



UNIVERZITET U BANJOJ LUCI  
ŠUMARSKI FAKULTET



**Goran Jović**

**PRIRAST JELE (*Abies alba* Mill.) NA PLANINI  
BORJA**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Banja Luka, 2020



UNIVERSITY OF BANJA LUKA  
FACULTY OF FORESTRY



**Goran Jović**

**GROWTH INCREMENT OF SILVER FIR (*Abies  
alba* MILL.) ON MT BORJA**

DOCTORAL DISSERTATION

Banja Luka, 2020

## Informacija o mentoru i doktorskoj disertaciji

**Mentor:** prof. dr Vojislav Dukić, vanredni profesor, Univerzitet u Banjoj Luci, Šumarski fakultet

**Naslov doktorske disertacije:** Prirast jele (*Abies alba* Mill.) na planini Borja

**Rezime:** Obična jela (*Abies alba* Mill.) je i sa ekonomske i sa ekološke tačke gledišta jedna od najznačajnijih vrsta drveća na području Republike Srpske i Bosne i Hercegovine. Predmet istraživanja u ovom radu su čiste sastojine jele i mješovite sastojine jele i bukve na planini Borja. Podaci su prikupljeni na 15 privremenih oglednih površina. U radu je analizirana jednostavna ili prosta i prostorna struktura sastojina. Pored analize strukture, dendrohnohološkim metodama razvijena je hronologija jele i analizirana je vitalnost stabala, odnosno sastojina (bioindikacija). Na istraživanom području vrlo je heterogeno stanje po sastojinama u pogledu starosne strukture. Prosječna veličina tekućeg debljinskog prirasta stabala jele u čistim sastojinama iznosi 2,62 mm i nešto je veći u odnosu na mješovite sastojine gdje iznosi 2,40 mm. Analiza odnosa debljinskog prirasta stabala, u sastojinama koje karakterišu različiti stanišni uslovi, pokazala je da se nije ispoljio uticaj različitih stanišnih uslova na debljinski prirast stabala jele na planini Borja. Regresiona jednačina dobijena metodom višestruke regresije omogućava procjenu debljinskog prirasta stabla na osnovu prsnog prečnika, dužine krošnje i vitalnosti stabla sa standardnom greškom regresije od 1,26 mm. U čistim sastojinama prosječna zapremina drvne mase iznosi 563,4 m<sup>3</sup>/ha i veća je u odnosu na mješovite sastojine gdje iznosi 491,1 m<sup>3</sup>/ha. Prosječni zapreminski prirast u čistim sastojinama je 12,3 m<sup>3</sup>/ha, a u mješovitim 12,0 m<sup>3</sup>/ha. Za stabla jele utvrđene su prosječne vrijednosti projekcije krošanja po sastojinama u intervalu od 15,9 m<sup>2</sup> do 27,8 m<sup>2</sup>. Sa povećanjem vrijednosti Clark-Evansovog indeksa povećava se i vrijednost zapreminskog prirasta sastojine, odnosno sastojine sa pravilnijim prostornim rasporedom stabala imaju veći zapreminski prirast. Suprotno tome, sa povećanjem vrijednosti Weberovog visinskog kompeticijskog indeksa, odnosno sa povećanjem kompeticijske snage, smanjuje se zapreminski prirast sastojine. Master hronologije jele za područje planine Borja obuhvata period od 145 godina (od 1870. od 2014. godine). Analiza uticaja klimatskih elemenata je pokazala da se više ispoljio uticaj padavina od uticaja temperature vazduha na formiranje prstenova prirasta. Na osnovu bioindikacije vitalnosti na osnovu indeksa širine prstenova prirasta, možemo konstatovati, sumarno posmatrajući istraživane sastojine, da je stanje u pogledu vitalnosti dobro i da se može spriječiti eventualna devitalizacija u budućnosti primjenom odgovarajućih mjera njege.

**Ključne riječi:** jela, Borja, struktura sastojine, prirast, dendrohronološka analiza, bioindikacija vitalnosti

**Naučna oblast:** Planiranje gazdovanja šumama<sup>1</sup>

**Naučno polje:** Šumarstvo<sup>1</sup>

**Klasifikaciona oznaka:** B 430

**Tip odbrane licence Kreativne zajednice:** CC BY-NC

---

<sup>1</sup> Na osnovu Odluke Senata Univerziteta u Banjoj Luci broj 02/04-3.3610-110/15 od dana 26. 11. 2015. godine

## Information on the supervisor and the PhD dissertation

**Supervisor:** Vojislav Dukić, PhD, Associate Professor, University of Banja Luka, Faculty of Forestry

**Title of the dissertation:** Growth increment of silver fir (*Abies alba* Mill.) on Mt Borja

**Summary:** Taken from both economic and ecological point of view, the silver fir (*Abies alba* Mill.) is one of the most important wood species in the Republic of Srpska, that is, Bosnia and Herzegovina. This dissertation focuses on pure fir stands and mixed fir and beech stands on Mt Borja. The data are gathered from 15 temporary sample plots, with simple and spatial stand structure analysed. Apart from structure analysis, the author, by means of dendrochronological methods, develops the chronology of the firs and analyses the vitality of the trees, that is, the stands (bioindication). On the area researched the stands being rather heterogenic with regard to the age of the trees. The average current diametre increment of fir trees in the pure stands is 2.62 mm, which is slightly more than 2.40 mm measured in the mixed ones. An analysis conducted regarding the ratio of diametre increment in the stands characterised by different site conditions shows there is no impact on the diametre increment of the fir trees on Mt Borja by this factor. The regression equation gained through a multiple regression method enables the evaluation of diametre increment based on DBH, the length of crown, and vitality of the tree with the standard error of regression of 1.62 mm. In the pure stands, the average volume of wood is 563.4 m<sup>3</sup>/ha, and it is bigger in relation to that in the mixed ones, where the figure is 491.1 m<sup>3</sup>/ha. With regard to the average volume increment, it is 12.3 m<sup>3</sup>/ha in the pure stands and 12.0 m<sup>3</sup>/ha in the mixed ones. With reference to the fir trees, the average crown projection area per stand ranges from 15.9 m<sup>2</sup> to 27.8 m<sup>2</sup>. With the increase of the Clark-Evans index there is an increase in the value of volume increment of the stand, which means that there is a bigger volume increment in the stands featuring more regular spatial distribution of trees. On the opposite, with the increase of the Weber's height competition index, that is, with the increase in competitive potential, there is a decrease of volume increment of the stand. A master chronology of fir for the area of Mt Borja is spanning the period of 145 years (1870-2014). An analysis of climate elements impact shows that there is a more significant influence of precipitation than of air temperature in terms of tree rings forming. Based on bioindication of vitality and on the ring width index, it can be concluded, observing the researched stands on the whole, that the state of affairs in terms of vitality is solid and that any potential devitalization in the future can be avoided by applying adequate silvicultural measures.

**Key words:** silver fir, Mt Borja, stand structure, increment, dendrochronological analysis, bioindication of vitality.

**Scientific area:** Forest management planning

**Scientific field:** Forestry

**Classification Code:** B 430

**Type of license of Creative Community:** CC BY-NC

## ZAHVALNICA

*Koristim ovu priliku da izrazim veliku zahvalnost mentoru prof. dr Vojislavu Dukiću koji me je svojim savjetima, podrškom i nesebičnom pomoći usmjerio na istraživanja prirasta ove naše gazdinski značajne vrste drveća. Takođe, veliku zahvalnost dugujem prof. dr Zoranu Maunagi i prof. dr Branku Stajiću na svim korisnim savjetima.*

*Zahvaljujem se Šumskom gazdinstvu „Borja“ Teslić, Šumskom gazdinstvu „Vrbanja“ Kotor Varoš i Opštinskoj upravi Teslić na velikoj pomoći koju su mi pružili prilikom prikupljanja materijala za istraživanje.*

*Ovim putem se zahvaljujem i prof. dr Jugoslavu Brujiću na velikoj pomoći pri pedološkim i fitocenološkim istraživanjima.*

*Zahvaljujem se svim kolegama na pomoći pri obavljanju terenskih radova.*

*Posebnu zahvalnost dugujem svojoj porodici za veliko razumijevanje i podršku u radu.*

**Autor**

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b>	<b>1</b>
1.1. Pregled dosadašnjih istraživanja.....	6
1.2. Cilj istraživanja i polazne hipoteze.....	15
<b>2. METOD RADA</b>	<b>16</b>
2.1. Određivanje veličine i broja oglednih površina.....	16
2.2. Prikupljanje podataka na terenu.....	17
2.3. Obrada podataka.....	22
<b>3. PODRUČJE I OBJEKAT ISTRAŽIVANJA</b>	<b>32</b>
3.1. Područje istraživanja.....	32
3.1.1. Opšti podaci o području istraživanja.....	32
3.1.2. Klimatske karakteristike područja istraživanja.....	33
3.1.2.1. Temperatura vazduha.....	33
3.1.2.2. Padavine.....	35
3.1.2.3. Hidrični bilans po Thornthwait-Matter.....	36
3.2. Objekat istraživanja.....	39
3.2.1. Osnovni podaci o objektu istraživanja.....	39
3.2.2. Pedološke karakteristike.....	46
3.2.3. Fitocenološke karakteristike.....	55
<b>4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA SA DISKUSIJOM</b>	<b>62</b>
4.1. Jednostavna struktura sastojina i prirast.....	62
4.1.1. Starosna struktura sastojina.....	62
4.1.2. Broj stabala sastojine.....	66
4.1.3. Debljinska struktura sastojina.....	68
4.1.4. Srednji prečnik sastojine po temeljnici.....	73
4.1.5. Debljinski prirast stabla.....	75
4.1.5.1. Zavisnost debljinskog prirasta stabla jele od prsnog prečnika.....	77
4.1.5.2. Zavisnost debljinskog prirasta stabla jele od biološkog položaja i vitalnosti.....	79
4.1.5.3. Višestruka zavisnost debljinskog prirasta stabla jele od ostalih elemenata rasta stabla.....	81
4.1.5.4. Debljinski prirast stabala jele u proteklim periodima.....	83
4.1.5.5. Zavisnost debljinskog prirasta stabla jele od stanišnih uslova.....	84
4.1.6. Temeljnica sastojine.....	85
4.1.7. Visinska struktura sastojina.....	89
4.1.8. Srednja visina sastojina.....	91

4.1.9.	Bonitiranje staništa.....	93
4.1.10.	Zapremina sastojine.....	96
4.1.11.	Zapreminski prirast sastojine.....	99
4.1.11.1.	Zavisnost zapreminskog prirasta jele i bukve u sastojini od ostalih elemenata rasta sastojine.....	102
4.1.12.	Procenat prirasta zapremine.....	104
4.1.13.	Indeks obrasta sastojine.....	107
4.2.	Struktura krošnji.....	109
4.2.1.	Površina projekcije krošnje.....	110
4.2.1.1.	Zavisnost površine projekcije krošnje od prečnika stabla jele.....	113
4.2.1.2.	Zavisnost debljinskog prirasta stabla jele od prečnika i površine projekcije krošnje.....	114
4.2.2.	Apsolutna dužina krošanja.....	115
4.2.2.1.	Zavisnost apsolutne dužine krošnje od prečnika stabla jele.....	118
4.2.2.2.	Zavisnost debljinskog prirasta stabla jele od prečnika i apsolutne dužine krošnje.....	119
4.2.3.	Relativna dužina krošanja – krošnjatost.....	120
4.3.	Prostorna struktura sastojina.....	123
4.3.1.	Clark-Evansov indeks agregacije.....	125
4.3.1.1.	Odnos Clark-Evansovog indeksa agregacije i zapreminskog prirasta sastojine.....	127
4.3.2.	Indeks ispremiješanosti vrsta.....	128
4.3.2.1.	Odnos indeksa ispremiješanosti vrsta i zapreminskog prirasta sastojine.....	130
4.3.3.	Indeks diferenciranja prečnika stabala.....	130
4.3.3.1.	Odnos indeksa diferenciranja prečnika stabla i zapreminskog prirasta sastojine.....	134
4.3.3.2.	Zavisnost debljinskog prirasta stabla jele od prečnika i prečnika prvog susjednog stabla.....	134
4.3.4.	Weberov visinski kompeticijski indeks.....	135
4.3.4.1.	Odnos Weberovog visinskog kompeticijskog indeksa i tekućeg debljinskog prirasta.....	137
4.3.4.2.	Odnos Weberovog visinskog kompeticijskog indeksa i zapreminskog prirasta sastojine.....	138
4.4.	Dendrohronološka istraživanja – hronologija jele.....	140
4.4.1.	Hronologija jele u sastojini na oglednoj površini 1.....	140
4.4.2.	Hronologija jele u sastojini na oglednoj površini 3.....	142
4.4.3.	Hronologija jele u sastojini na oglednoj površini 5.....	143
4.4.4.	Hronologija jele u sastojini na oglednoj površini 10.....	144
4.4.5.	Hronologija jele u sastojini na oglednoj površini 13.....	145

4.4.6. Master hronologija jele.....	146
4.4.7. Koeficijenti korelacije između serija indeksa širine goda i klimatskih parametara.....	148
4.4.8. Indikatorske godine.....	151
4.5. Bioindikacija vitalnosti stabala i sastojina.....	152
4.5.1. Bioindikacija vitalnosti na osnovu indeksa širine goda.....	152
4.5.2. Analiza trenda debljinskog prirasta stabala.....	158
<b>5. PREGLED REZULTATA I ZAKLJUČCI</b>	<b>162</b>
<b>LITERATURA</b>	<b>176</b>
<b>PRILOZI</b>	<b>191</b>



## 1. UVOD

Obična jela (*Abies alba* Mill.) je i sa ekološke i sa ekonomske tačke gledišta jedna od najznačajnijih vrsta drveća na području Republike Srpske i Bosne i Hercegovine. Prema Ballian i Halilović (2016) u Bosni i Hercegovini jela je zastupljena u mješovitim šumama bukve i jele, te bukve, jele i smrče i vrlo rijetko u čistim šumama jele na površini od oko 50% svih visokih šuma. U gorskom pojasu jela gradi šumske zajednice sa smrčom i ponekad s bijelim borom. Jela sa bukvom u gorskom pojasu gradi i našu najznačajniju šumsku zajednicu, zajednicu bukovo-jelovih šuma (*Abieti fagetum*) (Stefanović et al. 1983, Beus 1984).

Šume zadovoljavaju niz funkcija, a to su: proizvodna funkcija (proizvodnja drveta kao sirovine i sporednih proizvoda kao što su ljekovito bilje, gljive i drugo), socijalna funkcija (estetsko-dekorativne, zdravstvene, turističko-rekreativne, vaspitne, naučne, obrazovne i drugo) i zaštitna funkcija šuma (sprečavanje erozija i klizišta, pročišćavanje vazduha, očuvanje životinjskog i biljnog svijeta šume i drugo). Sve navedene funkcije šuma su značajne, ali se proizvodnoj funkciji, odnosno proizvodnji drveta kao sirovine u gazdovanju šumama na prostoru Republike Srpske i Bosne i Hercegovine, posvećuje najveća pažnja. Proizvodnja što veće količine kvalitetnog drveta je još uvijek primarni cilj kojem se teži u gazdovanju. Da bismo imali veću proizvodnju kvalitetnog drveta mora se ostvariti veći prirast, odnosno prinos, a da bi se postigao veći prirast, mora se postići i održavati određena struktura sastojina. Da bi se to realizovalo, potrebno je dobro poznavati zavisnost prirasta stabala i sastojina jele od različitih stanišnih i sastojinskih uslova.

Prema podacima prve inventure šuma u Bosni i Hercegovini na velikim površinama (1964–1968), kategorija šuma bukve i jele (sa smrčom), odnosno čistih i mješovitih šuma jele i smrče i mješovitih šuma jele, smrče i bukve, najrasprostranjenija je od svih kategorija šuma u Bosni i Hercegovini i zauzima površinu od 562.237 ha, odnosno oko 35% šumskih površina u Bosni i Hercegovini ili oko 50% površine visokih šuma. U navedenoj kategoriji prosječna zaliha po hektaru u državnim šumama iznosila je 306,6 m<sup>3</sup>, od toga je zaliha četinara 185,5 m<sup>3</sup>, a lišćara 121,1 m<sup>3</sup> (Matić et al. 1971).

Prema podacima druge inventure šuma u Bosni i Hercegovini (2006–2009) ukupna površina šuma i šumskog zemljišta je 3.231.000 ha. Ovi podaci pokazuju da je više od 60% teritorije BiH pod šumom i šumskim zemljištem, odnosno 55% površine je pod šumom. U pitanju su vrijednosti koje su među najvišim u Evropi. Visoke šume sa prirodnom obnovom zauzimaju više od 50% ukupne površine šuma. U površini visokih šuma sa prirodnom obnovom

dominiraju liščarske šume sa oko 50% udjela, udjel mješovitih šuma liščara i četinarara je oko 30% i ostatak od 20% su četinarske šume. U proteklom periodu, u odnosu na prvu inventuru šuma na velikim površinama (1964–1968) došlo je do povećanja površine pod šumom. Površina šuma četinarara i mješovitih šuma četinarara i liščara u arealu šuma bukve i jele (sa smrčom) proizvodnog karaktera je 599.000 ha, a utvrđena zaliha drvene mase u ovoj kategoriji šuma je 185.598.000 m<sup>3</sup>, a prirast drvene mase 4.734.000 m<sup>3</sup> (Čabaravdić et al. 2016).

Površina šuma i šumskog zemljišta Republike Srpske prema podacima druge inventure šuma na velikim površinama iznosi 1.527.000 hektara. Od te površine, površina šuma dostupnih za gazdovanje je 1.294.600 hektara, a nedostupnih je 231.900 hektara. Visoke šume sa prirodnom obnovom su zastupljene sa 772.900 hektara ili 50,6%. Površina šuma četinarara i mješovitih šuma četinarara i liščara u arealu šuma bukve i jele (sa smrčom) je 299.200 hektara ili 39% površine visokih šuma. Zapremina ukupne drvene mase jele u visokim šumama dostupnim za gazdovanje je 38.780.852 m<sup>3</sup> ili 18% zapremine ukupne drvene mase svih vrsta drveća (Govedar et al. 2011)<sup>1</sup>.

Prema podacima Katastra šuma i šumskoga zemljišta u Republici Srpskoj, Javnog preduzeća šumarstva „Šume Republike Srpske“ (JPŠ) iz 2016. godine, šume jele i smrče i jele, smrče i bukve pokrivaju 226.776,23 ha ili 48% površine visokih šuma sa prirodnom obnovom, odnosno 22% od ukupne površine pod šumom i šumskim zemljištem u svojini Republike Srpske. Sa zalihom od 34.242.351 m<sup>3</sup> ili 22% od sveukupne drvene mase visokih šuma sa prirodnom obnovom u svojini Republike Srpske i prirastom od 966.317 m<sup>3</sup>, obična jela značajno utiče na ukupni ekonomski efekat gazdovanja šumama u Republici Srpskoj.

Planina Borja nalazi se na teritoriji opština Teslić i Kotor Varoš, odnosno na teritoriji Usorsko-ukrinskog i Kotorvaroškog šumskoprivrednog područja (ŠPP). Prema podacima iz šumskoprivredne osnove (ŠPO) za Usorsko-ukrinsko šumskoprivredno područje sastojine jele sa bukvom (rjeđe sa smrčom) zauzimaju 35% od ukupne površine pod šumom i šumskim zemljištem, odnosno 46% površine visokih šuma sa prirodnom obnovom. Ove sastojine u drvnoj zalihi visokih šuma sa prirodnom obnovom učestvuju sa 4.870.908 m<sup>3</sup> ili 53% zalihe. Jela je najrasprostranjenija vrsta četinarara na ovome području. Prema podacima iz važeće ŠPO za Kotorvaroško ŠPP čiste i mješovite sastojine jele i smrče sa bukvom zauzimaju 37% od ukupne površine pod šumom i šumskim zemljištem, odnosno 47% površine visokih šuma sa prirodnom

---

<sup>1</sup> Površine šume utvrđene drugom inventurom šuma na velikim površinama i na osnovu satelitskih snimaka su veće od zvaničnih podataka kojima se manipuliše. Razlog tome je, pored ostalog, u činjenici da se značajne površine (prvenstveno u privatnoj svojini) koje su u protekom periodu obrasle šumom i dalje u katastru vode kao poljoprivredno ili zemljište neke druge namjene.

obnovom. U drvnjoj zalih visokih šuma sa prirodnom obnovom ove sastojine učestvuju sa 2.928.231 m<sup>3</sup> ili 49%.

Na području planine Borja jela gradi mješovite sastojine sa bukvom i na manjoj površini nalazi se u čistim sastojinama. Jela je zajedno sa bukvom glavna vrsta raznodobnih šuma koje zauzimaju najveći dio površine posmatrane planine. Raznodobne šume na području planine Borja su vrlo važne za regulisanje vodenih prilika usorskoga sliva a time i za vodosnabdijevanje većeg dijela opštine Teslić i istočnog dijela opštine Kotor Varoš, odnosno pored proizvodne funkcije ovdje je veliki značaj posmatranih šuma za regulisanje vodenih tokova.

Negativan antropogeni uticaj na sastojine jele koje gravitiraju planini Borja intenzivno je započet još za vrijeme Osmanlijskog Carstva (do 1878. godine). S obzirom na tadašnje ograničene tehnološke mogućnosti, vršena je intenzivna i neracionalna preborna sječa najkvalitetnijih stabala, pretežno jele i hrasta, a koja su korištena za manufakturnu proizvodnju francuske i njemačke duge, tesane i cijepane građe, željezničkih pragova, šindre, kolarske građe, obruča i rezane građe za kupce u Trstu i Grčkoj. U prvim godinama poslije izvršene okupacije Bosne i Hercegovine, Austrougarska uprava, zbog nedostatka kapitala, nije mogla izgraditi potrebne saobraćajnice kojima bi otvorila za industrijsku eksploataciju kompleksa četinarskih šuma u unutrašnjosti Bosne, pa je pristupila intenzivnoj eksploataciji šuma u sjevernom dijelu Bosne i Hercegovine, uključujući i intenzivnu eksploataciju i prodaju erarskih<sup>2</sup> jelovih i hrastovih šuma na obroncima planine Borja (Slika 1), području Male Usore i Lukavac potoka. Izgradnjom Teslićke tvornice za suhu destilaciju drveta nastavljena je intenzivna eksploatacija prašumskih sastojina, pretežno bukve i jele, u području Velike i Male Usore i slivu Lukavac potoka (obronci planine Borja). Ovakav način gazdovanja sastojinama jele i bukve u prošlosti ostavio je dalekosežne posljedice na stanje ovih sastojina (Begović 1978, 1986, Vasić 2016).

Prema Stajić (2010), u kontekstu naglih globalnih promjena uslova za rast i opstanak šuma, šumarskoj nauci i praksi, nameće se potreba pronalaženja mogućih puteva i načina da se šume očuvaju. Pronalaženja mogućih puteva i načina zahtjeva niz novih informacija o karakteristikama strukture sastojina i tokovima rasta odnosno prirasta stabala i sastojina, pri tome je posebno važna aplikativnost istraživanja. Zajednička karakteristika savremenih trendova u šumarstvu, uslovljenih navedenim naglim globalnim promjenama, jeste konstatacija o neophodnosti gazdovanja i upravljanja šumama i šumskim ekosistemima na tzv. ekološkim osnovama. Takvi pristupi koji polaze od ekoloških osnova u stručnoj literaturi nazvani su „novo šumarstvo“ (Franklin 1989) i „prirodi blisko šumarstvo“ (Mlinšek 1996, Benecke 1996),

---

<sup>2</sup> Državne šume.

„Rast i prirast pojedinih stabala te razvoj sastojina u samom su središtu zanimanja šumarske prakse i nauke od prvih početaka gazdovanja šumama. Dokaz tome su i prve prirasno prihodne tablice (PPT) od Paulsona, Hennerta i Hartiga s kraja 18. vijeka“ (Božić 2003). Prema Becker (1991) na prirast pojedinačnog stabla utiču različiti ekološki faktori (snabdjevenost stabla hranljivim materijama, vodom i svjetlošću), starost, genetske (nasljedne) predispozicije, vitalnost krošnje, različita oštećenja i uzgojne mjere. Prema Božić (2003) unutar sastojine rast pojedinačnih stabala posljedica je konkurencije između njenih članova i stanišnih uslova. Pri tome su stanišni uslovi opisanih ekološkim faktorima (klimatskim, edafskim i geomorfološkim).

Prirast je u prošlosti uglavnom posmatran kao privredni pokazatelj. Istraživanja u prethodnim decenijama pokazala su da promjene prirasta i njegova odstupanja od uobičajenih tokova praktično predstavljaju bioindikator vitalnosti stabala a time i sastojina, koji nekoliko godina (ponekad i nekoliko decenija) prije pojave okularno vidljivih simptoma devitalizacije stabala (sušenje vrhova, grana...) ukazuje na nastupanje destruktivnih procesa odnosno sušenje stabala. Monitoring prije svega debljinskog prirasta stabala i prognoza njegovog trenda može omogućiti pravovremeno otkrivanje devitalizacije odnosno otkrivanje i prije pojave vidljivih simptoma sušenja. Pravovremeno otkrivanje omogućava smanjivanje obima šteta (Stamenković i Vučković 1988, Prpić et al. 1994, Vučković et al. 2005, Bigler & Bugmann 2003, Dobbertin 2005, Dukić i Maunaga 2007, 2009, Stajić et al. 2017...).

Jela je osjetljiva na promjene životne sredine, uključujući i klimatske promjene. Istraživanje uticaja promjena klimatskih prilika na stanje šuma jele pokazuju da je povećani obim sušenja stabala jele povezan s smanjenjem prosječnih godišnjih količina padavina i povećanjem prosječne godišnje temperature vazduha (Brinar 1964, Božić et al. 2006, Tikvić et al. 2008, Potočić et al. 2008, Anić et al. 2009...). Prema Gradečki - Poštenjak (2010) „*Sušenje obične jele na području njezine prirodne rasprostranjenosti u Evropi problem je koji se razmatra duže od jednog vijeka.*“

Prema Stajić (2010) proučavanja strukture šumskih sastojina, u prošlosti su većim dijelom obavljana u jednodobnim čistim sastojinama. U prethodnim decenijama, veliki broj istraživača različitih profila ukazuje na brojne ekološke i ekonomske prednosti mješovitih jednodobnih i raznodobnih sastojina u odnosu na čiste jednodobne sastojine. Prednosti se prije svega ispoljavaju u efikasnijem korišćenju potencijala staništa i prostora za rast, te većoj stabilnosti i otpornosti mješovitih sastojina. Prema Vučković i Stajić (2004) orijentisanost savremenog šumarstva ka mješovitim i ka raznodobnim sastojinama otvara nove brojne

nepoznanice o karakteristikama rasta vrsta koje formiraju sastojine i o njihovim međusobnim odnosima u mješovitim sastojinama.



**Slika 1.** Sastojina jele sa početka dvadesetog vijeka na planini Borja<sup>3</sup>

*„Pod strukturom sastojine podrazumijeva se distribucija vrsta, broja stabala i njihovih dimenzija po jedinici površine (hektar). Struktura sastojine je rezultat intenziteta rasta pojedinih vrsta pod uticajem prirodnih faktora i čovjeka. Postoje dvije tipične strukture sastojina, jednodobna i preborna kao i niz prelaznih oblika između ova dva tipa“* (Pranjić i Lukić, 1997). Kimmins (1997) ističe da je struktura sastojine horizontalna i vertikalna organizacija stabala. Gadow (2002) pod strukturom sastojine podrazumijeva ravnomjernost raspodijeljenosti u sastojini pojedinih „atributa“ stabala. Strukturu sastojine Oliver i Larson (1996) definišu kao vremensku i fizičku distribuciju stabala u sastojini.

---

<sup>3</sup> Iz foto-arhiva Hemijske industrije „Destilacija“ Teslić.

Kada je u pitanju struktura sastojina, možemo razlikovati tzv. jednostavnu ili prostu strukturu koja se opisuje raspodjelom frekvencija elemenata rasta stabala i tzv. prostornu strukturu sastojina koja se karakteriše raspodjelom i opisom odnosa i veza stabala u prostoru (Stajić 2010). Vrlo bitan element razvoja i unutrašnje izgrađenosti sastojine čini i struktura krošanja. „U najširem značenju pod strukturom krošanja podrazumijevamo veličinu i oblik krošanja, rast i razvoj krošanja, njihov raspored u prostoru i vremenu, te njene proporcije prema ostalim dijelovima stabla“ (Dubravac 1997).

Struktura sastojina prema Zenner (1999) može biti okarakterisana horizontalno i vertikalno. Horizontalno na osnovu prostornog rasporeda stabala a vertikalno na osnovu visinskog diferenciranja stabala. U okviru modernih istraživanja u šumarstvu, definisanje i analiza strukturnih indeksa kojima se karakteriše horizontalna i vertikalna struktura sastojina, su među najvažnim zadacima (Wenk et al. 1990, Pretzsch 1991, 1993, Földner 1995, Gadow et al. 1998, Pommerening 2002, 2006, Stajić 2010).

## 1.1. Pregled dosadašnjih istraživanja

Zbog nepoznavanja veličine zapreminskog prirasta nije bilo moguće planirati obim sječa na bazi kontinuiteta, a indirektno ni utvrditi količine drvnih sortimenata koje će biti isporučene industriji za preradu drveta, pa su pedesetih godina prošlog vijeka na području Bosne i Hercegovine provedena obimna istraživanja u šumama jele, smrče i bukve. Rezultati prikazani u radu „Prirast jele, smrče i bukve u šumama NR BiH“ pokazali su da su prethodno date aproksimativne ocjene zapreminskog prirasta pogrešne i da godišnji prirast po hektaru u ovim šumama u Bosni i Hercegovini iznosi ne 2 m<sup>3</sup>, nego 5 m<sup>3</sup> krupnog drveta. Rezultatima prezentovanim u radu „Taksacioni elementi prebornih šuma jele, smrče i bukve na području Bosne“ došlo se do naučnih osnova za planiranje i realizaciju mjera radi povećanja prinosa šuma i poboljšanja kvaliteta prinosa (Matić 1955, 1959).

Matić (1956) je razradio postupak utvrđivanja tzv. normalne zalihe koji se zasnivao na prinosu koji odgovara asortimanu potreba privrede u šumskim proizvodima i stanišnim uslovima. Utvrđivanje tzv. normalne zalihe bila je jedna od naučnih dilema koju je trebalo primarno riješiti u oblasti uređivanja bosanskohercegovačkih šuma. Tom prilikom je iznio stav da normalni sastav treba da je u skladu sa ciljevima gazdovanja, a ciljevi gazdovanja zavise od planskih potreba privrede koje se iskazuju na tržištu. Nakon završenih istraživanja taksacionih

elemenata stabala i sastojina jele, smrče i bukve, njihove međuzavisnosti, te istraživanja hrastovih šuma, Matić (1963) je objavio rad pod nazivom „Osnovi i metod utvrđivanja normalnog sastava za preborne sastojine jele, smrče, bukve i hrasta na području Bosne“. Navedeni rad je dao naučnu osnovu za planiranje mjera koje će dovesti do normalnog sastava sastojina i kada su u pitanju čiste sastojine jele i mješovite sastojine jele i bukve.

Plagnat (1950) u svojim istraživanjima gubitka prirasta na jeli koji je posljedica štetnog djelovanja imele u Švajcarskoj i u francuskim Jurama konstatuje opadanje prirasta do 20%. Kao posebno pogodna stabla za naseljavanje imele ocijenjena su ona koja svojim krošnjama strše iznad ostalih susjednih stabala u sastojini. Ovakva stabla takođe pogoduju i pticama, koje su glavni vektor širenja imele.

Na prostoru Hrvatske Klepac je sproveo obimna istraživanja prirasta stabala jele. Istraživao je debljinski, visinski i zapreminski prirast u fitocenozi jele s rebračom (Klepac, 1954). U šumama jele koje su zaražene imelom istraživao je uticaj imele na prirast. U istraživanoj sastojini jele nije bilo suvih stabala jele za vrijeme istraživanja, nego su pojedina stabla jele, njih oko 15%, bila zaražena imelom. Zapreminski prirast jelovih stabala koja su zaražena imelom manji je za 19% od prirasta nezaraženih stabala (Klepac, 1955). Klepac analizira odnos između godišnjeg zapreminskog prirasta i prsnog prečnika (Klepac, 1956a) i odnos debljinskog prirasta u dvije najraširenije fitocenoze u Gorskom kotaru: fitocenoza bukve i jele i fitocenoza jele s rebračom (Klepac, 1956b). U svojim istraživanjima o uticaju sušenja jelovih šuma (uticaj defolijatora) na zapreminski prirast konstatuje gubitak prirasta do 8% u zavisnosti od stepena oštećenja (Klepac, 1975).

Pavlič (1966) je istraživao prirast stabala različitih vrsta drveća u zavisnosti od veličine krošnje i položaja stabla u sastojini. Istraživanjem su obuhvaćena i stabla jele. Primjenom višestruke regresije analizirana je: zavisnost tekućeg debljinskog prirasta stabla od boniteta staništa, debljine stabla, površine projekcije i prekrivenosti krošnje, zavisnost tekućeg zapreminskog prirasta stabla po kvadratnom metru projekcije krošnje od boniteta staništa, debljine stabla, površine projekcije krošnje i njene prekrivenosti, zavisnost tekućeg zapreminskog prirasta stabla po kvadratnom metru projekcije krošnje od boniteta staništa, debljine stabla, zapremine i prekrivenosti njegove krošnje.

Stanescu i Popescu (1967) su u planinskim sastojinama jele srednjeg kvaliteta na skeletnim zemljištima u Rumuniji istraživali odnose između pojedinih taksacionih elemenata kao što su debljinski prirast i visinska klasa (razred), zapremina i debljinske klase, kao i debljinske strukture sastojine.

Horvat (1968) je istraživao prirast jelovih sastojina, odnosno debljinski prirast jele po biološkim slojevima (vladajuća – I, suvladajuća – II i nadvladana – III stabla) u zajednici jele s rebračom (*Blechno-Abietetum* Horv.). Prema rezultatima istraživanja, između slojeva postoje značajne razlike u debljinskom prirastu. Takođe je konstatovano da se preborno stablimičnim gazdovanjem ne može izbjeći smanjenje prirasta jer u sastojini nalazimo veći broj potisnutih stabala (II i III sloj).

Pranjić (1973) istražuje korelacionom analizom zavisnost između visinskog prirasta, visine, prsnog prečnika i debljinskog prirasta u zajednici bukve i jele i zajednici jele s rebračom na području Gorskog kotara u tri šumska predjela. Utvrđeno je da je korelacija između visinskog prirasta i prsnog prečnika, odnosno između visinskog prirasta i visine, u sva tri šumska predjela jako slaba. Korelacija između visinskog i debljinskog prirasta po šumskim predjelima je slabo do srednje pozitivna. Multiple linearni korelacioni koeficijenti između visinskog prirasta, prsnog prečnika i visine su jako slabi u sva tri šumska predjela.

Matić (1973a,b) je istraživao prirodno pomlađivanje kao faktor strukture sastojine u sastojinama jele s rebračom (*Blechno-abietetum* Horv.) u gospodarskoj jedinici Belevine u fakultetskoj Šumariji Zalesina. Svrha istraživanja je bila da se utvrde odnosi između elemenata strukture sastojine i pomlađivanja u prebornoj sastojini. Od istraživanih elemenata strukture sastojine, po jačini uticaja na pomlađivanje mogu se poredati sljedeći elementi: nezastarta površina, horizontalna projekcija krošanja, višeslojne zastarte krošnje, koeficijenti prekrivanja, zapremine krošanja i temeljnica. Rezultati istraživanja su pokazali da postoji vrlo visoka korelacija između elemenata strukture i elemenata pomlađivanja odnosno da se sa promjenom elemenata strukture mijenjaju i uslovi za pomlađivanje. U istraživanim sastojinama postoje uslovi za uspješno prirodno prodmlađivanje a uzgajivač svojim djelovanjem može uticati na elemenata strukture, mijenjati ih u cilju privođenja tih sastojina optimalnoj regeneraciji i maksimalnoj proizvodnji.

Martinović (1973) je istraživao uticaj zemljišta i reljefa na omjer vrsta drveća u šumi bukve i jele (*Fagetum croal. abietetosum* Ht.) na kršu zapadne Hrvatske. U istraživanim uslovima, na ilimeriziranom zemljištu na krečnjaku, na omjer vrsta drveća značajno ne utiče nadmorska visina i ekspozicija. Veza između inklinacije i omjera vrsta drveća takođe nije utvrđena. Na smeđem zemljištu s porastom nadmorske visine i sa smanjenjem inklinacije povećava se učešće bukve u omjeru vrsta drveća. Dubina zemljišta kod oba tipa nema uticaj na omjer vrsta drveća.



Larsen (1986) istražujući otpornost različitih provenijencija jele na mraz i tok prirasta, konstatuje da provenijencije iz jugoistočne Evrope karakteriše značajna varijabilnost prirasta. Kalabrijske provenijencije su pokazale izrazitu varijabilnost u otpornosti na mraz a provenijencije iz srednje i zapadne Evrope pokazale su veću otpornost ali i manju varijabilnost. Karpatske provenijencije su pokazale da najbolje prirašćuju i da su otporne na mraz.

Značajan doprinos u istraživanju sastojina jele dao je Križanec (1989) svojom disertacijom pod nazivom „Distribucija i projekcija krošanja u korelaciji s prsnim promjerom stabala u jelovim šumama“ u kojoj je autor analizirao odnos krošnje i debla u jelovim šumama Gorskog kotara. Na osnovu analize konstatuje da pri odabiru za sječú stabla treba doznačivati prema obliku habitusa krošnje po sljedećem redosljedú: stabla s krošnjom oblika rodnog gnijezda, potom s krošnjom oblika valjka, a samo izuzetno s krošnjom oblika paraboloida.

Na sedam oglednih površina u Švarcvaldu, Spiecker (1991) je istraživao dinamiku rasta stabala jele i smrče. Za period od 1950. do 1990. godine, analizirao je odnos radijalnog i zapreminskog prirasta i količine padavina u vegetacionom periodu. Na osnovu prsnog prečnika, stabla je svrstao u tri klase (tanká, srednje debela i debela) i analizirao odnos debljinskog prirasta stabala po klasama za prethodno navedeni vremenski period. Takođe za isti period analizira odnos debljinskog prirasta i relativne dužine krošanja.

Ušćuplić (1992) je na više lokaliteta u Bosni i Hercegovini istraživao gubitak prirasta u sastojinama jele koje su napadnute imelom. U zavisnosti od lokaliteta i debljinskog stepena redukcija debljinskog prirasta je imala različite vrijednosti. Zapreminski prirast zaraženih stabala u debljinskom stepenu od 20 cm do 25 cm u periodu od 20 godina bilježi gubitak od 73%.

Hren i Krejči (1992) su na osnovu podataka o širini i dužini krošanja s velikog broja oglednih površina i vlastitih opažanja o karakterističnim širinama krošanja na 1/3, 1/2 i 2/3 dužine krošnje, te položaja najšireg dijela krošnje u odnosu na dužinu krošnje izračunali prosječne oblične brojeve krošanja po vrstama drveća, uključujući i jelu za koju je utvrđena vrijednost od 0,55. Prosječni oblični brojevi omogućavaju jednostavno određivanje zapremine krošanja na osnovu dužine i širine krošnje.

Levanič (1996) je odradio dendrohronološku i dendroekološku analizu jele u Dinarskom fitogeografskom području u Sloveniji. Utvrdio je usporavanje rasta jele u periodu od 1961. do 1976. godine i povećanje rasta nakon 1976. godine. Stabla jele koja su preživjela navedeni period krize mogu se svrstati u tri grupe: (a) nepromijenjen je debljinski prirast odnosno uporediv sa prirastom prije perioda depresije te normalno reaguju na promjene u faktorima rasta,

(b) smanjen je debljinski prirast ugroženih stabala u odnosu sa periodom prije depresije, ali stabla i dalje reaguju na promjene u faktorima rasta, (c) na debljinski prirast navedeni period je snažno uticao i prirast nastavlja da opada.

Čavlović i Marović (1997) su analizirali odnos debljinskog prirasta stabala jele iznad i ispod 700 m nadmorske visine u gospodarskoj jedinici Sljeme koja se nalazi na sjevernoj padini Medvednice. Utvrdili su da prosječno vrijeme prelaza stabala jele za šumu kao cjelinu u sastojinama ispod 700 m n.v. iznosi 11 godina, a u sastojinama iznad 700 m n.v. iznosi 18 godina.

Prirast jele u jelovim sastojinama na kršu u Hrvatskoj, odnosno uticaj stanišnih i sastojinskih elemenata na prirast jele u tim sastojinama istraživao je Božić (2003). Za modeliranje prirasta stabala obične jele korišćeni su stanišni (ekološki) i sastojinski (strukturni) faktori kao nezavisne varijable. Istraživanje je provedeno na dinarskom dijelu areala obične jele u Hrvatskoj, na krečnjačko-dolomitnim podlogama (na kršu Hrvatske). Utvrđeno je da se prirast jelovih stabala može uspješno modelirati. Prirast temeljnice koji u parcijalnim linearnim korelacijama dao bolje rezultate, modeliran je s ukupno 13 modela. Modelima se objašnjava od 40% do 87% varijabilnosti prirasta temeljnice, ovisno o modelu i periodu promatranja. Osim za prirast, dobiveni su modeli za bonitiranje stabala odnosno ploha i modeli za procjene stepena oštećenosti stabla. Dobivena su ukupno četiri modela kojima je oštećenost objašnjena od 10% do 55%.

Karakteristike rasta i vitalnost jele u jednoj raznodobnoj sastojini na području Zlatara u Srbiji istraživali su Vučković et al. (2002). Autori su, nakon utvrđenog stanja nepovoljne izgrađenosti krošnji stabala, umanjenog prirasta i devitalizacije u 1986. godini, u narednom petnaestogodišnjem periodu izvršili uklanjanje oko 35% stabala sa nepovoljnom razvijenošću i izgrađenošću krošnji i 2001. godine su konstatovali niz pozitivnih efekata provedenog specifičnog uzgojnog postupka (značajan broj stabala je revitalizovao krošnje, stabla najslabijih i najjačih kategorija imaju skoro duplo veći prirast nego u 1986. godini).

Filipiak i Ufnalski (2004) su istraživali promjene u rastu jele (*Abies alba* Mill.) povezane sa poboljšanjem kvaliteta vazduha na planinskom lancu Sudeti, gdje je stepen zagađenja vazduha usljed izgaranja uglja bio vrlo visok, ali je sada znatno smanjen. Glavni zaključak je da stabla jele do starosti od najmanje 130 godina imaju sposobnost da izdrže nepovoljne uslove i da mogu značajno da povećaju prirast sa poboljšanjem kvaliteta vazduha.

Bigler et al. (2004) su istraživali mogućnost korištenja obrazaca rasta kao indikatora predstojeće smrti stabala jele. Obrasci rasta bazirani na prstenovima prirasta mrtvih i živih

stabala su upoređivani i korišteni za predviđanje mortaliteta tokom vremena. Na osnovu trendova rasta i relativnog rasta kao nezavisno promjenjive, izvedeni logistički modeli smrtnosti pokazuju visoku tačnost predviđanja odumrlih i zdravih stabala u budućnosti.

Prostorna struktura, odnosno način horizontalnog prostornog razmještaja stabala u jednoj mješovitoj raznodobnoj sastojini jele i bukve i jednoj čistoj zreloj sastojini jele na planini Goč u Srbiji bili su predmet istraživanja Stajić i Vučković (2006). Autori su, primjenom dvije metode (metode statističkih distribucija i metode indeksa disperzije) za koje nisu potrebna obimna mjerenja rastojanja između stabala ili stabala i slučajno odabranih tačaka u prostoru, konstatovali da se stabla u sastojinama (sva stabla zajedno, ali i razdvojeno po vrstama) razmještaju u prostoru slučajno i zaključili da stabla jele u analiziranim sastojinama rastu u homogenim staništim uslovima, odnosno da na većem dijelu površine sastojine stabla imaju jednake uslove za rast.

Anić (2007) je istraživao strukturu bukovo-jelovih šuma Nacionalnog parka Plitvička jezera. Bukovo-jelove sastojine pripadaju šumskoj zajednici dinarske bukovo-jelove šume (*Omphalodo-Fagetum* Marincek et al. 1992). Sa dvije sastojine se u prošlosti redovno gazdovalo a treća je prašumskog karaktera. Zapremina drvene mase sastojine po hektaru očekivano postiže najviše vrijednosti u prašumskoj sastojini ( $671 \text{ m}^3/\text{ha}$ ). U prašumi dominiraju optimalna i terminalna faza razvoja. Kod sve tri bukovo-jelove sastojine veća je zastupljenost četinara u omjeru smjese.

Cilj istraživanja Božić et al. (2008) bio je da se dobiju modeli koji objašnjavaju neke od elemenata rasta krošanja stabala jele (prečnik, ukupna dužina, dužina osunčanog dijela) bukovo-jelovih šuma u Dinaridima Hrvatske kao funkciju pojedinih sastojinskih (strukturnih) i stanišnih (ekoloških) faktora. Prilikom modeliranja, od stanišnih faktora korišten je nagib, nadmorska visina i orijentacija terena, a od sastojinskih faktora korišteni su prsni prečnik i visina stabala, temeljnica i zapremina po hektaru. Rezultati istraživanja su pokazali da je prsni prečnik stabla najznačajnija varijablu pri modeliranju prečnika krošanja stabala jele. Na osnovu prsnog prečnika kao nezavisne varijable može se objasniti oko 52% varijabilnosti prečnika krošnje stabla.

Diaci et al. (2008) su istraživali dugoročne promjene u sastavu vrsta drveća dinarskih bukovo-jelovih prašuma. Analizirani su podaci o drvnoj zalihi iz 31 inventure u sedam prašuma koje se prostiru od sjeverozapadnih Dinarida u Sloveniji do njihovog središnjeg dijela u Hrvatskoj. U svim je šumama ustanovljeno smanjenje udjela obične jele u drvnoj zalihi.

Smanjenje udjela jele je različito u pojedinim prašumama. Ukupna drvena zaliha u većini prašuma ne pokazuje očekivane promjene s obzirom na odumiranje jele.

Dubravac et al. (2008) su analizirali uticaj strukture sastojine na dinamiku razvoja mladog naraštaja u bukovo-jelovim šumama Nacionalnog parka „Risnjak”. Rezultati ukazuju na narušenost preborne strukture. Distribucija broja stabala ukazuje na izostanak jele u najtanjim debljinskim stepenima te manjak srednje debelih stabala što potvrđuje izostanak priliva jele iz prirodnog pomlađivanja unazad više decenija. Taj prostor popunjava zastarčena nekvalitetna bukva, što upućuje na izmjenu vrsta.

Bronisz et al. (2010) su izvršili dendrohnlološko istraživanje jele u Poljskoj. Istraživanje u sastojinama jele unutar i izvan prirodnog areala pokazalo je da su se stabla jela oporavila od usporavanja rasta sedamdesetih godina prošlog vijeka i da pokazuju stalno povećanje debljinskog prirasta tokom posljednjih 20 godina.

Mothe et al. (2010) su izradili model za predviđanje rasta stabala jele u čistim jednodobnim sastojinama u formi računarskog programa, odnosno simulator rasta (AbiAI 2.0 software). U pitanju je model za pojedinačna stabla, nezavisan od udaljenosti između stabala. Ulazni, odnosno početni podaci za modeliranje su starost sastojine, temeljnica i broj stabala po hektaru.

Klopčič et al. (2010) su istraživali debljinski prirast jele u Sloveniji i analizirali njegovu zavisnost od karakteristika stabla, sastojine i stanišnih faktora koji se utvrđuju tokom inventure šuma na stalnim oglednim površinama. Pokušali su da objasne varijabilitet prirasta jele u prikupljenim podacima. Prosječni godišnji debljinski prirast na istraživanom području bio je  $3,43 \pm 0,25$  mm, a njegova varijabilnost je bila značajna (CV = 75%). Multivarijaciona analiza je pokazala značajan uticaj biološkog razreda, temeljnice sastojine, udjela bukve u sastojini, faze razvoja sastojine na debljinski prirast jele.

Beus (2011) je istraživao ekološke prilike, floristički sastav, međusobne odnose šuma bukve i jele na bazičnim eruptivima, gabru i dijabazu, u ofiolitskoj zoni Bosne. Područje istraživanja je obuhvatilo i planinu Borja. Dobijeni rezultati pokazuju da edafski uslovi imaju odlučujući uticaj na floristički sastav šuma bukve i jele u posmatranom području. Edafski uslovi utiču na zastupljenost dva tipa fitocenoza dijametralno različitog florističkog sastava: šume bukve i jele acidofilnog karaktera na smeđe podzolastom zemljištu, eutrično smeđem zemljištu sa sirovim humusom i luvisolu (i pseudogleju) obrazovanim na gabru i dijabazu i šume bukve i jele neutrofilnog karaktera na eutričnom smeđem zemljištu i rankeru, sa zrelim humusom.

Diaci et al. (2011) su istraživali dinamiku strukture i smanjivanje udjela jele u mješovitim planinskim šumama. Pristupili su komparativnoj studiji starih šuma širom Evrope s ciljem poboljšanja znanja o tome kako direktni i indirektni antropogeni faktori utiču na njihovu strukturu. Analizirane su promjene u strukturi sastojina i obnavljanju jelovo-bukovo-smrčevih starih šuma u Sloveniji, Hrvatskoj, Slovačkoj i Bosni i Hercegovini. Rezultati su pokazali da poremećaji antropogenog porijekla, posebno zagađenje vazduha i povećanje populacije jelena djelovanjem čovjeka, značajno utiču na koegzistenciju jele i bukve. Neujednačene promjene u smjesi vrsta su zamijenjene velikim ujednačenim promjenama.

Indir (2011) je istraživao uticaj elemenata strukture sastojine na prirast starijih sastojina hrasta lužnjaka i običnog graba. Od pokazatelja strukture sastojine ovisnih o udaljenosti stabala koristio je: Clark-Evansov indeks, indeks izmiješanosti vrsta (species mingling) i indeks diferenciranja prečnika (diameter differentiation index). Najvažni rezultat istraživanje su prikazane mogućnosti primjene i načina interpretacije kompeticijskih indeksa individualnih stabala i indeksa strukture sastojine kao dodatnih pokazatelja strukture sastojina, koji pomažu u komparaciji sastojina i kvantifikaciji stanja. Tri upotrebljena indeksa strukture sastojine koristan su alat za dodatno kategorizovanje sastojina. Dobiveni regresioni modeli za procjenu debljinskog prirasta mogu se koristiti u praksi uređivanja šuma.

Božić et al. (2011) su istraživali dinamiku uspostave prebirne strukture u bukovo-jelovim sastojinama na Papuku kojima se u prošlosti većinom jednodobno gazdovalo. Odabrano je 10 sastojina za koje je provedena simulacija uspostave prebirne strukture. U bukovo-jelovim sastojinama kojima se u prošlosti gazdovalo jednodobno uspostava prebirne strukture dugotrajan je proces koji prije svega zavisi od zatečenog stanja sastojine u trenutku početka prevođenja u prebirni oblik.

Simon i Adamec (2012) su upoređivali rast i prirast osnovnih taksacionih elemenata serija sastojina jele koje su nastale na nekadašnjem poljoprivrednom zemljištu i sastojina koje su na zemljištu koje je duži vremenski period prekriveno šumama jele. Kulminacija visinskog prirasta u sastojinama na nekadašnjem poljoprivrednom zemljištu nastupa ranije, u dobi od oko 20 godina. S druge strane, kulminacija zapreminskog prirasta srednjeg sastojinskog stabla nastupa kasnije, tekućim prirastom u dobi od 80 godina, a prosječnog prirasta u dobi od 140 godina.

Na osnovu rezultata istraživanja uticaja bijele imele (*Viscum album* var. *abietis*) na debljinski prirast stabala obične jele u zapadnom dijelu Republike Srpske, Stanivuković (2013) je konstatovao da imela na jeli utiče na smanjenje debljinskog prirasta za 24,1% za period od 10

godina, kada su u pitanju stabla jele na kojima okularnim pregledom nije utvrđeno prisustvo drugih uzročnika oštećenja kako biotičke, tako i abiotičke prirode.

Mazza et al. (2013) su dendroklimatološkom analizom procjenjivali odnos klime i rasta stabala jele graničnih populacija tokom prošlog vijeka u centralnoj Italiji. Dobijeni odnosi klime i rasta su pokazali negativan uticaj ljetnjih temperatura i pozitivan uticaj padavina krajem proljeća i tokom ljeta.

Lučić (2016) je u prašumi Perućica proučavao osnovne karakteristike definisanih tipova šuma u gorskom i predplaninskom pojasu prašume. Utvrđeno je da se u šumama bukve i jele (*Dentario trifoliae-Abieti-Fagetum typicum*) na krečnjačkim crnicama zapremine sastojina kreću od 580,68 m<sup>3</sup>/ha do 969,48 m<sup>3</sup>/ha, odnosno prosječna zapremina iznosi 767,69 m<sup>3</sup>/ha. U ukupnoj zapremini jela prosječno učestvuje sa 346,24 m<sup>3</sup>/ha ili 45%. Vrijednost tekućeg zapreminskog prirasta se kreće od 7,67 m<sup>3</sup>/ha do 9,34 m<sup>3</sup>/ha. Prosječna vrijednost zapreminskog prirasta iznosi 8,27 m<sup>3</sup>/ha. Učešće jele u zapreminskom prirastu sastojine iznosi 3,52 m<sup>3</sup>/ha (od 1,25 m<sup>3</sup>/ha do 5 m<sup>3</sup>/ha) ili 43%.

Gašparović (2016) je istraživao pomlađivanje bukovo-jelovih šuma na području Gorskog kotara. Analiza strukture i stepena pomlađenosti bukovo-jelovih šuma Gorskog kotara na osnovu podataka nacionalne inventure šuma, odnosno dvije varijable (prekrivenost površine pomladkom i brojnost tankih stabala) ukazuju na izrazito nisku pomlađenost šuma podmlatkom obične jele. S druge strane, u okolnostima koje vladaju lišćari a u prvom redu bukva znatno se uspješnije pomlađuju.

Ballian i Halilović (2016) su dali cjelovit prikaz istraživanja varijabilnosti obične jele (*Abies alba* Mill.) u Bosni i Hercegovini. U prvoj fazi su analizirana svojstva na nivou vrste s ciljem dobijanja osnovnih morfoloških pokazatelja, a drugoj fazi je istraživana međupopulacijska varijabilnost. Rezultati istraživanja su pokazali da se mogu izdvojiti populacije sa bržim rastom u prvim fazama razvoja mladih biljaka i da se može izvršiti individualna selekcija na brzi debljinski i visinski rast. Takođe je procjenjeno da je nasljednost poprilično niska.

Mujezinović et al. (2018) analizirali su uticaj imele na debljinski prirast stabala jele, te uticaj stepena zasjenjenosti stabala jele na indeks zaraženosti imelom na području Gospodarske jedinice „Tribija Duboštica“. Utvrđeno je da zasjenjenost pojedinih dijelova ili čitave krošnje značajno utiče na indeks zaraženosti stabala jele. Što je veća zasjenjenost krošnje manji je indeks njene zaraženosti. Najmanji značaj za prisustvo imele, prema rezultatima provedenih analiza ima pokrivenost krošnje sa zapadne i sjeverne strane. Kod stabala kod kojih je krošnja zasjenjena sa

južne, zapadne i sjeverne strane utvrđene su statistički značajne razlike u veličini debljinskog prirasta.

## 1.2. Cilj istraživanja i polazne hipoteze

Cilj istraživanja je da se na osnovu prikupljenih podataka na oglednim površinama utvrde karakteristike strukture sastojina i utvrdi prirast stabala i sastojina u čistim šumama jele i u mješovitim šumama jele i bukve. Primarni cilj istraživanja je da se istraže zakonitosti prirasta jele te analizira zavisnost prirasta stabala (debljinski) i sastojina (zapreminski) od stanišnih i sastojinskih uslova za koje se pretpostavlja da imaju značajan uticaj na prirast. Analizom pojedinih strukturnih parametara i dendrohronološkim istraživanjima utvrdiće se trenutno stanje sastojina, doći će se do važnih zaključaka o homogenosti uslova za rast u kojima raste navedena drvenasta vrsta, dati prognoza za ovu vrstu na istraživanom području, sagledati njen odnos prema uslovima staništa što je od velikog naučnog i praktičnog značaja. Na osnovu utvrđenog prostornog rasporeda stabala, istraživanje će numerički prikazati različite aspekte strukturnog diverziteta. Strukturna determinacija istraživanih sastojina pružiće različite informacije koje će omogućiti sveobuhvatnije i preciznije sagledavanje stanja ovih sastojina.

Na osnovu podataka sa petnaest oglednih površina i prethodnog znanja o određenim pojavama stvoren je osnov za provjeru sljedećih polaznih hipoteza:

- Različitim uslovima staništa odgovaraju različiti tokovi rasta stabala koji se odražavaju na strukturu sastojina i njihov prirast,
- Temperatura vazduha i količina padavina na području planine Borja značajno utiču na prirast stabala jele,
- Analiza zavisnosti debljinskog prirasta stabla od niza stanišnih i sastojinskih uslova se može iskoristiti kao bioindikator vitalnosti stabala i sastojina,
- Analiza trenda prirasta omogućava procjenu stanja sastojina jele u budućnosti, a to je od posebnog značaja kod izrade planova gazdovanja šumama.

## 2. METOD RADA

### 2.1. Određivanje veličine i broja oglednih površina

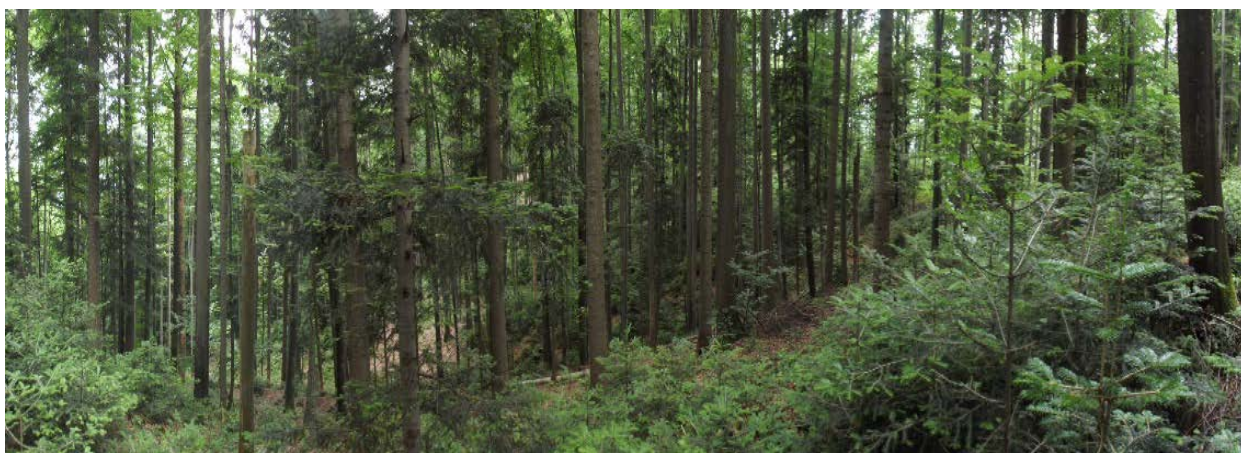
Nakon analize podataka u šumskoprivrednim osnovama i drugim relevantnim dokumentima, te terenskog uvida u stanje i strukturu šuma jele i šuma jele i bukve na planini Borja, procijenjeno je da je potrebno postaviti 15 privremenih oglednih površina veličine 2500 m<sup>2</sup> (50 m x 50 m), da bi se došlo do potrebnih podataka za realizaciju ovog istraživanja. Ogledne površine (OP) su postavljene u pet čistih sastojina jele (čiste sastojine) i u deset mješovitih sastojina jele i bukve (mješovite sastojine) u kojima je udio jele veći od udjela bukve. Čiste sastojine jele su sastojine u kojima je udio bukve i pojedinačnih stabala ostalih vrsta drveća do 10% po zalihi drvene mase, odnosno temeljnici. Ogledne površine su postavljene u mješovitim sastojinama jele i bukve u kojima je udio jele veći od udjela bukve ili približno isti udjelu bukve zbog toga što je težište ovog istraživanja na jeli i činjenica je da na terenu preovladavaju sastojine sa većim udjelom jele. Osnovni kriterijum za izbor sastojina u kojima su postavljene ogledne površine bio je da su one iz kategorije najkvalitetnijih sastojina (očuvane i homogene). Unutar ogledne površine i u pojasu širine 30 m izvan ogledne površine struktura sastojine i stanišni uslovi (pedološke karakteristike, ekspozicija, nagib terena...) su homogeni.

Do veličine ogledne površine od 2.500 m<sup>2</sup> (50 m x 50 m), došlo se na osnovu terenskog uvida i preliminarnih premjera i težnje da se obezbijedi da na svakoj oglednoj površini ukupan broj stabala i broj stabala jele bude dovoljan za različite analize. Uzeta je u obzir i činjenica da s ekološkog aspekta širina probne površine ne bi trebalo da bude manja od dvostruke visine srednjeg stabla. Prema Bunuševcu (1951), ekološki uticaj jedne sastojine na drugu osjeća se približno na odstojanju koje je jednako srednjoj visini stabala u sastojini (20–30 m). Po oglednim površinama ukupan broj stabala je u intervalu od 98 do 184, a stabala jele od 50 do 157. Na osnovu premjerenog broja stabala po oglednim površinama može se konstatovati da je veličina oglednih površina dobro odabrana. Postavljanjem većih oglednih površina povećao bi se uzorak stabala, ali bi istovremeno moglo doći do narušavanja homogenosti oglednih površina u pogledu stanišnih i sastojinskih uslova. Većim oglednim površinama povećao bi se i obim rada na terenu što je takođe relevantno za određivanje veličine oglednih površina. Važno je naglasiti da je u ovom istraživanju prikupljano mnoštvo podataka za svaku oglednu površinu, odnosno za svako stablo, što je takođe uzeto u obzir kod određivanja veličine ogledne površine.



## 2.2. Prikupljanje podataka na terenu

Na istraživanom području od maja do oktobra 2015. godine prikupljeni su podaci za analizu prirasta stabala jele i sastojina i analizu zavisnosti prirasta od stanišnih i sastojinskih uslova. Podaci su prikupljeni postavljanjem privremenih oglednih površina na lokalitetima sa različitim stanišnim i sastojinskim uslovima. Osnovni kriterijum za izbor sastojina u kojima su postavljene ogledne površine bio je da su one iz kategorije najočuvanijih sastojina (u proteklih sedam godina nije vršena sječa). Prilikom postavljanja oglednih površina osigurana je homogenost stanišnih i sastojinskih uslova (Slika 2).



**Slika 2.** Mješovita sastojina jele i bukve na planini Borja (original, 2015)

Za prikupljanje podataka korišteni su različiti instrumenti: prečnica, visinomjer „Vertex“, Preslerovo svrdlo, Suunto kompas, instrument za premjer horizontalne projekcije krošnje „Blume-Leiss Kronenmesser“, instrument za mjerenje debljinskog prirasta „Corim maxi“ itd. Pozicioniranje oglednih površina (centar ogledne površine) u prostoru izvršeno je ručnim GPS navigacijskim uređajem (Garmin eXplorist 600, sa Gaus-Kriggerovim koordinatnim sistemom).

Postavljanjem kočića na uglovima kvadrata i u centru oglednih površina, kao i ispisivanjem broja površine na kočiću, svaka ogledna površina na terenu je obilježena i numerisana. Nakon obilježavanja granica ogledne površine, obrojčena su stabla na oglednoj površini (Slika 3). Na svako stablo, koje po svom prsnom prečniku dolazi u obzir za premjer, upisan je, radi preglednosti, redni broj sa iste strane na visini od 1,3 m.



**Slika 3.** Uzimanje izvrtka na obrojčenom stablu jele (original, 2015)

Za ogledne površine utvrđeni su opšti podaci o staništu (matični supstrat, tip zemljišta, biljna zajednica, nadmorska visina, nagib terena, ekspozicija itd). Na oglednim površinama svim stablima, ako na visini od 1,3 m imaju prečnik sa korom 5 cm ili više, izvršen je premjer osnovnih elemenata rasta stabla: prsni prečnik, dužina čistog debla, odnosno visina baze krošnje i visina stabla. Dužina krošnje je utvrđena kao razlika ukupne visine stabla i dužina čistog debla odnosno visina baze krošnje (prvi pršljen sa najmanje tri žive grane). Uzeti su i izvrtci za određivanje debljinskog prirasta.

Sva stabla jele na oglednim površinama su razvrstana prema visini, razvijenosti krošnji i načinu dostupnosti svjetlosti u tri biološka razreda (Bunuševac, 1951):

- I biološki razred – dominantna stabla (Kraft 1 i 2), obuhvata stabla sa izvanredno jako razvijenim krošnjama, kao i ona sa dobro razvijenim krošnjama, koja čine gornji sprat sastojine, a osvijetljena su odozgo i djelimično sa strane;
- II biološki razred – kodominanta stabla (Kraft 3 i 4a), obuhvata stabla stiješnjenih krošnji koja učestvuju u formiranju gornjeg sprata, nešto manjih visina i ona čije krošnje djelimično dopiru do gornjeg sprata, a dobijaju svjetlost samo odozgo, a mogu biti i djelimično zasjenjena;

- III biološki razred – podstojna stabla (Kraft 4b i 5), obuhvata sva ostala stabla rijetkih krošnji koja dobijaju samo difuznu svjetlost i izrazito su potištena.

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

- A. Stabla dobrog vitaliteta sa 76–100% iglica u krošnji, pojedinačnim suvim granama prečnika koji ne prelazi 2–4 cm i potpuno razvijenim mladim izbojcima dužine preko 10 cm,
- B. Stabla srednjeg vitaliteta sa 51–75% iglica, izvjestan broj suvih grana prečnika 4–8 cm i redukovana dužina mladih izbojaka,
- C. Stabla lošeg vitaliteta sa manje od 50% iglica u krošnjama, veliki broj debelih suvih grana u krošnji (>8 cm prečnika) i jako redukovani mladi izbojci.

Na izdvojenih pet od postavljenih petnaest oglednih površina (OP1, OP3, OP5, OP10 i OP13), koje karakterišu različiti stanišni i sastojinski uslovi, premjerene su projekcije krošanja stabala (osam poluprečnika horizontalne projekcije krošnje). Pomoću „Blume-Leiss Kronenmesser“ poluprečnici krošnje su vertikalno projecirani na podlogu. Prikupljeni su potrebni podaci i za određivanje pokazatelja prostorne strukture sastojine (Clark-Evansov agregacijski indeks, indeks ispremiješanosti vrsta, indeks diferenciranja prečnika stabala i Weberov visinski kompeticijski indeks).

Na svakoj od navedenih pet oglednih površina metodom slučajnog uzorka je odabrano i izbušeno po deset stabala jele prvog (iz pet stabala su uzeta po dva izvrtka), drugog i trećeg biološkog položaja (na visini od 1,3 m, do srži), odnosno ukupno je izbušeno po trideset stabala za potrebe utvrđivanja starosti stabala i sastojine. Takođe je izbušeno i po 5 stabala bukve (prvog biološkog položaja). Stabla bukve su izbušena samo na 4 ogledne površine jer je OP5 čista sastojina jele, bez dominantnih stabala bukve.

Ukoliko bušenjem Preslerovim svrdlom konstruisanim za uzimanje dugih izvrtaka nije dobijen izvrtak na kome se može identifikovati jezgro, bušenje je ponavljano. Kod manjeg broja stabala kod kojih se nije moglo bušiti do srži (npr. prisutna trulež jezgra) izvršena je procjena starosti na osnovu prečnika stabla u pravcu bušenja i analize širine godova na izvrtku. Nakon bušenja izvrtci (uzorci) su numerisani, postavljeni i zalijepljeni na užlijebljene drvene nosače te proslijeđeni u laboratoriju da bi se što tačnije odredila starost. Uzorci su obrađeni brusnim papirom, a nakon toga se uz pomoć optičkih povećala pristupilo identifikaciji i izbrajanju godova.

Od izbušenih stabala izvrtci po 5 stabala jele prvog, drugog i trećeg biološkog položaja su skenirani i izvršeno je mjerenje širine godova za potrebe bioindikacija vitalnosti i analize trenda debljinskog prirasta.

Pored 5 stabala jele prvog biološkog položaja iz kojih su uzeta po dva izvrtka, odabrano je još po 10 stabala prvog biološkog položaja odnosno dominantnih stabala jele (za koja se pretpostavilo da imaju značajnu starost) na oglednoj površini i u neposrednoj blizini ogledne površine (u istim stanišnim i sastojinskim uslovima). Iz stabala su uzeta po dva izvrtka. Izvrtci su skenirani i izvršen je premjer godova. Prema tome, ukupno su premjereni godovi po 15 stabala prvog biološkog položaja za potrebe dendrohronološke analize (sa po dva uzorka – izvrtka), odnosno ukupno na 5 oglednih površina (lokaliteta) 75 stabala prvog biološkog položaja.

Za potrebe dendrohronološke, odnosno dendroklimatološke analize sakupljeni su svi dostupni podaci o klimi: padavine po mjesecima, temperatura vazduha po mjesecima, te prikazane karakteristike klime pomoću koeficijenata.

Uz pomoć profesora Jugoslava Brujića (Katedra za silviekologiju), a zbog definisanja karakteristika staništa, izvršena su pedološka i fitocenološka istraživanja kao i analiza prikupljenih podataka na oglednim površinama. Površine svih ogledišta iznosile su 900 m<sup>2</sup> (30 m x 30 m). Obilježja površine ogledišta su detaljnija, vezana za sinuzije, pa su u procentima procijenjeni: stjenovitost (površina koju zauzimaju matične stijene), kamenitost (kameni detritus) i lignifikacija (mrtvo drvo). Na svakom ogledištu uziman je jedan pedološki profil čija je morfologija opisana prema principima Klasifikacije zemljišta Jugoslavije (Škorić et al. 1985). Detaljno je proučena spoljašnja i unutrašnja morfologija otvorenih pedoloških profila, kao i njihova fizička svojstva.

Fitocenološka snimanja su rađena po metodi Braun-Blanquet-a, sa detaljima izloženim u radu Brujić i Lahovski (2010). Dopune osnovnog metoda sastoje se u korišćenju 4 osnovna sprata prema apsolutnim visinama biljaka, sa 7 podspratova i raščlanjivanjem sinuzija mahovina i lišajeva na 7 grupa. Združenost vrste nije snimana, već samo kombinovana procjena brojnosti-pokrovnosti. Napravljeno je ukupno 15 fitocenoloških snimaka.

Dijagnostične vrste su izdvajane na osnovu literature i interno na osnovu same tabele. Tehnički su ova dva načina razdvojena bojom okvira brojnosti-pokrovnosti.

Vrste su razvrstane po fizionomsko-ekološkim grupama prema metodu u doktoratu Brujić (2014). Grupe (13 je prisutno) su poredane prema sumi pokrovnih vrijednosti po opadajućem redosljedu. I vrste unutar same grupe su poredane po istom kriterijumu. Za vrste čija je pokrovna vrijednost ista primijenjen je abecedni poredak. Zajednice su determinisane na osnovu novije literature. Snimci su razdvojeni prema ključnim ekološkim faktorima i dijagnostičnim vrstama.

### 2.3. Obrada podataka

Prije obrade dobijenih podataka pristupilo se kontroli podataka. Kontrola je obavljena kroz logičku i tehničku kontrolu pri čemu su uočene greške korigovane i otklonjene.

Za obradu prikupljenih podataka odnosno pretvaranja podataka u korisne informacije korištene su statističke metode, dendrometrijske metode i specifične istraživačke metode. Od statističkih metoda korišteni su: metode deskriptivne statistike, metod analize varijanse, metod regresione i korelacione analize i statistički testovi. Od specifičnih istraživačkih metoda korištene su dendrohronološke metode i metode analize prostorne strukture sastojina. Za obradu brojnih podataka primjenjeno je više programskih paketa: Excel, Statistica (StatSoft, Inc. 2008), CooRecorder 7.6, CDendro 7.6, Antevs, Cofecha i ArsWIN.

Metod deskriptivne statistike korišten je za potpun prikaz distribucije broja stabala po oglednim površinama po debljinskim stepenima i slično (Hadživuković 1991, Koprivica 2015):

- n – broj elemenata uzorka (stabla, ogledne površine i sl.),
- As – aritmetička sredina,
- SAs – standardna greška aritmetičke sredine:  $SAs = SD/\sqrt{n}$ ,
- Min – minimalna vrijednost,
- Max – maksimalna vrijednost,
- 95% – donja granica intervala procjene pri vjerovatnoći od 95%,
- +95% – gornja granica intervala procjene pri vjerovatnoći od 95%,
- RV – raspon varijacije,
- SD – standardna devijacija,
- CV – koeficijent varijacije,
- F – statistika F testa,
- t – statistika t testa,
- p – *p*-vrijednost (vjerovatnoća),
- Skew – koeficijent asimetrije (Skewness),
- Kurt – koeficijent spljoštenosti (Kurtosis).

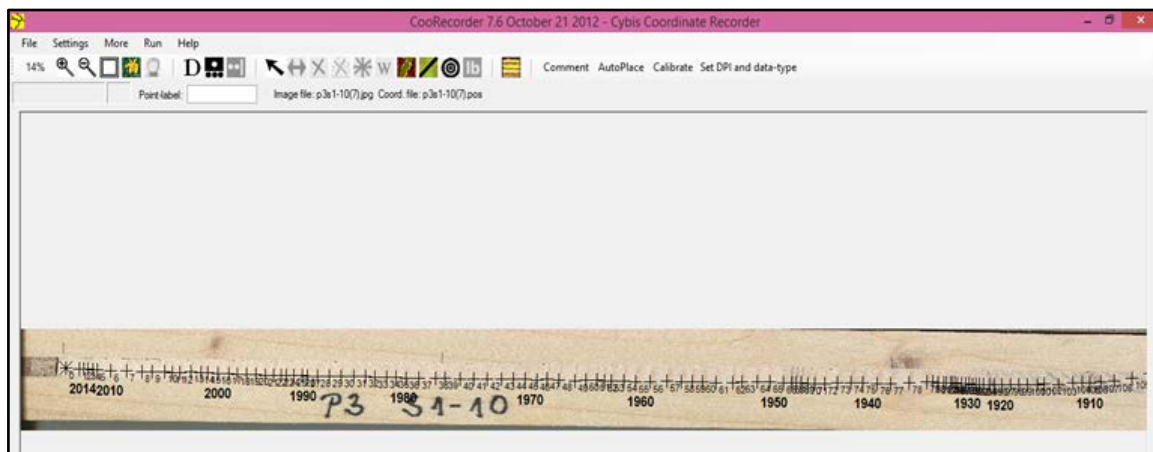
Metod regresione i korelacione analize korišten je za analizu zavisnosti između pojedinih elemenata rasta stabala i sastojina, odnosno utvrđivanja uticaja promjene jednog ili više elemenata na promjenu drugih elemenata (Hadživuković et al. 1982):

- $S_t$  – standardna greška regresije,
- $R$  – koeficijent korelacije,
- $R^2$  – koeficijent determinacije.

U cilju testiranja nulte hipoteze o homogenosti skupa istraživanih sastojina primjenjen je metod analize varijanse. Prednost metoda analize varijanse je u tome što omogućava da se iz totalne varijacije izdvoje varijacije između grupa kao rezultat dejstva „tretmana“ i varijacija unutar grupa kao rezultat slučajnih variranja unutar svakog tretmana. Analiza varijanse (F - test) daje odgovor o homogenosti eksperimenta u cjelini, a ništa ne govori o razlikama između pojedinih „tretmana“. Ako analiza varijanse pokaže da je razlika statistički signifikantna, odnosno da uzorci ne potiču iz istog skupa, potrebno je utvrditi koje se sredine signifikantno razlikuju pa su dobijeni rezultati provjereni i testirani primjenom Duncan-ovog testa (Hadživuković, 1991).

Pedološka i fitocenološka istraživanja na oglednim površinama, obrada klimatskih parametara i analiza prikupljenih podataka obavljani su po standardnim metodama.

Podaci prikupljeni na terenu prvo su unijeti u Microsoft Excel koji je korišćen kao baza podataka, a zatim prema ukazanoj potrebi obrađivani u ostalim programskim alatima. Pokazatelji deskriptivne statistike i statistička analiza su obrađeni u programskom paketu Statistica 8. Mjerenje širina prstenova prirasta, nakon skeniranja izvrtaka korištenjem skenera visokih performansi (skener Epson Perfection V30 Photo), izvršeno je licenciranim softverom CooRecorder 7,6 i CDendro 7,6 (<http://www.cybis.se/forfun/dendro/>) kao što je prikazano na slici 4. U okviru dendrohronološke analize u prvom koraku je izvršeno unakrsno datiranje i kvalitativna kontrola prikupljenih serija širina prstenova prirasta upotrebom specijalizovanih programa Cofecha i Cdendro a u drugom koraku se pristupilo detrendovanju odnosno standardizaciji nizova godina jele pomoću tzv. glatkih kubnih splajnova (eng. smoothing cubic spline), upotrebom programa Arstan.



**Slika 4.** Digitalno mjerenje širine goda u programu Coo Recorder 7,6 (original, 2016)

Prsni prečnik stabla ( $d$ ) dobijen je kao aritmetička sredina dva unakrsna mjerenja prečnika na visini od 1,3 m. Na osnovu ovako izmjenog prečnika za svako stablo se izračuna temeljnica, a zatim temeljnica sastojine. Temeljnica sastojine dobija se sumiranjem temeljnica pojedinačnih stabala:

$$g_i = \frac{d_i^2 \cdot \pi}{40000} \quad (1)$$

$$G = \sum_{i=1}^n g_i \times k \quad (2)$$

pri čemu je:

$G$  – temeljnica sastojine ( $\text{m}^2/\text{ha}$ ),

$g_i$  – temeljnica stabla „i“ ( $\text{m}^2$ ),

$d_i$  – prsni prečnik stabla „i“ (cm),

$n$  – broj stabala na oglednoj površini,

$k = 4$  – odnos površine 1 hektar ( $10.000 \text{ m}^2$ ) i ogledne površine ( $2.500 \text{ m}^2$ ).

Prečnik srednjeg stabla sastojine po površini presjeka ( $d_g$ ) dobija se prema sljedećem obrascu:

$$d_g = 200 \cdot \sqrt{\frac{\bar{g}}{\pi}} \quad \bar{g} = \frac{G}{N} \quad (3)$$



pri čemu je:

$d_g$  – prečnik srednjeg stabla po površini presjeka (cm),

$G$  – temeljnica sastojine (m<sup>2</sup>/ha),

$N$  – broj stabala po hektaru.

Srednja visina po Loraju ( $h_L$ ) računata je kao proširena aritmetička sredina izmjerenih visina i površina presjeka u debljinskim stepenima po izrazu:

$$h_L = \frac{g_1 h_1 + g_2 h_2 + \dots + g_i h_i}{g_1 + g_2 + \dots + g_i} \quad (4)$$

pri čemu je:

$h_L$  – Lorajeva visina (m),

$h_i$  – srednja visina u i-tom debljinskom stepenu (m),

$g_i$  – temeljnica i-tog debljinskog stepena (m<sup>2</sup>).

Dominantna visina ( $h_{dom}$ ) je srednja visina 20% najviših stabala na oglednoj površini i izračunata je korišćenjem sljedećeg obrasca:

$$h_{dom} = \frac{\sum h_i}{n} \quad (5)$$

pri čemu je:

$h_{dom}$  – srednja visina, dominantna (m),

$h_i$  – visine dominantnih stabala (20% najviših stabala na oglednoj površini),

$n$  – broj dominantnih stabala.

Polazeći od izmjerenih poluprečnika krošnje u pravcu četiri osnovne strane svijeta ( $r_N$ ,  $r_S$ ,  $r_E$ ,  $r_W$ ) i četiri sporedne strane svijeta ( $r_{NE}$ ,  $r_{NW}$ ,  $r_{SW}$ ,  $r_{SE}$ ) izračunat je prosječni poluprečnik kao kvadratna sredina:

$$\bar{r} = \sqrt{\frac{r_N^2 + r_{NE}^2 + \dots + r_{NW}^2}{8}} \quad (6)$$

Površina vertikalne projekcije krošnje na horizontalnu ravan (zastarta površina) odnosno površina zastiranja (*cpa*) računata je kao površina kruga na osnovu utvrđenog prosječnog poluprečnika:

$$cpa = r^2 \pi \quad (7)$$

Prilikom bonitiranja staništa analitičkim putem je izvršeno izravnavanje visina po debljinskim stepenima i dobijene visinske krive. U tu svrhu upotrijebljena je funkcija Prodan-a (Prodan, 1951):

$$h = \frac{d^2}{ad^2 + bd + c} + 1.30 \quad (8)$$

pri čemu je:

$a, b, c$  – parametri funkcije,

$d$  – prsni prečnik stabla (cm).

$h$  – visina stabla (m)

Na osnovu dvoulaznih zapreminskih tablica, koje je izradio Špiranec (1975, 1976), za drvenu masu iznad 3 cm u obliku Schumacher-Hal-ove funkcije određena je zapremina pojedinačnih stabala i sumiranjem zapremina pojedinačnih stabala određena je zapremina sastojina:

$$v_b = a \cdot d^b \cdot h^c \cdot f \quad (9)$$

pri čemu je:

$v_b$  – zapremina stabla (m<sup>3</sup>),

$d$  – prsni prečnik stabla (cm),

$h$  – visina stabla (m),

$f$  – Meyerov korekcionni faktor,

$a, b, c$  – parametri funkcije.

Vrijednost parametra  $a$ ,  $b$  i  $c$  te Meyerov korekcionni faktor za jelu i bukvu su:

Jela:  $a = 0,00004991$ ;  $b = 1,877477$ ;  $c = 1,054306$ ;  $f = 1,00484$ .

Bukva:  $a = 0,000033296$ ;  $b = 2,024425$ ;  $c = 1,032212$ ;  $f = 1,004958$ .

Bušenjem stabala na prsnoj visini dobijeni su uzorci na osnovu kojih je utvrđen periodični debljinski prirast stabla ( $i_{dp}$ ) za period od 2005. do 2014. godine (10 godina). Mjerenje periodičnog debljinskog prirasta na izvrcima izvršeno je primjenom instrumenta Corim maxi. Polazeći od periodičnog prirasta utvrđen je prosječni periodični prirast za koji je u tekstu korišten termin „tekući debljinski prirast“ ( $i_d$ ). Izražen je u milimetrima, na dvije decimale.

Zapreminski prirast sastojine utvrđen je korištenjem Schumacher-Hallove funkcije (Funkcija 9) i metoda prema Matiću (1977) za obračun prirasta sastojine sumiranjem utvrđenih prirasta pojedinačnih stabala ( $i_v$ ) kao razlike sadašnje zapremine stabla i zapremine istog stabla prije 10 godina, koji se koristi u uređajnoj praksi Republike Srpske, s tim da su u ovom slučaju primjenom Funkcije 9 utvrđene zapremine stabala za prečnik  $d$  i za prečnik  $d - i_{dp}$  i visine očitane sa visinskih krivih (Funkcija 8) za prečnike  $d$  i  $d - i_{dp}$ , a potom je periodični zapreminski prirast dobijen kao razlika utvrđenih zapremina. Polazeći od utvrđenog periodičnog prirasta i broja godina u periodu (10 godina) utvrđena je veličina prosječnog periodičnog zapreminskog prirasta (za koji će se u daljem tekstu koristiti termin tekući zapreminski prirast). Zapreminski prirast sastojine je dobijen sumiranjem prirasta pojedinačnih stabala na oglednoj površini.

Procenat zapreminskog prirasta sastojine je utvrđen pomoću obrasca:

$$p_i = \frac{I_v}{V} \cdot 100 \quad (10)$$

pri čemu je:

$p_i$  – procenat prirasta (%),

$I_v$  – godišnji prirast drvene mase sastojine ( $m^3/ha$ ),

$V$  – zapremina drvene mase sastojine ( $m^3/ha$ ).

Indeks obrasta (gustine) sastojine (IOS) definisan je postavljanjem uslova da je IOS jednak broju stabala po hektaru kada je kvadratni srednji prečnik jednak 24,5 cm. McTague i Patton (1989) daju izvod Reineke's IOS (eng. Stand density index – SDI) u sljedećoj formi:

$$SDI = N (QMD/25.4)^{1,605} \quad (11)$$

pri čemu je:

SDI - indeks obrasta (gustine) sastojine,

$N$  - broj stabala po ha,

QMD - kvadratna sredina prečnika stabala odnosno  $d_g$ ,

25,4 - referentni QMD,

1.605 - samoporedni koeficijent prema Reineke (1933).

Za četiri ogledne površine u mješovitim sastojinama jele i bukve (OP1, OP3, OP10 i OP13) i jednu oglednu površinu u čistoj sastojini jele (OP5) analizirana je prostorna struktura sastojina (*Spatial pattern analysis*). Od indeksa strukture sastojine, odnosno pokazatelja strukture sastojine izračunati su: indeks CEI - Clark-Evansov indeks agregacije, indeks ispremiješanosti vrsta (*species mingling index*) i indeks diferenciranja prečnika stabala ( $T_d$ ), a od kompeticijskih indeksa - Weberov visinski kompeticijski indeks.

Clark-Evansov indeks agregacije (CEI) je najčešće korišćen šablonski raspored za definisanje prostornog rasporeda stabala pomoću indeksa (Clark i Evans, 1954) određivanjem rastojanja svake jedinke do njenog prvog najbližeg susjednog stabla. Clark-Evansovim indeksom agregacije posmatra se pravilnost u prostornom rasporedu stabala. U prvom slučaju kao glavna (referentna) stabla za koja su izračunati kompeticijski indeksi odabrana su sva stabla (jela i bukva), a u drugom slučaju samo stabla jele.

$$CEI = \frac{\bar{r}_{observed}}{E(r)} \quad E(r) = \frac{1}{2\sqrt{\frac{N}{A}}} \quad (12)$$

pri čemu je:

CEI – Clark-Evansov indeks agregacije,

$r_{observed}$  – srednja udaljenost stabla do najbližeg susjednog stabla,

$E(r)$  – očekivana srednja udaljenost do najbližeg susjednog stabla,

$N$  – broj stabala,

$A$  – površina plohe.

Indeks ispremiješanosti vrsta (Gadow 1993, Földner 1995, Gadow 1999, Hui i Gadow 2002, Aguirre et al. 2003) kao varijabla pojedinačnog stabla može se izračunati i za cijelu oglednu površinu, odnosno sastojinu, zbrajanjem pojedinačnih indeksa i dijeljenjem sa ukupnim brojem stabala. Kod ovog indeksa težište je na obliku bioraznolikosti jer se analizira u kojoj mjeri različite vrste drveća dijele zajednički životni prostor. Indeks ispremiješanosti je za svako stablo i za oglednu površinu uz posmatranja tri, odnosno četiri najbliža stabla utvrđen primjenom sledeće formule:

$$DM = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n v_{ij} \quad MI \in (0,1) \quad (13)$$

pri čemu je:

$DM$  – indeks ispremiješivosti vrsta,

$n$  – broj susjednih stabala (3 ili 4 najbliža),

$v_{ij} = 1$ , ako su referentno  $i$  i susjedno stablo  $j$  različite vrste drveća,

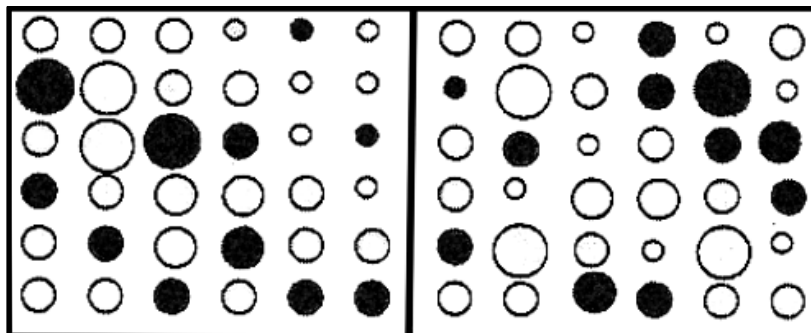
$v_{ij} = 0$ , ako su referentno  $i$  i susjedno stablo  $j$  iste vrste drveća.

Kada su sva susjedna stabla iste vrste kao i glavno stablo, vrijednost indeksa je 0, a kada su sva susjedna stabla različite vrste od glavnog stabla, indeks je 1. Veća vrijednost indeksa označava veću ispremiješivost različitih vrsta, dok niske vrijednosti ukazuju na segregaciju (Pommerening, 1997).

Indeks diferenciranja prečnika stabala ( $T_d$ ) kao strukturni indeks definiše odnos prečnika posmatranog stabla i prečnika njegovog najbližeg susjednog stabla i može imati vrijednost između 0 i 1. Veličina indeksa  $T_d$  jednaka je 0 kada sva susjedna stabla imaju iste prečnike kao referentno stablo. Veličina parametra  $T_d$  raste sa povećanjem diferenciranja prečnika stabala posmatrane sastojine. Prema Pommerening-u (2002) vrijednost indeksa diferencijacije razvrstavaju se u sljedeće klase:

- mala diferencijacija ( $0,0 < T_d < 0,3$ ),
- srednja diferencijacija ( $0,3 < T_d < 0,5$ ),
- velika diferencijacija ( $0,5 < T_d < 0,7$ ),
- vrlo velika diferencijacija ( $0,7 < T_d < 1,0$ ).

Na slici 5 prikazan je primjer dvije hipotetičke sastojine sa slabijom i jačom diferenciranošću prečnika stabala.



**Slika 5.** Teorijski primjer dvije mješovite sastojine sa slabijim (lijevi dio) i jačim (desni dio) diferenciranjem prečnika stabala (izvor: Stajić, 2010)

Izračunavanje indeksa diferenciranja prečnika stabala (Gadow 1993, Földner 1995) u prvom koraku je izvršeno za svako pojedinačno stablo u sastojini na bazi diferenciranja prečnika referentnog stabla i njegovog prvog susjeda:

$$T_{di} = 1 - r_i \quad (14)$$

pri čemu je:

$T_d$  – indeks diferenciranja prečnika stabla  $i$ ,

$r_i$  – odnos prsnog prečnika tanjeg i prsnog prečnika debljeg susjednog stabla.

Prosječna diferenciranost prečnika na nivou sastojina, na bazi posmatranog referentnog stabla i prvog susjeda, izračunata je na sljedeći način:

$$\overline{T_{d1}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_{di} \quad (15)$$

pri čemu je:

$n$  – broj referentnih stabala.

Prema Földner-u (1995) dobijaju se informacije delimično ograničene upotrebljivosti analizom nivoa diverziteta prečnika i konkurencije pojedinačnih stabala na osnovu samo jednog susjednog stabla, pa izgleda interesantno izvršiti poređenje sa više susjednih stabala. Polazeći od toga, uzeta su u obzir tri susjedna stabla. Izračunata je prosječna diferenciranost prečnika svakog stabla na bazi analiza razlika u dimenzijama između posmatranog stabla i njegova tri najbliža neposredna susjeda. Prosjek veličina ovih indeksa za svako pojedinačno (referentno) stablo "i" predstavlja indeks za cjelokupnu sastojinu:

$$\overline{T_{d3}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (T_{di1} + T_{di2} + T_{di3})/3 \quad (16)$$

pri čemu je:

$T_{di1}$ ,  $T_{di2}$  i  $T_{di3}$  – veličine diferenciranja prečnika posmatranog (referentnog) stabla i njegovog prvog, drugog i trećeg neposrednog susjeda.

$n$  – broj referentnih stabala.

Weberov visinski kompeticijski indeks definiše odnos visine posmatranog stabla i visine njegovog susjednog stabla u zoni kompeticije i može imati vrijednost između 0 i 1. Kao glavna (referentna) stabla za koja je računat Weberov visinski indeks uzeta su u prvoj varijanti sva stabla, a u drugoj varijanti samo stabla jele. Vrijednost visinskog indeksa određena je po sljedećem obrascu:

$$CI2_i = \frac{\sum_{j=1}^n H_j}{n} \text{ ako je } (h_i > h_j) \Rightarrow H_j=1, \text{ u protivnom je } H_j=0 \quad (17)$$

pri čemu je:

$CI2_i$  – kompeticijski indeks (visinski) glavnog stabla  $i$ ,

$h_i$  – visina glavnog stabla  $i$ ,

$h_j$  – visina konkurentskog stabla  $j$ ,

$n$  – broj konkurentskih stabala u zoni kompeticije.

Kada su sva konkurentna stabla viša od glavnog stabla, Weberov visinski indeks je jednak nuli, odnosno iznosi jedan ako su sva konkurentna stabla niža od glavnog stabla. Ako referentno stablo ima manju konkurenciju u svom okruženju, to jest ima veću kompeticijsku snagu, visinski indeks posmatranog stabla ima više vrijednosti.

### 3. PODRUČJE I OBJEKAT ISTRAŽIVANJA

#### 3.1. Područje istraživanja

##### 3.1.1. Opšti podaci o području istraživanja

Istraživanja u okviru ove disertacije obavljena su u sjevernom dijelu centralne Bosne, na planini Borja (vrh Velika Runjavica, 1078 m n. v.). Mala Usora (i njena pritoka Usorica) zahvata planinu Borju sa sjeveroistoka, sjevera i sjeverozapada, Velika Usora (i njena pritoka Penava) sa juga, jugoistoka i istoka i Kruševica sa zapada. Na planini Borja, osim vrha Velika Runjavica, postoji još nekoliko vrhova sa nadmorskom visinom većom od 1000 m (Mala Runjavica – 1034 m, Ometaljka – 1005 m, Kuke – 1020 m, Veliki Tajan – 1008 m, Kominovi – 1036 m i Borački Komin – 1038 m), a brojni su i vrhovi visine od 900 do 1000 m. Kao i kod ostalih planina Dinarskog masiva, pravac pružanja je sjeverozapad-jugoistok. Najvećim dijelom šumski kompleks na planini Borja grade mješovite sastojine jele i bukve, a javljaju se i čiste sastojine jele. Planina Borja zauzima zapadni dio „Usorsko-ukrinskog“ ŠPP i istočni dio „Kotor-varošskog“ ŠPP odnosno nalazi se na teritoriji opština Teslić i Kotor Varoš (Slika 21).

Prilikom ekološko-vegetacijske rejonizacije teritorija Bosne i Hercegovine podijeljena je na četiri relativno homogene oblasti: pripanonska, prelazno ilirsko-mezijska, unutrašnjih Dinarida i mediteransko-dinarska. Područje planine Borja pripada oblasti unutrašnjih Dinarida. Nalazi se na granici oblasti unutrašnjih Dinarida sa pripanonskom oblasti, odnosno planina Borja prema ekološko-vegetacijskoj rejonizaciji Bosne i Hercegovine pripada Zavidovičko-teslićkom području. Zavidovičko-teslićko područje obuhvata sliv srednjeg toka rijeke Bosne, posebno Krivaje i Usore. Karakteristika područja su jako heterogene orografske prilike sa nadmorskom visinom od 250 m do 1328 m. U najvećem dijelu godine ovo područje je pod uticajem izmijenjene umjerenokontinentalne klime. Odnos padavina i potencijalne potrošnje vode sa klimatskog aspekta je povoljan jer u vegetacionom periodu padne u prosjeku 56% godišnjih padavina. Geološku podlogu čine pretežno serpentinizirani peridotiti, eruptivi i rožnjaci. Najrasprostranjeniji tipovi zemljišta su distrični kambisol na kiselim silikatnim stijenama i eutrični kambisol na peridotitu i serpentinu. Zbog heterogenih stanišnih uslova zastupljene su različite šumske fitocenoze. Potencijalna šumska vegetacija je veoma mozaična. Ipak veće površine pripadaju šumama bukve i jele bez smrče i šumama bukve i jele sa smrčom, unutar



kojih su interpolirane borove i hrastove šume kao trajni stadiji vegetacije (Stefanović et al. 1983).

Orografske karakteristike istraživanog područja su uslovljene matičnim supstratom. Istraživana planina je uglavnom izgrađena od magmatskih stijena (ultramafiti, gabroperidotiti). Reljef karakterišu oštri grebeni i veoma strme padine sa velikim brojem slivova. Grebeni i padine su orijentisani različito iz čega proizilazi širok dijapazon različitih ekspozicija i pojava različitih kategorija šume na relativno malom prostoru.

### **3.1.2. Klimatske karakteristike područja istraživanja**

Uticaj pojedinih klimatskih elemenata na razvoj biljnog svijeta je teško posmatrati izolovano od ostalih klimatskih faktora. Temperatura vazduha i padavine smatraju se osnovnim elementima vremena i klime. Temperatura vazduha i padavine u interakciji sa geografskim položajem, udaljenošću od mora, nadmorskom visinom i pokrivenošću prostora vegetacijom imaju najviše uticaja na život biljaka. Prema Bunuševac (1951) „*uticaji klimatskih činilaca na drveće i šume mnogobrojni su i raznovrsni. Oni ostavljaju duboke tragove na razvoj kako šume kao cjeline tako i pojedinih stabala u toku života jedne generacije.*“

Na osnovu podataka Hidrometeorološkog zavoda, odnosno meteorološke stanice u Doboju za period od 1955. do 2014. godine provedena su istraživanja, utvrđene vrijednosti pojedinih klimatskih parametara i prikazana klima istraživanog područja. Posmatrani prostor nalazi se u području umjereno kontinentalne klime.

#### **3.1.2.1. Temperatura vazduha**

Na cijelom istraživanom području temperatura kao kvalitativna vrijednost vazduha nije jednaka. S obzirom na to da vazduh prima toplotu od zemlje vazduh je za definisanje klime jedan od najvažnijih meteoroloških elemenata. Kod analize temperaturnih prilika korišteni su podaci sa meteorološke stanice u Doboju za šezdesetogodišnji period (1955–2014). Polazeći od tih podataka dobijene su srednje temperaturne vrijednosti za mjesec i godinu. Na grafikonu 1 prikazane su srednje godišnje vrijednosti temperature za period 1955–2014. godine. Prosječna godišnja vrijednost temperature, u posmatranom periodu, je 10,9 C°. Najvišu srednju vrijednost temperature vazduha ima juli sa 20,9 C° (Tabela 1), a najhladniji mjesec u godini je januar sa

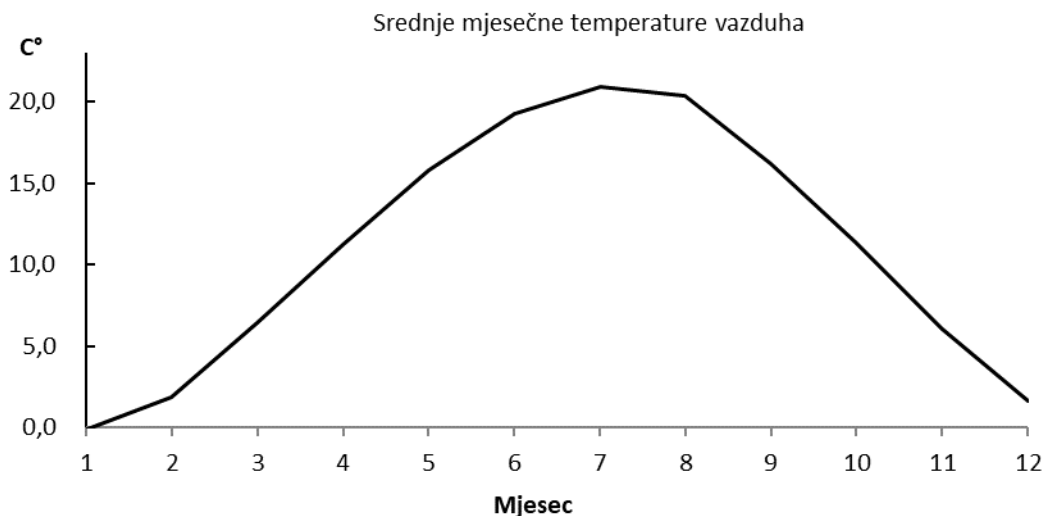
srednjom mjesečnom temperaturom  $-0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Grafikon 2). Februar je mjesec sa najnestabilnijim temperaturnim prilikama. Zima pokazuje najnestabilnije toplotne prilike jer je vrijednost kolebanja srednje temperature između najhladnije i najtoplije zime u Tesliću je  $7,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Najstabilnije toplotne prilike ima ljeto, kada je najmanje kolebanje prosječnih vrijednosti ( $2,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

**Tabela 1.** Srednje mjesečne temperature vazduha ( $^{\circ}\text{C}$ )

Mjesec												Godina
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
-0.1	1.9	6.4	11.2	15.8	19.3	20.9	20.4	16.2	11.3	6.0	1.6	10.9



**Grafikon 1.** Srednje godišnje temperature vazduha za period 1955–2014. godina



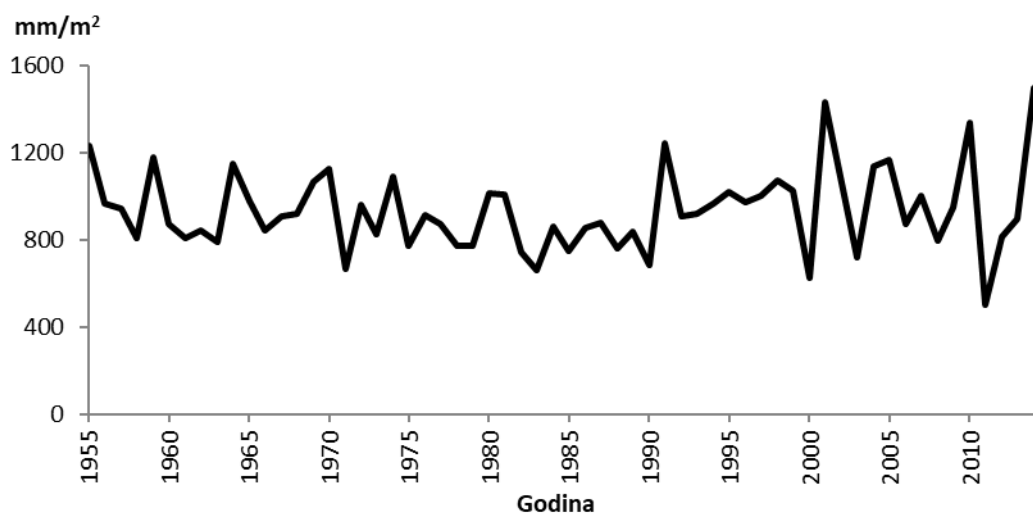
**Grafikon 2.** Srednje mjesečne temperature vazduha

### 3.1.2.2. Padavine

Padavine i temperatura vazduha su u međusobnoj korelaciji i imaju značajan uticaj na tok rasta stabla, odnosno sastojine. Biljni svijet na ovom području u u značajnom stepenu je, pored temperature vazduha, zavisan i od godišnje količine padavina i pluviometrijskog režima odnosno raspodjele padavina po mjesecima i godišnjim dobima. Prema Koprivica (2004) veličina i tok tekućeg debljinskog prirasta su podudarni sa tokom količine padavina, odnosno temperature vazduha. Veličina debljinskog prirasta se smanjuje sa povećanjem temperature i smanjenjem količine padavina. Na grafikonu 3 prikazane su srednje godišnje količine padavina za period 1955–2014. godina.

**Tabela 2.** Srednje mjesečne količine padavina

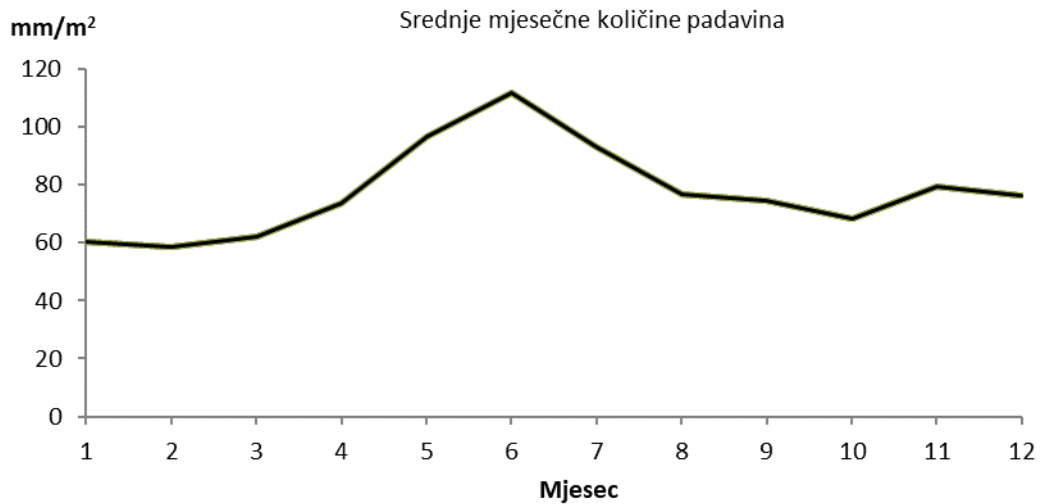
Mjesec												Godina
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
mm/m <sup>2</sup>												
60	59	62	74	97	112	93	77	75	68	80	76	933
%												
6,4	6,3	6,6	7,9	10,4	12,0	10,0	8,3	8,0	7,3	8,6	8,2	100



**Grafikon 3.** Srednje godišnje količine padavina za period 1955–2014. godina

Prosječna godišnja količina padavina u posmatranom periodu je 933 mm. Srednje mjesečne količine padavina za period 1955–2014. godine prikazane su na grafikonu 4 i u tabeli 2. Krajem proljeća i početkom ljeta javlja se maksimum padavina u području istraživanja. Maj i juni su mjeseci sa najvećom prosječnom sumom padavina od 97 mm odnosno 112 mm, a februar je sa najmanje padavina (59 mm). Najveću količinu padavina u periodu sa sporednim

maksimumom ima novembar i to 80 mm. Raspored količine padavina po mjesecima je vrlo povoljan za rast i prirast stabala i sastojina u posmatranom području.



**Grafikon 4.** Srednje mjesečne količine padavina

Za biljni svijet od posebnog su značaja pored količine, vrsta i raspodjela padavina. Prema Ristić (2002) „njihova godišnja raspodjela u vezi je sa geografskom širinom na kojoj se područje nalazi, uticajem kopnenih i morskih površina, reljefom i cirkulacijom vazduha, pošumljenošću i dr“.

Kiša na istraživanom području je najčešći oblik padavina tokom godine. Najveći broj dana sa kišom, kao što pokazuju podaci iz tabele 3, ima juni (13,2), a najmanji januar sa samo 5,9 dana.

**Tabela 3.** Srednji mjesečni broj dana sa padavinama - kiša (period 1955–2014. godina)

Mjesec												God.
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
5,9	6,4	8,5	13,3	13	13,2	9,8	10,5	9,7	8,8	10,1	8,2	117,4

### 3.1.2.3. Hidrični bilans po Thornthwait-Matter

Na osnovu prikazanih vrijednosti izračunatog hidričnog bilansa izvršena je klasifikacija klime po Thornthwait-Matter (1957). Elementi hidričnog bilansa (potencijalna i stvarna evapotranspiracija, manjak i višak vode u zemljištu) izračunati su na osnovu podataka temperature i padavina sa meteorološke stanice Doboj za period 1985–2014. godine, odnosno za

period od 30 godina. Zbog činjenice da na objektu istraživanja preovladavaju duboka zemljišta kao polazna osnova za izračunavanje hidričnog bilansa po metodu Thornthwait-Matter uzeto je  $R = 100$  mm.

Za praktične svrhe (u šumarstvu) važno je poznavanje potencijalnog isparavanja sa zemljišta, a prosječne mjesečne vrijednosti su određene pomoću obrasca:

$$Wt = k(G + 209,21) \frac{t}{t + 15} \quad (18)$$

gdje je:

$Wt$  - potencijalno isparavanje,

$k$  - koeficijent čija vrijednost iznosi 0,0956 za sve mjesece osim za februar kada mu je vrijednost 0,088, odnosno 0, kada je srednja mjesečna temperatura niža od  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,

$G$  - srednja mjesečna suma globalnog zračenja ( $\text{Jcm}^{-2}$ ),

$t$  - srednja mjesečna temperatura vazduha.

Potencijalno isparavanje na godišnjem nivou iznosi 643,3 mm a u toku vegetacionog perioda 544,3 mm, na osnovu čega vidimo da je u toku vegetacionog perioda 85% godišnje potencijalne evapotranspiracije (Tabela 4).

**Tabela 4.** Mjesečne vrijednosti potencijalnog isparavanja sa zemljišta (u  $\text{mm/m}^2$ )

Mjesec											
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2,9	6,7	24,5	49,9	85,8	105,9	123,0	111,1	68,6	42,8	17,6	4,4

Isparavanje sa površina pokrivenih biljnim pokrivačem je složenije nego sa drugih vrsta podloge. Evaporacija se vrši sa tankog vodenog filma koji nastaje poslije padavina, na listovima, granama i površini zemljišta pod biljnim pokrivačem. Fiziološko isparavanje ili transpiracija je kao i evaporacija veće sa povećanjem temperature i brzine vjetra, a manje sa povećanjem zasićenja atmosfere vodenom parom.

Pored temperaturnih uslova, stvarna evapotranspiracija zavisi i od količine padavina. Na istraživanom području stvarna evapotranspiracija iznosi 486,1 mm ili 76% vrijednosti potencijalne evapotranspiracije, odnosno u vegetacionom 397,4 mm ili 73% vrijednosti potencijalne evapotranspiracije u istom periodu (Tabela 5).

**Tabela 5.** Mjesečne vrijednosti stvarnog isparavanja sa zemljišta (u mm/m<sup>2</sup>)

Mjesec											
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2,9	6,6	23,3	50,1	69,3	79,7	83,6	67,9	46,8	35,2	16,3	4,4

U sušnom dijelu godine javlja se nedostatak (manjak) vode u zemljištu, a najizraženiji je u periodu od VI do IX mjeseca. Manjak vode na godišnjem nivou iznosi 163,1 mm, a u toku vegetacionog perioda 152,8 ili 94% godišnje vrijednosti. (Tabela 6).

**Tabela 6.** Mjesečne vrijednosti manjka vode (u mm/m<sup>2</sup>)

Mjesec											
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0,0	0,1	1,2	5,0	16,5	26,2	40,1	43,1	21,9	7,7	1,2	0,1

U hladnijem dijelu godine javlja se višak vode u zemljištu i iznosi 34 % godišnje količine padavina. Na godišnjem nivou višak vode iznosi 532,7 mm, odnosno 202,2 mm u toku vegetacionog perioda (Tabela 7).

**Tabela 7.** Mjesečne vrijednosti viška vode (u mm/m<sup>2</sup>)

Mjesec											
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
59,9	51,3	41,3	35,7	37,9	41,9	25,2	24,7	36,8	42,6	64,1	71,3

Polazeći od srednjih mjesečnih temperatura i srednjih mjesečnih padavina, mjenjenih na meteorološkoj stanici Doboj, metodom Thornthwait-Matter došlo se do klimatskog tipa koji karakteriše klimu planine Borja.

Za podatke sa meteorološke stanice Doboj prosječni godišnji indeks klime je  $I_k = 68,1$ , odnosno na području istraživanja dominira umjereno humidna klima, dok na osnovu indeksa klime u vegetacionom periodu  $I_k = 21,1$  na ovom području dominira blaga humidna klima.

## 3.2. Objekat istraživanja

### 3.2.1. Osnovni podaci o objektu istraživanja

Objekat istraživanja su mješovite sastojine jele i bukve i čiste sastojine jele na planini Borja. Pet oglednih površina postavljeno je u čistim sastojinama jele, a deset oglednih površina u mješovitim sastojinama u kojima je pored jele zastupljena i bukva (Slike 6–21). U mješovitim sastojinama udjel jele je veći od udjela bukve, jer je težište istraživanja na jeli.

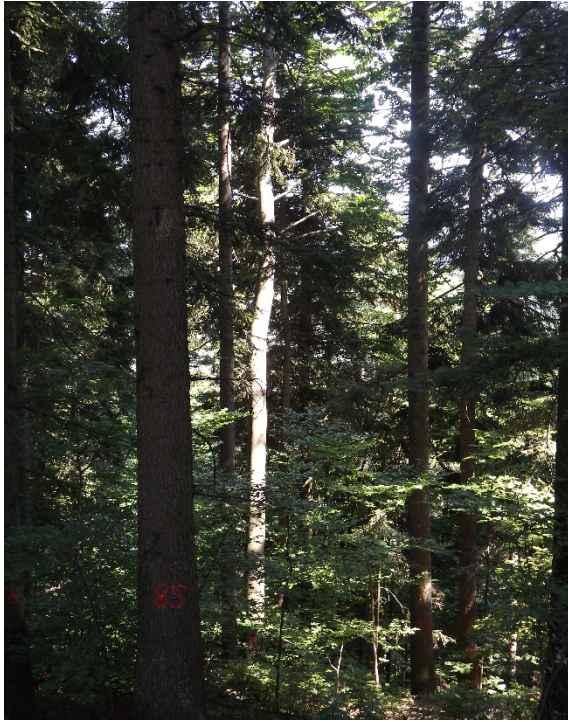
U tabeli 8 prikazani su neki od osnovnih podataka o oglednim površinama. Ogledne površine, odnosno istraživane sastojine nalaze se u privrednim jedinicama (PJ): Velika Ukrina, Mala Usora i Gornja Velika Usora. Sastojine pripadaju, kao što je to već prethodno rečeno, visokim šumama bukve i jele na pretežno dubokim zemljištima na peridotitima, odnosno na različitim silikatnim supstratima. Ogledne površine se nalaze na nadmorskoj visini od 460 do 940 m (prosječna nadmorska visina je 688 m), na različitim ekspozicijama, sa nagibom terena od 2°–38° (prosječni nagin terana je 16°). Kada je u pitanju oblik reljefa, preovladavaju ogledne površine postavljene na padini. Ogledne površine su postavljene u šumama koje su u državnom vlasništvu, odnosno istraživanim sastojinama se gazduje u skladu sa vežećim šumskoprivrednim osnovama. U tabeli 8 prikazane su i Gaus-Krigerove koordinate centara oglednih površina.



**Slika 6.** OP1 u odjelu 157 PJ  
„Velika Ukrina” (original, 2015)



**Slika 7.** OP2 u odjelu 112 PJ  
„Velika Ukrina” (original, 2015)



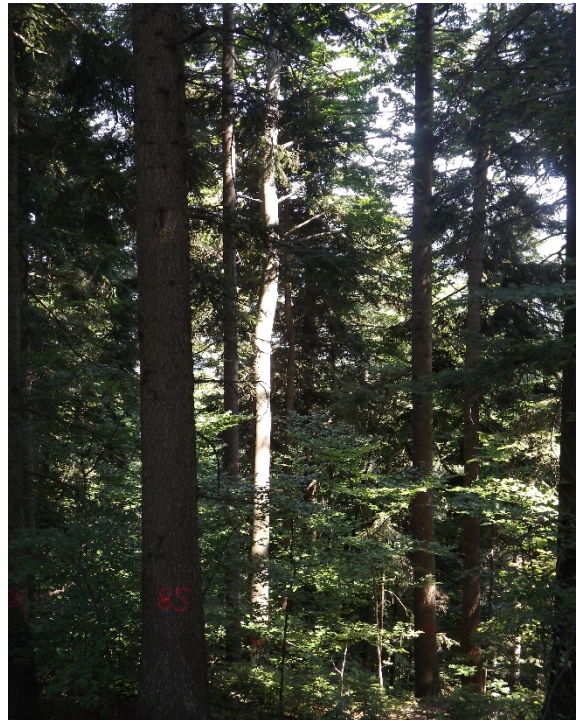
**Slika 8.** OP3 u odjelu 145 PJ  
„G. V. Usora” (original, 2015)



**Slika 9.** OP4 u odjelu 155/1 PJ  
„Velika Ukrina” (original, 2015)



**Slika 10.** OP5 u odjelu 73 PJ  
„Mala Usora” (original, 2015)



**Slika 11.** OP6 u odjelu 166 PJ  
„G. V. Usora” (original, 2015)





**Slika 12.** OP7 u odjelu 152 PJ  
„G. V. Usora” (original, 2015)



**Slika 13.** OP8 u odjelu 56 PJ  
„Mala Usora” (original, 2015)



**Slika 14.** OP9 u odjelu 156 PJ  
„Velika Ukrina” (original, 2015)



**Slika 15.** OP10 u odjelu 155 PJ  
„G. V. Usora” (original, 2015)



**Slika 16.** OP11 u odjelu 73 PJ  
„Mala Usora” (original, 2015)



**Slika 17.** OP12 u odjelu 165 PJ  
„G. V. Usora” (original, 2015)



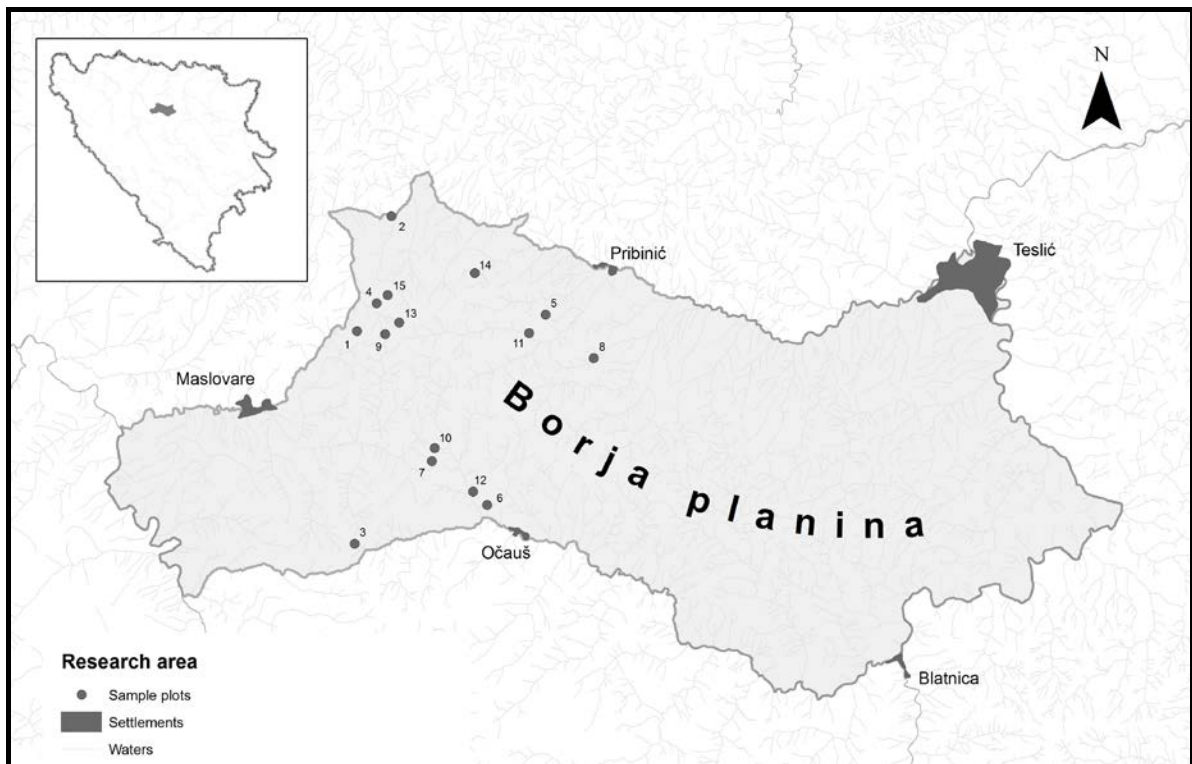
**Slika 18.** OP13 u odjelu 155/2 PJ  
„Velika Ukrina” (original, 2015)



**Slika 19.** OP14 u odjelu 84/1 PJ  
„Mala Usora” (original, 2015)



**Slika 20.** OP15 u odjelu 115 PJ  
„Velika Ukrina” (original, 2015)



**Slika 21.** Planina Borja i položaj oglednih površina

**Tabela 8.** Osnovni podaci o oglednim površinama

Ogledna površina	1	2	3	4	5	6	7	8	
Privredna jedinica	Velika Ukrina	Velika Ukrina	Gornja Velika Usora	Velika Ukrina	Mala Usora	Gornja Velika Usora	Gornja Velika Usora	Mala Usora	
Odjel	157	112	145	155/1	73	166	152	56	
Odsjek	a	a	a	b	b	a	a	a	
Nadm. visina (m)	781	482	940	706	494	690	820	460	
Ekspozicija (°)	332	46	143	222	166	126	151	135	
Oblik reljefa	terasa	padina	padina	padina	padina	padina	padina	padina	
Nagib (°)	7	11	22	14	21	20	21	38	
Koordinate	x	6 467 222	6 468 430	6 467 142	6 467 914	6 473 834	6 471 784	6 469 852	6 475 526
	y	4 938 404	4 942 430	4 930 937	4 939 375	4 938 981	4 932 296	4 933 835	4 937 445
Vlasništvo	državno	državno	državno	državno	državno	državno	državno	državno	

Napomena: Ekspozicija je određena azimutom.

Tabele 8. - Nastavak -

Ogledna površina	9	10	11	12	13	14	15	
Privredna jedinica	Velika Ukrina	Gornja Velika Usora	Mala Usora	Gornja Velika Usora	Velika Ukrina	Mala Usora	Velika Ukrina	
Odjel	156	155	73	165	155/2	84/1	115	
Odsjek	a	a	b	a	a	a	a	
Nadm. visina (m)	799	798	499	660	897	560	730	
Ekspozicija (°)	360	45	45	231	326	11	332	
Oblik reljefa	terasa	plato	padina	padina	padina	terasa	padina	
Nagib (°)	4	7	12	32	14	2	9	
Koordinate	x	6 468 214	6 469 951	6 473 260	6 471 298	6 468 703	6 471 349	6 468 297
	y	4 938 290	4 934 293	4 938 330	4 932 767	4 938 699	4 940 437	4 939 668
Vlasništvo	državno	državno	državno	državno	državno	državno	državno	

### 3.2.2. Pedološke karakteristike

Geološka podloga istraživanog područja je šarolikog sastava, uglavnom izgrađena od magmatskih stijena (ultramafiti, gabroperidotiti). Na području Borja površinski dominira serpentin. Iako dominantan kao podloga, serpentin se javlja u različitim petrografskim modifikacijama od kojih zavisi karakter pedogenetskih procesa (ŠPO za „Usorsko-ukrinsko“ ŠPP za period važnosti 1965–1974).

U sjevernim dijelovima područja serpentinski supstrat je zatrpan lesnim nanosima što je uslovalo formiranje posebnih tipova zemljišta na serpentinitu. Šarenilo podloge uz visok stepen orografske razvijenosti (nagib terena i ekspozicija) uslovalo je pojavu većeg broja različitih tipova zemljišta što je jedna od karakteristika ovog područja. Zemljište na ovom području možemo razvrstati u tri osnovne skupine: zemljišta na serpentinitima, zemljišta na krečnjacima i zemljišta na aluvijalnim nanosima.

Sa ciljem upoznavanja osobina zemljišta i utvrđivanja ekološko-vegetacijskih karakteristika staništa, na oglednim površinama istovremeno su vršena pedološka i fitocenološka istraživanja.

Prema podacima iz ŠPO za period važnosti 1965–1974. godine, za istraživano područje je karakteristično eruptivno porijeklo masiva Borja.

Glavne karakteristike reljefa terena istraživanog područja su predstavljene izrazito oštrim grebenima, potocima i uvalama. Najveći dio terena je vrlo strm, a od glavnog planinskog vijenca, koji je dug, odvaja se niz kratkih i oštrih grebena koji se u raznim smjerovima oštro spuštaju u duboke uvale. Usljed ovakve konfiguracije površine istraživanog područja su izložene raznim ekspozicijama. Najviša kota na planini Borja je Velika Runjavica, 1078 m n. v.

Serpentinska geološka podloga na planinskom masivu Borja predstavlja dio planinskog grebena koji vodi u pravcu Smolina i Mahnjače. Za ovaj prostor su karakteristične velike razlike u pogledu petrografskih modifikacija serpentina od kojih zavisi karakter pedogenetskih procesa. Često se peridotiti razlikuju od jače serpentinskih partija, naročito po pojavi različitih tipova zemljišta. Na sjevernom dijelu istraživanog područja karakteristična je pojava šarenih krečnjaka lapora i glina. Doline potoka predstavljaju uglavnom aluvijalne nanose, dok su pribrežni dijelovi obično

diluvijalne starosti. Na serpentinu je zastupljen kompleks humusno silikatnih smeđih i eluvijalno-iluvijalnih zemljišta čije je rasprostranjenje uslovljeno karakterom petrografskih modifikacija serpentina kao i orografijom terena. Manje serpentinisane peridotitske stijene hemijski su otpornije, ali se mehanički lako drobe stvarajući skelet.

Luvisol (ilimerizovano zemljište) se na planini Borja obrazuje na ilovastim supstratima, sa O-Aoh-E-Bt-C tipom profila (Slika 23). Organski površinski horizont je debljine do 5 cm. Humusno akumulativni horizont je ohričnog tipa, male moćnosti (do 5 cm), mrke do mrko smeđe boje i kiseliji od E i Bt horizonta. Sadržaj humusa u A horizontu pod šumskom vegetacijom je 3–5% pa do 20% u slučaju polusirovog humusa, dok u E horizontu naglo opada. Step en zasićenosti bazama je 40–70%, a sa dubinom se mijenja srazmjerno pH vrijednostima (Ćirić, 1991). Eluvijalni horizont je ispran, bez organske materije, svjetlije boje debljine do 25 cm. Tekstura je ilovasta do glinovito ilovasta u svim horizontima, a struktura mrvasta do orašasta. Argiluvični B horizont leži ispod E horizonta, debljine je do 35 cm i predstavlja zonu akumulacije gline isprane iz E horizonta (Tabela 9). Luvisoli na istraživanim oglednim površinama su srednje duboka zemljišta, bez skeleta, dubine 50–60 cm. Geološka podloga na oglednoj površini 3 je laporoviti mikrit, oglednoj površini 4 serpentinit, odnosno na oglednoj površini 14 rožnjak.

Ova zemljišta su vezana za zaravnjene i blago nagnute terene i humidne regione sa sušnim periodima koji pukotinama otvaraju puteve migraciji gline prema dolje. Prvo se ispiraju baze ( $\text{CaCO}_3$ ) iz gornjeg dijela kambičnog horizonta (E horizonta), pa se u uslovima umjerene kiselosti (pH 5–6) vrši ispiranje glinenih minerala i njihovo nakupljanje u donjem dijelu profila (B horizonta) u vidu koloidnih opni oko strukturnih agregata. Prema Ćirić (1991), luvisoli su kiseli do slabo kiseli, bazama su slabo obezbijeđeni, u fosforu su vrlo oskudni, kalijem srednje obezbijeđeni, a azotom su siromašni.

**Tabela 9.** Fizičke osobine zemljišta na OP3, OP4 i OP14

Ogledna površina	Horizont	Debljina	Skeletnost	Veličina	Tekstura	Struktura
		horizonta				
Luvisol						
OP3	O	4				
	Aoh	5			Ilovača	
	E	15	30		Ilovača	2 - mrvičasta
	Bt	30	30		Glinovita ilovača	1 - orašasta
	C					
OP4	O	1				
	Aoh	4			Ilovača	
	E	25	10	2	Praškasta ilovača	1 - mrvičasta
	Bt	20	5	5	Ilovača	1 - mrvičasta
	C					
OP14	O	1				
	Aoh	3			Praškasta ilovača	
	E	23	5	2 - 5	Praškasta ilovača	1 - mrvičasta
	Bt	35	10	2 - 5	Ilovača	1 - mrvičasta
	R					

**Slika 22.** Luvisol na OP14 (original, 2015)



Posmeđeni eutrični ranker (bazično humusno silikatno zemljište) na ofiolitskom melanžu zastupljen je na OP9, na terasi, sa (Ol-f-h)-Aoh-(B)v-R tipom profila (Slika 23). Obrazuje se na sjevernom dijelu planine Borja, na blagoj padini. Ovo su plitka zemljišta sa A-R tipom profila, litični varijetet, ilovasta forma. Organski površinski horizont (Ol-f-h) je debljine oko 5 cm i sastoji se od tri podhorizonta. Ohrični humusni horizont (Aoh) je debljine oko 30 cm sa veličinom skeleta 2–5 cm, ilovaste teksture. Iluvijalni horizont ((B)v) je debljine oko 12 cm sa krupnoćom skeleta 5–10 cm (Tabela 10). Erozija održava ovaj tip zemljišta kao trajni stadij. Skeletnost i lakši mehanički sastav čini da su rankeri propustljivi za vodu i dobro aerisani. Radi se o humusnim zemljištima bogatim u ukupnom azotu, a siromašnim u K i Ca, sa viškom Mg, Ni, Cr (Ćirić, 1991). Na rankeru, slično litosolu, sreću se rijetke, endemske biljke i serpentinofiti. Staništa su brdskih šuma kitnjaka i šuma bukve i jele.

**Tabela 10.** Fizičke osobine zemljišta na OP9

Ogledna površina	Horizont	Debljina horizonta	Skeletnost	Veličina skeleta	Tekstura	Struktura
		cm	%	cm		
Posmeđeni eutrični ranker						
OP9	Ol-f-h	5				
	Aoh	30	5	2 - 5	Ilovača	1 - mrvičasta
	(B)v	12	5		Glinovita lovača	3 - orašasta
	R					



**Slika 23.** Posmeđeni eutrični ranker na OP9 (original, 2015)

Eutrični kambisol (eutrično smeđe zemljište) na peridotitu i serpentinitu, sa Ol-f(Ol-f-h)-Aoh(Amo)-(B)v-R(C) tipom profila (Slika 24). Organski površinski horizont na OP8 i OP12 je nerazložen do polurazložen (Ol-f), a nerazložen do humificiran na OP13 i OP15 (Ol-f-h). Ogledne površine 12, 13 i 15 imaju ohrični (Aoh), odnosno OP8 molični (Amo) humusno akumulativni horizont koji leži neposredno iznad kambičnog (B)v horizonta. Mineralni horizont je (A) dubine do 16 cm sa postepenim prelazom u kambični horizont nastao argilosintezom (B)v kao osnovnim procesom u ovim zemljištima, pri čemu se pretežno obrazuju troslojni minerali gline. Dubine je do 40 cm, a boja zavisi od količine i stepena hidratacije oslobođenog željeza. Prelaz u C horizont (trošna podloga) je postepen za razliku od prelaza u R horizont. Tekstura u A horizontu je većinom prahuljasta do ilovasta. Struktura je mrvasta u A horizontu i mrvasta do orašasta u (B)v horizontu (Tabela 11).

Riječ je o dubokim zemljištima homogenih svojstava, dobro su aerirana, sa zalihama hranljivih materija (bogata bazama), dobrih vodnih i toplinskih svojstava. Utvrđena pH-vrijednost je 5,5-6,8, a količina ugljenika varira (0,1-0,3%), malo je fiziološki aktivnog fosfora, osrednje kalija (Ćirić, 1991). Biološka aktivnost je velika. Hemijska svojstva su povoljna jer se radi o slabo kiselim do neutralnim zemljištima sa visokim stepenom zasićenosti bazama, više od 60%. Zbog debalansa Mg : Ca, prisutan je manjak K i Ca jonova. Izraženo je i siromaštvo u fiziološki aktivnom fosforu. Matična podloga terasnog eutričnog kambisola je rastresit peridotitski materijal, različitog granulometrijskog sastava i stepena zaobljenosti. Mikroklima terase je drugačija u odnosu na padine ili grebene.

Matični supstrat ima veliki značaj za pojavu eutričnih kambisola. Obrazovanju i održavanju ovih zemljišta najbolje odgovaraju ilovasti normalno drenirani supstrati, bogati potencijalnim mineralima kao što su les, ilovasti jezerski i riječni sedimenti, neutralne i bazične eruptivne stijene (Ćirić, 1991). Na peridotitima ova zemljišta zauzimaju prisojne i strme padine do 1000 m n. v.

Geneza i evolucija kambičnih zemljišta odvija se kroz nekoliko specifičnih pedogenetskih procesa. Transformacija organske materije odvija se uz obilnu produkciju CO<sub>2</sub> koji ubrzava raspadanje minerala, naročito na dubini 30-50 cm (povoljni hidrotermički uslovi). Jedan dio produkata raspadanja ulazi u proces sinteze sekundarnih alumosilikata, a dio koji apsorbuje korijenje biljaka procesom biološkog kruženja se vraća u površinski sloj zemljišta.

**Tabela 11.** Fizičke osobine zemljišta na OP8, OP12, OP13 i OP15

Ogledna površina	Horizont	Debljina horizonta	Skeletnost	Veličina skeleta	Tekstura	Struktura
		cm	%	cm		
Eutrični kambisol						
OP8	Ol-f	3				
	Amo	16	30	0,5 - 1	Ilovača	0
	(B)v	35	10	1 - 5	Glinovita ilovača	2 - orašasta
	R					
OP12	Ol-f	3				
	Aoh	9 - 15	40	2 - 25	Pjeskovita prahulja	0
	(B)v	35	70	2 - 10	Prahulja	0
	R					
OP13	Ol-f-h	4				
	Aoh	16			Prahulja	0
	(B)v	30	20	2 - 5	Glinovita ilovača	1 - mrvičasta
	R					
OP15	Ol-f-h	2	0			
	Aoh	12	5		Glinovita ilovača	0
	(B)v	40	3 - 7		Praškasta Ilovača	
	C					

**Slika 24.** Eutrični kambisol na OP15 (original, 2015)

Distrični kambisol (kiselo smeđe zemljište) spada u klasu sa A-(B)-R tipom profila (Slika 25). Organski površinski horizont na OP2, OP5 i OP11 čine polurazloženi organski ostaci (of) dubine oko 2 cm, dok na OP1 i OP6 ovaj horizont gradi nerazloženi listinac (ol), polurazloženi organski ostaci (of) i humificirani organski ostaci (oh) debljine do 3 cm. Na OP7 i OP10 organski površinski horizont čine polurazloženi organski ostaci (of), dubine do 5 cm. Humusno-akumulativni horizont (A) je mineralno ohrične modifikacije (Aoh) dubine do 10 cm, različite strukture, te ilovaste teksture, sa izuzetkom OP10 gdje je tekstura prahuljasta. Kambični horizont (B)v je nastao argilosintezom, vezan je za silikatni supstrat, debljine 25 do 50 cm, ilovste teksture, od mrvaste do orašaste strukture i leži na trošnoj podlozi ili čvrstoj stijeni.

Ovo su srednje duboka do duboka zemljišta, srednje skeletna i ilovastog do ilovasto-pjeskovitog sastava. Humusni horizont je plitak i ohričnog je tipa. Reakcija zemljišta je kisela do jako kisela, najkiselija su na rožnjaku, a stepen zasićenosti bazama nizak. Erodirane i jače erodirane površine su uglavnom prisutne na rožnjacima, a takođe i na drugim podlogama na kojim su dijelovi šuma sa rijetkim sklopom. Najveće površine distričnih kambisola su prekrivene šumama bukve i jele. Važno je napomenuti da na distričnim kambisolima rastu visoko vrijedne šume bukve i jele sa stablima bukve i gorskog javora najvišeg kvaliteta: debla su punodrvna, bez grana i do 20 m. Fosforom i kalijem su slabo obezbijedeni. Vodno-fizičke osobine su povoljne, a podložna su eroziji na većim nagibima. U pogledu proizvodnosti ovo su srednje do visoko produktivna zemljišta. Na istraživanom prostoru prevladava tipični podtip, dok su ostali podtipovi (humusni, ilimerizovani, opodzoljeni) površinski podređeni. Varijetet distričnog kambisola na rožnjacima pokriva oko 2/3 površine distričnih kambisola, a gotovo 1/3 je pod varijetetom na pješčarima-glincima. Jedna manja površina je izdvojena na amfibolitskim škriljcima. Najraširenija je srednje duboka forma (40-70 cm), a plitka i duboka su slabije zastupljene (Tabela 12). Plitke forme najčešće su na vrhovima, grebenima i padinama jugoistočne, južne i jugozapadne ekspozicije, nagiba do 50°. Po mehaničkom sastavu su pjeskovite ilovače ili ilovače duž čitavog profila. Struktura im je mrvičasta do orašasta, slabo do srednje dobro izražena, zavisno od sadržaja humusa i čestica gline. Skeletnost je u vezi sa vrstom matične podloge: na rožnjacima prevladava srednja i skeletna podforma, na pješčarima-glincima je pretežno zastupljena srednja skeletnost, na amfibolitskim škriljcima skeletna do jako skeletna podforma.

**Tabela 12.** Fizičke osobine zemljišta na OP1, OP2, OP5, OP6, OP7, OP10 i OP11

Ogledna površina	Horizont	Debljina horizonta	Skeletnost	Veličina skeleta	Tekstura	Struktura
		cm	%	cm		
Distrični kambisol						
OP1	Ol-f-h	2				
	Aoh	10			Praškasta ilovača	0
	(B)v	50	15	7	Ilovača	1 - mrvičasta
	R					
OP2	Of	1				
	Aoh	9	10	2 - 5	Praškasta ilovača	2 - graškasta
	(B)v	25	15	3 - 10	Prašk.-pjesk. ilovača	1 - mrvičasta
	R					
OP5	Of	2				
	Aoh	9	10	0,2 - 1	Pjeskovita ilovača	1 - mrvičasta
	(B)v	25	30	0,2 - 4	Pjeskovita ilovača	3 - orašasta
	R					
OP6	Ol-f-h	3				
	Aoh	2 - 5 - 8	5		Praškasta ilovača	0
	(B)v	35 - 50	15		Ilovača	0
	C					
OP7	Ol-f	5				
	Aoh	5	5	0,7 - 10	Praškasta ilovača	1 - mrvičasta
	(B)v	25	10	0,3 - 5	Praškasta ilovača	2 - mrvičasta
	R					
OP10	Ol-f	4				
	Aoh	5	25	0,2 - 7	Ilovasta prahulja	3 - graškasta
	(B)v	40	50	0,2 - 7	Ilovača	3 - orašasta
	R					
OP11	Of	1				
	Aoh	3 - 7	5		Pjeskovita ilovača	0
	(B)v	25	50	0,2 - 6	Praškasta ilovača	0
	R					



**Slika 25.** Distrični kambisol na OP1 (original, 2015)

### 3.2.3. Fitocenološke karakteristike

Teritorija Bosne i Hercegovine je prema ekološko-vegetacijskoj rejonizaciji podijeljena je na četiri relativno homogene oblasti: pripanonska, prelazno ilirsko-mezijska, unutrašnjih Dinarida i mediteransko-dinarska (Stefanović et al. 1983). Posmatrano područje pripada oblasti unutrašnjih Dinarida (Zavidovičko-tesličko područje) i nalazi se na granici sa pripanonskom oblasti. Radi utvrđivanja florističkog sastava u čistim sastojinama jele i mješovitim sastojinama jele i bukve na istraživanom području izvršena su fitocenološka istraživanja na osnovu kojih su izdvojene niže sintaksonomske kategorije.

Šume sa dominacijom jele u Republici Srpskoj su rijetke, slabog rasprostranjenja i srazmjerno slabo istraživane. Javljaju se u tri ekoklimatske oblasti: pripanonskoj, unutrašnjih Dinarida i mediteransko-dinarskoj. Neke od zajednica jele su oro-edafozni trajni stadiji, a neke sindinamski stadiji.

U pripanonskoj oblasti sastojine jele javljaju se kao:

1. edafogene fitocenoze zajednica:

- *Blechno-Abietetum* (Ht. 1938) Ht. in Cestar 1967,

- *Galio rotundifolii-Abietetum* M. Wraber 1959;

2. oro-edafozna (syn. *Dentario polyphyllae-Abietetum*) fitocenoza sa *Kozare-Cardamine kitaibelii-Abietetum* (Brujić, 1996) prov.;

3. regresivni stadiji pripanonske šume bukve i jele (*Abieti-Fagetum praepannonicum* Fab. 1963, *Abieti-Fagetum pannonicum* Rauš 1969) i *Festuco drymejae-Abietetum* Vukelić et Baričević 2007 - na Kozari, Uzlomcu, Trebavi i Majeveci.

U oblasti unutrašnjih Dinarida nalaze se sastojine koje su oroedafozni prelazni stadiji unutar dinarske šume bukve-jele:

- *Dryopterido pseudomas-Abietetum* Košir P. 1994 - na Čemernici (vjerovatno mnogo šire),

- *Orchido-Abietetum* Fuk. 1969 - u prašumi Perućica.

U mediteransko-dinarskoj oblasti, a u oromediteranskom (gorskom) pojasu, srećemo oroedafogene sastojine (syn. *Rhamno-Abietetum* Fuk. 1958) - *Calamagrosti-Abietetum* Ht. 1950-na Orjenu, Babi, Troglavu, Lebršniku.

Sastojine na Borju i okolnim ofiolitima su istraživane u doktoratu Beus Vladimira (Beus, 1986) kroz fitocenoze bukve i jele:

- Abieti-Fagetum illyricum* Fuk. et Stef. 1958,
- *Fago-Abietetum serpentanicum* Jov.(1959,1979) emend. Beus 1986,
- Luzulo-Abieti-Fagetum* Beus 1986 prov.,
- *Piceo-Abieti-Fagetum serpentanicum* Beus 1986. prov.

Sastojine bukve i jele, između ostalih šumskih zajednica, istraživane su u magistarskom radu Jugoslava Brujića (Brujić, 2004) na susjednom Uzlomcu. Autor osnovnu šumu navodi pod opštim imenom *Abieti-Fagetum pannonicum* Rauš 1969, ali preporučuje ime *Rusco hypoglossi-Abietetum* (prov.).

Istraživanja Brujića et al. (2012, 2015 ) na „Usorsko-ukrinskom“ ŠPP zajednice jele svrstale su u podsvezu *Abieti-Piceenion* Br.-Bl.1939, sa tri fitocenoze:

- *Fago-Abietetum* Stef. 1964,
  - *Piceo-Fago-Abietetum* Čolić 1965,
  - *Blechno-Abietetum* (Ht. 1938) Ht. in Cestar 1967, na lokalitetu Bebe;
- te dvije zajednice iz podsveze *Lonicero-Fagenion* Borhidi 1963:
- Quercu-Abietetum* Travar et Brujić prov. - na Borju, na dva lokaliteta,
  - *Erico-Abieti-Fagetum* H.R.St.1970.

Tokom terenske nastave Šumarskog fakulteta u Banjoj Luci na ovom području takođe je istraživana zajednica *Blechno-Abietetum*, uz mnoge druge, u periodu od 2008. do 2016. godine. Prilikom izrade Studije o potencijalnom zaštićenom području „Šnjegotina-Liplje“, autori su konstatovali prisustvo iste zajednice na lokalitetu Prosječeni Kamen (Brujić et al. 2012).



Na osnovu provedenih ekoloških i vegetacijskih istraživanja Ćirić et al. (1971) su opisali 13 osnovnih tipova mješovitih šuma bukve i jele u Bosni i Hercegovini.

Petnaest fitocenoloških snimaka, sa petnaest oglednih površina, razvrstavaju se u tri asocijacije: *Blechno-Abietetum* (Ht. 1938) Ht. in Cestar 1967 (2 snimka), *Galio rotundifolii-Abietetum* M. Wraber 1959 (6 snimaka), i *Rusco hypoglossi-Abietetum* Brujić 2004, prov. (7 snimaka). Prve dvije asocijacije svrstane su u svezu *Abieti-Piceion* Br-BI.1939, a treća u svezu *Asperulo-Fagion* (Oberd, 1957) Ellenberg 1963 (Tabela 13). Sveza *Abieti-Piceion* objedinjuje četinarske šume (pretežno jele) koje imaju značajan udio vrsta bukovih šuma (reda *Fagetalia*), dok sveza *Asperulo-Fagion* predstavlja skup mezoneutrofitnih bukovih i bukovo-jelovih šuma srednjoevropske provincije. Važno je istaći da su slične šume Dinarske oblasti kod nas izdvojene u posebnu, ilirsku svezu (*Aremonio-Fagion*). Međutim, izostanak ilirskih vrsta nije karakteristika samo šuma jele, kao sporadičnih, dispergovanih sastojina unutar šire rasprostranjenih šuma, već skoro svih zajednica istraživanog područja. Položaj zajednice *Galio rotundifolii-Abietetum* je svakako intermedijaran između jako acidofitne fitocenoze *Blechno-Abietetum* i blago acidofitne *Rusco hypoglossi-Abietetum*. Sindinamski, pretežno se radi o regresivnim stadijima. Kao trajne stadije možemo označiti oba snimka *Blechno-Abietetum*-a, te jedan snimak iz *Galio-Abietetum*-i to kao edafogene klimakse, dok dva snimka *Rusco-Abietetum*-a treba smatrati klimaregionalnim.

Jelik sa rebračom (*Blechno-Abietetum*) sreće se kao intrazonalni klimaks u najnižem, kolinskom pojasu od 400-600 m n.v., na terasama i blagim padinama; nagibi su veći samo u klisuricama (urvinama) potočića. Nalazimo ga na rožnjacima i amfibolitima, na terenima koji su po pravilu bez kamenitosti i stjenovitosti. Obično su na opodzoljenim podtipovima distričnog kambisola, ali se mogu naći i na oglejanim terasama (OP14). To su najčešće lijepe i sklopljene sastojine, uzrasta preko 30 m i prsnih prečnika jele do 60 cm. Ispod prvog sprata drveća dobro su razvijeni samo sprat zeljanica te mahovina i lišajeva, dok su ostali podspratovi fragmentni. Mrtvo drvo mjestimično može da bude prisutno.

Jela je isključivi edifikator, prisutna u svim spratovima šume. Od drvenastih vrsta nalazimo pomalo bukve, šumske kupine i maline. Pored jele i rebrače, za fitocenozu je dijagnostična mahovina čempresak tamariksni (*Thuidium tamariscinum*), a redovne su acidofilne vrste sjemenjača (*Galium rotundifolium*, *Oxalis acetosella*), papratnjača (*Thelypteris phegopteris*, *Athyrium filix-femina*), te mahovina (*Hypnum cupressiforme*, *Brachythecium reflexum*) i neke neutrofilnije vrste se redovno sreću (*Salvia glutinosa*, *Sambucus nigra*).

Dva snimka ove šume prilično se razlikuju edafski i floristički. Tipičnu varijantu subass. *galietosum rotundifolii* karakteriše i *Mycelis muralis*. Druga subasocijacija *caricetosum brizoidis* je vlažnija varijanta, a karakterišu je još *Festuca drymeja*, *Rubus hirtus* i *Polytrichastrum formosum*.

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 ± serpentinizirane peridotite, bez stjenovitosti, a rijetko kamenita. Sreće se na svim ekspozicijama i različitim nagibima terenima. Zemljišta su kambisoli (distrični ili eutrični) i luvisoli, manje acidofilna od prethodne zajednice. Pokrovnost mrtvog drveta je uobičajena i značajna. Uglavnom je posljedica sječa i koncentracije šumskog otpada. Snimljene sastojine su znatnih visina i debljina stabala (30–40 m, 40–70 cm). Struktura ovih sastojina je različita; očuvanije sastojine su slične strukture jeliku sa rebračom, a izmijenjene sastojine imaju veću pokrovnost drugog sprata drveća i spratova žbunja.

Ovaj sindinamski karakter prati udio bukve koji se povećava sa stepenom degradacije iskonskih jelika. Pored dominantne jele i bukve (OP13), u spratu drveća se nađe i poneki obični javor. U spratovima žbunja su zastupljene jela, bukva, šumska kupina, te obični grab, lijeska, crni grab u nižem pojasu, a jarebika u višem. Na OP13 nalazimo i tipične bazifite (vrste iz susjednih crnoborovih šuma): *Amelanchier ovalis*, *Rosa pendulina* i *Sorbus aria*. Literaturno, asocijaciju karakterišu: *Abies alba*, *Galium rotundifolium*, *Oxalis acetosella*, *Sorbus aucuparia*, *Rubus hirtus*, *Athyrium filix-femina*, *Acer pseudoplatanus*, *Prenanthes purpurea*, *Rubus idaeus*, *Sambucus racemosa* i *Corylus avellana*. Njima bi se na osnovu tabele mogle pridružiti *Ajuga reptans* i *Hieracium murorum*. Učestalije vrste ovdje su acidofite: *Luzula luzulina*, *Luzula albida*, *Veronica urticifolia*, *Dryopteris dilatata* i *Hypnum cupressiforme*, te neutrofilnije i/ili indiferentnije: *Festuca drymeja*, *Viola reichenbachiana*, *Dryopteris filix-mas*, *Sanicula europaea*.

Asocijacija se može na osnovu ove tabele diferencirati u dvije varijante: kolinsku (submontanu), manje izmijenjenu subass. *hylocomietosum*, i brdsku (montanu), više izmijenjenu-subass. *pteridietosum*. Prvu floristički karakterišu obilne mahovine *Hylocomium splendens* i *Pleurozium schreberi*, te *Dicranella heteromala*, a drugu *Pteridium aquilinum*, *Vaccinium myrtillus*, *Solidago virgaurea*, *Quercus petraea*. Facijese u ovoj subasocijaciji prave *Galium rotundifolium*, *Festuca drymeia*, *Polystichum lobatum*, *Poa styriaca*.

Treća fitocenoza *Rusco hypoglossi-Abietetum* klimaregionalna je zajednica montanog pojasa pripanonske oblasti, koja inače biogeografski pripada srednjoevropskoj provinciji. Zajednica se sreće iznad 700 m n.v. na različitim nagibima i ekspozicijama i na različitim elementima reljefa (padine, terase i platoi). Površine su bez stjenovitosti, skoro i bez kamenitosti, male lignifikovanosti. Geološke podloge su razne silikatne stijene (amfiboliti, amfibolitski gnajsevi, grauvakni pješčari, dijabaz-rožnjačka formacija, flišne kombinacije glinaca, rožnjaka i pješčara, ofiolitski melanž – ponegdje čak sa krečnjacima), te uslojene karbonatne stijene-laporoviti mikriti. Zemljišta su također razna, pretežno kambična, ali se mogu naći i dublji rankeri i plići luvisoli. Strukture sastojina su različite, obično sa slabijim podspratovima višeg i srednjeg žbunja i sasvim malo mahovina.

Jela dominira u spratovima drveća, ali i bukva ima značajan udio u pokrovnosti. Takođe je zastupljena u svim spratovima. Pored njih javljaju se smrča, grab, javor, kasna lipa, trešnja. Prema literaturi, pored jele i bukve za zajednicu su karakteristične: *Rubus hirtus*, *Lamiastrum galebdolon*, *Dryopteris filix-mas*, *Polystichum setiferum* i *Mycelis muralis* kojima bi se na osnovu tabele mogle pridružiti i *Galium rotundifolium*, *Carex pilosa* i *Hypericum androsaemum*. Veprina (*Ruscus hypoglossum*) nije zabilježena .

Snimci se mogu, na osnovu diferencijalnih vrsta i ekoloških uslova, izdiferencirati na tri varijante, od acidofilnije do neutrofilnije. Subass. *luzuletosum* se ovdje sreće prvi put. Karakterišu je vrste: *Luzula albida*, *Hieracium murorum*, *Dryopteris dilatata*. Druge dvije subasocijacije su ranije opisane. Subass. *festucetosum drymeia* ovdje ima kao karakterističnu i *Gentiana asclepiadea*, a subass. *aceretosum Galium odoratum*, *Acer pseudoplatanus* i *Ulmus glabra*, kojima se po tabeli mogu dodati *Oxalis acetosella* i *Viola reichenbachiana*. Unutar nje uočavaju se facijesi sa *Veronica montana* i *Picea abies*.

**Tabela 13.** Sintaksonomske karakteristike istraživanih oglednih površina

Ogledna površina	Pokrovnost A1	Pokrovnost A2	Pokrovnost AF	Pokrovnost F	Pokrovnost FH	Pokrovnost H	Pokrovnost M	h max	sp h max	d mah	sp h max
	%	%	%	%	%	%	%	m		cm	
2	90	5	0	2	2	10	70	32	Abies alba	45	Abies alba
14	80	10	10	10	25	70	20	35	Abies alba	60	Abies alba
4	40	5	30	30	25	75	10	35	Abies alba	65	Abies alba
5	80	15	5	5	20	20	90	36	Abies alba	70	Abies alba
8	90	10	0	0	25	75	10	38	Abies alba	60	Abies alba
11	60	10	0	10	40	20	70	32	Abies alba	50	Abies alba
13	40	30	10	10	10	80	2	21	Fagus sylvatica	45	Fagus sylvatica
15	80	20	5	5	30	20	5	32	Abies alba	40	Abies alba
1	75	25	10	5	5	10	0	38	Abies alba	60	Abies alba
3	60	10	10	25	40	70	1	34	Abies alba	69	Abies alba
6	90	20	5	5	75	5	5	33,2	Fagus sylvatica	51	Fagus sylvatica
7	50	20	1	10	10	75	2	31	Fagus sylvatica	79	Fagus sylvatica
9	75	30	10	30	20	20	0	25	Abies alba	80	Fagus sylvatica
10	80	30	0	25	100	10	2	34,5	Fagus sylvatica	63	Fagus sylvatica
12	90	10	0	1	5	25	5	34	Abies alba	69	Abies alba

**Tabele 13.** – Nastavak –

Ogledna površina	Stadijum	Facijes	Subasocijacija	Asocijacija	Sveza
2	primum edaficum sciophyllum	thuidiosum	galietosum rotundifolii	Blechno-Abietetum	Abieti-Piceion
14	primum hydrooroeum	festucosum drymejae	caricetosum bryzoidis	Blechno-Abietetum	Abieti-Piceion
4	sec.regr.secantum	pteridiosum	vaccinietosum	Galio rotundifolii-Abietetum	Abieti-Piceion
5	primum edaficum sciophyllum	fagosum	hylocomietosum	Galio rotundifolii-Abietetum	Abieti-Piceion
8	primum edaficum sciophyllum	rubosum hirti	asperuletosum	Galio rotundifolii-Abietetum	Abieti-Piceion
11	sec.regr.secantum	pleuroziosum	hylocomietosum	Galio rotundifolii-Abietetum	Abieti-Piceion
13	sec.regr.secantum	festucosum drymejae	vaccinietosum	Galio rotundifolii-Abietetum	Abieti-Piceion
15	sec.regr.sciophyllum	rubosum hirti	vaccinietosum	Galio rotundifolii-Abietetum	Abieti-Piceion
1	primum montanum	vernicosum montanae	lamiastretosum	Rusco hipoglossi-Abietetum	Asperulo-Fagion
3	sec.regr.secantum	dentariosum	piceetosum	Rusco hipoglossi-Abietetum	Asperulo-Fagion
6	sec.regr.sciophyllum	-	ericetosum	Rusco hipoglossi-Abietetum	Asperulo-Fagion
7	sec.regr.secantum	rubosum hirti	Festucetosum drymejae	Rusco hipoglossi-Abietetum	Asperulo-Fagion
9	primum montanum	festucosum drymejae	lamiastretosum	Rusco hipoglossi-Abietetum	Asperulo-Fagion
10	sec.regr.secantum	rubosum hirti	asperuletosum	Rusco hipoglossi-Abietetum	Asperulo-Fagion
12	primum edaficum sciophyllum	fagosum	luzuletosum	Rusco hipoglossi-Abietetum	Asperulo-Fagion

## 4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA SA DISKUSIJOM

### 4.1. Jednostavna struktura sastojina i prirast

U mješovitih i raznodobnih šuma, gde su uslovi za rast i tokovi rasta jako varijabilni, najvažnija sistemska karakteristika je detaljno strukturalno determinisanje (Pretzsch, 1997). Prema Stajić (2010) razlikujemo tzv. jednostavnu ili prostu strukturu sastojine koja se opisuje raspodjelom frekvencija elemenata rasta stabala i tzv. prostornu strukturu sastojine koja se karakteriše raspodjelom i opisom odnosa i veza stabala i njihovih dimenzija u prostoru. Prema Spellmann (1995) sastojinska struktura se može okarakterisati pomoću više strukturalnih elemenata: raspodjela različitih elemenata rasta stabala po debljinskim stepenima, diferenciranje, prostorni razmještaj i izmiješanost vrsta drveća.

#### 4.1.1. Starosna struktura sastojina

Na osnovu izbušenih po 10 stabala prvog, drugog i trećeg biološkog položaja (na visini od 1,3 m, do srži) utvrđene su prosječne starosti stabala jele po biološkim položajima i ukupno u sastojini. U pitanju je „razvojna starost“, jer je bušenje stabala vršeno na prsnoj visini. Stablo jele (sciofite) u zasjeni može da čeka svjetlost godinama i jako sporo raste, sve dok se ne pojave povoljni uslovi odnosno više svjetlosti. Iz tog razloga stvarne (fizičke) starosti pojedinih stabala mogu da budu znatno veće od utvrđenih na prsnoj visini. Prema Kotar (1987), starost očitana na prsnoj visini se u Skandinaviji koristi za određivanje stanišnog indeksa zato što su od te visine prema gore fizička i razvojna starost jednake.

Za stabla jele utvrđena prosječna starost izbušenih stabala u uzorku po sastojinama je u intervalu od 62 (OP5) do 110 (OP13) godina (Tabela 14). Prosječna starost stabala prvog biološkog položaja je u intervalu od 74 (OP5) do 124 (OP13) godine, drugog u intervalu od 56 (OP5) do 102 (OP3) godine, a trećeg u intervalu od 47 (OP1) do 108 (OP13) godina. U pogledu starosti stabala najhomogenija je sastojina na oglednoj površini 10 (CV = 11%), a najheterogenija na oglednoj površini 13 (CV = 34%). Po pitanju variranja starosti stabala prvog biološkog položaja, najhomogenija sastojina je na OP10 (4%), a najheterogenija na OP13 (28%). Debljinska struktura, odnosno diferenciranje stabala u pogledu debljine može se dovesti u vezu sa odnosom u pogledu starosti stabala. Diferenciranje stabala je najmanje izraženo na OP10, a najviše na OP13. Takođe je potrebno naglasiti da se uočava da je u odnosu na ostale ogledne

površine na OP13 značajno manji broj stabala prvog biološkog položaja u odnosu na broj stabala drugog, odnosno trećeg biološkog položaja. Na osnovu podataka prikazanih u tabeli 14, širina intervala procjene prosječne starosti stabala jele uz vjerovatnoću od 95% na oglednoj površini 13 je 41 godina, a na oglednoj površini 10 samo 10 godina.

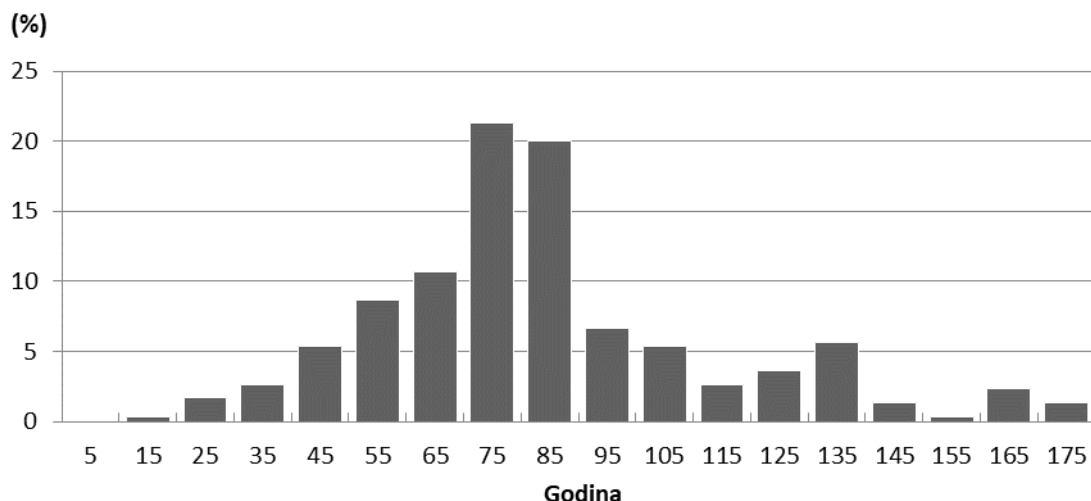
**Tabela 14.** Starosna struktura stabala jele po oglednim površinama

Ogledna površina	Bp	n	Broj stabala na oglednoj površini	As	-95%	+95%	SD	CV
				<i>Godina</i>				
OP1	I	10	59	80	71	88	6,8	8
	II	10	31	62	50	74	9,8	16
	III	10	61	47	32	61	11,9	26
	Σ	30	151	63	53	72	16,7	27
OP3	I	10	37	122	99	146	18,9	15
	II	10	11	102	74	130	22,6	22
	III	10	19	89	60	118	23,0	26
	Σ	30	67	104	91	118	24,5	24
OP5	I	10	93	74	68	80	4,8	6
	II	10	32	56	50	62	5,0	9
	III	10	26	55	39	72	13,2	24
	Σ	30	151	62	55	68	12,1	20
OP10	I	10	37	93	88	97	3,6	4
	II	10	8	84	80	88	3,1	4
	III	10	5	74	67	82	6,2	8
	Σ	30	50	84	79	89	8,8	11
OP13	I	10	31	124	80	168	35,2	28
	II	10	48	97	44	150	43,0	44
	III	10	51	108	65	151	34,3	32
	Σ	30	130	110	89	130	36,8	34

Napomena: Na oglednoj površini 10 (mješovita sastojina) nije bio dovoljan broj stabala II i III biološkog položaja pa je izvršeno bušenje stabala u neposrednoj blizini ogledne površine u istim stanišnim i sastojinskim uslovima (pojas širine 30 metara).

Vrlo heterogeno stanje, kada je u pitanju starosna struktura, po oglednim površinama, odnosno sastojinama je posljedica činjenice da se istraživanim sastojinama gazduje tako da to predstavlja kombinaciju skupinasto-prebornog sistema i klasičnog stablimično-prebornog sistema.

Procentualna raspodjela 150 stabala jele po klasama starosti (sa svih oglednih površina) od po deset godina (Grafikon 5) pokazuje da preovladavaju stabla starosti od 70 do 90 godina, odnosno 41% stabala je u navedenom intervalu. Raspodjela stabala po klasama starosti je zvonolika sa pozitivnom srednjom asimetrijom ( $\alpha_3 = 0,28$ ), odnosno duži je krak sa desne strane moda.



**Grafikon 5.** Starosna struktura stabala jele

Pristupilo se analizi varijanse da bi se utvrdio odnos oglednih površina u pogledu starosti stabala jele prvog biološkog položaja. Pošto je analiza varijanse (Tabela 15) pokazala da postoji statistički značajna razlika, primijenjen je i Duncan test (Tabela 16) koji je pokazao da se mogu formirati dvije homogene grupe u pogledu starosti. Prvu grupu čine OP1, OP5 i OP10, a drugu OP3 i OP13. Sastojine formiranih grupa se međusobno razlikuju u pogledu boniteta staništa (Tabela 36) što se može dovesti u vezu sa ovakvim odnosom sastojina u pogledu starosti stabala jele prvog biološkog položaja.

**Tabela 15.** Analiza varijanse – starost stabala jele prvog biološkog položaja

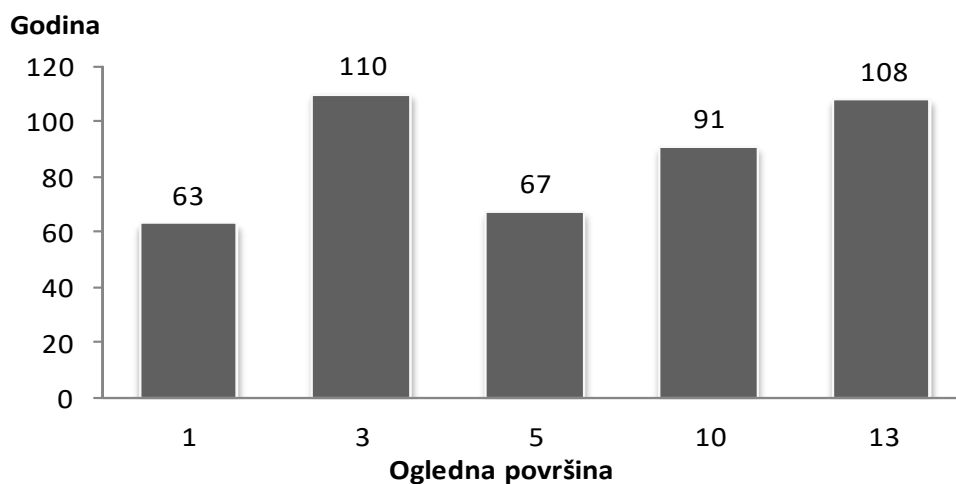
Izvori variranja	Stepeni slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F	p
Između sastojina	4	10970	2743	18,37	0,0000
Unutar sastojina	45	6720	149		
Ukupno	49	17690			

**Tabela 16.** Duncan test – starost stabala jele prvog biološkog položaja

Ogledna površina	As (godina)	Homogene grupe	
		1	2
5	74	****	
1	80	****	
10	93	****	
3	122		****
13	124		****



Na osnovu utvrđenih prosječnih starosti stabala po biološkim položajima i raspodjele broja stabala po biološkim položajima u sastojinama, ponderisanom sredinom (ponder – broj stabala u biološkom položaju) utvrđene su prosječne starosti stabala jele u sastojinama, odnosno prosječne starosti jelovog dijela sastojina i prikazane na grafikonu 6. Uočava se značajna razlika između oglednih površina, odnosno sastojina u pogledu prosječne starosti stabala jele. Prosječna starost je u intervalu od 63 (OP1) do 110 godina (OP13).



**Grafikon 6.** Prosječna starost stabala jele po oglednim površinama

Korelaciona analiza u ovom istraživanju je pokazala da je statistički značajna veza između prečnika i starosti stabala ( $R = 0,48$ ;  $R^2 = 0,23$ ;  $p = 0,0000$ ), ali se na osnovu utvrđene vrijednosti koeficijenta determinacije samo 23% variranja starosti stabala može objasniti variranjem prečnika stabala, odnosno evidentno je da se ne može dobiti regresioni model za pouzdanu procjenu starosti na osnovu prečnika stabla. Istraživanja starosti stabala u raznodobnim sastojinama, kao što je istraživanje raznodobnih bukovih sastojina u južnim dijelovima Švedske (Churski, 2006), istraživanje u mješovitim šumama bukve, jele i smrče u jezgru rezervata Lom (Motta et al., 2011) te istraživanje stare bukove šume u središnjim Apeninima (Piovesan et al., 2005) pokazuju da postoji slaba statistička veza između prečnika i starosti stabala. Prema Klepac (1950), u mješovitim sastojinama jele i bukve zbog pojave zastarčenosti stabla sa većim prečnikom ne moraju biti starija od istovrsnog stabla sa manjim prečnicima, odnosno na osnovu prečnika stabla u ovim sastojinama se ne može govoriti o njegovoj starosti.

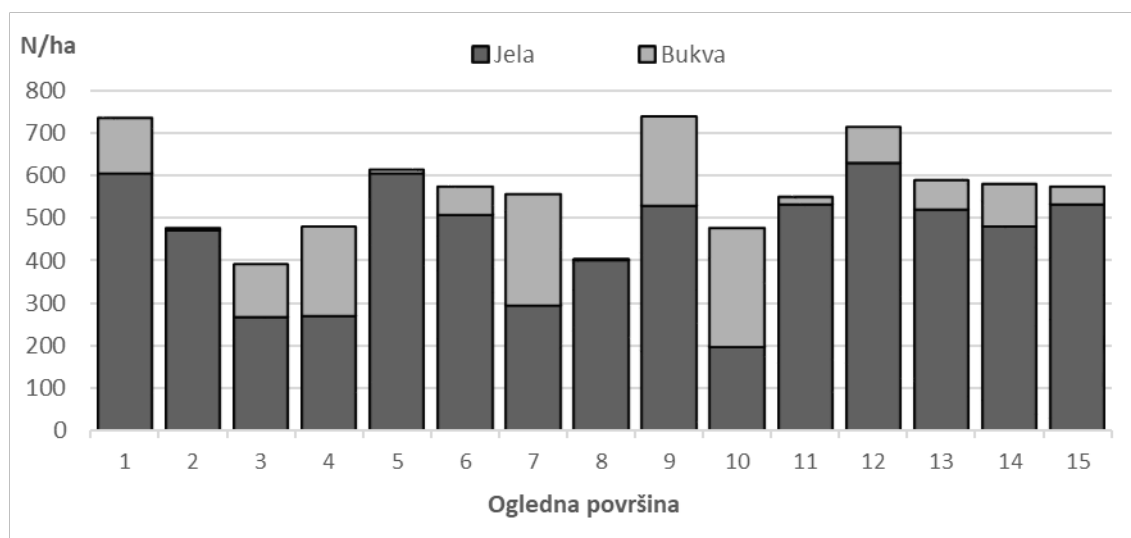
#### 4.1.2. Broj stabala sastojine

Prema Miletić (1930) „...број стабала, како у апсолутном износу по јединици површине тако и у погледу релативног односа појединих дебљинских степена и разреда, најосновнија је функција за упознавање структуре неке састојине...“. Prema Dukić (2014) „број stabala по јединици површине као елемент структуре састојине има врло значајан утицај на стабилност и продуктивност састојине. То је један од најваријабилнијих елемената структуре састојине...“

U tabeli 17 prikazani su parametri deskriptivne statistike broja stabala sastojine. Ukupan broj stabala po hektaru u čistim sastojinama je u intervalu od 404 (OP8) do 612 (OP5), a u mješovitim od 392 (OP3) do 736 (OP9), odnosno prosječan broj stabala u čistim sastojinama je 522, a u mješovitim 582. Broj stabala jele po hektaru u čistim sastojinama iznosi od 400 (OP8) do 604 (OP5). Za stabla jele u mješovitim sastojinama utvrđen je broj stabala po sastojinama u intervalu od 200 (OP10) do 628 (OP12). Jela u čistim sastojinama prosječno učestvuje sa 97% u ukupnom broju stabala, a u mješovitim sa 74%. U mješovitim sastojinama je iskazano veće variranje broja stabala jele po hektaru (36%) u odnosu na čiste sastojine (15%), odnosno u pogledu broja stabala jele i ukupnog broj stabala po hektaru homogenije su čiste sastojine od mješovitih (Grafikon 7). Posmatrajući sve sastojine (čiste i mješovite), prosječan broj stabala po hektaru je 562, a stabala jele 456. Variranje ukupnog broja stabala po hektaru je 19%, a stabala jele 30%.

**Tabela 17.** Mjere centralne tendencije i varijabiliteta broja stabala

Statistički parametri	Sastojine									
	Čiste			Mješovite			Sve			
	Jela	Bukva	Ukupno	Jela	Bukva	Ukupno	Jela	Bukva	Ukupno	
n	5	5	5	10	10	10	15	15	15	
As	508	14	522	430	152	582	456	106	562	
SAs	34	7	37	49	25	37	35	24	28	
Min	400	4	404	200	64	392	200	4	392	
Max	604	40	612	628	276	736	628	276	736	
RV	204	36	208	428	212	344	428	272	344	
SD	76	15	83	156	79	116	137	93	107	
CV	%	15	105	16	36	52	20	30	88	19

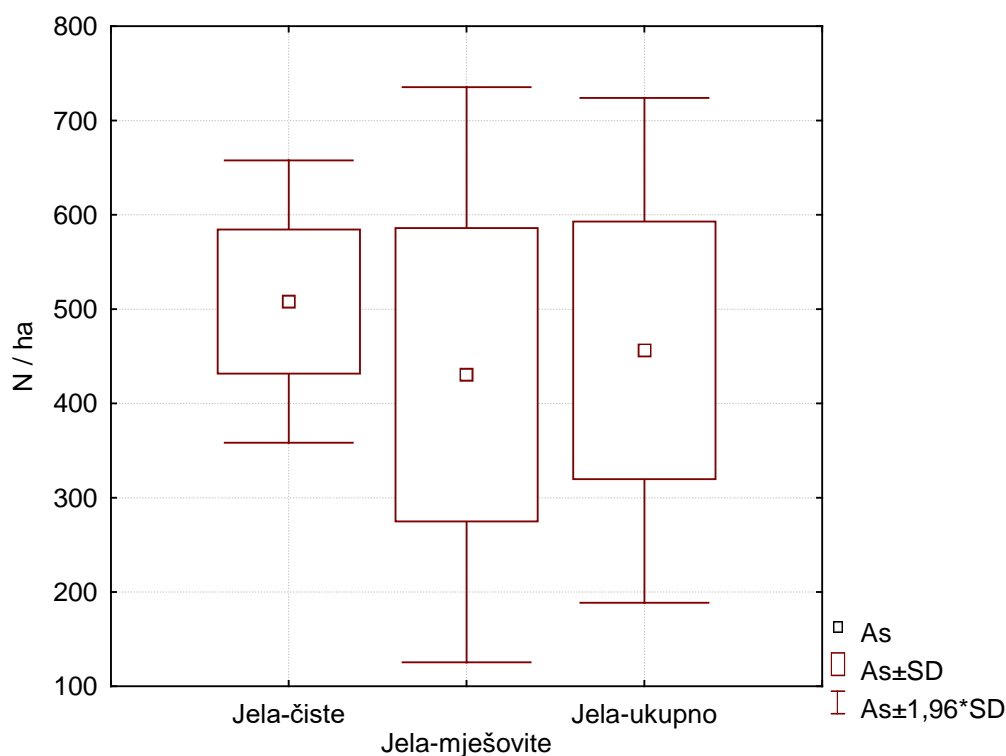


**Grafikon 7.** Broj stabala po oglednim površinama (sastojinama)

Pomoću višestruke korelacione funkcije Matić (1959) je utvrdio da je prosječan broj stabala jele za čiste jelove sastojine 450 stabala po hektaru. Prema istom autoru „*broj stabala mješovite sastojine jele i bukve se uslijed povećanja udjela bukve ujednačeno samnjuje od 450 na 370 po ha..., a usljed povećavanja udjela jele povećava se broj stabala sastojine jele, smrče i bukve*“. Kao razlog Matić navodi to što bukova stabla imaju znatno veće krošnje od jelovih stabala, pa se smanjenjem udjela bukve povećava životni prostor za jelu. Keren i Govedar (2014) su na području ŠPP „Srednjevrbasko“ u mješovitim sastojinama bukve i jele sa smrčom utvrdili da je broj stabala po hektaru u istraživanim sastojinama po oglednim površinama u intervalu od 571 do 804.

Aritmetička sredina broja stabala sastojina, standardna devijacija i intervali broja stabala jele u kojima se nalazi 68% i 95% oglednih površina, odnosno sastojina prikazani su na grafikonu 8. Tačka unutar pravougaonika predstavlja aritmetičku sredinu broja stabala jele, gornje i donje granice pravougaonika predstavljaju intervale unutar kojih se nalazi po jedna standardna devijacija broja stabala, odnosno 68% sastojina. Dužine iznad i ispod pravougaonika predstavljaju intervale unutar kojih se nalazi po 1,96 standardnih devijacija broja stabala što obuhvata 95% oglednih površina odnosno sastojina uz pretpostavku o normalnosti distribucije.

Rezultari t i F testa prikazani u tabeli 18 pokazuju da između čistih i mješovitih sastojina nema statistički značajne razlike u pogledu broja stabala jele po hektara. Statistički značajna razlika nije utvrđena ni kada je u pitanju varijabilnost broja stabala po sastojinama.



**Grafikon 8.** Aritmetička sredina broja stabala jele (As), standardna devijacija (SD) i intervali u kojima se nalazi 68% ( $As \pm SD$ ) i 95% sastojina ( $AS \pm 1.96*SD$ )

**Tabela 18.** Odnos čistih i mješovitih sastojina u pogledu broja stabala jele (t i F test)

Varijabla	As <sub>1</sub>	As <sub>2</sub>	t	df	p	SD <sub>1</sub>	SD <sub>2</sub>	F	p
N (po ha)	430	508	1.04	13	0.3172	155,6	76,4	1.08	0.5328
1 - mješovite sastojine, 2 - čiste sastojine									

### 4.1.3. Debljinska struktura sastojina

„Dosljedno gazdovanje sastojinom sistemom prebornih sječa tokom dužeg perioda dovodi do karakteristične raspodjele stabala sastojine po debljinskim stepenima: broj stabala (sastojine) koja pripadaju pojedinim debljinskim stepenima opada od nižih prema višim stepenima po hiperboličkoj krivulji koja najprije veoma strmo pada, a kasnije sve blaže i blaže, približavajući se asimptotički apscisi“ (Matić, 1980). „Ako se pravilno gazduje u dužem vremenskom periodu, uz primjenu prebirnih sječa, raznodobna sastojina će imati opadajuću (hiperboličnu) raspodjelu stabala po debljinskim stepenima“ (Maunaga, 2012). Prema Klepac (1979), francuski šumar Liocourt konstatovao je da je odnos između broja stabala u jednom debljinskom stepenu i u neposredno višem stepenu konstantan za određen bonitet. Svako odstupanje od tog geometrijskog niza narušava prebornu strukturu, a samim time i stabilnost sastojine.

U tabeli 19 prikazani su parametri deskriptivne statistike debljinske strukture sastojina. Utvrđeni aritmetički srednji prečnik stabala u čistim sastojinama je 29,2 cm i veći je za 4,3 cm u odnosu na srednji prečnik stabala u mješovitim sastojinama (24,9 cm). Utvrđeni aritmetički srednji prečnik stabala jele u čistim sastojinama je 29,5 cm i takođe je veći (za 4,5 cm) u odnosu na prečnik stabala jele u mješovitim sastojinama (25 cm).

**Tabela 19.** Mjere centralne tendencije, varijabiliteta i oblika debljinske strukture sastojina

Vrsta	As	Min	Max	RV	SD	SAs	CV	Skew	Kurt
	cm						%		
Čiste sastojine									
Jela	29,5	6,2	70,7	64,5	12,9	0,5	44	0,013	-0,808
Bukva	18,2	6,6	40,9	34,3	11,4	2,7	62	0,861	-0,800
Sastojina	29,2	6,2	70,7	64,5	13,0	0,5	44	0,027	-0,835
Mješovite sastojine									
Jela	25,0	5,8	72,0	66,3	14,1	0,4	56	0,576	-0,746
Bukva	24,6	5,5	78,0	72,6	15,2	0,8	62	0,783	-0,162
Sastojina	24,9	5,5	78,0	72,6	14,4	0,4	58	0,637	-0,559

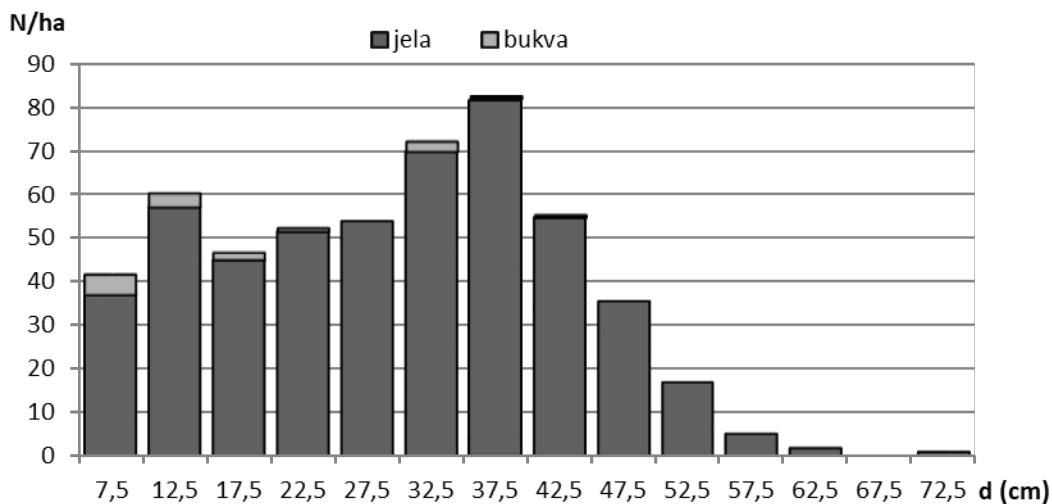
U mješovitim sastojinama je utvrđeno veće variranje debljine stabala (58%) u odnosu na čiste sastojine (44%), odnosno u pogledu debljine stabala homogenije su čiste sastojine od mješovitih. U mješovitim sastojinama je takođe veće variranje debljine stabala jele (56%) u odnosu na čiste sastojine (44%), odnosno u pogledu debljinske strukture stabala jele homogenije su čiste sastojine od mješovitih.

Grafički prikaz raspodjele broja stabala po debljinskim stepenima u čistim sastojinama pokazuje da je raspodjela nepravilna sa dvije modalne vrijednosti. Pored jasno izražene modalne vrijednosti u debljinskom stepenu od 35 do 40 cm, javlja se i sekundarna modalna vrijednost u stepenu od 10 do 15 cm što je kod ovoga istraživanja u skladu sa konstatacijom Matić (1980) da su usljed nesistematskog izvođenja prebirnih sječa česti slučajevi da su u ukupnom broju stabala sastojine srednji debljinski stepeni zastupljeniji nego niži. Raspodjela broja stabala jele po debljinskim stepenima u čistim sastojinama je u omjeru: 48% tankih stabala (do 30 cm prsnog prečnika), 47% srednje debelih (od 31 do 50 cm prsnog prečnika) i 5% debelih stabala (prsnog prečnika većeg od 50 cm). Može se konstatovati da u čistim sastojinama raspodjela stabala po debljinskim stepenima teži raspodjeli koja je karakteristična za jednodobne sastojine, uz značajna odstupanja u pojedinim debljinskim stepenima (Grafikon 9).

Matić (1980), razmatrajući potrebu provođenja proreda u prebirnoj sastojini jele, u kontekstu veličine prirasta drvne mase stabala, preporučuje da se iz jelove sastojine loših

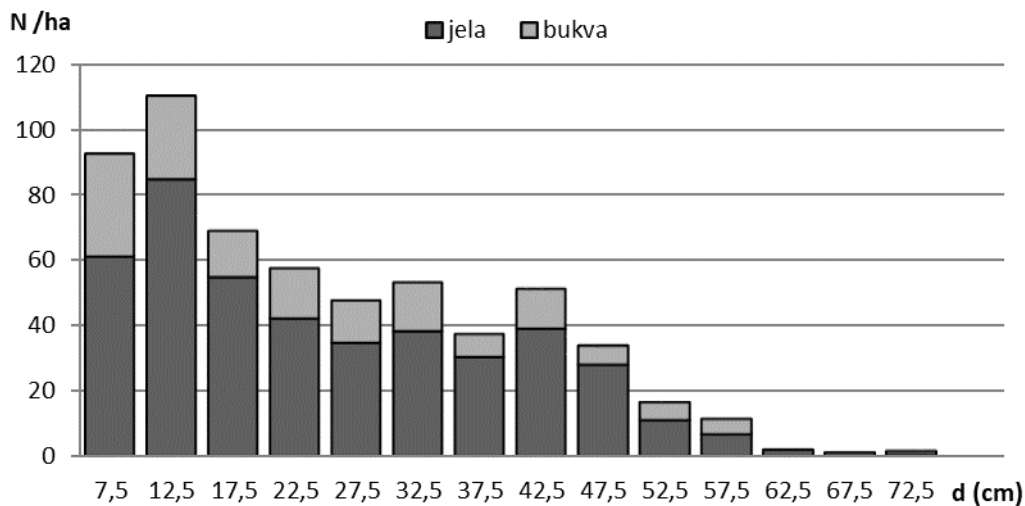
stanišnih uslova uklanjaju gotovo sva deblja stabla preko 50 cm prsnog prečnika. Iz sastojina najboljih stanišnih uslova preporučuje se uklanjaju stabala debljih od 90 cm, dok treba izbjegavati sječú stabala čiji se prsni prečnici nalaze u intervalu od 50 do 90 cm. U prebirnoj sastojini koja pripada bukovo-jelovoj zajednici (*Abieti-Fagetum dinaricum* Treg. 1957) u Gospodarskoj jedinici Višnjevica u kojoj dominiraju stabla jele, Matić et al. (2001) konstatuju da je drvna zaliha skoncentrisana većim dijelom u debelim stablima iznad 60 cm prsnog prečnika (zaliha stabla debljih od 50 cm je 76% od ukupne zalihe u sastojini), a kao razlog poremećene preborne strukture navodi predugu ophodnjicu, odnosno preveliku drvnu zalihu po hektaru.

Za razliku od čistih sastojina, debljinska struktura u mješovitim sastojinama teži strukturi koja je karakteristična za preborne sastojine gdje broj stabala sa porastom debljinskog stepena opada približno po geometrijskoj progresiji odnosno Liocourt-ovom zakonu (Grafikon 10), ali uz značajna odstupanja u pojedinim debljinskim stepenima. Posebno je zabrinjavajuć nedostatak stabala u najnižem debljinskom stepenu od 5 do 10 cm.



**Grafikon 9.** Debljinska struktura u čistim sastojinama

Povećanje broja stabala u debljinskom stepenu od 10 do 15 cm vjerovatno je posljedica naglog otvaranja sklopa do kojeg je došlo sječom stabala većih prsnih prečnika u nekom od prethodnih perioda. Usljed povećanja stajališne površine, stabla podstojne etaže su reagovala povećanjem vrijednosti debljinskog i visinskog prirasta, odnosno urastanjem stabala. Nedostatak debelih stabala u sastojini, kao i jak sklop, onemogućili su prirodno obnavljanje sastojine što je rezultiralo smanjenjem broja stabala u debljinskom stepenu od 5 do 10 cm. Pored toga što je prekinuto prirodno obnavljanje sastojina, došlo je i do prekida urastanja stabala kao elementa preborne strukture, što se nepovoljno odrazilo na održavanje preborne strukture mješovitih šuma.



**Grafikon 10.** Debljinska struktura u mješovitim sastojinama

Odnos raspodjele broja stabala jele u mješovitim sastojinama po debljinskim stepenima je u omjeru: 64% tankih stabala (do 30 cm prsnog prečnika), 31% srednje debelih stabala (od 31 do 50 cm prsnog prečnika) i 5% debelih stabala (prsnog prečnika većeg od 50 cm). U mješovitim sastojinama je za 33% veće učešće tankih stabala jele, prečnika do 30 cm u odnosu na čiste sastojine. Stabla jele u čistim sastojinama su više grupisana oko aritmetički srednjeg prečnika što je uslovalo približno simetričnu distribuciju, za razliku od mješovitih sastojina gdje je izražena pozitivna asimetrija.

Prilikom analize debljinske strukture u čistim sastojinama evidentno je smanjeno učešće broja stabala u najtanjim debljinskim stepenima, povećavanje u srednje jakim debljinskim stepenima, odnosno nedostatak stabala prečnika iznad 55 cm, što ukazuje da se u tim sastojinama odvija proces udaljavanja analizirane strukture od tipično preborne strukture. Utvrđeno udaljavanje unutrašnje izgrađenosti u čistim sastojinama od tipične preborne je nastalo kao posljedica uticaja izvršenih sječa, jer je većim intenzitetom sječa (jakim sječivim zahvatima) tokom ophodnjice u najvećim debljinskim stepenima smanjen broj stabala, za razliku od srednjih debljinskih stepeni. Manji broj stabala u nižim debljinskim stepenima je vjerovatno posljedica ekoloških a posebno mikroklimatskih uslova u zemljištu i iznad zemljišta, izazvanih zastorom krošanja stabala srednje jakih debljinskih stepeni i nedostatkom zrelih sjemenskih stabala, a što je rezultiralo vrlo lošim ili potpuno izostalim prirodnim podmlađivanjem. S obzirom na distribuciju stabala po debljinskim stepenima, vidljivo je da zbog dominantnosti stabala srednjih prečnika, izostaje prelaz (urastanja) stabala tanjih debljinskih stepeni u više debljinske stepene, odnosno u sastojinama ostaju stabla manjih prečnika, kišobranaste forme krošnje, što otežava prirodno podmlađivanje. Pojedinačna stabla bukve u čistim sastojinama se uglavnom nalazi u II i III biološkom položaju, što dodatno usložnjava proces prirodnog podmlađivanja.

Testiranje razlika stvarnih i teorijskih distribucija primjenom Kolmogorov-Smirnov testa, Lilliefors testa i Shapiro-Wilk testa (Tabela 20) pokazuje statistički značajno odstupanje stvarnih od teorijskih frekvencija normalne distribucije u čistim i u mješovitim sastojinama u sva tri slučaja (jela, bukva i sastojina).

**Tabela 20.** Testiranje razlike stvarnih i teorijskih distribucija po modelu normalnog rasporeda

Vrsta	n	max D	K-S p	Lilliefors p	W	p
Čiste sastojine						
Jela	635	0,065290	p < 0,01	p < 0,01	0,975195	0,000000
Bukva	18	0,213790	p > 0,20	p < 0,05	0,842171	0,006389
Sastojina	653	0,069182	p < 0,01	p < 0,01	0,973184	0,000000
Mješovite sastojine						
Jela	1076	0,117252	p < 0,01	p < 0,01	0,925781	0,000000
Bukva	380	0,120873	p < 0,01	p < 0,01	0,912169	0,000000
Sastojina	1456	0,114882	p < 0,01	p < 0,01	0,923811	0,000000

U istraživanim sastojinama debljinska struktura značajno odstupa od normalnog sastava za preborne sastojine na području Bosne prema Matić (1963), a prema kojem su granični debljinski stepeni, odnosno prečnici sječive zrelosti za jelu na prvom, drugom i trećem bonitetu staništa: 80 cm, 75 cm i 70 cm. U sastojinama izostaje glavna odlika preborne strukture a to je kontinuirano opadanje broja stabala sa povećanjem prsnog prečnika. U svim sastojinama se uočava nedovoljan broj stabala u najtanjem debljinskom stepenu. Evidentno je da izostaju i najdeblja stabla s obzirom na definisane prečnike sječive zrelosti, jer je na oglednim površinama u čistim sastojinama, utvrđeni prosječni bonitet staništa, kada je u pitanju jela I,1 a u mješovitim sastojinama I,5 odnosno na 11 oglednih površina (u 73% slučajeva) utvrđen je prvi i prvi kroz drugi bonitet staništa (Tabela 36).

Utvrđena debljinska struktura je posljedica načina gazdovanja istraživanim sastojinama. Sastojinama se gazduje tako da to predstavlja „nekakvu“ kombinaciju skupinasto-prebornog sistema i klasičnog stablimično prebornog sistema, što ima za posljedicu vrlo heterogeno stanje po oglednim površinama, odnosno sastojinama.

Da bi se povećala stabilnost sastojina i osigurala kontinuirana prirodna obnova, u istraživanim sastojinama trebalo bi težiti uspostavljanju preborne strukture, odnosno preborne šume kao sredstva za održivo i racionalno gazdovanje. Prema Korpel (1996), uravnotežena preborna šuma, nije prirodni fenomen nego posljedica sistemskog planskog šumskog gazdovanja, tj. sistemskih prebornih sječa. Da je uspostava preborne strukture u bukovo-jelovim sastojinama dug proces koji, prije svega, zavisi od zatečenog stanja sastojine konstatovali su



Božić et al. (2011) istražujući sastojine na Papuku kojima se u prošlosti gazdovalo kao sa jednostobnim šumama. Preborna debljinska struktura se uspostavlja puno brže u sastojinama koje u većim debljinskim stepenima nemaju prenamogmilanu zalihu i u kojima početno postoje stabla i u nižim debljinskim stepenima.

#### 4.1.4. Srednji prečnik sastojine po temeljnici

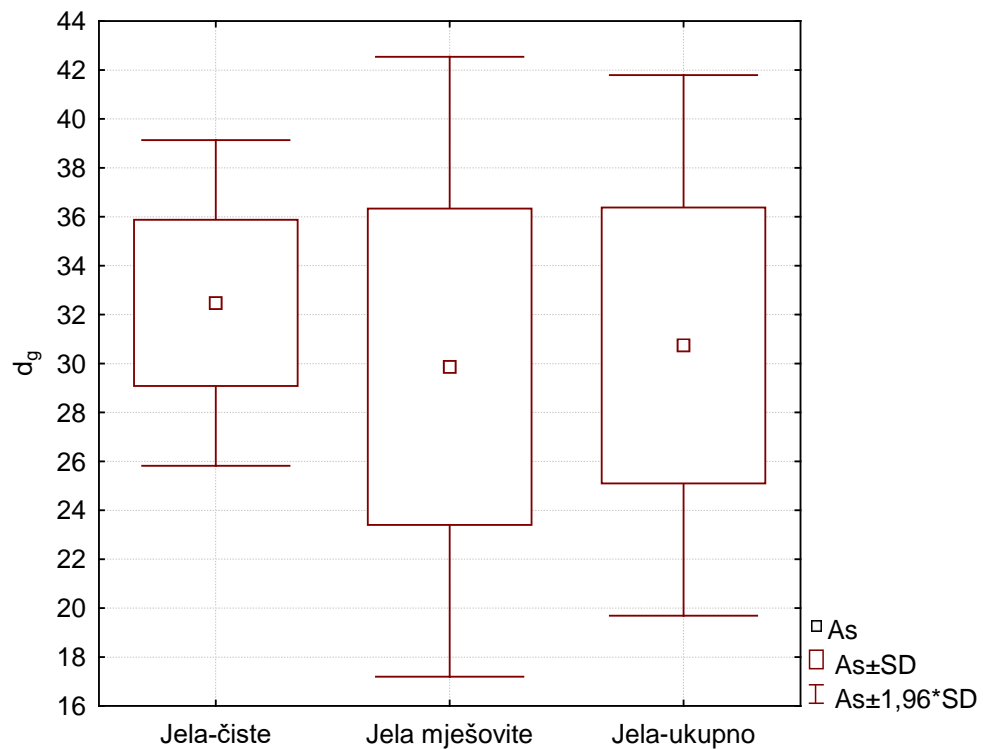
Na srednji prečnik sastojine po temeljnici utiču mnogi faktori, a prije svega broj stabala, raspored stabala u prostoru kada su u pitanju mješovite sastojine (stablimičan ili grupimičan), intezit njege, način prebiranja stabala i izvođenja prebornih sječa. Prema Matić (1980) „... što je prečnik srednjeg stabla inventarisanog dijela sastojine veći ili, drugim riječima, što je debelih stabala više, broj stabala tog dijela mora biti manji jer su krošnje debljih stabala veće od krošnji tanjih stabala pa ih može po jedinici površine manje stati“. Prema Stamenković i Vučković (1988), jačina stepena proreda ima mali uticaj na srednju visinu sastojine, ali zato ima izražen uticaj na srednji prečnik, „... jaka zavisnost srednjeg prečnika od proreda uslovljena je reagovanjem preostalih stabala u debljinskom porastu što je posljedica povećanog prostora za rastenje, a naročito povećanja količine i kvaliteta svjetlosti“.

U tabeli 21 prikazani su parametri deskriptivne statistike srednjeg prečnika sastojine po temeljnici. Aritmetička sredina srednjeg prečnika stabala jele po temeljnici, standardna devijacija i intervali u kojima se nalazi 68% i 95% sastojina na oglednim površinama, uz pretpostavku o normalnosti distribucije, prikazani su na grafikonu 11. Navedeni intervali su znatno uži u čistim u odnosu na mješovite sastojine, što se može i očekivati s obzirom na to da je značajan uticaj omjera smjese, odnosno mješovitosti na strukturu sastojine.

**Tabela 21.** Mjere centralne tendencije i varijabiliteta srednjeg prečnika sastojine po temeljnici

Statistički pokazatelji	Sastojine									
	Čiste			Mješovite			Sve			
	Jela	Bukvaa	Ukupno	Jela	Bukva	Ukupno	Jela	Bukva	Ukupno	
n	5	5	5	10	10	10	15	15	15	
As	32,5	15,7	32,2	29,9	29,9	29,0	30,7	25,2	30,1	
SAs	1,5	4,0	1,5	2,0	2,4	1,1	1,5	2,7	1,0	
Min	28,8	6,7	28,7	22,4	19,6	24,8	22,4	6,7	24,8	
Max	37,9	25,4	37,7	39,3	44,1	35,1	39,3	44,1	37,7	
RV	9,1	18,7	9,0	16,9	24,5	10,3	16,9	37,4	12,9	
SD	3,4	8,8	3,4	6,5	7,7	3,6	5,6	10,4	3,8	
CV	%	10	56	11	22	26	12	18	41	12

Prosječna veličina srednjeg prečnika po temeljnici u čistim sastojinama je 32 cm, u mješovitim sastojinama 29 cm, odnosno 30 cm kada posmatramo sve istraživane sastojine. Variranje srednjeg prečnika stabala približno je isto u čistim i mješovitim sastojinama. Izraženo koeficijentom varijacije iznosi 11%, odnosno 12%. Nasuprot tome, u mješovitim sastojinama je veće variranje srednjeg prečnika stabala jele (22%) u odnosu na čiste sastojine (10%), odnosno u pogledu srednjeg prečnika stabala jele, homogenije su čiste sastojine od mješovitih.



**Grafikon 11.** Aritmetička sredina srednjih prečnika stabala jele po temeljnici ( $A_s$ ), standardna devijacija ( $SD$ ) i intervali u kojima se nalazi 68% ( $A_s \pm SD$ ) i 95% sastojina ( $A_s \pm 1.96*SD$ )

#### 4.1.5. Debljinski prirast stabla

„Poznavanje veličine i toka debljinskog prirasta vrsta drveća u zavisnosti od stanišnih i sastojinskih faktora predmet je stalnog interesovanja šumarskih stručnjaka. Na osnovu debljinskog prirasta određuje se zapreminski prirast stabala i sastojine, kao jedan od najznačajnijih taksacionih elemenata za planiranje i provođenje mjera gazdovanja. U novije vrijeme, sve više, predmet interesovanja postaje veličina i tok varijabiliteta debljinskog prirasta...“ (Koprivica i Ratknić, 1995, str. 131). Prema Stajić (2010), 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. U zavisnosti od sastojinskih uslova, ista vrsta drveća u istim stanišnim uslovima može imati različite tokove rasta prečnika. Ova činjenica minimizira značaj rasta odnosno prirasta prečnika pri proizvodnom diferenciranju staništa i potencira važnost optimalne izgrađenosti sastojina.

Povećanjem prečnika stabala jele povećava se vrijednost sortimenata koji se dobijaju iz tih stabala, pa polazeći od navedenog gazdovanje jelom trebalo bi da bude orijentisano na odgajanje debljih stabala visokog kvaliteta, ali u dužem vremenskom periodu. Pošto je evidentno da se vrijednost dobijenih sortimenata povećava sa povećanjem prečnika stabala, debljinskom prirastu se mora posvetiti značajna pažnja. U sastojini koja je imala adekvatan tretman, odnosno u kojoj su primjenjene mjere njege prilagođene stanišnim i sastojinskim uslovima, najvredniji sortimenti su za oko tri puta skuplji nego u nenjegovanim sastojinama. Poznavanje složenih odnosa između elemenata strukture sastojine i debljinskog prirasta stabala pruža značajne mogućnosti za unapređenje stanja, odnosno gazdovanja ovim šumama.

U ovom istraživanju prosječni periodični debljinski prirast (u daljem tekstu tekući debljinski prirast) je određen na osnovu perioda od 10 godina (Tabela 22). 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 veća u odnosu na mješovite sastojine gdje iznosi 2,40 mm (uz vjerovatnoću od 95% u intervalu od 2,29 mm do 2,51 mm). Sumarno gledajući sve sastojine, prosječna veličina debljinskog prirasta stabala jele iznosi 2,48 mm (uz vjerovatnoću od 95% u intervalu od 2,40 mm do 2,56 mm). Varijabilnost debljinskog prirasta, izražena koeficijentom varijacije u čistim sastojinama je 63% a u mješovitim sastojinama 75%, odnosno sumarno gledano varijabilnost debljinskog prirasta, izražena koeficijentom varijacije iznosi 71%. Kada je u pitanju debljinski prirast stabala može se konstatovati da su homogenije čiste sastojine, što je i za očekivati s obzirom na odnos debljinskih struktura sastojina.

**Tabela 22.** Mjere centralne tendencije i varijabiliteta debljinskog prirasta stabala jele u čistim i mješovitim sastojinama

Sastojine	n	id (mm)				SD	CV %
		As	SAs	-95%	+95%		
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

Vrste svjetlosti imaju manje koeficijente varijacije nego vrste sjenke, a kao širi prosjeci za važnije vrste mogle bi se uzeti sljedeće vrijednosti koeficijenta varijacije: za hrast 40%, za borove 45%, jelu i bukvu 50% i smrču 55% (Mirković, 1976). U istraživanim sastojinama utvrđeni varijabilitet debljinskog prirasta je veći od navedenog šireg prosjeka za jelu. Prema Mirković (1976), na veličinu koeficijenta varijacije, odnosno na varijabilitet debljinskog prirasta utiče dužina perioda za koji se određuje prirast, na takav način da se povećava koeficijent varijacije sa skraćivanjem perioda određivanja prirasta.

Na osnovu rezultata t i F testa između čistih i mješovitih sastojina postoje statistički značajne razlike kada je u pitanju veličina i varijabilitet debljinskog prirasta stabala. Razlika je statistički značajna na nivou  $p < 0,05$ , ali nije značajna na nivou  $p < 0,01$  (Tabela 23).

**Tabela 23.** Odnos čistih i mješovitih sastojina u pogledu debljinskog prirasta stabala (t i F test)

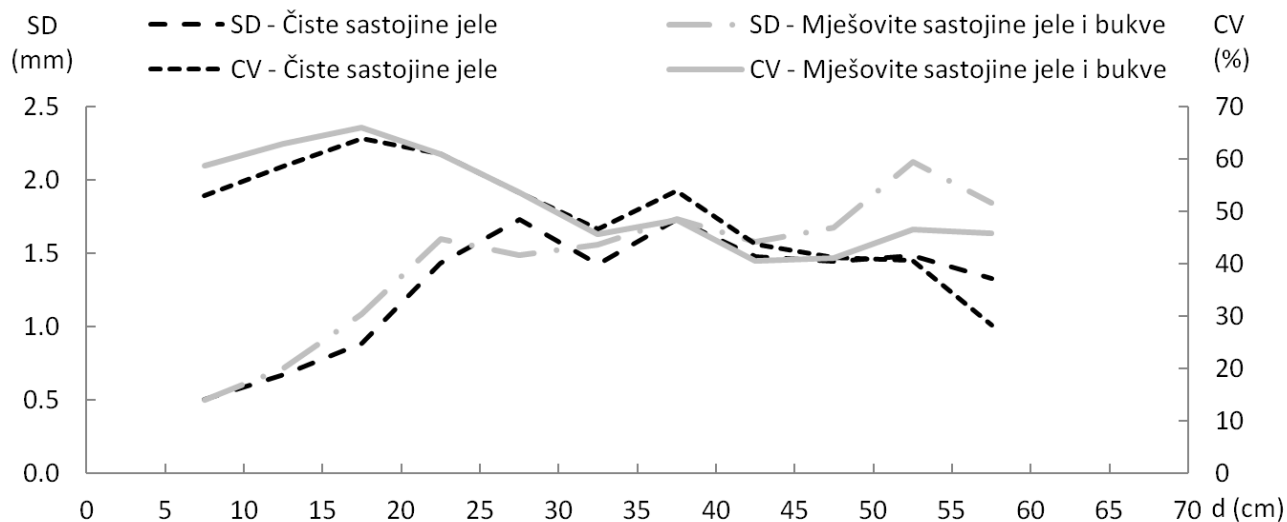
Varijabla	As 1	As 2	t	df	p	SD 1	SD 2	F	p
id (mm)	2,62	2,40	2,44	1709	0,0146	1,66	1,80	1,18	0,0242

1 – čiste sastojine, 2 – mješovite sastojine

Klopčič et al. (2010) su na osnovu podataka sa stalnih oglednih površina koje se koriste u inventuri šuma u Sloveniji istraživali debljinski prirast stabala jele. Utvrdili su prosječnu godišnju vrijednost debljinskog prirasta od  $3,43 \pm 0,25$  mm i varijabilitet od 75%. Utvrđena vrijednost je veća od dobijene u ovom istraživanju ali je varijabilitet prirasta približno isti. Istraživanje je takođe pokazalo značajan uticaj udjela bukve u sastojini na debljinski prirast. Pored veće vrijednosti prirasta u čistim sastojinama u odnosu na mješovite, kao što je utvrđeno i u ovom istraživanju, utvrđena je i statistički značajna korelacija između prosječnog debljinskog prirasta i udjela bukve u mješovitim sastojinama ( $r = -0,43$ ,  $p = 0,0000$ ).

Utvrđene vrijednosti standardne devijacije i koeficijenta varijacije, odnosno apsolutnog i relativnog varijabiliteta tekućeg debljinskog prirasta stabala po debljinskim stepenima (širine 5 cm) prikazane su na grafikonu 12. 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 sastojinama ponovo dolazi do povećanja u najvišim 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.



**Grafikon 12.** Varijabilitet debljinskog prirasta po debljinskim stepenima

#### 4.1.5.1. Zavisnost debljinskog prirasta stabla jele od prsnog prečnika

Za čiste i mješovite sastojine utvrđena je zavisnost debljinskog prirasta stabla jele od prečnika stabla korištenjem parabole drugog reda (Funkcija 19). 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 24). Zavisnost tekućeg debljinskog prirasta jele od prečnika stabala prikazana je na grafikonu 13.

$$i_d = a + b \cdot d + c \cdot d^2 \quad (19)$$

Analitički je određen prsni prečnik stabla pri kome nastupa kulminacija tekućeg debljinskog prirasta, polazeći od utvrđenih vrijednosti regresijskih koeficijenata ( $-b/2c$ ). U čistim sastojinama kulminacija nastupa kod prečnika od 53 cm, a u mješovitim sastojinama kod prečnika od 73 cm. Objašnjenje za ovakav odnos čistih i mješovitih sastojina trebalo bi tražiti u činjenici da u ovom slučaju mješovite sastojine karakteriše veći stepen raznodobnosti u odnosu na čiste (Grafikon 9 i 10), a poznato je da u raznodobnim sastojinama u odnosu na jednodobne

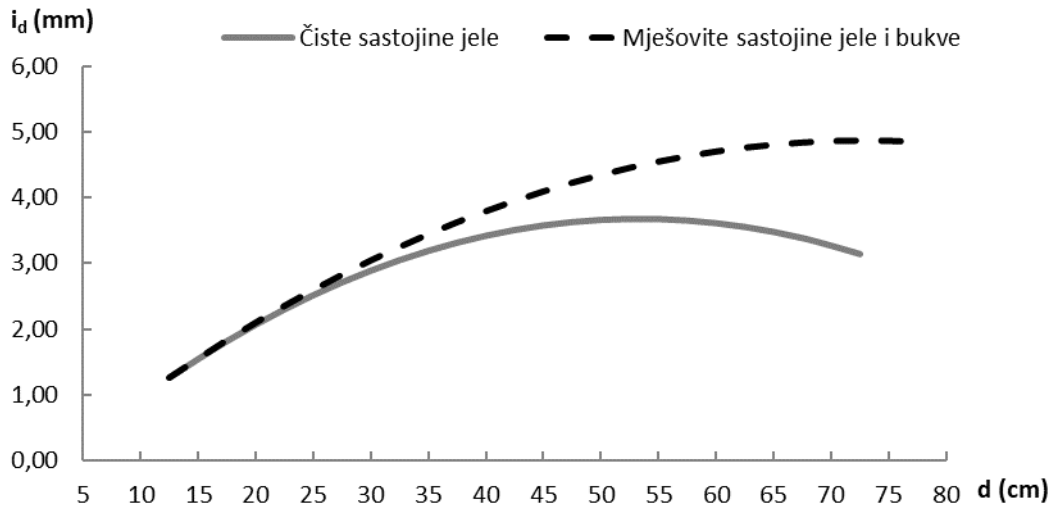
kulminacija nastupa u višim debljinskim stepenima (Grafikon 13). Takođe trebalo bi uzeti u obzir i činjenicu da su čiste sastojine u prosjeku u boljim stanišnim uslovima (Tabela 36).

**Tabela 24.** Karakteristike regresije (zavisnost tekućeg debljinskog prirasta od prečnika stabla)

	Regresijski koeficijent	Standardna greška koeficijenta	t	p	S <sub>t</sub> (mm)	R	R <sup>2</sup>	F	p	n
Čiste sastojine										
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	635
c	-0,00145	0,000	-4,780	0,000						
Mješovite sastojine										
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	1076
c	-0,00099	0,000	-4,709	0,000						

U gospodarskoj jedinici Ravna Gora, u fitocenozi jele i bukve (*Fagetum abietetosum* Horv.), Tomaševski (1959) je utvrdio da kulminacija debljinskog prirasta stabala jele nastupa kod prsnih prečnika između 75 i 95 cm, nakon čega debljinski prirast opada. U toku istraživanja dinamike rasta bukve, jele i smrče u najvažnijim tipovima bukovo-jelovih šuma na Igmanu Drinić (1974) je 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. Matić (1959) je utvrdio da debljinski prirast stabala jele u šumama jele, smrče i bukve u Bosni i Hercegovni 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. Dobijeni odnos kulminacije na različitim bonitetima je posljedica činjenice da je Matić primijenio metod višestruke regresione analize koji omogućava da se kod analize posmatranog faktora, u ovom slučaju boniteta staništa, eliminiše uticaj ostalih faktora obuhvaćenih analizom.

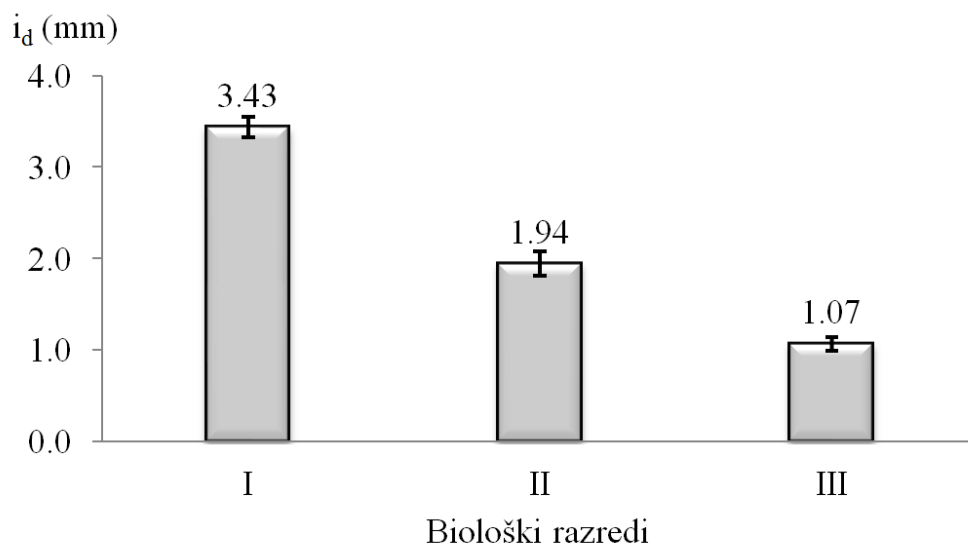
U čistim sastojinama utvrđena je veća prosječna vrijednost debljinskog prirasta (2,62 mm u odnosu na 2,40 mm), a na grafikonu 13 uočavamo da je krivulja debljinskog prirasta stabala u mješovitim sastojinama iznad krivulje u čistim sastojinama. To se može objasniti činjenicom da je u čistim sastojinama utvrđena veća aritmetička sredina prečnika stabala (29,5 cm u odnosu na 25,0 cm), odnosno u mješovitim sastojinama je znatno veći udjel tankih stabala (Grafikoni 9 i 10).



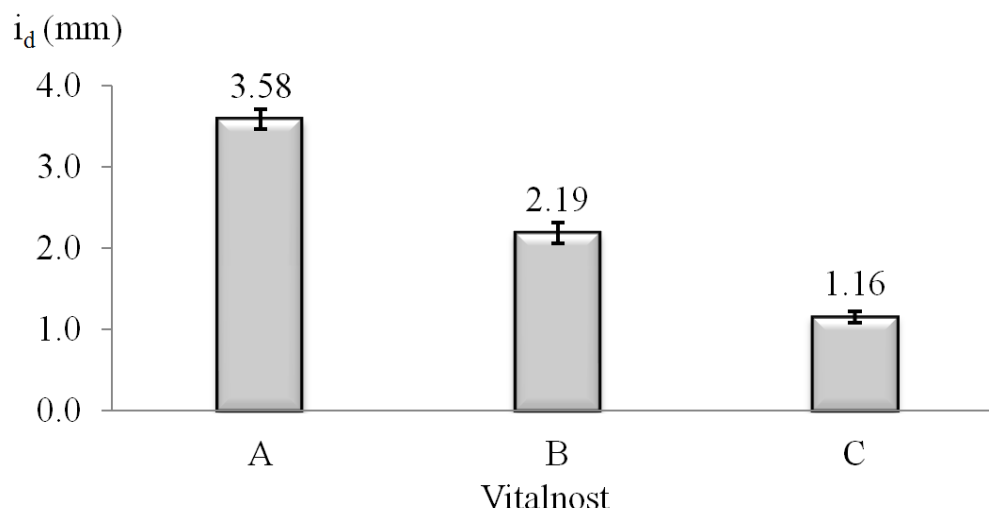
**Grafikon 13.** Zavisnost tekućeg debljinskog prirasta stabla jele od prečnika

#### 4.1.5.2. Zavisnost debljinskog prirasta stabla jele od biološkog položaja i vitalnosti

Analiziran je odnos debljinskog prirasta stabala različite vitalnosti i biološkog položaja. Na grafikonima 14 i 15 su prikazane prosječne vrijednosti debljinskog prirasta i intervali procjene prosječne vrijednosti pri vjerovatnoći od 95%. Uočava se jasna razlika između stabala koja pripadaju različitim biološkim položajima i kategorijama vitalnosti, odnosno kao što se može i očekivati, sa opadanjem biološkog položaja i vitalnosti stabala smanjuje se i prosječna vrijednost debljinskog prirasta. Po biološkim položajima prosječne vrijednosti debljinskog prirasta su u intervalu od 1,07 do 3,43 mm, a po kategorijama vitalnosti u intervalu od 1,16 do 3,58 mm.



**Grafikon 14.** Prosječne vrijednosti debljinskog prirasta po biološkom položaju



**Grafikon 15.** Prosječne vrijednosti debljinskog prirasta po kategorijama vitalnosti

Veličina debljinskog prirasta stabala jele koja su razvrstana u tri kategorije vitalnosti (A, B i C) po debljinskim razredima (tanka, srednje debela i debela stabla) prikazana je u tabeli 25. Sa opadanjem vitalnosti smanjuje se debljinski prirast. Sa opadanjem vitalnosti smanjivanje debljinskog prirasta je najviše izraženo kod tankih stabala. Takođe, uočava se trend smanjivanja apsolutnog varijabiliteta kod tankih i srednje debelih stabala i trend povećanja relativnog varijabiliteta debljinskog prirasta srednje debelih i debelih stabala, sa opadanjem vitalnosti.

**Tabela 25.** Odnos tekućeg debljinskog prirasta stabala jele različite debljine i vitalnosti

Debljinski razred	Vitalnost	As	n	Min	Max	SD	CV
		mm		mm	%		
Tanka (do 30 cm)	A	3,01	154	0,60	8,40	1,68	56
	B	1,85	368	0,40	8,40	1,31	71
	C	1,12	471	0,40	5,00	0,76	68
Srednje debela (od 31 do 50 cm)	A	3,66	493	0,80	9,00	1,59	44
	B	3,07	127	0,60	7,60	1,58	51
	C	2,12	18	0,80	5,00	1,24	58
Debela (preko 50 cm)	A	4,26	75	1,00	9,20	1,78	42
	B	4,12	5	1,20	9,40	3,35	81
Sva stabla		2,48	1711	0,40	9,40	1,75	71

Da je debljinski prirast stabla jele veoma dobar indikator njihove vitalnosti, pokazala je i ova analiza. Veličina i varijabilitet debljinskog prirasta stabala jele koja su razvrstana u tri kategorije vitalnosti po biloškim položajima, odnosno razredima prikazan je u tabeli 26.



**Tabela 26.** Odnos tekućeg debljinskog prirasta stabala jele različitog biološkog položaja i vitalnosti

Biološki položaj	Vitalnost	As	n	Min	Max	SD	CV
		mm		mm			
I	A	3,68	625	0,80	9,20	1,63	44
	B	2,91	217	0,60	9,40	1,64	57
	C	1,96	28	0,80	5,00	1,26	64
II	A	3,05	86	0,60	7,60	1,69	55
	B	1,82	198	0,60	6,00	1,20	66
	C	1,40	130	0,40	4,40	0,89	64
III	A	2,25	11	0,60	7,20	2,31	102
	B	1,21	85	0,40	4,80	0,81	67
	C	0,99	331	0,40	5,00	0,64	65
Sva stabla		2,48	1711	0,40	9,40	1,75	71

Evidentno je da se sa opadanjem vitalnosti smanjuje debljinski prirast kod stabala sva tri biološka položaja. Takođe, uočava se da se smanjuje debljinski prirast kod iste kategorije vitalnosti sa opadanjem biološkog položaja. Kod stabala prvog biološkog položaja 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. Sa opadanjem biološkog položaja kod stabala dobrog i srednjeg vitaliteta (A i B) povećava se relativni varijabilitet debljinskog prirasta. Kod stabala slabog vitaliteta (C) u sva tri biološka razreda relativni varijabilitet je približno isti.

#### 4.1.5.3. Višestruka zavisnost debljinskog prirasta stabla jele od ostalih elemenata rasta stabla

Pored prsnog prečnika, može se očekivati da veličina debljinskog prirasta zavisi i od vrijednosti ostalih elemenata rasta stabla. Analizirana je zavisnost debljinskog prirasta stabala jele u sastojini od ostalih elemenata rasta stabla koji se mogu relativno jednostavno odrediti u redovnim inventurama šuma kao što su: visina stabla, dužina krošnje, biološki položaj i vitalnost stabla. Pored prsnog prečnika, analiza je pokazala izraženu zavisnost debljinskog prirasta i od dužine krošnje ( $h_c$ ) i vitalnosti stabla ( $V_T$ ), pa je višestrukom regresionom jednačinom obuhvaćena zavisnost debljinskog prirasta stabla jele od navednih elemenata rasta (Funkcija 20).

$$i_{d-jele} = a \cdot d + b \cdot d^2 + c \cdot h_c^2 + d \cdot V_T^2 \quad (20)$$

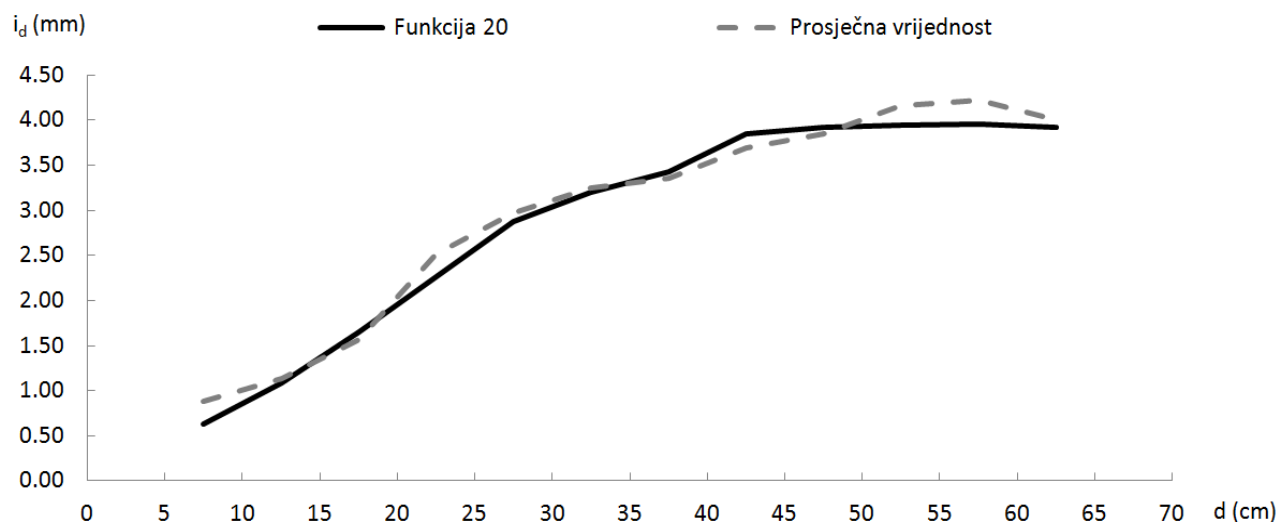
Regresiona jednačina je dobijena metodom postepene (backward stepwise) višestruke regresije. Regresija u cjelini i koeficijenti regresije statistički su značajni na nivou  $p < 0,01$ . Na

osnovu koeficijenta determinacije 83% variranja debljinskog prirasta stabala jele može se objasniti zavisnošću od navednih elemenata. Preostali dio variranja debljinskog prirasta je uslovljen djelovanjem drugih faktora. Na osnovu dobijenog modela može se izvršiti procjena debljinskog prirasta stabla jele uz standardnu grešku regresije od 1,26 mm (Tabela 27).

**Tabela 27.** Karakteristike regresije (zavisnost debljinskog prirasta stabala jele od prsnog prečnika, dužine krošnje i vitalnosti stabla)

Regresijski koeficijent	Stand. greška koeficijenta	t	p	$S_t$ (mm)	R	$R^2$	F	p	n
a	0,10691	0,006	18,344	0,000	1,26	0,91	0,83	2043	0,0000
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					

Na grafikonu 16 prikazan je odnos izračunatih prosječnih vrijednosti debljinskog prirasta po debljinskim stepenima i vrijednosti dobijenih korištenjem jednačine (Funkcija 20).



**Grafikon 16.** Odnos utvrđenih debljinskih prirasta stabala jele po debljinskim stepenima i dobijenih vrijednosti korištenjem jednačine 20

Da bi se izračinale vrijednosti debljinskog prirasta po dobivenoj jednačini, u svakom debljinskom stepenu su izračunate prosječne vrijednosti: prsnog prečnika, dužine krošnje i vitalnosti stabla. Evidentna su mala odstupanja u pojedinim debljinskim stepenima, odnosno korištenjem dobijene jednačine može se pouzdano procijeniti debljinski prirast stabala jele po debljinskim stepenima. Primijenjeni t-test je takođe pokazao da između posmatranih vrijednosti debljinskog prirasta ne postoji statistički značajna razlika (Tabela 28). Dobijeni rezultat je dobar putokaz za dalja istraživanja koja bi omogućila određivanje zapreminskog prirasta stabala jele bez bušenja stabala.

**Tabela 28.** Odnos utvrđenog debljinskog prirasta stabala jele po debljinskim stepenima i dobijenih vrijednosti korišćenjem jednačine 20

Debljinski prirast	As SD		N	Diff.	t	df	p
	mm						
i <sub>d</sub> - Jednačina	2,90	1,205					
i <sub>d</sub> - Prosječna vrijednost	2,97	1,186	12	-0,0701	-1,65586	11	0,12597

#### 4.1.5.4. Debljinski prirast stabala jele u proteklim periodima

Na pet oglednih površina izbušeno je po 25 stabala jele prvog, drugog i trećeg biološkog položaja, ukupno 75 stabala. Polazeći od podataka promjera širine prstenova prirasta na tim izvrcima rekonstruisane su dužine od po deset godina koje bi se dobile da su ta stabla bušena svake godine u proteklom periodu od deset godina. U tabeli 29 prikazani su tekući (prosječni periodični) debljinski prirasti utvrđeni za deset vremenskih perioda, počevši od perioda 2005–2014. godina do perioda 1996–2005. godina. Po biološkim položajima i sumarno utvrđene su prosječne vrijednosti, apsolutni i relativni varijabilitet.

**Tabela 29.** Prosječni periodični debljinski prirast stabala jele u proteklom periodu

Vremenski period (Godina)	Biološki položaj									Sva stabla		
	I			II			III			As	SD	CV
	As	SD	CV	As	SD	CV	As	SD	CV			
	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%		
2005-2014	4,38	1,70	39	2,15	1,62	75	1,15	1,04	90	2,56	2,00	78
2004-2013	4,39	1,65	38	2,20	1,59	72	1,24	1,10	89	2,61	1,97	75
2003-2012	4,49	1,67	37	2,32	1,64	71	1,37	1,20	87	2,73	1,99	73
2002-2011	4,83	1,80	37	2,48	1,73	70	1,55	1,34	87	2,95	2,13	72
2001-2010	4,96	1,88	38	2,58	1,77	68	1,69	1,46	87	3,08	2,19	71
2000-2009	5,05	1,87	37	2,67	1,76	66	1,81	1,57	87	3,17	2,20	69
1999-2008	5,25	1,94	37	2,79	1,80	65	1,89	1,58	83	3,31	2,26	68
1998-2007	5,37	1,95	36	2,86	1,82	64	1,92	1,54	80	3,38	2,28	68
1997-2006	5,44	1,93	35	2,89	1,79	62	1,95	1,50	77	3,43	2,27	66
1996-2005	5,56	1,95	35	2,96	1,79	60	1,97	1,46	74	3,50	2,30	66

Uočava se kontinuirano smanjivanje tekućeg debljinskog prirasta u proteklom periodu kod stabala sva tri biološka položaja. Kod apsolutnog varijabiliteta prikazanog standardnom devijacijom uočava se trend opadanja, dok se relativni varijabilitet, odnosno koeficijent varijacije kontinuirano povećava. Najizraženije opadanje apsolutnog varijabiliteta je kod stabala trećeg biološkog položaja. Ovakav trend je posljedica, prije svega, izostanka sječa u proteklom periodu. Takođe, trebalo bi uzeti u obzir i mogućnost opadanja vitalnosti stabala u proteklom periodu i klimatske parametre.

#### 4.1.5.5. Zavisnost debljinskog prirasta stabla jele od stanišnih uslova

Analiziran je odnos između debljinskog prirasta stabala u sastojinama koje karakterišu različiti stanišni uslovi: ekspozicija (S, SE, SW, N, NE i NW), nagib terena ( $< 9^\circ$ ,  $10-19^\circ$  i  $> 20^\circ$ ), tip zemljišta (eutrični kambisol, posmeđeni eutrični ranker, luvisol i distrični kambisol) i nadmorska visina ( $< 599$  m,  $600-799$  m i  $> 800$  m), primjenom analize varijanse i Duncan testa. Analiza je pokazala da se posmatrano pojedinačno, nije značajno ispoljio uticaj stanišnih uslova na debljinski prirast stabala. Između stabala u sastojinama na različitim nadmorskim visinama nema statistički značajne razlike u debljinskom prirastu. Kada je u pitanju uticaj nagiba terena, utvrđen je veći prirast stabala u sastojinama sa nagibom od  $10^\circ$  do  $19^\circ$  od prirasta stabala u sastojinama sa nagibom manjim od  $9^\circ$  i većim od  $20^\circ$ . Kod analize uticaja tipova zemljišta formirane su dvije homogene grupe, odnosno evidentna je razlika između oglednih površina na kojima je zastupljen eutrični kambisol (četiri ogledne površine) u odnosu na ostale ogledne površine na kojima su zastupljena preostala tri registrovana tipa zemljišta. Djelimično se ispoljio uticaj ekspozicije, evidentna je tendencija većeg prirasta na toplijim ekspozicijama terena (Tabela 30).

**Tabela 30.** Analiza varijanse (stanišni uslovi – debljinski prirast stabala)

Stanišni uslovi / $i_d$ (mm)						ANOVA		
						F	<i>p</i>	Post-hoc <sup>1</sup>
Ekspozicija								
N	SW	NW	SE	S	NE	5,923	0,0000	3
2,19 <sup>a</sup>	2,22 <sup>a</sup>	2,41 <sup>ab</sup>	2,55 <sup>b</sup>	2,61 <sup>bc</sup>	2,88 <sup>c</sup>			
Nadmorska visina								
$< 599$ m		600 – 799 m		$> 800$ m		0,718	0,4877	1
2,55 <sup>a</sup>		2,44 <sup>a</sup>		2,45 <sup>a</sup>				
Nagib terana								
$< 9^\circ$	10 - 19 <sup>o</sup>	$> 20^\circ$				7,341	0,0007	2
2,37 <sup>a</sup>	2,75 <sup>b</sup>	2,40 <sup>a</sup>						
Tip zemljišta								
Eutrični kambisol		Pos. eutrični ranker		Luvisol	Distrični kambisol	10,592	0,0000	2
2,13 <sup>a</sup>		2,51 <sup>b</sup>		2,60 <sup>b</sup>	2,67 <sup>b</sup>			
Bonitet staništa								
I		I,5		II	II,5	3,357	0,0182	2
2,47 <sup>a</sup>		2,41 <sup>a</sup>		2,79 <sup>b</sup>	2,22 <sup>a</sup>			

<sup>1</sup> Broj homogenih grupa – Duncan test ( $\alpha = 0,05$ ),  
a, b, i c – oznake homogenih grupa.

Na osnovu ove analize možemo konstatovati da razlike u stanišnim uslovima između oglednih površina, posmatrano pojedinačno, nisu značajno uticale na analizu uticaja elemenata rasta odnosno strukture sastojine i vitalnosti stabla na debljinski prirast stabala jele na planini Borja.

Analiza uticaja boniteta staništa, određenog na osnovu visinske krive, pokazuje da između stabala na različitim bonitetima staništa ne postoji statistički značajna razlika u pogledu debljinskog prirasta stabala. Odstupanje se javlja samo kod stabala koja se nalaze na oglednim površinama za koje je utvrđen drugi bonitet staništa. Ovo odstupanje se može objasniti činjenicom da se na oglednim površinama za koje je utvrđen drugi bonitet staništa (u pitanju su mješovite sastojine) stabla statistički značajno razlikuju u pogledu prečnika od stabala na ostalim bonitetima, odnosno u prosjeku su deblja stabla, što za sobom povlači i veći debljinski prirast stabala (Grafikon 13 i Tabela 31).

Na osnovu provedene analize možemo konstatovati da se nije jasno ispoljio uticaj različitih stanišnih uslova na debljinski prirast stabala jele na planini Borja. Nije se ispoljio uticaj različitih stanišnih uslova jer, sumarno gledano, sve ogledne površine su u približno istim stanišnim uslovima. (Poglavlje 4.1.9. Bonitiranje staništa). Uticaj boniteta staništa (utvrđenog na osnovu visine stabala) se nije ispoljio jer je „nadvladan“ i uticajem sastojinske strukture, odnosno izvršenim sječama na pojedinim oglednim površinama.

**Tabela 31.** Analiza varijanse (bonitet staništa – prsni prečnici stabala jele)

Bonitet staništa / d <sub>1,3</sub> (cm)				ANOVA		
				F	p	Post-hoc
I	I,5	II	II,5	5,923	0,0000	3
26,45 <sup>a</sup>	27,01 <sup>a</sup>	31,76 <sup>c</sup>	20,23 <sup>b</sup>			

#### 4.1.6. Temeljica sastojine

Temeljica sastojine je element rasta sastojine koji zavisi od broja stabala sastojine i prečnika stabala i dobija se sumiranjem temeljnica pojedinačnih stabala. Po sastojinama veličina temeljnice je u intervalu od 28,4 m<sup>2</sup>/ha do 47,2 m<sup>2</sup>/ha, odnosno prosječna vrijednost je 39,3 m<sup>2</sup>/ha. U čistim sastojinama prosječna vrijednost temeljnice je 41,9 m<sup>2</sup>/ha, a u mješovitim 38,0 m<sup>2</sup>/ha. Kada su u pitanju stabla jele, utvrđene prosječne vrijednosti temeljnica su 41,4 m<sup>2</sup>/ha u čistim sastojinama i 28,0 m<sup>2</sup>/ha u mješovitim, odnosno 32,5 m<sup>2</sup>/ha u svim istraživanim sastojinama (Tabela 32).

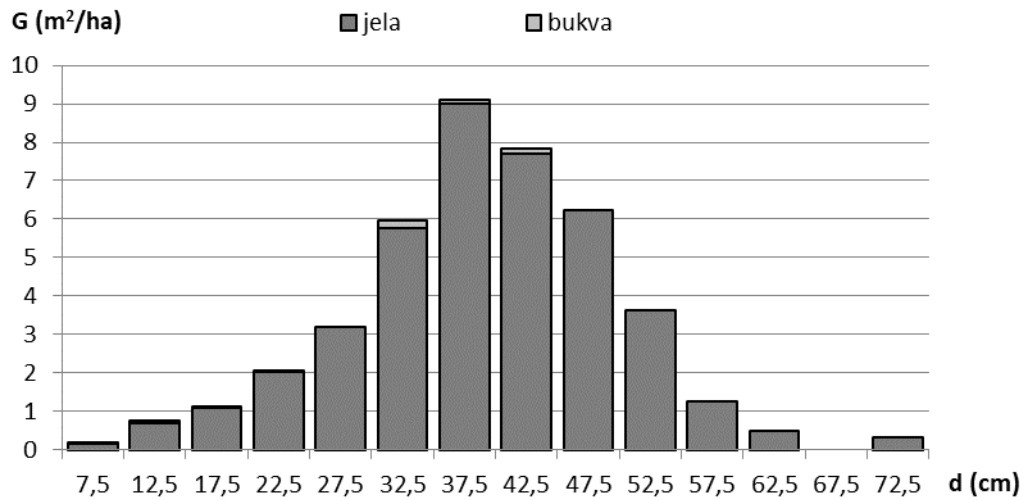
**Tabela 32.** Mjere centralne tendencije i varijabiliteta temeljnice sastojine

Statistički pokazatelji	Sastojine									
	Čiste			Mješovite			Sve			
	Jela	Bukva	Ukupno	Jela	Bukva	Ukupno	Jela	Bukva	Ukupno	
n	5	5	5	10	10	10	15	15	15	
As	41,4	0,5	41,9	28,0	10,0	38,0	32,5	6,8	39,3	
SAs	1,1	0,4	1,2	2,5	1,7	2,1	2,4	1,7	1,5	
Min	39,3	0,0	39,7	18,9	4,1	28,4	18,9	0,0	28,4	
Max	45,2	1,9	45,2	40,7	21,9	47,2	45,2	21,9	47,2	
RV	5,9	1,9	5,5	21,8	17,8	18,8	26,3	21,9	18,8	
SD	2,5	0,8	2,8	7,8	5,5	6,8	9,2	6,4	6,0	
CV	%	6	160	7	28	55	18	28	94	15

U čistim sastojinama najveći udio u temeljnici stabala jele imaju stabla u debljinskom stepenu od 35 do 40 cm, a u mješovitim sastojinama u debljinskom stepenu od 40 do 45 cm (Grafikoni 17 i 18).

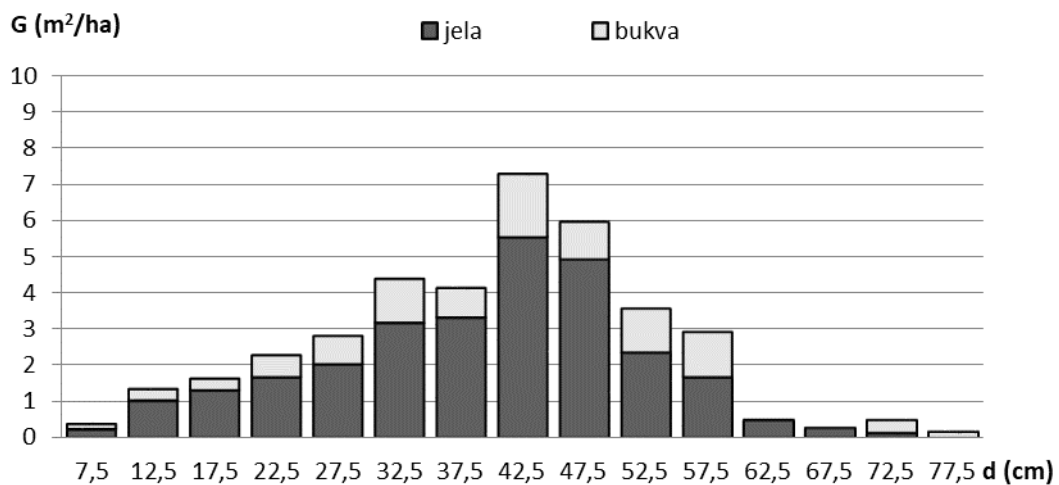
Odnos raspodjele temeljnice jele u čistim sastojinama po debljinskim stepenima je u omjeru: 17% (7,0 m<sup>2</sup>/ha) nosioci su stabla do 30 cm prsnog prečnika, 69% (28,7 m<sup>2</sup>/ha) nosioci su srednje debela stabla od 31 do 50 cm prsnog prečnika i 14% (5,7 m<sup>2</sup>/ha) pripada stablima prsnog prečnika većeg od 50 cm. U mješovitim sastojinama odnos raspodjele temeljnica stabala jele po debljinskim stepenima je u omjeru: 22% (6,2 m<sup>2</sup>/ha) nosioci su stabla do 30 cm prsnog prečnika, 60% (16,9 m<sup>2</sup>/ha) nosioci su stabala od 31 do 50 cm prsnog prečnika i 18% (4,9 m<sup>2</sup>/ha) pripada stablima prsnog prečnika većeg od 50 cm.

U mješovitim sastojinama, izraženo koeficijentom varijacije, veće je variranje temeljnica sastojina (18%) u odnosu na čiste sastojine (7%), odnosno u pogledu obrasta homogenije su čiste sastojine od mješovitih sastojina. U mješovitim sastojinama takođe je znatno veće variranje temeljnica stabala jele, odnosno jelovog dijela sastojine (28%) u odnosu na čiste sastojine (6%).



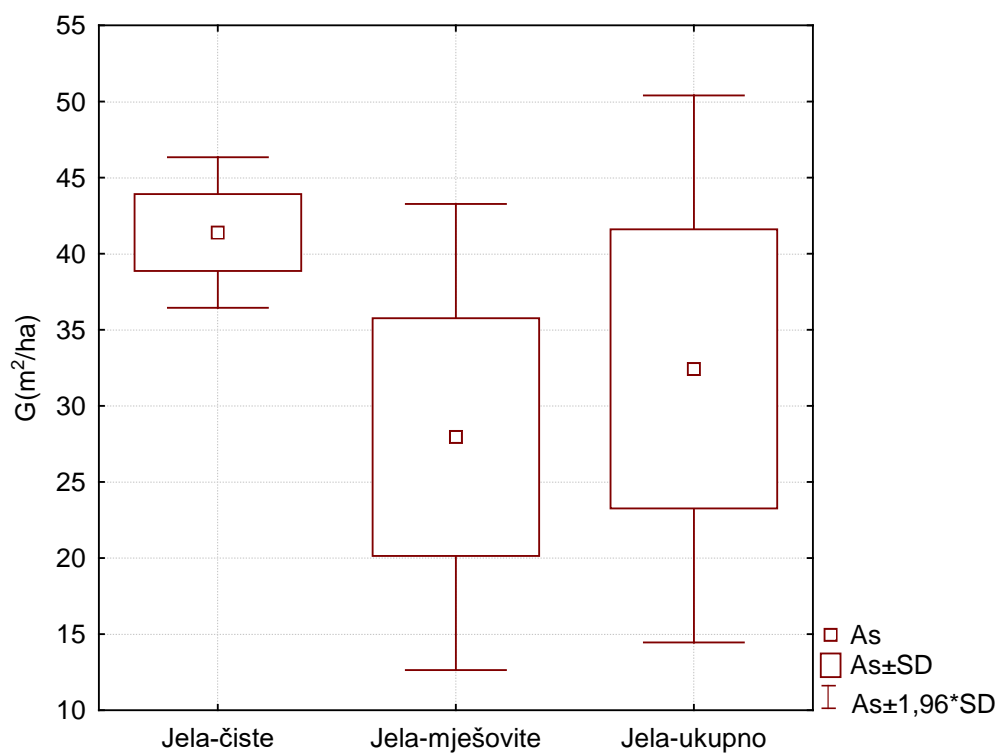
**Grafikon 17.** Raspodjela temeljnice po debljinskim stepenima u čistim sastojinama

U prebornim sastojinama bukve i jele u Gospodarskoj jedinici Višnjevica u kojoj dominiraju stabla jele Matić et al. (2001) je utvrdio temeljnicu od 38 m<sup>2</sup>/ha, odnosno u Gospodarskoj jedinici Belevine u kojoj dominiraju stabla bukve utvrđena je temeljnica od 56,5 m<sup>2</sup>/ha. Keren i Govedar (2014) su na području ŠPP „Srednjevrbasko“ u mješovitim sastojinama bukve i jele sa smrčom konstatovali temeljnice sastojina u intervalu od 32,5 do 40,1 m<sup>2</sup>/ha.



**Grafikon 18.** Raspodjela temeljnice po debljinskim stepenima u mješovitim sastojinama

Prosječna vrijednost temeljnice stabala jele odnosno jelovog dijela sastojine, standardna devijacija i intervali u kojima se nalazi 68% i 95% sastojina na istraživanim oglednim površinama prikazani su na grafikonu 19. Uočava se značajna razlika između čistih i mješovitih sastojina što se može i očekivati, s obzirom na to da je veliki uticaj omjera smjese na veličinu temeljnice.



**Grafikon 19.** Aritmetička sredina temeljnice jelovog dijela sastojine (As), standardna devijacija (SD) i intervali u kojima se nalazi 68 % ( $As \pm SD$ ) i 95% sastojina ( $As \pm 1.96*SD$ )



#### 4.1.7. Visinska struktura sastojina

Prema Šljukić (2015), visine stabala su veoma važan strukturni element i one omogućavaju da se dublje uđe u osvjetljavanje vertikalne izgrađenosti sastojina. Dok razlike u prečnicima daju sastojini naročito obilježje u pogledu njene horizontalne izgrađenosti, to sa druge strane razlike u visinama stvaraju tipičnu vertikalnu izgradnju. Prema Miletić (1950), visine stabala u sastojinama služe kao pokazatelj boniteta staništa i kao važan element za ocjenu strukturnog oblika sastojine, posebno u pogledu vertikalne izgrađenosti, odnosno prema Medarević (2006), potpunu ocjenu osnovnih strukturnih karakteristika sastojine moguće je obezbijediti samo istovremenom analizom strukture po debljini i visini.

U tabeli 33 prikazani su parametri deskriptivne statistike visinske strukture sastojina koja predstavlja raspodjelu broja stabala po visinskim stepenima. Širina visinskog stepena u ovom istraživanju je bila 2 m. Visinska struktura u čistim sastojinama prikazana je na grafikonu 20, a u mješovitim sastojinama na grafikonu 21.

Utvrđena aritmetička sredina visina svih stabala u čistim sastojinama iznosi 22,9 m i veća je u odnosu na mješovite sastojine gdje iznosi 18,7 m. Aritmetička sredina visina stabala jela u mješovitim sastojinama (18,2 m) je manja od aritmetičke sredine visina stabala u čistim sastojinama (23,1 m). Variranje visina stabala jele iskazano koeficijentom varijacije je veće u mješovitim sastojinama (46%) nego u čistim sastojinama (33%), odnosno u pogledu visina stabala homogenije su čiste sastojine od mješovitih. Variranje stabala po visini, izraženo koeficijentom varijacije, manje je od variranja po prečniku što se može i očekivati.

Distribucija stabala jele po visinskim stepenima u čistim sastojinama je negativno asimetrična, sa izraženom jakom asimetrijom. U čistim sastojinama najveći broj stabala jele je u visinskom stepenu od 28 do 30 m. Za razliku od čistih sastojina, u mješovitim sastojinama jasno se ispoljavaju dvije modalne vrijednosti u visinskim stepenima od 8 do 10 m i od 26 do 28 m. Na osnovu visinske strukture evidentno je da između čistih i mješovitih sastojina postoji značajna razlika u pogledu vertikalne izgrađenosti.

Koeficijent spljoštenosti pokazuje da je distribucija stabala po visinskim stepenima i u čistim i u mješovitim sastojinama spljoštena odozgo, odnosno razvučena u odnosu na normalni raspored, s tim što je ova pojava izraženija u mješovitim sastojinama.

Testiranje razlika stvarnih i teorijskih distribucija primjenom Kolmogorov-Smirnov testa, Lilliefors testa i Shapiro-Wilk testa (Tabela 34) pokazuje statistički značajno odstupanje stvarnih

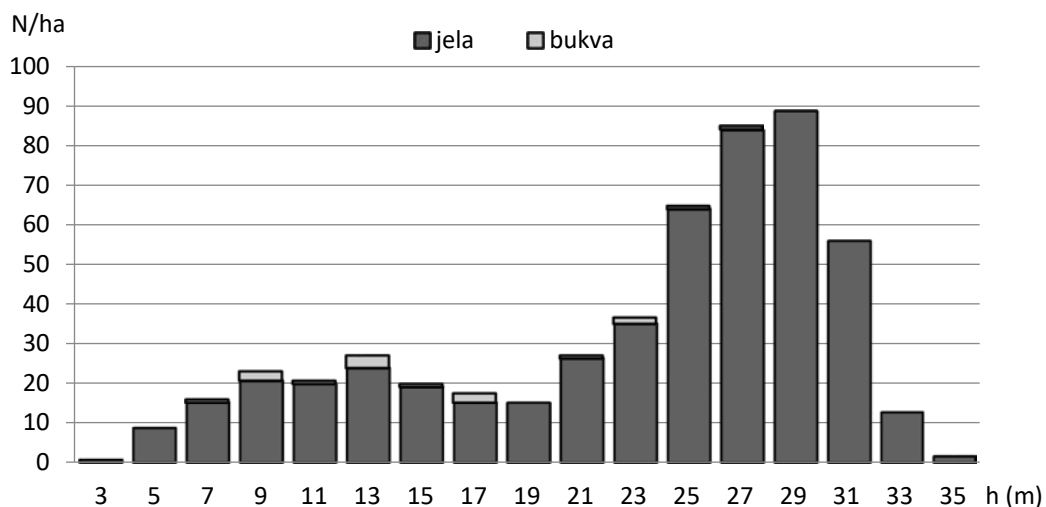
od teorijskih frekvencija normalne distribucije u čistim i mješovitim sastojinama, osim kada je u pitanju bukva u čistim sastojinama (u pitanju je zanemarivo mali broj stabala pa se ovo ne može smatrati relevantnim rezultatom).

**Tabela 33.** Mjere centralne tendencije, varijabiliteta i oblika visinske strukture sastojina

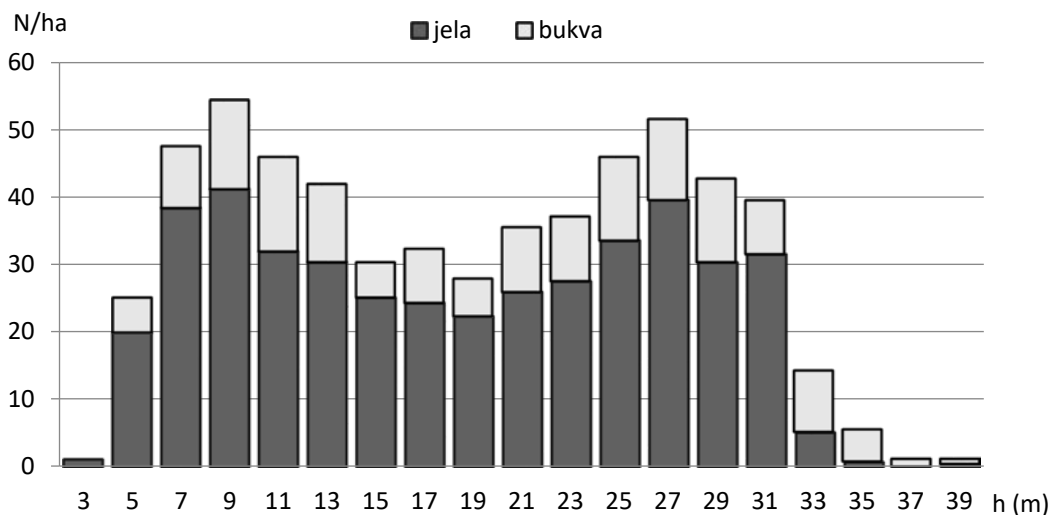
Vrsta	As	Min	Max	RV	SD	SAs	CV	Skew	Kurt
	m						%		
Čiste sastojine									
Jela	23,1	3,8	35,2	31,4	7,5	0,3	33	-0,88	-0,39
Bukva	15,6	7,4	26,2	18,8	6,1	1,4	39	0,41	-1,05
Sastojina	22,9	3,8	35,2	31,4	7,6	0,3	33	-0,82	-0,52
Mješovite sastojine									
Jela	18,2	3,3	38,2	34,9	8,4	0,3	46	0,03	-1,33
Bukva	20,0	4,3	38,7	34,4	9,1	0,5	46	0,01	-1,28
Sastojina	18,7	3,3	38,7	35,4	8,6	0,2	46	0,04	-1,29

**Tabela 34.** Testiranje razlike stvarnih i teorijskih distribucija po modelu normalnog rasporeda

Vrsta	n	max D	K-S p	Lilliefors	W	p
Čiste sastojine						
Jela	635	0,15609	p < 0,01	p < 0,01	0,89071	0,00000
Bukva	18	0,12506	p > 0,20	p > 0,20	0,93257	0,21549
Sastojina	653	0,15343	p < 0,01	p < 0,01	0,89554	0,00000
Mješovite sastojine						
Jela	1076	0,09219	p < 0,01	p < 0,01	0,94153	0,00000
Bukva	380	0,10398	p < 0,01	p < 0,01	0,94792	0,00000
Sastojina	1456	0,09022	p < 0,01	p < 0,01	0,94711	0,00000



**Grafikon 20.** Visinska struktura čistih sastojina



**Grafikon 21.** Visinska struktura mješovitih sastojina

#### 4.1.8. Srednja visina sastojina

Visinska struktura sastojine može se posmatrati preko karakterističnih srednjih vrijednosti, odnosno srednjih visina sastojine. Koristi se veći broj karakterističnih sastojinskih visina. U ovom istraživanju izračunata je srednja visina po Loraju ( $h_L$ ) i dominantna visina ( $h_{dom}$ ) sastojina. Prema Stamenković i Vučković (1988), gornja visina, odnosno visina dominantnih stabala vjerodostojnije reprezentuje visinski razvoj sastojine jer su manje podložne tzv. računskom pomjeranju koje nastupa kao posljedica izlučivanja najnižih stabala, bilo prirodnim putem, bilo putem niskih proreda. Prema Stajić (2010), značaj utvrđivanja i analiza visina stabala, kao i kod prečnika stabala, varira u zavisnosti od režima gazdovanja (redovno gazdovanje ili sastojine van redovnog gazdovanja).

U tabeli 35 prikazani su parametri deskriptivne statistike srednjih visina sastojina (Lorajevih srednjih visina sastojina i dominantna visina). Aritmetička sredina Lorajevih srednjih visina sastojina (stabla jele), standardna devijacija i intervali visina u kojima se nalaze visine 68% i 95% sastojina prikazani su na grafikonu 22.

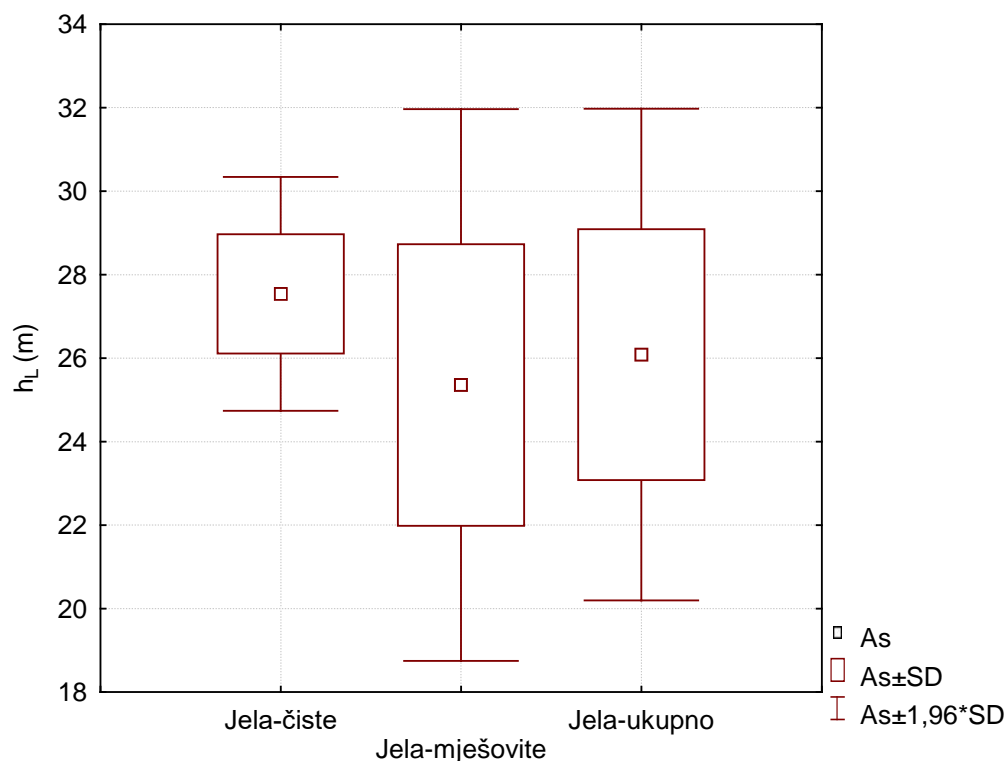
Utvrđena aritmetička sredina Lorajevih srednjih visina sastojina u čistim sastojinama iznosi 27,5 m i veća je u odnosu na mješovite sastojine gdje iznosi 25,9 m. Kada se posmatraju sve sastojine, aritmetička sredina Lorajevih srednjih visina sastojina je 26,4 m. U mješovitim sastojinama aritmetička sredina Lorajevih srednjih visina jelovog dijela sastojine, odnosno stabala jele iznosi 25,2 m i manja je u odnosu na čiste sastojine gdje iznosi 27,6 m. Variranje

Lorajeve srednje visine stabala jele izraženo koeficijentom varijacije je veće u mješovitim (13%) nego u čistim sastojinama (5%). Kada je u pitanju Lorajeva srednja visina stabala jele, može se konstatovati da su homogenije čiste sastojine od mješovitih. Sumarno gledajući sve sastojine, aritmetička sredina Lorajevih srednjih visina stabala jele iznosi 26,0 m, a varijabilnost izražena koeficijentom varijacije 11%.

**Tabela 35.** Mjere centralne tendencije i varijabiliteta srednjih visina sastojina

Statistički pokazatelji	Sastojine								
	Čiste			Mješovite			Sve		
	Jela	Bukva	Ukupno	Jela	Bukva	Ukupno	Jela	Bukva	Ukupno
n	5	5	5	10	10	10	15	15	15
h <sub>L</sub>									
As	27,6	15,3	27,5	25,2	27,0	25,9	26,0	23,1	26,4
SAs	0,6	3,2	0,7	1,0	1,1	1,0	0,8	1,9	0,7
Min	25,6	7,4	25,4	18,7	20,5	19,2	18,7	7,4	19,2
Max (m)	29,6	24,4	29,6	30,1	32,2	30,7	30,1	32,2	30,7
RV	4,0	17,0	4,2	11,4	11,7	11,5	11,4	24,8	11,5
SD	1,4	7,2	1,5	3,3	3,5	3,0	3,0	7,5	2,7
CV %	5	47	5	13	13	12	11	32	10
h <sub>dom</sub>									
As	30,6	16,7	30,5	28,7	29,2	29,3	29,2	24,6	29,7
SAs	0,5	3,3	0,6	1,0	1,3	1,0	0,7	2,1	0,7
Min	29,2	7,4	28,4	21,8	22,7	21,9	21,8	7,4	21,9
Max (m)	32,3	24,7	32,5	32,4	34,3	33,7	32,4	36,5	33,9
RV	3,1	17,3	4,1	10,6	11,6	11,8	10,6	29,1	12,0
SD	1,0	7,37	1,32	3,07	4,17	3,08	2,75	8,04	2,69
CV %	3	45	4	11	14	11	9	32	9

Aritmetička sredina dominantnih visina stabala jele u čistim sastojinama iznosi 30,6 m, mješovitim 28,7 m, odnosno u svim sastojinama 29,2 m. Vrlo su slični odnosi i vrijednosti kada se posmatraju sva stabla u sastojini. U pogledu dominantne visine, izraženo koeficijentom varijacije veće je variranje dominantnih visina stabala jele u mješovitim sastojinama (11%) nego u čistim sastojinama (3%), a sumarno gledajući sve sastojine, koeficijent varijacije iznosi 9%. Variranje dominantnih visina je manje od variranja Lorajevih srednjih visina.



**Grafikon 22.** Aritmetička sredina Lorajevih srednjih visina sastojina – stabla jele (As), standardna devijacija (SD) i intervali u kojima se nalaze visine 68% ( $As \pm SD$ ) i 95% sastojina ( $As \pm 1.96*SD$ )

#### 4.1.9. Bonitiranje staništa

Pod bonitetom staništa, u krajnjoj liniji, misli se na veličinu prinosa određene vrste drveća na datom staništu koji predstavlja ukupno proizvedenu količinu drvne mase svedenu na godinu i površinu od jednog hektara (Matić, 1959).

U raznodobnoj sastojini bonitet se određuje na osnovu konstruisane visinske krive i odgovarajuće dispozicije bonitetnih krivih. Prema Wenk et al. (1990), iz mnogobrojnih dosadašnjih istraživanja je poznato da između prečnika i visina postoji nelinearna stohastička veza koja je uslovljena dejstvom faktora različite prirode. Ako se u prvi kvadrant pravouglog koordinatnog sistema nanesu mjerene visine stabala odgovarajućih prsnih prečnika, dobija se dijagram rasturanja podataka, čije grafičko ili računsko izravnavanje predstavlja visinsku krivu sastojine.

Bonitet staništa s obzirom na bukvu i jelu na oglednim površinama je utvrđen upoređivanjem konstruisanih visinskih krivih sa bonitetnim krivim za visoke šume u Bosni i Hercegovini (Drinić et al. 1990), odnosno analizom položaja visinske krivulje. Visinske krive su konstruisane na osnovu premjerenih visina svih stabala na oglednim površinama (Grafikoni 23 i

24). Izravnavanje visina po debljinskim stepenima izvršeno je analitičkim putem. U tu svrhu analiziran je veći broj funkcija (Mihajlov-a, Mitscherlich-a, Prodan-ova, Todorović-a...). Na osnovu utvrđenih veličina osnovnih statističkih pokazatelja, jačine statističke veze ( $R^2$  i  $S_i$ ) i analize dijagrama rasturanja rezidualnih odstupanja kao najpovoljniji regresioni model za izravnavanje premjerenih visina stabala u zavisnosti od njihovih prsnih prečnika izabrana je Prodan-ova funkcija (Prodan, 1951):

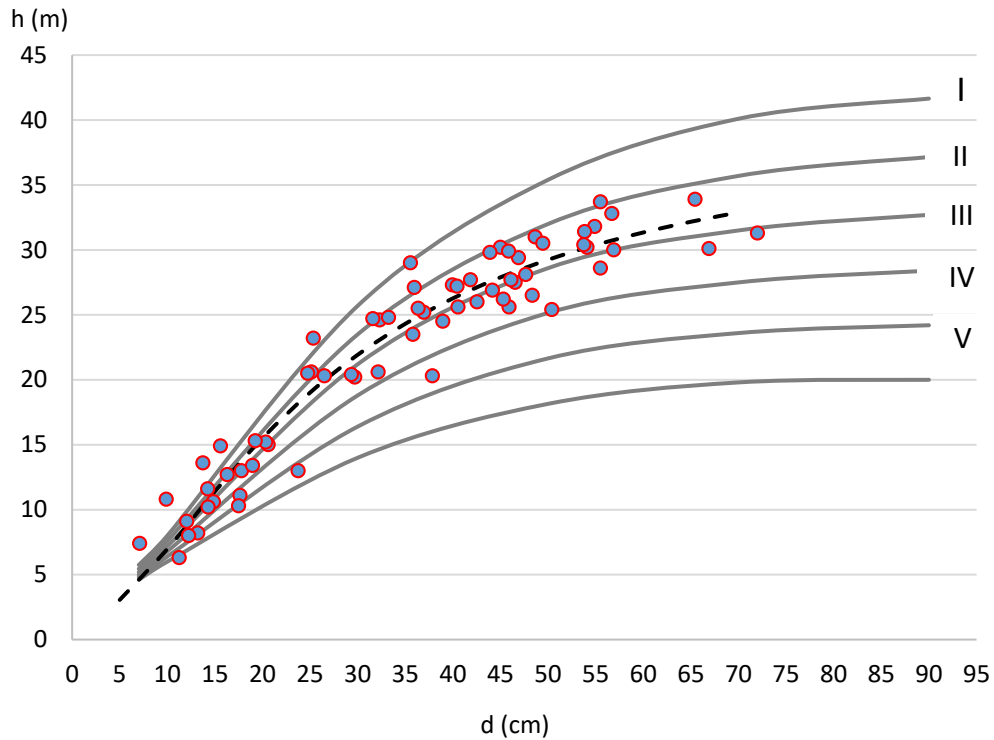
$$h = \frac{d^2}{ad^2 + bd + c} + 1.30 \quad (21)$$

U čistim sastojinama utvrđeni prosječni bonitet staništa, kada je u pitanju jela (I,1) bolji je od utvrđenog prosječnog boniteta staništa za jelu u mješovitim sastojinama (I,5). U mješovitim sastojinama prosječno utvrđeni bonitet staništa za bukvu je I,5. Boniteti staništa po oglednim površinama prikazani su u tabeli 36.

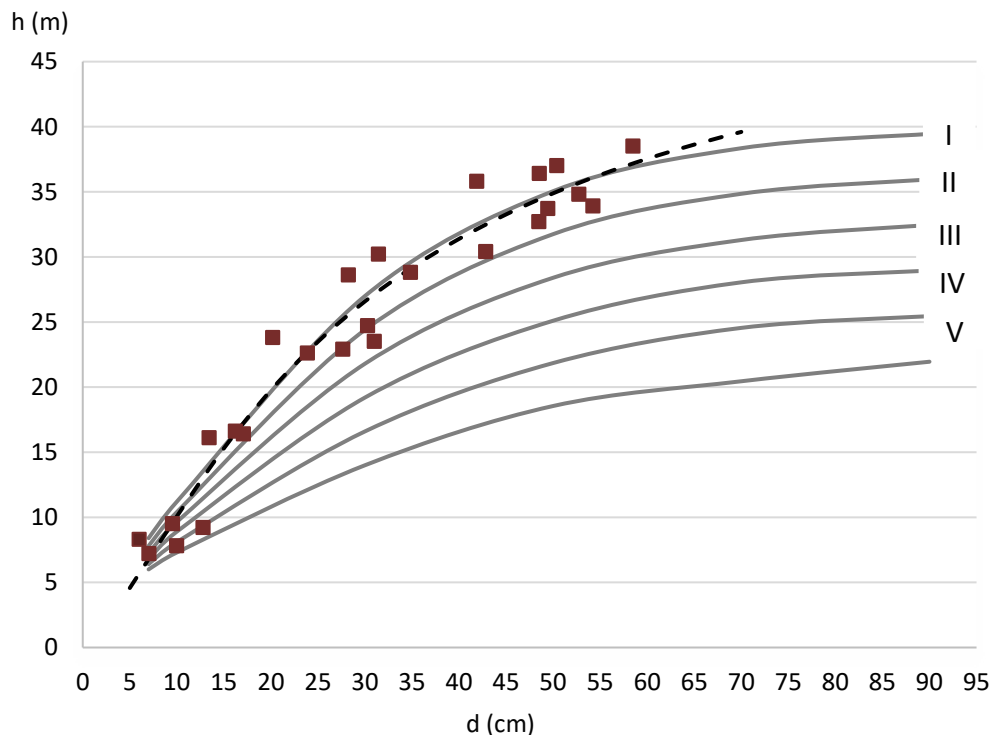
Kada je u pitanju bonitet staništa za jelu, uočava se da preovladavaju vrlo dobri stanišni uslovi odnosno najbolji boniteti. Na 11 oglednih površina odnosno u 73% slučajeva utvrđen je prvi odnosno prvi kroz drugi bonitet. Najlošiji stanišni uslovi su na OP13 gdje je utvrđen drugi kroz treći bonitet. Treći i lošiji boniteti od trećeg nisu utvrđeni u ovom istraživanju. Na osnovu ovih rezultata može se konstatovati da su stanišni uslovi na istraživanom području relativno homogeni i da to otežava utvrđivanje uticaja različitih stanišnih uslova na tokove rasta stabala koji se odražavaju na strukturu sastojina i njihov prirast.

**Tabela 36 .** Utvrđeni boniteti po oglednim površinama

Ogledna površina	n (stabala/ploha)			Bonitet	
	Jela	Bukva	Ukupno	Jela	Bukva
1	151	32	183	1	1
2	118	1	119	1	
3	67	31	98	2	1
4	68	52	120	2	1.5
5	151	2	153	1	
6	127	16	143	1.5	2
7	74	65	139	2	1
8	100	1	101	1	
9	132	52	184	1	1
10	50	69	119	1	1
11	133	4	137	1	
12	157	21	178	1	1
13	130	17	147	2.5	4
14	120	25	145	1	1
15	133	10	143	1.5	



**Grafikon 23.** Odnos visinske krive stabala jele na OP3 i bonitetnog snopa prema Drinić et al. (1990)



**Grafikon 24.** Odnos visinske krive stabala bukve na OP14 i bonitetnog snopa prema Drinić et al. (1990)

U mješovitim sastojinama postoji značajna korelacija između utvrđenih boniteta staništa za jelu i bukvu ( $R = 0,65$ ;  $R^2 = 0,43$ ;  $p = 0,0401$ ), što se može i očekivati.

#### 4.1.10. Zapremina sastojine

Zapremina drvene mase sastojine, izvedeni strukturni element u kome je izražen uticaj veličine drugih elemenata rasta, ima veliki značaj pri teorijskom i praktičnom razmatranju uticaja uslova staništa na razvoj sastojine. Prema Medarević (2006), zapremina kao funkcija dostignutih dimenzija, prečnika i visina predstavlja jedan od najvažnijih strukturnih elemenata koji se koriste za ocjenjivanje zatečenog stanja sastojina i kao pokazatelj proizvodnosti, a ponekad je značajan i kao pokazatelj mogućeg korišćenja.

U tabeli 37 prikazani su parametri deskriptivne statistike zapremine sastojina. Raspodjela zapremine po debljinskim stepenima, odnosno „debljinska struktura zapremine“ u čistim sastojinama prikazana je na grafikonu 25, a u mješovitim sastojinama na grafikonu 26.

Utvrđena aritmetička sredina zapremine drvene mase (svih stabala) po oglednim površinama u čistim sastojinama iznosi 563,4 m<sup>3</sup>/ha i veća je u odnosu na mješovite sastojine gdje iznosi 491,1 m<sup>3</sup>/ha. U mješovitim sastojinama aritmetička sredina zapremine stabala jele iznosi 346,7 m<sup>3</sup>/ha i manja je u odnosu na čiste sastojine gdje iznosi 557,9 m<sup>3</sup>/ha. Sumarno gledajući sve sastojine, aritmetička sredina zapremine drvene mase (svih stabala) iznosi 515,2 m<sup>3</sup>/ha, a varijabilnost zapremine izražena koeficijentom varijacije 21%. Variranje zapremine drvene mase (svih stabala) znatno je veće u mješovitim (25%) nego u čistim sastojinama (9%). Kada je u pitanju zapremina drvene mase (svih stabala), može se konstatovati da su znatno homogenije čiste sastojine od mješovitih. Sumarno gledajući sve sastojine, aritmetička sredina zapremine stabala jele iznosi 417,1 m<sup>3</sup>/ha, a varijabilnost je 34%. Variranje zapremine stabala jele je takođe veće u mješovitim (34%) nego u čistim sastojinama (9%).

Utvrđeni koeficijenti varijacije zapremine sastojina su veći od utvrđenih koeficijenata varijacije srednjih prečnika i srednjih visina sastojina, osim kada je u pitanju koeficijent varijacije srednjih prečnika u čistim sastojinama, koji je veći od koeficijenata varijacije zapremine sastojine.

U čistim sastojinama najveći udio u zapremini imaju stabla u debljinskom stepenu 35-40 cm (124,5 m<sup>3</sup>/ha ili 22%), dok je u debljinskim stepenima preko 50 cm učešće stabala u zapremini samo 14% (80,5 m<sup>3</sup>/ha). U mješovitim sastojinama najveći udio u zapremini imaju stabla u debljinskom stepenu 40-45 cm (21% ili 103,69 m<sup>3</sup>/ha), dok je učešće zapremine u debljinskim stepenima preko 50 cm 24% (115,32 m<sup>3</sup>/ha). U mješovitim sastojinama najveći udio u zapremini „jelovog dijela sastojine“ imaju stabla jele u debljinskom stepenu 40-45 cm (22% ili 75,3 m<sup>3</sup>/ha), dok je učešće zapremine u debljinskim stepenima preko 50 cm 20% (68,6 m<sup>3</sup>/ha).

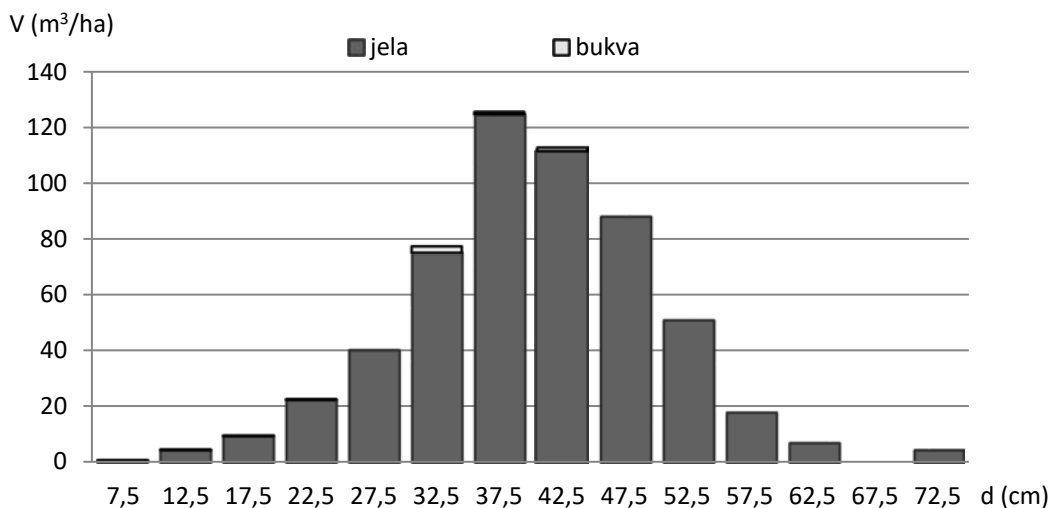


Odnos raspodjele zapremine stabala jele u čistim sastojinama po debljinskim stepenima je u omjeru: 14% (78,2 m<sup>3</sup>/ha) zapremina stabala do 30 cm prsnog prečnika, 72% (399,2 m<sup>3</sup>/ha) zapremina stabala od 31 do 50 cm prsnog prečnika i 14% (80,5 m<sup>3</sup>/ha) zapremina stabala prsnog prečnika većeg od 50 cm. U mješovitim sastojinama odnos raspodjele zapremine stabala jele po debljinskim stepenima je u omjeru: 16% (55,9 m<sup>3</sup>/ha) zapremina stabala do 30 cm prsnog prečnika, 64% (222,2 m<sup>3</sup>/ha) zapremina stabala od 31 do 50 cm prsnog prečnika i 20% (68,6 m<sup>3</sup>/ha) zapremina stabala prsnog prečnika većeg od 50 cm.

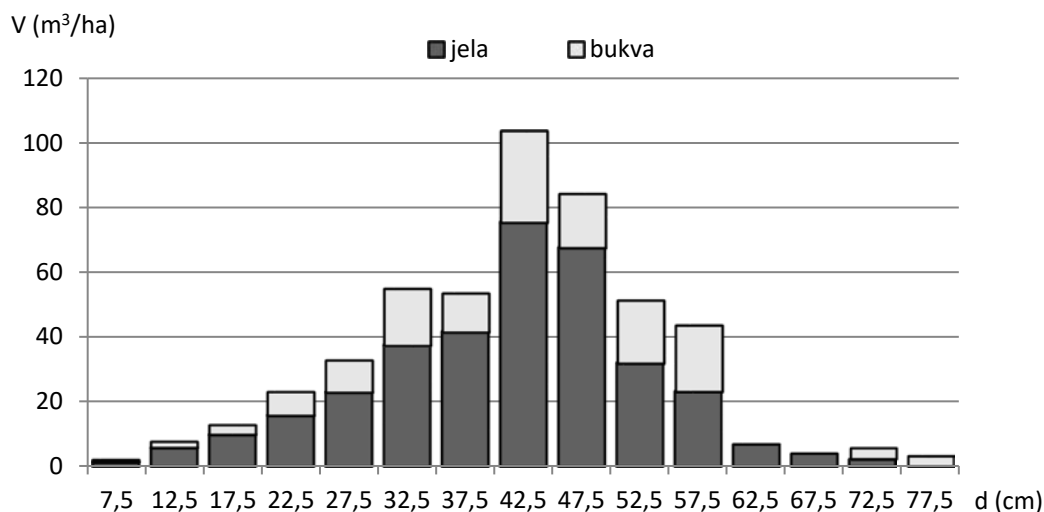
Može se pretpostaviti, da je redukcija broja stabala, odnosno zapremine u pojedinim debljinskim stepenima uslovljena sječom, odnosno da nije posljedica uticaja stanišnih uslova.

**Tabela 37.** Mjere centralne tendencije i varijabiliteta zapremine sastojina

Statistički pokazatelji	Sastojine									
	Čiste			Mješovite			Sve			
	Jela	Bukva	Ukupno	Jela	Bukva	Ukupno	Jela	Bukva	Ukupno	
n	5	5	5	10	10	10	15	15	15	
As	557,9	5,5	563,4	346,7	144,4	491,1	417,1	98,1	515,2	
SAs	23,4	4,0	22,4	36,9	28,9	39,0	36,7	25,8	27,9	
Min	524,5	0,1	529,6	195,6	49,9	273,7	195,6	0,1	273,7	
Ma	650,6	20,9	650,7	518,3	356,0	710,1	650,6	356,0	710,1	
RV	126,1	20,9	121,1	322,7	306,1	436,4	455,0	356,0	436,4	
SD	52,4	8,9	50,0	116,6	91,3	123,2	142,0	99,9	108,2	
CV	%	9	163	9	34	63	25	34	102	21



**Grafikon 25.** Raspodjela zapremine po debljinskim stepenima u čistim sastojinama jele



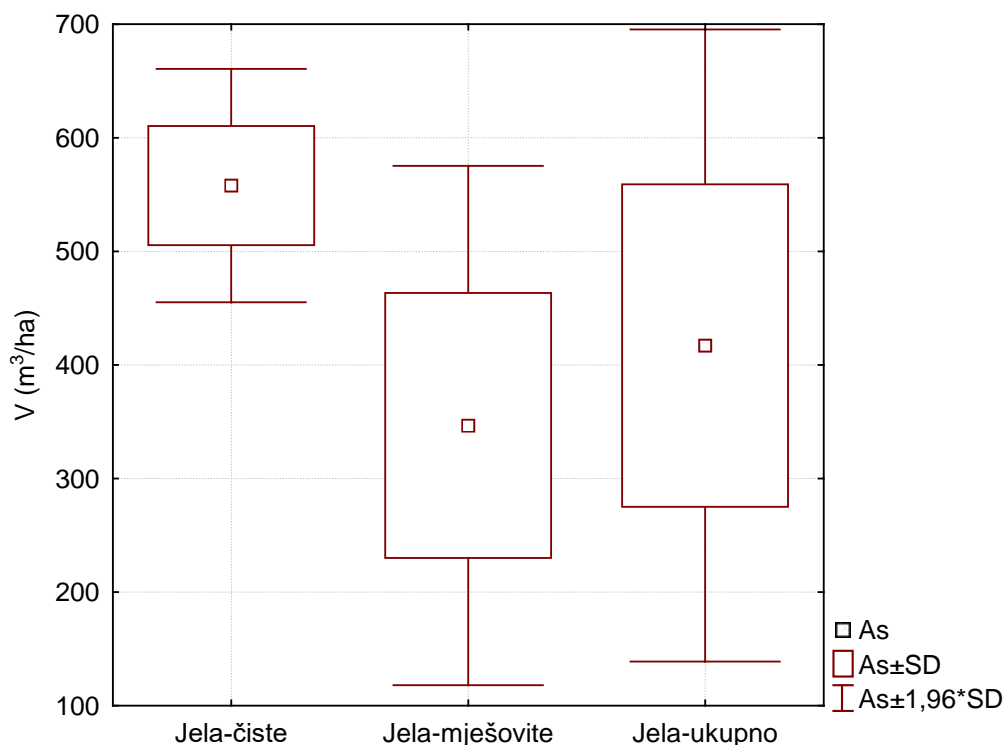
**Grafikon 26.** Raspodjela zapremine po debljinskim stepenima u mješovitim sastojinama

Na grafikonu 27 prikazana je aritmetička sredina zapremina sastojina (stabla jele), standardna devijacija i intervali zapremina u kojima se nalazi 68% i 95% sastojina. Rezultati t i F testa prikazani u tabeli 38 pokazuju da između čistih i mješovitih sastojina nema statistički značajne razlike u pogledu zapremine po hektaru. Statistički značajna razlika nije utvrđena ni kada je u pitanju varijabilnost zapremine po sastojinama.

**Tabela 38.** Odnos čistih i mješovitih sastojina u pogledu zapremina sastojina (t i F test)

Varijabla	As <sub>1</sub>	As <sub>2</sub>	t	df	p	SD <sub>1</sub>	SD <sub>2</sub>	F	p
V (m <sup>3</sup> /ha)	491,1	563,4	-1,2	13	0,2360	123,2	50,0	6,1	0,0979
1 – mješovite sastojine, 2 – čiste sastojine									

Dobijene prosječne veličine zapremine odgovaraju rezultatima drugih autora koji su na prostoru BiH i susjednih zemalja istraživali čiste sastojine jele i mješovite jele i bukve (Keren i Govedar 2014, Matić et al. 2001, Knuchel 1950 itd). Međutim, između strukture istraživanih sastojina i rezultata drugih autora postoje razlike u pogledu „debljinske strukture drvene mase“, odnosno raspodjele drvene mase po debljinskim stepenima. U prebirnoj sastojini bukve i jele u Gospodarskoj jedinici Višnjevica u kojoj dominiraju stabla jele, Matić et al. (2001) je utvrdio zapreminu od 516,9 m<sup>3</sup>/ha, uz konstataciju da je 76% zapremine skoncentrisano u stablima prsnog prečnika većeg od 50 cm što je znatno veća vrijednost od utvrđenog udjela u ovom istraživanju.



**Grafikon 27.** Aritmetička sredina zapremina sastojina – stabla jele (As), standardna devijacija (SD) i intervali u kojima se nalazi 68% ( $As \pm SD$ ) i 95% sastojina ( $As \pm 1.96*SD$ )

#### 4.1.11. Zapreminski prirast sastojine

Prirast sastojine nije samo prosti zbir prirasta pojedinačnih stabala, već je mnogo složeniji proces na koji utiču, pored vrste drveća, boniteta staništa, i primijenjene gazdinske mjere, i obraslost sastojine, klimatska kolebanja i drugi faktori (Milojković, 1958).

Zapreminski prirast sastojine kao rezultanta dejstva brojnih endogenih i egzogenih faktora predstavlja najpouzdaniji bioindikator vitalnosti stabala i sastojina (Vučković, Stamenković, 1991; Vučković, 1994).

Primjenom *Schumacher-Hall*-ove funkcije (Funkcija 9) i metoda za obračun prirasta sastojine sumiranjem utvrđenih prirasta pojedinačnih stabala ( $I_v$ ), kao razlike sadašnje zapremine stabla i zapremine istog stabla prije deset godina, utvrđen je zapreminski prirast. Prirast je utvrđen za svako stablo pojedinačno i po oglednim površinama, odnosno po hektaru a zatim su izračunate srednje vrijednosti za čiste sastojine jele i mješovite sastojine jele i bukve (Tabela 39).

Najveći tekući zapreminski prirast (u daljem tekstu zapreminski prirast) je utvrđen na OP1 (16,75 m<sup>3</sup>/ha), odnosno u jednoj od sastojina sa najvećim brojem stabala, dok je najmanji

prirast na OP13 (7,08 m<sup>3</sup>/ha), odnosno u sastojini na najlošijem bonitetu staništa (2,5 bonitet staništa).

Utvrđena aritmetička sredina zapreminskog prirasta (svih stabala) u čistim sastojinama iznosi 12,3 m<sup>3</sup>/ha, mješovitim 12,0 m<sup>3</sup>/ha odnosno u svim sastojinama 12,1 m<sup>3</sup>/ha. Varijabilnost zapreminskog prirasta u svim sastojinama, izražena koeficijentom varijacije, iznosi 22%. Variranje zapreminskog prirasta sastojina izraženog koeficijentom varijacije je veće u mješovitim (25%) nego u čistim sastojinama (15%). Kada je u pitanju zapreminski prirast, može se konstatovati da su homogenije čiste sastojine u odnosu na mješovite. Prosječna veličina zapreminskog prirasta stabala jele u čistim sastojinama iznosi 12,1 m<sup>3</sup>/ha i veća je u odnosu na mješovite sastojine gdje iznosi 8,6 m<sup>3</sup>/ha. Sumarno gledajući sve sastojine, prosječna veličina zapreminskog prirasta stabala jele iznosi 9,8 m<sup>3</sup>/ha, a varijabilnost zapreminskog prirasta, izražena koeficijentom varijacije 34%. Variranje zapreminskog prirasta stabala jele izraženo koeficijentom varijacije takođe je veće u mješovitim (38%) nego u čistim sastojinama (16%) (Tabela 39).

Distribucija zapreminskog prirasta drvene mase po debljinskim stepenima prikazana je na grafikonima 28 i 29, a prosječna vrijednost zapreminskog prirasta (stabla jele), standardna devijacija i intervali prirasta u kojima se nalazi 68% i 95% sastojina na grafikonu 30.

**Tabela 39.** Mjere centralne tendencije i varijabiliteta zapreminskog prirasta sastojina

Statistički pokazatelji	Sastojine								
	Čiste			Mješovite			Sve		
	Jela	Bukva	Ukupno	Jela	Bukva	Ukupno	Jela	Bukva	Ukupno
n	5	5	5	10	10	10	15	15	15
As	12,1	0,2	12,3	8,6	3,4	12,0	9,8	2,3	12,1
SAs	0,9	0,1	0,8	1,0	0,7	1,0	0,8	0,6	0,7
Min	10,0	0,0	10,5	4,6	0,1	7,1	4,6	0,0	7,1
Max	14,8	0,7	14,8	14,7	8,0	16,8	14,8	8,0	16,8
RV	4,8	0,7	4,4	10,0	7,9	9,7	10,2	8,0	9,7
SD	2,0	0,3	1,8	3,2	2,2	3,0	3,3	2,4	2,6
CV	16	158	15	38	66	25	34	103	22

U čistim sastojinama najveći udio u zapreminskom prirastu (sva stabla) imaju stabla u debljinskom stepenu 35-40 cm (2,7 m<sup>3</sup>/ha ili 23%), dok je učešće zapreminskog prirasta u debljinskim stepenima preko 50 cm 12% (1,5 m<sup>3</sup>/ha). U mješovitim sastojinama, najveći udio u zapreminskom prirastu imaju stabla u debljinskom stepenu 40-45 cm (2,51 m<sup>3</sup>/ha ili 21%), dok je učešće zapreminskog prirasta u debljinskim stepenima preko 50 cm 19% (2,3 m<sup>3</sup>/ha). Kod

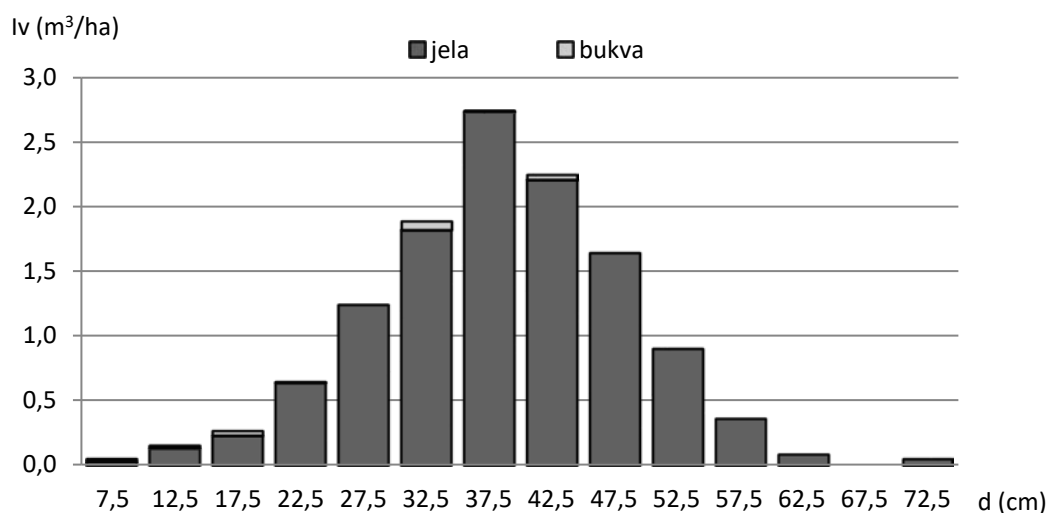
stabala jele u mješovitim sastojinama najveći udio u zapreminskom prirastu jelovog dijela sastojine imaju stabla jele u debljinskom stepenu 40-45 cm (1,8 m<sup>3</sup>/ha ili 21%), dok je učešće zapreminskog prirasta u debljinskim stepenima preko 50 cm 17% (1,5 m<sup>3</sup>/ha).

Rezultari t i F testa prikazani u tabeli 40 pokazuju da između čistih i mješovitih sastojina nema statistički značajne razlike u pogledu prirasta zapremine sastojine. Statistički značajna razlika nije utvrđena ni kada je u pitanju varijabilnost prirasta čistih i mješovitih sastojina.

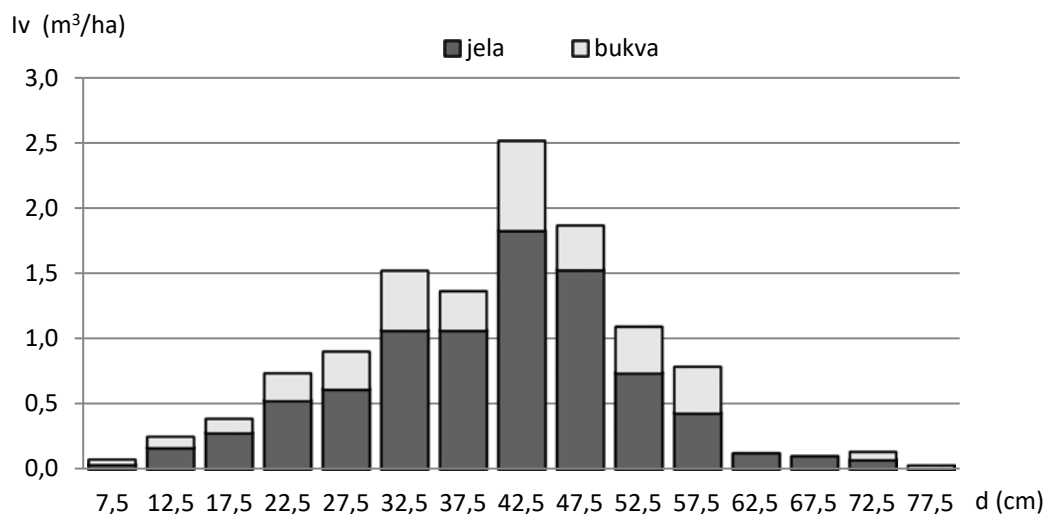
**Tabela 40.** Odnos čistih i mješovitih sastojina u pogledu zapreminskog prirasta (t i F test)

Varijabla	As <sub>1</sub>	As <sub>2</sub>	t	df	p	SD <sub>1</sub>	SD <sub>2</sub>	F	p
Prirast (m <sup>3</sup> /ha)	12,0	12,3	-0,22	13	0,8271	3,0	1,8	2,77	0,3385

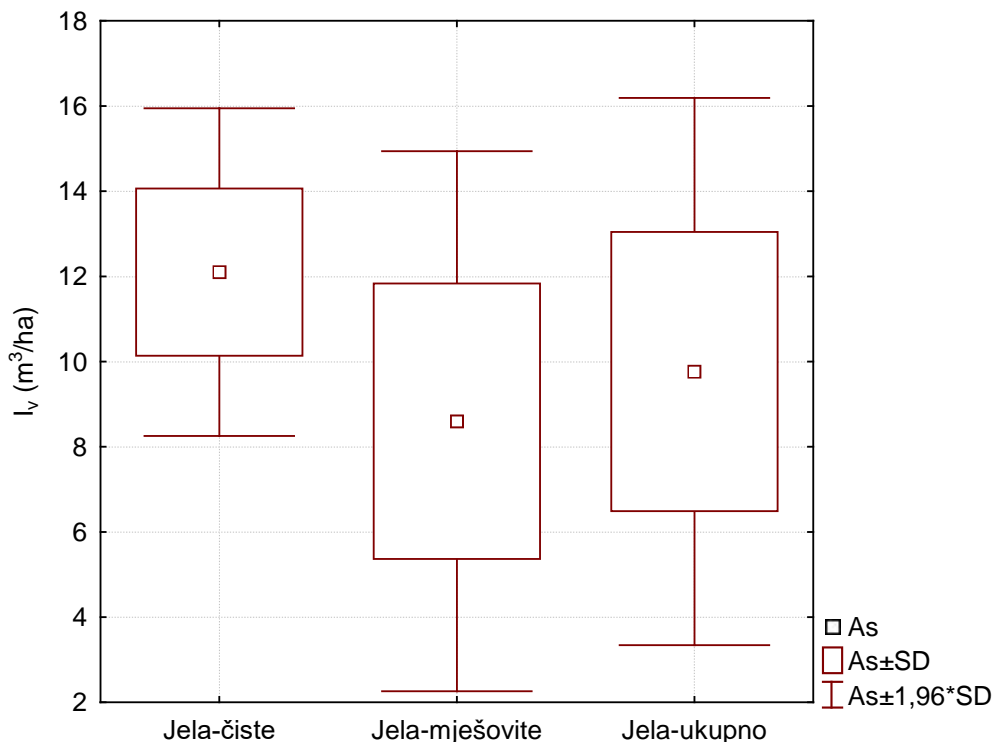
1 – mješovite sastojine, 2 – čiste sastojine



**Grafikon 28.** Raspodjela prirasta po debljinskim stepenima u čistim sastojinama



**Grafikon 29.** Raspodjela prirasta po debljinskim stepenima u mješovitim sastojinama



**Grafikon 30.** Prosječni prirast sastojina – stabla jele (As), standardna devijacija (SD) i intervali u kojima se nalazi 68% ( $As \pm SD$ ) i 95% sastojina ( $As \pm 1.96*SD$ )

#### 4.1.11.1. Zavisnost zapreminskog prirasta jele i bukve u sastojini od ostalih elemenata rasta sastojine

Analizirana je zavisnost zapreminskog prirasta „jelovog dijela sastojine“, odnosno jele u sastojini od ostalih elemenata rasta sastojine. Višestrukom regresionom jednačinom obuhvaćena je zavisnost zapreminskog prirasta jele od broja stabala jele po hektaru i srednjeg prečnika jele (Funkcija 22). Regresija u cjelini i koeficijenti regresije statistički su značajni na nivou  $p < 0,01$  (osim parametra „a“ koji je značajan na nivou  $p < 0,05$ ). Na osnovu koeficijenta determinacije 65% variranja zapreminskog prirasta jelovog dijela sastojine može se objasniti obuhvaćenim elementima rasta. Preostali dio variranja zapreminskog prirasta je uslovljen djelovanjem drugih faktora. Na osnovu dobijenog modela može se izvršiti procjena zapreminskog prirasta stabala jele u sastojini uz standardnu grešku regresije od  $2,08 \text{ m}^3/\text{ha}$  (Tabela 41).

$$I_{v-jele} = a + bN + cd_g \quad (22)$$

**Tabela 41.** Karakteristike regresije – zavisnost zapreminskog prirasta stabala jele (m<sup>3</sup>/ha) od broja stabala jele i srednjeg prečnika jele u sastojini

Regresijski koeficijent	Vrijednost koeficijenta	Stand. greška koeficijenta	t	P	S <sub>t</sub> (m <sup>3</sup> /ha)	R	R <sup>2</sup>	F	p	n
a	-18,4637	6,1753	-2,990	0,011						
b	0,0256	0,0056	4,612	0,001	2,08	0,81	0,65	11,32	0,00	15
c	0,5382	0,1347	3,996	0,002						

Polazeći od dobijene jednačine izrađene su tablice za procjenu zapreminskog prirasta jele na osnovu srednjeg prečnika i broja stabala jele u sastojini (Tabela 42).

**Tabela 42.** Procjena zapreminskog prirasta jele na osnovu srednjeg prečnika i broja stabala

Jela I <sub>v</sub> (m <sup>3</sup> /ha)	dg (cm)				
	20	25	30	35	40
200				5,49	8,18
250				6,77	9,46
300			5,36	8,05	10,74
350			6,64	9,33	12,02
400		5,23	7,92	10,61	13,30
450		6,51	9,20	11,89	14,58
500	5,10	7,79	10,48	13,17	
550	6,38	9,07	11,76	14,45	
600	7,66	10,35	13,04		

Analizirana je i zavisnost zapreminskog prirasta bukve u sastojini od ostalih elemenata rasta sastojine, odnosno višestrukom regresionom jednačinom obuhvaćena je zavisnost zapreminskog prirasta bukve od broja stabala bukve po hektaru i srednjeg prečnika bukve u mješovitim sastojinama jele i bukve (Funkcija 23). Regresija u cjelini i koeficijenti regresije statistički su značajni na nivou  $p < 0,01$ . Na osnovu koeficijenta determinacije 82% variranja zapreminskog prirasta stabala bukve u sastojini može se objasniti obuhvaćenim elementima rasta. Preostali dio variranja zapreminskog prirasta je uslovljen djelovanjem drugih faktora. Na osnovu dobijenog modela može se izvršiti procjena zapreminskog prirasta bukve u sastojini uz standardnu grešku regresije od 1,27 m<sup>3</sup>/ha (Tabela 43).

$$I_{v-bukve} = a + bN + cd_g \quad (23)$$

**Tabela 43.** Karakteristike regresije – zavisnost zapreminskog prirasta bukve ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) od broja stabala i srednjeg prečnika bukve u sastojini

Regresijski koeficijent	Vrijednost koeficijenta	Stand.greška koeficijenta	t	P	$S_t$ ( $\text{m}^3/\text{ha}$ )	R	$R^2$	F	p	n
a	-7,4191	2,0689	-3,586	0,009						
b	0,0257	0,0051	5,067	0,001	1,27	0,90	0,82	15,56	0,00	10
c	0,2299	0,0526	4,371	0,003						

Polazeći od dobijene jednačine izrađene su tablice za procjenu zapreminskog prirasta bukve na osnovu srednjeg prečnika i broja stabala bukve u mješovitim sastojinama jele i bukve (Tabela 44).

**Tabela 44.** Procjena zapreminskog prirasta bukve na osnovu srednjeg prečnika i broja stabala

Bukva $I_v$ ( $\text{m}^3/\text{ha}$ )	dg (cm)					
	20	25	30	35	40	45
50				1,91	3,06	4,21
100			2,05	3,20	4,35	5,50
150	1,03	2,18	3,33	4,48	5,63	6,78
200	2,32	3,47	4,62	5,77	6,92	8,07
250	3,60	4,75	5,90	7,05		
300	4,89	6,04	7,19	8,34		

#### 4.1.12. Procenat prirasta zapremine

U raznodobnim sastojinama jele, smrče i bukve procenat zapreminskog prirasta istraživao je Matić (1959), a rezultati tih istraživanja u zavisnosti od boniteta staništa, stepena sklopa, srednjeg prečnika i omjera smjese prikazani su u tablicama za obračun procenta zapreminskog prirasta krupne drvene mase (Matić et al. 1963). Tom prilikom utvrđeno je da se od nižih prema višim debljinskim stepenima procenat prirasta krupne drvene mase stabla jele (kao i stabla bukve i smrče) naglo smanjuje uprkos tome što se debljinski prirast povećava do njegove kulminacije. Razlog je to što se, relativno uzevši, mnogo dinamičnije povećava krupna drvena masa stabla pa se količnik  $I_v/V$  od nižih prema višim debljinskim stepenima naglo smanjuje (Matić, 1980).

U tabeli 45 prikazani su parametri deskriptivne statistike procenta prirasta zapremine sastojina. Utvrđena aritmetička sredina procenta prirasta zapremine sastojine (svih stabala) u



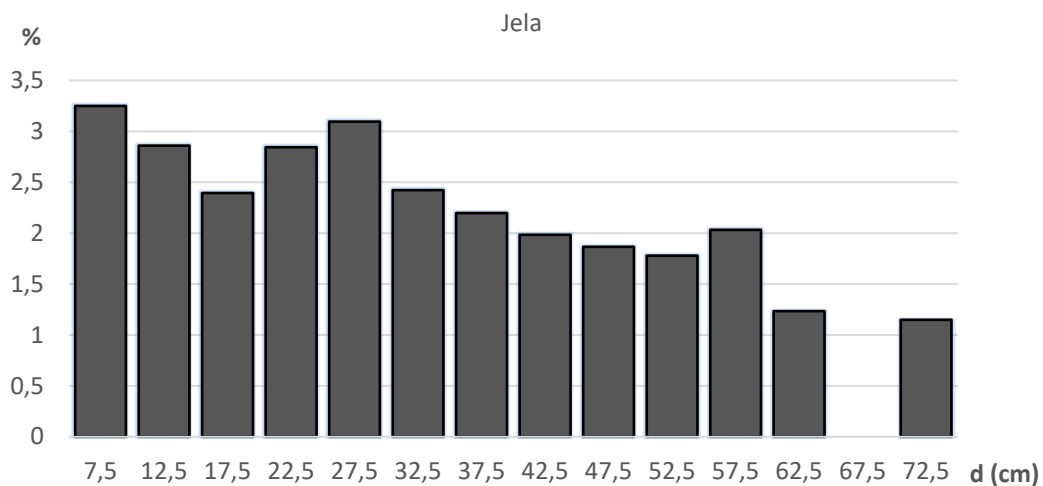
čistim sastojinama iznosi 2,2% i malo je manja u odnosu na mješovite sastojine gdje iznosi 2,5%. U čistim sastojinama procenat prirasta zapremine sastojine (svih stabala) je u intervalu od 1,6% do 2,8%, a u mješovitim u intervalu od 1,9% do 3,2%, odnosno u oba slučaja je približno isti raspon varijacije. U mješovitim sastojinama aritmetička sredina procenta prirasta zapremine stabala jele, odnosno „jelovog dijela sastojine“ iznosi 2,5% i veća je u odnosu na čiste sastojine gdje iznosi 2,2 %. Sumarno gledajući sve sastojine, aritmetička sredina procenta prirasta zapremine stabala jele iznosi 2,4% a varijabilnost procenta prirasta zapremine izražena koeficijentom varijacije je 22%. Variranje procenta prirasta stabala jele, izraženo koeficijentom varijacije, približno je ista u čistim i mješovitim sastojinama i iznosi 21%, odnosno 22%. Kada je u pitanju procenat prirasta, može se konstatovati da ne postoji izražena razlika između mješovitih i čistih sastojina u pogledu varijabilnosti posmatranog parametra po oglednim površinama.

U čistim sastojinama najveći procenat zapreminskog prirasta stabala jele je u debljinskom stepenu 5-10 cm (3,2%), dok je u mješovitim sastojinama, kod stabala jele najveći procenat zapreminskog prirasta u debljinskim stepenima 20–25 cm i 70-75 cm (3,3%) (Grafikoni 31 i 32). Najveći procenat zapreminskog prirasta stabala bukve, kao i svih stabala u mješovitim sastojinama, je u debljinskom stepenu 5-10 cm i iznosi 5,6%, odnosno 4,0% (Grafikoni 33 i 34).

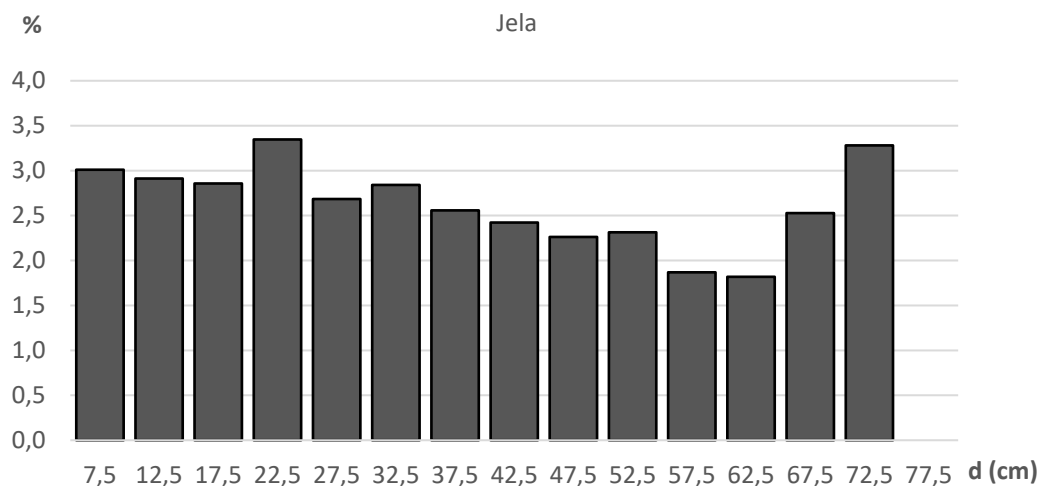
**Tabela 45.** Mjere centralne tendencije i varijabiliteta procenta prirasta zapremine sastojina

Statistički pokazatelj	Sastojina								
	Čiste			Mješovite			Sve		
	Jela	Bukva	Ukupno	Jela	Bukva	Ukupno	Jela	Bukva	Ukupno
n	5	-	5	10	10	10	15	10	15
As	2,2	-	2,2	2,5	2,2	2,5	2,4	2,2	2,4
SAs	0,2	-	0,2	0,2	0,3	0,1	0,1	0,3	0,1
Min	1,6	-	1,6	1,7	0,2	1,9	1,6	0,2	1,6
Max	2,8	-	2,8	3,2	3,1	3,2	3,2	3,1	3,2
RV	1,2	-	1,2	1,5	2,9	1,3	1,6	2,9	1,6
SD	0,5	-	0,5	0,6	0,8	0,4	0,5	0,8	0,4
CV	21	-	21	22	37	17	22	37	18

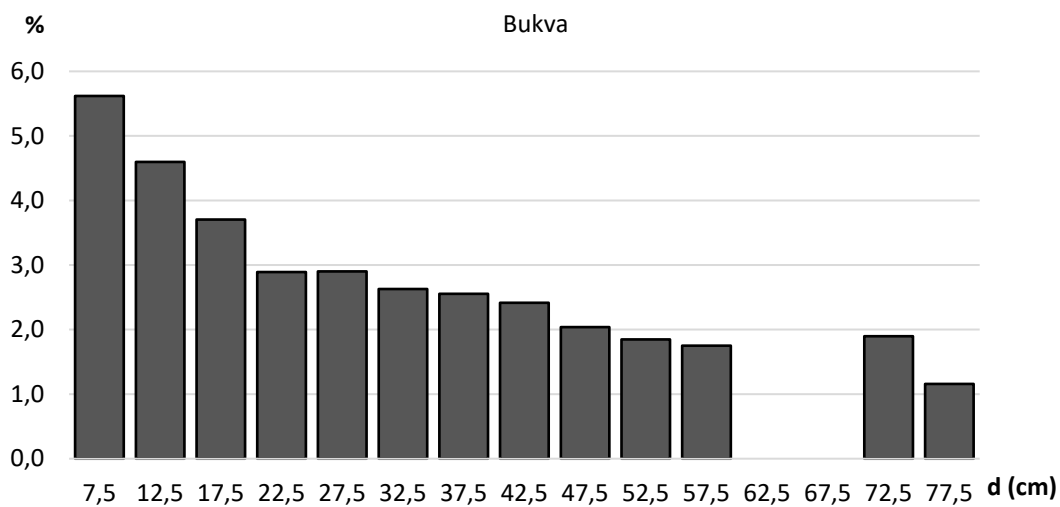
Posmatrajući grafikone od 31 do 34, uočava se trend koji navodi Matić (1980), da se od nižih prema višim debljinskim stepenima smanjuje procenat prirasta, s tim da u ovom slučaju smanjivanje nije naglo, već postepeno, uz odstupanja u pojedinim debljinskim stepenima. Posebno se izdvaja povećanje procenta prirasta stabala jele u najvišim stepenima u mješovitim sastojinama. U odnosu na stabla jele, kod stabala bukve navedeni trend se znatno jasnije ispoljio.



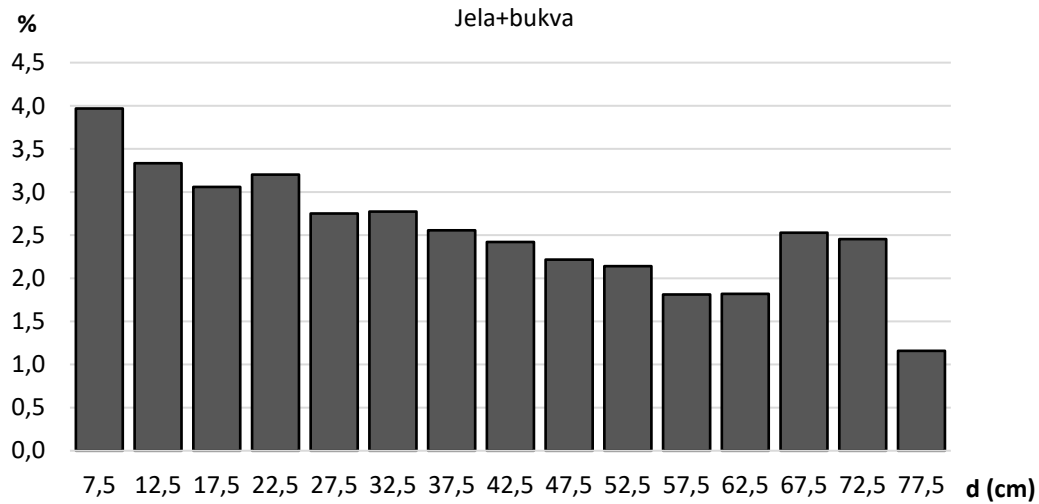
**Grafikon 31.** Procenat prirasta stabala jele po debljinskim stepenima u čistim sastojinama



**Grafikon 32.** Procenat prirasta stabala jele po debljinskim stepenima u mješovitim sastojinama



**Grafikon 33.** Procenat prirasta stabala bukve po debljinskim stepenima u mješovitim sastojinama



**Grafikon 34.** Procenat prirasta (sva stabla) po debljinskim stepenima u mješovitim sastojinama

#### 4.1.13. Indeks obrasta sastojine

Prema Reineke (1933), indeks obrasta (gustine) sastojine (IOS) je kao relativna mjera obrasta sastojine predskazivač produkcije u različitoj starosti i pri različitim promjenama sastojinske strukture. Prvobitno opisan kao relativna mjera obrasta u jednodobnim čistim sastojinama, kasnije je upotrijebljen i za raznodobne i mješovite sastojine. Prema McTague i Patton (1989), Reineke je utvrdio da za posmatrani tip šume ne postoji značajna korelacija između vrijednosti IOS i starosti ili boniteta staništa. Indeks obrasta je dobar pokazatelj cjelovitosti šume, posebno zbog toga što je obrast sastojine varijabla koja ima samo jedan limit za datu vrstu nezavisno od drugih faktora. Indeks obrasta sastojine se koristi za predviđanje i kontrolu rasta (Zeide, 2005, Bégin et al., 2001, Larsen, 2001).

U tabeli 46 prikazane su vrijednosti indeksa obrasta u apsolutnom i relativnom obliku, dobijene kao odnos utvrđenih vrijednosti na oglednim površinama i prosječne vrijednosti za ogledne površine u čistim sastojinama. U čistim sastojinama jele vrijednost indeksa obrasta sastojina je u intervalu od 715 (OP2) do 771 (OP15), a prosječna vrijednost za sve ogledne površine je 742. Iz odnosa relativnih vrijednosti po oglednim površinama uočavamo da između oglednih površina postoji malo variranje gustine, odnosno obrasta sastojine.

**Tabela 46.** Vrijednosti IOS po oglednim površinama u čistim sastojinama jele

Ogledna površina					As
2	5	8	11	15	
IOS					
715	739	760	725	771	742
IOS - %					
96	100	102	98	104	100

U tabeli 47 prikazane su vrijednosti indeksa obrasta u mješovitim sastojinama jele i bukve u apsolutnom (suma utvrđenih vrijednosti za jelu i bukvu) i relativnom obliku. Iz odnosa relativnih vrijednosti po oglednim površinama uočavamo da između oglednih površina, odnosno sastojina postoji znatno veće variranje gustine, odnosno obrasta sastojine u odnosu na čiste sastojine, što se može i očekivati s obzirom na to da je značajan uticaj mješovitosti na obrast. Prosječna vrijednost obrasta u čistim sastojinama je veća od utvrđene prosječne vrijednosti u mješovitim sastojinama.

**Tabela 47.** Vrijednosti IOS po oglednim površinama u mješovitim sastojinama jele i bukve

Ogledna površina										As
1	3	4	6	7	9	10	12	13	14	
IOS										
864	615	633	729	688	708	797	881	563	558	704
IOS - %										
123	87	90	104	98	101	113	125	80	79	100

## 4.2. Struktura krošnji

Prema Dubravac (1997) „...*poznavanje strukture krošanja je naročito važno za gazdovanje jer o tome ovisi kvantitavni i kvalitativni prirast stabala i čitave sastojine...*“. Na razvoj strukture krošanja, kao vrlo bitnog elementa razvoja i unutrašnje izgrađenosti sastojine direktno i značajno utiče broj stabala. Veliki broj stabala, odnosno velika gustina sastojine dovodi do redukcije širine krošnje, a takođe značajno utiče i na dužinu krošnje. S druge strane evidentno je da veličina krošnje u znatnoj mjeri utiče na vitalnost stabla, kao i na veličinu prirasta drvene zapremine. Prema Klepac (1975), smanjenje asimilacione površine stabla jele od 10% uzrokuje gubitak debljinskog prirasta od 25%. Prema Dukić (2014), odnos sastojina, odnosno ekoloških jedinica u pogledu strukture krošanja (površina projekcije krošnje, dužina čistog debla, dužina krošnje, relativna dužina krošnje, oblik krošnje, odnos širenja krošnje, koeficijent rasprostiranja krošnje, zapremina krošnje), jednak je odnosu ekoloških jedinica u pogledu proizvodnog potencijala staništa. Prema tome može se izvesti zaključak da postoji jaka zavisnost strukture krošanja od proizvodnog potencijala (boniteta) staništa.



**Slika 26.** Krošnje stabala jele na OP10 (original, 2015)

### 4.2.1. Površina projekcije krošnje

Prema Dubravac (2002), pri premjeru sastojina za potrebe uređivanja i uzgajanja šuma te u mjerenjima za potrebe ekologije, površina projekcije krošnje stabla predstavlja jednu od najvažnijih karakteristika strukture krošanja. Prema Nutto i Spiecker (2000), za očekivati je da se regulisanjem konkurencije između stabala preko veličine krošnje upravlja rastom prečnika.

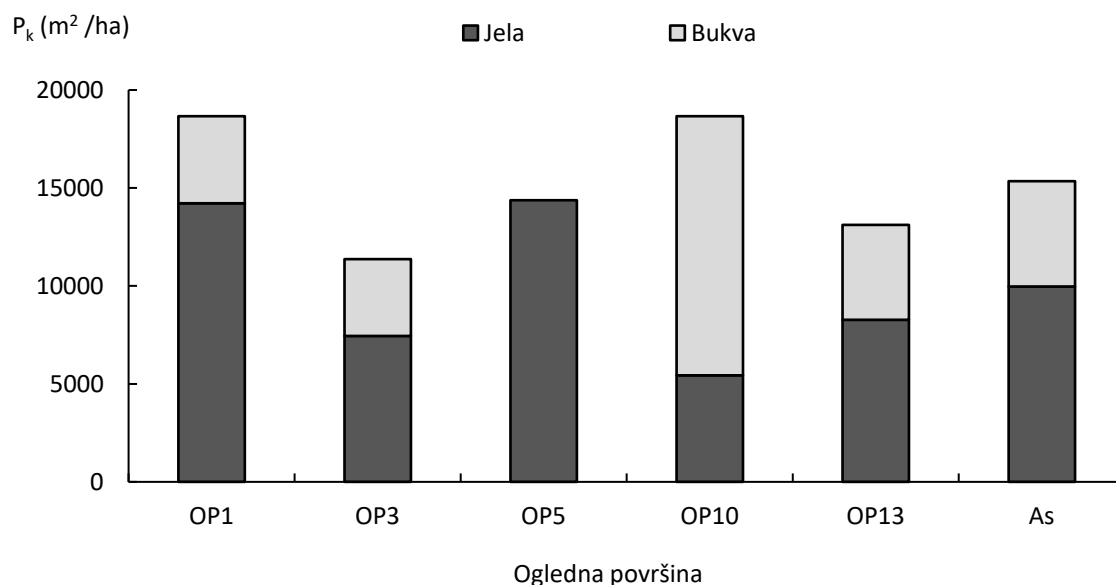
Za stabla jele utvrđene su prosječne vrijednosti projekcije krošanja ( $P_k$ ) po sastojinama u intervalu od 15,9 m<sup>2</sup> na OP13 do 27,8 m<sup>2</sup> na OP3 (Tabela 48). Prosječna vrijednost za stabla jele sa svih oglednih površina je 22,7 m<sup>2</sup>. Prosječne vrijednosti projekcija krošanja po oglednim površinama za stabla bukve su znatno veće što je očekivano. Kreću se u intervalu od 31,6 m<sup>2</sup> na OP3 do 71,3 m<sup>2</sup> na OP13, odnosno prosječna vrijednost stabala sa svih oglednih površina je 44,5 m<sup>2</sup>. Varijabilnost površine projekcije krošanja stabala jele, izražena koeficijentom varijacije kreće se u intervalu od 47% (OP10) do 77% (OP1), odnosno 69% kada su u pitanju stabla iz svih sastojina. Varijabilitet površina projekcija krošanja stabala jele u čistoj sastojini jele je u granicama varijabiliteta istraživanih mješovitih sastojina, odnosno ne može se izvesti zaključak da su stabla jele u čistoj sastojini homogenija kada su u pitanju površine projekcija krošanja. Istraživane sastojine pokazuju izuzetno visok varijabilitet projekcije krošanja, s tim da jela pokazuje manje variranje površina projekcija krošanja u odnosu na bukvu. Variranje stabala u pogledu površine projekcije krošnje je znatno veće od variranja stabala u pogledu prečnika i visina. U svim istraživanim sastojinama distribuciju površina projekcija krošanja stabala jele karakteriše izražena pozitivna asimetrija (osim OP10). Koeficijent spljoštenosti pokazuje da je raspodjela površina projekcije krošanja stabala jele na istraživanim oglednim površinama izdužena u odnosu na normalan raspored, za razliku od stabala bukve kod kojih je na pojedinim oglednim površinama raspodjela razvučena u odnosu na normalni raspored, a na pojedinim izdužena.

U istraživanju šuma na području Bosne, Pavlič (1966) je utvrdio prosječnu površinu projekcije krošnje stabala jele od 16,2 m<sup>2</sup> (9,0 m<sup>2</sup> za stabla tanja od 30 cm i 24,4 m<sup>2</sup> za stabla debljine od 30 do 65 cm), a za stabala bukve od 46,5 m<sup>2</sup> (22,1 m<sup>2</sup> za stabla tanja od 30 cm i 70,0 m<sup>2</sup> za stabla debljine od 30 do 80 cm). Maunaga et al. (2011) su utvrdili variranje površina projekcija krošanja stabala bukve u intervalu od 43% do 51%, dok je Dukić (2014) u sastojinama hrasta kitnjaka u zapadnom dijelu Republike Srpske utvrdio koeficijente varijacije površina projekcija krošanja stabala po ekološkim jedinicama u intervalu od 56% do 76%.

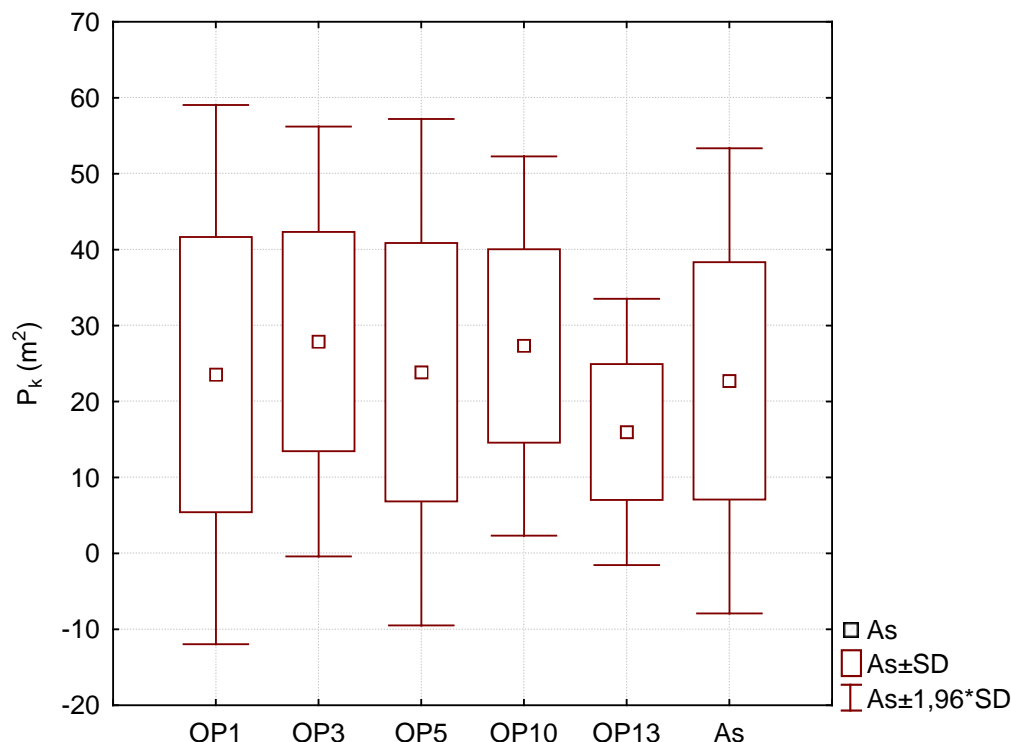
**Tabela 48.** Mjere centralne tendencije i varijabiliteta površina projekcija krošanja stabala

Ogledna površina	Vrsta	n	P <sub>k</sub> (m <sup>2</sup> /ha)	As	RV	SD	-95,0%	+95,0%	CV %	Skew	Kurt
OP1	Jela	151	14194	23,5	84,1	18,1	20,6	26,4	77	1,0	0,5
	Bukva	32	4416	34,5	94,4	26,3	24,8	44,1	76	0,9	-0,1
OP3	Jela	67	7450	27,8	120,4	14,4	24,3	31,4	52	0,5	0,2
	Bukva	31	3919	31,6	67,1	26,8	21,8	41,5	85	1,8	3,6
OP5	Jela	151	14375	23,8	92,1	17,0	21,1	26,5	72	1,1	1,3
	Bukva	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OP10	Jela	50	5440	27,2	55,4	12,7	23,6	30,9	47	0,1	0,2
	Bukva	69	13220	47,9	206,9	40,1	38,3	57,5	84	1,6	3,2
OP13	Jela	130	8268	15,9	42,6	8,9	14,4	17,5	56	1,0	0,6
	Bukva	17	4848	71,3	114,2	36,9	52,3	90,2	52	0,6	-0,9
Sve	Jela	549	9969	22,7	92,3	15,6	21,3	24,0	69	1,1	1,2
	Bukva	151	5376	44,5	206,9	36,2	38,6	50,3	81	1,5	2,7

Ukupne površine horizontalnih projekcija krošanja svih stabala po istraživanim sastojinama su u intervalu od 11.369 m<sup>2</sup>/ha na OP3 do 18.660 m<sup>2</sup>/ha na OP10 i 18.610 m<sup>2</sup>/ha na OP1, odnosno prosječno na svim oglednim površinama 15.345 m<sup>2</sup>/ha (Grafikon 35). Ukupne površine horizontalnih projekcija krošanja stabala jele po sastojinama su u intervalu od 5.440 m<sup>2</sup>/ha na OP10 do 14.375 m<sup>2</sup>/ha na OP5, odnosno prosječna vrijednost je 9.969 m<sup>2</sup>/ha. Značajno je veći udio bukve u ukupnoj površini krošanja od udjela ove vrste u sastojini kada su u pitanju temeljnica, zapremina i broj stabala.

**Grafikon 35.** Ukupna površina projekcije krošanja po oglednim površinama

Aritmetička sredina površine projekcija krošanja stabala jele, standardna devijacija i intervali površina projekcija krošanja u kojima se nalazi 68% i 95% stabala po oglednim površinama prikazani su na grafikonu 36. Širinom intervala procjene izdvajaju se ogledne površine 1 i 13.



**Grafikon 36.** Aritmetička sredina površine projekcija krošanja stabala jele ( $A_s$ ) i intervali površina projekcija u kojima se nalazi 68% ( $A_s \pm SD$ ) i 95% ( $A_s \pm 1.96 \cdot SD$ ) stabala

Analizom varijanse utvrđen je odnos istraživanih sastojina u pogledu površina projekcija krošanja stabala jele. Rezultati analize varijanse (Tabela 49) su pokazali da postoji statistički značajna razlika pa je primijenjen i Duncan test (Tabela 50) koji pokazuje da se mogu formirati dvije homogene grupe. Jednu homogenu grupu čine OP1, OP5, OP10 i OP3, a drugu homogenu grupu čini OP13. Od ostalih sastojina statistički značajno se razlikuje samo sastojina na oglednoj površini OP13. U pitanju je sastojina sa najlošijim stanišnim uslovima (bonitet staništa s obzirom na jelu na granici drugog i trećeg, a s obzirom na bukvu četvrti) i najmanjim vrijednostima srednjeg prečnika i srednje visine sastojine.

**Tabela 49.** Analiza varijanse – Površina projekcija krošanja stabala jele

Izvori variranja	Stepen slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F	<i>p</i>
Između ogled. pov.	4	9041,4	2260,3	9,849	0,0000
Unutar ogled. pov.	545	125301,7	229,5		
Ukupno	549	134343,1			



**Tabela 50.** Duncan test – Površina projekcija krošanja stabala jele

Ogledna površina	$P_k$ (m <sup>2</sup> )	Homogene grupe	
		1	2
OP13	15,92		****
OP1	23,47	****	
OP5	23,79	****	
OP10	27,24	****	
OP3	27,83	****	

#### 4.2.1.1. Zavisnost površine projekcije krošnje od prečnika stabla jele

Analiza zavisnosti površine projekcije krošnje od prečnika stabla jele pokazala je da postoji jaka veza. Utvrđeni koefijenti determinacije između površine projekcije i prečnika stabla je 0,70 (Tabela 51). Dobijeni regresioni model (Funkcija 24) omogućava procjenu površine projekcije na osnovu prečnika uz standardnu grešku regresije od 8,54 m<sup>2</sup> (Grafikon 37).

$$P_k = a + b \times d \quad (24)$$

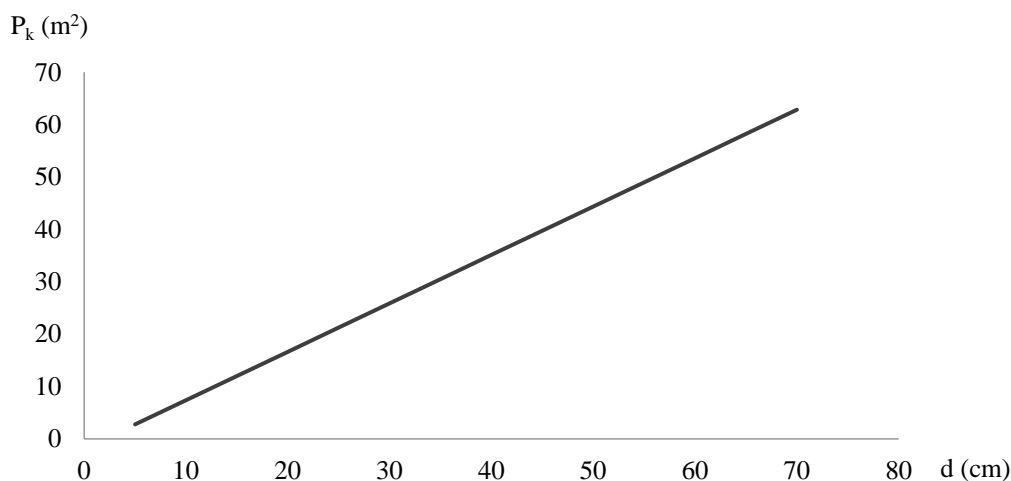
pri čemu je:

$P_k$  – površina projekcije krošnje stabla (m<sup>2</sup>),

$d$  – prsni prečnik stabla (cm).

**Tabela 51.** Karakteristike regresije (zavisnost površine projekcije krošnje od prečnika stabla jele)

Regresijski koeficijent	Vrijednost koeficijenta	Stand. greška koeficijenta	t	p	S <sub>t</sub>	R	R <sup>2</sup>	F	p	n
a	-1,850	0,776	-2,383	0,018	8,54	0,84	0,70	1285	0,0000	549
b	0,924	0,026	35,849	0,000						

**Grafikon 37.** Zavisnost površine projekcije krošnje od prečnika stabla jele

#### 4.2.1.2. Zavisnost debljinskog prirasta stabla jele od prečnika i površine projekcije krošnje

Da bi se izdvojio pojedinačni (neto) uticaj površine projekcije krošnje stabla na debljinski prirast, višestrukom regresionom jednačinom obuhvaćena je zavisnost debljinskog prirasta stabla jele od prečnika i površine projekcije krošnje (Funkcija 25).

$$i_{d-jele} = a + bd + cP_k + dP_k^2 \quad (25)$$

pri čemu je:

$i_{d-jele}$  – debljinski prirast stabla jele (mm),

$d$  – prsni prečnik stabla (cm),

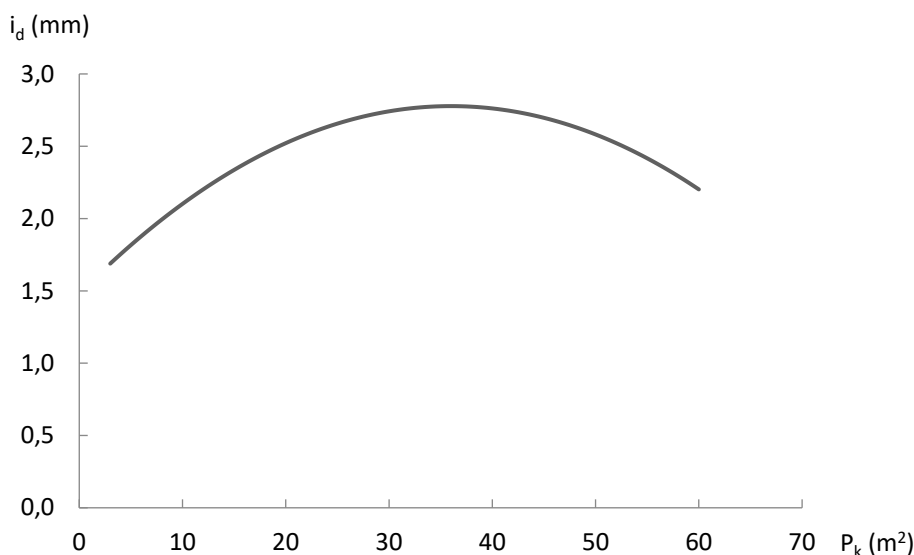
$P_k$  – površina projekcije krošnje stabla (m<sup>2</sup>).

Regresiona jednačina je dobijena metodom postepene (stepwise) višestruke regresije. Regresija u cjelini i koeficijenti regresije statistički su značajni na nivou  $p < 0,01$  (osim koeficijenta „a“). Na osnovu koeficijenta determinacije 51% variranja debljinskog prirasta stabala jele može se objasniti zavisnošću od prečnika i površina projekcija krošanja stabala. Preostali dio variranja debljinskog prirasta je uslovljen djelovanjem drugih faktora. Na osnovu dobijenog modela može se izvršiti procjena debljinskog prirasta stabla uz standardnu grešku regresije od 1,39 mm (Tabela 52).

**Tabela 52.** Karakteristike regresije (zavisnost debljinskog prirasta stabla jele od prečnika stabla i površine projekcije krošnje stabla)

Regresioni koeficijent	Vrijednost koeficijenta	Stand. greška koeficijenta	t	P	$S_t$ (mm)	R	$R^2$	F	$p$	n
a	-0.008	0,158	-0,049	0,961						
b	0.056	0,009	6,372	0,000	1,39	0,71	0,51	149	0,00	549
c	0.072	0,016	4,446	0,000						
d	-0.001	0,000	-3,329	0,001						

Na grafikonu 38 je prikazan neto uticaj površine projekcije krošnje stabla na debljinski prirast stabla jele. Kod srednjeg prečnika stabala u uzorku (26,6 cm) sa povećanjem površine projekcije krošnje povećava se debljinski prirast do 36 m<sup>2</sup>, a potom opada. Ovo se može objasniti činjenicom da se kod većih površina projekcija krošanja, odnosno veći dio asimilata troši na prirast granjevine.



**Grafikon 38.** Zavisnost debljinskog prirasta stabala jele od površine projekcije krošnje

#### 4.2.2. Apsolutna dužina krošanja

Razvijenost i kvalitet krošanja stabala važan je pokazatelj proizvodnosti i vitalnosti sastojina. Od elemenata koji karakterišu krošnje stabala, apsolutna dužina krošnje je jedan od najvažnijih elemenata.

Prema Vučković (1989), kod iste faze razvoja stabala, kvalitet i veličina krošnje određeni su količinom prostora za rastenje, genetskim osobinama vrste i staništem. Predugačke krošnje smanjuju kvalitet deblvine, a često su manje proizvodne od umjereno razvijenih. U studijama rasta, prema Laar i Akca (2007), mnogi istraživači daju prednost dužini živog dijela krošnje u opisu, odnosno reprezentovanju krošnje u odnosu na prečnik krošnje razlog za to je činjenica da se taj element rasta na dubjećem stablu može znatno lakše i tačnije izmjeriti.

Prema Laar i Akca (2007), u istraživanjima strukture krošanja šest vrsta četinara Biging i Wensel (1990) definisali su dužinu žive krošnje kao rastojanje između vrha stabla i baze žive krošnje, dok se kod sličnih studija u Njemačkoj precizira da baza žive krošnje treba da se poklopi sa pršljenom koji sadrži najmanje tri žive grane. Poštenjak (1997) kod istraživanja jele u Gorskom Kotaru dužinu krošnje određuje kao razliku između ukupne visine stabla i dužine debla bez zelenih grana, pri tome se pod granom ne smatra grančica ispod 1 cm debljine pri deblu, time je ujedno definisan i početak krošnje. U nekim studijama baza žive krošnje je definisana na pola rastojanja između prvog pršljena sa jednim ili više od jedne žive grane i pršljena sa najmanje četiri žive grane (Laar, 1969).

Polazeći od navedenih istraživanja, probnih mjerenja na terenu i cilja istraživanja odlučeno je da se početak krošnje definiše položajem prvog pršljena sa najmanje tri žive grane.

Prosječne vrijednosti apsolutne dužine krošnje stabala ( $h_k$ ) jele po sastojinama su u intervalu od 7,6 m na OP13 do 11,7 m na OP3, odnosno prosječna vrijednost za stabla u svim sastojinama je 9,7 m. Varijabilnost apsolutne dužine krošnje stabala jele, izražena koeficijentom varijacije, kreće se u intervalu od 29% (OP10) do 57% (OP1), odnosno 52% kada su u pitanju stabla jele iz svih sastojina. Prosječne vrijednosti apsolutne dužine krošnja po istraživanim sastojinama za stabla bukve kreću se u intervalu od 7,2 m na OP3 do 13,5 m na OP10, odnosno 11,2 m u svim sastojinama. Koeficijent varijacije apsolutne dužine krošnja stabala bukve kreće se u intervalu od 29% na OP13 do 71% na OP3, odnosno 49% kada su u pitanju stabla bukve iz svih sastojina. Variranje stabala u pogledu prosječne apsolutne dužine krošnja je znatno manje od variranja stabala u pogledu površina projekcija krošnja (Tabela 53).

Raspodjela apsolutnih dužina krošnja stabala jele, sa svih oglednih površina, je simetrična (0,1). Kada su u pitanju raspodjele po oglednim površinama, stanje je različito. Na OP13 raspodjela je desno asimetrična, a na OP3 i OP10 imamo negativnu, odnosno lijevu asimetriju. Koeficijent spljoštenosti pokazuje da je raspodjela apsolutnih dužina krošnja jele, sa svih oglednih površina, spljoštena odozgo (-1,0), odnosno razvučena u odnosu na normalan raspored. Po oglednim površinama raspodjele su takođe spljoštene odozgo, osim ogledne površine OP10, koju karakteriše raspored izdužen u odnosu na normalan.

**Tabela 53.** Mjere centralne tendencije i varijabiliteta apsolutnih dužina krošnja stabala

Ogledna površina	Vrsta	Bonitet	n	$h_k$ m						CV %	Skew	Kurt
				As	RV	SD	-95,0%	+95,0%				
OP1	Jela	1	151	9,6	19,6	5,4	8,7	10,4	57	0,1	-1,2	
	Bukva	1	32	11,1	20,0	5,5	9,1	13,2	50	-0,1	-0,8	
OP3	Jela	2	67	11,7	20,2	5,5	10,4	13,1	47	-0,5	-1,0	
	Bukva	1	31	7,2	17,5	5,1	5,3	9,0	71	1,1	0,4	
OP5	Jela	1	151	10,2	19,8	5,1	9,4	11,0	50	-0,1	-0,9	
	Bukva	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	
OP10	Jela	1	50	11,5	15,9	3,3	10,5	12,4	29	-0,9	1,4	
	Bukva	1	69	13,5	20,6	5,0	12,3	14,7	37	-0,2	-0,4	
OP13	Jela	2,5	130	7,6	15,4	3,9	6,9	8,2	52	0,4	-0,9	
	Bukva	4	17	9,8	11,4	2,8	8,4	11,3	29	-0,6	1,1	
Sve	Jela		549	9,7	20,7	5,0	9,3	10,1	52	0,1	-1,0	
	Bukva		151	11,2	22,0	5,5	10,4	12,1	49	0,1	-0,8	

Radi dobijanja potpunijeg uvida u dužine krošnja stabala jele po oglednim površinama na grafikonu 39 prikazane su aritmetičke sredine dužina krošnja, standardna devijacija i intervali dužina krošnja u kojima se nalaze dužine krošnja 68% i 95% stabala. Da bi se

utvrdilo da li postoji razlika u dužinama krošanja stabala po oglednim površinama, pristupilo se analizi varijanse. Rezultati analize varijanse (Tabela 54) pokazuju da postoji statistički značajna razlika pa je primijenjen Duncan test (Tabela 55).

**Tabela 54.** Analiza varijanse – apsolutna dužina krošanja stabala jele

Izvori variranja	Stepen slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F	<i>p</i>
Između ogled. pov.	4	1064,60	266,15	11,225	0,0000
Unutar ogled. pov.	546	12946,47	23,71		
Ukupno	550	14011,07			

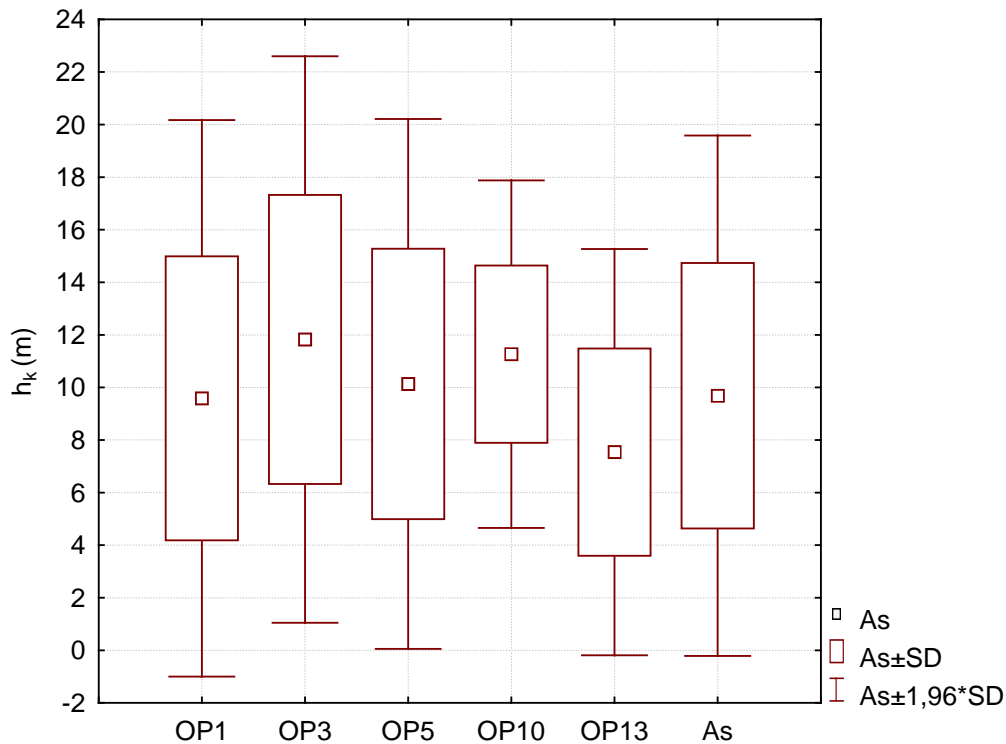
Primjenom Duncan testa ogledne površine su svrstane u četiri homogene grupe. Prvu homogenu grupu čine OP1 i OP5, drugu OP5 i OP10, treću OP10 i OP3 i četvrtu OP13. Diferenciranje oglednih površina u pogledu dužina krošanja je znatno veće u odnosu na diferenciranje u pogledu površina projekcija krošanja stabala.

**Tabela 55.** Duncan test – Apsolutna dužina krošanja stabala jele

Ogledna površina	$h_k$ (m)		Homogene grupe			
	Arit. sred.	1	2	3	4	
OP13	7,6				****	
OP1	9,6	****				
OP5	10,2	****	****			
OP10	11,5		****	****		
OP3	11,7			****		

Dukić (2014) je u jednodobnim sastojinama hrasta kitnjaka također utvrdio znatno veće diferenciranje ekoloških jedinica kada su u pitanju dužine krošanja stabala, nego kada su u pitanju površine projekcija krošanja stabala. Utvrđeno je da između svih pet posmatranih ekoloških jedinica postoji statistički značajna razlika u pogledu dužina krošanja stabala.

Na osnovu utvrđenih vrijednosti, mjera centralne tendencije, varijabiliteta i Duncan testa za apsolutne dužine krošanja stabla jele u mješovitim i čistoj sastojini, ne može se izvesti zaključak da prisustvo bukve u mješovitim sastojinama značajnije utiče na dužinu krošanja stabala jele. Nije se ispoljio ni uticaj boniteta staništa.



**Grafikon 39.** Aritmetička sredina apsolutne dužine krošnja stabala jele ( $A_s$ ), standardna devijacija (SD) i intervali dužina u kojima se nalazi 68% ( $A_s \pm SD$ ) i 95% ( $A_s \pm 1.96*SD$ ) stabala

#### 4.2.2.1. Zavisnost apsolutne dužine krošnje od prečnika stabla jele

Analiza zavisnosti apsolutne dužine krošnje od prečnika stabla jele pokazala je da postoji jaka veza. Utvrđeni koefijent determinacije između dužine krošnje i prečnika stabla je 0,78 (Tabela 56). Dobijeni regresioni model (Funkcija 26) omogućava procjenu dužine krošnje na osnovu prečnika uz standardnu grešku regresije od 2,39 m (Grafikon 40).

$$h_k = a + b \times d \quad (26)$$

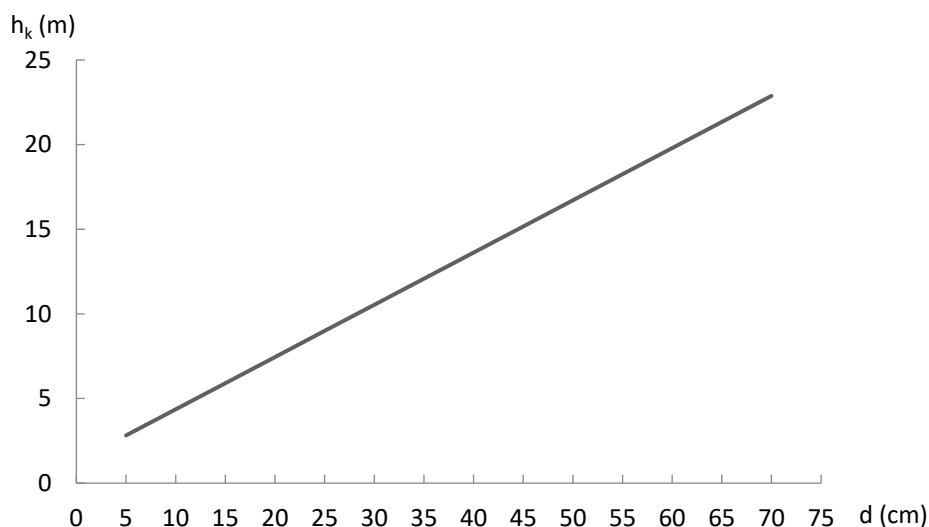
pri čemu je:

$h_k$  – apsolutna dužina krošnje (m),

$d$  – prsni prečnik stabla (cm).

**Tabela 56.** Karakteristike regresije (zavisnost apsolutne dužine krošnje od prečnika stabla)

Regresijski koeficijent	Vrijednost koeficijenta	Stand. greška koeficijenta	t	p	$S_t$ (m)	R	$R^2$	F	$p$	n
a	1,274	0,122	10,472	0,0000	2,31	0,88	0,77	5822	0,0000	1711
b	0,309	0,004	76,302	0,0000						



**Grafikon 40.** Zavisnost dužine krošnje od prečnika stabla jele

#### 4.2.2.2. Zavisnost debljinskog prirasta stabla jele od prečnika i apsolutne dužine krošnje

Da bi se izdvojio pojedinačni (neto) uticaj apsolutne dužine krošnje stabla na debljinski prirast, višestrukom regresionom jednačinom obuhvaćena je zavisnost debljinskog prirasta stabla jele od prečnika i apsolutne dužine krošnje (Funkcija 27).

$$i_{d-jele} = a + bd_{1,3} + cd_{1,3}^2 + dh_k^2 \quad (27)$$

pri čemu je:

$i_{d-jele}$  – debljinski prirast stabala jele (mm),

$d_{1,3}$  – prsni prečnik stabla (cm),

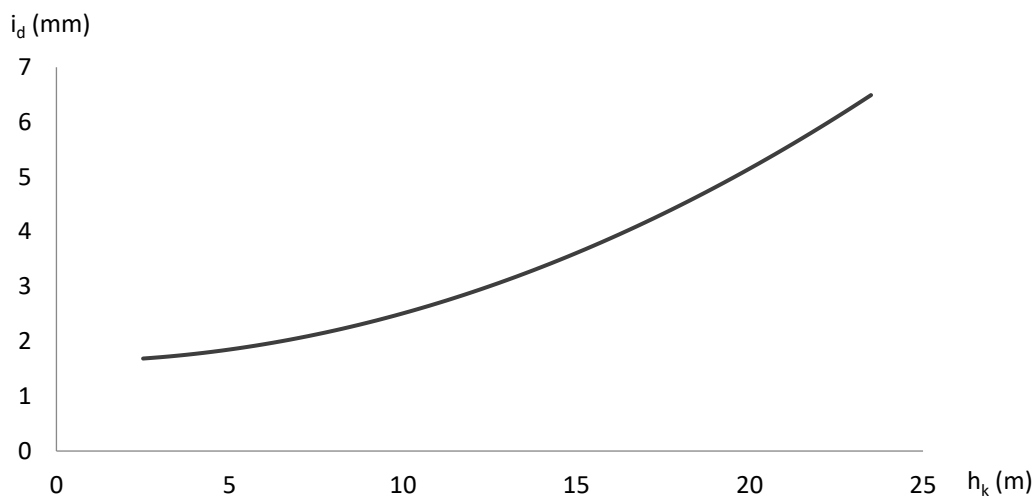
$h_k$  – apsolutna dužina krošnje stabla (m).

Regresiona jednačina je dobijena metodom postepene (stepwise) višestruke regresije. Regresija u cjelini i koeficijenti regresije statistički su značajni na nivou  $p < 0,01$  (osim koeficijenta „a“). Na osnovu koeficijenta determinacije 48% variranja debljinskog prirasta stabala jele može se objasniti zavisnošću od prečnika i apsolutne dužine krošanja stabla. Preostali dio variranja zapreminskog prirasta je uslovljen djelovanjem drugih faktora. Na osnovu dobijenog modela može se izvršiti procjena debljinskog prirasta stabla uz standardnu grešku regresije od 1,27 mm (Tabela 57).

**Tabela 57.** Karakteristike regresije (zavisnost debljinskog prirasta stabala jele od prečnika stabla i apsolutne dužine krošanja stabala)

Regresijski koeficijent	Vrijednost koeficijenta	Stand. greška koeficijenta	t	P	$S_t$ (mm)	R	$R^2$	F	$p$	n
a	0,1158	0,130	0,894	0,371						
b	0,0835	0,011	7,892	0,000	1,27	0,69	0,48	520	0,00	1711
c	-0,0010	0,000	-5,895	0,000						
d	0,0088	0,001	14,576	0,000						

Na Grafikonu 41 je prikazan neto uticaj dužine krošnje stabla na debljinski prirast stabla jele. Kod srednjeg prečnika stabala u uzorku (26,7 cm) sa povećanjem dužine krošnje, za razliku od površine projekcije, debljinski prirast se kontinuirano i progresivno povećava.

**Grafikon 41.** Zavisnost debljinskog prirasta stabla jele od dužine krošnje

### 4.2.3. Relativna dužina krošanja – krošnjatost

Udio dužine krošnje u ukupnoj visini stabla (relativna dužina krošnje), zajedno sa površinom projekcija i apsolutnom dužinom krošanja, pruža potpun uvid u strukturu krošanja. Relativna dužina krošnje (CR)<sup>1</sup> ili krošnjatost predstavlja odnos između dužine krošnje ( $h_k$ ) i ukupne visine stabla ( $h$ ) i iskazuje se u relativnim vrijednostima, u procentima ili u dijelovima od 1,0.

Relativna dužina žive krošnje prema Temesgen et al. (2005) se često upotrebljava kao ulazni parametar za procjenu toka rasta stabala, naročito kada su u pitanju mješovite i višespratne sastojine. Relativna dužina žive krošnje je takođe i pokazatelj promjena u staništu i vitalnosti stabala.

<sup>1</sup> CR – eng. - crown ratio



Prosječne vrijednosti relativne dužine krošnje stabala jele po sastojinama su u intervalu od 0,42 na OP10 do 0,53 na OP13, odnosno prosječna vrijednost za stabla u svim sastojinama je 0,48. Varijabilnost relativne dužine krošnja stabala jele, izražena koeficijentom varijacije, kreće se u intervalu od 20% (OP13) do 26% (OP5), odnosno 25% kada su u pitanju stabla jele iz svih sastojina. Prosječne vrijednosti relativne dužine krošnja po istraživanim sastojinama, za stabla bukve kreću se u intervalu od 0,46 na OP3 do 0,55 na OP13, odnosno 0,50 u svim sastojinama (Tabela 58).

Dubravec et al. (2004) su za stabla bukve u šumskom rezervatu „Medvjedak“ izračunali prosječnu vrijednost relativne dužine krošnje od 0,50 koliko je utvrđeno i u ovom istraživanju. Koeficijenti varijacije relativnih dužina krošnja stabala bukve kreće se u intervalu od 20% na OP13 do 33% na OP3, odnosno 25% kada su u pitanju stabla bukve iz svih sastojina. Variranje stabala u pogledu relativnih dužina krošnja je znatno manje od variranja stabala u pogledu površina projekcija i apsolutnih dužina krošnja stabala.

**Tabela 58.** Mjere centralne tendencije i varijabiliteta relativnih dužina krošnja stabala

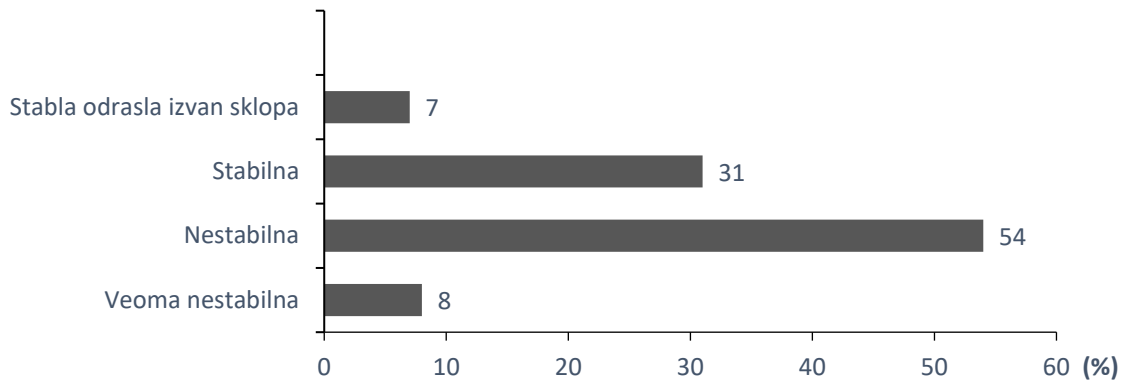
Ogledna površina	Vrsta	n	As	Min	Max	RV	SD	CV	Skew	Kurt
								CR		
OP1	Jela	151	0,47	0,21	0,76	0,55	0,12	25	-0,0	-0,5
	Bukva	32	0,53	0,20	0,80	0,60	0,13	25	-0,2	1,4
OP3	Jela	67	0,50	0,20	0,68	0,48	0,12	25	-0,9	0,1
	Bukva	31	0,46	0,22	0,78	0,56	0,15	33	0,4	-0,7
OP5	Jela	151	0,46	0,13	0,73	0,60	0,12	26	-0,2	-0,1
	Bukva	2	-	-	-	-	-	-	-	-
OP10	Jela	50	0,42	0,21	0,68	0,47	0,09	22	0,5	0,8
	Bukva	69	0,50	0,18	0,77	0,59	0,10	21	-0,0	0,7
OP13	Jela	130	0,53	0,15	0,77	0,62	0,11	20	-0,4	0,3
	Bukva	17	0,55	0,15	0,78	0,63	0,10	20	0,4	0,3
Sve	Jela	549	0,48	0,13	0,77	0,64	0,12	25	-0,2	-0,3
	Bukva	151	0,50	0,18	0,80	0,62	0,12	25	-0,0	0,2

Raspodjela relativnih dužina krošnja stabala jele karakteriše mala negativna asimetrija (-0,2). Koeficijent spljoštenosti pokazuje da je raspodjela relativnih dužina krošnja stabala jele spljoštena odozgo (-0,3), odnosno razvučena u odnosu na normalan raspored.

Prema klasifikaciji Schütz (2001), stabla se prema relativnoj dužini krošnje razvrstavaju u sljedeće kategorije individualne stabilnosti:

- veoma nestabilna ( $CR \leq 0,30$ ),
- nestabilna ( $0,30 < CR \leq 0,50$ ),
- stabilna ( $CR > 50$ ) i
- stabla odrasla izvan sklopa ( $CR \geq 0,62$ ).

Raspodjela stabala prema klasifikaciji Schütz (2001), prikazana na grafikonu 42, pokazuje da je više od 60% stabala u kategorijama nestabilnih i veoma nestabilnih, odnosno može se konstatovati da sastojine nisu stabilne u ovom segmentu i da bi sječe u narednom periodu trebalo provoditi tako da vode ka povećanju otpornosti, prije svega prema negativnom djelovanju vjetra.



**Grafikon 42.** Broj stabala jele po stepenima individualne stabilnosti

### 4.3. Prostorna struktura sastojina

Prema Stajić (2010), veliki praktični nedostatak upotrebljivosti informacija o jednostavnoj strukturi sastojina je u tome što se na osnovu njih ne mogu donijeti validni zaključci o prostornoj raspodjeli drvenastih vrsta, poziciji i dimenzijama stabala u sastojinama. Prema Pommerening (2006), jedna od osnova za održivo gazdovanje mješovitim i raznodobnim šumama je upravo adekvatno poimanje prostorne strukture sastojine.

Prema Kerashaw (1973), još dvadesetih godina prošloga vijeka Gleason i Swedberg su konstatovali da se biljne vrste u prostoru pojavljuju u oblicima koji nisu slučajni (tzv. neslučajni oblici rasporeda). Proteklih decenija publikovani su rezultati velikog broja istraživanja koja su za cilj imala razvoj različitih tehnika i načina definisanja oblika rasporeda jedinki u prostoru, odnosno kvantifikaciju načina prostornog rasporeda stabala u šumskim sastojinama (Stajić 2010).

Prema Pretzsch (2009), metode za kvantifikovanje načina horizontalne raspodjele stabala mogu se grupisati u dvije grupe:

- metode indeksa horizontalne strukture (a - na osnovu broja individua u probnim površinama – metode kvadrata i b - na osnovu rastojanja između individua ili individua i slučajno izabranih tačaka u probnim površinama – metode distanci)
- metode korelacionih funkcija

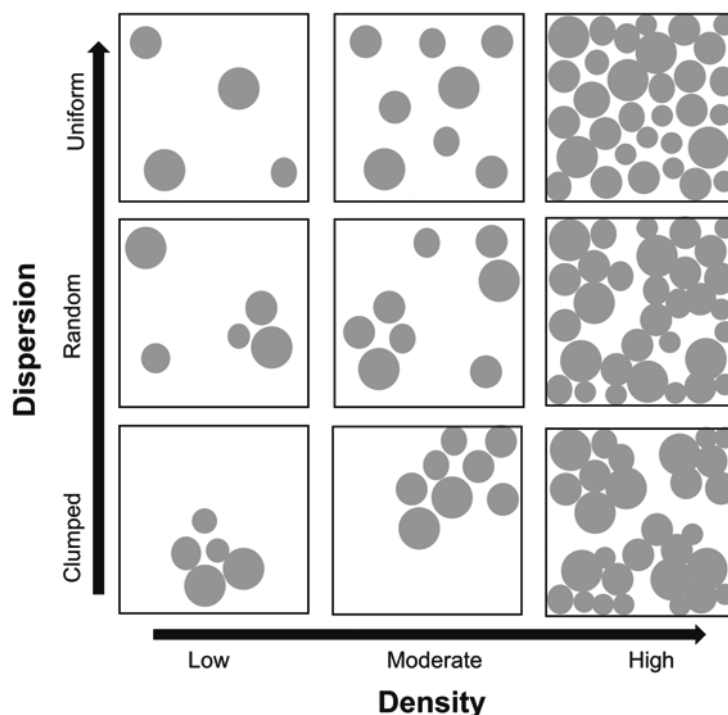
Razlikuju se tri osnovna tipa rasporeda jedinki u biljnim i životinjskim populacijama: slučajni, ravnomjerman i grupimičan (Slika 27). Prema Gleichmar i Gerold (1998), na osnovu prostorne raspodjele stabala u sastojini moguće je donijeti zaključak o načinu djelovanja čovjeka u konkretnoj sastojini. Ravnomjerna raspodjela stabala može se dovesti u vezu sa vještačkim podizanjem konkretne sastojine, odnosno slučajni ili grupimični raspored stabala upućuje na prirodni nastanak sastojine. Prema Stajić (2010), „...*Slučajan raspored jedinki unutar populacije ukazuje na homogenost okoline u kojem živi populacija, a grupimičan na postojanje u prostoru ili pak unutar populacije određenih faktora, odnosno uslova, koji da bi jedinke lakše preživele. uslovljavaju grupimičan raspored. Nekada je za opstanak potreban ravnomeran raspored (na primer, radi potreba za svetlošću i slično)...*“

Prema Begon et al. (1996), kompeticija je po definiciji interakcija između individua koja vodi redukciji u rastu i preživljavanju posmatranih individua, odnosno prema Brand i Magnussen (1988) u populaciji kompeticija između stabala postoji kada nivo dostupnih resursa za optimalni rast padne ispod nivoa ukupnih potreba populacije. Prema Indir (2011), „...*sedamdesetih godina*

prošlog stoljeca pojavili su se i prvi numericki izrazi za kompetitivne odnose medu jedinkama, tzv. kompeticijski indeksi. Pod terminom 'kompeticijski indeks stabla' podrazumijeva se svaki indeks koji procjenjuje ukupnu konkurentnost susjednih stabala za koju se drži da utiče na rast predmetnog stabla („subject tree“)...“

Prema Munro (1974), razvijene su dvije osnovne skupine kompeticijskih indeksa: nezavisni o udaljenosti i zavisni o udaljenosti. Indeksi nezavisni o udaljenosti (distance-independent) polaze se od srednjih udaljenosti između stabala na ogleđnoj površini poznate veličine a indeksi zavisni o udaljenosti (distance-dependent) od poznate pozicije stabala i njihove međusobne udaljenosti.

U ovome istraživanju prostorna struktura sastojina prikazana je na osnovu indeksa strukture sastojine i Weberov-og visinskog kompeticijskog indeksa. Od indeksa strukture sastojine odnosno pokazatelja strukture sastojine izračunati su: Clark-Evansov agregacijski indeks, indeks ispremiješnosti vrsta (species mingling index) i indeks diferenciranja prečnika stabala (diameter differentiation index).



Slika 27. Tri osnovna tipa rasporeda stabala u prostoru<sup>1</sup>

<sup>1</sup>[https://www.researchgate.net/figure/Hypothetical-range-of-variation-in-fine-scale-1-acre-tree-density-and-dispersion\\_fig9\\_323185486](https://www.researchgate.net/figure/Hypothetical-range-of-variation-in-fine-scale-1-acre-tree-density-and-dispersion_fig9_323185486) [pristupito 1 Maja, 2019. godine]

Tri osnovna tipa rasporeda stabala u prostoru: slučajni (eng. *random*), ravnomjeran (eng. *uniform*) i grupičan (eng. *clumped*), pri različitim stepenima obrasta (density): mali (eng. *low*), osrednji (eng. *moderate*) i visok (eng. *high*). Varijabilnost u starosti stabala predstavljena je tačkama različitih veličina, većim tačkama koje predstavljaju starija stabla i manjim tačkama koje predstavljaju mlada stabla.

Clark-Evansov indeks ukazuje na prostorni raspored stabala u sastojini, dok indeks ispremiješanosti težište daje na bioraznolikost, na način da se numerički iskaže udio vrste u zajedničkom životnom prostoru, a indeks diferenciranja pokazuje razlike u prsnim prečnicima susjednih stabala i opisuje prostornu distribuciju veličina stabala. Vrijednost indeksa izračunata je za dva oblika kompeticije. U prvom slučaju kao glavna (referentna) stabla uzeta su sva stabla (jela i bukva), a u drugom kao glavna (referentna) stabla za koja će se izračunavati kompeticijski indeksi odabrana su samo stabla jele. U oba oblika kompeticije, u prvoj varijanti kao konkurenti posmatrana su sva stabla, a u drugoj varijanti samo stabla jele.

### 4.3.1. Clark-Evansov indeks agregacije

Clark-Evansov indeks agregacije (*CEI*), pokazatelj strukture sastojine, predstavlja odnos konkretne i očekivane srednje udaljenosti između najbližih susjednih stabala. Izračunate su vrijednosti Clark-Evansovog indeksa agregacije za navedenih pet sastojina. Posmatrana su dva oblika kompeticije, a u prvom slučaju kao glavna (referentna) stabla uzeta su sva stabla (Tabela 59):

- jela i bukva\_jela i bukva;
- jela i bukva\_jela.

Ako *CEI* iznosi 1, to znači da je raspored stabala potpuno slučajnan, ako je  $CEI > 1$ , postoji tendencija prema pravilnosti prostornog rasporeda, a ako je  $CEI < 1$ , postoji tendencija ka grupisanju stabala.

U prvom obliku kompeticije (jela i bukva\_jela i bukva) u dvije sastojine postoji tendencija prema pravilnosti prostornog rasporeda, a u ostale tri raspored stabala teži slučajnom rasporedu. U drugom obliku kompeticije (jela i bukva\_jela) u tri sastojine postoji tendencija prema pravilnosti prostornog rasporeda, a u ostale dvije raspored stabala teži slučajnom rasporedu. U ovom prvom slučaju, kada su kao glavna (referentna) stabla uzeta sva stabla (jela i bukva), u prosjeku postoji tendencija prema pravilnosti prostornog rasporeda stabala u sastojini.

U drugom slučaju kao glavna (referentna) stabla za koja će se izračunavati kompeticijski indeksi odabrana su samo stabla jele. Posmatrana su takođe dva oblika kompeticije (Tabela 59):

- jela \_jela i bukva;
- jela \_jela.

U ovom slučaju evidentne su niže vrijednosti izračunatih indeksa. U prvom obliku kompeticije (jela\_jela i bukva) u tri sastojine postoji tendencija ka grupisanju stabala, a od preostale dvije sastojine u jednoj tendencija prema pravilnosti prostornog rasporeda, a u drugoj ka slučajnom rasporedu. U drugom obliku kompeticije (jela\_jela) u tri sastojine postoji jasno izražena tendencija ka grupisanju stabala, a u ostale dvije sastojine raspored stabala je potpuno slučajan. U prosjeku, u ovom slučaju kada su kao glavna (referentna) stabla uzeta samo stabla jele, postoji tendencija ka grupisanju stabala jele u sastojini. U odnosu na prethodni slučaj kompeticije, ovdje je veći koeficijent varijacije utvrđenih indeksa po oglednim površinama.

Prema Lafond et al. (2014), individualna selekcija stabala za sječū je dovela do slučajnog ili pravilnog rasporeda stabala ( $CEI > 1$ ), dok je grupna selekcija stabala za sječū (formiranje skupina) omogućila veće grupisanje stabala u prostoru.

Indir et al. (2013) su za stabla lužnjaka u sastojinama hrasta lužnjaka i običnoga graba utvrdili Clark-Evansov indeks agregacije. Indeks agregacije je izračunat za 45 oglednih površina za dva oblika kompeticije. U prvom obliku uzeta su u obzir samo stabla hrasta lužnjaka, a u drugom sva stabla prisutna na oglednoj površini. Kada su sva stabla posmatrana, Clark-Evansov indeks agregacije bio je u intervalu od 0,89 do 1,28, što je ukazivalo na skoro slučajno raspoređivanje stabala u prostoru. Kada su posmatrana samo stabla hrasta lužnjaka, indeks na oglednim površinama bio je u intervalu od 1,02 do 1,51, odnosno utvrđeno je postojanje tendencije prema pravilnosti prostornog rasporeda.

**Tabela 59.** Clark-Evansov indeks

Ogledna površina	Jela i bukva		Jela	
	CEI - Jela i bukva	CEI - Jela	CEI - Jela i bukva	CEI - Jela
OP1	1,253	1,293	1,104	1,044
OP3	1,121	1,082	0,861	0,746
OP5	1,057	1,051	1,044	1,044
OP10	1,063	1,238	0,806	0,599
OP13	0,980	0,966	0,880	0,842
As	1,095	1,126	0,939	0,855
SD	0,102	0,136	0,128	0,193
CV (%)	9	12	14	23

Vacek (2017) je analizirao strukturu prirodnih mješovitih šuma (smrča - bukva - jela) u rezervatu prirode Orlické hory Mts. Od četiri stalne ogledne površine samo je na jednoj utvrđena tendencija ka grupisanju stabala

Parobeková et al. (2018) su u mješovitim starim šumama (smrča-jela-bukva) u zapadnim Karpatima, na osnovu vrijednosti indeksa agregacije utvrdili slučajni rapored stabala u svim spratovima po fazama razvoja: inicijalna (1,03), optimalna (1,08) i terminalna (1,05).

#### 4.3.1.1. Odnos Clark-Evansovog indeksa agregacije i zapreminskog prirasta sastojine

Regresionom analizom ispitivana je zavisnost zapreminskog prirasta sastojine od vrijednosti Clark-Evansovog indeksa agregacije. Zavisnost je obuhvaćena linearnom funkcijom (Funkcijom 28).

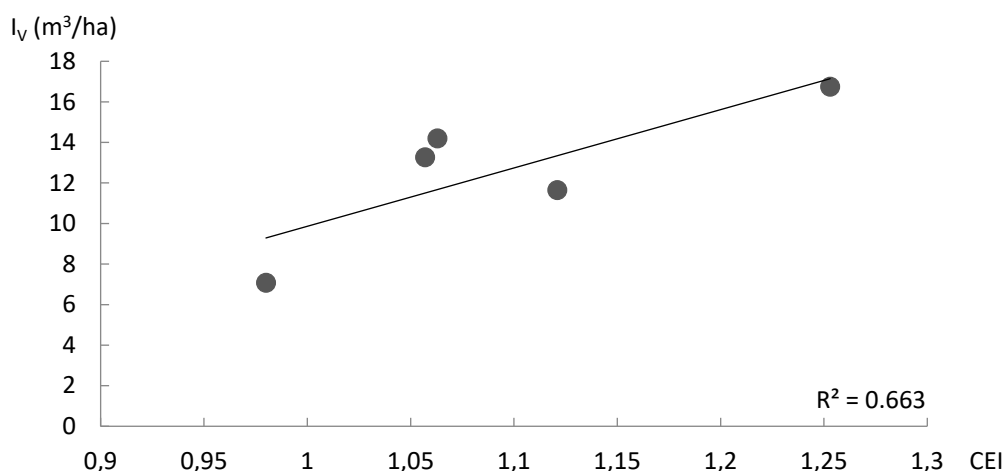
$$I_v = a + b \times CEI \quad (28)$$

pri čemu je:

$$a = - 18,907$$

$$b = 28,77$$

Sa povećanjem vrijednosti Clark-Evansov-og indeksa (jela i bukva\_jela i bukva) povećava se i vrijednost zapreminskog prirasta sastojine, odnosno sastojine sa pravilnijim prostornim rasporedom stabala imaju veći zapreminski prirast. Na osnovu koeficijenta determinacije 66% variranja vrijednosti zapreminskog prirasta sastojine se može objasniti variranjem vrijednosti Clark-Evansovog indeksa, odnosno načina rasporeda stabala u prostoru (Grafikon 43). Ova pojava se može objasniti činjenicom da pravilni raspored omogućava bolje korištenje svjetlosti, vode i hranjivih materija, odnosno stabla su pojedinačno izložena manjoj konkurenciji. Da bi se izveo generalni stav o ovoj zavisnosti, potrebna su dodatna istraživanja na znatno većem uzorku.



**Grafikon 43.** Zavisnost zapreminskog prirasta sastojina po hektaru od vrijednosti Clark-Evansovog indeksa agregacije (jela i bukva\_jela i bukva)

### 4.3.2. Indeks ispremiješanosti vrsta

Indeks ispremiješanosti vrsta (SMI) i indeks diferencijacije prečnika promatraju referentna stabla i njihova barem 3 (4) najbliža susjeda. Prema Albert i Gadow (1998), ovi indeksi se nazivaju „strukturna četvorka“. Prema Pommerening (2002), metoda uzimanja u obzir tri ili četiri najbliža susjeda praktična je u slučajevima kada se ne snimaju lokacije svih stabala, već ciljano samo udaljenost od prvih susjeda pa je zbog toga i razvijena metoda uzorkovanja putem „strukturne četvorke“ koja bez velikih troškova premjera daje adekvatan uvid.

Indeks ispremiješanosti vrsta daje udio 3 ili 4 najbliža susjeda referentnom stablu koja ne pripadaju istoj vrsti drveća kao referentno stablo. Kada su u pitanju barem tri najbliža susjedna stabla, indeks može poprimiti četiri vrijednosti: 0,00; 0,33; 0,67 i 1,00. Da bi se utvrdili indeksi ispremiješanosti za cijelu sastojinu, potrebno je sumu utvrđenih vrijednosti za pojedinačna referentna stabla podijeliti brojem stabala. Dobijena veća vrijednost označava i veću ispremiješanost različitih vrsta drveća, dok niže vrijednosti ukazuju na segregaciju (Pommerening, 1997, 2002).

Uz posmatranje tri najbliža susjedna stabla, vrijednost indeksa ispremiješanosti vrsta po sastojinama se kreće u intervalu od 0,206 (OP13) do 0,403 (OP10). Srednja vrijednost indeksa ispremiješanosti vrsta sve četiri ogledne površine je 0,287. Utvrđene vrijednosti indeksa za četiri susjedna stabla značajno se ne razlikuju od indeksa za tri susjedna stabla (Tabela 60). Na OP13 znatno je veći udio bukve u odnosu na OP3, ali je istovremeno značajno manji indeks ispremiješanosti vrsta što pokazuje da između ovih sastojina postoji značajna razlika u prostornoj distribuciji stabala različitih vrsta. Variranja pojedinačnih vrijednosti za stabla po oglednim površinama, izražena koeficijentom varijacije, su vrlo visoka u intervalu od 77% do 149%.

**Tabela 60.** Indeks ispremiješanosti vrsta – mješovite sastojine jele i bukve

Ogledna površina	Broj susjednih stabala	Udio jele (%)	n	As	Min	Max	SD	CV(%)
OP1	3	88	183	0,224	0,000	1,000	0,291	130
	4			0,242	0,000	1,000	0,273	113
OP3	3	89	98	0,377	0,000	1,000	0,321	85
	4			0,356	0,000	1,000	0,311	87
OP10	3	53	119	0,403	0,000	1,000	0,344	85
	4			0,395	0,000	1,000	0,304	77
OP13	3	74	147	0,206	0,000	1,000	0,306	149
	4			0,206	0,000	1,000	0,305	148
Sve	3		547	0,287	0,000	1,000	0,324	113
	4			0,286	0,000	1,000	0,304	106



Analiza varijanse je pokazala da između sastojina postoji statistički značajna razlika pa se pristupilo Duncan testu koji je pokazao da se u oba slučaja (3 i 4 četiri susjeda) mogu formirati dvije homogene grupe. Uočavamo da su u sastojinama sa većim brojem stabala (OP1 i OP13) utvrđene manje vrijednosti indeksa što ukazuju na to da je u njima ispremiješnost različitih vrsta manja, ali kao što konstatuje Indir (2011), indeks ispremiješnosti vrsta ne daje mogućnosti za čvrste zaključke (Tabela 61, 62, 63 i 64).

**Tabela 61.** Analiza varijanse - indeks ispremiješnosti vrsta (broj susjednih stabala - 3)

Izvori variranja	Stepen slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F	<i>p</i>
Između ogled. pov.	3	3,76491	1,25497	12,8145	0,0000
Unutar ogled. pov.	495	48,47735	0,09793		
Ukupno	498	52,24226			

**Tabela 62.** Duncan test – indeks ispremiješnosti vrsta (broj susjednih stabala - 3)

Ogledna površina	<i>SMI</i>	Homogene grupe	
		1	2
OP13	0,206	****	
OP1	0,224	****	
OP3	0,377		****
OP10	0,403		****

**Tabela 63.** Analiza varijanse – indeks ispremiješnosti vrsta (broj susjednih stabala - 4)

Izvori variranja	Stepen slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F	<i>p</i>
Između ogled. pov.	3	2,82709	0,94236	10,7817	0,0000
Unutar ogled. pov.	481	42,04146	0,08740		
Ukupno	484	44,86856			

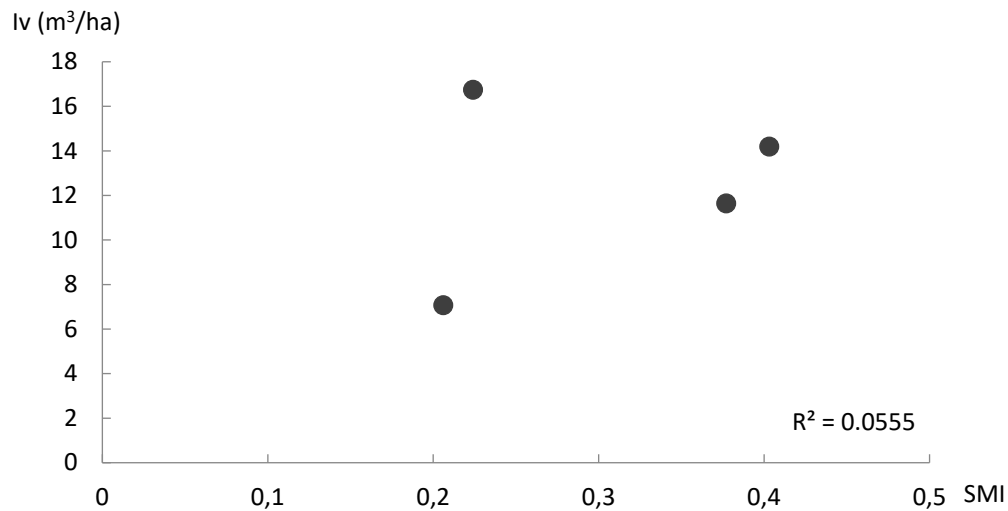
**Tabela 64.** Duncan test – indeks ispremiješnosti vrsta (broj susjednih stabala - 4)

Ogledna površina	<i>SMI</i>	Homogene grupe	
		1	2
OP13	0,206	****	
OP1	0,242	****	
OP3	0,356		****
OP10	0,395		****

Indir et al. (2013) su istražujući uticaj elemenata strukture na prirast sastojina u zajednici hrasta lužnjaka i običnog graba utvrdili srednju vrijednost indeksa od 0,570 uz tri najbliža stabla, odnosno 0,594 uz četiri najbliža stabla.

#### 4.3.2.1. Odnos indeksa ispremiješanosti vrsta i zapreminskog prirasta sastojine

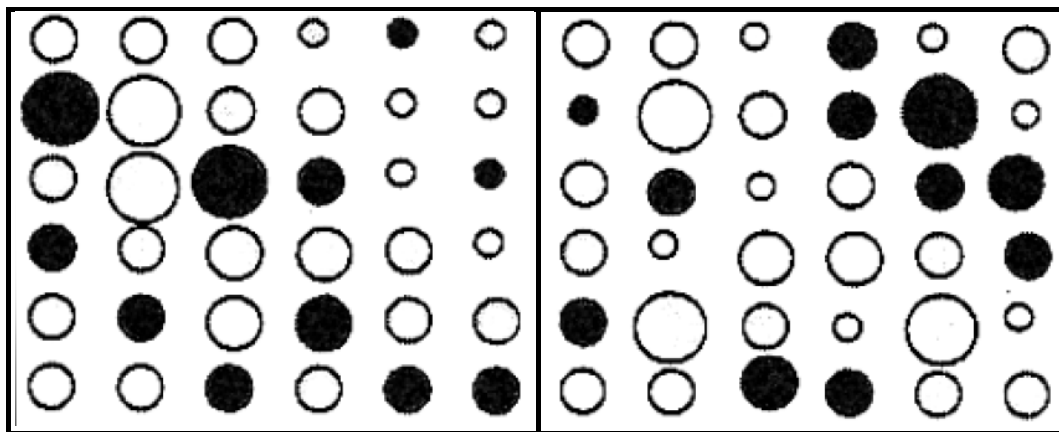
Korelacionom analizom ispitivana je zavisnost zapreminskog prirasta sastojine od vrijednosti indeksa ispremiješanosti vrsta. Utvrđeni koeficijent korelacije pokazuje da se nije ispoljila zavisnost zapreminskog prirasta sastojine od vrijednosti indeksa ispremiješanosti vrsta (Grafikon 44).



**Grafikon 44.** Zavisnost zapreminskog prirasta sastojina od vrijednosti indeksa ispremiješanosti vrsta (broj susjednih stabala - 3)

#### 4.3.3. Indeks diferenciranja prečnika stabala

Da bi se potpunije definisala sastojinska struktura, neophodno je analizirati razlike u dimenzijama stabala i njihovih neposrednih susjeda. U tu svrhu utvrđen je indeks diferenciranja prečnika stabala ( $T_d$ ). Ovaj indeks opisuje odnos prečnika posmatranog stabla i prečnika njegovog najbližeg susjednog stabla. Teorijski, parametar  $T_d$  može imati vrijednosti između 0 i 1. Veće vrijednosti ukazuju na veće razlike u prečnicima susjednih stabala, dok vrijednosti koje se približavaju nuli ukazuju na slabo diferenciranje prečnika stabala. Da bi se izračunao indeks diferenciranja za cijelu sastojinu, vrijednosti za pojedina stabla se sumiraju i podijele ukupnim brojem stabala. Na slici 28 prikazan je primjer dvije hipotetičke sastojine sa slabijom i jačom diferenciranošću prečnika stabala.



**Slika 28.** Teorijski primjer dvije mješovite sastojine sa slabijim (lijevi dio) i jačim (desni dio) diferenciranjem prečnika stabala (izvor: Stajić, 2010)

Vrijednosti indeksa diferenciranja prečnika stabala se prema Pommerening (2002) mogu klasifikovati i interpretirati kao:

- mala diferencijacija ( $0,0 < T_d < 0,3$ ),
- prosječna diferencijacija ( $0,3 < T_d < 0,5$ ),
- velika diferencijacija ( $0,5 < T_d < 0,7$ ) i
- vrlo velika diferencijacija ( $0,7 < T_d < 1,0$ ).

Kao glavna (referentna) stabla za koja je izračunat indeks diferenciranja prečnika stabla odabrana su sva stabla (jela i bukva). Posmatran je oblik kompeticije: jela i bukva\_jela i bukva. Prosječna vrijednost indeksa na bazi diferenciranja prečnika dva posmatrana stabla (referentno stablo i prvi susjed) po oglednim površinama je u intervalu od 0,381 (OP10) do 0,479 (OP3). Srednja vrijednost indeksa diferenciranosti prečnika svih pet oglednih površina je 0,442. To praktično znači da u prosjeku neko slučajno odabrano stablo i njegovo neposredno najbliže susjedno stablo su u takvom odnosu da je prečnik tanjeg stabla 56% prečnika debljeg stabla. Možemo konstatovati da je u svim slučajevima prosječna diferencijacija ( $0,3 < T_d < 0,5$ ) prečnika stabala. Variranja utvrđenih pojedinačnih vrijednosti po sastojinama, izražena koeficijentom varijacije, su približno ista u intervalu od 47 do 59% (Tabela 65). Analiza varijanse je pokazala da između sastojina postoji statički značajna razlika pa se pristupilo Dancan testu koji je pokazao da se mogu formirati dvije homogene grupe, odnosno da značajno odstupna vrijednost utvrđena za OP10 (Tabela 67 i 68). U pitanju je sastojina sa najvećim srednjim prečnikom.

**Tabela 65.** Veličina  $\overline{T_{d1}}$  indeksa za oblik kompeticije: jela i bukva\_jela i bukva

Ogledna površina	n	Mean	Min	Max	SD	CV (%)
OP1	183	0,478	0,021	0,837	0,232	49
OP3	98	0,479	0,011	0,880	0,248	52
OP5	153	0,430	0,019	0,848	0,249	58
OP10	119	0,381	0,002	0,792	0,224	59
OP13	147	0,442	0,003	0,845	0,208	47
Sve	700	0,442	0,002	0,880	0,234	53

U cilju sticanja što realnije stvarne predstave o nivou diverziteta prečnika na nivou pojedinačnih stabala, utvrđen je  $\overline{T_{d3}}$  indeks (razlika u prečnicima između referentnog stabla i njegova tri najbliža susjeda). Promatran je oblik kompeticije: jela i bukva\_jela i bukva, a veličina  $\overline{T_{d3}}$  indeksa na nivou sastojina je u intervalu od 0.355 (OP10) do 0.470 (OP3). Srednja vrijednost indeksa diferenciranosti prečnika svih pet oglednih površina je 0.423. U pitanju su približno iste vrijednosti kao i vrijednosti dobijene na bazi referentnog stabla i prvog susjeda, s tim da je variranje utvrđenih pojedinačnih vrijednosti po sastojinama, izraženo koeficijentom varijacije, značajno manje u intervalu od 29 do 43%. Možemo konstatovati da je i u ovom slučaju na svim oglednim površinama prosječna diferencijacija (Tabela 66).

**Tabela 66.** Veličina  $\overline{T_{d3}}$  indeksa za oblik kompeticije: jela i bukva\_jela i bukva

Ogledna površina	n	Mean	Min	Max	SD	CV (%)
OP1	183	0,449	0,098	0,830	0,141	31
OP3	98	0,470	0,178	0,790	0,147	31
OP5	153	0,405	0,076	0,828	0,163	40
OP10	119	0,355	0,063	0,791	0,151	43
OP13	147	0,434	0,116	0,751	0,128	29
Sve	700	0,423	0,063	0,830	0,151	36

Analiza varijanse i Duncan test su pokazali da se mogu formirati tri homogene grupe kada je u pitanju  $\overline{T_{d3}}$ , odnosno evidentno je veće diferenciranje nego kada se posmatra samo prvo susjedno stablo (Tabela 69 i 70).

**Tabela 67.** Analiza varijanse –  $\overline{T_{d1}}$  indeksa za oblik kompeticije: jela i bukva\_jela i bukva

Izvori variranja	Stepen slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F	p
Između ogled. pov.	4	0,7793	0,1948	3,611	0,006374
Unutar ogled. pov.	657	35,4520	0,0540		
Ukupno	661	36,2313			

**Tabela 68.** Duncan test –  $\overline{T}_{d1}$  indeksa za oblik kompeticije: jela i bukva\_jela i bukva

Ogledna površina	$\overline{T}_{d1}$	Homogene grupe	
		1	2
OP10	0,381		****
OP5	0,430	****	****
OP13	0,442	****	
OP1	0,478	****	
OP3	0,479	****	

**Tabela 69.** Analiza varijanse –  $\overline{T}_{d3}$  indeksa za oblik kompeticije: jela i bukva\_jela i bukva

Izvori variranja	Stepen slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F	<i>p</i>
Između ogled. pov.	4	0,8675	0,2169	10,113	0,000000
Unutar ogled. pov.	631	13,5329	0,0214		
Ukupno	635	14,4004			

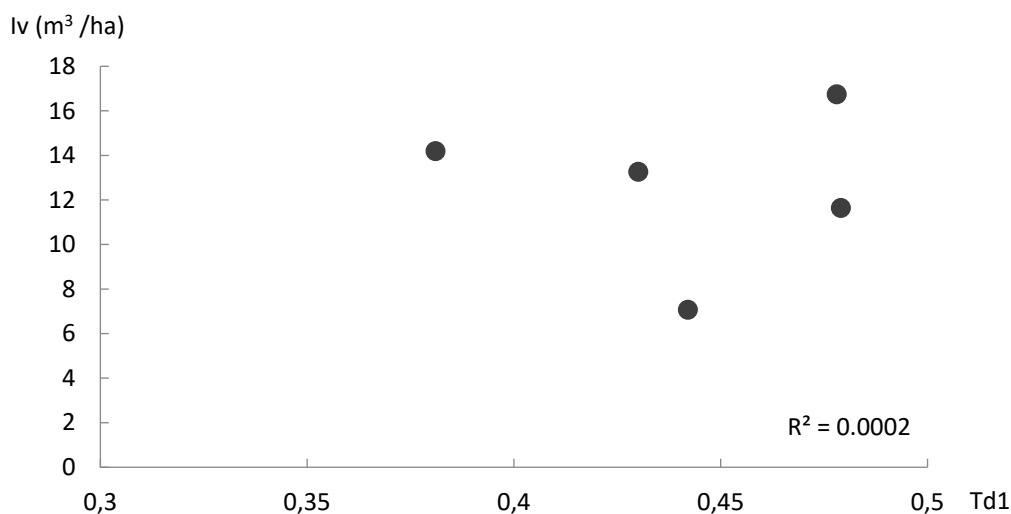
**Tabela 70.** Duncan test –  $\overline{T}_{d3}$  indeksa za oblik kompeticije: jela i bukva\_jela i bukva

Ogledna površina	$\overline{T}_{d1}$	Homogene grupe		
		1	2	3
OP10	0,355			****
OP5	0,405		****	
OP13	0,434	****	****	
OP1	0,449	****		
OP3	0,470	****		

Utvrđena je jaka korelacija između indeksa diferenciranja prečnika stabala i udjela jele u sastojini (za  $\overline{T}_{d1}$ ,  $R = 0,71$  i za  $\overline{T}_{d3}$ ,  $R = 0,65$ ). Sa povećanjem udjela jele povećava se i vrijednost indeksa, odnosno povećava se diferenciranje prečnika stabala. Vacek (2017) je, analizirajući strukturu prirodnih mješovitih šuma (smrča-bukva-jela) u rezervatu prirode Orlické hory Mts na četiri stalne ogledne površine utvrdio vrijednosti indeksa diferenciranja prečnika stabala (0,415; 0,428; 0,474 i 0,549) koje su malo veće od vrijednosti dobijenih u ovom istraživanju. Parobeková et al. (2018) su u mješovitim starim šumama (smrča-jela-bukva) u zapadnim Karpatima utvrdili vrijednosti indeksa diferenciranja po fazama razvoja: inicijalna (0,55), optimalna (0,50) i terminalna (0,56). Navedene vrijednosti su veće od dobijenih u ovom istraživanju, odnosno veće je diferenciranje prečnika stabala.

#### 4.3.3.1. Odnos indeksa diferenciranja prečnika stabala i zapreminskog prirasta sastojine

Korelacionom analizom ispitivana je zavisnost zapreminskog prirasta sastojine od indeksa diferenciranja prečnika stabala (referentno stablo i prvi susjed). Utvrđeni koeficijent korelacije pokazuje da se nije ispoljila zavisnost zapreminskog prirasta sastojine od vrijednosti indeksa diferenciranja prečnika stabala (Grafikon 45). Kad se posmatra odnos indeksa diferenciranja prečnika stabala (razlika u prečnicima između referentnog stabla i njegova tri najbliža susjeda) i zapreminskog prirasta sastojine, takođe se ne ispoljava zavisnost.



**Grafikon 45.** Zavisnost zapreminskog prirasta sastojina po hektaru od vrijednosti T<sub>d1</sub> indeksa

#### 4.3.3.2. Zavisnost debljinskog prirasta stabla jele od prečnika i prečnika prvog susjednog stabla

U kontekstu obračuna indeksa diferenciranja prečnika stabala (referentno stablo i prvi susjed) analizirana je zavisnost debljinskog prirasta stabala jele od prečnika stabla i prečnika prvog susjednog stabla (Obrazac 29).

$$i_{d-jele} = a + bd + cd_s + dd^2 \quad (29)$$

pri čemu je:

d – prečnik posmatranog stabla,

d<sub>s</sub> – prečnik susjednog stabla.

Regresiona jednačina je dobijena metodom postepene (stepwise) višestruke regresije. Regresija u cjelini i koeficijenti regresije statistički su značajni na nivou  $p < 0,01$  (osim koeficijenta „a“). Na osnovu koeficijenta determinacije 46% variranja debljinskog prirasta

stabala jele može se objasniti zavisnošću od prečnika posmatranog stabla i prečnika prvog susjednog stabla. Preostali dio variranja prirasta je uslovljen djelovanjem drugih faktora. Na osnovu dobijenog modela može se izvršiti procjena debljinskog prirasta stabla uz standardnu grešku regresije od 1,30 mm (Tabela 71).

Na osnovu dobijenog regresijskog koeficijenta „c“, uočavamo da se sa povećanjem prečnika susjednog stabla smanjuje prirast posmatranog stabla, što je i očekivano, jer veći prečnik prvog susjednog stabla u prosjeku znači nepovoljni položaj posmatranog stabla.

**Tabela 71.** Karakteristike regresije (zavisnost debljinskog prirasta stabala jele od prečnika stabla i prečnika prvog susjednog stabla)

Regresijski koeficijent	Vrijednost koeficijenta	Standardna greška koeficijenta	t	P	S <sub>t</sub> (mm)	R	R <sup>2</sup>	F	p	n
a	0,036	0,275	0,129	0,897						
b	0,149	0,020	7,449	0,000	1,30	0,68	0,46	148	0,00	552
c	-0,017	0,004	-3,765	0,000						
d	-0,001	0,000	-3,030	0,003						

#### 4.3.4. Weberov visinski kompeticijski indeks

Opisivanje, tzv. jednodimenzionalno inventara drvenastih vrsta u mješovitim sastojinama, bez pokazatelja o načinu raspodjele stabala različitih vrsta u vertikalnom pogledu, dovodi do prevelikog uopštavanja i homogeniziranja, a time i do gubitaka u kvantitativnom i kvalitativnom pogledu informacija o vertikalnoj izgrađenosti sastojina. Zbog toga su značajne analize, koje omogućavaju detaljni uvid u vertikalnu izgrađenost sastojina i nivo strukturnog diverziteta sastojina (Weber 1998, Stajić 2010). Jedan od parametara koji to omogućava je Weberov visinski indeks.

Za kvantificiranje kompeticijske snage posmatranog stabla, Weberov visinski indeks koristi ukupne visine glavnog i konkurentnih stabala. Utvrđene vrijednosti Weberovog visinskog indeksa su u intervalu od 0 do 1. Indeks je jednak nuli kada su sva konkurentna stabla viša od promatranog stabla, odnosno jednak je jedinici kada su sva konkurentna stabla niža od promatranog stabla. Prema tome, više vrijednosti indeksa znače da promatrano stablo ima veću kompeticijsku snagu, odnosno manju konkurenciju u svom okruženju.

U prvoj varijanti, kao glavna referentna stabla za koja je izračunat kompeticijski indeks te istraživani utjecaj elemenata strukture na visinu odabrana su stabla jele odnosno posmatran je

oblik kompeticije: jela\_ jela i bukva. Utvrđene prosječne vrijednosti po oglednim površinama su u intervalu od 0,467 (OP10) do 0,550 (OP3), odnosno prosjek za stabla sa svih oglednih površina je 0,486 (Tabela 72). Utvrđene vrijednosti Weberovog visinskog indeksa po sastojinama su približno iste, odnosno može se konstatovati na osnovu analize varijanse (Tabela 73), da na osnovu ovog indeksa između sastojina nema statistički značajne razlike u pogledu konkurencije između stabala kada je u pitanju vertikalna izgrađenost sastojina.

**Tabela 72.** Weberov visinski kompeticijski indeks za oblik kompeticije: jela\_ jela i bukva

Ogledna površina	n	As	Min	Max	SD	CV (%)
OP1	151	0,472	0,000	1,000	0,356	75
OP3	67	0,550	0,000	1,000	0,359	65
OP5	151	0,487	0,000	1,000	0,342	70
OP10	50	0,467	0,000	1,000	0,340	73
OP13	130	0,474	0,000	1,000	0,354	75
Sve	549	0,486	0,000	1,000	0,350	72

**Tabela 73.** Analiza varijanse - Weberov visinski kompeticijski indeks

Izvori variranja	Stepen slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F	p
Između ogled. pov.	4	0,30546	0,07637	0,6215	0,647389
Unutar ogled. pov.	486	59,71974	0,12288		
Ukupno	490	60,02520			

U drugoj varijanti, kao glavna odnosno referentna stabla za koja je izračunat kompeticijski indeks te istraživani uticaj elemenata strukture na visinu uzeta su sva stabla (jela i bukva). Posmatran je oblik kompeticije: jela i bukva\_ jela i bukva (Tabela 74). Weberov visinski indeks za posmatrani oblik kompeticije pokazuje da najveći kompeticijski pritisak trpe stabla na OP1 (0,474), odnosno da najveću kompeticijsku snagu imaju stabla na OP13 (0,508), u kojoj stabla bukve imaju znatno veći srednji prečnik i visinu u odnosu na stabla jele.

U drugoj varijanti, posmatranjem svih stabala (jela i bukva) kao referentnih stabala na OP10 i OP13 došlo je do povećanja vrijednosti visinskog indeksa. Razlog promjene vrijednosti visinskog indeksa odnosno smanjenja pritiska konkurencije u zoni kompeticije, trebalo bi tražiti u činjenici da je prosječna visina stabala bukve veća od prosječne visine stabala jele, a na ovim oglednim površinama udio bukve je 47%, odnosno 26%.

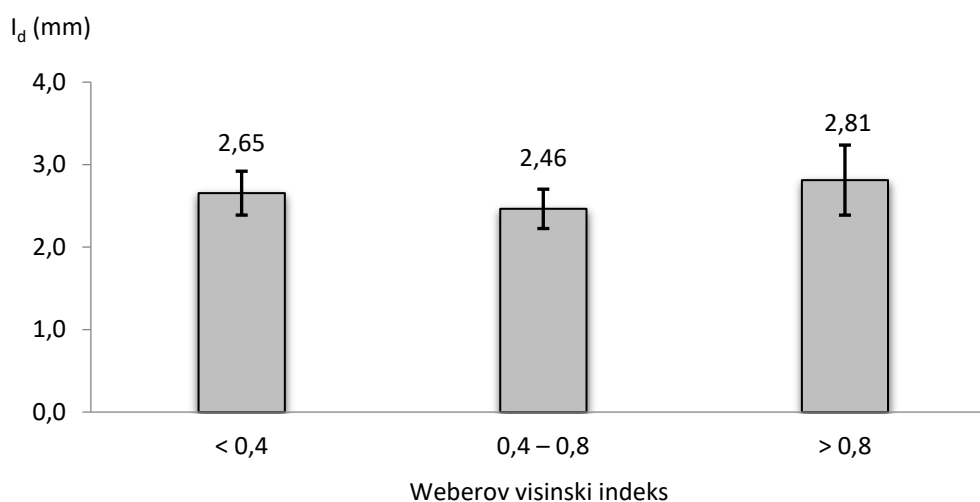


**Tabela 74.** Weberov visinski kompeticijski indeks za oblik kompeticije: jela i bukva\_jela i bukva

Ogledna površina	n	As	Min	Max	SD	CV (%)
OP1	184	0,474	0,000	1,000	0,353	75
OP3	98	0,488	0,000	1,000	0,360	74
OP5	153	0,486	0,000	1,000	0,341	70
OP10	119	0,484	0,000	1,000	0,349	72
OP13	147	0,508	0,000	1,000	0,356	70
Sve	701	0,487	0,000	1,000	0,350	72

#### 4.3.4.1. Odnos Weberovog visinskog kompeticijskog indeksa i tekućeg debljinskog prirasta

Analiziran je odnos debljinskog prirasta stabala jele i utvrđenih vrijednosti Weberovog visinskog indeksa (oblik kompeticije: jela\_jela i bukva). Na grafikonu 46 prikazan je odnos debljinskog prirasta stabala sa različitim vrijednostima Weberovog visinskog indeksa. Između stabala za koja su utvrđene različite vrijednosti Weberovog visinskog indeksa, sumarno gledano, ne javlja se razlika u pogledu debljinskog prirasta pa je odnos stabala sa različitim vrijednostima indeksa analiziran po debljinskim klasama (Tabela 75).

**Grafikon 46.** Odnos debljinskog prirasta stabala sa različitim vrijednostima Weberovog visinskog indeksa

U tabeli 75 prikazane su prosječne vrijednosti debljinskog prirasta stabala razvrstanih po debljinskim klasama i vrijednostima Weberovog visinskog indeksa. Kada su u pitanju tanka i srednje debela stabla, jasno se ispoljava pojava da stabla koja na osnovu vrijednosti Weberovog visinskog indeksa imaju veću kompeticijsku snagu, odnosno manju konkurenciju u svom

okruženju, imaju u prosjeku veći debljinski prirast. Kod debelih stabala nije se ispoljio navedeni uticaj. Kod tankih i srednje debelih stabala sa povećanjem vrijednosti Weberovog visinskog indeksa, odnosno kompeticijske snage smanjuje se relativni varijabilitet debljinskog prirasta stabala.

**Tabela 75.** Odnos debljinskog prirasta stabala jele različite debljine i vrijednosti Weberovog visinskog indeksa

Stablo	Weberov visinski indeks	As	n	-95%	+95%	SD	CV
		mm		mm	mm		
Tanka (do 30 cm)	< 0,4	1,35	201	1,19	1,51	1,11	82
	0,4 – 0,8	2,20	105	1,90	2,51	1,48	67
	> 0,8	3,95	20	3,10	4,80	1,65	42
Srednje debela (od 31 do 50 cm)	< 0,4	2,93	27	2,13	3,73	1,61	55
	0,4 – 0,8	3,55	97	3,23	3,87	1,59	45
	> 0,8	4,31	71	3,89	4,73	1,68	39
Debela (preko 50 cm)	< 0,4	-	-	-	-	-	-
	0,4 – 0,8	5,20	17	3,68	6,72	1,98	38
	> 0,8	5,16	11	3,56	6,75	2,08	40
Σ		2,65	549	0,40	9,40	1,91	72

#### 4.3.4.2. Odnos Weberovog visinskog kompeticijskog indeksa i zapreminskog prirasta sastojine

Regresionom analizom ispitivana je zavisnost zapreminskog prirasta sastojine od vrijednosti Weberovog visinskog indeksa (oblik kompeticije: jela i bukva\_jela i bukva). Zavisnost je obuhvaćena linearnom funkcijom (Funkcija 30).

$$I_v = a + b \cdot Wi \quad (30)$$

pri čemu je:

$$a = 152,21,$$

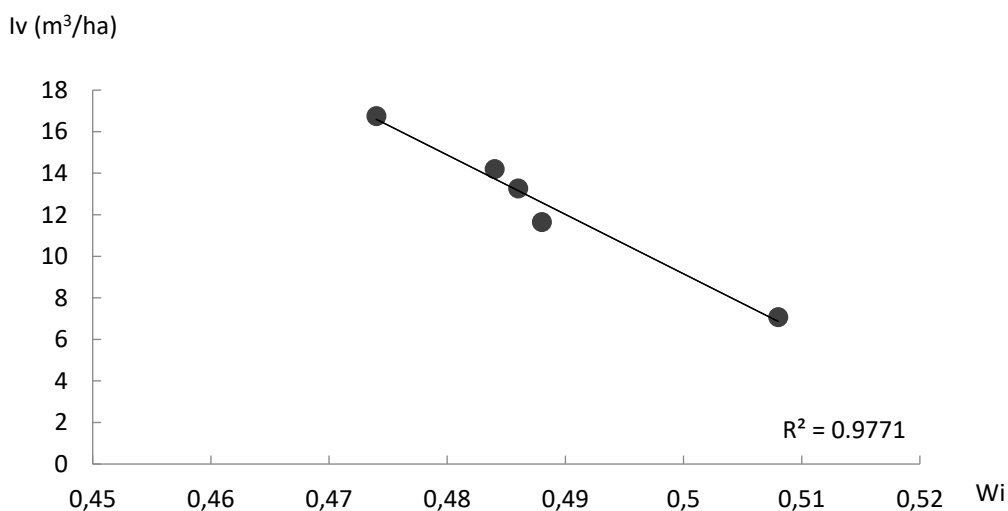
$$b = -286,1.$$

Sa povećanjem vrijednosti Weberovog visinskog indeksa smanjuje se zapreminski prirast sastojine, odnosno sa povećanjem kompeticijske snage opada zapreminski prirast sastojina, odnosno zapreminski prirast po jedinici površine. Na osnovu vrijednosti koeficijenta determinacije 98% variranja vrijednosti zapreminskog prirasta sastojina se može objasniti variranjem visinskog indeksa.

Obrazloženje za navedeni odnos trebalo bi tražiti u činjenici da smanjivanje srednje visine svih stabala u sastojini i temeljnica sastojine povlači za sobom povećanje prosječne

vrijednosti ovog koeficijenta u sastojini. Utvrđene vrijednosti koeficijenta korelacije Weberovog visinskog indeksa sa srednjom visinom i temeljnicom su -0,78, odnosno -0,72. Poznato je da veće visine podrazumijevaju bolje stanišne uslove, a veće temeljnica veći stepen obrasta što se u prosjeku pozitivno odražava na prirast po jedinici površine.

Od svih posmatranih indeksa, najviše je izražena zavisnost zapreminskog prirasta sastojine od vrijednosti Weberovog visinskog indeksa (Grafikon 47). Kao što je konstatovano za utvrđenu pojavu povećanja zapreminskog prirasta sastojine sa povećavanjem vrijednosti Clark-Evansov-og indeksa, i u ovom slučaju se može konstatovati da su potrebna dodatna istraživanja na znatno većem uzorku da bi se izveo generalni stav o zavisnosti zapreminskog prirasta sastojine od vrijednosti Weberovog visinskog indeksa.



**Grafikon 47.** Zavisnost zapreminskog prirasta sastojina po hektaru od vrijednosti Weberovog visinskog kompeticijskog indeksa

#### 4.4. Dendrohronološka istraživanja – hronologija jele

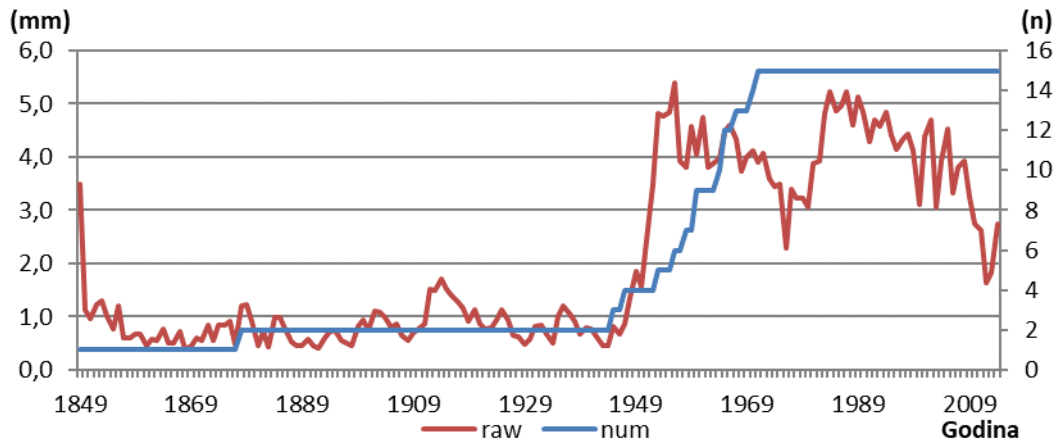
Hronologije jele po lokalitetima odnosno oglednim površinama razvijene su polazeći od podataka mjerenja širina prstenova prirasta. Postupkom tzv. unakrsnog datiranja (eng. Crossdating) izvršena je provjera tačnosti datiranja svakog prstena prirasta, odnosno tačnosti pridodavanja svakog nastalog prstena prirasta kalendarskoj godini u kojoj je prsten prirasta formiran. Unakrsno datiranje je u prvom koraku vršeno pomoću vizualnih tehnika na ekranu (kostur crtež) sa CDendro softverom (<http://www.cybis.se/forfun/dendro/>), a potom u drugom koraku pomoću statističkih metoda u okviru specijalizovanog programa „Cofecha“ (Holmes 1983, Grissino-Mayer 2001). Program „Cofecha“ je korišten za provjeru kvaliteta mjerenja i unakrsnog datiranja odnosno za provjeru opšteg kvaliteta serija prstenova prirasta. Prema Speer (2010) specijalizovani program „Cofecha“ je jedan od najkorisnijih programa u dendrohronologiji.

Upotrebom programa Arstan (ArsWIN) izvršeno je detrendovanje, odnosno standardizacija nizova godova jele pomoću tzv. glatkih kubnih splajnova (eng. smoothing cubic spline). Rezultat obrade u programu Arstan su serije indeksa prstenova prirasta, odnosno rezultat analize hronologije s programom Arstan su tri krivulje odnosno tri verzije hronologije (std, res i ars) i sveobuhvatni prikaz rezultata statističke analize. Verzija „std“ je dobijena tako što su detrendovane (standardizovane) serije indeksa prstenova prirasta kombinovane u prosječnu vrijednost funkcije svih serija. Prosječna vrijednost za svaku godinu je dobijena tehnikom poznatom kao „biweight robust estimate of the mean.“ Navedena „biweight“ sredina je sastavni dio metodologije Arstan i preporučuje se da se uklone posljedice endogenih poremećaja sastojina i da se poboljša zajednički signal sadržan u podacima. Ako se zahtijeva da se autoregresivno modeliranje ne uradi, koristi se ova verzija hronologije. Druga „res“ verzija hronologije se obračunava na isti način kao prva verzija, s tim da se koriste rezidualne serije dobijene monovarijantnim autoregresionim modelovanjem. Treća verzija „ars“ se izvodi iz hronologije „res“ (postupkom multivarijantne autoregresione analize). Ova hronologija ima najbolji klima signal i često se koristi za proučavanje uticaja klime na širinu prstenova prirasta (Cook 1985, Cook i Holmes 1986).

##### 4.4.1. Hronologija jele u sastojini na oglednoj površini 1

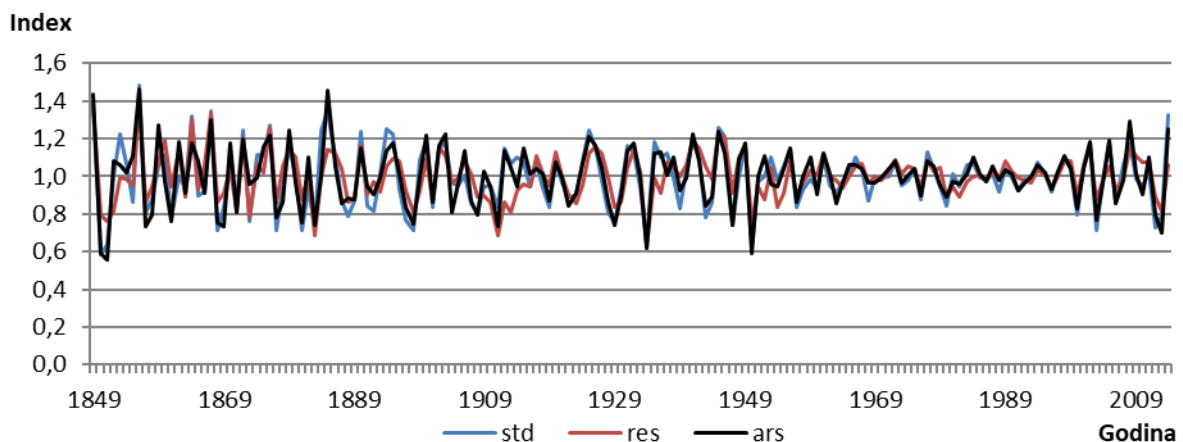
Na grafikonu 48 prikazana je prosječna empirijska serija prstenova prirasta i broj uzoraka po godinama u sastojini na OP1. Obrada u programu Cofecha je pokazala da je aritmetička sredina svih pojedinačnih serija empirijskih širina prstenova prirasta 3,54 mm, a standardna

devijacija 1,667 mm. Serijska interkorelacija empirijskih širina godova iznosi u prosjeku 0,444, a srednji stepen senzitiviteta 0,228. Filtrirane serije širina godova imaju prosječnu veličinu standardne devijacije 0,302 i prosječnu veličinu autokorelacionog koeficijenta veoma blisku 0 (-0,003). Dobijeni ukupni broj „problematicnih“ segmenata je 2. Ukupni broj segmenata (pedesetogodišnjih) stabala je 33, odnosno udio problematicnih segmenata je 6,06 %.



**Grafikon 48.** Empirijska serija prstenova prirasta jele i broj uzoraka po godinama na OP1

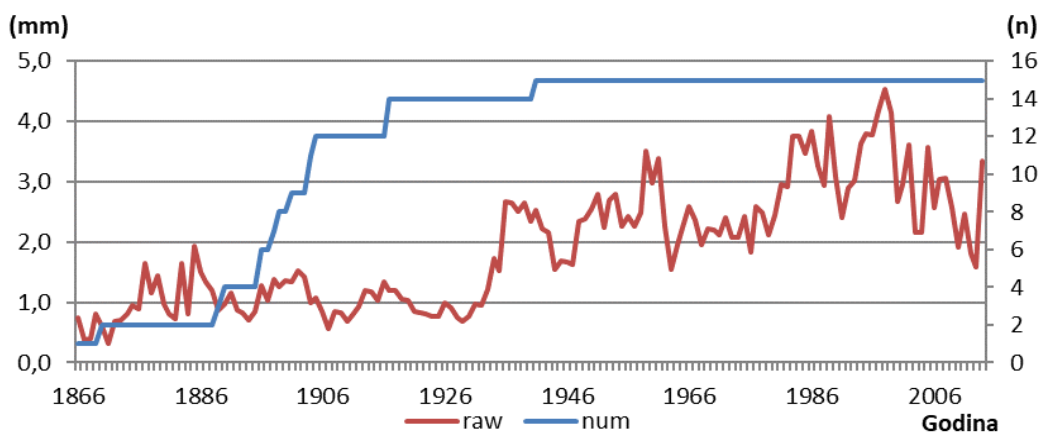
Na grafikonu 49 prikazane su standardizovane serije prstenova prirasta, odnosno sve tri verzije hronologija. Prva godina serija prstenova prirasta je 1849, a posljednja 2014. godina, odnosno dužina dobijene hronologije je 166 godina. Prosječna vrijednost indeksa širine goda je 1,000, standardna devijacija širine godova je 0,160, koeficijenta asimetrije „skew“ je -0,057, a koeficijenta spljoštenosti „kurt“ je 3,601. Srednja osjetljivost je 0,186, a serijska korelacija je -0,128.



**Grafikon 49.** Standardizovane serije prstenova prirasta jele na OP1 (Arstan)

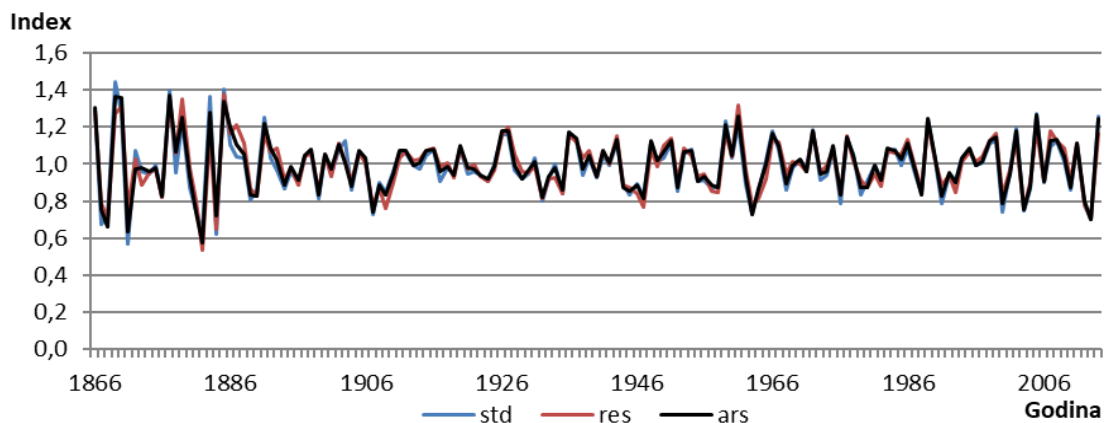
#### 4.4.2. Hronologija jele u sastojini na oglednoj površini 3

Na grafikonu 50 prikazana je prosječna empirijska serija prstenova prirasta i broj uzoraka po godinama u sastojini na OP3. Obrada u programu Cofecha je pokazala da je aritmetička sredina svih pojedinačnih serija empirijskih širina prstenova prirasta 2,26 mm, a standardna devijacija 1,381 mm. Serijska interkorelacija empirijskih širina godova iznosi u prosjeku 0,491, a srednji stepen senzitiviteta 0,276. Filtrirane serije širina godova imaju prosječnu veličinu standardne devijacije 0,377 i prosječnu veličinu autokorelacionog koeficijenta veoma blisku 0 (0,007). Dobijeni ukupni broj „problematičnih“ segmenata je 4. Ukupni broj segmenata (pedesetogodišnjih) stabala je 69, odnosno udio problematičnih segmenata je 5,80 %.



**Grafikon 50.** Empirijska serija prstenova prirasta jele i broj uzoraka po godinama na OP3

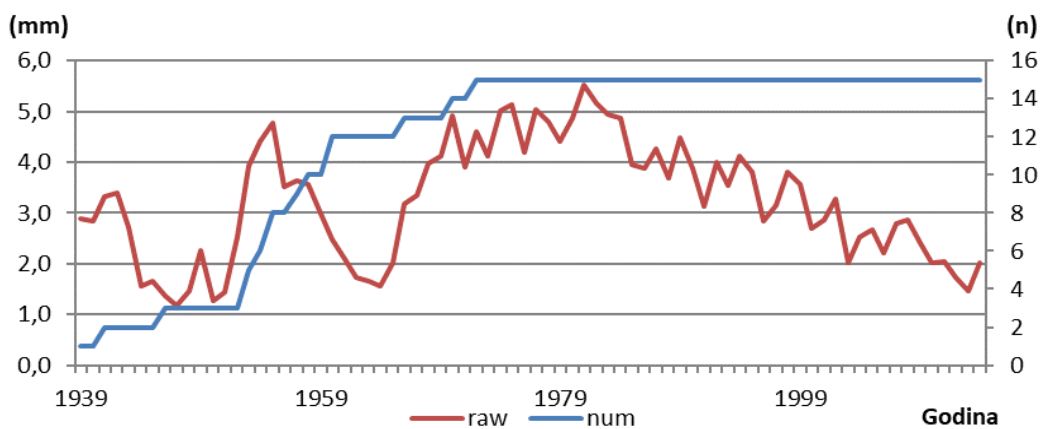
Na grafikonu 51 prikazane su standardizovane serije prstenova prirasta, odnosno sve tri verzije hronologija. Prva godina serija prstenova prirasta je 1866, a posljednja 2014. godina. Dužina dobijene hronologije je 149 godina. Prosječna vrijednost indeksa širine goda je 0,998, standardna devijacija širine godova je 0,150, koeficijenta asimetrije „skew“ je 0,055, a koeficijenta spljoštenosti „kurt“ je 3,258. Srednja osjetljivost je 0,162, a serijska korelacija je -0,081.



**Grafikon 51.** Standardizovane serije prstenova prirasta jele na OP3 (Arstan)

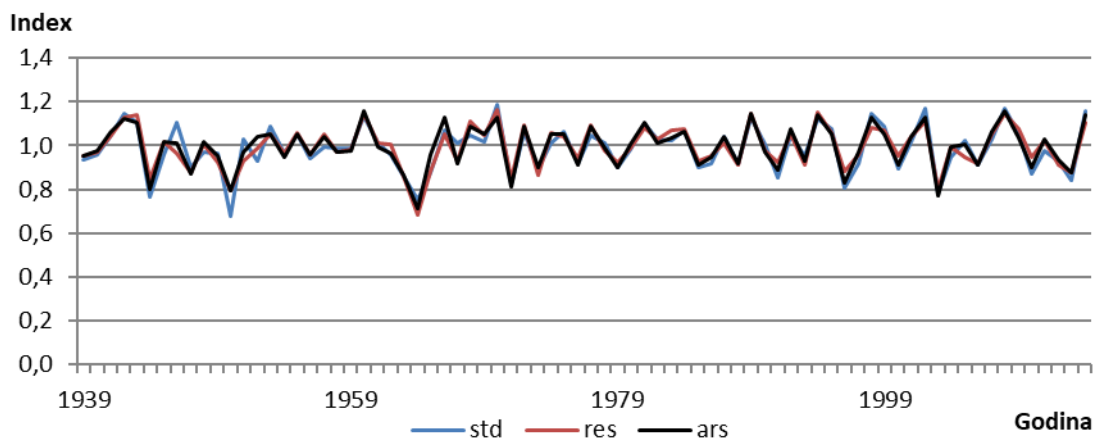
#### 4.4.3. Hronologija jele u sastojini na oglednoj površini 5

Na grafikonu 52 prikazana je prosječna empirijska serija prstenova prirasta i broj uzoraka po godinama u sastojini na OP5. Obrada u programu Cofecha je pokazala da je aritmetička sredina svih pojedinačnih serija empirijskih širina prstenova prirasta 3,56 mm, a standardna devijacija 1,640 mm. Serijska interkorelacija empirijskih širina godova iznosi u prosjeku 0,515, a srednji stepen senzitiviteta 0,220. Filtrirane serije širina godova imaju prosječnu veličinu standardne devijacije 0,364 i prosječnu veličinu autokorelacionog koeficijenta blisku 0 (0,011). Dobijeni ukupni broj „problematicnih“ segmenata je 2. Ukupni broj segmenata (pedesetogodišnjih) stabala je 30, odnosno udio problematicnih segmenata je 6,67 %.



**Grafikon 52.** Empirijska serija prstenova prirasta jele i broj uzoraka po godinama na OP5

Na grafikonu 53 prikazane su standardizovane serije prstenova prirasta, odnosno sve tri verzije hronologija. Prva godina serija prstenova prirasta je 1939, a posljednja 2014. godina. Dužina dobijene hronologije je 76 godina. Prosječna vrijednost indeksa širine goda je 0,994, standardna devijacija širine godova je 0,099, koeficijenta asimetrije „skew“ je -0,526, a koeficijenta spljoštenosti „kurt“ je 3,053. Srednja osjetljivost je 0,131, a serijska korelacija je -0,145.

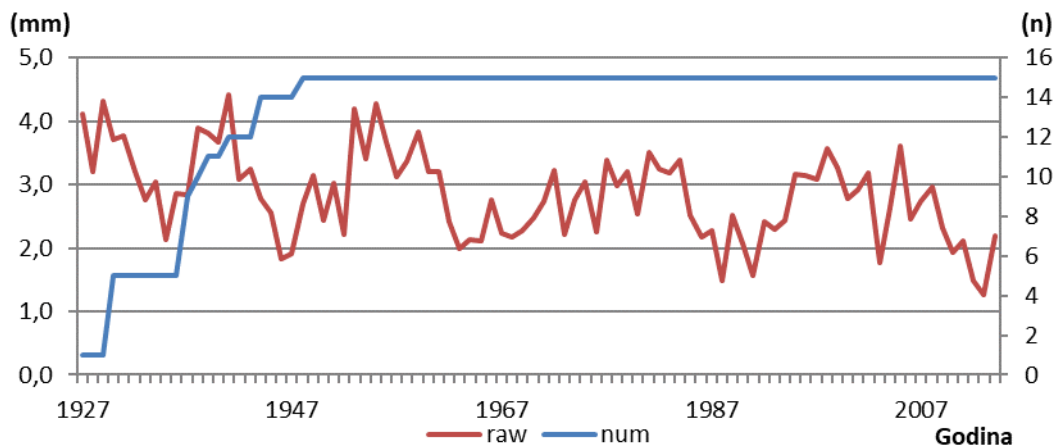


**Grafikon 53.** Standardizovane serije prstenova prirasta jele na OP5 (Arstan)

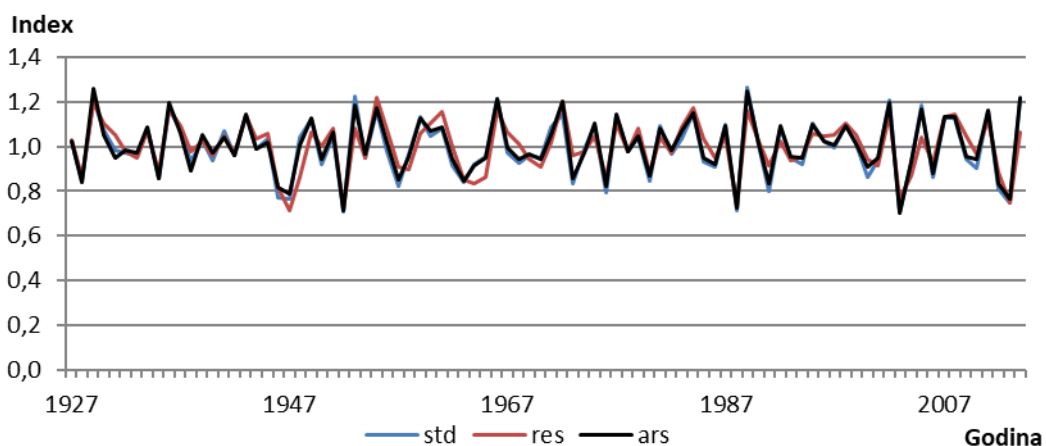
#### 4.4.4. Hronologija jele u sastojini na oglednoj površini 10

Na grafikonu 54 prikazana je prosječna empirijska serija prstenova prirasta i broj uzoraka po godinama u sastojini na OP10. Obrada u programu Cofecha je pokazala da je aritmetička sredina svih pojedinačnih serija empirijskih širina prstenova prirasta 2,95 mm, a standardna devijacija 1,440 mm. Serijska interkorelacija empirijskih širina godova iznosi u prosjeku 0,619, a srednji stepen senzitiviteta 0,258. Filtrirane serije širina godova imaju prosječnu veličinu standardne devijacije 0,332 i prosječnu veličinu autokorelacionog koeficijenta blisku 0 (-0,012). Nisu registrovani „problematici“ segmenti.

Na grafikonu 55 prikazane su standardizovane serije prstenova prirasta, odnosno sve tri verzije hronologija. Prva godina serija prstenova prirasta je 1927, a posljednja 2014. godina. Dužina dobijene hronologije je 88 godina. Prosječna vrijednost indeksa širine goda je 1,002, standardna devijacija širine godova je 0,126, koeficijenta asimetrije „skew“ je -0,179, a koeficijenta spljoštenosti „kurt“ je 2,791. Srednja osjetljivost je 0,168, a serijska korelacija je -0,324.



**Grafikon 54.** Empirijska serija prstenova prirasta jele i broj uzoraka po godinama na OP10

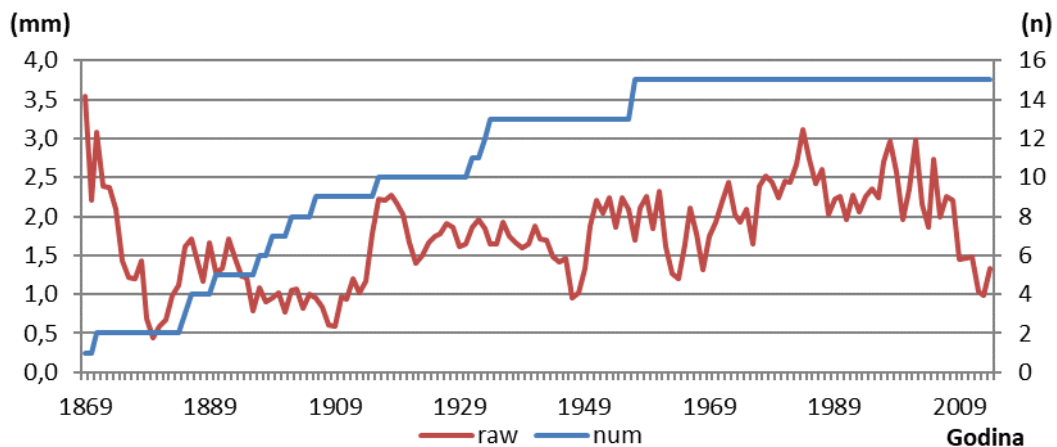


**Grafikon 55.** Standardizovane serije prstenova prirasta jele na OP10 (Arstan)



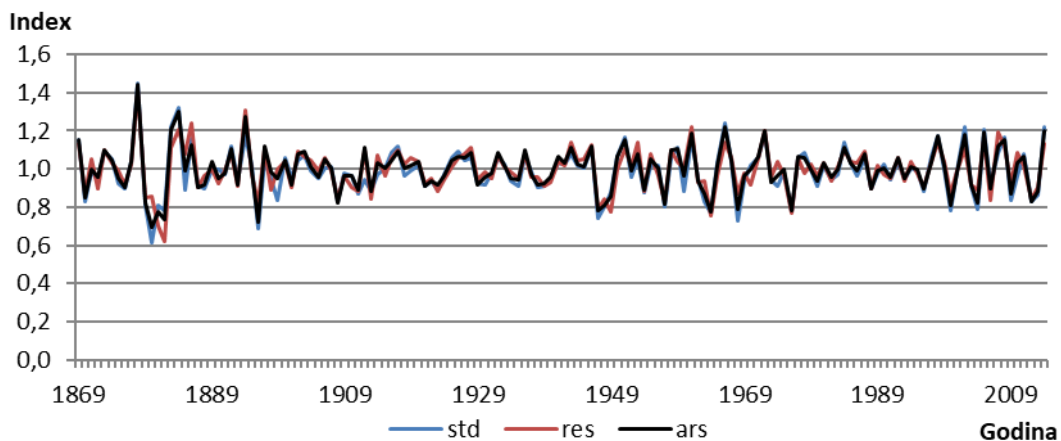
#### 4.4.5. Hronologija jele u sastojini na oglednoj površini 13

Na grafikonu 56 prikazana je prosječna empirijska serija prstenova prirasta i broj uzoraka po godinama u sastojini na OP13. Obrada u programu Cofecha je pokazala da je aritmetička sredina svih pojedinačnih serija empirijskih širina prstenova prirasta 1,92 mm, a standardna devijacija 0,961 mm. Serijska interkorelacija empirijskih širina godova iznosi u prosjeku 0,434, a srednji stepen senzitiviteta je 0,241. Filtrirane serije širina godova imaju prosječnu veličinu standardne devijacije 0,326 i prosječnu veličinu autokorelacionog koeficijenta blisku 0 (0,012). Dobijeni ukupni broj „problematicnih“ segmenata je 4. Ukupni broj segmenata (pedesetogodišnjih) stabala je 62, odnosno udio problematicnih segmenata je 6,45 %.



**Grafikon 56.** Empirijska serija prstenova prirasta jele i broj uzoraka po godinama na OP13

Na grafikonu 57 prikazane su standardizovane serije prstenova prirasta, odnosno sve tri verzije hronologija. Prva godina serija prstenova prirasta je 1869, a posljednja 2014. godina. Dužina dobijene hronologije je 146 godina. Prosječna vrijednost indeksa širine goda je 0,997, standardna devijacija širine godova je 0,118, koeficijenta asimetrije „skew“ je 0,220, a koeficijenta spljoštenosti „kurt“ je 4,155. Srednja osjetljivost je 0,129 a serijska korelacija je -0,013.



**Grafikon 57.** Standardizovane serije prstenova prirasta jele na OP13 (Arstan)

#### 4.4.6. Master hronologija jele

Da bi se moglo pristupiti izradi master (zajedničke) hronologije za posmatrano područje, potrebno je utvrditi odnos dobivenih hronologija po lokalitetima. U tabeli 76 prikazani su koeficijetni korelacije i koeficijenti vremenske usklađenosti, odnosno istosmjernosti GLK% (Huber 1943, Eckstein i Bauch 1969) koji su mjera stepena podudaranja dvije hronologije u posmatranom vremenskom intervalu. Stepenn podudaranja se izražava u procentima i ima vrijednost u intervalu od 0 do 100%. Što je veće podudaranje dvije hronologije, veća je vrijednost koeficijenta. Ovaj koeficijent pokazuje koliko dobro dva stabla slijede jedno drugo u rastu tokom posmatranog intervala.

**Tabela 76.** Koeficijenti korelacije i GLK<sup>1</sup>% za jelu

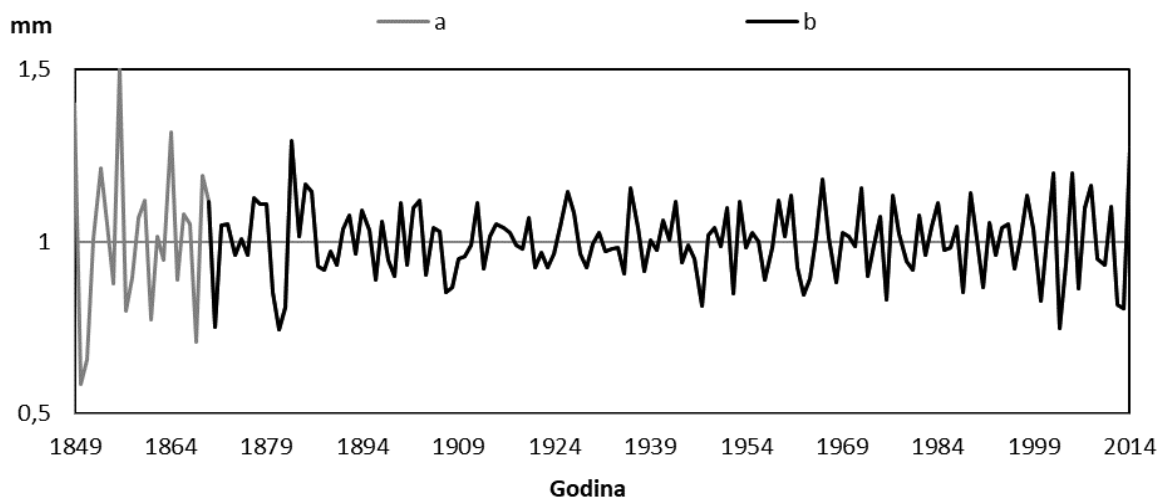
r i GLK	OP1	OP3	OP5	OP10	OP13
OP1		r = 0,5390 p = 0,000 GLK = 0,780**	r = 0,5298 p = 0,000 GLK = 0,800**	r = 0,5271 p = 0,000 GLK = 0,856**	r = 0,5151 p = 0,000 GLK = 0,848**
OP3	r = 0,5390 p = 0,000 GLK = 0,780**		r = 0,5461 p = 0,000 GLK = 0,723**	r = 0,7770 p = 0,000 GLK = 0,759**	r = 0,6514 p = 0,000 GLK = 0,659**
OP5	r = 0,5298 p = 0,000 GLK = 0,800**	r = 0,5461 p = 0,000 GLK = 0,723**		r = 0,5444 p = 0,000 GLK = 0,723**	r = 0,4370 p = 0,000 GLK = 0,730**
OP10	r = 0,5271 p = 0,000 GLK = 0,856**	r = 0,7770 p = 0,000 GLK = 0,759**	r = 0,5444 p = 0,000 GLK = 0,723**		r = 0,6386 p = 0,000 GLK = 0,729**
OP13	r = 0,5151 p = 0,000 GLK = 0,848**	r = 0,6514 p = 0,000 GLK = 0,659**	r = 0,4370 p = 0,000 GLK = 0,730**	r = 0,6386 p = 0,000 GLK = 0,729**	

Koeficijenti korelacije su relativno visoki i statistički vrlo značajni. Vrijednosti koeficijenata korelacije kreću se u intervalu od 0,437 između OP5 i OP13 do 0,777 između OP3 i OP10. Koeficijenti vremenske usklađenosti, odnosno istosmjernosti GLK% su takođe statistički značajni i vrijednosti se kreću u intervalu od 0,659 između OP3 i OP13 do 0,856 između OP1 i OP10. Rezultati ove analize pokazuju da postoje značajna podudaranja, odnosno usklađenost formiranih hronologija po lokalitetima.

<sup>1</sup> \* - Statistički značajna vrijednost uz vjerovatnoću od 95%,

\*\* - Statistički značajna vrijednost uz vjerovatnoću od 99%.

Izradi master hronologije jele za područje planine Borja pristupilo se polazeći od prethodno prikazane analize koja je pokazala dobro podudaranje formiranih hronologija, odnosno slične obrasce prstenova prirasta po lokalitetima. Na grafikonu 58 prikazana je „ars“ verzija dobijene hronologije za područje planine Borja. Dužina dobijene hronologije je 166 godine (a), odnosno prva godina serija prstenova prirasta je 1849, a posljednja 2014. godina. Ako se za početak hronologije uzme godina u kojoj su prisutne minimalno četiri serije prstenova, prirasta prva godina hronologije je 1870, odnosno dužina dobijene hronologije je 145 godina (b). Prosječna vrijednost indeksa širine prstenova prirasta je 1,001, standardna devijacija je 0,127, koeficijenta asimetrije „skew“ je 0,238, a koeficijenta spljoštenosti „kurtosis“ je 5,085. Srednja osjetljivost je 0,142, a serijska korelacija je -0,197.



**Grafikon 58.** Master hronologija jele za područje planine Borja

Prema Butler et al. (2013), kao osnovni statistički pokazatelji u Arstan-u koji pokazuju optimalne veličine uzorka unutar referentne hronologije za dobijanje stabilnog i jasnog zajedničkog klimatskog signala u klimatološkim istraživanjima, izdvajaju se R-bar i EPS. Dobijene vrijednosti ovih parametara prikazane su u Tabeli 77.

*EPS (expressed population signal)* je statistička mjera koja pokazuje nivo zajedničkog signala među uzorcima korištenim za dobijanje hronologije. Empirijski utvrđena i prihvaćena granična vrijednost EPS-a (od 0,85) predstavlja granicu ispod koje posmatrana hronologija počinje da gubi koherentni skupni signal i počinje dominirati signal pojedinačnih stabala. Hronologije sa nižim vrijednostima od granične mogu se koristiti za datiranje (npr. u dendroarheološkim istraživanjima) ali zbog varijabilnosti nisu pouzdane za kalibraciju sa klimatskim podacima (Briffa i Jones 1990, Speer 2010). Dobijene vrijednosti, koje su veće od 0,85 ukazuju na mogućnosti korištenja dobijene hronologije za dendroklimatološku analizu.

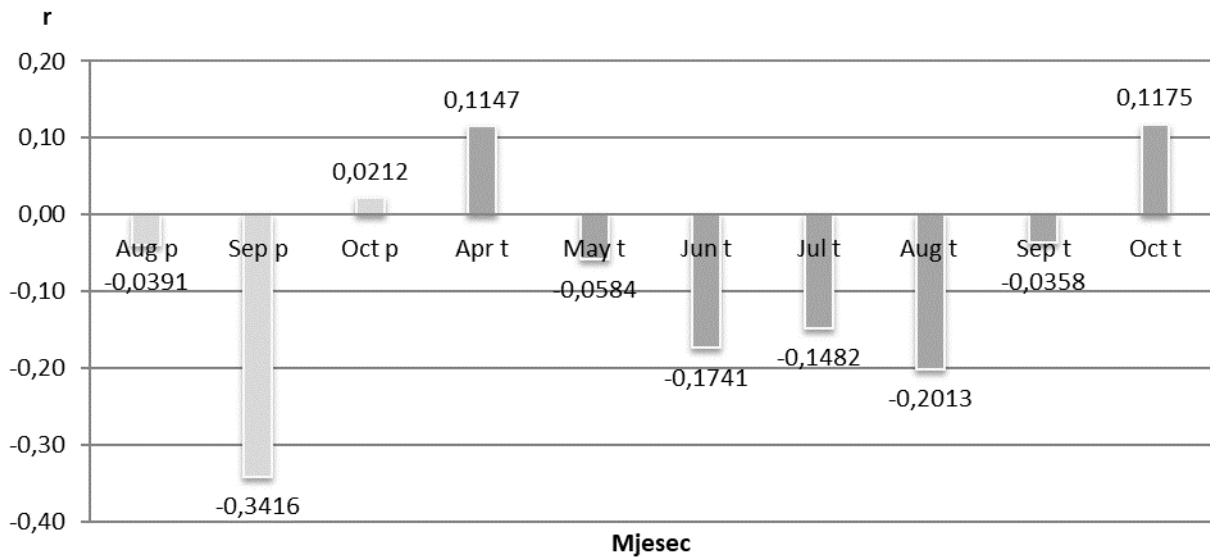
**Tabela 77.** R-bar i EPS pokazatelj u hronologiji jele

Godina	R-bar	EPS
1900	0,1672	0,7544
1925	0,2051	0,8834
1950	0,1735	0,9109
1975	0,1558	0,9235

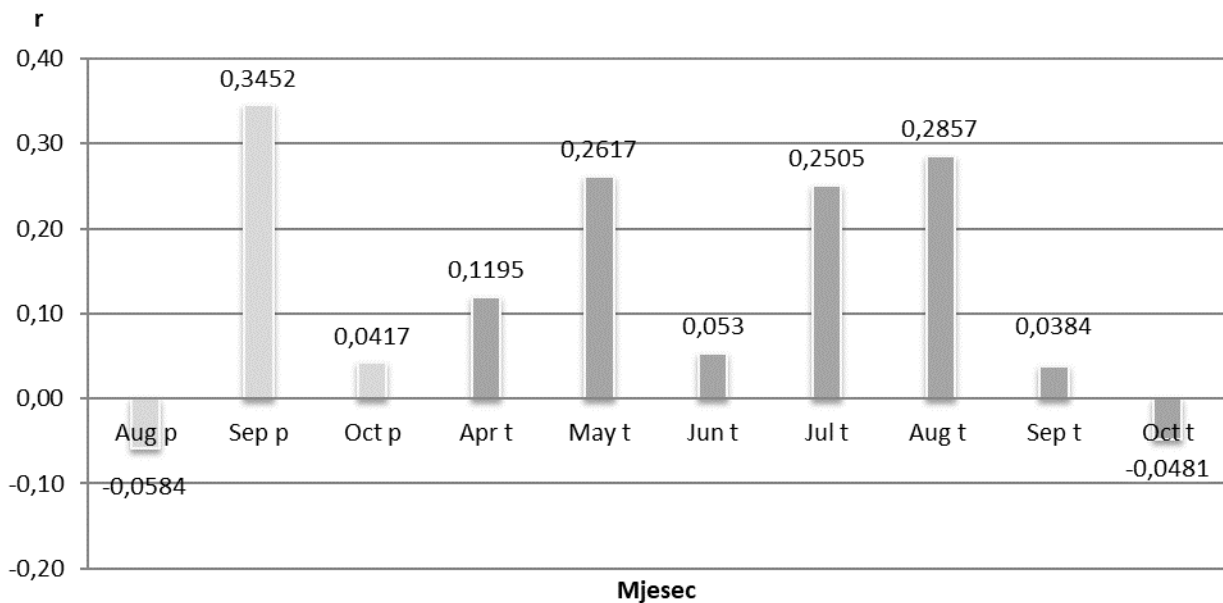
#### 4.4.7. Koeficijenti korelacije između serija indeksa širine goda i klimatskih parametara

Dobijena verzija hronologije „ars“ koristi se za poređenje sa klimatskim parametrima, odnosno za analizu uticaja klimatskih parametara na formiranje godova. U svrhu utvrđivanja zavisnosti između radijalnog prirasta i klime provedene su korelacione analize između serija prstenova prirasta i veličina ovih klimatskih elemenata za avgust, septembar i oktobar prethodne godine i period od aprila do oktobra tekuće godine. Korišteni su podaci sa regionalne meteorološke stanice Doboj za period od 1951. do 2014. godine, a podaci sa lokalne meteorološke stanice Teslić dostupni su za kratak vremenski period. Na grafikonu 59 prikazani su utvrđeni koeficijenti korelacije između indeksa širine godova i temperature za avgust, septembar i oktobar prethodne godine i period od aprila do oktobra tekuće godine. Najveća negativna vrijednost koeficijenta korelacije za jelu utvrđena je za septembar prethodne godine ( $r = -0,34$ ) i avgust tekuće godine ( $r = -0,20$ ), a najveće pozitivne vrijednosti za april i oktobar tekuće godine ( $r = 0,11$ , odnosno  $r = 0,12$ ). Statistički značajna vrijednost koeficijenta korelacije između indeksa širine prstenova prirasta i temperatura ( $p < 0,05$ ) dobijena je samo za septembar prethodne godine.

Utvrđeni koeficijenti korelacije između indeksa širine godova i padavina po mjesecima, kao i kod temperature za avgust, septembar i oktobar prethodne godine i period od aprila do oktobra tekuće godine prikazani su na grafikonu 60. Negativne vrijednosti koeficijenta korelacije utvrđene su za avgust prethodne godine i oktobar tekuće i relativno su male. Najveće pozitivne vrijednosti su utvrđene za septembar ( $r = 0,35$ ) prethodne godine i maj ( $r = 0,26$ ), juli ( $r = 0,25$ ) i avgust tekuće godine ( $r = 0,29$ ) što je i očekivano jer se uglavnom u ljetnim mjesecima javlja nedostatak vlage u zemljištu što se negativno odražava na formiranje godova, odnosno debljinski prirast. Statistički značajne vrijednosti koeficijenta korelacije između indeksa širine prstenova prirasta i padavina ( $p < 0,05$ ) su dobijene za septembar prethodne godine i maj, jul i avgust tekuće godine.



**Grafikon 59.** Koeficijenti korelacije za jelu: indeks širine goda – mjesečna temperatura (Meteorološka stanica Doboj)



**Grafikon 60.** Koeficijenti korelacije za jelu: indeks širine goda – mjesečne padavine (Meteorološka stanica Doboj)

Utvrđeni koeficijent višestruke korelacije između indeksa širine prstenova prirasta i padavina za septembar prethodne godine, maj, juli i avgust tekuće godine te temperature septembra prethodne godine je  $r = 0,52$  i u pitanju je statistički visoka značajna vrijednost ( $p = 0,003$ ).

Vremenske prilike u septembru prethodne godine su značajne zbog akumulacije asimilata krajem vegetacije koji je značajan za početak rasta u narednoj godini. Negativna korelacija sa temperaturom se može pokušati objasniti pretpostavkom da više temperature u septembru prethodne godine povlače sa sobom veću vjerovatnoću sušnog perioda koji se negativno odražava na debljinski prirast u narednoj godini.

Izražen uticaj padavina je očekivan. Prema Dizdarević et al. (1987), jela je vrsta drveća koja zahtijeva dosta vlage. Količina padavina u području areala iznosi prosječno 1.000-2.000 mm, tako da su i granice rasprostiranja jele u velikom slučaju uzrokovane raspoloživom vlagom.

Neispoljavanje uticaja temperature vazduha može se povezati i sa činjenicom da se istraživani lokaliteti nalaze na relativno maloj nadmorskoj visini za jelu (u prosjeku oko 690 m). Prema podacima inveture šuma Matić et al. (1971), prosječna nadmorska visina čistih i mješovitih šuma jele i smrče i mješovitih šuma jele, smrče i bukve u Bosni i Hercegovini je 1.110 m, odnosno samo se 12% površine ovih šuma nalazi na nadmorskoj visini manjoj od 800 m. Polazeći od opšteprihvaćenog naučnog principa u dendrohronologiji, principa ograničavajućih (limitirajućih) faktora za očekivati je da bi se uticaj temperature znatno više ispoljio da su istraživani lokaliteti na većim nadmorskim visinama gdje je temperatura često najviše ograničavajući faktor.

Analiziran je odnos između master hronologija jele i indeksa suše (FAI) koji su razvili Führer et al. (2011). Prema Matović (2013), vrijednosti FAI indeksa na području Balkana nalaze se orijentaciono u granicama od 1 do 20. Za posmatrano područje prosječna godišnja vrijednost ovog indeksa u posmatranom periodu 1955–2014. godine je 4,86. Utvrđena vrijednost koeficijenta korelacije za posmatrani period je -0,34 i u pitanju je statistički značajna vrijednost ( $p = 0,006$ ). Negativna vrijednost pokazuje da se sa povećanjem indeksa suše smanjuje debljinski prirast.

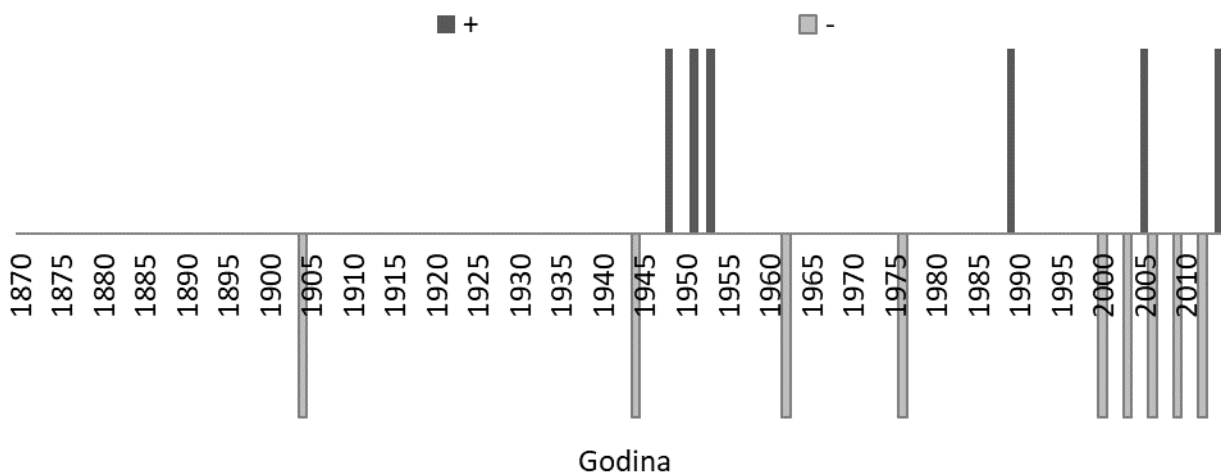
Koeficijenti korelacije master hronologija jele sa padavinama i temperaturama po mjesecima te indeksom suše pokazuju da se na području planine Borja više ispoljio uticaj količine padavina na formiranje prstenova prirasta, odnosno debljinski prirast od uticaja temperature vazduha.

#### 4.4.8. Indikatorske godine

Prema Schweingruber (1983) i Piovesen et al. (2003), godinu identifikujemo kao indikatorsku godinu (pointer year) kada u uzorku od 10 ili više pojedinačnih serija više od 90% serija pokazuje isti trend povećanja ili smanjenja širine prstena prirasta u datoj godini u odnosu na prethodnu godinu, odnosno prema Huber i Giertz-Siebenlist (1969) indikatorske godine se iščitavaju iz širine prstenova prirasta kada barem 80% unakrsno datiranih uzoraka pokazuje isti trend.

Polazeći od kriterijuma da su indikatorske godine godine u kojima više od 80% serija pokazuju trend povećanja, odnosno smanjenja prirasta izdvojeno je 6 pozitivnih godina, odnosno godina ekstremnog pozitivnog prirasta: 1948, 1951, 1953, 1989, 2005. i 2014. godina i 9 negativnih godina, odnosno godina sa značajnim padom debljinskog prirasta: 1904, 1944, 1962, 1976, 2000, 2003, 2006, 2009. i 2012. godina. Kada su u pitanju negativne godine, indikativno je da je u posljednjih 14 godina, odnosno od 2000. godine konstatovan isti broj karakterističnih godina kao i u periodu do 2000. godine (Grafikon 61).

U dendrohronološkoj analizi jele u Dinarskom fitogeografskom području u Sloveniji za period od 1895. do 1995. godine identifikovano je 20 karakterističnih godina: 11 negativnih i 9 pozitivnih. Kao negativne godine, na svih šest istraživanih lokaliteta, identifikovane su i 1962. i 1976. godina (kao i u ovom istraživanju). Negativna karakteristična godina 1976. je prisutne svuda u Evropi (Levanič, 1996).



**Grafikon 61.** Indikatorske godine (pointer years)

## 4.5. Bioindikacija vitalnosti stabala i sastojina

### 4.5.1. Bioindikacija vitalnosti na osnovu indeksa širine goda

Brojna istraživanja su pokazala da promjene prirasta i njegova odstupanja od tipičnih tokova predstavljaju bioindikator vitalnosti stabala i sastojina. Prirast se može smatrati pouzdanim bioindikatorom vitalnosti stabala i ekoloških uslova u kojima je stablo raslo i parametrom za prognozu, odnosno predviđanje devitalizacije i odumiranja stabala u budućnosti. Od posebnog značaja, pored širine godova kao značajnog produkcionog pokazatelja, je analiza variranja širine godova od širokih do izrazito uskih, kao bioindikator ugroženosti neke vrste na određenom staništu. Monitoring debljinskog prirasta stabala i sastojina i prognoza njegovog trenda može omogućiti pravovremeno otkrivanje devitalizacije, te smanjivanje mogućih šteta u periodu prije pojave okularno vidljivih simptoma sušenja. Sušenje sa okularno vidljivim simptomima je samo završna faza procesa devitalizacije koji može biti prikriven i do nekoliko decenija (Fritts, 1976; Prpić *et al.*, 1994; Vučković *et al.*, 1998; Vučković i Stamenković 2000; Bigler i Bugman, 2003, 2004; Vučković *et al.*, 2004, 2005, 2008; Dukić i Maunaga, 2007, 2009; Stajić, 2010; Stajić *et al.*, 2017 itd.).

Analizom su obuhvaćena zasebno stabla prvog, drugog i trećeg biološkog položaja na 5 oglednih površina (Ogledne površine: 1, 3, 5, 10 i 13) koje karakterišu različiti stanišni i sastojinski uslovi. Stabla su razvrstana u tri biološka razreda prema Bunuševac (1951): dominantna stabla (Prvi biološki položaj, Kraft 1 i 2), kodominantna stabla (Drugi biološki položaj, Kraft 3 i 4a) i podstojna stabla (Treći biološki položaj, Kraft 4b i 5). Na navedenih pet oglednih površina, Preslerovim svrdlom konstruisanim za uzimanje dugih uzvrtaka izbušeno je po 5 stabala jele prvog, drugog i trećeg biološkog položaja odnosno ukupno po 25 stabala različitih bioloških položaja.

Težište analize je na stablima prvog biološkog položaja, odnosno dominantnim stablima čiji je prirast rezultanta vitalnosti stabala i djelovanja egzogenih faktora, za razliku od stabala lošijeg biološkog položaja kod kojih je prirast rezultanta i uticaja konkurenata.

Prema Vučković *et al.* (2005), stabla sa malom širinom godova nemaju dovoljan kapacitet za provođenje vode i hranljivih materija što u slučaju dominantnih stabala, zbog razvijenosti krošanja i velike „transportne distance“, često dovodi do debalansa između dotoka i potrošnje vode, odnosno do devitalizacije i odumiranja.



S ciljem uklanjanja, odnosno minimiziranja uticaja starosti na trend prirasta, odnosno da bi se bolje sagledala reakcija stabala na djelovanje egzogenih faktora putem radijalnog prirasta izračunati su indeksi širine goda (Funkcija 31):

$$I = \frac{i_r}{\hat{i}_r} \quad (31)$$

pri čemu je:

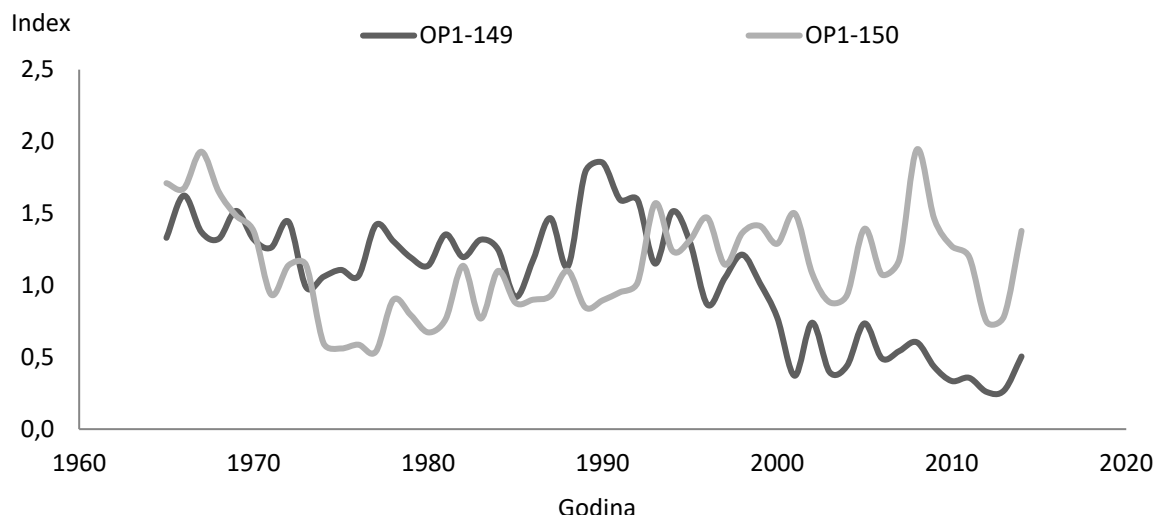
- I – indeks širine goda,
- $i_r$  – stvarna širina goda,
- $\hat{i}_r$  – procijenjena širina goda.

Da bi se dobile procijenjene širine godova, prosječne vrijednosti širina godova stabala prvog, drugog i trećeg biološkog položaja su izravnate u programu Antevs (Rayburn & Vollmer 2013, Vollmer 2016) primjenom tzv. glatkih kubnih splajnova (eng. smoothing cubic spline). Splajn je specijalna funkcija definisana dio po dio preko polinoma tako da izglučava vezu između „n“ tačaka definisanih u Kartezijevom koordinatnom sistemu (Pretzsch, 2009). Kubne splajnovne su 1981. godine u dendrohronologiju uveli Cook i Peters (1981), svjesni nedostataka standardizacije podataka s krutim funkcijama.

Serije prstenova prirasta u proteklom periodu od 50 godina (1965–2014. godine), po biološkim razredima su podijeljene sa izravnatim vrijednostima primjenom tzv. glatkih kubnih splajnova i dobijeni su indeksi širine goda koji su omogućili identifikaciju stabala sa skrivenim simptomima devitalizacije, odnosno stabala kod kojih može doći do opadanja vitalnosti i na kraju i do sušenja.

Polazi se od pretpostavke da su stabla koja u posmatranom periodu imaju evidentan pad indeksa  $i$  u proteklih minimalno 15 godina vrijednost indeksa konstantno manju od 1 označena kao stabla sa skrivenim simptomima devitalizacije.

Na grafikonu 62 je prikazan odnos indeksa širine godova vitalnog stabla (stablo broj 150) i stabla sa skrivenim simptomima devitalizacije (stablo broj 149) na OP1. Stabla su približno istih dimenzija: stablo broj 149 je prečnika 45,5 cm i visine 29,2 m, a stablo broj 150 je prečnika 49,5 cm i visine 30,2 m. Na osnovu spoljnjih pokazatelja za stablo broj 150 je konstatovano da je stablo dobrog vitaliteta (A), a za stablo broj 149 da je stablo srednjeg vitaliteta (B).



**Grafikon 62.** Odnos indeksa širine godova vitalnog stabla (stablo broj 150) i stabla sa skrivenim simptomima devitalizacije (stablo broj 149)

U tabeli 78 prikazan je odnos broja vitalnih stabala i stabala sa skrivenim simptomima devitalizacije po ogleđnim površinama i biološkim razredima. Na grafikonima 63, 64 i 65 prikazane su vrijednosti i tok indeksa širine goda u proteklom periodu za dominantna, kodominantna i podstojna stabla.

Kada su u pitanju dominantna stabla najveći udio stabala sa skrivenim simptomima devitalizacije konstatovan je na OP5, a uopšte nisu registrovana stabla sa skrivenim simptomima devitalizacije na OP3 i OP13.

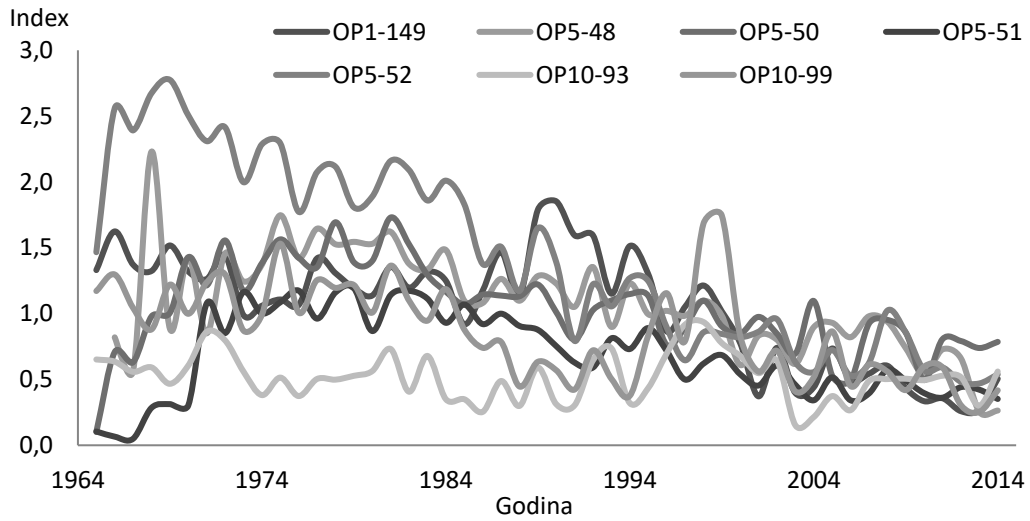
Po ogleđnim površinama udio dominantnih stabala sa skrivenim simptomima devitalizacije je u intervalu od 0% do 80%, odnosno posmatrajući sumarno svih pet sastojina udio je 28%. Dukić i Maunaga (2009) su primjenom iste metode u zrelijim sastojinama hrasta kitnjaka, po ekološkim jedinicama utvrdili prisustvo dominantnih stabala sa skrivenim simptomima devitalizacije u intervalu od 31% do 35%.

Kada su u pitanju kodominantna stabla, najveći udio stabala sa skrivenim simptomima devitalizacije konstatovan je na OP1, OP3 i OP10, a uopšte nisu registrovana stabla sa skrivenim simptomima devitalizacije na OP13.

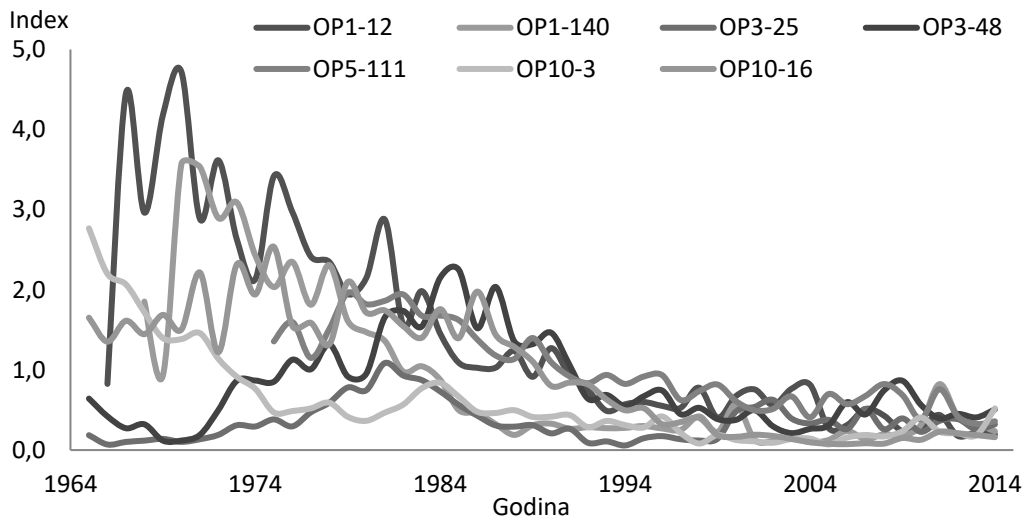
Kada su u pitanju podstojna stabla, najveći udio stabala sa skrivenim simptomima devitalizacije konstatovan je na OP3 i OP13. Nisu registrovana stabla sa skrivenim simptomima devitalizacije na OP1.

**Tabela 78.** Udio vitalnih stabala i stabala sa skrivenim simptomima devitalizacije po oglednim površinama

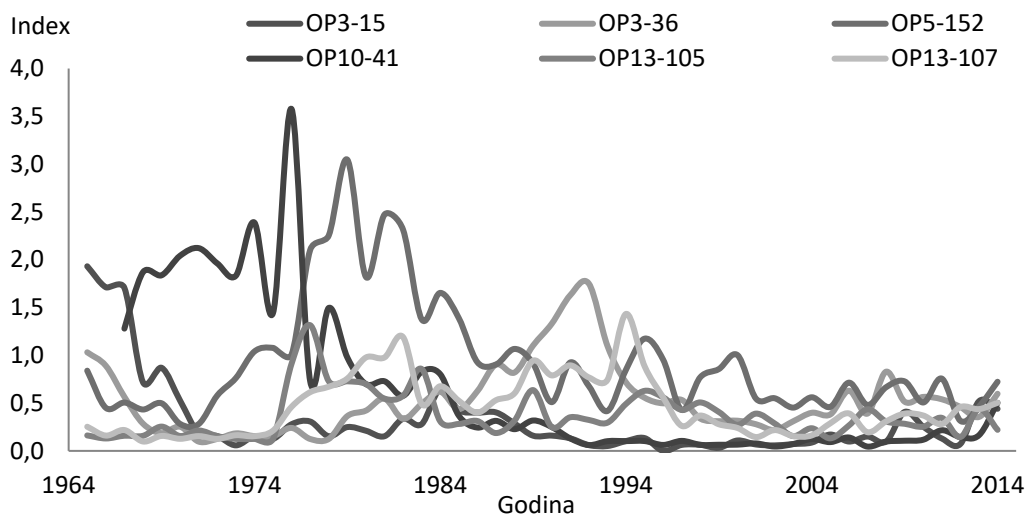
Ogledna površina	Vitalna stabla		Stabla sa skrivenim simptomima devitalizacije	
	(kom/OP)	(%)	(kom/OP)	(%)
<b>Dominantna stabla – I BP</b>				
1	4	80	1	20
3	5	100	0	0
5	1	20	4	80
10	3	60	2	40
13	5	100	0	0
Σ	18	72	7	28
<b>Kodominantna stabla – II BP</b>				
1	3	60	2	40
3	3	60	2	40
5	4	80	1	20
10	3	60	2	40
13	5	100	0	0
Σ	18	72	7	28
<b>Podstojna stabla – III BP</b>				
1	5	100	0	0
3	3	60	2	40
5	4	80	1	20
10	4	80	1	20
13	3	60	2	40
Σ	19	76	6	24



**Grafikon 63.** Stabla sa skrivenim simptomima devitalizacije – I BP



**Grafikon 64.** Stabla sa skrivenim simptomima devitalizacije – II BP



**Grafikon 65.** Stabla sa skrivenim simptomima devitalizacije – III BP

Analizirane su razlike vitalnih stabala ( $n_1$ ) i stabala sa skrivenim simptomima devitalizacije ( $n_2$ ) u pogledu: površine projekcije krošnje, prsnog prečnika, visine i vitalnosti (VT) primjenom  $t$  - testa. Analiza je pokazala da po biološkim položajima ne postoje statistički značajne razlike između navedenih grupa stabala u pogledu posmatranih parametara, osim kada je u pitanju vitalnost kodominantnih stabala, što se može smatrati slučajnošću (Tabela 79).

**Tabela 79.** Odnos vitalnih stabala i stabala sa skrivenim simptomima devitalizacije ( $t$  - test)

Varijabla	As1	As2	t	df	p	n1	n2
Dominantna stabla – I BP							
P <sub>k</sub> (m <sup>2</sup> )	33,738	29,987	0,617	23	0,5433	18	7
d (cm)	45,150	37,814	1,999	23	0,0576	18	7
h (m)	28,461	28,757	-0,184	23	0,8560	18	7
VT	1,056	1,429	-1,861	23	0,0756	18	7
Kodominantna stabla – II BP							
P <sub>k</sub> (m <sup>2</sup> )	19,932	17,967	-0,473	23	0,6408	18	7
d (cm)	22,294	23,300	0,359	23	0,7227	18	7
h (m)	18,450	18,900	0,281	23	0,7809	18	7
VT	2,056	3,000	2,630	23	0,0150	18	7
Podstojna stabla – III BP							
P <sub>k</sub> (m <sup>2</sup> )	9,293	9,038	0,139	23	0,8903	19	6
d (cm)	11,768	11,517	0,173	23	0,8638	19	6
h (m)	10,047	8,683	1,264	23	0,2190	19	6
VT	2,684	2,833	-0,580	23	0,5677	19	6

Na istraživanih pet oglednih površina utvrđeni broj stabala jele po hektaru je 440 (206 prvog, 104 drugog i 130 trećeg biološkog položaja), odnosno ukupan broj stabala po hektaru, uzimajući u obzir i stabla bukve je 560. Polazeći od navednih podataka o broju stabala po hektaru i utvrđenih udjela, dolazimo do 58 stabala prvog, 29 stabala drugog i 31 stabla trećeg biološkog položaja po hektaru sa skrivenim simptomima devitalizacije. Udio stabala sa skrivenim simptomima devitalizacije u ukupnom broju stabala je 21%. Takođe se mora uzeti u obzir i činjenica da tokovi debljinskog prirasta, koji kod pojedinih stabala ukazuju na opadanje vitalnosti, mogu da budu jednim dijelom i posljedica nepovoljnijeg položaja posmatranog stabla u sastojini usljed većeg stepena zasjenjivanja od strane susjelih stabala, odnosno veće konkurencije između stabala u sastojini koja se s vremenom povećava usljed rasta stabala.

Na osnovu bioindikacija vitalnosti na osnovu indeksa širine goda možemo konstatovati da je potencijalno najlošije stanje na OP5 i OP10. Najbolje stanje je konstatovano na OP13. Sumarno posmatrajući istraživane sastojine, može se konstatovati da je stanje u pogledu vitalnosti dobro i da se može spriječiti eventualna devitalizacija u budućnosti primjenom odgovarajućih mjera njege.

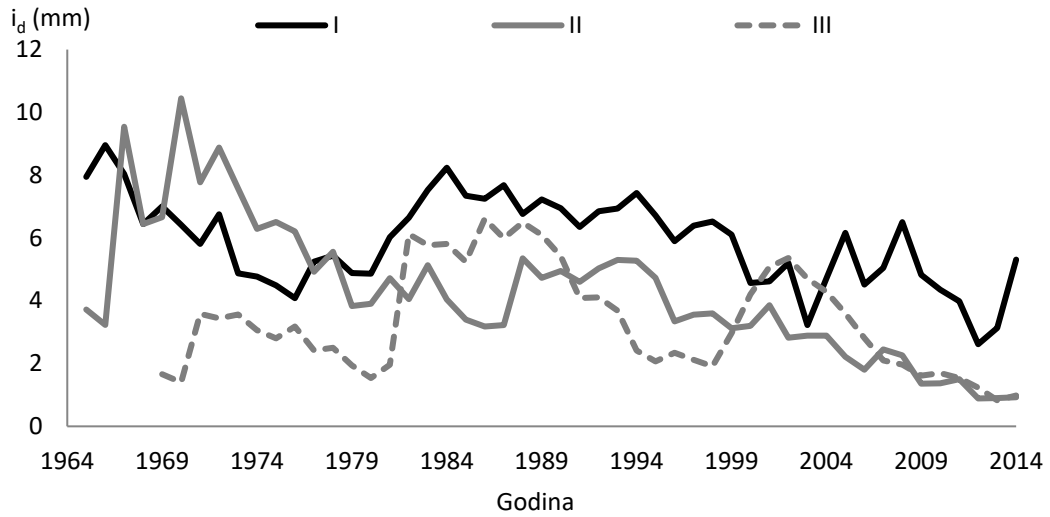
#### **4.5.2. Analiza trenda debljinskog prirasta stabala**

Prema Dukić (2007), analiza trenda prirasta ima veliki praktični značaj. Prirast stabla je kompleksna reakcija stabla na djelovanje endogenih i egzogenih faktora. Na osnovu analize prirasta može se u kvantitativnom i kvalitativnom smislu utvrditi aktuelno djelovanje tih faktora kao i djelovanje u prošlosti, a na osnovu toga dati prognoza trenda prirasta, odnosno šta se može očekivati u budućnosti. Prognoza trenda prirasta ima veliki značaj za izradu planova gazdovanja i planiranje smjernica šumarske politike.

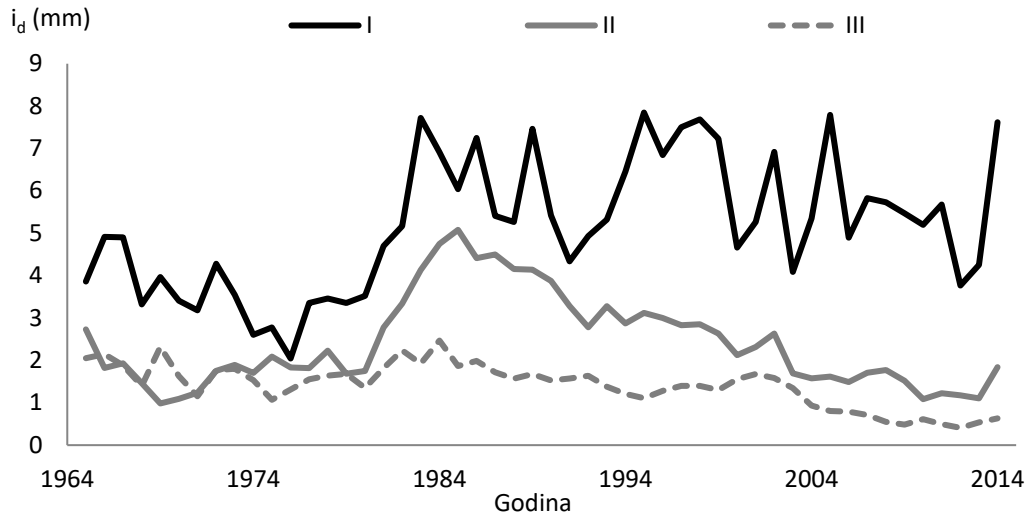
Prema Prpić et al. (1994), istraživanje debljinskog odnosno radijalnog prirasta stabala hrasta lužnjaka, hrasta kitnjaka, bukve i jele u Hrvatskoj na tačkama bioindikacijske mreže pokazalo je da „...*radijalni prirasti šumskoga drveća predstavljaju dobar indikator stanja organizma i da je opadanje radijalnoga prirasta započelo prije vanjskih znakova oštećenosti što još više potvrđuje indikatorsku vrijednost prirasta.*“

Analiza trenda tekućeg debljinskog prirasta je urađena za stabla sva tri biološka položaja za vremenski period od pedeset godina (1965-2014. godine). Po oglednim površinama izračunate su srednje veličine debljinskog prirasta.

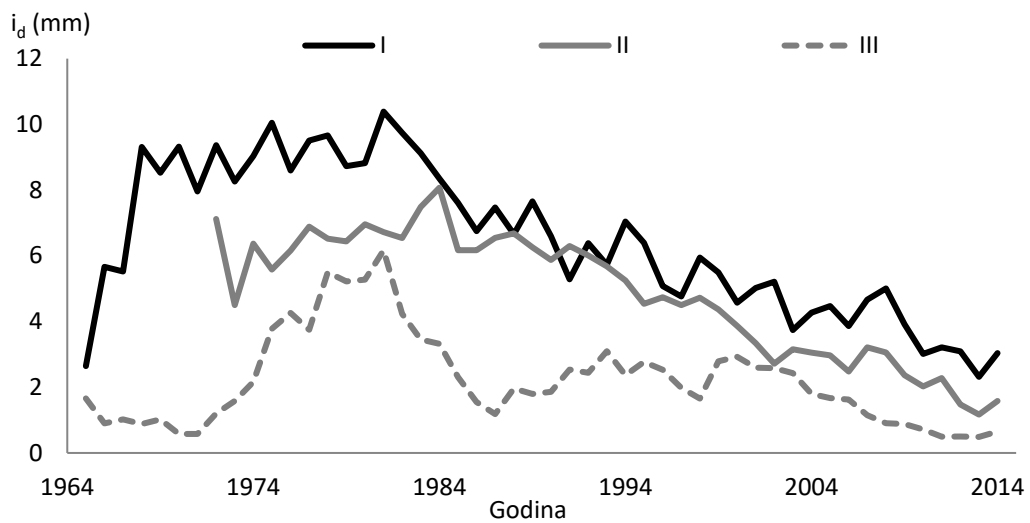
Na osnovu linija prirasta na grafikonima 66-71 mogu se utvrditi karakteristične godine u pogledu veličine prirasta na oglednim površinama. Vrlo mali prirast karakteriše 1976, 1991, 2000, 2003, 2006 i 2012 godina, odnosno sastojine u tim godinama doživljavaju tzv. „stres“. Iste godine su registrovane kao indikatorske negativne godine odnosno godine sa značajnim padom debljinskog prirasta u dendrohronološkoj analizi (Poglavlje 4.4.).



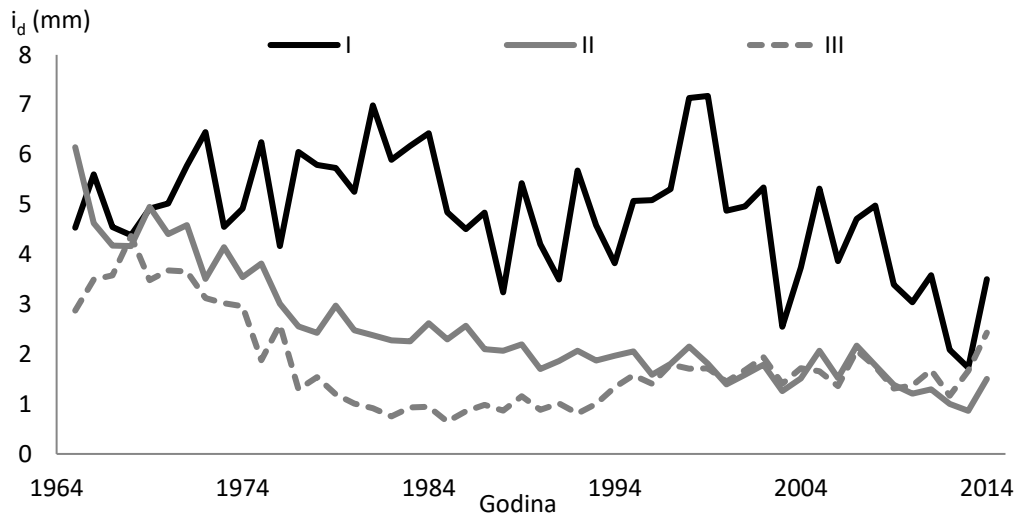
**Grafikon 66.** Trend debljinskog prirasta stabala različitog biološkog položaja na OP1



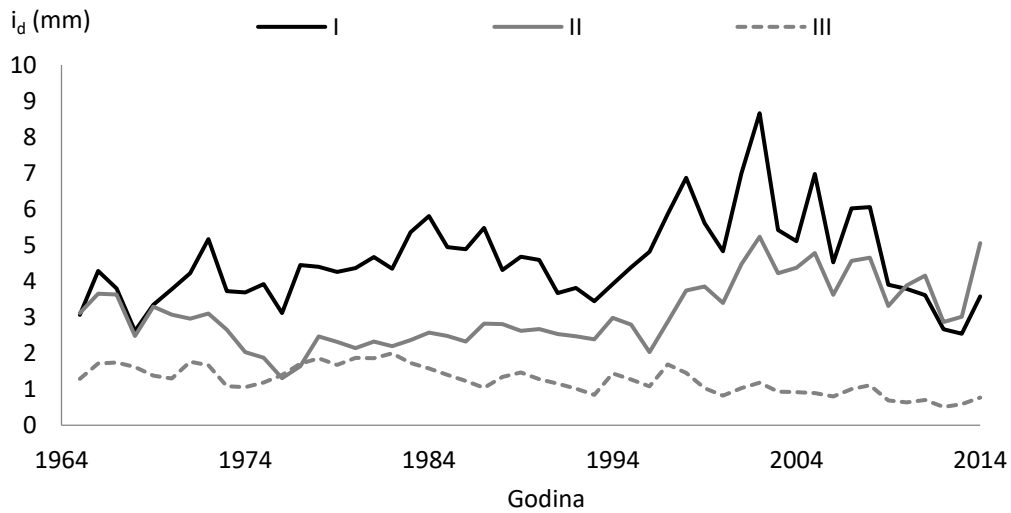
**Grafikon 67.** Trend debljinskog prirasta stabala različitog biološkog položaja na OP3



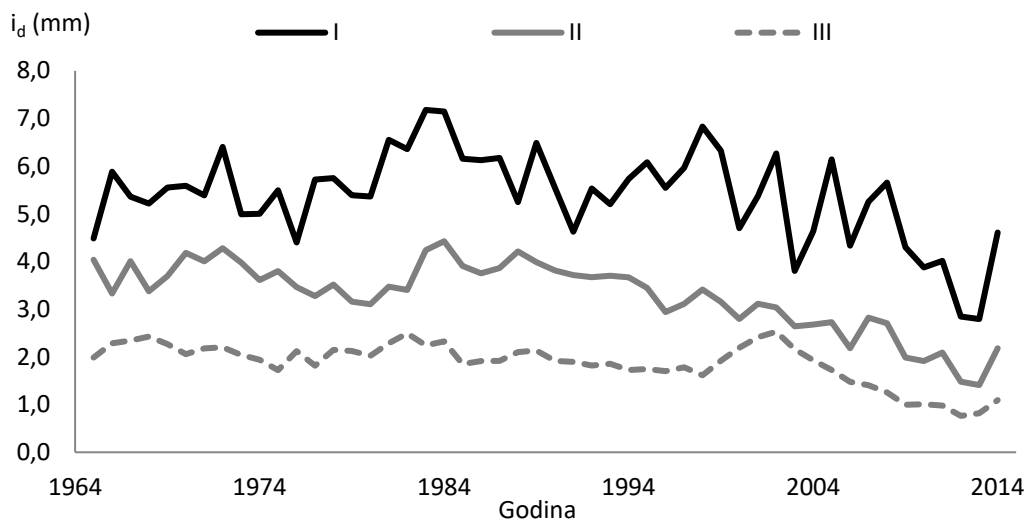
**Grafikon 68.** Trend debljinskog prirasta stabala različitog biološkog položaja na OP5



**Grafikon 69.** Trend debljinskog prirasta stabala različitog biološkog položaja na OP10



**Grafikon 70.** Trend debljinskog prirasta stabala različitog biološkog položaja na OP13



**Grafikon 71.** Trend debljinskog prirasta stabala različitog biološkog položaja - sve ogledne površine



Sumarno gledano, trend prirasta ne ukazuje na opadanje vitalnosti, osim na OP5 i OP10 na kojima je u proteklom periodu evidentan negativan trend (na OP5 u toku posljednjih 35 godina i na OP10 u toku posljednjih 15 godina) koji može da ukazuje na opadanje vitalnosti kao što je konstatovano i na osnovu biondikacije vitalnosti na osnovu indeksa širine goda. Negativan trend na oglednoj površini 10 može se jednim dijelom objasniti i činjenicom da sastojinu na datoj oglednoj površini karakteriše visok stepen obrasta. Temeljica je za 18% veća od prosječne temeljnice utvrđene u ovom istraživanju, odnosno indeks gustine sastojine je 797 i takođe je znatno veći od prosječne vrijednosti. Važno je, takođe, naglasiti da je na posmatranoj oglednoj površini udio dominantnih stabala 74% i znatno je veći od udjela na ostalim površinama.

Kao što je navedeno kod biondikacije vitalnosti, i na osnovu analize trenda prirasta može se konstatovati da je stanje istraživanih sastojina u pogledu vitalnosti zadovoljavajuće i da se može spriječiti potencijalna devitalizacija u budućnosti provođenjem odgovarajućih sječa, odnosno sječa sa pravilnim odabirom stabala sa uzgojnog aspekta.

## 5. PREGLED REZULTATA I ZAKLJUČCI

Obična jela (*Abies alba* Mill.) je i sa ekološke i sa ekonomske tačke gledišta jedna od najznačajnijih vrsta drveća na području Republike Srpske i Bosne i Hercegovine zastupljena u mješovitim šumama bukve i jele, te bukve, jele i smrče, i vrlo rijetko čistim šumama jele. Sa zalihom od 34.242.351 m<sup>3</sup> odnosno 22% od sveukupne drvene mase visokih šuma sa prirodnom obnovom u svojini Republike Srpske i prirastom od 966.317 m<sup>3</sup>, obična jela značajno utiče na ukupni ekonomski efekat gazdovanja šumama u Republici Srpskoj.

Planina Borja (vrh 1078 m n. v.) je smještena u sjevernom dijelu centralne Bosne između rijeka Velika Usora i Mala Usora. Prema ekološko-vegetacijskoj rejonizaciji teritorije Bosne i Hercegovine, planina Borja pripada oblasti unutrašnjih Dinarida (Zavidovičko-tesličko područje). Na planini Borja preovladavaju mješovite sastojine jele i bukve, a javljaju se i čiste sastojine jele. Na postavljenim oglednim površinama utvrđeno je prisustvo tri asocijacije: jela sa rebračom *Blechno-Abietetum* (Ht. 1938) Ht. in Cestar 1967, jela sa okruglolisnim broćem *Galio rotundifolii-Abietetum* M. Wraber 1959, i *Rusco hypoglossi-Abietetum* Brujić 2004. Prve dvije asocijacije svrstavaju se u svezu *Abieti-Piceion* Br.-Bl.1939, a treća u svezu *Asperulo-Fagion* (Oberd. 1957) Ellenberg 1963. Negativan antropogeni uticaj na sastojine jele koje gravitiraju planini Borja intezivno je započet još za vrijeme Otomanske uprave.

Analizom podataka sa 15 oglednih površina (pet oglednih površina je postavljeno u čistim sastojinama jele i deset u mješovitim sastojinama u kojima je pored jele zastupljena bukva), dobijeni su sljedeći rezultati:

### Jednostavna struktura sastojina i prirast

Prosječna starost (razvojna starost) izbušenih stabala jele (stabala u uzorku) po oglednim površinama je u intervalu od 62 do 110 godina. Preovladavaju stabla starosti od 70 do 90 godina, odnosno starost 41% stabala je u navedenom intervalu. Vrlo je heterogeno stanje u pogledu starosne strukture po sastojinama što je prije svega, posljedica činjenice da se istraživanim sastojinama gazduje tako da to predstavlja kombinaciju skupinasto-prebornog sistema i klasičnog stablimičnog prebornog sistema. Na osnovu utvrđenih prosječnih starosti stabala po biološkim položajima i raspodjele broja stabala po biološkim položajima u sastojinama, ponderisanom sredinom utvrđene prosječne starosti sastojina (tačnije rečeno jelovog dijela sastojine kada su u pitanju mješovite sastojine) u intervalu su od 63 godine do 110 godina.

Ukupan broj stabala po hektaru u čistim sastojinama je u intervalu od 404 do 612, a u mješovitim od 392 do 736, odnosno prosječan broj stabala u čistim sastojinama je 522, a u mješovitim 582. U pogledu broja stabala jele i ukupnog broj stabala po hektaru homogenije su čiste sastojine od mješovitih. Između čistih i mješovitih sastojina nema statistički značajne razlike u pogledu broja stabala jele po hektaru i u pogledu varijabilnosti broja stabala po sastojinama.

U mješovitim sastojinama je utvrđeno veće variranje debljine stabala (58%) u odnosu na čiste sastojine (44%), odnosno u pogledu debljine stabala homogenije su čiste sastojine od mješovitih. Može se konstatovati da u čistim sastojinama raspodjela stabala po debljinskim stepenima teži raspodjeli koja je karakteristična za jednodobne sastojine, uz značajna odstupanja u pojedinim debljinskim stepenima (raspodjela je nepravilna sa dvije modalne vrijednosti: pored jasno izražene modalne vrijednosti u debljinskom stepenu od 35 do 40 cm, javlja se i sekundarna modalna vrijednost u stepenu od 10 do 15 cm.). Za razliku od čistih sastojina, debljinska struktura u mješovitim sastojinama teži strukturi koja je karakteristična za preborne sastojine gdje broj stabala sa porastom debljinskog stepena opada približno po geometrijskoj progresiji, ali uz značajna odstupanja u pojedinim debljinskim stepenima. Posebno je karakterističan nedovoljan broj stabala u najnižem debljinskom stepenu od 5 do 10 cm. U istraživanim sastojinama debljinska struktura značajno odstupa od normalnog sastava za preborne sastojine na području Bosne prema Matić (1963). U svim sastojinama se uočava nedovoljan broj stabala u najtanjem debljinskom stepenu, a evidentno je i da izostaju i najdeblja stabla s obzirom na definisane prečnike sječive zrelosti. Da bi se povećala stabilnost sastojina i osigurala kontinuirana prirodna obnova, u istraživanim sastojinama trebalo bi uspostavljajući preborne strukture i normalnog sastava prema Matić (1963).

Prosječna veličina srednjeg prečnika po temeljnicu u čistim sastojinama je 32 cm, u mješovitim sastojinama 29 cm, odnosno 30 cm u svim istraživanim sastojinama. Variranje srednjeg prečnika stabala približno je isto u čistim i mješovitim sastojinama. Izraženo koeficijentom varijacije iznosi 11%, odnosno 12%. Nasuprot tome, u mješovitim sastojinama je veće variranje srednjeg prečnika stabala jele (22%) u odnosu na čiste sastojine (10%).

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). Sumarno gledajući sve sastojine, prosječna veličina 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%. Varijabilnost debljinskog prirasta je jako izražena, kako u čistim (63%), tako i mješovitim sastojinama (75%). U pogledu debljinskog prirasta homogenije su čiste sastojine u odnosu na mješovite. Između čistih i mješovitih sastojina postoji statistički značajna razlika kada je u pitanju veličina i varijabilitet debljinskog prirasta stabala jele (na nivou  $p < 0,05$ ). Posmatrajući varijabilitet tekućeg debljinskog prirasta stabala po debljinskim stepenima uočavamo da se apsolutni varijabilitet tekućeg debljinskog prirasta stabala 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 debljinskog stepena od 17,5 cm a potom sa daljim povećanjem prečnika opada.

Dobijenom jednačinom (Funkcija 19), na osnovu prečnika stabla, 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. U čistim sastojinama, kulminacija tekućeg debljinskog prirasta stabala nastupa kod prečnika od 53 cm, a u mješovitim sastojinama kod prečnika od 73 cm. Objašnjenje za ovakav odnos čistih i mješovitih sastojina trebalo bi tražiti u činjenici da u ovom slučaju mješovite sastojine karakteriše veći stepen raznodobnosti u odnosu na čiste, a poznato je da u raznodobnim sastojinama u odnosu na jednodobne kulminacija nastupa u višim debljinskim stepenima.

Uočava se jasna razlika između stabala koja pripadaju različitim biološkim položajima i kategorijama vitalnosti u pogledu prosječnih vrijednosti debljinskog prirasta. Sa opadanjem vitalnosti i biološkog položaja, smanjuje se debljinski prirast. Jasno se uočava, da se sa opadanjem vitalnosti smanjuje debljinski prirast kod stabala sva tri biološka položaja. Sa opadanjem vitalnosti smanjivanje debljinskog prirasta je najviše izraženo kod tankih stabala. Takođe se uočava trend smanjivanja apsolutnog varijabiliteta kod tankih i srednje debelih stabala i trend povećanja relativnog varijabiliteta debljinskog prirasta srednje debelih i debelih stabala sa opadanjem vitalnosti. Po biološkim položajima prosječne vrijednosti debljinskog prirasta su u intervalu od 1,07 (III) do 3,43 mm (I), a po kategorijama vitalnosti u intervalu od 1,16 (C) do 3,58 mm (A).

Analiza zavisnosti debljinskog prirasta stabala jele u sastojini od ostalih elemenata rasta stabla koji se mogu jednostavno odrediti u redovnim inventurama šuma pokazala da je, pored prsnog prečnika, izražena zavisnost od dužine krošnje i vitalnosti stabla, pa je višestrukom regresionom jednačinom obuhvaćena zavisnost debljinskog prirasta stabala jele od navedenih

elemenata rasta (Funkcija 20). Regresiona jednačina dobijena metodom postepene (backward stepwise) višestruke regresije omogućava procjenu debljinskog prirasta stabla uz standardnu grešku regresije od 1,26 mm. Korištenjem dobijene jednačine može se pouzdano procijeniti debljinski prirast po debljinskim stepenima (evidentna su mala odstupanja u pojedinim debljinskim stepenima izračunatih vrijednosti i vrijednosti dobivenih korištenjem jednačine). Dobijeni rezultat je dobar putokaz za dalja istraživanja koja bi omogućila određivanje zapreminskog prirasta bez bušenja stabala.

Analiza odnosa debljinskog prirasta stabala u sastojinama koje karakterišu različiti stanišni uslovi (ekspozicija, nagib terena, tip zemljišta i nadmorska visina) pokazala je da se nije ispoljio uticaj različitih stanišnih uslova na debljinski prirast stabala jele na planini Borja. Analiza uticaja boniteta staništa (određenog na osnovu visinske krive) pokazuje da između stabala na različitim bonitetima staništa ne postoji statistički značajna razlika u pogledu debljinskog prirasta stabala (odstupanje se javlja samo kod stabala u sastojinama na drugom bonitetu staništa). Nije se ispoljio uticaj različitih stanišnih uslova na debljinski prirast stabala jele na planini Borja, jer su, sumarno gledano, ogledne površine u približno istim stanišnim uslovi. Na oglednim površinama u 73% slučajeva utvrđen je prvi, odnosno prvi kroz drugi bonitet. Treći i lošiji boniteti od trećeg nisu utvrđeni na istraživanom području. Na osnovu ovih rezultata može se konstatovati da su stanišni uslovi na istraživanom području relativno homogeni i da to otežava utvrđivanje uticaja različitih stanišnih uslova na prirast stabala. Uticaj boniteta staništa na debljinski prirast se nije ispoljio jer je „nadvladan“ i uticajem sastojinske strukture, odnosno intenziteta izvršenih sječa na pojedinim oglednim površinama na različitim bonitetima staništa.

Po sastojinama veličina temeljnica je u intervalu od 28,4 m<sup>2</sup>/ha do 47,2 m<sup>2</sup>/ha, odnosno prosječna vrijednost je 39,3 m<sup>2</sup>/ha. U čistim sastojinama prosječna vrijednost temeljnica je 41,9 m<sup>2</sup>/ha, a u mješovitim 38,0 m<sup>2</sup>/ha. Kada su u pitanju stabla jele utvrđene prosječne vrijednosti temeljnica su 41,4 m<sup>2</sup>/ha u čistim sastojinama i 28,0 m<sup>2</sup>/ha u mješovitim, odnosno 32,5 m<sup>2</sup>/ha u svim istraživanim sastojinama. U mješovitim sastojinama, izraženo koeficijentom varijacije, veće je variranje temeljnica sastojina (18%) u odnosu na čiste sastojine (7%), odnosno u pogledu obrasta homogenije su čiste od mješovitih sastojina.

Distribucija stabala jele po visinskim stepenima u čistim sastojinama je negativno asimetrična, sa izraženom jakom asimetrijom. Za razliku od čistih sastojina, u mješovitim sastojinama jasno se ispoljavaju dvije modalne vrijednosti. Koeficijent spljoštenosti pokazuje da je distribucija stabala po visinskim stepenima i u čistim i u mješovitim sastojinama spljoštena

odozgo, odnosno razvučena u odnosu na normalni raspored, s tim što je ova pojava izraženija u mješovitim sastojinama. Na osnovu visinske strukture evidentno je da između čistih i mješovitih sastojina postoji značajna razlika u pogledu vertikalne izgrađenosti.

Utvrđena aritmetička sredina Lorajevih srednjih visina sastojina u čistim sastojinama iznosi 27,5 m, i veća je u odnosu na mješovite sastojine gdje iznosi 25,9 m. U mješovitim sastojinama aritmetička sredina Lorajevih srednjih visina jelovog dijela sastojine (stabla jele) iznosi 25,2 m i manja je u odnosu na čiste sastojine gdje iznosi 27,6 m. Variranje Lorajeve srednje visine jelovog dijela sastojine izraženo koeficijentom varijacije je veće u mješovitim (13%) nego u čistim sastojinama (5%). Aritmetička sredina dominantnih visina stabala jele u čistim sastojinama iznosi 30,6 m, mješovitim 28,7 m, odnosno u svim sastojinama 29,2 m. Variranje dominantnih visina je manje od variranja Lorajevih srednjih visina.

U čistim sastojinama prosječni bonitet staništa, kada je u pitanju jela, je I,1 i bolji je od prosječnog boniteta staništa za jelu u mješovitim sastojinama (I,5). U mješovitim sastojinama prosječan bonitet staništa za bukvu je I,5.

Aritmetička sredina zapremine drvene mase (svih stabala) po oglednim površinama u čistim sastojinama iznosi 563,4 m<sup>3</sup>/ha i veća je u odnosu na mješovite sastojine gdje iznosi 491,1 m<sup>3</sup>/ha. U mješovitim sastojinama aritmetička sredina zapremine stabala jele iznosi 346,7 m<sup>3</sup>/ha i manja je u odnosu na čiste sastojine gdje iznosi 557,9 m<sup>3</sup>/ha. Variranje zapremine drvene mase (svih stabala) znatno je veće u mješovitim (25%) nego u čistim sastojinama (9%). Variranje zapremine stabala jele je takođe veće u mješovitim (34%) nego u čistim sastojinama (9%). Utvrđeni koeficijenti varijacije zapremina sastojina su veći od utvrđenih koeficijenata varijacije srednjih prečnika i srednjih visina sastojina, osim kada je u pitanju koeficijent varijacije srednjih prečnika u čistim sastojinama, koji je veći od koeficijenata varijacije zapremine sastojine.

U čistim sastojinama najveći udio u zapremini imaju stabla u debljinskom stepenu 35-40 cm (124,5 m<sup>3</sup>/ha ili 22%), dok je u debljinskim stepenima preko 50 cm učešće stabala u zapremini samo 14% (80,5 m<sup>3</sup>/ha). U mješovitim sastojinama, najveći udio u zapremini imaju stabla u debljinskom stepenu 40-45 cm (21% ili 103,69 m<sup>3</sup>/ha), dok je učešće zapremine u debljinskim stepenima preko 50 cm 24% (115,32 m<sup>3</sup>/ha). Može se pretpostaviti da je redukcija broja stabala, odnosno zapremine u pojedinim debljinskim stepenima uslovljena sječom, odnosno nije posljedica uticaja stanišnih uslova. Između čistih i mješovitih sastojina nema statistički značajne razlike u pogledu zapremine po hektaru.

Aritmetička sredina zapreminskog prirasta (svih stabala) čistih sastojina je 12,3 m<sup>3</sup>/ha, mješovitih 12,0 m<sup>3</sup>/ha, odnosno svih istraživanih sastojina 12,1 m<sup>3</sup>/ha. Varijabilnost zapreminskog prirasta istraživanih sastojina je 22%. Variranje zapreminskog prirasta sastojina je veće u mješovitim (25%) nego u čistim sastojinama (15%). Prosječna veličina zapreminskog prirasta stabala jele u čistim sastojinama iznosi 12,1 m<sup>3</sup>/ha i veća je u odnosu na mješovite sastojine gdje zapreminski prirast jelovog dijela sastojine iznosi 8,6 m<sup>3</sup>/ha. Između čistih i mješovitih sastojina nema statistički značajne razlike u pogledu prirasta zapremine. Statistički značajna razlika nije utvrđena, ni kada je u pitanju varijabilnost prirasta. U čistim sastojinama najveći udio u zapreminskom prirastu (sva stabla) imaju stabla u debljinskom stepenu 35-40 cm (23%), a u mješovitim u debljinskom stepenu 40-45 cm (21%).

Višestrukom regresionom jednačinom obuhvaćena je zavisnost zapreminskog prirasta jelovog dijela sastojine od broja stabala jele po hektaru i srednjeg prečnika jele (Funkcija 25). Na osnovu koeficijenta determinacije 65% variranja zapreminskog prirasta jelovog dijela sastojine može se objasniti obuhvaćenim elementima rasta. Na osnovu dobijenog modela može se izvršiti procjena zapreminskog prirasta stabala jele u sastojini uz standardnu grešku regresije od 2,08 m<sup>3</sup>/ha. Takođe, višestrukom regresionom jednačinom obuhvaćena je zavisnost zapreminskog prirasta bukve od broja stabla bukve po hektaru i srednjeg prečnika bukve u mješovitim sastojinama jele i bukve (Funkcija 26). Na osnovu dobijenog modela može se izvršiti procjena zapreminskog prirasta bukve u sastojini uz standardnu grešku regresije od 1,27 m<sup>3</sup>/ha

Utvrđena aritmetička sredina procenta prirasta zapremine sastojine (svih stabala) u čistim sastojinama iznosi 2,2% i manja je u odnosu na mješovite sastojine gdje iznosi 2,5%. U čistim sastojinama procenat prirasta zapremine sastojine (svih stabala) je u intervalu od 1,6% do 2,8%, a u mješovitim u intervalu od 1,9% do 3,2%, odnosno u oba slučaja je približno isti raspon varijacije. U mješovitim sastojinama aritmetička sredina procenta prirasta zapremine stabala jele odnosno jelovog dijela sastojine iznosi 2,5% i veća je u odnosu na čiste sastojine gdje iznosi 2,2%. Variranje procenta prirasta stabala jele izraženo koeficijentom varijacije, približno je isto u čistim i mješovitim sastojinama i iznosi 21%, odnosno 22%, odnosno ne postoji izražena razlika između mješovitih i čistih sastojina u pogledu varijabilnosti posmatranog parametra po ogleđnim površinama. U čistim sastojinama najveći procenat zapreminskog prirasta stabala jele je u debljinskom stepenu 5-10 cm (3,2%), a u mješovitim sastojinama u debljinskim stepenima 20-25 cm i 70-75 cm (3,3%). Uočava se trend da se od nižih prema višim debljinskim stepenima smanjuje procenat prirasta stabala jele postepeno, uz odstupanja u pojedinim debljinskim stepenima. Posebno se izdvaja povećanje procenta prirasta u najvišim stepenima u mješovitim sastojinama.

U čistim sastojinama jele vrijednost indeks obrasta (gustine) sastojine je u intervalu od 715 do 771, a prosječna vrijednost je 742. Iz odnosa relativnih vrijednosti po oglednim površinama uočavamo da između oglednih površina postoji malo variranje gustine, odnosno obrasta sastojine. U mješovitim sastojinama jele i bukve između oglednih površina, odnosno sastojina postoji znatno veće variranje obrasta odnosno gustine sastojine (u intervalu od 558 do 881), u odnosu na čiste sastojine, što je i za očekivati s obzirom na to da je značajan uticaj mješovitosti na obrast. Prosječna vrijednost obrasta u čistim sastojinama je veća od utvrđene prosječne vrijednosti u mješovitim sastojinama (742 u odnosu na 704).

### Struktura krošanja

Za stabla jele utvrđene su prosječne vrijednosti projekcije krošanja po sastojinama u intervalu od 15,9 m<sup>2</sup> do 27,8 m<sup>2</sup>. Prosječna vrijednost za stabla jele sa istraživanih oglednih površina je 22,7 m<sup>2</sup>. Prosječne vrijednosti projekcija krošanja po oglednim površinama za stabla bukve su znatno veće što je i očekivano, kreću se u intervalu od 31,6 m<sup>2</sup> do 71,3 m<sup>2</sup>, odnosno prosječna vrijednost stabala sa istraživanih oglednih površina je 44,5 m<sup>2</sup>. Varijabilnost površina projekcija krošanja stabala jele je u intervalu od 47% do 77%, odnosno 69% kada su u pitanju stabla iz svih istraživanih sastojina. Istraživane sastojine pokazuju izuzetno visok varijabilitet projekcija krošanja, s tim da jela pokazuje manje variranje površina projekcija krošanja u odnosu na bukvu. Variranje stabala u pogledu površine projekcije krošnje je znatno veće od variranja stabala u pogledu prečnika i visina. Ukupne površine horizontalnih projekcija krošanja svih stabala po istraživanim sastojinama su u intervalu od 11.369 m<sup>2</sup>/ha do 18.666 m<sup>2</sup>/ha, odnosno u prosjeku 15.345 m<sup>2</sup>/ha. Analiza varijanse, odnosno Duncan test je pokazao da se u pogledu površina projekcija krošanja stabala jele od ostalih sastojina statistički značajno razlikuje samo sastojina na oglednoj površini OP13 (sastojina sa najlošijim stanišnim uslovima i najmanjim vrijednostima srednjeg prečnika i srednje visine sastojine).

Da bi se izdvojio pojedinačni (neto) uticaj površine projekcije krošnje stabla na debljinski prirast, višestrukom regresionom jednačinom obuhvaćena je zavisnost debljinskog prirasta stabla jele od prečnika i površine projekcije krošnje (Funkcija 25). Utvrđeno je da se (kod srednjeg prečnika stabala u uzorku od 26,6 cm) sa povećanjem površine projekcije krošnje povećava debljinski prirast do 36 m<sup>2</sup> a potom opada. Ovo se može objasniti činjenicom da se kod većih površina projekcija krošanja, veći dio asimilata troši na prirast granjevine.

Prosječne vrijednosti apsolutne dužine krošanja stabala jele po sastojinama su u intervalu od 7,6 m do 11,7 m, odnosno prosječna vrijednost za stabla istraživanih sastojina je 9,7 m. Varijabilnost apsolutne dužine krošanja stabala jele je u intervalu od 29% do 57%, odnosno 52%



kada su u pitanju stabla jele iz svihistraživanih sastojina. Prosječne vrijednosti apsolutne dužine krošanja po istraživanim sastojinama za stabla bukve kreću se u intervalu od 7,2 m do 13,5 m, odnosno 11,2 m za stabla iz svih istraživanih sastojina. Koeficijent varijacije apsolutne dužine krošanja stabala bukve kreće se u intervalu od 29% do 71%, odnosno 49% kada su u pitanju stabla bukve iz svih sastojina. Variranje stabala u pogledu prosječne apsolutne dužine krošanja je znatno manje od variranja stabala u pogledu površina projekcija krošanja. Primjenom Duncan testa ogleadne površine su svrstane u četiri homogene grupe, odnosno diferenciranje sastojina u pogledu dužina krošanja stabala je znatno veće u odnosu na diferenciranje u pogledu površina projekcija.

Da bi se izdvojio pojedinačni (neto) uticaj apsolutne dužine krošnje stabla na debljinski prirast, višestrukom regresionom jednačinom obuhvaćena je zavisnost debljinskog prirasta stabla jele od prečnika i apsolutne dužine krošnje. Utvrđeno je da se kod srednjeg prečnika stabala od 26,7 cm, sa povećanjem dužine krošnje, za razliku od površine projekcije, debljinski prirast kontinuirano i progresivno povećava.

Prosječna relativna dužina krošnje stabala jele po sastojinama je u intervalu od 0,42 do 0,53, odnosno prosječna vrijednost istraživanih sastojina je 0,48. Varijabilnost relativne dužine krošanja stabala jele je u intervalu od 20% do 26%, odnosno 25% kada su u pitanju stabla jele iz svih istraživanih sastojina. Da bi se izdvojio pojedinačni (neto) uticaj apsolutne dužine krošnje stabla na debljinski prirasta, višestrukom regresionom jednačinom obuhvaćena je zavisnost debljinskog prirasta stabla jele od prečnika i apsolutne dužine krošnje. Kod srednjeg prečnika stabala u uzorku (26,7 cm), sa povećanjem dužine krošnje, za razliku od površine projekcije, debljinski prirast se kontinuirano i progresivno povećava. Na osnovu relativne dužine krošnje (klasifikacija prema Schütz, 2001), više od 60% stabala je u kategorijama nestabilnih i veoma nestabilnih, odnosno može se konstatovati da sastojine nisu stabilne u ovom segmentu i da bi sječe u narednom periodu trebalo provoditi tako da vode povećanju otpornosti, prije svega prema negativnom djelovanju vjetra.

#### Prostorna struktura sastojina

Prema Clark-Evansov-om indeksu agregacije (*CEI*), u obliku kompeticije (jela i bukva\_jela i bukva), u dvije sastojine postoji tendencija prema pravilnosti prostornog rasporeda, a u ostale tri raspored stabala teži slučajnom rasporedu. U obliku kompeticije (jela i bukva\_jela), u tri sastojine postoji tendencija prema pravilnosti prostornog rasporeda, a u ostale dvije raspored stabala teži slučajnom rasporedu. U ovom slučaju, kada su kao glavna (referentna) stabla uzeta

sva stabla (jela i bukva), u prosjeku postoji tendencija prema pravilnosti prostornog rasporeda stabala u sastojini.

U drugom slučaju, kada su kao glavna (referentna) stabla za koja će se izračunavati kompeticijski indeksi odabrana samo stabla jele, evidentne su niže vrijednosti izračunatih indeksa. U prvom obliku kompeticije (jela\_jela i bukva), u tri sastojine postoji tendencija ka grupisanju stabala a od preostale dvije sastojine, u jednoj tendencija prema pravilnosti prostornog rasporeda a u drugoj ka slučajnom rasporedu. U drugom obliku kompeticije (jela\_jela) u tri sastojine postoji jasno izražena tendencija ka grupisanju stabala a u ostale dvije sastojine raspored stabala je potpuno slučajan. U prosjeku, u ovom slučaju kada su kao glavna (referentna) stabla uzeta samo stabla jele, postoji tendencija ka grupisanju stabala jele u sastojini. U odnosu na prethodni slučaj kompeticije, ovdje je veći koeficijent varijacije utvrđenih indeksa po oglednim površinama.

Sa povećanjem vrijednosti Clark-Evansov indeksa (jela i bukva\_jela i bukva) povećava se i vrijednost zapreminskog prirasta sastojine, odnosno sastojine sa pravilnijim prostornim rasporedom stabala imaju veći zapreminski prirast. Na osnovu koeficijenta determinacije 66% variranja vrijednosti zapreminskog prirasta sastojine se može objasniti variranjem vrijednosti Clark-Evansov-og indeksa, odnosno načina rasporeda stabala u prostoru. Ova pojava se može objasniti činjenicom, da pravilni raspored omogućava bolje korištenje svjetlosti, vode i hranjivih materija, odnosno stabla su pojedinačno izložena manjoj konkurenciji. Da bi se izveo generalni stav o ovoj zavisnosti, potrebna su dodatna istraživanja na znatno većem uzorku.

Uz posmatranje tri najbliža susjedna stabla, vrijednost indeksa ispremiješanosti vrsta po sastojinama se kreće u intervalu od 0,206 do 0,403. Srednja vrijednost indeksa ispremiješanosti vrsta sve četiri ogledne površine je 0,287. Utvrđene vrijednosti indeksa za četiri susjedna stabla značajno se ne razlikuju od indeksa za tri susjedna stabla. Variranja utvrđenih pojedinačnih vrijednosti za stabla po oglednim površinama, izražena koeficijentom varijacije, su vrlo visoka u intervalu od 77% do 149%. Analiza varijanse je pokazala da između sastojina postoji statistički značajna razlika pa se pristupilo Duncan testu koji je pokazao da se u oba slučaja (3 i 4 četiri susjeda) mogu formirati dvije homogene grupe. Uočavamo da u su sastojinama sa većim brojem stabala utvrđene manje vrijednosti što ukazuju da je u njima ispremiješanost različitih vrsta manja, ali kao što konstatuje Indir (2011), indeks ispremiješanosti vrsta ne daje mogućnosti za čvrste zaključke. Korelaciona analiza je pokazala da nije izražena zavisnost zapreminskog prirasta sastojine od vrijednosti indeksa ispremiješanosti vrsta.

Za potpunije definisanje sastojinske strukture neophodno je analizirati razlike u dimenzijama stabala i njihovih neposrednih susjeda odnosno indekse diferenciranja prečnika stabala. Kod oblika kompeticije: jela i bukva\_jela i bukva, prosječna vrijednost indeksa diferenciranja prečnika stabala na bazi diferenciranja prečnika dva posmatrana stabla (referentno stablo i prvi susjed) po oglednim površinama je u intervalu od 0,381 do 0,479. Srednja vrijednost indeksa diferenciranosti prečnika stabala sa svih pet oglednih površina je 0,442 to praktično znači da su u prosjeku neko slučajno odabrano stablo i njegovo neposredno najbliže susjedno stablo u takvom odnosu da je prečnik tanjeg stabla 56% prečnika debljeg. Možemo konstatovati da je na svim oglednim površinama, prosječna diferencijacija prečnika stabala. Variranja utvrđenih pojedinačnih vrijednosti po sastojinama su u intervalu od 47 do 59%.

Veličina indeksa diferenciranja prečnika stabala na bazi diferenciranja referentnog stabla i njegova tri najbliža susjeda na nivou sastojina je u intervalu od 0.355 do 0.470 Srednja vrijednost indeksa diferenciranosti prečnika stabala sa svih pet oglednih površina je 0.423. U pitanju su približno iste vrijednosti kao i vrijednosti dobijene na bazi referentnog stabla i prvog susjeda, s tim da je variranje utvrđenih pojedinačnih vrijednosti po sastojinama, izraženo koeficijentom varijacije, značajno manje u intervalu od 29 do 43%. U oba slučaja, na svim oglednim površinama je prosječna diferencijacija. Analiza varijanse i Dancan testa su pokazali da je veće diferenciranje sastojina kada se posmatraju referentno stablo i njegova tri najbliža susjeda, nego kada se posmatra samo prvo susjedno stablo (tri homogene grupe). Utvrđena je jaka korelacija između indeksa diferenciranja prečnika stabala i udjela jele u sastojini. Sa povećanjem udjela jele povećava se i vrijednost koeficijenta. Korelaciona analiza je pokazala da nije izražena zavisnost zapreminskog prirasta sastojine od vrijednosti indeksa diferenciranja prečnika stabla.

Utvrđene prosječne vrijednosti Weberovog visinskog indeksa (kompeticijski indeks) za oblik kompeticije: jela\_jela i bukva, po oglednim površinama su u intervalu od 0,467 do 0,550, odnosno prosjek za stabla sa pet oglednih površina je 0,486. Utvrđene vrijednosti Weberovog visinskog indeksa po sastojinama su približno iste, odnosno može se konstatovati, na osnovu analize varijanse, da na osnovu ovog indeksa između sastojina nema značajne razlike u pogledu konkurencije između stabala kada je u pitanju vertikalna izgrađenost sastojina. Za oblik kompeticije: jela i bukva\_jela i bukva, Weberov visinski indeks je u intervalu od 0,474 do 0,508. Razlog veće vrijednosti visinskog indeksa za ovaj oblik kompeticije na dvije ogledne površine, odnosno smanjenje pritiska konkurencije u zoni kompeticije, trebalo bi tražiti u činjenici da je prosječna visina stabala bukve veća od prosječne visine stabala jele, a na pomenutim oglednim površinama udio bukve je 47% odnosno 26%.

Regresiona analiza zavisnosti zapreminskog prirasta sastojine od vrijednosti Weberovog visinskog indeksa (oblik kompeticije: jela i bukva\_jela i bukva) je utvrdila da se sa povećanjem vrijednosti Weberovog visinskog indeksa smanjuje zapreminski prirast sastojine. Sa povećanjem kompeticijske snage opada zapreminski prirast sastojina, odnosno zapreminski prirast po jedinici površine. Na osnovu vrijednosti koeficijenta determinacije 98% variranja vrijednosti zapreminskog prirasta sastojina se može objasniti variranjem visinskog indeksa. Od svih posmatranih indeksa, najviše je izražena zavisnost zapreminskog prirasta sastojine od vrijednosti Weberovog visinskog indeksa. Ovaj rezultat ukazuje na potrebu daljeg istraživanja navedene zavisnosti (na većem uzorku u šumama različitih vrsta drveća), odnosno mogućnosti korištenja Weberovog visinskog indeksa za determinaciju zapreminskog prirasta sastojine što bi bilo od velikog naučnog i praktičnog značaja.

### Hronologija jele

Potrebni podaci za dendrohronološku analizu prikupljeni su na pet lokaliteta koje karakterišu različiti stanišni i sastojinski uslovi. Primjenom softvera Cofecha i Arstan provedena je standardna dendrohronološka obrada podataka i formirane hronologije lokaliteta. Analiza odnosa dobijenih hronologija po lokalitetima je pokazala da postoji značajno podudaranje, odnosno usklađenost formiranih hronologija. Koeficijenti korelacije su relativno visoki i statistički značajni. Vrijednosti koeficijenata korelacije kreću se u intervalu od 0,437 do 0,777. Koeficijenti vremenske usklađenosti, odnosno istosmjernosti su takođe statistički značajni i vrijednosti se kreću u intervalu od 0,659 do 0,856. Polazeći od prethodno prikazane analize koja je pokazala dobro podudaranje formiranih hronologija, odnosno slične obrasce prstenova prirasta po lokalitetima, pristupilo se izradi master hronologije jele za područje planine Borja, ukupne dužine 145 godina (od 1870. od 2014. godine), ako se za početak hronologije uzme godina u kojoj su prisutne minimalno četiri serije prstenova prirasta.

Korelaciona analiza odnosa između master hronologije i veličina klimatskih elemenata za avgust, septembar i oktobar prethodne godine i period od aprila do oktobra tekuće godine pokazala je da postoji statistički značajna zavisnost od količine padavina za septembar ( $r = 0,35$ ) prethodne godine i maj ( $r = 0,26$ ), juli ( $r = 0,25$ ) i avgust tekuće godine ( $r = 0,29$ ) što je i očekivano jer se uglavnom u ljetnim mjesecima javlja nedostatak vlage u zemljištu što se negativno odražava na formiranje godova, odnosno debljinski prirast. Utvrđena je statistički značajna zavisnost od temperature za septembar prethodne godine ( $r = -0,34$ ). Vremenske prilike u septembru prethodne godine su značajne zbog akumulacije asimilata krajem vegetacije koji je značajan za početak rasta u narednoj godini. Negativna korelacija sa temperaturom se

može pokušati objasniti pretpostavkom da više temperature u septembru prethodne godine povlače sa sobom veću vjerovatnoću sušnog perioda koji se negativno odražava na debljinski prirast u narednoj godini. Utvrđen je koeficijent višestruke korelacije između indeksa širine prstenova prirasta i navedenih klimatskih elemenata za navedene mjesece (padavina za septembar prethodne godine, maj, juli i avgust tekuće godine te temperature septembra prethodne godine) od  $r = 0,52$  i u pitanju je statistički visoko značajna vrijednost ( $p = 0,003$ ). Između indeksa širine godova (hronologije) i indeksa suše (FAI) utvrđena je vrijednost koeficijenta korelacije za posmatrani period je  $-0,34$  i u pitanju je takođe statistički značajna vrijednost ( $p = 0,006$ ). Negativna vrijednost pokazuje da se sa povećanjem indeksa suše smanjuje debljinski prirast.

U formiranoj hronologiji izdvojeno je 15 karakterističnih godina, 6 pozitivnih godina (1948, 1951, 1953, 1989, 2005. i 2014. godina), odnosno godina ekstremnog pozitivnog prirasta i 9 negativnih godina (1904, 1944, 1962, 1976, 2000, 2003, 2006, 2009. i 2012. godina) odnosno godina sa značajnim padom debljinskog prirasta. Kada su u pitanju negativne godine, indikativno je da je u posljednjih 14 godina, odnosno od 2000. godine konstatovan isti broj karakterističnih godina kao i u periodu do 2000. godine

Analiza uticaja klimatskih elemenata na formiranje prstenova prirasta pokazala je da se za jelu na području planine Borja jasno ispoljio uticaj klimatskih parametara. Više se ispoljio uticaj količine padavina na formiranje prstenova prirasta odnosno debljinski prirast od uticaja temperature vazduha, što je i očekivano s obzirom to da je relativno mala nadmorska visina istraživanih lokaliteta kada je u pitanju jela na području Bosne i Hercegovine i imajući u vidu činjenicu da je u pitanju vrsta drveća koja zahtijeva dosta vlage.

#### Bioindikacija vitalnosti stabala i sastojina

Na radijalnom prirastu, odnosno širini prstenova prirasta ispitivana je vitalnost stabala jele. Analizom su obuhvaćena zasebno stabla prvog, drugog i trećeg biološkog položaja. Težište analize je bilo na stablima prvog biološkog položaja, odnosno dominantnim stablima čiji je prirast rezultanta vitalnosti stabala i djelovanja egzogenih faktora, za razliku od stabala lošijeg biološkog položaja kod kojih je prirast rezultanta i uticaja konkurenata. S ciljem uklanjanja, odnosno minimiziranja uticaja starosti na trend prirasta, da bi se bolje sagledala reakcija stabala na djelovanje egzogenih faktora putem radijalnog prirasta izračunati su indeksi širine goda. Po ogleđnim površinama udio dominantnih stabala sa skrivenim simptomima devitalizacije je u intervalu od 0% do 80%, odnosno u svim posmatranim sastojinama udio je 28%. Analiza razlika vitalnih stabala i stabala sa skrivenim simptomima devitalizacije u pogledu: prsnog prečnika,

visine, površine projekcije krošnje i vitalnosti primjenom  $t$  - testa je pokazala da po biološkim položajima ne postoje statistički značajne razlike između navedenih grupa stabala u pogledu posmatranih parametara, osim kada je u pitanju vitalnost kodominantnih stabala, što se može smatrati slučajnošću.

Na istraživanih pet oglednih površina utvrđeni broj stabala jele po hektaru je 440, odnosno ukupni broj stabala po hektaru, uzimajući u obzi i stabla bukve, je 560. Polazeći od navednih podataka o broju stabala po hektaru i utvrđenih udjela dolazimo do 58 stabala prvog, 29 stabala drugog i 31 stablo trećeg biološkog položaja po hektaru sa skrivenim simptomima devitalizacije. Udio stabala jele sa skrivenim simptomima devitalizacije u ukupnom broju stabala je 21%. Takođe se mora uzeti u obzir i činjenica da tokovi debljinskog prirasta, koji kod pojedinih stabala ukazuju na opadanje vitalnosti, mogu da budu jednim dijelom i posljedica nepovoljnijeg položaja posmatranog stabla u sastojini, usljed većeg stepena zasjenjivanja od strane susjednih stabala odnosno veće konkurencije između stabala u sastojini koja se vremenom povećava usljed rasta stabala.

Na osnovu bioindikacija vitalnosti na osnovu indeksa širine goda možemo konstatovati da je potencijalno najlošije stanje na oglednim površinama 5 i 10. Najbolje stanje je konstatovano na oglednoj površini 13. Sumarno posmatrajući istraživane sastojine, može se konstatovati da je stanje u pogledu vitalnosti dobro i da se može spriječiti eventualna devitalizacija u budućnosti primjenom odgovarajućih mjera njege.

Analiza trenda tekućeg debljinskog prirasta je urađena za stabla sva tri biološka položaja za vremenski period od pedeset godina (1965–2014. godine). Po oglednim površinama izačunate su srednje veličine debljinskog prirasta. Sumarno gledano, trend prirasta je pozitivan osim na oglednim površinama 5 i 10 na kojima je u proteklom periodu evidentan negativan trend (na oglednoj površini 5 u toku posljednjih 35 godina i na oglednoj površini 10 u toku posljednjih 15 godina) koji može da ukazuje na opadanje vitalnosti kao što je konstatovano i na osnovu bioindikacije vitalnosti na osnovu indeksa širine goda. Negativan trend na oglednoj površini 10, može se jednim dijelom objasniti i činjenicom da sastojinu na datoj oglednoj površini karakteriše visok stepen obrasta. Temeljica je za 18% veća od prosječne temeljnice utvrđene u ovom istraživanju, odnosno indeks gustine sastojine je 797 i takođe je znatno veći od prosječne vrijednosti. Važno je, takođe, naglasiti da je na posmatranoj oglednoj površini udio dominantnih stabala 74% i znatno je veći od udjela na ostalim površinama.

Kao što je navedeno kod bioindikacije vitalnosti i na osnovu analize trenda prirasta, može se konstatovati da je stanje istraživanih sastojina u pogledu vitalnosti zadovoljavajuće i da se

može spriječiti potencijalna devitalizacija u budućnosti provođenjem odgovarajućih sječa odnosno sječa odnosno sječa sa pravilnim odabirom stabala sa uzgojnog aspekta.

Bioindikacija vitalnosti stabala i sastojina, odnosno prognoza trenda prirasta je omogućila da se sagleda šta se može očekivati u budućnosti u sastojinama jele, a to je od posebnog značaja za kvalitetnu izradu planova gazdovanja šumama.

Dobijeni rezultati istraživanja strukture sastojina i prirasta stabala i sastojina u čistim šumama jele i u mješovitim šumama jele i bukve na planina Borja mogu se primjeniti u izradi i realizaciji planova gazdovanja koji će omogućiti formiranje stabilnih i vitalnih sastojina, povećanje prirasta i prinosa. To je posebno značajno u kontekstu sve većeg stepena ugroženosti šumskih ekosistema (npr. klimatske promjene).

## LITERATURA

Aguirre, O, Hui, G., Gadow, V. K., Jimenez, J. (2003): An analysis of spatial forest structure using neighbourhood-based variables. *Forest Ecology and Management* 183: 137-145.

Albert, M., Gadow, V. K. (1998): Assessing biodiversity with new neighbourhood-based parameters. In *Data Management and Modelling Using Remote Sensing and GIS for Tropical Forest Land Inventory*. Y. Imaumonier, B. King, C. Legg and K. Rennolls (eds). Proceedings of the Fimp-Intag International Conference, October 26-29, 1998, Jakarta, Indonesia, pp 433-445.

Anić, I. (2007): Utjecaj strukture i pomlađivanja na potrajnost šuma bukve i jele te šuma bukve Nacionalnog parka Plitvička jezera. Završno izvješće, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, 62 s, Zagreb.

Anić, I., Vukelić, J., Mikac, S., Bakšić, D., Ugarković, D. (2009): Utjecaj globalnih klimatskih promjena na ekološku nišu obične jele (*Abies alba* Mill.) u Hrvatskoj. *Šumarski list* 3-4:135-144, Zagreb.

Ballian, D., Halilović, V. (2016): Varijabilnost obične jele (*Abies alba* Mill.) u Bosni i Hercegovini, UŠIT FBiH i *Silva Slovenica*, Sarajevo, 345 p.

Becker, M. (1991): Impact of climate, soil and silviculture on forest growth and yield. In: Landmann, G., (Eds.), *French research into forest decline*. Ecole nationale du Génie rural, des Eaux et des Forêts, 23-38, Nancy.

Bégin, E., Bégin, J., Bélanger, L., Rivest, L-P., Tremblay, S. (2001): Balsam fir self-thinning relationship and its constancy among different ecological regions, *Canadian Journal of Forest Research* 31(6): str. 950-959. <https://doi.org/10.1139/x01-026>

Begon, M., Harper, J. I., Townsend, C. R. (1996): *Ecology: Individuals, Populations and Communities*, Third Edition. Blackwell Science. Oxford, Great Britain

Begović, B. (1978): O gospodarenju hrastovim šumama u Bosni i Hercegovini za vrijeme Austro-Ugarske uprave. *Šumarski list*, br. 8-10, str. 311- 321, Zagreb.

Begović, B. (1986): Eksploatacija šuma i razvoj industrijske prerade drveta na području usorsko-tesličkog regiona za vrijeme Austrougarske uprave u Bosni i Hercegovini. *Savez inženjera i tehničara šumarstva i industrije za preradu drveta Bosne i Hercegovine*, Sarajevo.

Benecke, U. (1996): Ecological silviculture: the application of age-old methods. *New Zealand Journal of Forestry* 41 (2), p. 27-33.

Beus, V. (1984): Vertikalno raščlanjenje šuma u svjetlu odnosa realne i primarne vegetacije u Jugoslaviji. *Odjeljenje Prirodnih i matematičkih nauka ANUBiH, Radovi LXXVI knjiga 23: 23–32.*



Beus, V. (1986): Fitocenoze bukve i jele na bazičnim i ultrabazičnim eruptivima ofiolitske zone u Bosni, Doktorska disertacija, Univerzitet u Sarajevu, Šumarski fakultet.

Beus, V. (2011): Ekološke i florističke karakteristike šuma bukve i jele na bazičnim eruptivima ofiolitske zone u Bosni. Radovi Šumarskog fakulteta Univerziteta u Sarajevu, vol. 41, br. 1, 1-26, Sarajevo.

Biging, G. S., Wensel, L. C. (1990): Estimation of crown form for six conifer species of northern California. Canadian Journal of Forest Research, 20, 1137–1142.

Bigler, C., Bugmann, H. (2003): Growth-dependent tree mortality models based on tree rings. Canadian Journal of Forest Research 33, pp. 210-221.

Bigler, C., Bugmann, H. (2004): Predicting the time of tree death using dendrochronological data. Ecological Applications 14, pp. 902-914.

Bigler, C., Gričar, J., Bugmann, H., Čufar, K. (2004): Growth patterns as indicators of impending tree death in silver fir. Forest Ecology and Management 199: 183-190.

Božić, M. (2003): Utjecaj stanišnih i sastojinskih elemenata na prirast obične jele (*Abies alba* Mill.) u jelovim sastojinama na kršu u Hrvatskoj, Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, 190 str. Zagreb.

Božić, M., Antonić, O., Pernar, R., Jelaska, S., Križanac, J., Čavlović, J., Kušan, V. (2006): Modelling the damage status of silver fir trees (*Abies alba* Mill.) on the basis of geomorphological, climatic and stand factors. Ecological Modelling 94: 202–208.

Božić, M., Čavlović, J., Teslak, K., Vratarić, T. (2008): Modeliranje dimenzija krošanja stabala obične jele. Radovi – Hrvatski šumarski institut 43 (2): 131-150.

Božić, M., Čavlović, J., Goršić, E., Teslak, K. (2011): Dinamika uspostave preborne strukture u bukovo-jelovim sastojinama na Papuku (Dynamics of Establishing the Selection Structure in Beech-Fir Stands on Papuk). Croatian Journal of Forest Engineering 32(1): 287-300.

Brand, D. G., Magnussen, S. (1988): Asymmetric, two-sided competition in even-aged monocultures of red pine. Canadian Journal of Forest Research 18: 901-910.

Briffa, K.R., Jones, P.D. (1990): Basic chronology statistics and assesment. In: Cook, E.R., Kairiukstis, L.A., (Eds.), Methods of Dendrochronology: Applications in the Environmental Sciences, Kluwer Academic Publications, Dordrecht, Nizozemska: 137-162.

Brinar, M. (1964) Zivljenjska kriza jelke na slovenskem ozemlju v zvezi s klimaticnimi fluktuacijami. Gozdarski vestnik.

Bronisz, A., Bronisz, K., Bijak, Sz., Tomusiak, R., Wojtan, R., Zasada, M. (2010): Dendroclimatological investigation on radial growth of silver fir from inside and outside distribution range in Poland, TRACE Vol. 8.

Brujić, J. (2004): Šumska vegetacija sjevernog dijela planine Uzlomec kod Banjaluke. Magistarska teza, Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, Beograd.

Brujić, J., Lahovski, D. (2010): Fitocenoza kitnjaka i graba (*Epimedio-Carpinetum betuli*) u Trapiskoj šumi kod Banja Luke. Glasnik Šumarskog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci, 11:37-54. Banja Luka.

Brujić, J., Travar, J., Jović, G. (2012): Studija o osnivanju Parka Prirode Šnjegotina-Liplje. Društvo za zaštitu prirodnog naslijeđa Arbor Magna, Banja Luka.

Brujić, J. (2014): Šumska vegetacija Čemernice. Doktorska teza, Univerzitet u Banjoj Luci, Šumarski fakultet. Banja Luka.

Brujić, J., Burlica, Č., Jović, G., Branislava, D. (2015): Studija o izdvajanju zaštićenog područja „Sliv Studene“ Društvo za zaštitu prirodnog naslijeđa Arbor Magna, Banja Luka.

Bunuševac, T. (1951): Gajenje šuma I. Naučna knjiga - Izdavačko preduzeće Narodne Republike Srbije, Beograd.

Butler, PG. et al. (2013): EPS, rbar and associated statistics. U: Butler, Paul G., Wanamaker, Alan D., Scourse, James D., Richardson, Christopher A; Reynolds, David J. (2013): Variability of marine climate on the North Icelandic Shelf in a 1357-year proxy archive based on growth increments in the bivalve *Arctica islandica*. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 373, 141-151.

Churski, M. (2006): Age structure and diameter distribution in a southern Swedish beech dominated landscape, *Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap*, (40).

Clark, P. J., Evans, F. C. (1954): Distance to Nearest Neighbor as a Measure of Spatial Relationships in Populations. *Ecology* 35, No.4: 445-453.

Cook, E.R., Peters, K., (1981): The smoothing spline: a new approach to standardizing forest interior tree-ring width series for dendroclimatic studies. *Tree-Ring Bulletin* 41: 45-53.

Cook, E.R. (1985): A time series analysis approach to tree-ring standardization. (Dissertation), University of Arizona, Tucson, AZ, 171 p.

Cook, E.R., Holmes, R.L. (1986): Users manual for program ARSTAN. In: R.L. Holmes, R.K. Adams, and H.C. Fritts, eds., *Tree-Ring Chronologies of Western North America: California, Eastern Oregon, and Northern Great Basin, Chronology Series Vol. 6. Laboratory of Tree-Ring Research, University of Arizona, Tucson*. pp. 50-56.

Čabaravdić A., Dundjer A., Avdagić A., Delić S., Osmanović M., Mraković A. (2016): Bosnia and Herzegovina. In: Vidal C., Alberdi I., Hernández Mateo L., Redmond J. (eds) *National Forest Inventories*. Springer, Cham: 181 – 196.

Čavlović, J., Marović, T. (1997): Odnos prirašćivanja jele na NPŠO "Sljeme". Šumarski list 121(9-10), 473-478, Zagreb.

Ćirić, M., Stefanović, V., Drinić, P. (1971): Tipovi bukovih šuma i mješovitih šuma bukve, jele i smrče u BiH. Šumarski fakultet i Institut za šumarstvo i drvenu industriju u Sarajevu, Posebna izdanja br. 8., str. 1-230, Sarajevo.

Ćirić, M. (1991): Pedologija. „Svjetlost“, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Sarajevo

Diaci, J., Roženberger, D., Mikac, S., Anić, I., Hartman, T., Bončina, A. (2008): Long-term changes in tree species composition in old-growth dinaric beech-fir forest, Glas. šum. pokuse, Vol. 42, 13-27, Zagreb.

Diaci, J., Rozenberger, D., Anic, I., Mikac, S., Saniga, M., Kucbel, S., Visnjic, C., Ballian, D. (2011): Structural dynamics and synchronous silver fir decline in mixed old-growth mountain forests in Eastern and Southeastern Europe. An International Journal of Forest Research, Vol. 84 Issue 5.

Dizdarević H., Pintarić K., Stefanović V., Prolić N., Uščuplić M., Vukorep I., Lazarev V., Luteršek D., Gavrilović D. (1987): Revizija postojećih i izdvajanje novih sjemenskih sastojina i proučavanje bioloških karakteristika smreke, jele, bijelog i crnog bora u funkciji proizvodnje kvalitetnog sjemena za potrebe šumarstva u SRBiH. Šumarski fakultet u Sarajevu: 1-452.

Dobbertin, M. (2005): Tree growth as indicator of tree vitality and of tree reaction to environmental stress: a review. Eur. J. Forest. Res. 124: 319–333.

Drinić P. (1974): Dinamika rastjenja i prirašćivanja bukve, jele i smrče u najvažnim 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, Univerzitet u Sarajevu, Šumarski fakultet, Sarajevo.

Dubravac, T. (1997): Istraživanje strukture krošanja hrasta lužnjaka i običnog graba u zajednici „*Carpino betuli - Quercetum roboris*/Anić 1959/Rauš 196“9, (Magistarski rad), Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb.

Dubravac T. (2002): Zakonitosti razvoja strukture krošanja hrasta lužnjaka i običnog graba ovisno o prsnom promjeru i dobi sastojine u zajednici „*Carpino betuli - Quercetum roboris*/Anić 1959/Rauš 1969“. Disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski Fakultet, Zagreb.

Dubravac, T., Krejči, V., Vrbek, B., Roth, V., Lukić, N., Galić, Z. (2004): Razvoj strukture i mogućnost prirodne obnove u šumskom rezervatu „Medvjedač“ unutar N.P. Plitvička jezera. Radovi, Univerzitet u Sarajevu, Šumarski fakultet, Sarajevo.

Dubravac, T., Krejči, V., Dekanić S. (2008): The effects of stand structure on regeneration dynamics of fir and beech forests in Risnjak national park. Glas. šum. pokuse, Vol. 42, 13-27, Zagreb.

Dukić, V. (2007): Prirast i vitalnost acidofilnih šuma hrasta kitnjaka u zapadnom dijelu pripanonske oblasti, Magistarski rad, Univerzitet u Banjoj Luci, Šumarski fakultet, Banja Luka.

Dukić, V. (2014): Kitnjakove šume Republike Srpske – stanje i modeli sastojina, Šumarski fakultet Univerziteta u Banjaluci: 285 str.

Dukić, V., Maunaga, Z. (2007): Diameter increment as bioindicator of ripe sessile-flowered oak stands vitality. U: Proceedings-International Scientific Conference: Integral protection of forests, Scientific-Technological platform, Belgrade: 238-242.

Dukić, V., Maunaga Z. (2009): Primjena bioindikacije vitalnosti šuma u monitoringu stanja šuma i životne sredine. U: Zbornik radova naučno-stručnog skup sa međunarodnim učešćem “Zaštita i zdravlje na radu i zaštita životne sredine“, str. 463-469, Banja Luka.

Eckstein, D., Bauch, J. (1969): Beitrag zur Rationalisierung eines dendrochronologischen Verfahrens und zur Analyse seiner Aussagesicherheit - Forstwissenschaftliches Centralblatt 88, 4: 230-250.

Filipiak, M., Ufnalski, K. (2004): Growth reaction of European silver fir [*Abies alba* Mill.] associated with air quality improvement in the Sudeten mountains, Polish Journal of Environmental Studies Vol. 13.

Franklin, J. F. (1989): Toward a new forestry. American Forests 95 (11-12): 37-44.

Fritts, H. C. (1976): Tree Rings and Climate. The Blackburn Press, 567 p.

Führer, E., Horváth, L., Jagodics, A., Machon, A., Szabados, I. (2011): Application of new aridity index in Hungarian forestry practice. Idojárás 115 (3): 205-216.

Földner, K. (1995): Strukturbeschreibung von Buchen-Edellaubholz-Mischwäldern. Dissertation, Institut für Forsteinrichtung und Ertragskunde der Universität Göttingen, 146 s.

Gadow, V. K. (1993): Zur Bestandesbeschreibung in der Forsteinrichtung. Forst und Holz 48: 602-606.

Gadow, V. K., Hyi, G., Albert, M. (1998): Das Winkelmaß – ein Strukturparameter zur Beschreibung der Individualverteilung in Waldbeständen. Centralblatt für das gesamte Forstwesen 115. Jahrgang, Heft 1:1-10.

Gadow, V. K. (1999): Waldstruktur und Diversität, Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 170. Jg., 7, (117-122).

Gadow, V. K. (2002): Waldwachstum. Beilage zur Vorlesung für das Sommer-semester. Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie Georg-August-Universität, Göttingen, 225 S.

Gašparović, M. (2016): Značajke pomlađivanja sastojina dinarskih bukovo-jelovih šuma Gorskog kotara. Diplomski rad, Šumarski fakultet sveučilišta u Zagrebu, str. 63.

Gleichmar, W., Gerold, D. (1998): Indizes zur Charakterisierung der horizontalen Baumverteilung. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 117, 69-80.

Govedar, Z. i saradnici (2011): Inventura šuma Republike Srpske, Izvještaj sa projekta, Šumarski fakultet, Banja Luka

Gradečki – Poštenjak, M. (2010): Utjecaj oštećenosti krošanja na varijabilnost fizioloških i kvantitativnih svojstava obične jele (*Abies alba* Mill.) u sjemenskoj zoni dinarskih bukovo-jelovih šuma u Hrvatskoj. Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb.

Grissino-Mayer, H. D. (2001): Evaluating crossdating accuracy: a manual and tutorial for the computer program COFECHA. Tree-Ring Research 57: 205-221.

Hadživuković, S., Zegnal, R., Čobanov, K. (1982): Regresiona analiza. Privredni pregled, Beograd.

Hadživuković, S. (1991): Statistički metodi. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.

Holmes, R.L. (1983): Computer-assisted quality control in treering dating and measurement. Tree-Ring Bulletin 43: 69-75.

Horvat S., (1968): Istraživanja prirasta jele po biološkim slojevima u zajednici jele s rebračom (*Blechno-abietetum* Horv.). Šumarski list 9-10: 333 - 344, Zagreb.

Hren, V., Krejči, V. (1992): Oblični broj krošanja nekih važnijih vrsta drveća Hrvatske. Radovi, Vol. 27, br. 1: 15-20, Jastrebarsko.

Huber, B. (1943): Über die Sicherheit jahrringchronologische Datierung. Holz als Roh und Werkstoff. Vol. 6: 263-268.

Huber, B., Giertz-Siebenlist, V. (1969): Unsere tausendjährige Eichenchronologie durchschnittlich 57 (10-159) fach belegt. Sitzungsberichte Österr. Akad. Wiss., Mathem. Naturwiss. Klasse, Abteilg. 1, 178: 37-42.

Hui, G., Gadow, V. K. (2002): Das Winkelmaß. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 173 (173-177)

Indir, K. (2011): Utjecaj elemenata strukture na prirast starijih sastojina u zajednici hrasta lužnjaka i običnog graba (*Carpinobetuli-Quercetum roboris./Anić 1959/ emend. Rauš 1969*). Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb.

Indir, K., Marjanović, H., Balenović, I., Szivovicza, L., Paladinić, E., Vuletić, D. (2013): Spatial Structure Indices of Mature Pedunculate Oak Stands in NW Croatia. *South-east Eur for 4* (1): 13-21.

Innes, J.L. (1990): Assessment of Tree Condition, Forestry commission Field Book 12, London.

Kerashaw, K. A. (1973): Quantitative and Dynamic Plant Ecology. Second edition, Edward Arnold, London.

Keren, S., Govedar, Z. (2014): Struktura i podmlađivanje mješovitih sastojina bukve, jele i smrče na području ŠG „Gorica-Šipovo“, Šumarstvo, Udruženje šumarskih inženjera i tehničara Srbije, br. 1-2: 33-47, Beograd.

Kimmins, J. P. (1997): Forest ecology. A foundation for sustainable management. New Jersey, Macmillan Publishing Company. 596p.

Klepac, D. (1950): Sastojinsko ili stablimično gazdovanje. *Šumarski list 1-2*: 1-22, Zagreb.

Klepac, D. (1954): Komparativna istraživanja debljinskog, visinskog i volumnog prirasta u fiticenozi jele i rebrače. *Šumarski list 78(2-3)*: 83-108, Zagreb.

Klepac, D. (1955): Uticaj imele na prirast jelovih šuma. *Šumarski list 7-9*: 231-244, Zagreb.

Klepac, D. (1956a): Funkcionalni odnos između godišnjeg volumnog prirasta i prsnog promjera za jelu u prebornoj šumi. *Šumarski list 80( 1-2)*: 1-16, Zagreb

Klepac, D. (1956b): Istraživanja debljinskog prirasta jele u najraširenijim fitocenzama Gorskog kotara. *Glas. šum. pokuse 12*: 225-256, Zagreb.

Klepac, D. (1975): Gubitak prirasta u jelovim šumama koje se suše. *Radovi Šumarskog fakulteta i Instituta Jastrebarsko, 23*: 130-139, Zagreb.

Klepac, D. (1979): *Vrijednost Susmelovih znanstvenih istraživanja za uređivanje jelovih šuma*. *Šumarski list, broj 11-12 (2004)*: 702-704, Zagreb.

Klopčič, M., Matijašić, D., Bončina, A. (2010): Značilnosti debelinskega priraščanja jelke v Sloveniji. *Gozdarski vestnik 68 št. 4*: 203-216.

Knuchel, H. (1950): Planung und Kontrolle im Forstbetrieb, Zürich 346 p.

Koprivica, M., Ratknić, M. (1995): Veličina i varijabilitet debljinskog prirasta u čistim "negazdovanim" sastojinama bukve na području jugozapadne Srbije. Zbornik radova, Institut za šumarstvo, br. 36-37: 131-141. Beograd.

Koprivica, M. (2004): Varijabilitet i preciznost procjene taksacionih elemenata vještački podignutih sastojina bijelog i crnog bora na Pešterskoj visoravni, Zbornik radova, Institut za šumarstvo, br. 50-51: 5–21, Beograd.

Koprivica, M. (2015): Šumarska statistika. Šumarski fakultet. Univerzitet u Banjoj Luci. 381 p.

Korpel, Š. (1996): Razvoj i struktura bukovo-jelovih prašuma i njihova primjena kod gospodarenja prebornom šumom. Šumarski list 120 (3-4): 203-208.

Kotar, M. (1987): Mesto in vloga matematičnih metod v gozdarski znanosti. Zbornik gozdarstva in lesarstva, Ljubljana 30: 119-123.

Križanec, R. (1989): Distribucija i projekcija krošanja u korelaciji s prsnim promjerom stabala u jelovim šumama. Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, pp 667, Zagreb.

Laar, V. A. (1969): The influence of tree parameters and stand density on radial growth of *Pinus radiata*. SAFJ 70: 15–17

Laar, V. A., Akça, A. (2007): Forest mensuration, Managing Forest Ecosystems, Number 13, Springer.

Lafond, V., Lagarrigues, G., Cordonnier, T., Courbaud, B. (2014): Uneven-aged management options to promote forest resilience for climate change adaptation: effects of group selection and harvesting intensity, *Annals of Forest Science* 71:173-186.

Larsen, J. B. (1986): Geography variation in silver fir (*Abies alba*) growth rate and frost resistance. *Fortwissenschaftliches Centralblatt, Gottingen*, 105 (5): 396-406.

Larsen D. R. (2001): Stand Density Index, Natural Resource Biometrics. University of Missouri-Columbia. Preuzeto 17. maja 2015 sa [www.snr.missouri.edu/natr211](http://www.snr.missouri.edu/natr211).

Levanič, T. (1996): Dendrokronološka in dendroekološka analiza propadajočih vladajočih in sovladajočih jelk (*Abies alba* Mill.) v dinarski fitogeografski regiji. Doktorska disertacija. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta. Ljubljana.

Lučić, R. (2016): Tipovi šuma u prašumi Perućica. Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Šumarski Fakultet, 334 str. Beograd.

Martinović, J. (1973): Utjecaj tla i reljefa na omjer vrsta drveća u šumi bukve i jele na kršu zapadne Hrvatske, Šumarski list 9-10: 386-393, Zagreb.

Matić, S. (1973a): Prirodno pomlađivanje kao faktor strukture sastojine u šumama jele s rebracom (*Blechno-abietetum* Horv.) – I dio, Šumarski list 9-10: 321-355, Zagreb.

Matić, S. (1973b): Prirodno pomlađivanje kao faktor strukture sastojine u šumama jele s rebracom (*Blechno-abietetum* Horv.) - II dio, Šumarski list 11-12: 432-462, Zagreb.

Matić, S., Anić, I., Oršanić, M. (2001): Neka obilježja prebornih šuma u hrvatskoj. Obična jela (*Abies alba* Mill.) u Hrvatskoj, Akademija šumarskih znanosti „Hrvatske Šume“, p.o. Zagreb, str. 426. Zagreb.

Matić, V. (1955): Prirast jele, smrče i bukve u šumama NR BiH. Zavod za privredno planiranje, 143 str. Sarajevo.

Matić, V. (1956): Normalno stanje u jelovim i smrčevim prebornim šumama. Radovi poljoprivrednog-šumarskog fakulteta u Sarajevu br. 1. Sarajevo.

Matić, V. (1959): Taksacioni elementi prebornih šuma jele, smrče i bukve na području Bosne. Radovi Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo i drvenu industriju u Sarajevu. Broj 4. Sarajevo.

Matić, V. (1963): Osnovi i metod utvrđivanja normalnog sastava za preborne sastojine jele, smrče, bukve i hrasta na području Bosne. Radovi Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo i drvenu industriju u Sarajevu: 4 – 80.

Matić, V., Vukmirović, V., Drinić, P., Stojanović, O. (1963): Tablice taksacionih elemenata visokih šuma jele, smrče, bukve, bijelog bora, crnog bora i hrasta kitnjaka na području Bosne, Šumarski fakultet i Institut za šumarstvo u Sarajevu, Posebna izdanja, Sarajevo.

Matić, V., Drinić, P., Stefanović, V., Ćirić, M. (1971): Stanje šuma u Bosni i Hercegovini prema inventuri šuma navelikim površinama u 1964-1968. godini. Šumarski fakultet i Institut za šumarstvo u Sarajevu, Posebna izdanja: br. 7, Sarajevo.

Matić, V. (1977): Metodika izrade šumskoprivredne osnove za šume u društvenoj svojini na području SRBiH, Posebna izdanja br. 12 Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo u Sarajevu, Sarajevo.

Matić, V. (1980): Prirast i prinos šuma, Univerzitet u Sarajevu, Šumarski fakultet, Sarajevo.

Matović, B. (2013): Analize i projekcije uticaja klimatskih promena korišćenjem regionalnog klimatskog modela na buduće rasprostranjenje i rast glavnih vrsta drveća u Crnoj Gori, Finalni izveštaj, Ref. No. UNDP MNE 13-026, Podgorica.

Maunaga, Z., Dukić, V., Cvjetković, B. (2011): Struktura krošanja i produkcija generativnog materijala u sjemenskim sastojinama bukve, Četvrti međunarodni kongres “Ekologija, zdravlje, rad i sport”, Zbornik radova br. 2: 145-150, Banja Luka.



Maunaga, Z. (2012): Prirast šuma, Univerzitet u Banjoj Luci, Šumarski fakultet, Banja Luka.

Mazza, G., Gallucci, V., Maria Chiara Manetti, M. C., Urbinati, C. (2013): Tree-Ring Growth Trends of *Abies alba* Mill: Possible Adaptations to Climate Change in Marginal Populations of Central Italy. The Open Forest Science Journal 6:, 46-49.

McTague, J.P., Patton, D.R. (1989): Stand density index and its application in describing wildlife habitat, Wildl. Soc. Bull. 17: 58-62.

Medarević, M. (2006): Planiranje gazdovanja šumama, Udžbenik, Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, Beograd.

Miletić, Ž. (1930): Istraživanja o strukturi bukovih sastojina karaktera prašume. Šumarski list, 54: 1-12, Zagreb.

Miletić, Ž. (1950): Osnovi uređivanja prebirne šume. Knjiga prva. Zadržna knjiga, Beograd.

Milojković, D. (1958): Istraživanja strukture i zapreminskog prirasta jednodobnih mješovitih sastojina hrasta lužnjaka i belog graba u šumama Gornjeg Srema. Glasnik Šumarskog fakulteta 15, Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, Beograd: 1-219.

Mirković, D. (1976): Varijabilitet debljinskog prirasta važnijih vrsta drveća (Prethodni rezultati), Radovi šumarskog fakulteta i Institut za šumarstvo u Sarajevu: 103-109, Sarajevo.

Mlinšek, D. (1996): From clear-cutting to close-to-nature silviculture system. International Union of Forest Research Organizations, IUFRO News 25 (4): 6-8.

Mothe, F., Bontemps, D. J., Longuetaud, F., Perez, V., Rittié, D., Saint-André, L., Seynave, I. (2010): Abial-a growth simulator for pure even-aged stands of silver fir (*Abies alba* Mill.) in Vosges and Jura. Montpellier.

Motta, R., Berretti, R., Castagneri, D., Dukić, V., Garbarino, M., Govedar, Z., Lingua, E., Maunaga, Z., Meloni, F. (2011): Toward a definition of the range of variability of central European mixed *Fagus-Abies-Picea* forests: the nearly steady-state forest of Lom (Bosnia and Herzegovina), Can. J. For. Res. Vol. 41, Published by NRC Research Press: 1871-1884.

Mujezinović, O., Trešić, T., Margaletić, J., Dautbašić, M., Zahirović, K., Ivojević, S., Brkić, H. (2018): Utjecaj imele (*Viscum album* L.) na debljinski prirast stabala jele (*Abies alba* Mill.) u Bosni i Hercegovini. Naše šume 50-51, Užit FBiH i HŠd, 34-40 str.

Munro, D. D. (1974): Forest growth models-a prognosis, In: Growth models for tree and stand Simulation. Fries, J. (ed.). Royal Coll. of For., Stockholm, Sweden: 7-21.

Nutto, L., Spiecker, H. (2000): Production of valuable wood; A software aided decision tool for managing oak stands (*Quercus petraea* Liebl. and *Quercus Robur* L.) in Europe. Glasnik za šumske pokuse, Annales Experimentis Silvarum Culturae Provehendis 37, Zagreb: 37-49.

Oliver, C. D., Larson, B. C. (1996): Forest stand dynamics: updated edition. McGraw-Hill, New York. 520 pp.

Parobeková, Z., Pittner, J., Kucbel, S., Saniga, M., Filípek, M., Sedmáková, D., Vencurik, J., Jaloviar, P. (2018): Structural Diversity in a Mixed Spruce-Fir-Beech Old-Growth Forest Remnant of the Western Carpathians. Forests 9 (7): 379.

Pavlič, J. (1966): Prirast stabala u zavisnosti od veličine krošnje i njegovog položaja u sastojini. Radovi šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo u Sarajevu, knj. 10, sv. 4. Sarajevo.

Piovesan, G., Bernabei, M., Filippo, A.D., Romagnoli, M., Schirone, B. (2003): A long tree ring beech chronologie from a high-elevation old-growth forest of Central Italy. Dendrochronologia 21(1): 13-22.

Piovesan, G., Filippo, A.D., Alessandrini, A., Biondi, F., Schirone, B. (2005): Structure, dynamics and dendroecology of an old-growth *Fagus* forest in the Apennines. Journal of Vegetation Science 16: 13-28.

Plagnat, F. (1950): Le gui du sapin.- Ann. Ec. Natl. Eaux For. 12: 157-231.

Pommerening, A. (1997): Eine Analyse neuer Ansätze zur Bestandesinventur in strukturreichen Wäldern (An analysis of new approaches towards stand inventory in structure-rich forests]. Ph.D. dissertation, Faculty of Forestry and Forest Ecology, University of Goettingen, Cuvillier Verlag Goettingen, 187 pp.

Pommerening, A. (2002): Approaches to quantifying forest structures. Forestry 75: 305-324.

Pommerening, A. (2006): Evaluating structural indices by reversing forest structural analysis. Forest Ecology and Management 224: 266-267.

Poštenjak, K. (1997): Zavisnost prirasta jelovih stabala o nekim stanišnim i taksacijskim čimbenicima u zajednici jele i rebrače (*Blechno-Abietetum* Horv.), [Doktorska disertacija], Šumarski fakultet, Zagreb, 287 str.

Potočić, N., Seletković, I., Ugarković, D., Jazbec, A., Mikac, S. (2008): The influence of climate properties on crown conditions of Common beech (*Fagus sylvatica* L.) and Silver Fir (*Abies alba* Mill.) on Velebit. Periodicum Biologorum, 110(2): 145-150, Zagreb.

Pranjić, A. (1973): Korelacijske analize visinskog prirasta, visine, prsnog promjera i debljinskog prirasta u nekim sastojinama jele. Šumarski list, br. 7-8: 261-274, Zagreb.

- Pranjić, A., Lukić, N. (1997): Izmjera šuma. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet. Zagreb.
- Pretzsch, H. (1991): Konzeption einer modellorientierten Mischbestandforschung. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten. Sektion Ertragskunde, Jahrestagung: 1-19.
- Pretzsch, H. (1993): Struktur und Leistung naturgemäß bewirtschafteter Eichen-Buchen-Mischbestände in Unterfranken. Allgemeine Forstzeitschrift 6: 281-284.
- Pretzsch, H. (1997): Analysis of modeling of spatial stand structures: Methodological considerations based on mixed beech-larch in Lower Saxony. Forest Ecology and Management 97: 237-253.
- Pretzsch, H. (2009): Forest Dynamics, Growth and Yield. Springer-Verlag Berlin Heidelberg: 664 pp.
- Prodan M. (1951): Messung der Waldbestände. Frankfurt a. M., J.D. Sauerländer's Verlag: 260 pp.
- Prpić, B., Seletković, Z., Ivkov, M. (1994): Oštećenost krošnja glavnih vrsta drveća u Hrvatskoj u odnosu na radijalne priraste, Šumarski list 1-2: 3-10, Zagreb.
- Rayburn, J.A., Vollmer, F.W. (2013): ANTEVS: A quantitative varve sequence cross-correlation technique with examples from the northeastern United States. GFF: Journal of the Geological Society of Sweden, v. 135: 282-292.
- Reineke, L. H. (1933): Perfecting a stand density index for even-aged forests, Journal of Agricultural Research 46(7): 627-638.
- Ristić, T. (2002): Klimatske osnove biljne proizvodnje Usorsko-Ukrinskog kraja Republike Srpske, Doktorska disertacija, Univerzitet u Banjoj Luci, Prirodno–matematički fakultet, Banjaluka.
- Schütz, J. (2001): Der Plenterwald und weitere Formen strukturierter und gemischter Wälder [Selection forest and other forms of structured and mixed forests]. Parey Buchverlag, Berlin, Germany, 220 p.
- Schweingruber, F. H. (1983): Der Jahring. Verlag Paul Haupt Bern und Stuttgart, 234 p.
- Simon, J., Adamec, Z. (2012): Growth of silver fir (*Abies alba* Mill.) on originally agricultural land in the region of the White Carpathians. Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., LX, No. 1: 111-116.
- Speer, J.H. (2010): Fundamentals of Tree Ring Research. The University of Arizona Press. Tucson, 509 p.
- Spellmann, H. (1995): Vom strukturarmen zum strukturreichen Wald. Forst und Holz 50: 35-44.

Spiecker, H. (1991): Zur Dynamik des Wachstums von Tanne und Fichte auf Plenterwald-Versuchsflächen im Schwarzwald. *Allgemeine Forst Zeitschrift* 46 (21): 1076-1080.

Stajić, B. (2010): Karakteristike sastojinske strukture i rasta stabala u mješovitim sastojinama bukve i plemenitih lišćara na području nacionalnog parka „Đerdap“, Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, Beograd.

Stajić, B., Vučković, M. (2006): Analiza prostornog rasporeda stabala u šumskim sastojinama. *Glasnik Šumarskog fakulteta*, br. 93: 165-176, Beograd.

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*, br. 27: 17-29. Banja Luka.

Stamenković, V., Vučković, M. (1988): Prirast i proizvodnost stabala i šumskih sastojina, Udžbenik, Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, Beograd.

Stanescu, V., Popescu, O. (1967): Dendrometric and increment studies on mountain stands of *Abies alba*. *Bul. Inst. Polit. Brasov (Ser. B: Econ. for.)*, 9: 63-70.

Stanivuković, Z. (2013): Uticaj bijele imele (*Viscum album* var. *abietis*) na debljinski prirast stabala obične jele (*Abies alba* Mill.) u zapadnom dijelu Republike Srpske. *Šumarstvo* 3-4: 73-84, Beograd.

Stefanović, V., Beus, V., Burlica, Č., Dizdarević, H., Vukorep, I. (1983): Ekološko-vegetacijska rejonizacija Bosne i Hercegovine. Šumarski fakultet u Sarajevu. Posebno izdanje: br. 17. Sarajevo.

Škorić, A., Filipovski, G., Ćirić, M. (1985): Klasifikacija zemljišta Jugoslavije, Akademija nauka i umjetnosti BiH—Odjeljenje prirodnih i matematičkih nauka, Posebna izdanja, knjiga 78 str., Sarajevo.

Šljukić, B. S. (2015): Tipovi šuma Kopaonika kao ekološki osnov realnog planiranja gazdovanja - održivog upravljanja šumskim ekosistemima, Disertacija, Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet.

Špiranec, M. (1975): Drvogromadne tablice, Radovi 22, Šumarski Institut—Jastrebarsko, Zagreb.

Špiranec, M. (1976): Tablice drvnih masa jele i smreke, Radovi Šumarski Institut—Jastrebarsko, 119 pp, Zagreb.

Temesgen, H., LeMay, V., Mitchell, J. S. (2005): Tree crown ratio models for multi-species and multi-layered, stands of southeastern British Columbia, *The Forestry Chronicle*, Vol. 81: 133-141.

Thornthwaite C.W., Mather J.R. (1957): Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balances. *Climatol.* 10: 185-311.

Tikvić, I., Seletković, Z., Ugarković, D., Posavec, S., Španjol, Ž. (2008): Diabeck of Silver fir (*Abies alba* Mill.) on northern Velebit. *Periodicum Biologorum*, 110, 2:157-161, Zagreb.

Tomaševski, S. (1959): Debljinski prirast i vrijeme prelaza jelovih stabala u fitocenozi bukve s jelom u G.J: Ravna Gora. *Šumarski list*, br. 6-7: 176-181, Zagreb.

Usčuplić, M. (1992): Uticaj sistema gazdovanja na pojavu imele (*Viscum album* L.). *Glasnik Šumarskog fakulteta u Beogradu*, br. 7-18, Beograd.

Vacek, Z. (2017): Structure and dynamics of spruce-beech-fir forests in Nature Reserves of the Orlické hory *Mts.* in relation to ungulate game, *Central European Forestry Journal* 63: 23–34.

Vasić, D. (2016): Destilacija Teslić - 120 godina (1896-2016), Naučna knjiga, Banjaluka.

Vollmer, F.W. (2016): ANTEVS 1.3.6: Automated Numerical Time-series Evaluation of Varying Sequences software. Retrieved from: [www.frederickvollmer.com/antevs](http://www.frederickvollmer.com/antevs).

Vučković, M. (1989): Razvojno proizvodne karakteristike crnog bora u veštački podignutim sastojinama na Južnom Kučaju i Goču, Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, Beograd.

Vučković, M., Stamenković, V. (1991): Uticaj klimatskih ekstrema na prirast i vitalnost stabala i šumskih sastojina. *Glasnik šumarskog fakulteta* 73, Univerzitet u Beogradu-Šumarski fakultet, Beograd: 439-448.

Vučković, M. (1994): Prirast stabala jele kao indikator vitalnosti i delovanja štetnih atmosferskih čimilaca. Monografija: „Aerozagađenja i šumski ekosistemi”, Centar za multidisciplinarne studije i Univerzitet u Beogradu-Šumarski fakultet, Beograd: 159-168.

Vučković, M., Ratknić M., Stamenković V. (1998): Opažanje prirasta šumskog drveća kao bioindikatora delovanja antropogenih i ekoloških faktora. *Zbornik radova*, Institut za šumarstvo, Beograd, 42-43: 71–77.

Vučković, M., Stamenković, V. (2000): Zadaci u oblasti istraživanja uslova za povećanje prirasta i iskorišćenja dendromase sa stanovišta savremenog šumarstva - Ekološki aspekt privredne funkcije šuma. *Glasnik Šumarskog fakulteta u Beogradu* 82: 51-58.

Vučković, M., Stamenković, V., Stajić, B., Ratknić, M. (2002): Wuchskarakteristika und Vitalität der Weisstanne (*Abies alba* Mill.) in einem ungleichaltrigen Bestand im Zlatar-Gebirge. *Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz*, Nr. 50/03: 132-140, Trippstadt.

Vučković, M., Stajić, B. (2004): Zadaci i značaj istraživanja rasta i proizvodnosti šuma za ekologiju i šumarstvo. Glasnik Šumarskog fakulteta u Banjoj Luci, br. 1: 15-35, Banja Luka.

Vučković, M., Stajić, B., Radaković, N. (2005): Značaj monitoringa debljinskog prirasta s aspekta bioindikacije vitalnosti stabala i sastojina, Šumarstvo, Udruženje šumarskih inženjera i tehničara Srbije: 1-10, Beograd.

Vučković, M., Stajić, B., Smiljanić, M. (2008): Elementi izgrađenosti i rasta sastojine crnog bora na staništu sladuna i cera. Šumarstvo 4: 31-41.

Zeide, B. (2005): How to measure stand density, Trees – Structure and Function Volume 19: 1-14.

Weber, J. (1998): Description of the diversity of stand structures using part diversities (*in German*). In: Pelz D R, Rau O (eds) Bericht der 11. Tagung der Sektion Forstliche Biometrie und Informatik des Deutschen Verbandes Forstlicher Forschungsanstalten. Freiburg, 267 p.

Wenk, G., Antanaitis, V., Šmelko, Š. (1990): Waldertragslehre. Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin. 1 Auflage. Berlin, 448 p.

Zenner, E. K. (1999): Eine neue Methode zur Untersuchung der Dreidimensionalität in Waldbeständen. Universität Freiburg, 11 p.

\*\*(2016): Katastar šuma i šumskoga zemljišta u Republici Srpskoj, Javno preduzeće šumarstva „Šume Republike Srpske“ a. d. Sokolac.

\*\*(1964): Šumskoprivredna osnova za „Usorsko-ukrinsko“ šumskoprivredno područje za period važenja 1965-1974.godina. Preduzeće za projektovanje u šumarstvu „Šumaplan“, Sarajevo.

\*\*(2016): Šumskoprivredna osnova za „Usorsko-ukrinsko“ šumskoprivredno područje za period važenja 2017-2026.godina. JPŠ „Šume RS“ a.d. Sokolac. Istraživačko - razvojni i projektni centar Banja Luka.

\*\*(2008): Šumskoprivredna osnova za „Kotorvaroško“ šumskoprivredno područje za period važenja 2009-2018.godina. JPŠ „Šume RS“ a.d. Sokolac. Istraživačko - razvojni i projektni centar Banja Luka.

\*\*[http://www.unep.at/documents\\_unep/ENVSEC/Climate\\_Change/Climate-change-west-balkans.pdf](http://www.unep.at/documents_unep/ENVSEC/Climate_Change/Climate-change-west-balkans.pdf)

\*\*<http://www.cybis.se/forfun/dendro/>

\*\*[https://www.researchgate.net/figure/Hypothetical-range-of-variation-in-fine-scale-1-acre-tree-density-and-dispersion\\_fig9\\_323185486](https://www.researchgate.net/figure/Hypothetical-range-of-variation-in-fine-scale-1-acre-tree-density-and-dispersion_fig9_323185486) [pristupito 1 Maja, 2019. godine]

## PRILOZI

### Spisak tabela

<b>Tabela 1.</b>	Srednje mjesečne temperature vazduha (C°).....	34
<b>Tabela 2.</b>	Srednje mjesečne količine padavina.....	35
<b>Tabela 3.</b>	Srednji mjesečni broj dana sa padavinama – kiša (period1955-2014. godina).....	36
<b>Tabela 4.</b>	Mjesečne vrijednosti potencijalnog isparavanja sa zemljišta (u mm/m <sup>2</sup> )....	37
<b>Tabela 5.</b>	Mjesečne vrijednosti stvarnog isparavanja sa zemljišta (u mm/m <sup>2</sup> ).....	38
<b>Tabela 6.</b>	Mjesečne vrijednosti manjka vode (u mm/m <sup>2</sup> ).....	38
<b>Tabela 7.</b>	Mjesečne vrijednosti viška vode (u mm/m <sup>2</sup> ).....	38
<b>Tabela 8.</b>	Osnovni podaci o oglednim površinama.....	44
<b>Tabela 9.</b>	Fizičke osobine zemljišta na OP3, OP4 i OP14.....	48
<b>Tabela 10.</b>	Fizičke osobine zemljišta na OP9.....	49
<b>Tabela 11.</b>	Fizičke osobine zemljišta na OP8, OP12, OP13 i OP15.....	51
<b>Tabela 12.</b>	Fizičke osobine zemljišta na OP1, OP2, OP5, OP6, OP7, OP10 i OP11...	53
<b>Tabela 13.</b>	Sintaksonomske karakteristike istraživanih oglednih površina.....	60
<b>Tabela 14.</b>	Starosna struktura stabala jele po oglednim površinama.....	63
<b>Tabela 15.</b>	Analiza varijanse – starost stabala jele prvog biološkog položaja.....	64
<b>Tabela 16.</b>	Duncan test – starost stabala jele prvog biološkog položaja.....	64
<b>Tabela 17.</b>	Mjere centralne tendencije i varijabiliteta broja stabala.....	66
<b>Tabela 18.</b>	Odnos čistih i mješovitih sastojina u pogledu broja stabala jele (t i F test).....	68
<b>Tabela 19.</b>	Mjere centralne tendencije, varijabiliteta i oblika debljinske strukture sastojina.....	69

<b>Tabela 20.</b>	Testiranje razlike stvarnih i teorijskih distribucija po modelu normalnog rasporeda.....	72
<b>Tabela 21.</b>	Mjere centralne tendencije i varijabiliteta srednjeg prečnika sastojine po temeljnici.....	73
<b>Tabela 22.</b>	Mjere centralne tendencije i varijabiliteta debljinskog prirasta stabala jele u čistim i mješovitim sastojinama.....	76
<b>Tabela 23.</b>	Odnos čistih i mješovitih sastojina u pogledu debljinskog prirasta stabala (t i F test).....	76
<b>Tabela 24.</b>	Karakteristike regresije (zavisnost tekućeg debljinskog prirasta od prečnika stabla).....	78
<b>Tabela 25.</b>	Odnos tekućeg debljinskog prirasta stabala jele različite debljine i vitalnosti.....	80
<b>Tabela 26.</b>	Odnos tekućeg debljinskog prirasta stabala jele različitog biološkog položaja i vitalnosti.....	81
<b>Tabela 27.</b>	Karakteristike regresije (zavisnost debljinskog prirasta stabala jele od prsnog prečnika, dužine krošnje i vitalnosti stabla).....	82
<b>Tabela 28.</b>	Odnos utvrđenog debljinskog prirasta stabala jele po debljinskim stepenima i dobijenih vrijednosti korišćenjem jednačine 20.....	83
<b>Tabela 29.</b>	Prosječni periodični debljinski prirast stabala jele u proteklom periodu.....	83
<b>Tabela 30.</b>	Analiza varijanse (stanišni uslovi – debljinski prirast stabala).....	84
<b>Tabela 31.</b>	Analiza varijanse (bonitet staništa – prsni prečnici stabala jele).....	85
<b>Tabela 32.</b>	Mjere centralne tendencije i varijabiliteta temeljnice sastojine.....	86
<b>Tabela 33.</b>	Mjere centralne tendencije, varijabiliteta i oblika visinske strukture sastojina.....	90
<b>Tabela 34.</b>	Testiranje razlike stvarnih i teorijskih distribucija po modelu normalnog rasporeda.....	90
<b>Tabela 35.</b>	Mjere centralne tendencije i varijabiliteta srednjih visina sastojina.....	92
<b>Tabela 36.</b>	Utvrđeni boniteti po oglednim površinama.....	94
<b>Tabela 37.</b>	Mjere centralne tendencije i varijabiliteta zapremine sastojina.....	97
<b>Tabela 38.</b>	Odnos čistih i mješovitih sastojina u pogledu zapremine sastojina (t i F test).....	98
<b>Tabela 39.</b>	Mjere centralne tendencije i varijabiliteta zapreminskog prirasta sastojina.....	100
<b>Tabela 40.</b>	Odnos čistih i mješovitih sastojina u pogledu zapreminskog prirasta (t i F test).....	101



<b>Tabela 41.</b>	Karakteristike regresije – zavisnost zapreminskog prirasta stabala jele ( $m^3/ha$ ) od broja stabala jele i srednjeg prečnika jele u sastojini.....	103
<b>Tabela 42.</b>	Procjena zapreminskog prirasta jele na osnovu srednjeg prečnika i broja stabala.....	103
<b>Tabela 43.</b>	Karakteristike regresije – zavisnost zapreminskog prirasta bukve ( $m^3/ha$ ) od broja stabala i srednjeg prečnika bukve u sastojini.....	104
<b>Tabela 44.</b>	Procjena zapreminskog prirasta bukve na osnovu srednjeg prečnika i broja stabala.....	104
<b>Tabela 45.</b>	Mjere centralne tendencije i varijabiliteta procenta prirasta zapremine sastojina.....	105
<b>Tabela 46.</b>	Vrijednosti IOS po oglednim površinama u čistim sastojinama jele.....	107
<b>Tabela 47.</b>	Vrijednosti IOS po oglednim površinama u mješovitim sastojinama jele i bukve.....	108
<b>Tabela 48.</b>	Mjere centralne tendencije i varijabiliteta površina projekcija krošanja stabala.....	111
<b>Tabela 49.</b>	Analiza varijanse – Površina projekcija krošanja stabala jele.....	112
<b>Tabela 50.</b>	Duncan test – Površina projekcija krošanja stabala jele.....	113
<b>Tabela 51.</b>	Karakteristike regresije (zavisnost površine projekcije krošnje od prečnika stabla jele).....	113
<b>Tabela 52.</b>	Karakteristike regresije (zavisnost debljinskog prirasta stabala jele od prečnika stabla i površine projekcije krošnje stabla).....	114
<b>Tabela 53.</b>	Mjere centralne tendencije i varijabiliteta apsolutnih dužina krošanja stabala.....	116
<b>Tabela 54.</b>	Analiza varijanse - apsolutna dužina krošanja stabala jele.....	117
<b>Tabela 55.</b>	Duncan test - Apsolutna dužina krošanja stabala jele.....	117
<b>Tabela 56.</b>	Karakteristike regresije (zavisnost apsolutne dužine krošnje od prečnika stabla).....	118
<b>Tabela 57.</b>	Karakteristike regresije (zavisnost debljinskog prirasta stabala jele od prečnika stabla i apsolutne dužine krošanja stabala).....	120
<b>Tabela 58.</b>	Mjere centralne tendencije i varijabiliteta relativnih dužina krošanja stabala.....	121
<b>Tabela 59.</b>	Clark-Evansov indeks.....	126
<b>Tabela 60.</b>	Indeks ispremiješanosti vrsta – mješovite sastojine jele i bukve.....	128
<b>Tabela 61.</b>	Analiza varijanse – indeks ispremiješanosti vrsta (broj susjednih stabala-3).....	129

<b>Tabela 62.</b>	Duncan test – indeks ispremiješnosti vrsta (broj susjednih stabala - 3).....	129
<b>Tabela 63.</b>	Analiza varijanse – indeks ispremiješnosti vrsta (broj susjednih stabala - 4).....	129
<b>Tabela 64.</b>	Duncan test - indeks ispremiješnosti vrsta (broj susjednih stabala - 4)....	129
<b>Tabela 65.</b>	Veličina $\overline{T}_{d1}$ indeksa za oblik kompeticije: jela i bukva_jela i bukva.....	132
<b>Tabela 66.</b>	Veličina $\overline{T}_{d3}$ indeksa za oblik kompeticije: jela i bukva_jela i bukva.....	132
<b>Tabela 67.</b>	Analiza varijanse - $\overline{T}_{d1}$ indeksa za oblik kompeticije: jela i bukva_jela i bukva.....	132
<b>Tabela 68.</b>	Duncan test - $\overline{T}_{d1}$ indeksa za oblik kompeticije: jela i bukva_jela i bukva.....	133
<b>Tabela 69.</b>	Analiza varijanse - $\overline{T}_{d3}$ indeksa za oblik kompeticije: jela i bukva_jela i bukva.....	133
<b>Tabela 70.</b>	Duncan test - $\overline{T}_{d3}$ indeksa za oblik kompeticije: jela i bukva_jela i bukva.....	133
<b>Tabela 71.</b>	Karakteristike regresije (zavisnost debljinskog prirasta stabala jele od prečnika stabla i prečnika prvog susjednog stabla).....	135
<b>Tabela 72.</b>	Weberov visinski kompeticijski indeks za oblik kompeticije: jela_ jela i bukva.....	136
<b>Tabela 73.</b>	Analiza varijanse - Weberov visinski kompeticijski indeks.....	136
<b>Tabela 74.</b>	Weberov visinski kompeticijski indeks za za oblik kompeticije: jela i bukva_jela i bukva.....	137
<b>Tabela 75.</b>	Odnos debljinskog prirasta stabala jele različite debljine i vrijednosti Weberovog visinskog indeksa.....	138
<b>Tabela 76.</b>	Koeficijenti korelacije i GLK % za jelu.....	146
<b>Tabela 77.</b>	R-bar i EPS pokazatelj u hronologiji jele.....	148
<b>Tabela 78.</b>	Udio vitalnih stabala i stabala sa skrivenim simptomima devitalizacije po oglednim površinama.....	155
<b>Tabela 79.</b>	Odnos vitalnih stabala i stabala sa skrivenim simptomima devitalizacije (t - test).....	157

## Spisak grafikona

<b>Grafikon 1.</b>	Srednje godišnje temperature vazduha za period 1955-2014. godina.....	34
<b>Grafikon 2.</b>	Srednje mjesečne temperature vazduha.....	34
<b>Grafikon 3.</b>	Srednje godišnje količine padavina za period 1955-2014. godina.....	35
<b>Grafikon 4.</b>	Srednje mjesečne količine padavina.....	36
<b>Grafikon 5.</b>	Starosna struktura stabala jele.....	64
<b>Grafikon 6.</b>	Prosječna starost stabala jele po oglednim površinama.....	65
<b>Grafikon 7.</b>	Broj stabala po oglednim površinama (sastojinama).....	67
<b>Grafikon 8.</b>	Aritmetička sredina broja stabala jele ( $A_s$ ), standardna devijacija (SD) i intervali u kojima se nalazi 68% ( $A_s \pm SD$ ) i 95% sastojina ( $A_s \pm 1.96*SD$ ).....	68
<b>Grafikon 9.</b>	Debljinska struktura u čistim sastojinama.....	70
<b>Grafikon 10.</b>	Debljinska struktura u mješovitim sastojinama.....	71
<b>Grafikon 11.</b>	Aritmetička sredina srednjih prečnika stabala jele po temeljnici ( $A_s$ ), standardna devijacija (SD) i intervali u kojima se nalazi 68% ( $A_s \pm SD$ ) i 95% sastojina ( $A_s \pm 1.96*SD$ ).....	74
<b>Grafikon 12.</b>	Varijabilitet debljinskog prirasta po debljinskim stepenima.....	77
<b>Grafikon 13.</b>	Zavisnost tekućeg debljinskog prirasta stabla jele od prečnika.....	79
<b>Grafikon 14.</b>	Prosječne vrijednosti debljinskog prirasta po biološkom položaju.....	79
<b>Grafikon 15.</b>	Prosječne vrijednosti debljinskog prirasta po kategorijama vitalnosti.....	80
<b>Grafikon 16.</b>	Odnos utvrđenih debljinskih prirasta stabala jele po debljinskim stepenima i dobijenih vrijednosti korištenjem jednačine 20.....	82
<b>Grafikon 17.</b>	Raspodjela temeljnice po debljinskim stepenima u čistim sastojinama.....	87
<b>Grafikon 18.</b>	Raspodjela temeljnice po debljinskim stepenima u mješovitim sastojinama.....	87
<b>Grafikon 19.</b>	Aritmetička sredina temeljnice jelovog dijela sastojine ( $A_s$ ), standardna devijacija (SD) i intervali u kojima se nalazi 68 % ( $A_s \pm SD$ ) i 95% sastojina ( $A_s \pm 1.96*SD$ ).....	88

<b>Grafikon 20.</b>	Visinska struktura čistih sastojina.....	90
<b>Grafikon 21.</b>	Visinska struktura mješovitih sastojina.....	91
<b>Grafikon 22.</b>	Aritmetička sredina Lorajevih srednjih visina sastojina – stabla jele (As), standardna devijacija (SD) i intervali u kojima se nalaze visine 68% ( $As \pm SD$ ) i 95% sastojina ( $As \pm 1.96*SD$ ).....	93
<b>Grafikon 23.</b>	Odnos visinske krive stabala jele na OP3 i bonitetnog snopa prema Drnić et al. (1990).....	95
<b>Grafikon 24.</b>	Odnos visinske krive stabala bukve na OP14 i bonitetnog snopa prema Drnić et al. (1990).....	95
<b>Grafikon 25.</b>	Raspodjela zapremine po debljinskim stepenima u čistim sastojinama jele.....	97
<b>Grafikon 26.</b>	Raspodjela zapremine po debljinskim stepenima u mješovitim sastojinama.....	98
<b>Grafikon 27.</b>	Aritmetička sredina zapremina sastojina – stabla jele (As), standardna devijacija (SD) i intervali u kojima se nalazi 68% ( $As \pm SD$ ) i 95% sastojina ( $As \pm 1.96*SD$ ).....	99
<b>Grafikon 28.</b>	Raspodjela prirasta po debljinskim stepenima u čistim sastojinama.....	101
<b>Grafikon 29.</b>	Raspodjela prirasta po debljinskim stepenima u mješovitim sastojinama..	101
<b>Grafikon 30.</b>	Prosječni prirast sastojina – stabla jele (As), standardna devijacija (SD) i intervali u kojima se nalazi 68% ( $As \pm SD$ ) i 95% sastojina ( $As \pm 1.96*SD$ ).....	102
<b>Grafikon 31.</b>	Procenat prirasta stabala jele po debljinskim stepenima u čistim sastojinama.....	106
<b>Grafikon 32.</b>	Procenat prirasta stabala jele po debljinskim stepenima u mješovitim sastojinama.....	106
<b>Grafikon 33.</b>	Procenat prirasta stabala bukve po debljinskim stepenima u mješovitim sastojinama.....	106
<b>Grafikon 34.</b>	Procenat prirasta (sva stabla) po debljinskim stepenima u mješovitim sastojinama.....	107
<b>Grafikon 35.</b>	Ukupna površina projekcije krošanja po oglednim površinama.....	111
<b>Grafikon 36.</b>	Aritmetička sredina površine projekcija krošanja stabala jele ( $A_s$ ) i intervali površina projekcija u kojima se nalazi 68% ( $As \pm SD$ ) i 95% ( $As \pm 1.96*SD$ ) stabala.....	112
<b>Grafikon 37.</b>	Zavisnost površine projekcije krošnje od prečnika stabla jele.....	113
<b>Grafikon 38.</b>	Zavisnost debljinskog prirasta stabala jele od površine projekcije krošnje	115

<b>Grafikon 39.</b>	Aritmetička sredina apsolutne dužine krošanja stabala jele ( $A_s$ ), standardna devijacija (SD) i intervali dužina u kojima se nalazi 68% ( $A_s \pm SD$ ) i 95% ( $A_s \pm 1.96*SD$ ) stabala.....	118
<b>Grafikon 40.</b>	Zavisnost dužine krošnje od prečnika stabla jele.....	119
<b>Grafikon 41.</b>	Zavisnost debljinskog prirasta stabla jele od dužine krošnje.....	120
<b>Grafikon 42.</b>	Broj stabala jele po stepenima individualne stabilnosti.....	122
<b>Grafikon 43.</b>	Zavisnost zapreminskog prirasta sastojina po hektaru od vrijednosti Clark-Evansovog indeksa agregacije (jela i bukva_jela i bukva).....	127
<b>Grafikon 44.</b>	Zavisnost zapreminskog prirasta sastojina od vrijednosti indeksa ispremiješivosti vrsta (broj susjednih stabala - 3).....	130
<b>Grafikon 45.</b>	Zavisnost zapreminskog prirasta sastojina po hektaru od vrijednosti $T_{d1}$ indeksa.....	134
<b>Grafikon 46.</b>	Odnos debljinskog prirasta stabala sa različitim vrijednostima Weberovog visinskog indeksa.....	137
<b>Grafikon 47.</b>	Zavisnost zapreminskog prirasta sastojina po hektaru od vrijednosti Weberovog visinskog kompeticijskog indeksa.....	139
<b>Grafikon 48.</b>	Empirijska serija prstenova prirasta jele i broj uzoraka po godinama na OP1.....	141
<b>Grafikon 49.</b>	Standardizovane serije prstenova prirasta jele na OP1 (Arstan).....	141
<b>Grafikon 50.</b>	Empirijska serija prstenova prirasta jele i broj uzoraka po godinama na OP3.....	142
<b>Grafikon 51.</b>	Standardizovane serije prstenova prirasta jele na OP3 (Arstan).....	142
<b>Grafikon 52.</b>	Empirijska serija prstenova prirasta jele i broj uzoraka po godinama na OP5.....	143
<b>Grafikon 53.</b>	Standardizovane serije prstenova prirasta jele na OP5 (Arstan).....	143
<b>Grafikon 54.</b>	Empirijska serija prstenova prirasta jele i broj uzoraka po godinama na OP10.....	144
<b>Grafikon 55.</b>	Standardizovane serije prstenova prirasta jele na OP10 (Arstan).....	144
<b>Grafikon 56.</b>	Empirijska serija prstenova prirasta jele i broj uzoraka po godinama na OP13.....	145
<b>Grafikon 57.</b>	Standardizovane serije prstenova prirasta jele na OP13 (Arstan).....	145
<b>Grafikon 58.</b>	Master hronologija jele za područje planine Borja.....	147

<b>Grafikon 59.</b>	Koeficijenti korelacije za jelu: indeks širine goda – mjesečna temperatura (Meteorološka stanica Doboj).....	149
<b>Grafikon 60.</b>	Koeficijenti korelacije za jelu: indeks širine goda – mjesečne padavine (Meteorološka stanica Doboj).....	149
<b>Grafikon 61.</b>	Indikatorske godine (pointer years).....	151
<b>Grafikon 62.</b>	Odnos indeksa širine godova vitalnog stabla (stablo broj 150) i stabla sa skrivenim simptomima devitalizacije (stablo broj 149).....	154
<b>Grafikon 63.</b>	Stabla sa skrivenim simptomima devitalizacije – I BP.....	156
<b>Grafikon 64.</b>	Stabla sa skrivenim simptomima devitalizacije – II BP.....	156
<b>Grafikon 65.</b>	Stabla sa skrivenim simptomima devitalizacije – III BP.....	156
<b>Grafikon 66.</b>	Trend debljinskog prirasta stabala različitog biološkog položaja na OP1..	159
<b>Grafikon 67.</b>	Trend debljinskog prirasta stabala različitog biološkog položaja na OP3	159
<b>Grafikon 68.</b>	Trend debljinskog prirasta stabala različitog biološkog položaja na OP5..	159
<b>Grafikon 69.</b>	Trend debljinskog prirasta stabala različitog biološkog položaja na OP10	160
<b>Grafikon 70.</b>	Trend debljinskog prirasta stabala različitog biološkog položaja na OP13	160
<b>Grafikon 71.</b>	Trend debljinskog prirasta stabala različitog biološkog položaja – sve ogleadne površine.....	160

## Spisak slika

<b>Slika 1.</b>	Sastojina jele sa početka dvadesetog vijeka na planini Borja.....	5
<b>Slika 2.</b>	Mješovita sastojina jele i bukve na planini Borja (original, 2015).....	17
<b>Slika 3.</b>	Uzimanje izvrtka na obročnom stablu jele (original, 2015).....	18
<b>Slika 4.</b>	Digitalno mjerenje širine goda u programu Coo Recorder 7,6 (original, 2016)	24
<b>Slika 5.</b>	Teorijski primjer dvije mješovite sastojine sa slabijim (lijevi dio) i jačim (desni dio) diferenciranjem prečnika stabala (izvor: Stajić, 2010).....	29
<b>Slika 6.</b>	OP1 u odjelu 157 PJ „Velika Ukrina” (original, 2015).....	39
<b>Slika 7.</b>	OP2 u odjelu 112 PJ „Velika Ukrina” (original, 2015).....	39
<b>Slika 8.</b>	OP3 u odjelu 145 PJ „GV Usora” (original, 2015).....	40
<b>Slika 9.</b>	OP4 u odjelu 155/1 PJ „Velika Ukrina” (original, 2015).....	40
<b>Slika 10.</b>	OP5 u odjelu 73 PJ „Mala Usora” (original, 2015).....	40
<b>Slika 11.</b>	OP6 u odjelu 166 PJ „GV Usora” (original, 2015).....	40
<b>Slika 12.</b>	OP7 u odjelu 152 PJ „GV Usora” (original, 2015).....	41
<b>Slika 13.</b>	OP8 u odjelu 56 PJ „Mala Usora” (original, 2015).....	41
<b>Slika 14.</b>	OP9 u odjelu 156 PJ „Velika Ukrina” (original, 2015).....	41
<b>Slika 15.</b>	OP10 u odjelu 155 PJ „GV Usora” (original, 2015).....	41
<b>Slika 16.</b>	OP11 u odjelu 73 PJ „Mala Usora” (original, 2015).....	42
<b>Slika 17.</b>	OP12 u odjelu 165 PJ „GV Usora” (original, 2015).....	42
<b>Slika 18.</b>	OP13 u odjelu 155/2 PJ „Velika Ukrina” (original, 2015).....	42

<b>Slika 19.</b>	OP14 u odjelu 84/1 PJ „Mala Usora” (original, 2015).....	42
<b>Slika 20.</b>	OP15 u odjelu 115 PJ „Velika Ukrina” (original, 2015).....	43
<b>Slika 21.</b>	Planina Borja i položaj oglednih površina.....	43
<b>Slika 22.</b>	Luvisol na OP14 (original, 2015).....	48
<b>Slika 23.</b>	Posmeđeni eutrični ranker na OP9 (original, 2015).....	49
<b>Slika 24.</b>	Eutrični kambisol na OP15 (original, 2015).....	51
<b>Slika 25.</b>	Distrični kambisol na OP1 (original, 2015).....	54
<b>Slika 26.</b>	Krošnje stabala jele na OP10 (original, 2015).....	109
<b>Slika 27.</b>	Tri osnovna tipa rasporeda stabala u prostoru.....	124
<b>Slika 28.</b>	Teorijski primjer dvije mješovite sastojine sa slabijim (lijevi dio) i jačim (desni dio) diferenciranjem prečnika stabala (izvor: Stajić, 2010).....	131



## BIOGRAFIJA

Goran Jović je rođen 7.5.1971. godine u Tesliću. Srednju šumarsku školu završio je 1990. godine u Tesliću. U periodu od 1991. do 1994. godine radio je u preduzeću Holding „Incel“ Banja Luka. Šumarski fakultet u Banjoj Luci upisao je 1994. godine, a diplomirao 2000. godine. Školske 2002/03. godine upisao je postdiplomske studije na Šumarskom fakultetu u Banjoj Luci iz oblasti „Planiranje i kontrola gazdovanja šumama na tipološkim osnovama“. Postdiplomske studije završio je prosječnom ocjenom 8,3. Magistarski rad pod nazivom „Razvojno–proizvodne karakteristike kultura crnog bora u Tesličkom šumskoprivrednom području“ odbranio je 12. jula 2012. godine i stekao zvanje magistra nauka iz oblasti šumarstva.

Učestvovao je na seminarima: „Značaj i ciljevi certifikacije šuma“ – Banja Vrućica 2005. godine i „Totalne stanice sa GPS/GNSS sistemima“ – Jahorina 2006. godine, međunarodnom savjetovanju „Stabla u gradovima – sigurnost, zaštita i njega“ – Rovinj 2013. godine i međunarodnim naučnim konferencijama „Forestry science and practice for the purpose of sustainable development of forestry – 20 years of the Faculty of forestry in Banja Luka“, „Forest Science for Sustainable Development of Forests - 25 years of Forestry of the Republic of Srpska“ i „X International Agriculture Symposium AGROSYM 2019“.

Do sada je kao autor i koautor objavio **osam originalnih naučnih radova**.

Od 2001. do 2013. godine radio je u Šumskom gazdinstvu „Borja“ – Teslić na poslovima referenta uzgoja i zaštite šuma, plana i analize, šefa proizvodnje, rukovodioca radne jedinice, tehnologa na iskorišćavanju šuma, tehničkog direktora (u dva navrata) i direktora šumskog gazdinstva. Od 2013. godine zaposlen je u Administrativnoj službi opštine Teslić, na mjestu načelnika Odjeljenje za inspeksijske poslove sa komunalnom policijom.

## Izjava 1

### IZJAVA O AUTORSTVU

#### Izjavljujem da je doktorska disertacija

Naslov rada: Prirast jele (*Abies alba* Mill.) na planini Borja

Naslov rada na engleskom jeziku: Growth increment of silver fir (*Abies alba* Mill.) on Mt Borja

- rezultat sopstvenog istraživačkog rada,
- da doktorska disertacija, u cjelini ili u dijelovima, nije bila predložena za dobijanje bilo koje diplome prema studijskim programima drugih visokoškolskih ustanova,
- da su rezultati korektno navedeni i
- da nisam kršio/la autorska prava i koristio intelektualnu svojinu drugih lica.

U Tesliću 5. 6. 2020. godine

Potpis doktoranta

---

## Izjava 2

### Izjava kojom se ovlašćuje Univerzitet u Banjoj Luci da doktorsku disertaciju učini javno dostupnom

Ovlašćujem Univerzitet u Banjoj Luci da moju doktorsku disertaciju pod naslovom

#### Prirast jele (*Abies alba* Mill.) na planini Borja

koja je moje autorsko djelo, učini javno dostupnom.

Doktorsku disertaciju sa svim priložima predao/la sam u elektronskom formatu pogodnom za trajno arhiviranje.

Moju doktorsku disertaciju pohranjenu u digitalni repozitorijum Univerziteta u Banjoj Luci mogu da koriste svi koji poštuju odredbe sadržane u odabranom tipu licence Kreativne zajednice (*Creative Commons*) za koju sam se odlučio/la.

1. Autorstvo
2. Autorstvo – nekomercijalno
3. Autorstvo – nekomercijalno – bez prerade
4. Autorstvo – nekomercijalno – dijeliti pod istim uslovima
5. Autorstvo – bez prerade
6. Autorstvo – dijeliti pod istim uslovima

U Tesliću 5. 6. 2020. godine

Potpis doktoranta

---

### Izjava 3

#### Izjava o identičnosti štampane i elektronske verzije doktorske disertacije

Ime i prezime autora            Goran Jović

Naslov rada            Prirast jele (*Abies alba* Mill.) na planini Borja

Mentor            Prof. dr Vojislav Dukić

Izjavljujem da je štampana verzija moje doktorske disertacije identična elektronskoj verziji koju sam predao/la za digitalni repozitorijum Univerziteta u Banjoj Luci.

U Tesliću 5. 6. 2020. godine

Potpis doktoranta

---