14	24	21	38	22	27	100
22,5	14	46	19	20	17	27	20	20	31
27,5	15	35	21	17	14	19	17	15	29
32,5	33	26	22	14	18	13	15	11	51
37,5	16	19	20	11	10	10	12	8	26
42,5	17	14	18	9	18	7	10	6	35
47,5	20	11	14	8	4	5	8	5	24
52,5	6	8	11	6	3	3	6	3	9
57,5	7	6	7	5	5	2	4	3	12
62,5	3	4	4	1	1	2	2	2	4
67,5	2	0	1	4	1	0	0	1	3
72,5	1	0	0	3	0	0	0	0	0
Σ	156	314	156	156	138	180	138	138	493
									294

Iz tablice se može zaključiti da je broj stabla bukve više zastupljen u nižim debljinskim stupnjevima u odnosu na jelu, a distribucija prsnih promjera bukve u konkretnoj sastojini pokazuje Liocourtovu raspodjelu.

Normala za čistu sastojinu bukve bila bi 450 stabala po hektaru, odnosno $258 \text{ m}^3/\text{ha}$.

Biometrijski parametri za mješovitu sastojinu jеле i bukve u odjelu 56a su rezultat različitosti strukture jеле (0,6) i bukve (0,4) u omjeru smjese.

Na temelju distribucije prsnih promjera jеле i bukve (podaci iz Osnove gospodarenja) izračunata je aritmetička sredina: $d_a = 32,21 \text{ cm}$. Standarna devijacija prsnih promjera iznosi: $\sigma_a = 13,70$

Prema prijašnjem načinu gospodarenja, tj. kao regularnom jednodobnom sastojinom distribucija prsnih promjera jеле i bukve ima oblik zvonolike krivulje. Izjednačenje distribucije prsnih promjera stabala sastojine obavljeno je pomoću Beta – funkcije, koja glasi:

$$f(d) = 0,0171091 \cdot \Sigma ((d - 10,0)^{0,433} \cdot (75,0 - d)^{1,679}).$$

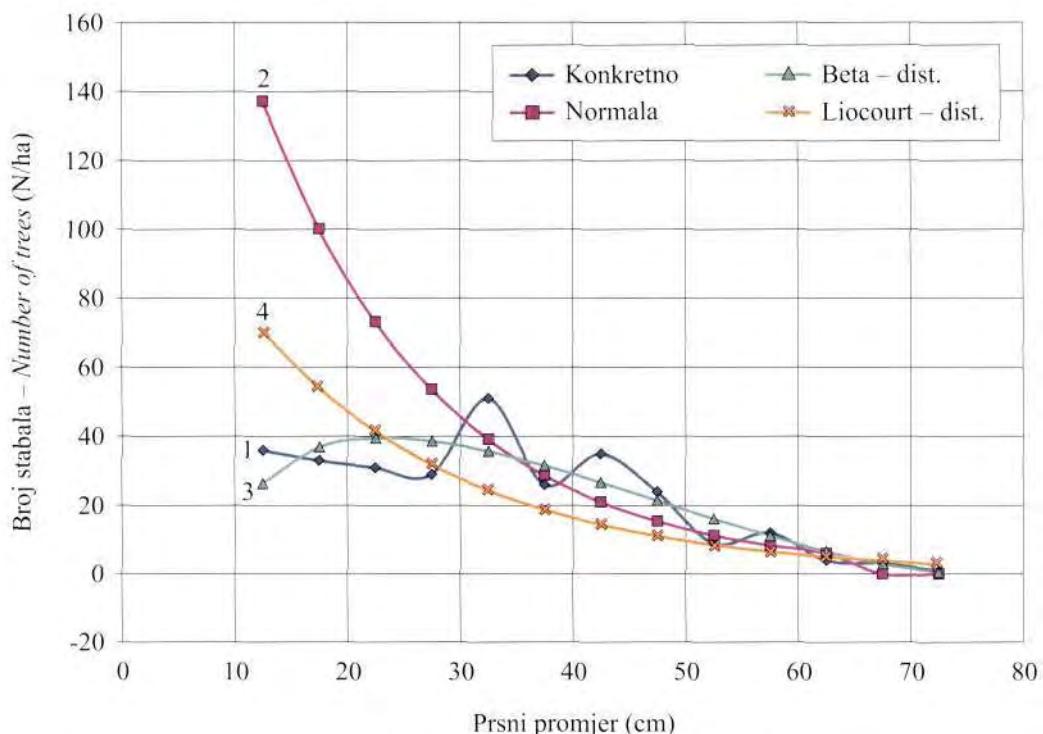
Konkretan i izjednačen broj stabala po hektaru i debljinskim stupnjevima prikazan je tablično u tablici 3 i na grafikonu 1. Krivulja izjednačenja je pozitivno (lijevo) asimetrična, jer je eksponent

$$\alpha < \gamma, \text{ tj. } \alpha = 0,433, \text{ a eksponent } \gamma = 1,679.$$

Normalizirana distribucija prsnih promjera stabala je asimetrično – zvonolikog oblika, primjerena je sta-

Gospodarska jedinica "Zapadni Papuk II", odjel 56 a
Management unit "Zapadni Papuk II", compartment 56a

jela 0,6 – (fir 0,6)
bukva 0,4 – (beech 0,4)



Grafikon 1. Distribucija prsnih promjera po hektaru, konkretno (1), normala (2), beta dist. (3), Liocourtova dist. (4)

Graph 1. Distribution of breast diameter per hectare, concrete (1), normal (2), beta dist. (3), Liocourt dist. (4)

rosti 95 godina jednodobne sastojine. Gospodarenje sastojinom u prošlosti teklo je smjerom oponašanja prirodnih zakonitosti regularnih jednodobnih sastojina. Broj stabala jеле i bukve po hektaru je 294.

Koliko konkretna distribucija odstupa ili se poklapa s normaliziranim distribucijom za jednodobne sastojine može se odrediti pomoću koeficijenta asimetrije (β_1) i koeficijenta spljoštenosti (β_2).

Koeficijent asimetrije za konkretnu distribuciju prsnih promjera jеле, $\beta_1 = +0,39$, pokazuje da je distribucija blago pozitivno (lijevo) asimetrična, tj. vrijednost

medijane se nalazi lijevo od aritmetičke sredine sastojine (32,21 cm). Koeficijent asimetrije normaliziranog obilježja se kreće normalno od -1 do $+1$.

Koeficijent spljoštenosti, $\beta_2 = +2,52317$, tj. $\beta_2 < 3$, tj. $-0,47683$, pokazuje da je konkretna distribucija malo spljoštenija od normalne distribucije, što ukazuje na još uvijek veliko rasipanje prsnih promjera ($\sigma_a = 13,70$) oko srednjeg prsnog promjera mješovite sastojine jеле i bukve (32,21 cm).

Navedena distribucija prsnih promjera jеле i bukve u sastojini pokazuje karakterističnu strukturu regularne

jednodobne sastojine. Na takav zaključak ukazuje i izjednačena distribucija po Liocourtu:

$$N = 135,851 \cdot e^{-0,05261 \cdot d},$$

koja jako odstupa od normale i konkretne distribucije. Normala za mješovitu sastojinu jele i bukve bila bi 494 stabala po hektaru, odnosno $294 \text{ m}^3/\text{ha}$.

Iz grafikona 1 i tablice 3 može se zaključiti da je konkretnoj mješovitoj sastojini jele i bukve veliki manjak broja stabala po hektaru do debljinskog stupnja 30 u odnosu na normalu.

Višak stabala u konkretnoj sastojini u odnosu na normalu pokazuje se u svim debljinskim stupnjevima iznad 30 cm, osim u debljinskom stupnju 37,5 cm. Kako je s obzirom na konkretnu debljinsku strukturu raspoređen volumen sastojine po hektaru, pokazuju tablica 4 i grafikon 2.

Izjednačeni volumen konkretne sastojine Beta – funkcijom za jelu, bukvu i mješovitu sastojinu jele i bukve pokazuje zakonitost raspodjele volumena jednodobne sastojine, dok izjednačenje po funkciji Liocourta može poslužiti samo za usporedbu odstupanja od preborne strukture sastojine po projektiranoj normali. Zornu usporedbu distribucije volumena po hektaru navedenih distribucija izjednačenja u odnosu na normalu pokazuje grafikon 2.

Iz grafikona se zapaža da je manjak volumena konkretne sastojine u odnosu na normalu do debljinskog stupnja 30 cm, a u ostalim debljinskim stupnjevima pokazuje se višak volumena konkretne sastojine u odnosu na normalu.

Tablice 3 i 4, te grafikoni 1 i 2 mogu nam poslužiti kao putokaz u kojim debljinskim stupnjevima i koliko treba doznačiti stabala odnosno volumena za sječivi etat u razdoblju ophodnjice od 10 godina. Razliku između volumne strukture po debljinskim stupnjevima konkretne sastojine i normale za mješovitu sastojinu jele (0,6) i bukve (0,4) u odjelu 56a, pokazuje tablica 5.

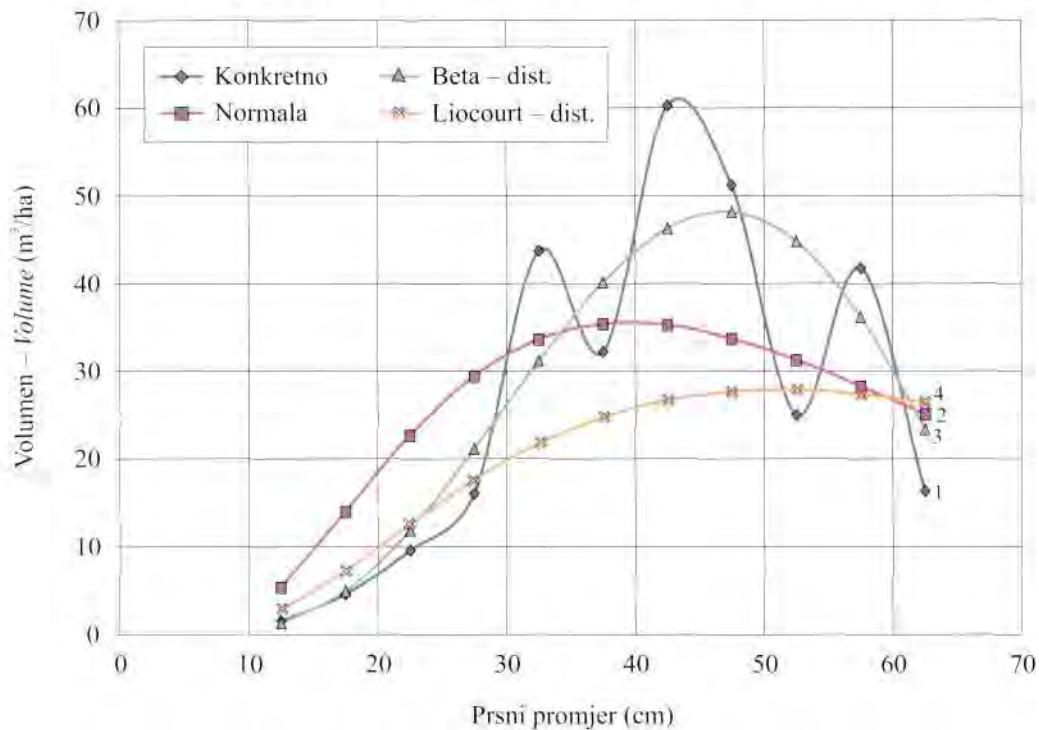
Konkretan volumen po hektaru sastojine 56a je za $28,40 \text{ m}^3/\text{ha}$ veći od postavljenе normale. Budući da se u debljinskim stupnjevima iznad 60 cm prsnog promjera nalazi $28,40 \text{ m}^3/\text{ha}$, to je poželjno da se doznaka i sječa obave u navedenom debljinskom razredu, ali i u debljinskom raz-

Tablica 4. Gospodarska jedinica "Zapadni Papuk II" – Management unit "Zapadni Papuk II"
Table 4. Distribucije volumena po hektaru u odjelu 56a – Distributions of volume per hectare in compartment 56a

Prsnji pronjer d (cm)	jela (0,6)			bulkva (0,4)			jela + bukva (0,6 + 0,4)			
	Volumen m^3/ha (konkretno)	Volumen m^3/ha (normala)	Volumen m^3/ha (Liocourt) (Beta dist.)	Volumen m^3/ha (konkretno)	Volumen m^3/ha (normala)	Volumen m^3/ha (Liocourt) (Beta dist.)	Volumen m^3/ha (konkretno)	Volumen m^3/ha (normala)	Volumen m^3/ha (Beta dist.)	Volumen m^3/ha (Liocourt)
12,5	0,33	2,74	0,18	0,97	1,25	2,60	1,14	1,73	1,58	5,34
17,5	1,67	8,63	1,92	3,39	2,91	5,27	3,03	3,73	4,58	13,90
22,5	4,30	14,13	5,79	6,19	5,31	8,43	6,09	6,28	9,61	22,56
27,5	8,05	18,79	11,42	8,96	7,96	10,81	9,71	8,55	16,02	29,60
32,5	27,34	21,54	17,86	11,44	16,36	11,81	13,29	10,19	43,70	33,35
37,5	18,91	22,46	23,85	13,51	13,31	16,28	11,16	32,22	35,77	40,13
42,5	27,15	22,36	28,11	15,12	33,07	12,86	18,18	11,50	60,22	35,22
47,5	41,48	22,82	29,57	16,25	9,70	12,13	18,59	11,34	51,19	34,95
52,5	15,68	20,90	27,62	16,94	9,29	9,29	17,19	10,82	24,97	30,20
57,5	22,50	19,28	22,34	17,25	19,26	7,71	13,86	10,05	41,76	26,99
62,5	11,63	15,50	14,65	17,22	4,69	9,38	8,71	9,14	16,32	24,89
67,5	9,20	0,00	6,50	16,92	5,61	0,00	2,51	8,17	14,81	0,00
72,5	5,39	0,00	0,82	16,40	0,00	0,00	0,00	5,39	0,00	0,82
Σ	193,63	189,16	190,63	160,56	128,74	103,60	128,59	102,67	322,37	292,76
									319,22	263,24

Gospodarska jedinica "Zapadni Papuk II", odjel 56 a
Management unit "Zapadni Papuk II", compartment 56a

jela 0,6 – (fir 0,6)
bukva 0,4 – (beech 0,4)



Grafikon 2. Distribucija volumena po hektaru, konkretno (1), normala (2), Beta dist. (3), Liocourtova dist. (4)
Graph 2. Distribution of volume per hectare, concrete (1), normal (2), Beta dist. (3), Liocourt dist. (4)

Jela = 0,6 Bukva = 0,4

Tablica 5

<i>d</i>	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5	52,5	57,5	62,5	67,5	72,5	Σ
Konkretno	1,6	4,6	9,6	16,0	43,7	32,2	60,2	51,2	25,0	41,8	16,3	14,8	5,4	322,4
Normala	5,4	13,9	22,6	29,5	33,6	35,4	35,4	33,9	30,8	28,4	24,1	0,0	0,0	294,0
Razlika	–	–	–	–	+	–	+	+	–	+	–	+	+	29,4
	3,8	9,3	13,0	13,5	10,1	3,2	24,8	17,3	5,8	13,4	7,8	14,8	5,4	

redu od 30 – 50 cm, u kojem je zastupljeno 58 % volumena po hektaru. U debljinskom razredu do 30 cm zastupljeno je 10 % volumena po hektaru, te u tom debljinskom razredu, osim sanitarnе njege, ne treba obavljati doznaku i sjeću, a iznad 50 cm prsnog promjera nalazi se 32% volumena po hektaru. Koliko je moguće doznačiti volumena po hektaru, pokazuju tablica 6 te grafikoni 3 i 4, u kojima je izračunata normala za konkretnu sastojinu.

U tablici 6 vidljivo je da je projektirani normalni broj stabala 494, te da ukupno 184 stabla priraste iz nižeg u viši debljinski stupanj u razdoblju desetogodišnje ophodnjice. Isti broj stabala distribuiran po debljinskim stupnjevima (u omjeru smjese jela 0,6, bukva 0,4) pomnožen s pripadajućim tarifnim nizovima za jelu i bukvu, daje prirasti volumen od 108,43 m³/ha. Ako se razlika broja stabala nižeg i višeg debljinskog stupnja podjeli s pripadajućim vremenom prijelaza (T) i po-

množi s 5, odnosno sa (1/2 · 10), dobit će se volumen od 61,65 m³/ha po debljinskim stupnjevima, koji će zbrojen s pripadajućim volumenima normale dati volumen sastojine po hektaru prije sjeće (355,22 m³/ha). Ako se isti volumen odbije od projektirane normale, dobit će se volumen sastojine po hektaru poslije sjeće (231,92 m³/ha). Razlika volumena prije i poslije sjeće je 123,30 m³/ha, što ukazuje na prosječan godišnji rast 12,33 m³/ha, odnosno 61,65 m³/ha za 5 godina, izračunat po vremenu prijelaza primijenjenog u Osnovi gospodarenja.

Distribuciju volumena po debljinskim stupnjevima za projektiranu normalu, te volumen prije i poslije sjeće pokazuje grafikon 4.

Iz distribucije volumena po debljinskim stupnjevima prije i poslije sjeće izračunata je distribucija broja stabala po debljinskim stupnjevima i ukupno prije sje-

će ($N_1 = 564$) i poslije sječe ($N_2 = 421$), kako pokazuje grafikon 3.

Projektirana normala broja stabla i volumena za konkretnu mješovitu sastojinu omjera smjese jele (0,6) i bukve (0,4) temelji se na ciljanom prsnom promjeru 60 cm "tehničke sječne zrelosti". Izračunata normala nema karakteristike idealnog volumnog rasporeda po debljinskim razredima ($< 30, 30 - 50, 50 >$) u omjeru 1(2) : 3 : 5, kako je to slučaj za izgospodarene preborne sastojine sa sječnom zrelošću od 85 cm. Omjer volumnih razreda za konkretnu projektiranu normalu u odjelu 56a je 2,4 : 4,7 : 2,9.

Prema projektiranom normalnom volumenu, $283,57 \text{ m}^3/\text{ha}$ moglo bi se doznačiti i posjeći $123,30 \text{ m}^3/\text{ha}$. Kako je već prije rečeno, moguće je doznačiti sav volumen iznad 60 cm prsnog promjera, tj. $28,40 \text{ m}^3/\text{ha}$, te ostatak $94,90 \text{ m}^3/\text{ha}$ na račun tekućeg desetogodišnjeg prirasta.

Ako se konkretnom volumenu, u odjelu 56a, od $322,40 \text{ m}^3/\text{ha}$ pribroji $61,65 \text{ m}^3/\text{ha}$, volumen sastojine prije sječe iznosit će $384,05 \text{ m}^3/\text{ha}$, a ako se od istog odbije $61,65 \text{ m}^3/\text{ha}$ dobit će se volumen sastojine $260,75 \text{ m}^3/\text{ha}$ poslije sječe. Pretpostavlja se da je prirasli petogodišnji volumen raspoređen po debljinskim stupnjevima, kao i distribucija konkretnog volumena u vrijeme izmjere sastojine (1996. godine).

Međutim, kako je to vidljivo u tablici 7, doznaka i sječa volumena jele i bukve obavljena je po debljinskim stupnjevima u količini od $61,09 \text{ m}^3/\text{ha}$ ($39,36 \text{ m}^3$ jele + $21,65 \text{ m}^3$ bukve), te je poslije sječe ostao volumen sastojine $325,66 \text{ m}^3/\text{ha}$, dakle malo veći nego u doba izmjere ($322,40 \text{ m}^3/\text{ha}$). Kakva je raspodjela volumena prije i poslije sječe u odnosu na normalu pokazuje grafikon 4.

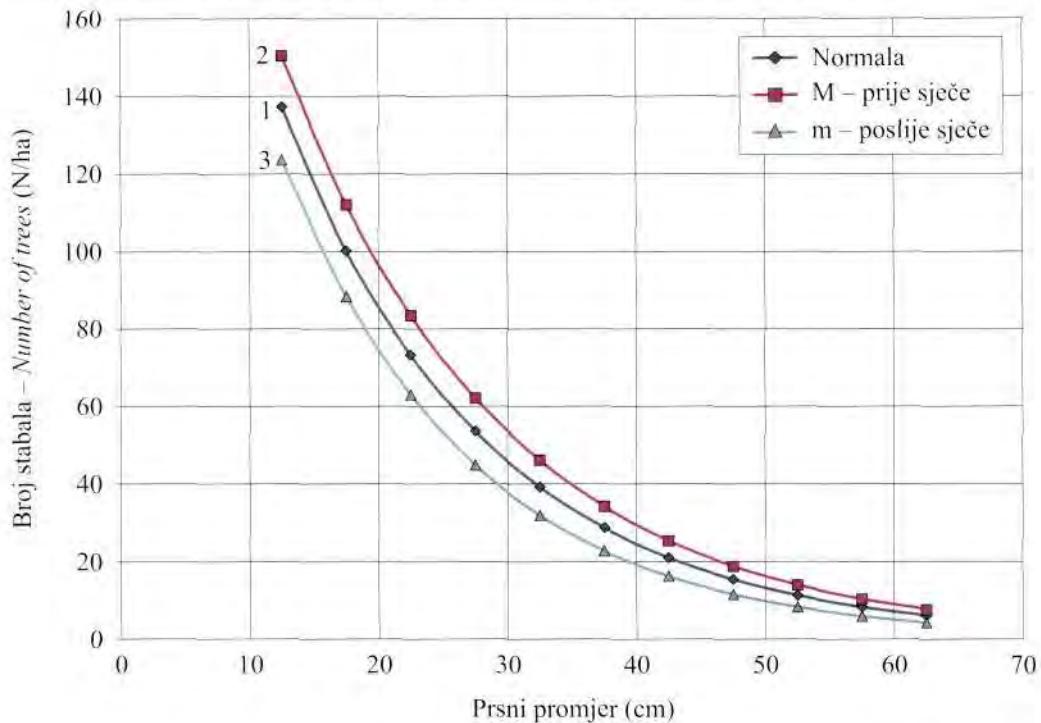
Iz tablice 7 i grafikona 4 može se zaključiti da doznaka i sječa u mješovitoj sastojini jele i bukve nije obavljena po načelima koja bi omogućila postupno prevodenje jednodobne u prebornu strukturu sastojine. Projektirani i izvedeni sječivi etat obavljen je malim intenzitetom (14,76 %) i u debljinskim stupnjevima koji su po rasporedu volumena adekvatni temeljnoj, jednodobnoj sastojini. Poslije doznake i sječe ostao je znatan volumen sastojine u debljinskom stupnju iznad 60 cm, a sječa

Tablica 6. Gospodarska jedinica "Zapadni Papuk II" – Management unit "Zapadni Papuk II"
Table 6 Normalni volumen po hektaru u odjelu 56a prije sječe – Normal volume per hectare in compartment 56a before cutting and after cutting

Prsn promjer cm	Vrijeme prelaza $j(0,6), b(0,4)$	Tarifni niz(v) bukva	Tarifni niz(v) jele	Normala N $j(0,6), b(0,4)$	ΔN	$\Delta N \cdot v$	$\frac{(\Delta N \cdot v)}{T}$	Normala v $j(0,6), b(0,4)$	$\frac{(\Delta N \cdot v)}{T}$	Prije sječe M(m ³)	Broj stabala prije sječe N_1	Poslije sječe m(m ³)	Broj stabala poslije sječe N_2
12,5	19,8	0,04811	0,03301	137	53	2,07	0,10	5,35	0,52	5,87	150	4,83	124
17,5	15,7	0,13868	0,13918	100	37	5,14	0,33	13,93	1,64	15,57	112	12,29	88
22,5	13,1	0,31228	0,30716	73	27	8,35	0,64	22,64	3,18	25,82	83	19,46	63
27,5	11,4	0,56893	0,53695	54	19	10,45	0,91	29,38	4,57	33,95	62	24,81	45
32,5	10,2	0,90861	0,82855	39	15	12,91	1,27	33,56	6,35	39,91	46	27,21	32
37,5	9,2	1,33134	1,18196	29	10	12,42	1,35	35,36	6,75	42,11	34	28,61	23
42,5	8,4	1,83710	1,59718	21	8	13,55	1,61	35,22	8,03	43,25	26	27,19	16
47,5	7,8	2,42591	2,07421	16	5	11,07	1,42	33,67	7,09	40,76	18	26,58	12
52,5	7,3	3,09775	2,61305	11	5	14,03	1,93	31,21	9,64	40,85	15	21,57	8
57,5	6,8	3,85264	3,21370	8	3	10,41	1,52	28,22	7,62	35,84	10	20,60	6
62,5	6,4	4,69056	3,87616	6	2	8,40	1,30	25,03	6,52	31,55	8	18,51	4
67,5	6,1	5,61153	4,60043	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0
72,5	5,8	6,61553	5,38651	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0
77,5	5,5	7,70258	6,23440	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0
Σ				494	184	108,80	12,38	293,57	61,91	355,48	564	231,66	421

Gospodarska jedinica "Zapadni Papuk II", odjel 56 a
Management unit "Zapadni Papuk II", compartment 56a

jela 0,6 – (fir 0,6)
bukva 0,4 – (beech 0,4)

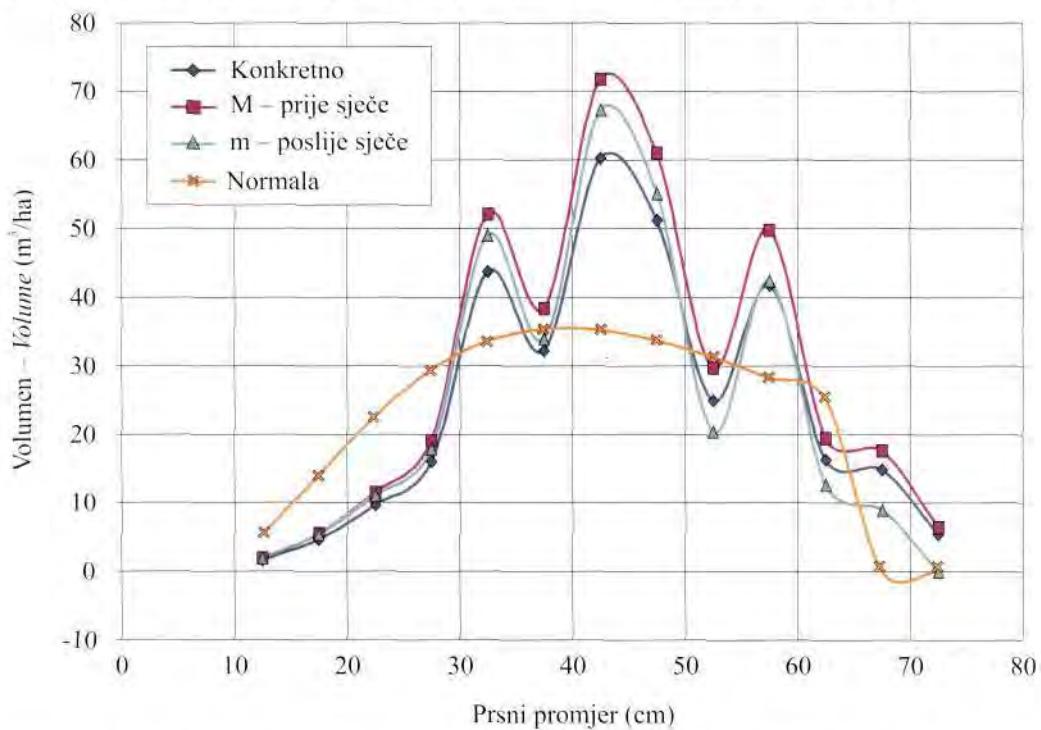


Grafikon 3. Distribucija prsnih promjera po hektaru prema vremenu prijelaza (T), normala (1), prije sječe (2), poslije sječe (3)

Graph 3. Distribution of breast diameter per hectare, normale (1), before cutting (2), after cutting (3)

Gospodarska jedinica "Zapadni Papuk II", odjel 56 a
Management unit "Zapadni Papuk II", compartment 56a

jela 0,6 – (fir 0,6)
bukva 0,4 – (beech 0,4)



Grafikon 4. Distribucija volumena po hektaru, konkretno - (1), volumen prije sječe (M), volumen poslije sječe (m), normala (4)

Graph 4. Distribution of volume per hectare, concrete (1), volume before cutting (M), volume after cutting (m), normal (4)

nije obavljena niti u debljinskim stupnjevima između 40 – 50 cm, u kojima je to bilo moguće, te dijelom kao sanitarna njega i selekcija lošijih stabala u nižim debljinskim stupnjevima. Prema projektiranoj normali moglo bi se doznačiti i posjeći etat od 123,30 m³/ha.

Tablica 7. Distribucija volumena po hektaru, konkretno (1), volumen prije sječe (M), volumen poslije sječe (m), normala (4)
Table 7 Distribution of volume per hectare, concrete (1), volume before cutting (M), volume after cutting (m), normal (4)

Prsn i promjer d (cm)	Volumen m ³ /ha Konkretno (1)	$\frac{(\Delta N \cdot v)}{T} \cdot 5$	Prije sječe M (m ³)	sječa jela 2000. g.	sječa bukva 2000. g.	sječa jela + bukva 2000. g.	Poslije sječe m (m ³)	Normala (4) V j (0,6), b (0,4)
12,5	1,58	0,30	1,88	0,00	0,00	0,00	1,88	5,35
17,5	4,58	0,88	5,46	0,02	0,05	0,07	5,39	13,93
22,5	9,61	1,84	11,45	0,24	0,17	0,41	11,04	22,64
27,5	16,02	3,06	19,08	0,24	0,96	1,20	17,88	29,38
32,5	43,70	8,36	52,06	1,51	1,56	3,07	48,99	33,56
37,5	32,22	6,16	38,38	1,67	2,72	4,39	33,99	35,36
42,5	60,22	11,52	71,74	1,69	2,83	4,52	67,22	35,22
47,5	51,19	9,79	60,98	1,90	3,99	5,89	55,09	33,67
52,5	24,97	4,78	29,75	5,47	3,87	9,34	20,41	31,21
57,5	41,76	7,99	49,75	4,41	2,93	7,34	42,41	28,22
62,5	16,32	3,12	19,44	4,89	1,90	6,79	12,65	25,03
67,5	14,81	2,83	17,64	8,39	0,32	8,71	8,93	0,00
72,5	5,39	1,03	6,42	10,03	0,44	9,34	0,00	0,00
Σ	322,37	61,66	384,03	40,46	21,76	61,09	325,86	293,57

RASPRAVA I ZAKLJUČCI – Discussion and conclusions

Analizom strukture mješovite sastojine jеле i bukve u odjelu 56a, gospodarske jedinice "Zapadni Papuk II", te biometrijskih pokazatelja kojima se potkrepljuje uvid u strukturu i normalitet sastojine, može se projektirati i poboljšati način izrade Osnove gospodarenja i predložiti način budućeg gospodarenja.

Za svaku sastojinu jеле i bukve potrebno je izračunati normalnu distribuciju broja stabala i volumena na temelju dominantnih visina i pripadajućeg boniteta.

Za određivanje normale broja stabala i volumena relevantan čimbenik je omjer smjese u mješovitoj sastojini jеле i bukve. Zato je nužno taksacijsku izmjedu sastojine predviđenu za preborno gospodarnje obaviti klupiranjem svih stabala, a ne metodom primjernih površina koje ne daju dovoljno točan podatak o relativnom odnosu pojedinih vrsta drveća u sastojini. Osim dominantnih visina stabala, valja obaviti snimanje visina u svim debljinskim stupnjevima, kako bi se obavio pravilniji izbor tarifnog niza, odnosno boniteta, jer je sastojinama u prethodnom razdoblju gospodareno po načelima regularnih jednodobnih sastojina. Prilikom rekognosciranja sastojine utvrditi eventualno obilje je-

Rekognosciranjem sastojine utvrđeno je da se doznaka i sječa obavila stabilno i to se nisu stvorili uvjeti za prirodnu regeneraciju sastojine prebornog karaktera. Moglo bi se zaključiti da je u sastojini ustvari doznam i sjećom 2001. godine obavljena njega proredom.

lovog pomlatka pod stablima bukve koji nije obuhvaćen taksacijskim mjerjenjem.

Za utvrđivanje parametara gospodarenja (smjernica i sjećivog etata) treba obaviti biometrijsku analizu strukture konkretnе sastojine, tj. izračunati srednje plošno i srednje kubno stablo, oblik distribucije prsnih promjera stabala (Beta – distribucija, Liocourtova – distribucija), te ih usporediti s normalnom distribucijom broja stabala i volumena, kako je to prikazano u tablicama 3,4,6 i 7, te grafikonima 1 do 4.

Sjećivi etat u prostoru i vremenu mora se temeljiti na relevantnom debljinskom i volumnom prirastu, vremenu prijelaza stabala i priljevu stabala, odnosno volumenu po jedinici površine. Zato je nužno vrijeme prijelaza i tečajni prirast za svaku vrstu drveća izmjeriti jednom od mjernih metoda (metoda izvrtaka, analiza stabla, kontrolna metoda).

Kod utvrđivanja priljeva stabala u sastojinama jеле i bukve na Papuku postoje teškoće, jer gotovo da i ne postoji cjelovita sastojina koja ima karakter normalne preborne sastojine. Postoje manje površine na kojima bi se načelno mogla obaviti izmjera priljeva stabala.

Priljev stabala za sada može samo načelno služiti kao usporedba kod određivanja sječivog etata i prirasta sastojine po jedinici površine.

Sječivi etat nužno je određivati za svaki odsjek posebno, a ukupni sječivi etat koji se izračunava po formuli: $E = M \cdot ((1 - (1/1,0 \cdot p^t)) \cdot f)$ za sve preborne sastojine (odsjeke) može poslužiti kao kontrola i korektiv po odsjecima određenog sječivog etata.

U Osnovi gospodarenja, u mješovitoj sastojini jele i bukve, u odjelu 56a izračunat je volumen statistički primjernim površinama (krugovima), $363 \text{ m}^3/\text{ha}$ uz primjenu "lokalnih tarifa" za jelu i bukvu, koje za isti odsjek daju veći volumen za 2,68 % od Šurićevih tarifa za III bonitet, te bi po "lokalnim tarifama" projektirani normalni volumen (normala) trebao biti $331,04 \text{ m}^3/\text{ha}$ ($208,04 \text{ jele m}^3/\text{ha} + 123,00 \text{ m}^3/\text{ha}$ bukve).

Bez obzira na prethodnu starost sastojine i omjer smjese jele i bukve u svim sastojinama predviđenim za preborno gospodarenje u g.j. "Zapadni Papuk II", postavljen je isti normalni volumen, $321 \text{ m}^3/\text{ha}$, a na temelju postotka prirasta i volumena po hektaru za svaki odsjek izračunat je desetogodišnji prirast. Primjenjujući intenzitet za sječivi etat izražen postotkom (od 10 do 20 %) na temeljni volumen po hektaru, za svaki od-

sjek izračunat je sječivi etat i raspoređen po debljinskim razredima ($<30, 30 - 50, > 50 \text{ cm}$). Za odjel 56a primijenjen je intenzitet 17% na temeljni volumen od $363 \text{ m}^3/\text{ha}$ i određen sječivi etat u količini $61,99 \text{ m}^3/\text{ha}$, (60% prirasta), koji je raspoređen u debljinski razred od $30 - 50 \text{ cm}$, u količini $31,99 \text{ m}^3/\text{ha}$, a iznad 50 cm $30,00 \text{ m}^3/\text{ha}$. Iako volumen (vjerojatno pogrešno izračunat) $363 \text{ m}^3/\text{ha}$ dozvoljava da se posiječe razlika $42 \text{ m}^3/\text{ha}$ i polovica tekućeg prirasta $52 \text{ m}^3/\text{ha}$, dakle ukupno $94 \text{ m}^3/\text{ha}$, etat je određen oprezno tj. $62 \text{ m}^3/\text{ha}$, a doznaka i sječa obavljene su u količini $61 \text{ m}^3/\text{ha}$.

Koliko je važno odrediti bonitet sastojine i odabrati pripadajući tarifni niz, vidljivo je iz podataka dobivenih primjenom tarifnih nizova za II i III bonitet po Šuriću, koje pokazuje tablica 8. Ukupna razlika u normalama za II i III bonitet za konkretnu mješovitu sastojinu jele i bukve, odjel 56a je $38,47 \text{ m}^3/\text{ha}$.

Određivanjem etata u navedenom slučaju odjela 56a, intenzitetom i količinom $62 \text{ m}^3/\text{ha}$ a doznakom i sječom $61 \text{ m}^3/\text{ha}$ u debljinskim stupnjevima kako to pokazuje tablica 7 i grafikon 4, nemoguće je dotičnu jednodobnu sastojinsku strukturu u primjerenom razdoblju prevesti na preborno strukturu gospodarenja.

Tablica 8. Gospodarska jedinica "Zapadni Papuk II", odjel 56a.

Usporedba normala volumena za II i III bonitet jele i bukve po Šuriću

Table 8 (Comparasion sof normal volume per hectare, for Šurić's II and III site classes)

Prsni promjer d (cm)	Broj stabala (n) (normala) jela	Broj stabala (n) (normala) bukva	Normala II m ³ j (0,6) b (0,4)	Normala III m ³ j (0,6) b (0,4)	Razlika m ³ II – III (j + b)
12,5	138,67	135,11	4,98	5,35	-0,37
17,5	103,42	95,46	15,53	13,93	1,60
22,5	77,14	67,44	25,78	22,64	3,14
27,5	57,53	47,65	33,55	29,38	4,17
32,5	42,91	33,67	38,29	33,57	4,73
37,5	32,00	23,79	40,27	35,36	4,90
42,5	23,87	16,81	40,02	35,22	4,80
47,5	17,80	11,87	38,19	33,68	4,51
52,5	13,28	8,39	35,33	31,21	4,12
57,5	9,90	5,93	31,89	28,23	3,67
62,5	7,39	4,19	28,24	25,03	3,20
Σ	523,90	450,31	332,07	293,60	38,47

Broj stabala (normala) – jela $N = 288,64476 \cdot e^{-0,05865 \cdot d}$

Broj stabala (normala) – bukva $N = 322,01947 \cdot e^{-0,06948 \cdot d}$

Tarifni niz za II bonitet po Šuriću:

$$\text{jela } v = -0,025 - 0,01318 \cdot d + 0,001336 \cdot d^2$$

$$\text{bukva } v = 0,244 - 0,038324 \cdot d + 0,0019068 \cdot d^2$$

Tarifni niz za III bonitet po Šuriću:

$$\text{jela } v = 0,038 - 0,015852 \cdot d + 0,0012362 \cdot d^2$$

$$\text{bukva } v = 0,185 - 0,031711 \cdot d + 0,0016608 \cdot d^2$$

Sastojine bukve i jele, koje su u doba uređivanja gospodarske jedinice bile u stadiju pomlatka i mladika (I dobni razred) može se prema procjeni omjera smjese svrstavati u preborne sastojine, ukoliko se ocijeni da je stanište tipično za mješovite sastojine bukve i jele.

Budući da se među predloženim sastojinama za preborni gospodarenje u gospodarskoj jedinici "Zapadni Papuk II" nalazi i dio sastojina koje su bile srednjodobne (od 40 do 80 godina), potrebno je s oprezom obaviti usporedbu modelne normalne sastojine i konkretnе sastojine te propisati postupke gospodarenja prostorno i vremenski.

Dio sastojina predviđenih za preborni gospodarenje bilo je starije od 80 godina te za njih valja propisati postupke gospodarenja kojima će se u kraćem razdoblju (30 – 50 godina) prevesti u prebornu strukturu gospodarenja.

Slijedom navedenoga predlaže se da se nakon razvrstavanja sastojina po omjeru smjese, bonitetima i pretodnoj dobroj strukturi utvrde relevantni biometrijski strukturni parametri, koji su usporedivi s postavljenim modelima normalne strukture preborne sastojine po broju stabala i volumena po jedinici površine. Predlaže se detaljnije izlučivanje odsjeka preborne strukture.

Mješovitim sastojinama jele i bukve koje su po taksacijskim i biometrijskim parametrima ispod modelnih normalnih sastojina preborne strukture, treba gospodariti tako da je sječivi etat manji od 50 % prirasta, sve do postizanja normalnog volumena po hektaru.

Sječu provoditi tijekom desetogodišnje ophodnjice u debljinskom razredu iznad 60 cm "tehničke zrelosti" i provesti sanitarnu sječu. Na površinama tanje debljinske strukture provoditi selektivnu proredu i čišćenje te njegu pomlatka i mladika u grupama. Po mogućnosti, na cijeloj površini odsjeka formirati grupimičnu strukturu u grupama površine koja ima promjer 2/3 – 4/3 visine dominantnih stabala, uspoređujući npr. konkretnu distribuciju prsnih promjera sastojine s Beta – distribucijom broja stabala i volumena s modelnom normalom.

U sastojinama koje su po volumenu iznad modelnih normala odrediti sječivi etat intenzitetom većim od tečajnog prirasta, do vremena postizanja normalnog volumena.

Sječu obavljati tijekom desetogodišnje ophodnjice, osobito u doba uroda jele i bukve, u grupama. Grupe formirati na površini koja ima promjer 1 – 1,5 visine dominantnih stabala. Treba doznačivati i sjeći stabla jele i bukve iznad 60 cm, provoditi sanitarnu sječu i sječu u debljinskim stupnjevima koji imaju višak stabala i volumena u odnosu na Beta – distribuciju i modelnu normalu, kako to pokazuje tablica 6 i grafikon 3.

U sastojinama koje imaju volumen po hektaru oko modelne normale sječivi etat odrediti intenzitetom od 50 – 100 % tečajnog prirasta, vodeći računa o ekološkim uvjetima, stabilnosti i vitalnosti sastojine. Poželjno je da srednji prjni promjer takvih sastojina bude u debljinskom stupnju većem od 32,5 cm, a temeljnica oko 32 m². Primjer za određivanje sječivog etata u takvim sastojinama je navedeni odjel 56a, čija struktura, taksacijski i biometrijski parametri pokazuju da je sječivi etat mogao biti u visini tečajnog prirasta (104,10 m³/ha, po Osnovi gospodarenja) u vremenu prije sječe. Da se sječivi etat određiva po formuli: $E = V/3T$, tj. etat je jednak kvocjentu volumena sastojine po hektaru i trostrukog vremena prijelaza (322/30 = 107), mogao je biti određen u količini 107 m³/ha. U ukupni sječivi etat, a prilikom doznake stabala za sječu, treba svakako ubrojiti bolesna i suha stabla jele i bukve.

Kako, kada, gdje i koliko sjeći, pokazuje analiza navedene sastojine, odjel 56a, s pripadajućim tablicama i grafikonima.

I za takve sastojine čiji je volumen po hektaru blizu projektirane normale predlaže se da se sječa obavlja u grupama, na površini kojoj je promjer 2/3 – 4/3 visine dominantnih stabala, u vrijeme dobrog uroda sjemena jele i bukve. Usporedo sa sječom "tehnički zrelih" stabala iznad 60 cm prsnog promjera obavljati prorjeđivanje u grupama, njegu i čišćenje pomlađenih površina i proširivanje postojećih grupa pomlatka sječom rubnih stabala.

Usporedba i analiza taksacijskih i biometrijskih parametara dobivenih ponovnim mjeranjem u istoj sastojini odjela 56a s navedenima u članku bit će prikazana u idućem članku.

LITERATURA – References

- Cestar, D. i ostali, 1986: Bukva i bukove šume Hrvatske, Radovi broj 69, Šumarski institut Jastrebarsko
- Đuričić, I. 1994: Prirodna obnova sastojina obične bukve, "Hrvatske šume", Zagreb Gospodarska jedinica, "Zapadni Papuk II", Osnova gospodarenja (1996 – 2005).
- Hren, V. i Kovačić, Đ. 1987: Normalna raspodjela stabala po debljinskim stupnjevima i dobним razredima...; Radovi, šumarski institut Jastrebarsko
- Klepac, D. 1963: Rast i prirast šumskih vrsta drveća i sastojina, Nakladni zavod, Znanje, Zagreb.

- Klepac, D. 1965: Uređivanje šuma, Nakladni zavod Znanje, Zagreb
- Kovačić, Đ. 1981: Raspodjela učestalosti broja staba i drvne mase kao mjera unapređenja šumske proizvodnje u nekim prirodnim sastojinama hrasta lužnjaka u Hrvatskoj, Zagreb, 1981(disertacija).
- Matić, S. 1991: Njega šuma proredom, Šumarski fakultet, Hrvatske šume, Zagreb
- Meštrović, Š. i Fabijanić, G. 1995: Priručnik za uređivanje šuma, Ministarstvo poljoprivrede i šumarstva Hrvatske, Zagreb
- Obična jela u Hrvatskoj (Silver fir in Croatia), 2001, Akademija šumarskih znanosti, Zagreb, Hrvatske šume, Zagreb
- Pranjić, A. i Lukić, N. 1997: Izmjera šuma, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb, 1997.
- Serdar, V. 1966: Udžbenik statistike, Školska knjiga – Zagreb
- Špiraneć, M. 1975: Prirasno prihodne tablice (jela, bukva, grab...), Šumarski institut Jastrebarsko, Zagreb

SUMMARY: Mixed stands of silver fir and beech on Papuk (*Abieti – Fagetum pannonicum* Rauš 1969) recently were management as regular forests, and regeneration was made in way of shelter wood cutting. Biological and ecological means of silver fir and beech point to possibility of doing management in selection forest way, which will increase ecological stability and better use of soil and climate characteristics.

Important participants of selection management are biological characteristics in forest associations of silver fir regenerates in smaller or bigger groups, very often under the beech trees and opposite, beeches are regenerated in groups under thin treetops of silver fir.

Silver fir can tolerate shade very good and photosynthesis is being made under high-frequency of lower light waves. By humification of organic substance in stand, the layer of carbon dioxide is being made in height of forty centimeters which has good influence on growth of silver fir seedlings and young plants because reinforcement of assimilation and photosynthesis.

Vertical structure of selection stand makes better use of assimilative tree surfaces for photosynthesis possible, and root zone is also optimally developed for better use of producing capability of soil.

Results of higher ecological stability and biological sign of selection stands of silver fir and beech are optimal products of stem wood and equalized balance of management.

As manage example of selection stand of silver fir and beech on Papuk we took forest compartment 56a in management unit "Zapadni Papuk II", on the surface of 15,10 hectares and with 60 % silver fir and 40 % of beech.

According to Mayer "balanced selection forest" is the one where the course increase can be used over a period of time (for example rotation period of 10 years) so that there is always the same distribution of volume in stand.

Liocourt discovered in 1898 that number of trees in selection forest reduced from lower to higher diameter class by the law of geometrical line.

Multiplication (q) of numbers of trees lower and higher diameter class is number higher than one ($q > 1$) and it's called Liocourts multiplication.

For dominant high of trees of 33 meters and site class III by Šurić and with Sustems coefficient for silver fir ($q = 1,3408$) and Collets for beech ($q = 1,4154$) normal number of trees and normal stand basal area for diameter classes have been calculated.

According to Mayers function of thickness are calculated the functions for normal numbers of trees for silver fir and beech for forest compartment 56a, this way:

$$N = 288,64476 \cdot e^{-0,05865 \cdot d} \dots \text{silver fir} \dots 524 \text{ trees}$$

$$N = 322,01947 \cdot e^{-0,06948 \cdot d} \dots \text{beech} \dots 450 \text{ trees}$$

$$N = 297,34888 \cdot e^{-0,06225 \cdot d} \dots \text{silver fir (0,6)} + \text{beech (0,4)} \dots 495 \text{ trees}$$

Tariff line of site class III for silver fir and beech can bee made through this functions:

$$v = 0,38 - 0,015852 d + 0,0012362 d^2 \dots \text{silver fir}$$

$$v = 0,185 - 0,031711 d + 0,0016608 d^2 \dots \text{beech}$$

With help of Mayer function of thickness and function for tariff line for site class III by Šurić, the normal stem wood is calculted 317 m³/ha for silver fir; 258 m³/ha for beech and 294 m³/ha for mixed population of silver fir (0,6) and beech (0,4).

Transition time for mixed forest silver fir and beech is given for diameter classes and decrease in higher classes. The average are 9 years for beech and 11 years for silver fir. For the forest compartment 56a it is equalized by exponential function:

$$T = 177,47288 \cdot d^{-0,81033}.$$

From distribution of diameter classes for silver fir and beech arithmetic middle is calculated this way: $d_a = 32,21$ cm, and arithmetic middle volume 1,00 m³. Standard deviation of diameter classes is: $\sigma_a = 13,70$

According to earlier type of management as regular stands, curve of distribution of diametar classes have a shape of bell. Correction of distribution for diameter classes is made with Beta – distribution:

$$f(d) = 0,0171091 \cdot \Sigma((d - 10,0)^{0,433} \cdot (75,0 - d)^{1,679})$$

Number of trees per hectare is shown in table number 5. Curve of equaling is asymmetric on the left side (positively) because of the exponent $\alpha < \gamma$ ($\alpha = 0,433$, and exponent $\gamma = 1,679$).

Normal distribution of diameter classes is asymmetrically bell shaped and it stands for 95-year-regular stand. Management of stand in past was made acording to nature laws of regular stand. Number of trees per hectare is 294.

Mentioned distribution of diameter classes for silver fir ond beech in stand shows characteristic structure of regular stand. We can get that conclusion from equal distribution by Liocourt:

$$N = 135,851 \cdot e^{-0,05261 \cdot d},$$

which devates a lot from normal and mentioned distribution (graph 1).

According to projected normal volume of 293,57 m³/ha and increase over 10 years we can cut (as much as) 123,30 m³/ha. It is possible to mark a whole volume over diameter of 60 cm (28,40 m³/ha) and other 94,90 m³/ha on account 10 years growth (table 5).

Volume of trees cutting is necessary to make for each forest compartment, and wholw volume for cutting which can be calculated by formula:

$$E = M \cdot ((1 - (1/1,0 \cdot p^t)) \cdot f,$$

for all forest compartments and can be used for checking and correcting volume for cutting in each compartment.

It is recommended that after classifying stands according to site class, volume proportion and previous age structure we have determine relevant structural biometric parameters which can be comparated to placed models of normal structure in selection system by number of trees and volume per hectare. It is necessary to determine the details of forest compartments selection.

Mixed forest associatons of silver fir and beech, which are by measurements and biometrical parameters under model of normal selection stands,

need to be managed so that we can cut only 50 % of increment until we reach normal volume per hectare.

Cutting should be done in 10 years rotation in diameter classes over 60 cm (technically maturity) and we must remove dead trees too.

We must form group structure in areas of 2/3 to 3/4 height of dominant trees, comparing, for example, concrete distribution with Beta – distribution of numbers of trees and volume with normal model.

In stands which volume is over the average we must do cutting more intensively which is higher than growth, until we reach normal volume. Cutting must be done in groups in the year when there is good crop of seed and must be done during 10 years. Groups must be formed in the areas of diameter 1 to 1,5 height of dominant trees.

We should mark and cut silver fir and beech trees which have diameter over 60 cm and diameter classes (technically maturity) where there are more trees and volume than in Beta – distribution or normal model, and also we must do sanitary cutting, as it shown in the graph 3 and table 6.

In stands which have normal volume per hectare we can cut about 50 to 100 % of increment, but we must take care of stability, vitality and ecological condition. In these stands it is desirable that middle diameter class is about 32,5 cm and basal area about 32 m².

Example for definition of permissible cut is mentioned forest compartment 56a, which structure and biometrical parameters shows that that permissible cut can be almost the same as increment (104,10 m³/ha by Management plan) in the time before cut.

If we determined permissible cut in compartment 56a by the formula $E = V/3T$, where permissible cut is equal volume per hectare divided with a transition time multiplied with 3. In this way permission cut would be determined in amount 107 m³/ha ($322/10 \cdot 3$).

In whole permissible cut we must always add dead and sick trees.

Key words: regular forest association, shelterwood cutting, selection structure and selection management, biometrical parameters, middle breast diameter, middle volume of trees, Beta distribution, Liocourt's distribution, tariffs, transition time, ten – year increment, normal wood volume before felling and after felling per hectare.