

# VELIČINA I VARIJABILITET DEBLJINSKOG PRIRASTA STABALA JELE NA PLANINI BORJA

## SIZE AND VARIABILITY OF THE DIAMETER INCREMENT FOR THE SILVER FIR TREES ON THE BORJA MOUNTAIN

Goran Jović<sup>1</sup>, Vojislav Dukić<sup>2\*</sup>, Branko Stajić<sup>3</sup>, Danijela Petrović<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Administrativna služba opštine Teslić, Karađorđeva 18, 74270 Teslić, Bosna i Hercegovina

<sup>2</sup> Univerzitet u Banjoj Luci, Šumarski fakultet, Stepe Stepanovića 75a, 78000 Banja Luka, Bosna i Hercegovina

<sup>3</sup> Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, Kneza Višeslava 1, 11030 Beograd, Srbija

\*e-mail: vojislav.dukic@sf.unibl.org

### Izvod

Veličina i varijabilitet debljinskog prirasta stabala jele analiziran je za područje Borja planine, u čistim sastojinama jele i u mješovitim sastojinama jele i bukve. Prosječna veličina tekućeg debljinskog prirasta stabala jele u čistim sastojinama iznosi 2,62 mm, a u mješovitim sastojinama iznosi 2,40 mm. Varijabilnost debljinskog prirasta, izražena koeficijentom varijacije, u čistim sastojinama je 63% a u mješovitim sastojinama 75%, odnosno, kada je u pitanju debljinski prirast stabala, može se konstatovati da su homogenije čiste sastojine. Sa opadanjem vitalnosti i biološkog položaja stabala značajno se smanjuje debljinski prirast.

**Cljučne riječi:** Borja, debljinski prirast, jela, varijabilitet

## 1. UVOD / INTRODUCTION

Poznavanje veličine i toka debljinskog prirasta stabala u zavisnosti od stanišnih i sastojinskih faktora predmet je stalnog interesovanja šumarskih stručnjaka, prije svega zbog činjenice da se na osnovu debljinskog prirasta određuje zapreminski prirast stabala i sastojine kao jedan od najznačajnijih taksacionih elemenata za planiranje i provođenje mjera gazdovanja (Koprivica & Ratknić, 1995).

Rast i prirast stabala u debljinu uslovljeni su uticajem brojnih faktora, koji se uopšteno mogu svrstati u tri grupe: stanišni faktori, sastojinski uslovi i individualne genetske karakteristike. Ista vrsta drveća u istim stanišnim uslovima može, u zavisnosti od sastojinskih uslova, imati različite tokove rasta prečnika. Ova činjenica potencira

važnost adekvatne (optimalne) izgrađenosti sastojina i minimalizuje značaj rasta i prirasta prečnika pri proizvodnom diferenciranju staništa (Stajić, 2010).

Jela je i sa ekonomske i sa ekološke tačke gledišta jedna od najznačajnijih vrsta drveća na području Republike Srpske, odnosno Bosne i Hercegovine. To potvrđuju i preliminarni podaci druge inventure šuma na velikim površinama, prema kojima je zapremina ukupne drvne mase jele u visokim šumama na području Republike Srpske 38 780 852 m<sup>3</sup> ili 18% zapremine ukupne drvne mase svih vrsta drveća (Govedar et al., 2011).

U Bosni i Hercegovini jela je zastupljena u mješovitim šumama bukve i jele, te bukve, jele i smrče i vrlo rijetko čistim šumama jele.

Jela u gorskom pojasu gradi šumske zajednice sa smrčom i ponekad s bijelim borom, te sa bukvom, kao našu najznačajniju šumsku zajednicu, zajednicu bukovo-jelovih šuma (*Abieti-Fagetum*) (Stefanović, 1977; Stefanović et al., 1983; Beus, 1984).

Prema Ballian & Halilović (2016), jela u Bosni i Hercegovini predstavlja i najznačajniju vrstu četinaru u šest dobro očuvanih i zaštićenih prašuma: Ravna Vala, Janj, Lom, Trstionica, Plješevica i Perućica.

Pored značaja za određivanje zapreminskog prirasta, istraživanja su pokazala da promjene debljinskog prirasta i njegova odstupanja od tipičnih tokova predstavljaju bioindikator vitalnosti stabala i sastojina, koji prije pojave okularno vidljivih simptoma devitalizacije stabala ukazuje na nastupanje destruktivnih procesa. Monitoring debljinskog prirasta stabala može doprinijeti pravovremenom otkrivanju devitalizacije i smanjivanju mogućih šteta i prije pojave vidljivih simptoma sušenja (Stamenković & Vučković, 1988; Prpić et al., 1994; Bigler & Bugmann, 2003; Stajić et al., 2017 itd.).

Postoje rezultati istraživanja koji pokazuju da je debljinski prirast stabala na boljim staništima znatno veći, ali isto tako i istraživanja koja pokazuju da prostor za rast (koji se reguliše sječama) može nadmašiti uticaj boniteta staništa (Schlenker, 1971; Vučković, 1989 itd.).

Poznavanje prirasta stabala je od ključnog značaja za gajenje i gazdovanje šumama. Sastojinama jele, odnosno sastojinama jele i bukve, na prostoru Bosne i Hercegovine gazduje se primjenom prebirnih i skupinasto prebirnih sječa.

Vrijednost sortimenata stabala jele povećava se sa povećanjem prečnika, pa polazeći od toga gazdovanje jelom treba biti orijentisano na odgajanje debljih stabala visokog kvaliteta u dužem vremenskom periodu. Pošto se vrijednost sortimenata povećava sa povećanjem prečnika stabala, debljinskom prirastu se mora posvetiti posebna pažnja. U njegovanoj sastojini najvredniji sortimenti su oko tri puta skuplji nego u nenjegovanim. Razumijevanje i tumačenje interakcije između elemenata strukture sastojine i veličine debljinskog prirasta stabala pruža i nove mogućnosti za unapređenje gazdovanja ovim šumama.

## 2. MATERIJAL I METODE / MATERIAL AND METHODS

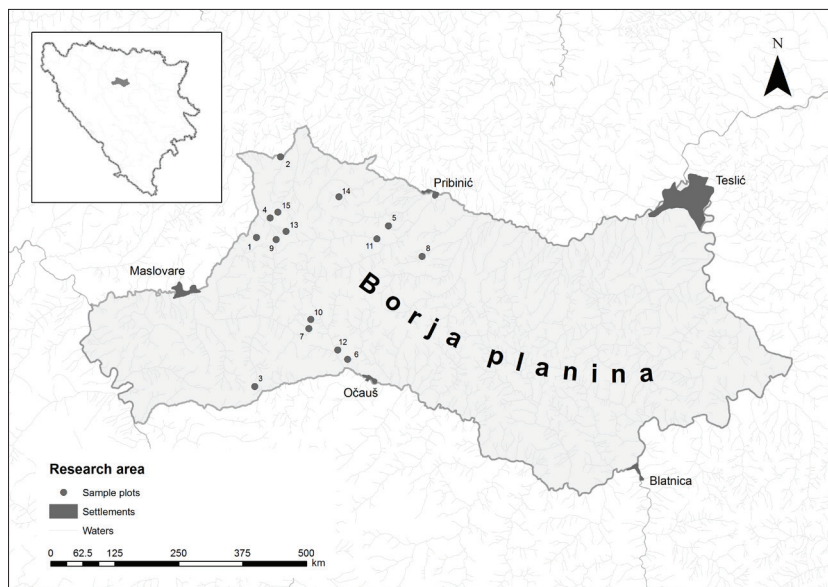
Područje istraživanja je planina Borja. Planina Borja je planina u sjevernom dijelu srednje Bosne, smještena između rijeka Velike Usore i Male Usore. Pravac pružanja je sjeverozapad-jugoistok, što je karakteristika i ostalih planina Dinarskog masiva. Najviši vrh je Velika Runjavica (1077 m) i smješten je u sjeverozapadnom dijelu planine. Na planini Borja preovladavaju mješovite sastojine jele i bukve, a javljaju se i čiste sastojine jele.

Prosječna godišnja temperatura vazduha je 11,4 °C, a prosječna godišnja suma padavina za istraživano područje je 972 mm. U toku ljeta od ukupne količine padavina padne oko 56,0%. Geološka podloga područja je šarolikog sastava, uglavnom izgrađena od magmatskih stijena (ultramafiti, gabroperidotiti).

Da bi se obuhvatilo variranje stanišnih i sastojinskih uslova, na osnovu analize podataka u

šumskoprivrednim osnovama i ostaloj relevantnoj dokumentaciji, te terenskog uvida u stanje i strukturu šuma, procijenjeno je da treba postaviti 15 oglednih površina (50 m × 50 m), odnosno premjer izvršiti u 15 raznodobnih sastojina. Pet oglednih površina je postavljeno u čistim sastojinama jele, a deset u mješovitim sastojinama, u kojima je pored jele zastupljena i bukva (Slika 1).

Na postavljenim oglednim površinama utvrđeno je prisustvo tri asocijacije: *Rusco hypoglossi-Abietetum* Brujić 2004, jela sa rebračom *Blechno-Abietetum* (Ht. 1938) Ht. in Cestar 1967 i jela sa okruglolisnim broćem *Galio rotundifolii-Abietetum* M. Wraber 1959. Prva asocijacija svrstava se u svezu *Asperulo-Fagion* (Oberd. 1957) Ellenberg 1963, a druge dvije svrstavaju se u svezu *Abieti-Piceion* Br.-Bl.1939. Fitocenoza *Rusco hypoglossi-Abietetum* klimaregionalna je zajednica montanog pojasa pripanonske oblasti, koja inače



**Slika 1.** Položaj planine Borja i oglednih površina / **Figure 1.** The location of the Borja mountain and the sample plots

biogeografski pripada srednjoevropskoj provinciji. Jela sa rebračom (*Blechno-Abietetum*) sreće se kao intrazonalni klimaks u najnižem, kolinskom pojasu od 400 do 600 m n.v., na terasama i blagim padinama; nagibi su veći samo u klisuricama (urvinama) potocića. Jelik sa okruglolisnim broćem (*Galio-Abietetum*) je fitocenoza šire visinske amplitude (450–950 m n.v.), u suštini azonalnog karaktera. To je edafogena fitocenoza, vezana za ofiolite, odnosno  $\pm$  serpentinizirane peridotite, bez stjenovitosti, a rijetko kamenita.

Na oglednim površinama svim stablima [prečnik na prsnoj visini ( $d_{1,3}$ ) > 5 cm] je izvršen premjer osnovnih elemenata rasta: prsni prečnik, dužina čistog debla i visina stabla. Dužina krošnje je utvrđena kao razlika visine stabla i dužine čistog debla. Uzeti su uzorci za određivanje debljinskog prirasta stabala upotrebom Preslerovog svrdla. Mjerenje debljinskog prirasta je izvršeno primjenom instrumenta *Corim maxi*. Pored toga, za sva stabla je utvrđen biološki položaj (razred) i vitalnost. Na osnovu razvijenosti krošnji i načina dostupnosti svjetlosti stabla su razvrstana u tri biološka razreda prema Bunuševac (1951): dominantna stabla (I Bp–Kraft 1 i 2), kodominantna stabla (II Bp–Kraft 3 i 4a) i podstojna stabla (III Bp–Kraft 4b i 5).

S obzirom na vitalnost, sva stabla jele klasifikovana su u tri kategorije (Innes, 1990):

- A. Stabla dobrog vitaliteta, sa 76–100% iglica u krošnji, pojedinačnim suvim granama prečnika koji ne prelazi 2–4 cm, potpuno razvijenim mladim izbojcima dužine preko 10 cm;
- B. Stabla srednjeg vitaliteta, sa 51–75% iglica, izvjesnim brojem suvih grana prečnika 4–8 cm i mladim izbojcima redukovane dužine;
- C. Stabla lošeg vitaliteta, sa manje od 50% iglica u krošnjama, velikim brojem debelih suvih grana u krošnji (>8 cm prečnika) i jako redukovanim mladim izbojcima.

U istraživanim sastojinama broj stabala po hektaru je u intervalu od 392 do 736, odnosno broj stabala jele je intervalu od 200 do 628. Prečnik aritmetički srednjeg stabla po presjeku za jelu je u intervalu od 22,4 cm do 39,3 cm, a srednja visina sastojine, utvrđena primjenom Lorajeve formule, u intervalu od 18,7 m do 30,1 m. Zapremina drvene mase u sastojinama je u intervalu od 274 do 710 m<sup>3</sup>/ha. Bonitet staništa je u intervalu od II/III do I, odnosno preovladava prvi bonitet staništa prema odgovarajućoj dispoziciji bonitetnih krivih za Bosnu i Hercegovinu (Drinić et al., 1990).

### 3. REZULTATI I DISKUSIJA / RESULTS AND DISCUSSION

Na 15 oglednih površina premjereni su osnovni elementi rasta 1711 stabala jele, od tog broja u čistim sastojinama jele 635, a u mješovitim sastojinama jele i bukve 1076 stabala. U Tabeli 1 prikazane su prosječne vrijednosti (aritmetička sredina) i variranje (koeficijent varijacije) osnovnih elemenata rasta stabala, odnosno tak-

sacionih elemenata po oglednim površinama: tekući debljinski prirast ( $i_d$ ), prsni prečnik ( $d_{1,3}$ ), visina ( $h$ ), dužina krošnje ( $hk$ ), biološki položaj „BP” i vitalnost stabla „VT”. Koristimo termin tekući debljinski prirast, iako je s obzirom na način određivanja u pitanju prosječni periodični prirast, određen za period od 10 godina.

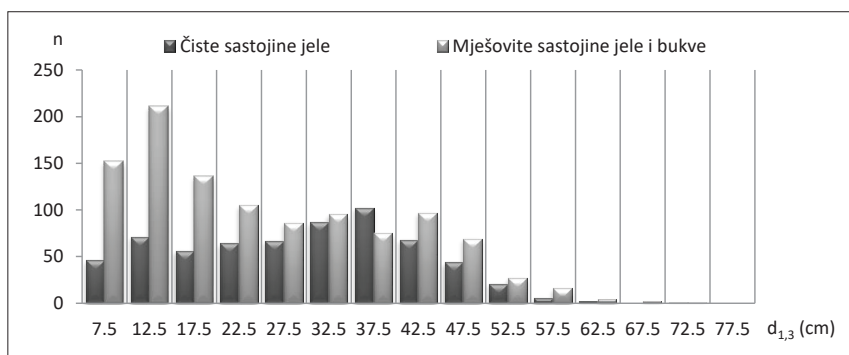
**Tabela 1.** Osnovni elementi rasta stabala jele po oglednim površinama / **Table 1.** Main elements of growth of fir trees by sample plots

Ogledna površina	n	$i_d$		$d_{1,3}$		h		hk		BP		VT	
		A	CV	A	CV	A	CV	A	CV	A	CV	A	CV
		mm	%	cm	%	m	%	m	%	-	%	-	%
Čiste sastojine jele													
2	118	2,78	62	30,2	44	24,0	27	12,0	43	1,7	50	1,9	44
5	151	2,61	66	25,7	50	21,2	39	10,1	51	1,6	50	1,9	44
8	100	2,32	55	36,5	28	27,7	20	10,9	30	1,1	36	1,6	46
11	133	3,09	64	27,7	49	21,5	41	10,5	47	1,6	53	1,7	50
15	133	2,23	58	29,8	39	22,5	25	9,8	38	1,4	42	1,7	47
Σ	635	2,62	63	29,5	44	23,1	32	10,6	44	1,5	50	1,8	47
Mješovite sastojine jele i bukve													
1	151	2,74	75	25,5	55	19,4	45	9,6	57	2,0	44	2,1	40
3	67	3,47	66	35,3	46	22,3	36	11,7	47	1,7	52	1,9	47
4	68	3,06	49	33,8	44	22,8	38	11,2	44	1,5	54	1,9	43
6	127	2,59	85	24,0	55	17,9	46	8,7	59	1,9	43	2,0	41
7	74	1,94	70	26,7	54	18,0	46	8,7	51	1,8	45	1,9	44
9	132	2,51	70	19,9	59	15,1	43	8,1	50	2,1	36	1,8	44
10	50	2,54	60	37,4	32	27,4	24	11,5	29	1,2	45	1,7	46
12	157	1,85	69	25,4	53	19,4	41	8,7	54	1,7	48	1,9	45
13	130	2,22	79	20,2	52	13,8	41	7,6	52	2,2	36	1,9	43
14	120	1,84	73	19,1	61	15,3	54	6,8	66	2,1	37	1,9	40
Σ	1076	2,40	75	25,0	56	18,2	46	8,9	55	1,9	44	1,9	43
Σ	1711	2,48	71	26,7	52	20,0	42	9,5	51	1,7	48	1,9	45

**Napomena / Note.** n - broj stabala u uzorku / number of trees in a sample; A - aritmetička sredina / arithmetic mean; CV - koeficijent varijacije / coefficient of variation

Na Slici 2 prikazana je raspodjela stabala jele, obuhvaćenih istraživanjem po debljinskim stepenima u čistim i mješovitim sastojinama. U mješovitim sastojinama je znatno veći udio tanjih stabala u odnosu na čiste sastojine, u kojima

je najveći udio srednje debelih stabala, odnosno uočava se značajna razlika između čistih i mješovitih sastojina u pogledu debljinske strukture stabala.



**Slika 2.** Raspodjela stabala po debljinskim stepenima u čistim i mješovitim sastojinama / **Figure 2.** Distribution of trees by diameter classes in pure and mixed stands

Prosječna veličina tekućeg debljinskog prirasta stabala jele u čistim sastojinama iznosi 2,62 mm (uz vjerovatnoću od 95% u intervalu od 2,49 mm do 2,75 mm) i nešto je veći u odnosu na mješovite sastojine, gdje iznosi 2,40 mm (uz vjerovatnoću od 95% u intervalu od 2,29 mm do 2,51 mm). Varijabilnost debljinskog prirasta, izražena koeficijentom varijacije, u čistim sastojinama je 63%, a u mješovitim sastojinama 75%, odnosno, kada je u pitanju debljinski prirast stabala, može se konstatovati da su ho-

mogenije čiste sastojine (Tabela 2). Rezultati t i F testa pokazuju da između čistih i mješovitih sastojina postoje statistički značajne razlike kada je u pitanju debljinski prirast stabala. Razlika je statistički značajna na nivou  $p < 0,05$ , odnosno, utvrđene p vrijednosti su veće od 0,01 (Tabela 3). Sumarno gledano, prosječna veličina tekućeg debljinskog prirasta stabala jele iznosi 2,48 mm (uz vjerovatnoću od 95% u intervalu od 2,40 mm do 2,56 mm), a varijabilnost debljinskog prirasta, izražena koeficijentom varijacije, iznosi 71%.

**Tabela 2.** Debljinski prirast stabala jele - mjere centralne tendencije i varijabiliteta / **Table 2.** Diameter increment of fir trees - measures of central tendency and variability

Sastojine	n	A	SA	-95% +95%		SD	CV
				$i_d$ (mm)			
Čiste	635	2,62	0,07	2,49	2,75	1,66	63
Mješovite	1076	2,40	0,05	2,29	2,51	1,80	75
Sve	1711	2,48	0,04	2,40	2,56	1,75	71

**Napomena / Note.** n - broj stabala u uzorku / number of trees in a sample; A - aritmetička sredina / arithmetic mean; SA - standardna greška aritmetičke sredine / standard error of arithmetic mean; -95%/+95% - donja/gornja granica intervala procjene uz vjerovatnoću od 95% / lower/upper 95% confidence limits; SD - standardna devijacija / standard deviation; CV - koeficijent varijacije / coefficient of variation

**Tabela 3.** Debljinski prirast stabala jele u čistim i mješovitim sastojinama - t i F test / **Table 3.** Diameter increment of fir trees in pure and mixed stands - t & F test

Varijabela	$A_j$	$A_{jb}$	t test	df	p	$SD_j$	$SD_{jb}$	F test	p
$i_d$ (mm)	2,62	2,40	2,44	1709	0,0146	1,66	1,80	1,18	0,0242

**Napomena / Note.**  $i_d$  - debljinski prirast / diameter increment; A - aritmetička sredina / arithmetic mean ( $A_j$  - čiste sastojine jele / pure fir stands,  $A_{jb}$  - mješovite sastojine jele i bukve / mixed fir-beech stands); p - p vrijednost / p value; SD - standardna devijacija / standard deviation; CV - koeficijent varijacije / coefficient of variation

Klopčič et al. (2010) su istraživali debljinski prirast jele u Sloveniji na osnovu podataka sa stalnih oglednih površina koje se koriste u inventuri šuma. Prosječni godišnji debljinski prirast na istraživanom području bio je  $3,43 \pm 0,25$  mm, a njegova varijabilnost je bila 75%. Utvrđena prosječna vrijednost je veća od dobivene u ovom istraživanju, ali je varijabilitet približno isti. Analiza je pokazala značajan uticaj udjela bukve u sastojini na debljinski prirast, što se djelimično potvrdilo i ovim istraživanjem. Pored veće vrijednosti prirasta u čistim sastojinama u odnosu na mješovite, utvrđena je i značajna korelacija između prosječnog debljinskog prirasta i udjela bukve ( $r = -0,43$ ,  $p = 0,0000$ ) u mješovitim sastojinama.

Prema Mirkoviću (1976), vrste svjetlosti (hrast i borovi) imaju manje koeficijente varijacije nego tzv. vrste sjenke (jela, bukva i smrča). Kao širi prosjeci mogle bi se konstatovati vrijednosti koeficijenta varijacije, za hrast 40%, za borove 45%, jelu i bukvu 50% i smrču 55%. U ovom

istraživanju utvrđeni varijabiliteti su veći od navedenog šireg prosjeka za jelu.

U ovom istraživanju tekući, odnosno prosječni periodični prirast je određen na osnovu perioda od 10 godina. Prema Mirkoviću (1976), dužina perioda za koji se određuje prirast utiče na veličinu koeficijenta varijacije, na način da se sa skraćivanjem perioda određivanja prirasta povećava koeficijent varijacije.

Za čiste i mješovite sastojine utvrđena je zavisnost tekućeg debljinskog prirasta od prečnika stabla. Korištena je parabola drugog reda (1). U oba slučaja, regresija u cjelini i koeficijenti regresije statistički su značajni na nivou  $p < 0,01$  (osim parametra „a”). Na osnovu dobijenih jednačina može se izvršiti procjena debljinskog prirasta stabla uz standardnu grešku regresije od 1,38 mm u čistim sastojinama i 1,31 mm u mješovitim sastojinama (Tabela 4). Zavisnost tekućeg debljinskog prirasta od prečnika stabla prikazana je na Slici 3.

$$i_d = a + b \cdot d_{1,3} + c \cdot d_{1,3}^2 \quad (1)$$

**Tabela 4.** Parametri regresije (Funkcija 1) / **Table 4.** Regression parameters (Function 1)

Koeficijenti regresije	Std. Err.	t test	p	$S_e$ (mm)	R	R <sup>2</sup>	F test	p	n
Čiste sastojine jele									
a	-0.44819	0,256	-1,751	0,080					
b	0.15482	0,018	8,375	0,000	1,38	0,56	0,31	142	0,0000
c	-0.00145	0,000	-4,780	0,000					
Mješovite sastojine jele i bukve									
a	-0.39133	0,155	-2,519	0,012					
b	0.14405	0,013	11,513	0,000	1,31	0,69	0,47	479	0,0000
c	-0.00099	0,000	-4,709	0,000					

**Napomena / Note.** Std. Err. - standardna greška koeficijenta regresije / standard error of coefficient of regression; p - p vrijednost / p value;  $S_e$  - standardna greška regresije / standard error of regression; R - koeficijent korelacije / correlation coefficient; R<sup>2</sup> - koeficijent determinacije / coefficient of determination; n - broj stabala u uzorku / number of trees in a sample

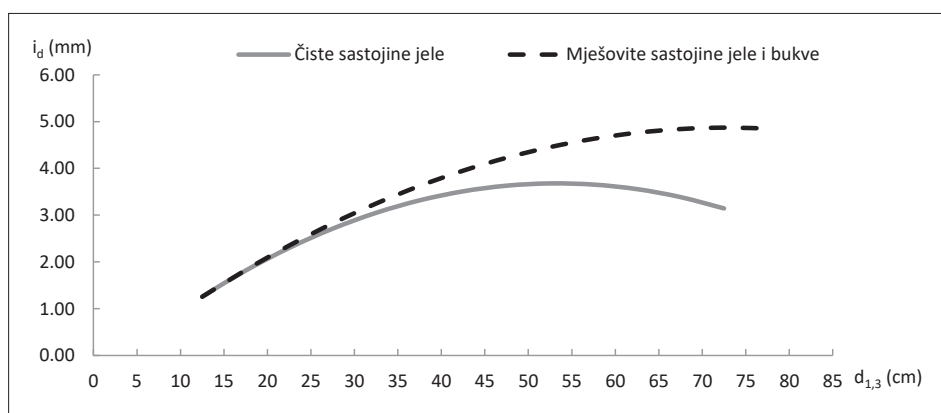
Prsni prečnik stabla pri kome kulminira tekući debljinski prirast određen je analitički ( $-b/2c$ ). U čistim sastojinama kulminacija nastupa kod prečnika od 53 cm, a u mješovitim sastojinama kod prečnika od 73 cm. Ovo se može objasniti činjenicom da u

ovom slučaju mješovite sastojine karakteriše veći stepen raznodobnosti u odnosu na čiste (Slika 2), a poznato je da u raznodobnim sastojinama kulminacija nastupa u višim debljinskim stepenima u odnosu na jednodobne sastojine.

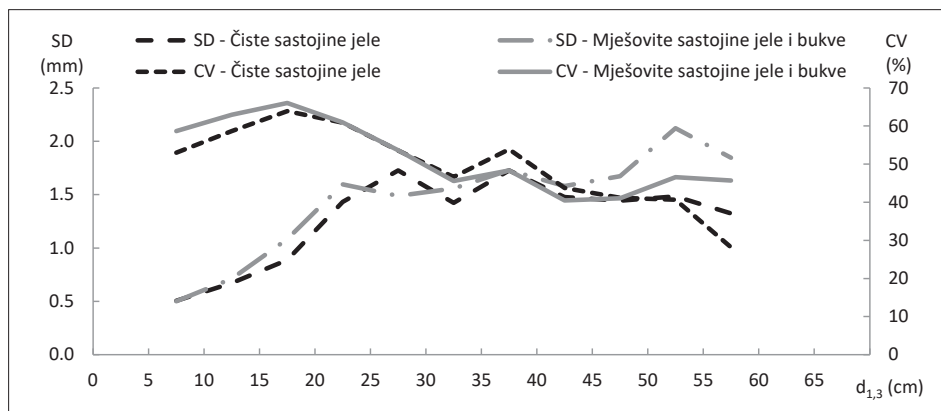
Tomaševski (1959) je utvrdio da u G.J. Ravna Gora, u fitocenozi jele i bukve (*Fagetum abietetosum* Horv.), jela postiže kulminaciju debljinskog prirasta kod prsnih prečnika između 75 i 95 cm, nakon čega debljinski prirast opada. Matić (1959) je u šumama jele, smrče i bukve u Bosni utvrdio da debljinski prirast stabala jele u lošim stanišnim uslovima kulminira u debljinskom stepenu od 32,5 cm, u osrednjim stanišnim uslovima u stepenu od 55 cm, a u dobrim stanišnim uslovima u višim debljinskim stepenima. Drnić (1974) je, prilikom istraživanja dinamike rasta bukve, jele i smrče u najvažnijim tipovima bukovo-jelovih šuma na Igmanu, utvrdio da debljinski prirast stabala jele po oglednim površinama

kulminira u intervalu od 35–40 cm do 60–65 cm, odnosno utvrdio je da debljinski prirast stabala jele kulminira na boljim bonitetima pri nižim prsnim prečnicima i obratno.

U čistim sastojinama utvrđena je veća prosječna vrijednost debljinskog prirasta (2,62 mm u odnosu na 2,40 mm), a na Slici 3 uočavamo da je krivulja debljinskog prirasta stabala u mješovitim sastojinama iznad krivulje u čistim sastojinama. To se može objasniti činjenicom da je u čistim sastojinama utvrđena veća aritmetička sredina prečnika stabala (29,5 cm u odnosu na 26,7 cm), odnosno, u mješovitim sastojinama je znatno veći udio tankih stabala (Slika 2).



**Slika 3.** Zavisnost debljinskog prirasta od prečnika stabla / **Figure 3.** Dependence of the diameter increment on a tree diameter

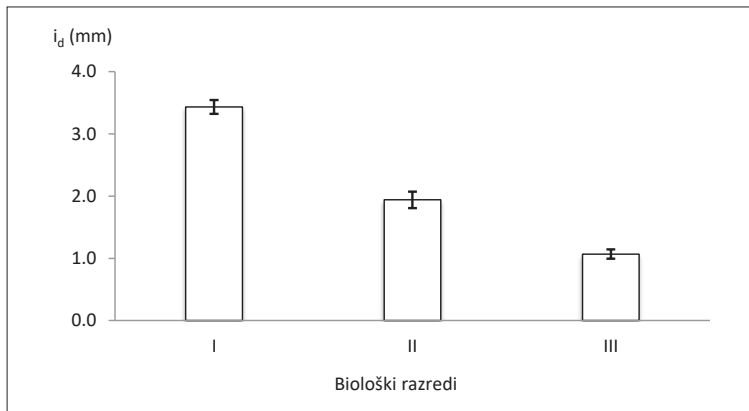


**Slika 4.** Varijabilitet debljinskog prirasta po debljinskim stepenima / **Figure 4.** Variability of diameter increment by diameter classes

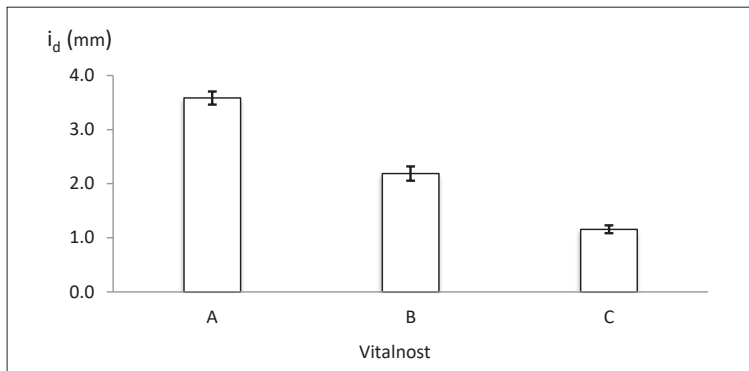
Utvrđene su vrijednosti standardne devijacije i koeficijenta varijacije tekućeg debljinskog prirasta stabala po debljinskim stepenima širine 5 cm i prikazane na Slici 4. Apsolutni varijabilitet se povećava sa povećanjem prečnika do 27,5 cm u čistim sastojinama, odnosno do 22,5 cm u mješovitim sastojinama, a potom stagnira. U mješovitim ponovo dolazi do povećanja u najvišim zastupljenim stepenima. Relativni varijabilitet u čistim, a takođe i u mješovitim sastojinama, povećava se do de-

bljinskog stepena od 17,5 cm, a potom sa daljim povećanjem prečnika opada.

Analiziran je odnos debljinskog prirasta stabala različite vitalnosti i bioloških položaja. Na Slikama 5 i 6 su prikazane prosječne vrijednosti i intervali procjene vrijednosti pri vjerovatnoći od 95%. Uočava se jasna razlika između stabala koja pripadaju različitim biološkim razredima i kategorijama vitalnosti.



**Slika 5.** Debljinski prirast po biološkim razredima / **Figure 5.** Diameter increment by biological positions



**Slika 6.** Debljinski prirast po kategorijama vitalnosti / **Figure 6.** Diameter increment by vitality classes

Veličina i varijabilitet debljinskog prirasta stabala jele, koja su razvrstana u tri kategorije vitalnosti po biološkim razredima, prikazan je u Tabeli 5. Jasno se uočava da se sa opadanjem vitalnosti smanjuje debljinski prirast kod stabala sva tri biološka razreda i da se smanjuje debljinski pri-

rast kod iste kategorije vitalnosti sa opadanjem biološkog položaja. Kod stabala dobrog i srednjeg vitaliteta (A i B), sa opadanjem biološkog položaja povećava se relativni varijabilitet debljinskog prirasta. Kod stabala slabog vitaliteta (C), relativni varijabilitet je približno isti u sva tri



biološka razreda. Kod stabala prvog biološkog razreda, sa opadanjem vitalnosti povećava se relativni varijabilitet debljinskog prirasta, dok

se kod stabala drugog i trećeg biološkog razreda nije jasno ispoljila zavisnost u navedenom pogledu.

**Tabela 5.** Debljinski prirast – biološki položaj i vitalnost / **Table 5.** Diameter increment – biological positions and vitality

Biološki položaj	Vitalnost	A	n	-95%	+95%	SD	CV
		mm			mm		
I	A	3,68	625	3,55	3,81	1,63	44,30
	B	2,91	217	2,69	3,13	1,64	56,56
	C	1,96	28	1,48	2,45	1,26	64,10
II	A	3,05	86	2,69	3,41	1,69	55,33
	B	1,82	198	1,65	1,98	1,20	66,32
	C	1,40	130	1,24	1,55	0,89	64,00
III	A	2,25	11	0,70	3,80	2,31	102,31
	B	1,21	85	1,03	1,38	0,81	67,07
	C	0,99	331	0,92	1,06	0,64	64,93
Σ		2,48	1711	2,40	2,56	1,75	70,60

**Napomena / Note.** n - broj stabala u uzorku / number of trees in a sample; A - aritmetička sredina / arithmetic mean; -95%/+95% - donja/gornja granica intervala procjene uz vjerovatnoću od 95% / lower/upper 95% confidence limits; SD - standardna devijacija / standard deviation; CV - koeficijent varijacije / coefficient of variation

Analizirana je zavisnost debljinskog prirasta stabala jele u sastojini od ostalih elemenata rasta stabla koji se mogu jednostavno odrediti u redovnim inventurama šuma: prsni prečnik, visina, dužina krošnje, biološki položaj i vitalnost. Analiza je pokazala izraženu zavisnost od prsnog prečnika, dužine krošnje i vitalnosti stabla, pa je višestrukom regresionom jednačinom obuhvaćena zavisnost debljinskog prirasta stabala jele od navedenih elemenata (2).

$$i_{d-jele} = a \cdot d + b \cdot d^2 + c \cdot h_k^2 + d \cdot VT^2 \quad (2)$$

Regresiona jednačina je dobivena metodom postepene (*backward stepwise*) višestruke regresije. Regresija u cjelini i koeficijenti regresije statistički su značajni na nivou  $p < 0,01$ . Na osnovu koeficijenta determinacije, 83% variranja debljinskog prirasta stabala jele može se objasniti zavisnošću od navedenih elemenata. Preostali dio variranja debljinskog prirasta jele uslovljen djelovanjem drugih faktora. Na osnovu dobijenog modela može se izvršiti procjena debljinskog prirasta stabla uz standardnu grešku regresije od 1,26 mm (Tabela 6).

**Tabela 6.** Parametri regresije (Funkcija 2) / **Table 6.** Regression parameters (Function 2)

Koeficijenti regresije	Std. Err.	t test	p	Se (mm)	R	R <sup>2</sup>	F test	p	n
a	0,10691	0,006	18,344	0,000	1,26	0,91	2043	0,0000	1711
b	-0,00132	0,000	-11,562	0,000					
c	0,00806	0,001	13,229	0,000					
d	-0,03084	0,009	-3,384	0,001					

**Napomena / Note.** Std. Err. - standardna greška koeficijenta regresije / standard error of coefficient of regression; p - p vrijednost / p value; S<sub>e</sub> - standardna greška regresije / standard error of regression; R - koeficijent korelacije / correlation coefficient; R<sup>2</sup> - koeficijent determinacije / coefficient of determination; n - broj stabala u uzorku / number of trees in a sample

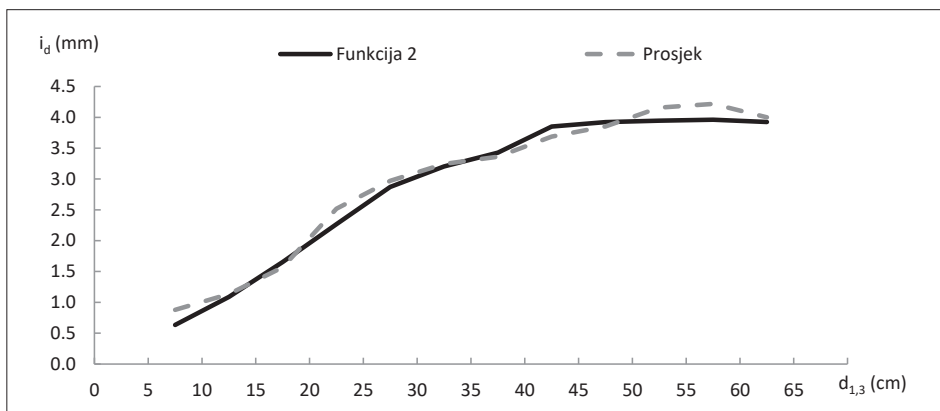
Na Slici 7 prikazan je odnos prosječnih vrijednosti debljinskog prirasta po debljinskim stepenima i vrijednosti koje su izračunate korištenjem dobijene jednačine (2). Da bi se mogla primijeniti dobijena jednačina, u svakom debljinskom stepenu su izračunate prosječne vrijednosti: prsnog prečnika, dužine krošnje i vitalnosti stabla. Uočavaju se mala odstupanja u pojedinim debljinskim stepenima, odnosno,

korištenjem dobijene jednačine može se relativno pouzdano procijeniti debljinski prirast po debljinskim stepenima, što dalje stvara pretpostavke za određivanje zapreminskog prirasta bez potrebe bušenja stabala. Takođe, *t*-test je pokazao da između posmatranih vrijednosti debljinskog prirasta (utvrđenih i procijenjenih po Funkciji 2) ne postoji statistički značajna razlika (Tabela 7).

**Tabela 7.** Debljinski prirast po debljinskim stepenima - utvrđeni i procijenjeni po Funkciji 2 / **Table 7.** Diameter increment by diameter classes - determined and assessed by Function 2

Debljinski prirast	A	SD.	N	Diff.	t	df	p
	mm						
$i_d$ – Funkcija 2	2,90	1,205	12	-0,0701	-1,65586	11	0,12597
$i_d$ – Prosjek	2,97	1,186					

**Napomena / Note.**  $i_d$  - debljinski prirast / diameter increment; A - aritmetička sredina / arithmetic mean; p - p vrijednost / p value; SD - standardna devijacija / standard deviation



**Slika 7.** Debljinski prirast po debljinskim stepenima – utvrđeni i procijenjeni po Funkciji 2 / **Figure 7.** Diameter increment by diameter classes - determined and assessed by Function 2

#### 4. ZAKLJUČAK / CONCLUSION

Na planini Borja (Bosna i Hercegovina), u čistim sastojinama jele, prosječna veličina tekućeg debljinskog prirasta stabala jele je 2,62 mm (uz vjerovatnoću od 95% u intervalu 2,49–2,75 mm) i veća je od prosječne vrijednosti u mješovitim sastojinama jele i bukve, gdje iznosi 2,40 mm (uz vjerovatnoću od 95% u intervalu 2,29–2,51 mm).

Varijabilnost debljinskog prirasta stabala jele, izražena koeficijentom varijacije, u čistim sasto-

jinama jele je 63%, a u mješovitim sastojinama jele i bukve 75%, odnosno, kada je u pitanju debljinski prirast stabala, može se konstatovati da su homogenije čiste sastojine.

Rezultati analize su pokazali da između čistih i mješovitih sastojina postoji statistički značajna razlika kada je u pitanju debljinski prirast stabala. Razlika je statistički značajna na nivou  $p < 0,05$ .

Za čiste i mješovite sastojine utvrđena je zavisnost tekućeg debljinskog prirasta od prečnika stabla korištenjem parabole drugog reda. U čistim sastojinama kulminacija debljinskog prirasta nastupa kod prečnika od 53 cm, a u mješovitim sastojinama kod prečnika od 73 cm.

Analiza odnosa varijabiliteta debljinskog prirasta i debljine stabala je pokazala da se apsolutni varijabilitet povećava sa povećanjem prečnika do 27,5 cm u čistim sastojinama, odnosno do 22,5 cm u mješovitim sastojinama, a potom stagnira. U mješovitim ponovo dolazi do povećanja u najvišim zastupljenim debljinskim stepenima. Relativni varijabilitet u čistim, a takođe i u mješovitim sastojinama, povećava se do debljinskog stepena od 17,5 cm, a potom sa daljim povećanjem prečnika opada.

Analiza je pokazala razliku u debljinskom prirastu između stabala koja pripadaju različitim biološkim razredima i kategorijama vitalnosti. Sa opadanjem vitalnosti najviše je izraženo smanjivanje debljinskog prirasta kod tankih stabala. Kod stabala dobrog i srednjeg vitaliteta (A i B), sa opadanjem biološkog položaja povećava se relativni varijabilitet debljinskog prirasta. Kod stabala slabog vitaliteta (C), relativni varijabilitet

je približno isti u sva tri biološka razreda. Kod stabala prvog biološkog razreda, sa opadanjem vitalnosti povećava se relativni varijabilitet debljinskog prirasta, dok se kod stabala drugog i trećeg biološkog razreda nije jasno ispoljila zavisnost u navedenom pogledu.

Regresiona jednačina dobivena metodom postepene (backward stepwise) višestruke regresije omogućava procjenu debljinskog prirasta stabla na osnovu prsnog prečnika, dužine krošnje i vitalnosti stabla, uz standardnu grešku regresije od 1,26 mm. Utvrđeno je da ne postoji statistički značajna razlika između prosječnih vrijednosti debljinskog prirasta po debljinskim stepenima i vrijednosti koje su izračunate korištenjem dobivene jednačine.

Dobiveni rezultati se mogu koristiti kao orijentir prilikom planiranja veličine uzorka za utvrđivanje debljinskog prirasta u čistim sastojinama jele i mješovitim sastojinama jele i bukve, koji je osnova za određivanje zapreminskog prirasta kao jednog od najvažnijih parametara u planiranju gazdovanja šumama. Dobijeni rezultati se takođe mogu koristiti i za analizu stanja u pogledu vitalnosti i strukture sastojina na osnovu dobijenih vrijednosti debljinskog prirasta stabala jele.

## References / Literatura

- Ballian D., Halilović V. (2016). *Varijabilnost obične jele (Abies alba Mill.) u Bosni i Hercegovini*. UŠIT FBiH i Silva Slovenica, Sarajevo: 345 str.
- Beus V. (1984). Vertikalno raščlanjenje šuma u svjetlu odnosa realne i primarne vegetacije u Jugoslaviji. *Odjeljenje Prirodnih i matematičkih nauka ANU-BiH, Radovi LXXVI* knjiga 23: 23–32.
- Bigler C., Bugmann H. (2003). Growth-dependent tree mortality models based on tree rings. *Canadian Journal of Forest Research* 33: 210–221.
- Bunuševac T. (1951). *Gajenje šuma I*. Naučna knjiga, Beograd: 419 str.
- Drinić P. (1974). Dinamika rasteanja i priraščivanja bukve, jele i smrčice u najvažnijim tipovima bukovo-jelovih šuma na Igmanu. *Radovi Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo u Sarajevu* 17(4–6): 37–97.
- Drinić P., Matić V., Pavlič J., Prolić N., Stojanović O., Vukmirović V., Koprivica M. (1990). *Tablice taksacionih elemenata visokih i izdanačkih šuma u Bosni i Hercegovini*. Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu: 327 str.
- Govedar Z. i saradnici (2011). *Obrada, analiza i publikacija podataka druge inventure šuma na veličkim površinama u Republici Srpskoj*. Izvještaj o realizaciji projekta, Šumarski fakultet Univerziteta u Banjoj Luci, Banja Luka.
- Innes J. L. (1990). *Assessment of Tree Condition*. Forestry commission Field Book 12, London: 96 str.
- Klopčič M., Matijašić D., Bončina A. (2010). Značilnosti debelinskoga priraščanja jelke v Sloveniji. *Gozdarski vestnik* 68 (4): 203–216.
- Koprivica M., Ratknić M. (1995). Veličina i varijabilitet debljinskog prirasta u čistim „negazdovanim“ sastojinama bukve na području jugozapadne Srbije. *Zbornik radova Instituta za šumarstvo u Beogradu* 36–37: 131–141.
- Matić V. (1959). Taksacioni elementi prebornih šuma jele, smrčice i bukve na području Bosne, *Radovi*

- Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo i drvenu industriju u Sarajevu 4: 1–162.
- Mirković D. (1976). Varijabilitet debljinskog prirasta važnijih vrsta drveća (Prethodni rezultati). *Radovi Šumarskog fakulteta i Institut za šumarstvo u Sarajevu* 19(1): 103–109.
- Prpić B., Seletković Z., Ivkov M. (1994). Oštećenost krošanja glavnih vrsta drveća u Hrvatskoj u odnosu na radijalne priraste. *Šumarski list* 118(1–2): 3–11.
- Schlenker G. (1971). Werteichen-Standorte. Arbeitstagung der Baden-Württembergischen Landesforstverwaltung, Sulzburg. Tagungsbericht: 8–11.
- Stajić B. (2010). *Karakteristike sastojinske strukture i rasta stabala u mješovitim sastojinama bukve i plemenitih lišćara na području nacionalnog parka „Đerdap“*. Doktorska disertacija, Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu: 324 str.
- Stajić B., Dimitrijević S., Kazimirović M., Dukić V. (2017). Debljinski prirast stabala kao bioindikator njihove vitalnosti: studija slučaja sa područja Despotovca. *Glasnik Šumarskog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci* 27: 17–29.
- Stamenković V., Vučković M. (1988). Prirast stabala hrasta kitnjaka (*Quercus petraea*) kao pokazatelj stepena oboljenja – sušenja. *Šumarstvo* 1: 47–55.
- Stefanović V. (1977). *Fitocenologija sa pregledom šumskih fitocenoza Jugoslavije*. Zavod za udžbenike Sarajevo: 283 str.
- Stefanović V., Beus V., Burlica Č., Dizdarević H., Vučković I. (1983). Ekološko-vegetacijska rejonizacija Bosne i Hercegovine. *Šumarski fakultet u Sarajevu, Posebna izdanja* 17: 1–51.
- Tomaševski S. (1959). Debljinski prirast i vrijeme prijelaza jelovih stabala u fitocenozi bukve s jelom u G. J. Ravna Gora. *Šumarski list* 83(6–7): 176–181.
- Vučković M. (1989). *Razvojno-proizvodne karakteristike crnog bora u veštački podignutim sastojinama na Južnom Kučaju i Goču*. Doktorska disertacija, Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu: 285 str.
- Vučković M., Stajić B., Radaković N. (2005). Značaj monitoringa debljinskog prirasta s aspekta bioindikacije vitalnosti stabala i sastojina. *Šumarstvo* 1–2: 1–10.

## Summary

The size and variability of the diameter increment for Silver fir trees are analysed in the Borja mountain area. The analysis includes pure fir stands and mixed fir with beech stands. The average value of current diameter increment of the fir trees in pure fir stands amounts to 2.62 mm, and it is slightly larger compared to the mixed stands, where it amounts to 2.40 mm. The variability of diameter increment, expressed by the coefficient of variation, is 63% in pure stands, and in mixed stands it is 75%. On the basis of the obtained results, it can be concluded that the diameter increment is more homogeneous in pure stands. It can be clearly noticed that the decline in the vitality of the trees and social classes decreases the diameter increment. A regression equation is obtained which enables the estimation of the diameter increment, based on: diameter in breast height, length of the crown and the tree vitality, with a standard regression error of 1.26 mm.

**Key words:** Borja Mt, diameter increment, silver fir, variability