

PRILOG ODREĐIVANJU NORMALA ZA MJEŠOVITE PREBORNE SASTOJINE U PANONSKIM ŠUMAMA BUKVE I JELE

THE CONTRIBUTION TO DETERMINING BASIC NORMALS FOR MIXED SELECTION FOREST OF BEECH AND SILVER FIR IN PANNONIAN MOUNTAINS

Juraj ZELIĆ*, Berislav PUAČA**

SAŽETAK: Biološke i ekološke karakteristike bukve i jеле ukazuju na mogućnost gospodarenja šumskim sastojinama prebornim načinom i u pannonskim bukovo-jelovim šumama. Takve sastojine ekološki su stabilnije od jednodobnih sastojina, a bolje se koriste edafski i klimatski uvjeti staništa.

U gospodarskoj jedinici "Zapadni Papuk II", u odjelu 56a, u mješovitoj sastojini bukve i jеле kojom se gospodariло по načelima jednodobnih reguralnih sastojina, utvrđene su normale za mješovite preborne sastojine.

Za određivanje dominantnih visina bukve i jеле korišten je "švedski model", po kojemu je dominantna visina definirana srednjim prsnim promjerom vrste drveće u sastojini, uvećanim za standardnu devijaciju ($d_{\text{dom}} = d_s + \sigma$).

Za utvrđivanje normale volumena, temeljnica i prsnog promjera za dimenziju fiziološke zrelosti i Liocourtovog koeficijenta regresije (q), korištene su Sussmeloove koralacije za jelu i Colletove za bukvu.

Pomoću utvrđenih dominantnih visina i određenih koeficijenata geometrijske progresije (q) za bukvu (1,4693) i jelu (1,3651) određeni su osnovni nizovi stabala po debljinskim stupnjevima do fiziološke zrelosti i sječne zrelosti. Osnovni niz broja stabala po debljinskim stupnjevima sječne zrelosti za bukvu i jelu prikazan je Mayerovom funkcijom ($N = k e^{-ad}$).

Sastojinska visinska krivulja za bukvu i jelu izjednačena je po funkciji Mihajlova, a lokalni volumni nizovi (tarife) utvrđeni su po Špirančevim 1975, 1976 funkcijama za bukvu i jelu.

Normala volumena za bukvu i jelu određena je pomoću normale broja stabala i lokalnog volumognog niza (tarife).

Normala broja stabala i normala volumena po debljinskim stupnjevima mješovite preborne sastojine bukve i jеле do sječne zrelosti 60 cm (njemački debljinski stupanj 57,5 cm) utvrđena je na temelju omjera smjese bukve (53 %) i jеле (47 %).

Izmjereno vrijeme prijelaza po debljinskim stupnjevima za bukvu i jelu izjednačeno je eksponencijalnom funkcijom ($T = a + d^b$), a postotak volumognog tečajnog godišnjeg prirasta logaritamskom jednadžbom ($p_t = a - b \log$).

Utvrđene normale za mješovitu prebornu sastojinu predloženim načinom neznatno se razlikuje od normala za mješovite preborne sastojine bukve i jеле

* Mr. sc. Juraj Zelić, dipl. ing. šum., "Hrvatske šume", d.o.o., Požega

** Mr. sp. Berislav Puača, dipl. ing. šum., "Hrvatske šume", d.o.o., Požega

utvrđene Klepčevim (1961) "Novim sistemom..." uz pomoć III. Šurićevog boniteta.

Ključne riječi: Srednji prsni promjer, dominantna visina, švedska metoda, normala, Liocourtova distribucija, tarife, vrijeme prijelaza, periodički prijelaz volumena, 10-godišnji volumni prirast, normalni volumen prije i poslije sječe.

UVOD – Introduction

U važećem Pravilniku za uređivanje šuma (Meštrović i Fabijanić 1995) navode kako se kod prebornih šuma normalitet iskazuje normalama ili tablicama po ekološko-gospodarskim tipovima, a može se odrediti korelacijama ili obračunati formulama.

Sussmel je eksperimentalno utvrdio da se volumen jele po hektaru u prebornim sastojinama može prikazati kao zavisna varijabla u eksponencijalnoj funkciji oblika: $V = a * h^b$, u kojoj su a i b parametri, a h je srednja visina dominantnih stabala. Isti autor je utvrdio da se navedenom funkcijom može izračunati i temeljnica po hektaru, $G = a * h^b$.

Sussmel daje za sve jelove preborne sastojine srednje Europe funkcije za optimalan volumen po hektaru i optimalnu temeljnici: volumen, $V = 0,345 h_{dom}^{1,99}$, temeljnica, $G = 0,92 h_{dom}^{1,015}$, te maksimalni prsni promjer za fiziološku (fizičku) zrelost stabla $d_{max} = 2,64 h_{dom}$.

Collette je, analogno Sussmelu, izračunao funkcije za utvrđivanje optimalnog volumena i temeljnica po hektaru za bukvu: volumen, $V = h_{dom} / 4,23$, temeljnica, $G = 0,73 h_{dom}$, te maksimalni prsni promjer za fiziološku (fizičku) zrelost stabla $d_{max} = 2,33 h_{dom}$.

Na temelju navedenih korelacija i Šurićevih bonitetnih razreda, Klepac (1961) izrađuje osnovne normale za bukvu i jelu, uz fiziološku (fizičku) zrelost i za dimenziju zrelosti 60 cm. Normale iskazuju stanje u sredini ophodnjice.

Pojam dominantne visine šumske sastojine među prvima je definirao Weise, kao srednju visinu najjačeg debljinskog razreda. Prema Eraslanu, dominantna visina je aritmetička sredina najviših stabala u sastojini, a Badoux kaže da je dominantna visina u prebornoj šumi definirana visinom koju mogu postići najdeblja stabla glavne vrste drveća.

Zanimljiv je način određivanja dominantne visine švedskih šumara prema srednjem prsnom promjeru sastojine d_s i njegovoj standardnoj devijaciji σ . Dominantna visina je visina stabla promjera $d_{dom} = d_s + \sigma$.

Praktički, dominantna se visina primjenjuje u gospodarenju prebornim sastojinama. Prema Schaeffru, Gazinu i D'Alvernyju, optimalna drvna zaliha po hektaru u prebornim šumama jele (izražena u silvama) jednaka je deseterostrukoj visini dominantnih stabala, $V = 10 * H$.

Pranjić i Lukić (1997) dominantnom visinom smatraju srednju visinu 20 % najdebljih stabala sastojine, odnosno srednju visinu nekoliko izmjerih visina dominantnih stabala, ako nije izvršena izmjera sastojine.

Dominantna visina je pod manjim utjecajem promjena u sastojini, koje se događaju starenjem jednodobne sastojine, njegovom sastojinu putem prorednih sječa ili sjećom stabala u tijeku ophodnjice. Utvrđivanjem dominantne i kodominantne visine u određenoj dobi sastojine moguće je bonitirati sastojine.

Slično se ponašaju srednje i dominantne visine prebornih sastojina bukve, odnosno mješovitih sastojina bukve i jеле.

Visinska krivulja u prebornoj sastojini, odnosno dominantne visine po kojima se određuje optimalna drvna zaliha i temeljnica po hektaru stalne su, ako je postignuta preborna ravnoteža. Tek u takvoj sastojini može se primijeniti isti tarifni niz pri obračunu volumena preborne sastojine za nepromjenjivu dob.

U kojoj mjeri snižavanje srednje visine dominantnih stabala, uzrokovano različitim definiranjem dominantne visine ili gospodarenjem pri određenom promjeru sječive zrelosti, utječe na smanjenje drvne zalihe prema "Novom sistemu ..." konstruiranih normala istražuju Božić i Čavlović (2001), na dvije izgospodarene preborne sastojine i dvije sastojine prijelaznog oblika.

Autori za jednu od sastojina prijelaznog oblika koriste lokalni volumni tarifni niz izračunat na temelju srednjeg prsnog promjera sastojine i pripadajuće dominantne visine.

Pomoću dominantne visine bukve i jеле u prebornim sastojinama mogu se uz primjenu Sussmelo-ove korelacije za jelu i Collette-ove za bukvu izračunati koeficijenti geometrijska progresije (q) za normalan broj stabala, temeljnici i volumen preborne sastojine po funkcijama: $q = 4,3 / \sqrt[3]{h}$ za jelu i $q = 4,54 / \sqrt[3]{h}$ za bukvu.

Budući za normale iskazuju stanje u sredini ophodnjice, osim poznavanja normale važno je poznavati prijelaz broja stabala i volumena iz nižih u više debljinske stupnjeve. Za određivanje prijelaza broja stabala i volumena koristi se vrijeme prijelaza.

Vrijeme prijelaza je broj godova na izvrtku dugom 2,5 cm, a označuje broj godina koji je potreban da stablo naraste u prsnoj debljini 5 cm ili da priđe iz jednog debljinskog stupnja u drugi.

Na temelju određenih normala za bukvu i jelu Škopac je, prema Klepcu (1965), uz pomoć omjera smjese bukve i jele odredio normale za mješovite preborne sastojine bukve i jele.

Osnovom gospodarenja gospodarskom jedinice "Zapadni Papuk II" (Najvirt i Puača 1996) za mje-

šovite sastojine bukve i jele (*Abieti - Fagetum pannonicum* Ra u š 1969), kojima se u prethodnom razdoblju gospodarilo kao visokim jednodobnim regularnim sastojinama propisuje jedinstvena normala, $321 \text{ m}^3/\text{ha}$ za sve mješovite sastojine bukve i jele. Konstrukcija normala temeljena je na Klepčevom "Novom sistemu...", III. Šurićevim bonitetima za bukvu jelu i visini dominantnih stabala 33,0 m za bukvu i jelu. Sječna zrelost određena je na 60 cm (njemački debljinski stupanj 57,5 cm).

CILJ ISTRAŽIVANJA – Research aim

Cilj istraživanja je prikazati način određivanja normala u mješovitim prebornim sastojinama bukve i jele kojima se u prethodnom razdoblju gospodarilo kao s visokim jednodobnim regularnim sastojinama.

Na temelju rezultata istraživanja cilj je predložiti korištenje normala u praksi.

METODA RADA – The research method

Za određivanje normale u mješovitoj prebornoj sastojini bukve i jele, na Papuku odabran je odjel 56a u Gospodarskoj jedinici "Zapadni Papuk II". Izbor navedene konkretnе sastojine, kao modelne, je iz razloga što se smjernicama gospodarenja u prevođenju jednodobne u prebornu strukturu nastoji postići omjer smjese bukve i jele u približno istom omjeru (50% : 50%) i što je sastojina "dozrijevajuća", starosti 95 godina. U Osnovi gospodarenja navedene gospodarske jedinice odjel 56a opisan je kako slijedi:

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 m². Srednje plošno stablo: 35,10 cm. Broj stabala po hektaru: 294.

Drvna 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 sječe: 9,34 %.

Tarifni niz: Posebno je izračunat za preborne sastojine bukve i jele prema III. Šurićevom bonitetu i dominantnim visinama za bukvu 33 m, jelu 33 m.

Opis staništa i sastojine: Sjemenjača bukve i jele, mjestimično gorskog javora, jasena i briješta, dosta dobre kakvoće, djelomično progoljenog sklopa. Tlo je smeđe distično, lesivirano na granitu i tipično. Ima u manjem opsegu pomlatka i mladika jele i javora, u progoljenim dijelovima pomladak jele je obilan, ali zastarčen.

Smjernice gospodarenja i obrazloženje etata: U I./I polurazdoblju izvršiti prebornu sječu. Odabratи za sječu zrela stabla bukve i jele te prekobrojna u debljinskim stupnjevima od 32,5 do 47,5 cm. Dimenzija sječne zrelosti određena je za 60 cm (njemački debljinski stupanj 57,5 cm). U pomladnim grupama izvršiti njegovu mladiku.

Prilikom prelaska na preborno gospodarenje mješovita sastojina bukve i jele bila je stara 95 godina, te bi u slučaju gospodarenja kao jednodobnom sastojinom započela faza prirodne obnove oplodnom sjećem.

MJERENJE STABALA – Measurement of trees

Za određivanja mješovite normale bukve i jele te utvrđivanja realnog omjera smjese bukve i jele, u sastojini je obavljena totalna klupaža od debljinskog stupnja 12,5 do 82,5 cm. Stabla javora, briješta i jasena (oko 1,50 %) pribrojena su stablima bukve.

Omjer smjese određen je udjelom temeljnica bukve i jele u ukupnoj temeljnici cijele sastojine.

Za konstrukciju visinske krivulje i određivanje lokalnog volumognog niza (tarife) snimljeno je hipsomet-

rom 40-tak visina (u svim debljinskim stupnjevima) bukve i isto toliko jele.

Za utvrđivanje vremena prijelaza i debljinskog prirasta bukve i jele uzeto je Presslerovim svrdlom u svim debljinskim stupnjevima 50-tak izvrtaka bukve i isto toliko jele.

Za biometrijsku obradu podatka korišteni su sljedeći postupci i funkcije:

a) Za određivanje srednje vrijednosti izmjerениh prsnih promjera upotrijebljena je formula:

$$d_s = \sum n_i d_i / \sum n_i \quad (1)$$

b) Za izračunavanje varijance primjenjen je postupak, $\sigma^2 = \sum ((n_i d_i)^2 / \sum n_i) - (\sum n_i d_i / \sum n_i)^2$, $\sigma = \sqrt{\sigma^2}$ (2)

c) Visine bukve i jеле u sastojini izjednačene su funkcijom Mihajlova,

$$h = (b_0 * e^{-h^{1/d}}) + 1,30 \quad (3)$$

d) Dominantne visine, h_{dom} bukve i jеле određene su očitanjem na izjednačenoj visinskoj krivulji po Mihajlovu za srednji prjni promjer uvećan za standardnu devijaciju

$$(d_{dom} = d_s + \sigma). \quad (4)$$

e) Temeljnica, Liocourtov kvocijent (q) i maksimalni prjni promjer za fiziološku zrelost određene su pomoću Sussmel-ovih korelacija za jelu i Collette-ovih za bukvu:

Jela,

$$V = (h_{dom})^2 / 3 \quad (5)$$

$$G = 0,97 h_{dom} \quad (6)$$

$$d_{max} = 2,64 h_{dom} \quad (7)$$

$$q = 4,3 / \sqrt[3]{h} \quad (8)$$

Bukva,

$$V = (h_{dom})^2 / 3 \quad (9)$$

$$G = 0,73 h_{dom} \quad (10)$$

$$d_{max} = 2,33 h_{dom} \quad (11)$$

$$q = 4,54 / \sqrt[3]{h} \quad (12)$$

f) Na temelju Sussmel-ovih korelacija za jelu i Collette-ovih za bukvu, utvrđeni su osnovni nizovi broja stabala za fiziološku i tehničku zrelost, koji su predstavljeni Mayerovom funkcijom:

$$N = k e^{-ad}. \quad (13)$$

g) Lokalni volumni niz (tarifa) određen je pomoću visinskih krivulja za bukvu i jelu i Špirančevih (1975, 1976) dvoulaznih volumnih tablica za bukvu i jelu, izraženih funkcijama Schumacher – Hall-a :

$$v = 0,00003468 d^{2,024425} h^{1,032212}, \text{ za bukvu} \quad (14)$$

$$v = 0,00005015 d^{1,877477} h^{1,054306}, \text{ za jelu} \quad (15)$$

h) Vrijeme prijelaza za bukvu i jelu metodom izvrtaka i na dužini 2,5 cm izjednačeno je funkcijom:

$$T = a d^b. \quad (16)$$

i) Postotak tečajnog volumnog godišnjeg prirasta određen je po formuli:

$$p_i = ((1000/(d-5)) * 1/T, \quad (17)$$

a izjednačen je funkcijom: $p_i = a - b \log d \quad (18)$

KOMPJUTORSKA PODRŠKA – Computer backing

Snimljeni podaci na terenu obrađeni su aplikacijskim programom Excel 97 – SR -1 i Statistica 5.0. Funkcije za izjednačavanje visina, vremena prijelaza, debljinskog tečajnog godišnjeg prirasta i postotka volumnog tečajnog godišnjeg prirasta testirane su sa svim izmjerjenim podacima u aplikacijskom programu Statistica 5.0 radi odabiranja najpovoljnije funkcije.

Izjednačenje visina po funkciji Mihajlova i vreme na prijelaza utvrđeni su na "klasičan način", metodom najmanjih kvadrata, obrađeni su u aplikacijskom programu Excel 97, a funkcije za debljinski tečajni godišnji prirast i postotak tečajnog godišnjeg volumnog prirasta obrađene su u aplikacijskom programu Statistica 5.0.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA – Research results

Totalnom klupažom mješovite sastojine bukve i jеле, odsjek 56a, G. j. "Zapadni Papuk II", kojom je gospodareno po načelima oplodne sječe, utvrđeno je kako se prjni promjeri bukve i jеле kreću u rasponu od 12,5 do 82,5 cm, broj stabala po hektaru bukve je 204, a jеле 97, ukupno 301 stablo. Pripadajuća temeljnica po hektaru za bukvu je 18,49 m², a za jelu 16,24 m². Ukupna temeljnica u mješovitoj sastojini bukve i jеле je 34,73 m²/ha. Iz udjela temeljnica bukve i jеле u ukupnoj temeljnici utvrđen je omjer smjese, koji je za bukvu 53 %, a za jelu 47 %.

Broj stabala i temeljnica u odsjeku 56a, površine 15,10 ha i po 1 ha za bukvu i jelu prikazani su u Tablici 1., a u Grafikonu 1. prikazana je distribucija broja stabala po hektaru za bukvu i jelu.

U Grafikonu 1. vidljivo je kako je raspodjela stabala bukve po debljinskim stupnjevima slična Liocourtovoj raspodjeli. Najveći broj stabala nalazi se u nižim debljinskim stupnjevima. Raspodjela stabala jеле ima oblik normalne distribucije, te se najveći broj stabala nalazi oko debljinskog stupnja 42,5 cm.

Takva raspodjela ukazuje nam na horizontalnu i vertikalnu strukturu sastojine, to jest kako se gotovo polovica stabla bukve nalazi u podstojnoj i nuzgrednoj etaži mješovite sastojine bukve i jеле.

Srednji prjni promjer (d_s) bukve u mješovitoj sastojini bukve i jеле iznosi 29,97 cm, uz standardnu devijaciju (σ) 16,10, srednji prjni promjer (d_s) jеле iznosi 42,65 cm, uz standardnu devijaciju (σ) 17,87.

Prsni promjeri (d_{dom}) za određivanje dominantnih visina iznose za bukvu 46,07 cm, a za jelu 60,52 cm.

Izmjerene visine bukve i jelu po deblijinskim stupnjevima od 12,5 do 87,5 cm izjednačene su po funkciji Mihajlova. Funkcije za izjednačene visine glase:

$$h = 38,6264 e^{-14,3356/d} + 1,3, \text{ za bukvu} \quad (19)$$

$$h = 37,2016 e^{-13,3950/d} + 1,3, \text{ za jelu} \quad (20)$$

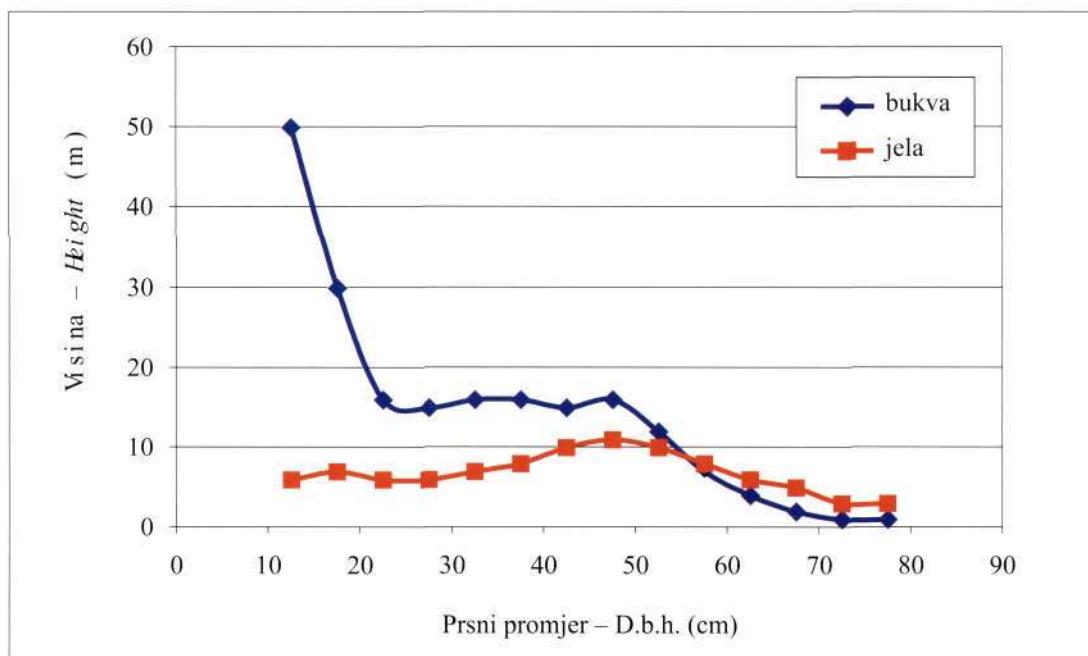
Tablica 1. Broj stabala i temeljnica bukve i jelu u odsjeku 56a, G.j. "Zapadni Papuk II", površina 15,10 ha

Table 1 Number of trees and basal area (beech and silver fir) in forest department 56a, management unit "Zapadni Papuk II", plot area 15,10 ha

Dominantne visine za bukvu i jelu (h_{dom}) određene su očitanjem s visinskih krivulja za srednje prsne promjere bukve i jelu, uvećane za pripadajuće standardne devijacije.

Utvrđena je dominantna visina za bukvu (h_{dom}) 29,60 m, a za jelu 31,12 m.

d cm	bukva (beech)				jela (fir)			
	N bukva	G m^2	N N/ha	G m^2/ha	N jela	G m^2	N N/ha	G m^2/ha
12.5	757	9.29	50	0.61	97	1.19	6	0.08
17.5	454	10.91	30	0.72	113	2.72	7	0.18
22.5	249	9.90	16	0.66	92	3.66	6	0.24
27.5	233	13.83	15	0.92	96	5.70	6	0.38
32.5	249	20.65	16	1.37	112	9.29	7	0.62
37.5	248	27.38	16	1.81	119	13.14	8	0.87
42.5	229	32.47	15	2.15	144	20.42	10	1.35
47.5	240	42.51	16	2.82	162	28.69	11	1.90
52.5	174	37.65	12	2.49	144	31.16	10	2.06
57.5	107	27.77	7	1.84	115	29.85	8	1.98
62.5	67	20.54	4	1.36	93	28.52	6	1.89
67.5	37	13.23	2	0.88	78	27.90	5	1.85
72.5	17	7.01	1	0.46	44	18.16	3	1.20
77.5	8	3.77	1	0.25	47	22.16	3	1.47
82.5	2	1.07	0	0.07	4	2.14	0	0.14
87.5	2	1.20	0	0.08	1	0.60	0	0.04
	3073	279.18	204	18.49	1461	245.27	97	16.24



Grafikon 1. Broj stabala po hektaru u mješovitoj sastojini bukve i jelu, G.j. "Zapadni Papuk II", odjel 56a

Graph 1 Number of trees per hectare in mixed forest association (beech and silver fir) in Management unit "Zapadni Papuk II", department 56a

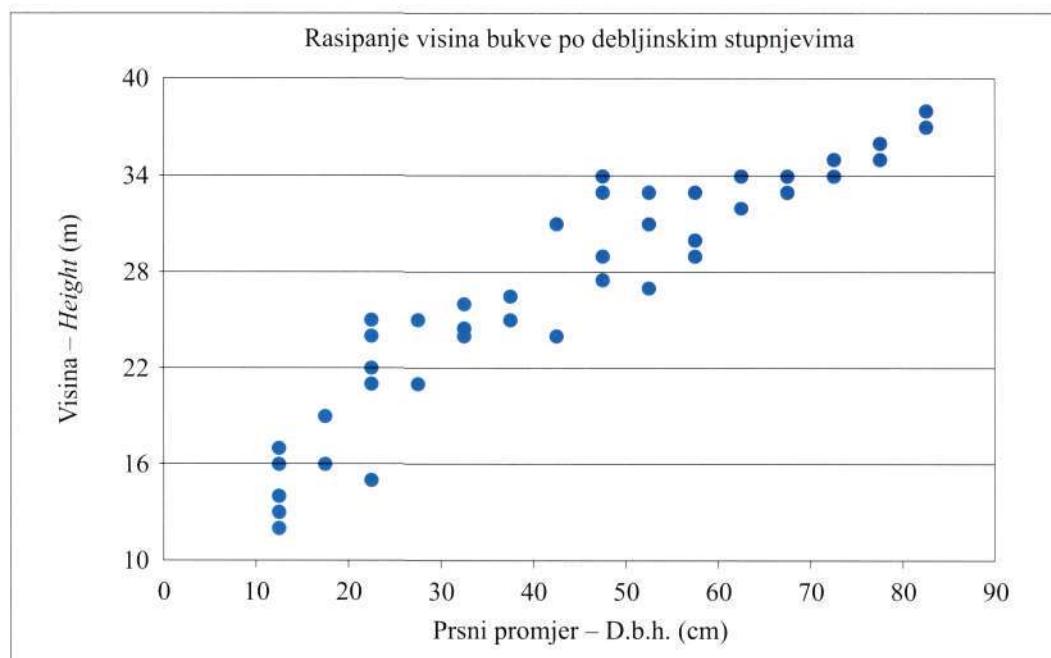
Pomoću utvrđenih dominantnih visina za bukvu i jelu te Sussmel-ovih korelacija za jelu i Collette-ovih korelacija za bukvu, utvrđeni su normalan volumen po hektaru (V), optimalna temeljnica po hektaru (G), dimenzija fiziološke zrelosti (d_{max}) i koeficijent geometrijske progresije normalnog niza stabla (q).

Utvrđeni biometrijski parametri i Susmel-ove i Collette-ove korelacijske u mješovitoj sastojini bukve i jеле, odjel 56a, G.j. "Zapadni Papuk II", prikazani su u Tablici 2., a Grafikon 2. prikazuje rasipanje visina bukve po debljinskim stupnjevima. Grafikon 2a prikazuje izjednačene krivulje visina bukve i jеле po funkciji Mihajlova.

Tablica 2. Biometrijski parametri i Susmel - Collette - ove korelacijske u odjelu 56a, G.j.
"Zapadni Papuk II"

Table 2 The biometrical parameters and Susmel's and Collette's correlations in forest compartment 56a, M.u. "Zapadni Papuk II"

	Vrsta drveća	
	bukva - beech	jela - fir
Raspon - Range, od ... do, (cm)	12,5 - 82,5	12,5 - 82,5
Omjer smjese - Mixture - %	53	47
d_s (cm)	29.97	42.65
σ	16.10	17.87
d_{dom} (cm)	46.07	60.52
h_{dom} m	29.60	31.12
V (m ³ /ha)	207.13	322.82
G (m ² /ha)	21.61	30.19
d_{max} (m)	68.97	82.16
q	1.4693	1.3651
Sječiva zrelost - Crop maturity, cm	60.00	60.00

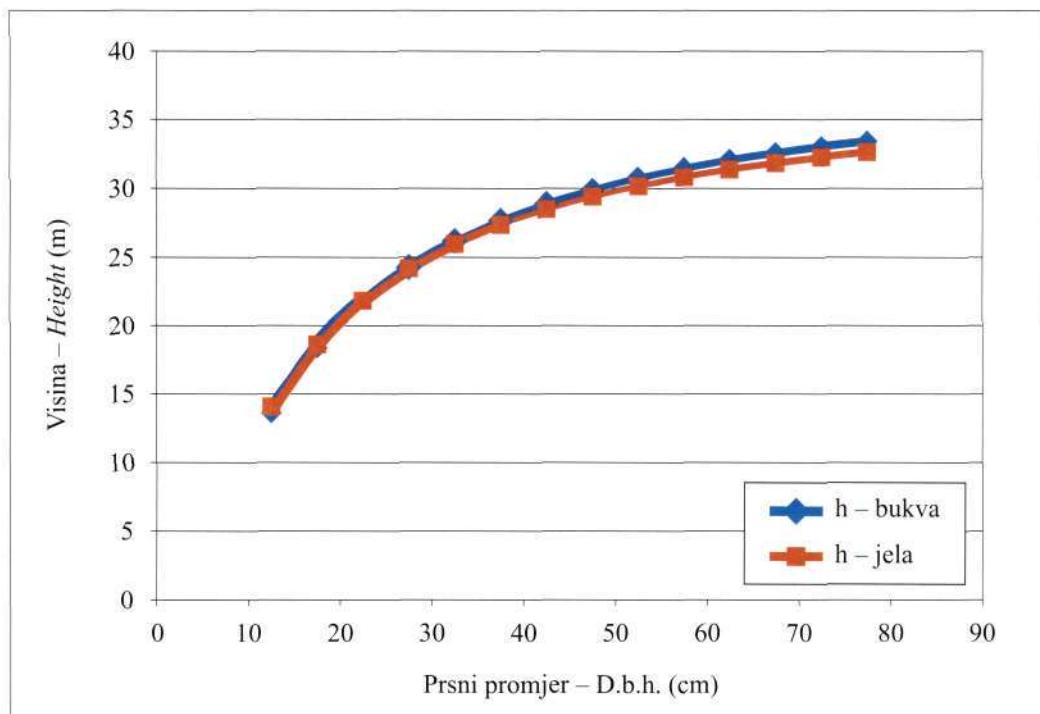


Grafikon 2. Rasipanje visina bukve po debljinskim stupnjevima u odsjeku 56a, G.j. "Zapadni Papuk II"
Graph 2 Dissipation of beech heights in different diameter degrees in forest compartment 56a, M.u. "Zapadni Papuk II"

UTVRĐIVANJE NORMALNOG BROJA STABALA I NORMALA PO HEKTARU ZA BUKVU I JELU The determining of normal number trees and normal volume per hectare for beech and silver fir

Za određivanje normalnog broja stabala bukve i jеле po Sussmel-ovim i Collette-ovim korelacijskim potrebno je definirati dimenzije fiziološke i sječne zrelosti

(d_{max} , $d_{s.z.}$), koeficijente geometrijske progresije (q) i temeljnice (G) po hektaru.



Grafikon 2.a Izjednačene visine bukve i jеле u odsjeku 56a, G. j. "Zapadni Papuk II"

Graph 2a The equalising of the heights for beech and silver fir in forest compartment 56a, M. u. "Zapadni Papuk II"

Navedeni parametri prikazani su u Tablici 2. Broj stabala za niz geometrijske progresije fiziološke zrelosti bukve započinje od debljinskog stupnja 12,5 do 67,5 cm, a za jelu od 12,5 do 82,5 cm. Broj stabala u debljinskim stupnjevima odredi se tako da se koeficijent geometrijske progresije ($q^0, q^1, q^2, \dots, q^{n-1}, q^n$) potencira eksponentima 0, 1, 2, ... do najnižeg debljinskog stupnja (12,5). Za bukvu je $n = 11$, a za jelu, $n = 14$.

Za utvrđeni niz stabala odredi se temeljnica za svaki debljinski stupanj i ukupno po formuli: $G_0 = \Sigma ((d^2\pi)/4 * N)$. Temeljnica po hektaru za svaki debljinski stupanj i ukupno odredi se tako da se umnoži koeficijentom (k) koji je izračunat iz odnosa normalne temeljnice po hektaru po Sussmelo-ovim i Collette-ovim korelacijskim i izračunate temeljnica ($k = G/G_0$).

Iz na taj način utvrđenih normalnih temeljnica odredi se normalan broj stabala po hektaru, koji se treba svesti na dimenziju tehničke (sječne) zrelosti.

Postupak se provede tako da se ukupna razlika temeljnica od debljinskog stupnja fiziološke zrelosti do debljinskog stupnja sječne zrelosti rasporedi proporcionalno na normalne temeljnice preostalih debljinskih stupnjeva, od najnižeg (12,5 cm) do debljinskog stupnja sječne zrelosti (57,5).

Normalan broj stabala bukve i jеле po hektaru, određen po korelacijama Collette-a i Sussmela, prikazan je u Tablici 3. Iz tablice je vidljivo kako je normalan broj stabala po hektaru za bukvu 460, a za jelu 546.

Za iste normalne nizove, broj stabala po debljinskim stupnjevima, utvrđen je i pomoću Mayerovih funkcija gustoće, koje glase:

$$N = 385,2748 e^{-0.7615d}, \text{ za bukvu,} \quad (21)$$

$$N = 334,4691 e^{-0.6244d}, \text{ za jelu} \quad (22)$$

Lokalni volumni nizovi (tarife) utvrđeni su na temelju dvoulaznih volumnih funkcija (Špiranac 1975, 1976) za bukvu i jelu, koje glase:

$$v = 0,00003468 d^{2,024425} h^{1,032212}, \text{ za bukvu} \quad (23)$$

$$v = 0,00005015 d^{1,877477} h^{1,054306}, \text{ za jelu} \quad (24)$$

Lokalni tarifni nizovi za bukvu i jelu prikazani su u Tablici 3.

Za srednji prsni promjer bukve $d_s = 29,97$ cm i srednju visinu $h_s = 23,94$ m, utvrđen je srednji volumen $v_s = 0,896 \text{ m}^3$.

Za srednji prsni promjer jеле $d_s = 42,65$ cm i srednju visinu $h_s = 27,17$ m, utvrđen je srednji volumen $v_s = 1,8723 \text{ m}^3$.

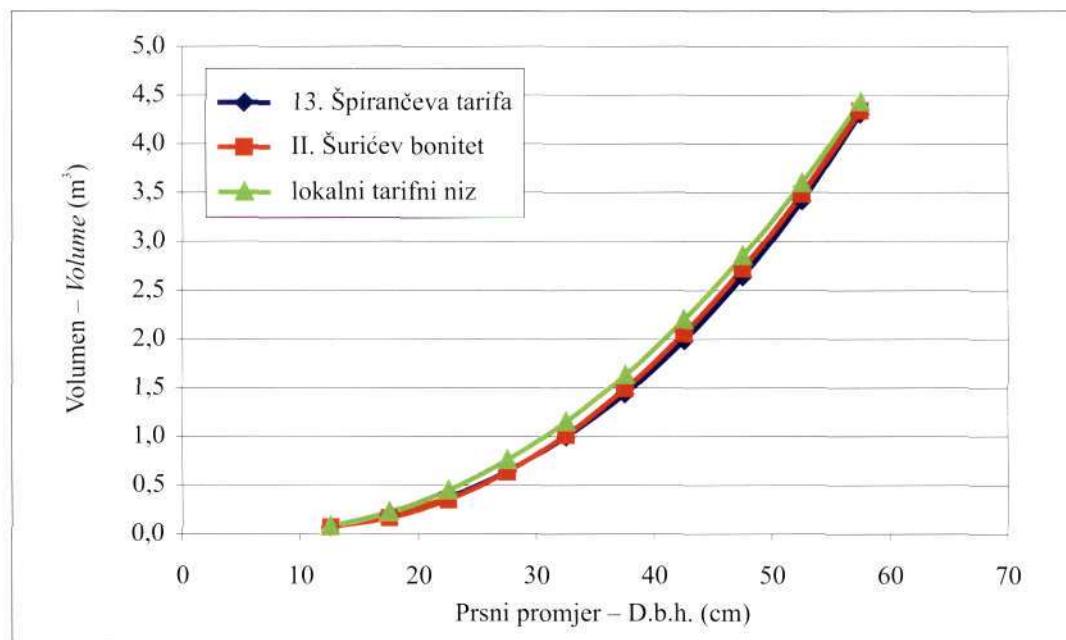
Na Grafikonu 3. pokazana je usporedba lokalnog volumnog tarifnog niza za bukvu, s 13. Špirančevim jednoulaznim volumnim nizom za bukvu i Šurićevim tarifnim nizom za II. bonitet bukve.

Pomoću lokalnog tarifnog niza za bukvu i jelu te broja stabala po debljinskim stupnjevima određene su normale za bukvu $285,72 \text{ m}^3/\text{ha}$, za jelu $380,33 \text{ m}^3/\text{ha}$, te za mješovitu sastojinu bukve (53 %) i jelje (47 %) $330,18 \text{ m}^3/\text{ha}$, kako to prikazuju Tablice 3. i 3.a, te Grafikon 4.

Tablica 3. Volumni prijelaz po debljinskim stupnjevima i normale po hektaru (prije i poslije sječe) za bukvu i jelu po lokalnom volumnom nizu (tarifi)

Table 3 Transition of volume in different diameter degrees and normals per hectare (before and after felling) of beech and silver fir by local tariffs

d cm	N N/ha	$\Delta N = N_d - N_{d+5}$	v m^3	$\Delta N * v$	T godina	$\Delta N * v/T$	$((\Delta N * v)/T) * 5$	V m^3/ha	M m^3/ha	N_I	m m^3/ha	N_2 N_2/ha
								prije sjeće (before felling)	poslije sjeće (after felling)			
bukva (beech)												
12.5	150	48	0.085	4.08	30	0.14	0.68	12.75	13.43	158	12.07	142
17.5	102	32	0.229	7.33	23	0.32	1.61	23.36	24.97	109	21.75	95
22.5	70	23	0.454	10.44	19	0.56	2.82	31.78	34.60	76	28.96	64
27.5	47	15	0.762	11.43	16	0.73	3.64	35.81	39.45	52	32.18	42
32.5	32	10	1.156	11.56	14	0.84	4.22	36.99	41.21	36	32.77	28
37.5	22	7	1.636	11.45	12	0.94	4.70	35.99	40.70	25	31.29	19
42.5	15	5	2.204	11.02	11	1.00	5.02	33.06	38.08	17	28.04	13
47.5	10	3	2.859	8.58	10	0.86	4.28	28.59	32.87	11	24.31	9
52.5	7	2	3.602	7.20	9	0.78	3.90	25.21	29.12	8	21.31	6
57.5	5	5	4.433	22.17	9	2.59	12.94	22.17	35.10	8	9.23	2
Σ	460	150		105.26		8.76	43.81	285.72	329.52	500	241.91	420
jela (fir)												
12.5	153	41	0.093	3.81	36	0.11	0.53	14.23	14.76	159	13.70	147
17.5	112	30	0.236	7.08	27	0.26	1.31	26.43	27.74	118	25.12	106
22.5	82	22	0.447	9.83	22	0.45	2.24	36.65	38.89	87	34.42	77
27.5	60	16	0.762	12.19	19	0.64	3.21	45.72	48.93	64	42.51	56
32.5	44	12	1.070	12.84	16	0.80	4.01	47.08	51.09	48	43.07	40
37.5	32	8	1.479	11.83	14	0.85	4.23	47.33	51.55	35	43.10	29
42.5	24	7	1.952	13.66	13	1.05	5.26	46.85	52.10	27	41.59	21
47.5	17	4	2.487	9.95	12	0.83	4.15	42.28	46.42	19	38.13	15
52.5	13	4	3.084	12.34	11	1.12	5.61	40.09	45.70	15	34.48	11
57.5	9	9	3.741	33.67	10	3.37	16.83	33.67	50.50	14	16.83	5
Σ	546	153		127.21		9.47	47.36	380.33	427.70	584	332.97	508



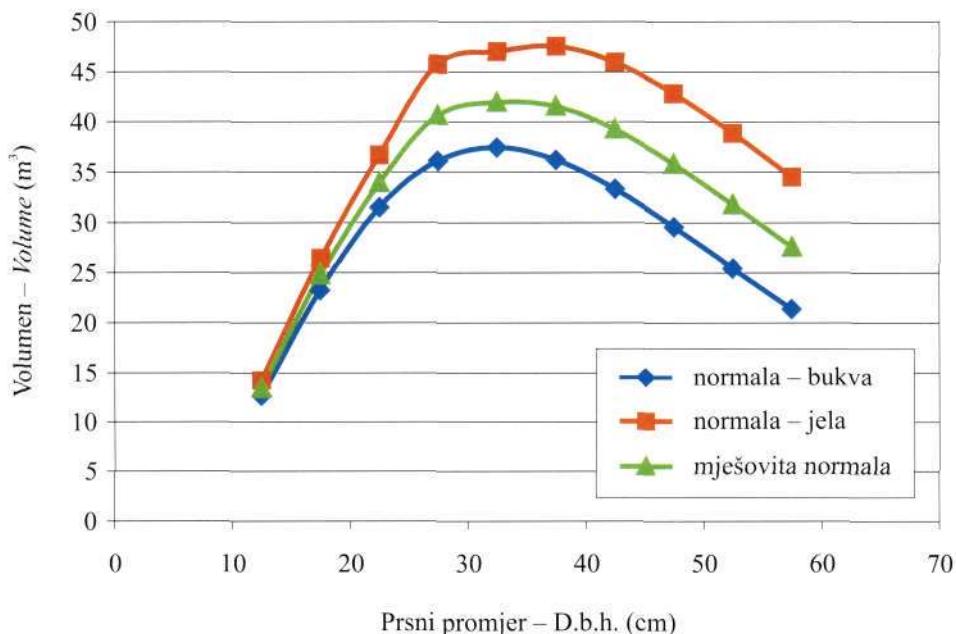
Grafikon 3. Usporedba lokalnog volumnog niza za bukvu s 13. Špirančevom tarifom za bukvu i Šurićevom tarifom za II. bonitet bukve

Graph 3 The comparison between local tariff series for beech, 13. Špiranč's tariff series and Šurić's tariff series for II. bonitet of beech

Tablica 3.a Prijelaz volumena po debljinskim stupnjevima i normala po hektaru (prije i poslije sječe) za mješovitu prebornu sastojinu bukve (53 %) i jеле (47 %)

Table 3a Transition of volume in different diameter degrees and normal per hectare (before and after felling) in the mixed selection forest of beech (53 %) and silver fir (47 %)

d cm	N N/ha	$((\Delta N * v)/T)*5$	V	M (m³)	N_1 prije sječe (before felling)	m $m^3 N_2/ha$	N_2
				(m³)	N1/ha	$m^3 N_2/ha$	
12.5	151	0.61	13.45	14.05	158	12.84	145
17.5	107	1.46	24.80	26.27	113	23.34	100
22.5	76	2.55	34.07	36.62	81	31.52	70
27.5	53	3.48	40.47	43.95	58	36.99	49
32.5	38	4.12	41.73	45.85	41	37.62	34
37.5	27	4.45	41.32	45.77	30	36.87	24
42.5	19	5.17	39.54	44.71	22	34.37	17
47.5	13	4.28	35.02	39.30	15	30.75	12
52.5	10	4.78	32.21	36.99	11	27.42	8
57.5	7	14.86	27.57	42.43	11	12.71	3
Σ	500	45.75	330.18	375.94	540	284.43	462



Grafikon 4. Lokalne normale za bukvu, jelu i mješovitu prebornu sastojinu bukve i jelu, odjel 56a, G. j.
"Zapadni Papuk II"

Graph 4 Local normals for beech, silver fir and mixed selection forest of beech and silver fir compartment 56a, M. u. "Zapadni Papuk II"

UTVRĐIVANJE VREMENA PRIJELAZA I PRIJELAZA VOLUMENA PO DEBLJINSKIM STUPNJEVIMA

The determining of transition time and transition of volume in different diameter degrees

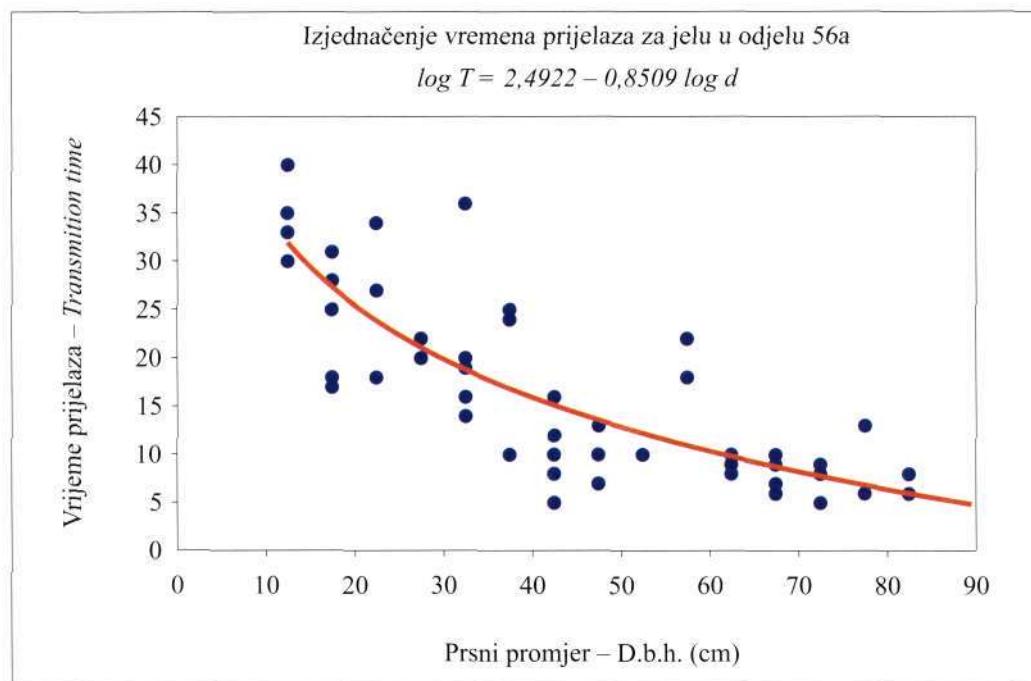
Vrijeme prijeleza bukve i jelu utvrđeno je na temelju pedesetak izvrtaka po svakoj vrsti u svim debljinskim stupnjevima. Utvrđen je broj godova na dužini 2,5 cm te podaci izjednačeni po formuli:

$$T = 2,3789 d^{-0.8218}, \text{ za bukvu} \quad (25)$$

$$T = 2,4922 d^{-0.8509}, \text{ za jelu} \quad (26)$$

Izjednačene vrijednosti vremena prijelaza za bukvu i jelu prikazane su u Tablici 3., a na Grafikonu 5. prikazano je izjednačenje vremena prijelaza za jelu.

Koeficijent korelacije vremena prijelaza za bukvu je 0,81 (R^2), a za jelu 0,80 (R^2).



Grafikon 5. Izjednačenje vremena prijelaza za jelu u odjelu 56a, G. j. "Zapadni Papuk II"
 Graph 5 The equalising of the transition time for beech in forest compartment 56a, M. u.
 "Zapadni Papuk II"

Prijelaz volumena po debljinskim stupnjevima prikazan je u Tablici 3., a utvrđen je tako da je razlika broja stabala višeg i nižeg debljinskog stupnja bukve i jеле pomnožena s pripadajućim volumenom lokalne tarife.

Prijelaz volumena po debljinskim stupnjevima i ukupno za bukvu i jelu na polovici ophodnjice (5 godina) određen je tako da je prijelaz volumena po debljinskim stupnjevima podijeljen s pripadajućim vremenom prijelaza i pomnožen s 5 (brojem godina na polovici ophodnjice od 10 godina).

U Tablici 3. vidljivo je da je ukupni prijelaz volumena za bukvu na polovici ophodnjice $43,81 \text{ m}^3/\text{ha}$, a za jelu $47,36 \text{ m}^3/\text{ha}$.

U Tablici 3. prikazan je za bukvu i jelu volumen i broj stabala prije i poslije sječe po debljinskim stupnjevima i ukupno u polovici ophodnjice.

Ako se normali za bukvu doda prijelaz volumena po hektaru za polovicu ophodnje, volumen bukve prije

sječe iznosit će $329,52 \text{ m}^3/\text{ha}$, a poslije sječe $241,91 \text{ m}^3/\text{ha}$.

Istim postupkom određeni su volumen jele po hektaru, prije sječe $427,70 \text{ m}^3/\text{ha}$, poslije sječe $332,97 \text{ m}^3/\text{ha}$, te ukupan prijelaz volumena za ophodnjicu (10 godina) $94,70 \text{ m}^3/\text{ha}$.

Tablica 3.a, u kojoj su prikazni normala broja stabala, prijelaz volumena i normala volumena za mješovitu prebornu sastojinu bukve i jеле omjera smjese 53 % bukve i 47 % jеле, izvedena je iz podataka Tablice 3.

Normalna broja stabala u konkretnoj prebornoj mješovitoj sastojini omjera smjese 53 % bukve i 47 % jеле je 500, normalna volumena $330,18 \text{ m}^3/\text{ha}$, a prijelaz volumena na polovici ophodnje $45,18 \text{ m}^3/\text{ha}$. Volumen prije sjeće utvrđen je na $375,94 \text{ m}^3/\text{ha}$, poslije sječe $284,43 \text{ m}^3/\text{ha}$, a ukupan prijelaz volumena za ophodnjicu (10 godina) $91,50 \text{ m}^3/\text{ha}$.

POSTOTAK VOLUMNOG TEČAJNOG GODIŠNJEKOG PRIRASTA BUKVE I JELE The percent of annually current volume increase of beech and silver fir

Postotak tečajnog godišnjeg volumognog prirasta određen je za bukvu i jelu na temelju istih izvrtaka koji su korišteni za određivanje vremena prijelaza (T) po formuli:

$$p_i = ((1000/(d-5)) * 1/T)$$

Utvrđeni postoci volumognog godišnjeg prirasta po debljinskim stupnjevima za bukvu i jelu izjednačeni su logaritamskim funkcijama:

$$p_i = 7,525 - 2,996 \log d, \text{ za bukvu}, \quad (27)$$

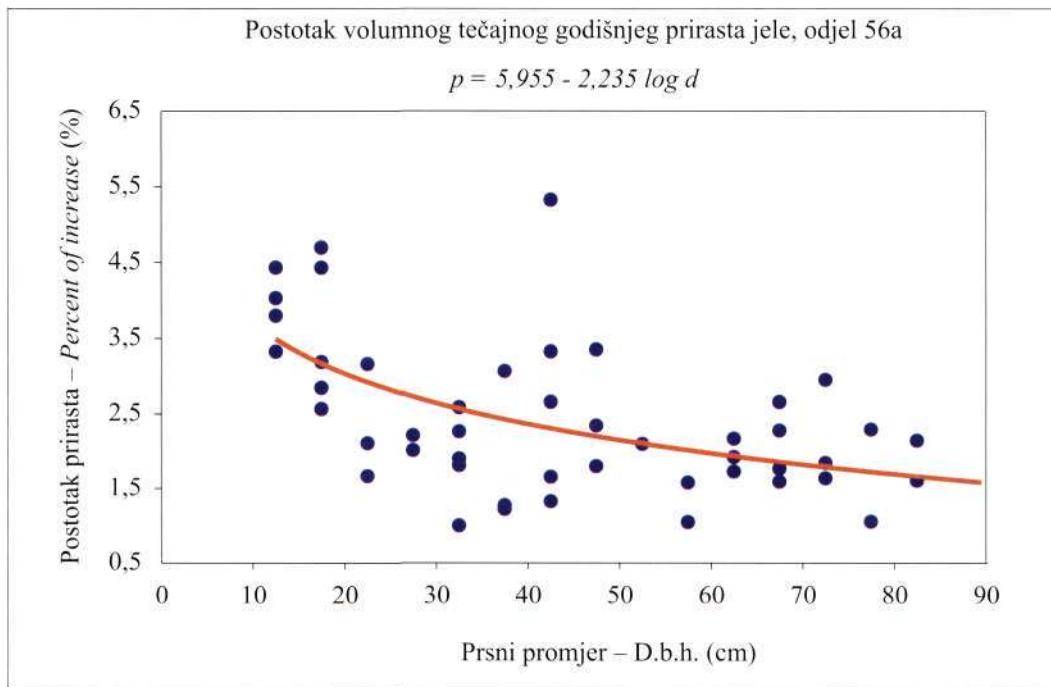
$$p_i = 5,955 - 2,235 \log d, \text{ za jelu} \quad (28)$$

Postotak volumognog tečajnog godišnjeg prirasta po debljinskim stupnjevima za bukvu i jelu prikazan je u Tablici 4. Postotak volumognog tečajnog godišnjeg prirasta za jelu prikazan je na Grafikonu 6.

Tablica 4. Postotak volumnog tečajnog godišnjeg prirasta bukve i jele, te ukupni volumni tečajni godišnji prirast u mješovitoj prebornoj sastojini, odjel 56a, G. j. "Zapadni Papuk II"

Table 4 The percent of annually current volume increase of beech and silver fir, and total annually volume current increment in mixed selection forest, compartment 56a, M. u. "Zapadni Papuk II"

bukva (beech)					jela (fir)					(bukva 53 % + jela 47 %)	
<i>d</i>	p_i	<i>V</i>	p_i	$\Delta N * v/T$	p_i	<i>V</i>	p_i	$\Delta N * v/T$	p_i	$\Delta N * v/T$	
<i>cm</i>	%	m^3	m^3	m^3/ha	%	m^3	m^3	m^3/ha	m^3	m^3/ha	
12.5	4.24	12.75	0.54	0.14	3.50	14.23	0.50	0.11	0.52	0.13	
17.5	3.80	23.36	0.89	0.32	3.18	26.43	0.84	0.26	0.87	0.29	
22.5	3.47	31.78	1.10	0.56	2.93	36.65	1.07	0.45	1.09	0.51	
27.5	3.21	35.81	1.15	0.73	2.74	45.27	1.24	0.64	1.19	0.69	
32.5	3.00	36.99	1.11	0.84	2.58	47.08	1.21	0.8	1.16	0.82	
37.5	2.81	35.99	1.01	0.94	2.44	47.33	1.15	0.85	1.08	0.90	
42.5	2.65	33.06	0.87	1.00	2.32	46.85	1.08	1.05	0.97	1.02	
47.5	2.50	28.59	0.72	0.86	2.21	42.28	0.93	0.83	0.82	0.85	
52.5	2.37	25.21	0.60	0.78	2.11	40.09	0.85	1.12	0.71	0.94	
57.5	2.25	22.17	0.50	2.59	2.02	33.67	0.68	3.37	0.58	2.96	
Σ		285.71	8.49	8.76		379.88	9.56	9.48	8.99	9.10	



Grafikon 6. Postotak volumnog tečajnog godišnjeg prirasta jele u odjelu 56a, G. j. "Zapadni Papuk II"
Graph 6 The percent of annually current percent increase of silver fir in compartment 56a. M. u.
"Zapadni Papuk II"

Koefficijent korelacije postotka volumnog tečajnog godišnjeg prirasta za bukvu je 0,65 (R^2), a za jelu 0,48 (R^2).

U Tablici 4. prikazan je i apsolutni volumni tečajni godišnji prirast po debljinskim stupnjevima i ukupno za normale bukve i jelu, te uspoređen s prijelazom volumena do sjećne zrelosti 60 cm (njemački debljinski stupanj 57,5 cm).

Za mješovitu sastojinu bukve i jelu utvrđen je ukupni volumni tečajni godišnji prirast 8,99 m³/ha, odnosno

za ophodnjicu od 10 godina 89,90 m³/ha. Prijelaz volumnog prirasta je gotovo istovjetan navedenom godišnjem prirastu, to jest 9,10 m³/ha.

Za uravnoteženu prebornu sastojinu moguće je odrediti sjećivi etat u količini volumnog tečajnog periodičnog prirasta, što bi u konkretnom slučaju bilo oko 90 m³/ha.

RASPRAVA I ZAKLJUČCI – Discussion and conclusions

Utvrđene normale za bukvu i jelu te mješovitu normalu za prebornu sastojinu bukve i jеле razlikuju se od određenih normala u Osnovi gospodarenja Gospodarske jedinice "Zapadni Papuk II". Normala u Osnovi gospodarenja određena je na temelju Sussmel-ovih i Collette-ovih korelacija, uz odabranu dominantnu visinu bukve i jеле, 33 m i tarifni niz III. Šurićevog boniteta za sječnu zrelost 60 cm. Za sve preborne mješovite sastojine bukve i jеле određena je ista normala $321 \text{ m}^3/\text{ha}$.

Budući da se normale utvrđuju za konkretnе mješovite preborne sastojine bukve i jеле kojima se u prethodnom razdoblju gospodarilo kao jednodobnim regularnim sastojinama i u kojima se obnova provodila po načelima oplodne sječe, to je potrebno uvažiti sljedeće:

- Za određivanje dominantnih visina bukve i jеле odabrati dozrijevajuće i zrele sastojine u kojima će se moći utvrditi relevantan srednji prsnji promjer (d_s) sa standardnom devijacijom (σ), te pomoću izjednačene visinske krivulje definirati dominantnu visinu (h_{dom}), koja se nalazi u debljinskom stupnju $d_{dom} = d_s + \sigma$. Na dominantnu visinu znatno utječe prethodno gospodarenje sastojinom, kao i horizontalna struktura sastojine.
- Pomoću utvrđenih dominantnih visina za bukvu i jelu, te Sussmel-ovih i Collette-ovih korelacija, utvrdi se temeljnica (G), Liocourtov geometrijski koeficijent progresije (q) i dimenzija fiziološke zrelosti (d_{max}). Normalni broj stabala po debljinskim stupnjevima i ukupno po hektaru utvrdi se svođenjem broja stabala i temeljnica na definiranu sječnu zrelost ($d_{s,z}$) 60 cm prsnog promjera. Navedenim postupkom svođenja na sječnu zrelost povećava se broj stabala po hektaru za istu temeljnici, ali se smanjuje srednji prsnji promjer i srednji volumen stabla, te u konkretnom slučaju utvrđivanja normala za bukvu iznosi $0,62 \text{ m}^3$, a za jelu $0,69 \text{ m}^3$. Srednji volumen stabla bukve u konkretnoj sastojini je $0,90 \text{ m}^3$, a jelu $1,87 \text{ m}^3$.

Utvrđenom normalom za mješovitu sastojinu bukve i jеле promijenila se horizontalna struktura sastojine u odnosu na konkretnu, to jest distribucija prsnih promjera, te srednji prsnji promjer za bukvu iznosi $22,09 \text{ cm}$, a za jelu $23,86 \text{ cm}$. Međutim, vertikalna struktura sastojine, odnosno visinska krivulja ostaje ista (izjednačena po funkciji Mihajlova), kao i dominantne visine po kojima su određene temeljnica (G), dimenzije fiziološke zrelosti i Liocourtovi koeficijenti geometrijske progresije za bukvu i jelu. Ako bi se konkretnom sastojinom prethodno gospodarilo kao mješovitom normalnom, uravnoteženom prebornom sastojinom, ne bi se za utvrđivanje dominantnih visina mogla primijeniti "švedska metoda" za $d_{dom} = d_s + \sigma$, nego npr. Weise-ova metoda.

- Na normalu volumena bukve i jеле, te mješovitu normalu bukve i jеле, osim omjera smjese i dominantnih visina, znatno utječe tarifni niz, koji je za konkretnu sastojinu utvrđen kao lokalni tarifni niz pomoću Špirančevog dvoulaznog volumnog niza za bukvu i jelu i visina izjednačenih po funkciji Mihajlova.

Utvrđeni lokalni volumni nizovi (lokalne tarife) znatno se razlikuju od Šurićevog tarifnog niza za III. bonitet bukve i jеле primjenjenog u Osnovi gospodarenja. Lokalni tarifni nizovi približni su Šurićevim tarifnim nizovima za II. bonitet bukve i II. bonitet jеле.

Primjenom lokalnog tarifnog niza na konkretni broj stabala po hektaru u odjelu 56a, kojih je iznad sječive zrelosti (60 cm) 8 više za bukvu, odnosno $55,13 \text{ m}^3/\text{ha}$, te 17 više za jelu, odnosno $96,53 \text{ m}^3/\text{ha}$. Dakle, u konkretnom odjelu ima $151,66 \text{ m}^3/\text{ha}$ iznad sječive zrelosti, s promjerom 60 cm, što bi trebalo prema stanišnim uvjetima i prostornom rasporedu posjeći s ciljem prevođenja jednodobne mješovite sastojine u mješovitu prebornu sastojinu bukve i jеле. Iako je za obračun mješovite normale bukve i jеле u konkretnoj sastojini primjenjen lokalni tarifni niz blizak II. normali po Šuriću, utvrđena mješovita normala $330,18 \text{ m}^3/\text{ha}$ neznatno se razlikuje od postavljene normale za sve mješovite sastojine bukve i jеле $321,00 \text{ m}^3/\text{ha}$ u Osnovi gospodarenja.

- Prijelaz volumena po debljinskim stupnjevima ovisi o vremenu prijelaza, koje je relativno dugo za bukvu i jelu do debljinskog stupnja $22,5 \text{ cm}$.

Utvrđeni godišnji tečajni volumni prirast za mješovitu normalu bukve i jеле $330,18 \text{ m}^3/\text{ha}$ iznosi $8,99 \text{ m}^3/\text{ha}$, što je gotovo istovjetno prijelazu volumena $9,10 \text{ m}^3/\text{ha}$.

Za utvrđenu mješovitu normalu preborne sastojine bukve (53 %) i jel (47 %) može se zaključiti kako je uravnotežena, te se može odrediti sječivi etat za ophodnjicu (10 godina) jednak periodičnom tečajnom prirastu, oko $90 \text{ m}^3/\text{ha}$.

- Utvrđivanje mješovite normale za prebornu sastojinu bukve i jеле približno jednakog omjera smjese (50 %), odjel 56a, G. j. "Zapadni Papuk II", primjenom "švedske metode" za određivanje dominantnih visina i Sussmel-Collette-ovih korelacija, uz primjenu lokalnog tarifnog niza, jedan je od modela kojima se mogu utvrditi mješovite normale za preborne sastojine u panonskim bukovo-jelovim šumama, kojim se u prethodnom razdoblju gospodarilo kao jednodobnim.

Za utvrđenu mješovitu normalu za prebornu sastojinu bukve i jеле $330 \text{ m}^3/\text{ha}$, s periodičnim volumnim tečajnim prirastom i prijelazom volumena

od 90 m³/ha može se prihvati da je uravnotežena te da će se na istoj jediničnoj površini s normalnim brojem stabala i normalnom temeljnicom, stalne

vertikalne strukture postići optimalni volumni prirast i obnova sastojine.

LITERATURA: – References

- Božić, M., J. Čavlović, 2001: Odnos dominantne visine, dimenzije sječive zrelosti i normalne drvene zalihe u prebornim sastojinama. Šum. list br. 1-2: 9-18, Zagreb.
- Klepac, D., 1991: Novi sistem uređivanja prebornih šuma. Poljoprivredno šumarska komora SR Hrvatske, Zagreb.
- Klepac, D., 1963: Rast i prirast šumske vrsta drveća i sastojina. Nakladni zavod, Znanje, Zagreb.
- Klepac, D., 1965: Uređivanje šuma. Nakladni zavod Znanje, Zagreb.
- Meštirović, Š., G. Fabijanić, 1995: Priručnik za uređivanje šuma. Ministarstvo poljoprivrede i šumarstva Hrvatske, Zagreb.
- Najvirt, Ž., B. Puača, 1996: Osnova gospodarenja (1996. – 2005.), Gospodarska jedinica "Zapadni Papuk II". Požega.
- Pranjić, A., N. Lukić, 1997: Izmjera šuma. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb.
- Špiranec, M., 1975: Drvnogromadne tablice. Rad. Šumar. inst., 262 str., Jastrebarsko.
- Špiranec, M., 1976: Tablice drvnih masa jele i smrek. Broj 29, Rad. Šumar. inst., 119 str., Jastrebarsko.

SUMMARY: In the past, mixed stands of beech and fir on Papuk (*Abieti-Fagetum panonicum* Rauš 1969), were managed as regular high stands, while natural regeneration was done with the shelterwood cutting method.

Biological and ecological properties of beech and fir indicate the possibility of selection management. Such stands are ecologically more stable and better capable of utilising soil and climatic characteristics.

The high ecological stability and biological properties of beech and fir selections stands result in an optimal production of stem wood and in balanced management.

Of all biometrical management characteristics, the following are of utmost importance: dominant tree heights, tariff series, crop maturity dimension and current annual stand increment.

Compartment 56a, Management Unit "Zapadni Papuk II" covering an area of 15.10 ha, with a species mix of 53 % of beech and 47 % of fir was taken as an example of management with a mixed stand of beech and fir on Papuk. The distribution of beech and fir trees by hectare and diameter classes is shown in Table 1 and Graph 1.

The dominant heights of mixed stand of beech and fir were defined using the "Swedish method" for mean breast diameters increased for standard deviation ($d_{dom} = d_s + \sigma$).

The crop maturity dimension was determined for 60 cm of breast diameter (German diameter degree 57.5 cm).

The mean breast diameter of beech in a stand is 29.97 cm with standard deviation of 16.10 cm, while that of fir is 42.65 with standard deviation of 17.87.

The stand height curves of beech and fir in Compartment 56a were equalised with exponential functions (Graph 2, a):

$$h = 38,6264 e^{-14,3356/d} + 1,3, \text{ for beech}$$

$$h = 37,2016 e^{-13,3950/d} + 1,3, \text{ for silver fir}$$

The geometric progression coefficient (q) of the number of trees from lower to higher diameter degrees is higher than 1 ($q > 1$) and is called Liocourt's progression coefficient. In the given mixed stand of beech and fir the geometric progression coefficient for beech was 1.4693 according to Collet and that for fir was 1.3651 according to Susmel.

The normal tree number (N), the normal basal area (G) and the normal volume (V) per hectare were calculated using the stated geometric progression coefficients (q) for beech and fir (Table 2).

The dominant height (h_{dom}) for beech is 29.60 m and for fir 31.12 m.

Normal tree number series for beech and fir in Compartment 56a were calculated using Mayer's function of tree number density per hectare:

$$N = 385,2748 e^{-0.7615d}, \text{ for beech} \dots 460 \text{ trees}$$

$$N = 334,4691 e^{-0.6244d}, \text{ for silver fir} \dots 546 \text{ trees}$$

The tariff volume series were constructed according to Špiranec's functions for beech and fir volume and Mihajlov's height curves:

$$v = 0,00003468 d^{2,024425} h^{1,032212}, \text{ for beech}$$

$$v = 0,00005015 d^{1,877477} h^{1,054306}, \text{ for silver fir}$$

Local tariffs are given in Tables 3, 3a and Graph 3.

The normal model for beech was determined at 285.72 m³/ha and for fir at 380.33 m³/ha. The normal model for a mixed stand of beech (53 %) and fir (47 %) was determined at 330.18 m³/ha (Table 3, 3a, Graph 4).

The transition time for a mixed stand of beech and fir was determined on the basis of breast diameter, which decreases with an increase in breast diameter. The transition time for the stand in Compartment 56a was equalised with exponential functions:

$$T = 2,3789 d^{-0.8218}, \text{ for beech}$$

$$T = 2,4922 d^{-0.8509}, \text{ for silver fir}$$

Equalised transition times for beech and fir in Compartment 56a, MU "Zapadni Papuk II", are given in Graph 5.

The percentage of current annual volume increment for beech and fir was equalised with functions:

$$p_i = 7,525 - 2,996 \log d, \text{ for beech},$$

$$p_i = 5,955 - 2,235 \log d, \text{ for silver fir}$$

Equalised percentage of current annual fir increment is given in Graph 6.

A cutting cycle (10 years) of 90.00 m³/ha can be calculated on the basis of the normal model for a mixed stand of beech and fir of 330.18 m³/ha, current volume transition of 91.10 m³/ha and current volume stand increment (10 years) of 89.90 m³/ha. (Table 4)

The difference between the normal volume per hectare before cutting (M) and after cutting (m) is determined on the basis of a 10-year increment or volume transition and is equal to the felling cycle ($E = M - m$).

Key words: Mean breast diameter, dominant height, Swedish method, normal model, Liocourt's distribution, tariffs, transition time, annual volume transition, 10-year volume increment, normal stand volume before and after cutting per hectare.