

# Utjecaj pogrešaka pri izmjeri prsnih promjera stabala na volumen stabala i sastojine (uzorka)

---

Vukelić, Anabela

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry / Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:108:979991>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-11**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
ŠUMARSKI FAKULTET ŠUMARSKI  
ŠUMARSKI ODSJEK**

**PREDDIPLOMSKI STUDIJ**

**ŠUMARSTVO**

**ANABELA VUKELIĆ**

**UTJECAJ POGREŠAKA PRI IZMJERI PRSNOG PROMJERA  
STABALA NA VOLUMEN STABALA I UZORKA**

**ZAVRŠNI RAD**

**ZAGREB, RUJAN, 2020.**

## PODACI O ZAVRŠNOM RADU

<b>Zavod:</b>	Zavod za izmjeru i uređivanje šuma
<b>Predmet:</b>	Dendrometrija
<b>Mentor:</b>	Prof.dr.sc. Mario Božić
<b>Asistent-znanstveni novak:</b>	-
<b>Student:</b>	Anabela Vukelić
<b>JMBAG:</b>	0068231567
<b>Akad. godina:</b>	2019./2020.
<b>Mjesto, datum obrane:</b>	Zagreb, 18.9.2020.
<b>Sadržaj rada:</b>	Tablica: 44 Slika: 9 Broj navoda literature:6 Stranica: 39
<b>Sažetak:</b>	
<p>Volumen drva skoncentriran u deblu stabla predstavlja jednu od najvažnijih izmjera u šumarstvu jer je drvo glavni komercijalni produkt šume te obuhvaća veliki udio u ukupnoj biomasi stabla. Za izračun volumena, kao posredne veličine, koriste se volumne tablice u kojima se prsni promjer koristi kao nezavisna varijabla za izračun volumena pojedinačnih stabala te pri određivanju volumena sastojina (uzorka). Cilj ovoga rada je ustanoviti kako pogreške pri izmjeri prsnog promjera stabala utječu na volumen stabala i uzorak. Provedenom je izmjerom s tri mjeritelja na 4 vrste drveća na uzorku od 70-ak stabala ustanovljeno kako mjeritelj te postavljanje promjerke niže ili više od prsne visine, postavljanje tako da ravnalo ne dotiče stablo te nagnutost promjerke prema mjeritelju utječu na izmjereni promjer stabla. Na temelju provedene izmjere u radu će se istražiti koji je utjecaj pogrešaka izmjere prsnog promjera stabala na volumen, kako na razini pojedinačnih stabala tako i na razini sastojine (uzorka). U istraživanju će se koristiti originalni podaci izmjere te podaci dobiveni svrstavanjem podataka u debljinske stupnjeve i visinske krivulje. Rezultati istraživanja bit će prikazani tablično i slikovno.</p>	

## SADRŽAJ

1.UVOD.....	1
2.CILJ RADA.....	3
3.MATERIJALI I METODE.....	4
3.1.OBRADA PODATAKA.....	5
4. REZULTATI I RASPRAVA.....	7
4.1. RAZLIKE U VOLUMENU NA RAZINI POJEDINAČNOG STABLA.....	7
4.2. RAZLIKE U VOLUMENU NA RAZINI UZORKA ODNOSNO SASTOJINE.....	25
5.ZAKLJUČAK .....	36
6.LITERATURA.....	42

## 1.UVOD

U šumarskoj struci, volumen je osnovna mjerna veličina kojom se opisuju produkti proizvodnje, te zato greške koje nastaju pri izmjeri varijabli potrebnih za obračun volumena izravno utječu na autentičnost podataka o nekoj šumskoj sastojini, pa samim time i na prihode u šumarstvu. Dakle, volumen je osnovna varijabla u šumarstvu. Konačni produkti šumarske struke i stanje sastojina opisuju se ovom varijablom. Podaci o volumenu utječu na tijek gospodarenja i izravno su povezani s konačnim prihodima u šumarstvu. Volumen nije izravno mjerljiva varijabla, već se dobiva obračunom pomoću jednoulaznih i dvoulaznih volumnih tablica i zato je potrebno da izmjerom dobiveni podaci o ulaznim parametrima budu točni i precizni. Volumen možemo računati: a) na razini pojedinačnog stabla i b) na razini sastojine.

Volumen pojedinačnog stabla možemo očitati iz dvoulaznih tablica ili obračunati pomoću odgovarajućih jednažbi, pri čemu je potrebno izmjeriti prsni promjer i visinu stabla.

Za obračun volumena sastojine pomoću dvoulaznih volumnih tablica postoji niz metoda, od kojih svaka zahtijeva izradu distribucije prsnih promjera, izradu visinske krivulje, te određivanje dimenzija određenim primjernim stablima. Najtočnija metoda obračuna volumena pomoću dvoulaznih tablica je obračun volumena sastojine po debljinskim stupnjevima. Na primjernim površinama vrši se izmjera promjera svih stabala, koja se tijekom izmjere svrstavaju po vrstama i dimenzijama, te se za svaku vrstu drveta izrađuju distribucije prsnih promjera po jedinici površine. Za konstrukciju visinskih krivulja u sastojini/grupi sastojina izmjeri se reprezentativni broj visinsko primjerenih stabala za svaku vrstu drveća, te se izmjereni podaci, za svaku vrstu posebno izjednače, odnosno konstruira se visinska krivulja. Iz visinskih krivulja očitavaju se visine za svaki debljinski stupanj, koji predstavlja centralna vrijednost debljinskog stupnja (12,5, 17,5, 22,5 cm ...). Volumen srednjeg stabla debljinskog stupnja očitava se iz dvoulaznih volumnih tablica na temelju centralne vrijednosti promjera i visine iz visinske krivulje (za isti taj promjer). Na taj smo način konstruirali tzv. lokalne tarife (u smislu Pravilnika o uređivanju šuma). Množenjem vrijednosti lokalne tarife s brojem stabala u debljinskom stupnju dobivamo volumen debljinskog stupnja, a volumen sastojine dobivamo sumiranjem volumena svih debljinskih stupnjeva (Pranjić, A. i N. Lukić, 1997).

Stvarni volumen neke sastojine jednak je sumi volumena svih stabala u toj sastojini. Nepraktično je i neizvedivo odrediti volumen svakom stablu u sastojini, te se zato vrši procjena volumena sastojine pomoću primjernih stabala koja predstavljaju cijelu sastojinu, odnosno pomoću primjernih ploha na kojima se vrši detaljna izmjera. Dakle, kako bi se procijenio volumen neke sastojine, potrebno je detaljnu izmjeru provesti na uzorku koji se sastoji od primjernih površina i svih stabala na njima (Pranjić, A. i N. Lukić, 1997).

Za određivanje volumena pojedinog primjernog stabla potrebno je izmjeriti prsni promjer i visinu svakom primjernom stablu. Promjer i visina stabla, kao dvije osnovne (i najčešće) varijable na temelju kojih se određuje, izravno utječu na volumen stabla, uzorka, odnosno sastojine. Različite greške koje se javljaju pri izmjeri ovih varijabli, uslijed nepoštivanja procedura izmjere, u konačnici rezultiraju manjim ili većim volumenom. Greške obračuna volumena mogu nastati zbog: neispravne izmjere promjera, neispravne izmjere visina ili neispravnih volumnih tablica.

Greške pri izmjeri promjera se općenito svrstavaju u 3 grupe: sistematske ili sustavne, methodske ili grube i slučajne. Najznačajnije su sistematske pogreške jer se tijekom pojavljivanja pogreške može uočiti, pratiti i otkloniti, za razliku od slučajnih pogrešaka koje se mogu samo smanjiti odabirom savršenijeg uređaja, ili pak grubih pogrešaka koje vidljivo odskaču od ostalih podataka. Na greške također utječe i iskustvo i preciznost mjeritelja, te preciznost mjernog instrumenta.

## 2. CILJ RADA

Kako bi promatranje grešaka u obračunu volumena bilo moguće potrebno je poznavati greške koje nastaju pri izmjeri parametara potrebnih za dobivanje volumena. Volumen kao funkcija jedne veličine (najčešće prsni promjer) ili dvije veličine (najčešće prsni promjer i visina) podliježe utjecaju grešaka pri njihovim izmjerama. U ovome će radu fokus biti na greškama volumena koje nastaju posljedično, neispravnom izmjerom prsnih promjera.

Najčešće greške koje nastaju pri izmjeri prsnog promjera rezultat su: pogreške pri samoodređivanju prsne visine, razlike u položaju promjerke u odnosu na stvarnu prsnu visinu (1,3 m od tla, s pribrežne strane stabla), razlike u stisnutosti krakova promjerke, naginjanju ravnala promjerke prema mjeritelju radi lakšeg očitavanja, te eliptičnost stabla pod uvjetom da se eliptičnom stablu mjeri samo jedan promjer (Božić i dr. 2020).

Cilj ovoga rada je prvenstveno odrediti u kojoj mjeri pogreške nastale pri izmjeri prsnog promjera utječu na volumen stabla, uzorka odnosno sastojine. U opsegu jedne pogreške treba uočiti i razlike između mjeritelja, jesu li one statistički značajne i u kojoj mjeri faktor mjeritelja utječe na prsni promjer odnosno volumen. Zbog razlika u vrsti mjernog uređaja korištenog u istraživanju (milimetarska promjerka) i korištenog u praksi (5-centimetarska promjerka) važno je uočiti postoje li i razlike u konačnoj distribuciji prsnog promjera, odnosno, predstavljaju li različite točnosti izmjere mogućnost greške u okviru konačnog rezultata.

Cilj rada je u konačnici, naći konkretne razloge zbog kojih je u praksi volumen krivo obračunat i uzrokuje nepravilnosti i gubitke u prihodima. Dakle, potrebno je utvrditi na koje greške izmjere posebno treba obratiti pozornost u cilju kvalitetnijeg tijeka izmjere te dobivanja što vjernijih podataka odnosno što vjernijeg stanja sastojine.

### 3. MATERIJALI I METODE

Ovo je istraživanje provedeno kao nastavak istraživanja opisanih u završnim radovima Đureta (2018), Bazijanec (2018) te radu „Utjecaj mjeritelja te pogrešaka pri izmjeri na izmjereni promjer stabla“ Božić i dr. (2020). Kako je već ranije opisano, volumen nije direktno mjerljiva varijabla i dobiva se obračunom pomoću izmjere jednog ili više atributa stabla (varijabli). U poglavlju „Cilj rada“ ovoga istraživanja naznačeno je da će u ovome istraživanju fokus biti na greškama koje nastaju kao posljedica neispravne izmjere prsnog promjera pa će u ovome poglavlju biti opisano gdje je provedena izmjera, kako su mjereni prsni promjeri i tko ih je mjerio.

Izmjera za potrebe ovoga istraživanja provedena je na dva lokaliteta u sklopu Nastavno-pokusnog šumskog objekta Zagreb Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Izmjere su provedene u nizinskoj šumi hrasta lužnjaka i običnog graba i u gorskoj bukovo-jelovoj šumi, pri čemu su mjerena stabla hrasta lužnjaka, običnog graba, obične jele i obične bukve odnosno stabla koja pripadaju najzastupljenijim vrstama drveća u Hrvatskoj. Izmjerena su ukupno 282 stabla; 74 stabla hrasta lužnjaka, 56 stabala običnog graba i po 76 stabala obične jele i obične bukve, a pri odabiru se vodilo računa da se obuhvati cijeli raspon promjera za svaku vrstu drveća.

Izmjeru su provela tri mjeritelja s višegodišnjim iskustvom u izmjerama. Promjer je mjereno s korom, s milimetarskom preciznošću, promjerkom Haglöf Mantax, koja je rektificirana prije rada. Svi mjeritelji su prvo mjerili promjer na samoodređenoj prsnoj visini (dva unakrsna promjera (1a,1b)), a nakon toga na obilježenoj prsnoj visini (unakrsni promjeri (2a,2b)). Zatim je mjeritelj 1 mjerio promjer 10 cm ispod (3a) odnosno 10 cm iznad (3b) prsne visine, mjeritelj 2 je mjerio promjer na obilježenoj prsnoj visini, ali tako da ravnalo ne dotiče stablo s normalnim pritiskom na krakove promjerke (4a) i s jačim pritiskom na krakove promjerke (4b), a mjeritelj 3 je na obilježenoj prsnoj visini mjerio promjer tako da je ravnalo postavljeno na obilježenu točku a promjerka zakrenuta krakovima prema gore radi lakšeg očitavanja (5a). Obilježba promjera (mjesto prsne visine (2a)) je izmjereno mjernom vrpcom i obilježeno sprejem u obliku točke) provedena je nakon što su svi mjeritelji izmjerili promjere na samoodređenoj prsnoj visini.

Što se tiče načina mjerenja, mjerna grupa se sastojala od dva člana od kojih je jedan mjerio a drugi upisivao podatke u terenske obrasce. Prije izmjere mjeriteljima je na tijelu pomoću



mjerne vrpce izmjerena visina od 1,30 (visina mjeritelja može utjecati na visinu postavljanja promjerke pri samoodređivanju prsne visine, a u istraživanju visina mjeritelja 1 je 1,75 m, visina mjeritelja 2 1,73 m, a visina mjeritelja 3 1,89 m). Svi u gornjem tekstu navedeni promjeri (1a, 1b, 2a, 2b, 3a, 3b, 4a, 4b, 5a) su u nizinskom području mjereni postavljanjem promjerke paralelno s pravcem kretanja ( $32^{\circ}$ ), a u gorskom području „u slojnici“, pri čemu se prsna visina određivala i izmjera provodila s pribrežne strane.

### **3.1. OBRADA PODATAKA**

Obrada podataka za ovo istraživanje provedena je u programskim paketima Statistica 13.3 (TIBCO Software Inc., 2018.), te MS Excel.

Za tu su svrhu najprije na temelju podataka izmjere promjera (Đureta 2018 te Božić i dr. 2020) te visina (Bazijanec 2018), obračunati volumeni pojedinačnih stabala, uz stvarni izmjereni promjer i visinu te promjere svrstane u debljinske stupnjeve širine 5 cm te visine očitane iz izjednačenih visinskih krivulja za sredine debljinskih stupnjeva. Kod obračuna volumena korišteni su parametri volumnih tablica objavljeni u radovima Špiranec (1975 i 1976). Pri tome su za hrast lužnjak, običnu jelu i običnu bukvu korišteni parametri dvoulaznih volumnih tablica za ukupnu drvenu masu, a za obični grab parametri za krupno drvo, odnosno parametri koji su iskazani u tablicama.

Razlike u volumenu stabala kao posljedica položaja promjerke pri izmjeri utvrđene su t-testovima zavisnih varijabli s razinom pouzdanosti od 0,05. U testovima su obuhvaćeni volumeni izračunati na temelju originalnih podataka izmjere te volumeni izračunati na temelju podataka izmjere svrstanih u debljinske stupnjeve i visinskih krivulja. Uspoređeni su volumeni stabala dobiveni izmjerom unakrsnih promjera na samoodređenoj prsnoj visini (1a i 1b), volumeni stabala dobiveni izmjerom promjera na obilježenoj prsnoj visini (2a i 2b), volumeni stabala dobiveni izmjerom na samoodređenoj i obilježenoj prsnoj visini (1a i 2a). Također, volumeni stabala dobiveni na obilježenoj prsnoj visini, uspoređeni su s volumenima stabala dobivenim: izmjerom promjera 10 cm ispod prsne visine (3a-2a), izmjerom promjera 10 cm iznad obilježene prsne visine (3b-2a), izmjerom promjera tako da ravnalo ne dotiče stablo uz normalan pritisak na krakove promjerke (4a-2a), izmjerom promjera tako da ravnalo ne dotiče stablo s jačim pritiskom na krakove promjerke (4b-2a) te izmjerom promjera tako da je ravnalo promjerke zakrenuto prema dolje radi lakšeg očitavanja (5a-2a). Statistički značajne razlike naznačene su u svim testovima crvenom bojom. Za sve volumene

stabala izrađeni su grafovi koji pokazuju 50%-tne i 80%-tne intervale razlika i ekstremne razlike u cm i % za originalne podatke izmjere (v dh ) i za podatke izmjere svrstane u debljinske stupnjeve odnosno očitane iz izjednačenih visinskih krivulja (v d5cm hizj.).

Razlike u volumenima stabala kao posljedica razlike između mjeritelja pri izmjeri promjera testirane analizom varijance ponovljenih mjerenja (ANOVA RM), sa Scheffeovim post hoc testom (razlike između mjeritelja), gdje su prosječni volumeni stabala 1a, 1b 2a i 2b uspoređeni između mjeritelja pri čemu su dobivene razlike volumena u m<sup>3</sup> i postocima uz naznačene statistički značajne razlike.

## 4. RASPRAVA I REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Rezultati istraživanja ovoga rada usko su povezani s rezultatima iz članka Šumarskog lista „Utjecaj mjeritelja te pogrešaka pri izmjeri na izmjereni promjer stabla“. Rezultati će biti iskazani tablično i slikovno. Tablično će se prikazati kao razlika srednjih vrijednosti uzorka uz iskaz njihove značajnosti, te slikovno kao rasponi odstupanja u dobivenom volumenu kao posljedica utjecaja promjera stabala.

### 4.1. RAZLIKE U VOLUMENU NA RAZINI POJEDINAČNIH STABALA

#### RAZLIKE U VOLUMENU STABALA KAO POSLJEDICA POLOŽAJA PROMJERKE PRI IZMJERI PRSNOG PROMJERA

U ovome dijelu istraživanja bit će prikazane razlike u volumenu stabala koje su pod utjecajem izmjere prsnog promjera koju su proveli svi mjeritelji (unakrsni promjeri (1a-1b,2a-2b) i točnost određivanja prsne visine (1a-2a)), te između prosječnog volumena stabala dobivenih izmjerom prsnog promjera na obilježenoj prsnoj visini i volumena dobivenog namjernom pogrešnom izmjerom promjera (3a-2a, 3b-2a, 4a-2a, 4b-2a i 5a-2a), a sve u okviru podataka dobivenih iz izjednačenih visinskih krivulja i podataka o prsnom promjeru svrstanih u 5cm debljinske stupnjeve (u daljnjem tekstu vd5cmhizj) te u okviru podataka o izmjerenoj visini i prsnom promjeru (u daljnjem testu vdh).

**Tablica 1** Prosječne razlike volumena dobivenih izmjerom unakrsnih promjera na samoodređenoj prsnoj visini (1a-1b) i statistička značajnost razlika (p vrijednost) po vrstama drveća i mjeriteljima (vdh)

Mjeritelj	Hrast lužnjak		Obični grab		Obična jela		Obična bukva	
	1a-1b, cm	p	1a-1b, cm	p	1a-1b, cm	p	1a-1b, cm	p
1	0,0739	0,3396	0,0856	0,0187	-0,0093	0,8030	-0,2142	<0,0001
2	0,0422	0,6015	0,0969	0,0054	0,0057	0,8991	-0,2305	<0,0001
3	0,0507	0,5438	0,0813	0,0121	0,0118	0,0893	-0,2292	<0,0001

**Tablica 2** Prosječne razlike volumena dobivenih izmjerom unakrsnih promjera na samoodređenoj prsnoj visini (1a-1b) i statistička značajnost razlika (p vrijednost) po vrstama drveća i mjeriteljima (vd5cmhizj)

Mjeritelj	Hrast lužnjak		Obični grab		Obična jela		Obična bukva	
	1a-1b, cm	p	1a-1b, cm	p	1a-1b, cm	p	1a-1b, cm	p
1	0,0891	0,3502	0,0798	0,0536	-0,0254	0,6354	-0,2970	<0,0001
2	0,1282	0,2676	0,0978	0,0131	-0,0057	0,9229	-0,3463	<0,0001
3	0,1658	0,1074	0,0473	0,1960	-0,0257	0,6792	-0,2916	<0,0001

**Tablica 3** Prosječne razlike volumena dobivenih izmjerom unakrsnih promjera na obilježenoj prsnoj visini (2a-2b) i statistička značajnost razlika (p vrijednost) po vrstama drveća i mjeriteljima (vdh)

Mjeritelj	Hrast lužnjak		Obični grab		Obična jela		Obična bukva	
	2a-2b, cm	p	2a-2b, cm	p	2a-2b, cm	p	2a-2b, cm	p
1	0,0595	0,4698	0,1100	0,0017	0,0533	0,3037	-0,2445	<0,0001
2	0,0361	0,6550	0,1340	0,0007	0,1039	0,7436	-0,2521	<0,0001
3	0,1431	0,1079	0,1249	0,0009	0,0392	0,4389	-0,2187	<0,0001

**Tablica 4** Prosječne razlike volumena dobivenih izmjerom unakrsnih promjera na obilježenoj prsnoj visini (2a-2b) i statistička značajnost razlika (p vrijednost) po vrstama drveća i mjeriteljima (vd5cmhizj)

Mjeritelj	Hrast lužnjak		Obični grab		Obična jela		Obična bukva	
	2a-2b, cm	p	2a-2b, cm	p	2a-2b, cm	p	2a-2b, cm	p
1	0,0422	0,7037	0,1335	0,0044	0,0701	0,3611	-0,2996	<0,0001
2	0,0457	0,6759	0,1273	0,0014	0,0101	0,8853	-0,3208	<0,0001
3	0,1720	0,1452	0,1307	0,0004	0,0776	0,2646	-0,2907	<0,0001

**Tablica 5** Prosječne razlike volumena dobivenih izmjerom unakrsnih promjera na samoodređenoj prsnoj visini (1a) i na obilježenoj prsnoj visini (2a) i statistička značajnost razlika (p vrijednost) po vrstama drveća i mjeriteljima (vdh)

Mjeritelj	Hrast lužnjak		Obični grab		Obična jela		Obična bukva	
	1a-2a, cm	p	1a-2a, cm	p	1a-2a, cm	p	1a-2a, cm	p
1	-0,0426	0,0513	-0,0095	0,6213	-0,0918	0,0034	-0,0457	0,0059
2	-0,0182	0,5236	-0,0135	0,3285	-0,0045	0,7360	-0,0157	0,2310
3	-0,0624	0,0048	-0,0129	0,3850	0,0125	0,5551	-0,0108	0,2147

**Tablica 6** Prosječne razlike volumena dobivenih izmjerom unakrsnih promjera na samoodređenoj prsnoj visini (1a) i na obilježenoj prsnoj visini (2a) i statistička značajnost razlika (p vrijednost) po vrstama drveća i mjeriteljima (vd5cmhizj)

Mjeritelj	Hrast lužnjak		Obični grab		Obična jela		Obična bukva	
	1a-2a, cm	p	1a-2a, cm	p	1a-2a, cm	p	1a-2a, cm	p
1	-0,0512	0,3508	-0,0396	0,1058	-0,1142	0,0284	-0,0737	0,0369
2	0,0195	0,7403	-0,0216	0,2708	-0,0153	0,5911	-0,0371	0,2363
3	0,0285	0,5263	-0,0509	0,0273	-0,0345	0,3385	0,0147	0,5631

Rezultati tablica 1,2 ,3 i 4 prikazuju da su razlike volumena zbog razlike unakrsnih promjera statistički značajne samo za vrste koje imaju izraženu eliptičnost, dakle za obični grab i običnu bukvu. Uspoređujući volumene dobivene svrstavanjem promjera u debljinske stupnjeve i izradom visinske krivulje i volumene dobivene iz originalnih podataka izmjere prsnog promjera i visine (tablice 5 i 6) može se uočiti da nema značajnijih razlika, što je i očekivano, osim pojedinih iznimaka koje je teško obrazložiti, osim da je posljedica neravnomjernog rasporeda promjera u debljinskim stupnjevima. Statistički značajne razlike

između volumena dobivenog izmjerom prsnog promjera na samoodređenoj prsnoj visini i volumena dobivenog izmjerom na obilježenoj prsnoj visini mogu se primijetiti kod mjeritelja 3 za hrast lužnjak i mjeritelja 1 za običnu bukvu i običnu jelu za originalne podatke izmjere (vdh). Također, razlike su statistički značajne kod mjeritelja 3 za obični grab i mjeritelja 1 za običnu jelu i običnu bukvu za podatke dobivene iz visinske krivulje i promjera svrstanih u debljinske stupnjeve.

Variable	Vrsta drveća=HL T-test for Dependent Samples (razlike distribucija N i volumena) Marked differences are significant at p < ,05000 Include condition: V2=3									
	Mean	Std.Dv.	N	Diff.	Std.Dv. Diff.	t	df	p	Confidence -95,000%	Co +9
1a	61,03919	16,34919								
1a 5 cm	61,68919	16,55268	74	-0,65000	1,36625	-4,0925	73	0,00010	-0,96653	

**Slika 1 Razlika prsnog promjera iz originalnih podataka i podataka svrstanih u debljinske stupnjeve (mjeritelj 3)**

Srednji prsni promjer iz originalnih podataka (1a) i srednji prsni promjer iz podataka svrstanih u debljinske stupnjeve (1a 5cm) (slika 1) statistički se značajno razlikuje kod mjeritelja 3 za hrast lužnjak što može biti razlog postojanja statistički značajne razlike u tablici 5. Za obični grab mjeritelja 3 ne postoji statistički značajna razlika između promjera 1a i 1a 5cm kao ni između promjera 2a i 2a 5 cm, međutim statistički značajna razlika javlja se u tablici 6 za volumen.

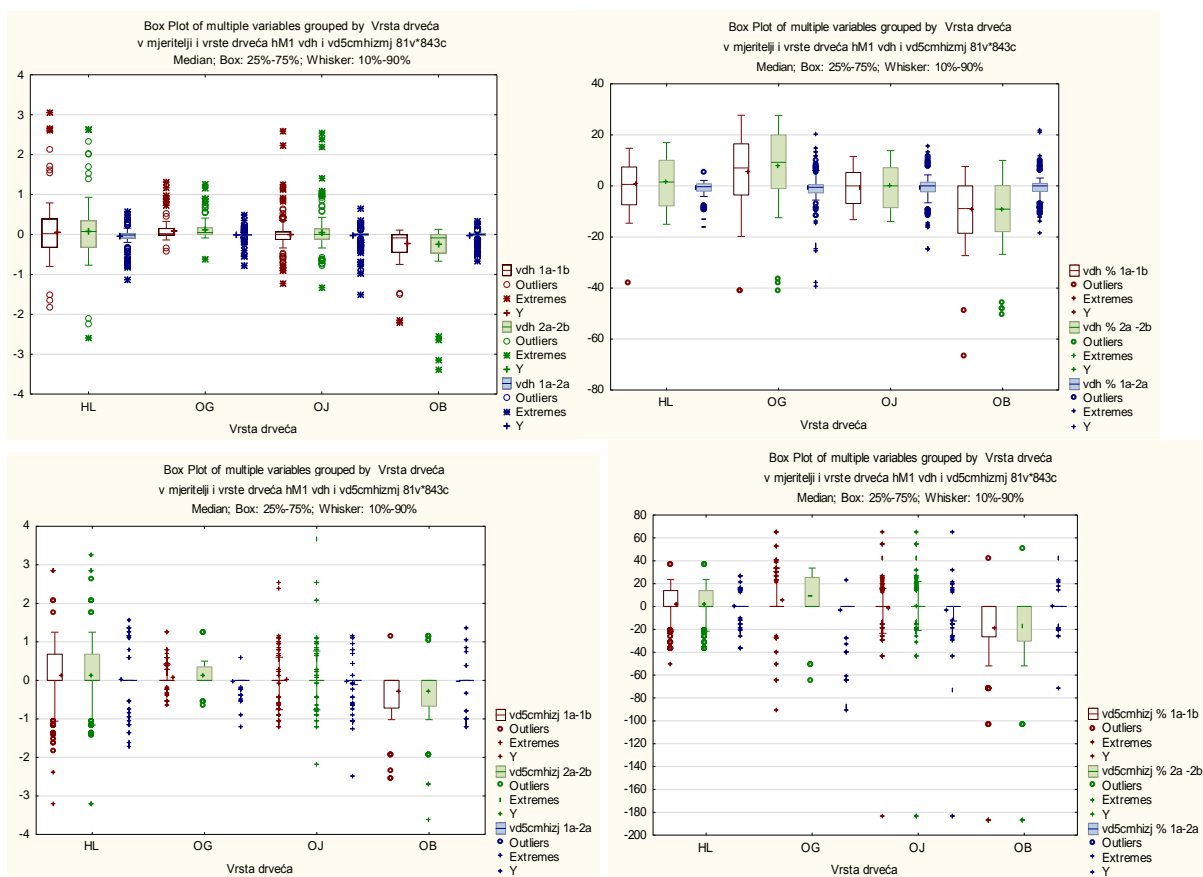
Variable	Vrsta drveća=OJ T-test for Dependent Samples (razlike distribucija N i volumena) Marked differences are significant at p < ,05000 Include condition: v2=1									
	Mean	Std.Dv.	N	Diff.	Std.Dv. Diff.	t	df	p	C	-
1a 5 cm	44,4078	21,14974								
2a 5 cm	45,0000	21,82506	76	-0,59210	2,15516	-2,39511	75	0,01911		

**Slika 2 Razlika prsnog promjera na obilježenoj prsnoj visini i samoodređenoj prsnoj visini iz originalnih podataka i podataka svrstanih u debljinske stupnjeve (mjeritelj 1, obična jela)**

Variable	Vrsta drveća=OB T-test for Dependent Samples (razlike distribucija N i volumena) Marked differences are significant at $p < ,05000$ Include condition: $v2=1$									
	Mean	Std.Dv.	N	Diff.	Std.Dv. Diff.	t	df	p	Confidence -95,000%	Co +9
1a 5 cm	37,03947	15,83620								
2a 5 cm	37,36842	16,41084	76	-0,328947	1,491202	-1,92308	75	0,058267	-0,669702	

Slika 3 Razlika prsnog promjera na obilježenoj prsnoj visini i samoodređenoj prsnoj visini iz originalnih podataka i podataka svrstanih u debljinske stupnjeve (mjeritelj 1, obična bukva)

Razlike promjera mjenog na obilježenoj prsnoj visini i samoodređenoj prsnoj visini (slika 2) značajno su različite za običnu jelu mjeritelja 1, što objašnjava razliku u volumenu u tablici 5. Nasuprot tome, slika 3 prikazuje nepostojanje statistički značajne razlike između promjera, a razlika u volumenu je statistički značajna u tablici 5. Razlog tome može biti neispravno izmjerena visina stabla.



Slika 4 Razlike volumena zbog razlika unakrsnih promjera na samoodređenoj prsnoj visini (1a-1b), obilježenoj visini (2a-2b) i između promjera na samoodređenoj i obilježenoj visini (1a-2a), za hrast lužnjak, obični grab, običnu jelu i običnu bukvu pri izmjeri s originalnim podacima u cm (slika gore, lijevo) i u postocima (slika gore, desno) te pri izmjeri s podacima svrstanimu debljinske stupnjeve i visinsku krivulju (slika dolje, lijevo) i u postocima (slika dolje, desno)

Rezultati prikazani na slici 4 ukazuju da se 50% razlika nalazi u rasponu  $\pm 0-0,5 \text{ m}^3$  na slici gore, lijevo te  $\pm 0-0,8 \text{ m}^3$  na slici dolje, lijevo odnosno  $\pm 0-10\%$  na slici gore, desno te  $\pm 20\%$  na slici dolje, desno. Treba uzeti u obzir da su podaci na donjim slikama prikazani kao pozitivne ili negativne vrijednosti s medijanom jednakim nuli zbog svrstavanja podataka u debljinske stupnjeve i visinsku krivulju, te da nema značajnih razlika između izmjere s originalnim podacima i podacima svrstanim u debljinske stupnjeve i visinsku krivulju. 80% razlika na slici gore, lijevo nalazi se u rasponu  $\pm 0,1-0,9 \text{ m}^3$  te  $\pm 0-1,3 \text{ m}^3$  na slici gore, desno odnosno  $\pm 3-30\%$  na slici gore, desno te  $\pm 0-30\%$  na slici dolje, desno. Razlika pojedinih unakrsnih promjera seže do  $3,5 \text{ m}^3$  na slikama gore, lijevo i dolje, lijevo odnosno do 40% na slici gore, desno i do 80% na slici dolje, desno. Na slici 4 vidljivo je, i u  $\text{m}^3$  i u postocima da su za 50% i 80% intervale razlike volumena dobivenog iz razlike između promjera na obilježenoj i samoodređenoj prsnoj visini značajno manje od razlika volumena dobivenih zbog razlika između unakrsnih promjera. Ekstremne razlike u volumenu posljedica su velike eliptičnosti stabala ili nepravilnosti poprečnog presjeka.

Sljedeći dio istraživanja odnosit će se na razlike u volumenu koje su nastale kao posljedica srednjeg odstupanja prsnog promjera mjenog 10 cm ispod ili iznad prsne visine u odnosu na obilježenu prsnu visinu (3a-2a, 3b-2a), kao posljedica srednjih odstupanja promjera mjenog tako da ravnalo nije doticalo deblo („izmjera krakovima“) s normalnim i jačim pritiskom na pomični kraj promjerke, u odnosu na promjere izmjerene na obilježenom mjestu (4a-2a, 4b-2a) te kao posljedica srednjih odstupanja promjera mjenih tako da su krakovi promjerke zakretani prema gore radi lakšeg očitavanja na ravnalu promjerke u odnosu na promjere izmjerene na obilježenom mjestu (5a-2a). Sve razlike u volumenu zbog navedenih srednjih odstupanja promjera bit će prikazane u okviru podataka dobivenih svrstavanjem promjera u debljinske stupnjeve i visinsku krivulju i u okviru originalnih podataka izmjere.

**Tablica 7 Prosječne razlike volumena dobivene izmjerom promjera 10 cm ispod u odnosu na obilježenu prsnu visinu (3a-2a) te statistička značajnost razlika (p vrijednost) po vrstama drveća (vdh)**

Mjeritelj	Hrast lužnjak		Obični grab		Obična jela		Obična bukva	
	3a-2a, cm	p	3a-2a, cm	p	3a-2a, cm	p	3a-2a, cm	p
1	0,1568	<0,0001	0,0280	0,0624	0,0653	<0,0001	0,0246	0,0009

**Tablica 8** Prosječne razlike volumena dobivene izmjerom promjera 10 cm ispod u odnosu na obilježenu prсну visinu (3a-2a) te statistička značajnost razlika (p vrijednost) po vrstama drveća (vd5cmhizj)

Mjeritelj	Hrast lužnjak		Obični grab		Obična jela		Obična bukva	
	3a-2a, cm	p	3a-2a, cm	p	3a-2a, cm	p	3a-2a, cm	p
1	0,2208	<0,0001	0,0349	0,1796	0,0637	0,0215	0,0356	0,0002

**Tablica 9** Prosječne razlike volumena dobivene izmjerom promjera 10 cm iznad u odnosu na obilježenu prсну visinu (3a-2a) te statistička značajnost razlika (p vrijednost) po vrstama drveća (vdh)

Mjeritelj	Hrast lužnjak		Obični grab		Obična jela		Obična bukva	
	3b-2a,m3	p	3b-2a,m3	p	3b-2a,m3	p	3b-2a,m3	p
1	-0,1218	<0,0001	-0,0082	0,4726	-0,0558	0,0003	-0,0353	0,0008

**Tablica 10** Prosječne razlike volumena dobivene izmjerom promjera 10 cm iznad u odnosu na obilježenu prсну visinu (3a-2a) te statistička značajnost razlika (p vrijednost) po vrstama drveća (vd5cmhizj)

Mjeritelj	Hrast lužnjak		Obični grab		Obična jela		Obična bukva	
	3b-2a,m3	p	3b-2a,m3	p	3b-2a,m3	p	3b-2a,m3	p
1	-0,1036	0,0462	-0,0084	0,5480	-0,1095	0,0031	-0,0600	0,0425

**Tablica 11** Prosječne razlike volumena dobivene izmjerom tako da ravnalo pri izmjeri nije doticalo deblo u odnosu na izmjeru na obilježenoj prsnoj visini (4a-2a) te statistička značajnost razlika (p vrijednost) po vrstama drveća (vdh)

Mjeritelj	Hrast lužnjak		Obični grab		Obična jela		Obična bukva	
	4a-2a, cm	p	4a-2a, cm	p	4a-2a, cm	p	4a-2a, cm	p
2	-0,0522	<0,0001	-0,0127	0,0033	-0,0178	<0,0001	-0,0286	<0,0001

**Tablica 12** Prosječne razlike volumena dobivene izmjerom tako da ravnalo pri izmjeri nije doticalo deblo u odnosu na izmjeru na obilježenoj prsnoj visini (4a-2a) te statistička značajnost razlika (p vrijednost) po vrstama drveća (vd5cmhizj)

Mjeritelj	Hrast lužnjak		Obični grab		Obična jela		Obična bukva	
	4a-2a, cm	p	4a-2a, cm	p	4a-2a, cm	p	4a-2a, cm	p
2	-0,0736	0,1213	-0,0027	0,7669	-0,0299	0,1325	-0,0605	0,0272



**Tablica 13** Prosječne razlike volumena dobivene izmjerom tako da ravnalo pri izmjeri nije doticalo deblo i uz jači pritisak na pomični krak promjerke u odnosu na izmjeru na obilježenoj prsnoj visini (4b-2a) te statistička značajnost razlika (p vrijednost) po vrstama drveća (vdh)

Mjeritelj	Hrast lužnjak		Obični grab		Obična jela		Obična bukva	
	4b-2a, cm	p	4b-2a, cm	p	4b-2a, cm	p	4b-2a, cm	p
2	-0,2273	<0,0001	-0,0571	<0,0001	-0,0675	<0,0001	-0,0666	<0,0001

**Tablica 14** Prosječne razlike volumena dobivene izmjerom tako da ravnalo pri izmjeri nije doticalo deblo i uz jači pritisak na pomični krak promjerke u odnosu na izmjeru na obilježenoj prsnoj visini (4b-2a) te statistička značajnost razlika (p vrijednost) po vrstama drveća (vd5cmhizj)

Mjeritelj	Hrast lužnjak		Obični grab		Obična jela		Obična bukva	
	4b-2a, cm	p	4b-2a, cm	p	4b-2a, cm	p	4b-2a, cm	p
2	-0,2368	<0,0001	-0,0715	0,0015	-0,0937	0,0026	-0,0813	0,0067

**Tablica 15** Prosječne razlike volumena dobivene izmjerom tako da su krakovi promjerke zakretani prema gore radi lakšeg očitavanja na ravnalu promjerke u odnosu na izmjeru na obilježenoj prsnoj visini (5a-2a) te statistička značajnost razlika (p vrijednost) po vrstama drveća (vdh)

Mjeritelj	Hrast lužnjak		Obični grab		Obična jela		Obična bukva	
	5a-2a, cm	p	5a-2a, cm	p	5a-2a, cm	p	5a-2a, cm	p
3	-0,1647	<0,0001	-0,0164	0,0111	-0,0634	0,0002	-0,0371	0,0002

**Tablica 16** Prosječne razlike volumena dobivene izmjerom tako da su krakovi promjerke zakretani prema gore radi lakšeg očitavanja na ravnalu promjerke u odnosu na izmjeru na obilježenoj prsnoj visini (5a-2a) te statistička značajnost razlika (p vrijednost) po vrstama drveća (vd5cmhizj)

Mjeritelj	Hrast lužnjak		Obični grab		Obična jela		Obična bukva	
	5a-2a, cm	p	5a-2a, cm	p	5a-2a, cm	p	5a-2a, cm	p
3	-0,1531	0,0031	-0,0278	0,0476	-0,0530	0,0407	-0,0221	0,0962

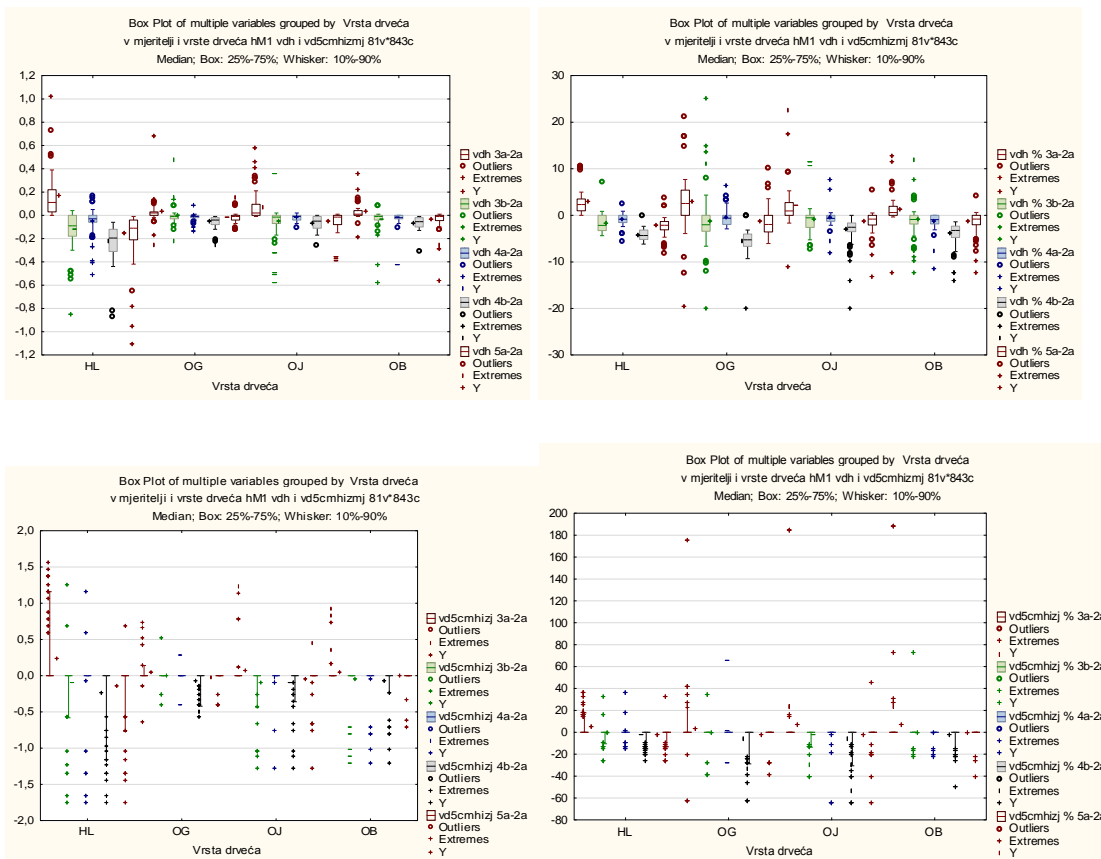
Promatranjem rezultata za sve izmjere i razlike između volumena može se uočiti da ne postoji razlika između razlika dobivenih iz originalnih podataka izmjere i podataka svrstanih u debljinske stupnjeve i visinsku krivulju, osim između tablica 11 i 12 (4a-2a) u kojima su razlike volumena značajne za hrast lužnjak, obični grab i običnu bukvu u tablici 11, dok u tablici 12 nisu. Također, razlika je u tablicama 15 i 16 ; u tablici 15 razlika između volumena je značajna za običnu bukvu, a u tablici 16 nije. U podacima o razlikama promjera iz originalnih podataka i promjera svrstanih u debljinske stupnjeve ne postoji statistički

značajna razlika između 2a i 2a 5cm, niti između 4a i 4a 5cm, pa postoji mogućnost da su razlike između tablica 11 i 12 uzrokovane razlikama visina iz originalnih podataka i visina iz visinske krivulje. Ista je mogućnost za razlike između tablica 15 i 16 jer ne postoji statistički značajna razlika u promjerima 5a i 5a 5cm za običnu buku.

Promatramo li tablice 7 i 9 i tablice 8 i 10 možemo uočiti da su razlike u volumenu pozitivne za promjer mjeren ispod obilježene prsne visine (3a-2a) i negativne za promjer mjeren iznad obilježene prsne visine (3b-2a). Izmjera promjera iznad obilježene prsne visine daje manji promjer, pa je očekivano da će razlike u volumenu imati negativan predznak, odnosno pozitivan predznak za izmjeru promjera ispod obilježene prsne visine. Razlike su u sve 4 tablice statistički značajne za sve vrste osim običnog graba. Razlike u volumenu su najveće za hrast lužnjak.

U tablicama 11,12,13 i 14 razlike volumena u svim tablicama za sve vrste drveća (osim u tablici 12 iz razloga navedenih u gornjem tekstu) statistički su značajne. Prema podacima iz Božić i dr., 2020. razlike između promjera izmjerenih tako da ravnalo ne dotiče stablo u odnosu na obilježenu prsnu visinu imaju negativan predznak, a razlike između promjera izmjerenih na isti način uz jači pritisak na krakove promjerke u odnosu na obilježenu prsnu visinu imaju negativan predznak i očekivano veću vrijednost. Uspoređujući tablice 11 i 13 i tablice 12 i 14 možemo primijetiti da su srednje vrijednosti volumena dobivenih izmjerom uz jači pritisak na krakove promjerke također veće. Prema podacima iz Božić i dr., 2020. razlike uz normalni pritisak na pomični krak najveće su kod hrasta lužnjaka i obične buke, a uz jači pritisak na pomični krak kod lužnjaka i graba, što se može primijetiti i za vrijednosti volumena u tablicama 11, 12,13 i 14.

Razlike volumena u tablicama 15 i 16 statistički su značajne za sve vrste (osim u tablici 16 za običnu buku). Sve razlike volumena imaju negativan predznak, kao i razlike srednjih vrijednosti promjera u kojima je promjer mjeren uz zakretanje promjerke prama gore radi lakšeg očitavanja na ravnalu promjerke u odnosu na obilježenu prsnu visinu (Božić i dr., 2020.). Najveće razlike u volumenu nalazimo kod hrasta lužnjaka i obične jele.



**Slika 5** Razlike volumena dobivene iz razlike promjera mjerenih 10 cm ispod prsne visine (3a), iznad prsne visine (3b), s odmaknutim ravnalom i normalnim pritiskom na krakove(4a), s odmaknutim ravnalom i jačim pritiskom krakova (4b) te zakrenutih krakova (5a) u odnosu na obilježenu prsnu visinu (2a), za hrast lužnjak, obični grab, običnu jelu i običnu bukvu: u cm (slika gore lijevo) i u postocima (slika gore desno) za originalne podatke izmjere te u cm (slika dolje lijevo) i postocima (slika dolje desno) za podatke izmjere svrstane u debljinske stupnjeve i visinsku krivulju

Na slikama dolje, lijevo i dolje,desno ne mogu se vidjeti 50%-tni intervali razlika, jer se radi o podacima koji su svrstani u debljinske stupnjeve i visinsku krivulju. Na slici gore, lijevo može se uočiti da se 50% razlika nalazi u rasponu  $\pm 0-0,2 \text{ m}^3$ , a na slici gore, desno u rasponu  $\pm 1-5 \%$ . 80% razlika nalazi se u rasponu  $\pm 0-0,4 \text{ m}^3$  odnosno  $\pm 1-8 \%$ .

Kao što je vidljivo u prethodnim tablicama, podaci o razlikama u volumenu kreću se slično podacima o razlikama promjera iz članka Šumarskog lista. Razlike u volumenu stabala dobivenih iz razlika promjera mjerenih ispod prsne visine u odnosu na obilježenu prsnu visinu imaju pozitivan predznak za sve vrste drveća, osim za pojedina stabla graba koja, ako promatramo 80%-tni interval imaju negativne vrijednosti razlike volumena (imaju manji promjer ispod obilježene prsne visine). Podaci se većinom nalaze u rasponu  $0-0,4 \text{ m}^3$  odnosno  $0 - 8 \%$ , uz pojedina odstupanja u rasponu  $-0,3 - 1 \text{ m}^3$ . Razlike u volumenu stabala dobivene iz razlika promjera mjerenih iznad prsne visine u odnosu na obilježenu prsnu visinu imaju negativan predznak za sve vrste drveća, osim za pojedina stabla svake vrste drveća koja,

gledajući 80 %- tni interval imaju pozitivan predznak razlike volumena. Većina podataka nalazi se u rasponu  $-0,3 - 0 \text{ m}^3$  odnosno  $-10 - 0 \%$ , a pojedina stabla odstupaju u rasponu  $-1,1 -1,0 \text{ m}^3$  odnosno  $-20 - 25 \%$ .

Razlike volumena dobivenog iz razlika promjera izmjerenih tako da ravnalo ne dotiče stablo uz normalni pritisak na krakove (4a-2a) i uz jači pritisak na krakove (4b-2a) u odnosu na obilježenu prsnu visinu imaju negativan predznak. Za razlike volumena 4b-2a 80% podataka ima negativan predznak, a za razlike volumena 4a-2a pojedina stabla hrasta lužnjaka, običnog graba i obične jele imaju pozitivan predznak, uz pojavu pozitivnih ekstrema za obični grab. Većina podataka za razliku volumena dobivenog iz razlika promjera izmjerenih tako da ravnalo ne dotiče stablo uz normalni pritisak u odnosu na obilježenu prsnu visinu nalazi se u rasponu  $-0,2-0,05 \text{ m}^3$  odnosno  $-3-3 \%$ , uz pojedina odstupanja u rasponu  $-0,5-0,1 \text{ m}^3$  odnosno  $-11-8 \%$ . Većina podataka za razliku volumena dobivenog iz razlika promjera izmjerenih tako da ravnalo ne dotiče stablo uz jači pritisak u odnosu na obilježenu prsnu visinu nalazi se u rasponu  $-0,4-0 \text{ m}^3$  odnosno  $-9-0 \%$ , uz pojedine ekstreme na  $-0,9 \text{ m}^3$  odnosno na  $-20 \%$ .

Razlike volumena dobivenog iz razlika srednjih promjera mjenjenih zakretanjem ravnala promjerke prema dolje radi lakšeg očitavanja u odnosu na obilježenu prsnu visinu imaju negativni predznak uz pojedina stabla običnog graba, obične jele i obične bukve koja imaju pozitivan predznak u okviru 80%-tnog intervala. Razlike volumena se kreću u rasponu  $-0,4-0 \text{ m}^3$  -9-0% uz pojedine ekstremne vrijednosti u rasponu  $-1,1-0,2 \text{ m}^3$  odnosno  $-20-3 \%$ .

## RAZLIKE U VOLUMENU STABALA KAO POSLJEDICA RAZLIKE MEĐU MJERITELJIMA PRI IZMJERI PRSNOG PROMJERA

Razlike između mjeritelja pri izmjeri prsnog promjera na samoodređenoj prsnoj visini (1a i 1b) te za oba unakrsna promjera na obilježenoj prsnoj visini (2a i 2b ) rezultirale su razlikama u volumenu stabala.

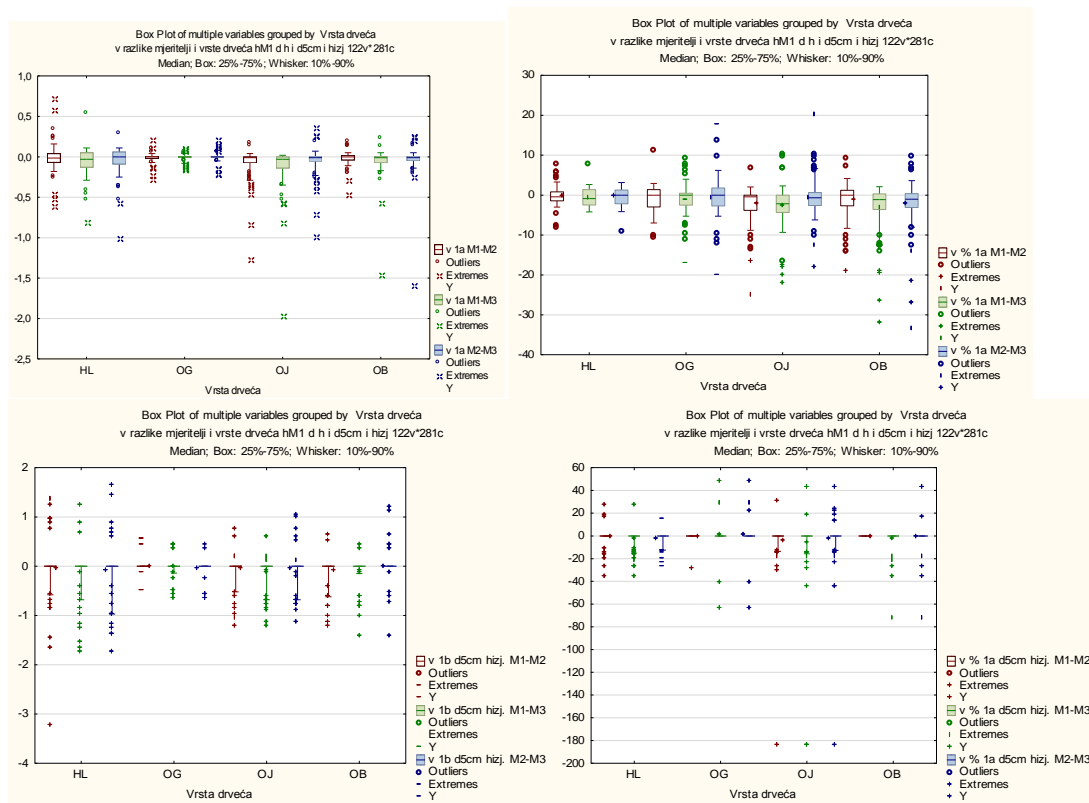
**Tablica 17** Prosječne razlike volumena dobivene izmjerom promjera na samoodređenoj prsnoj visini (1a) između mjeritelja u ( $\text{m}^3$ ), rezultat ANOVA-e ponovljenih mjerenja (F i p), te post hoc testa između pojedinih mjeritelja (p vrijednost) (vdh)

	Hrast lužnjak		Obični grab		Obična jela		Obična bukva	
	1a, $\text{m}^3$	p	1a, $\text{m}^3$	p	1a, $\text{m}^3$	p	1a, $\text{m}^3$	p
df=2								
Mjeritelji	F=3,7561; p=0,02567		F=0,7956; p=0,4539		F=11,7815; p<0,0001		F=3,9946; p=0,0204	
M1-M2	-0,0115	0,8734	-0,0098	0,5289	-0,0748	0,0154	-0,0190	0,6159
M1-M3	-0,0572	0,0376	-0,0091	0,5790	-0,1229	<0,0001	-0,0536	0,0227
M2-M3	-0,0457	0,1210	0,0007	0,9965	-0,0481	0,1719	-0,0346	0,2009

Tablica 18 Prosječne razlike volumena dobivene izmjerom promjera na samoodređenoj prsnoj visini (1a) između mjeritelja u (m<sup>3</sup>), rezultat ANOVA-e ponovljenih mjerenja (F i p), te post hoc testa između pojedinih mjeritelja (p vrijednost) (vd5cmhizj)

	Hrast lužnjak		Obični grab		Obična jela		Obična bukva	
	1a, m <sup>3</sup>	p	1a, m <sup>3</sup>	p	1a, m <sup>3</sup>	p	1a, m <sup>3</sup>	p
Mjeritelji	F=7,0031; p=0,0012		F=0,6649; p=0,5164		F=3,7765; p=0,0251		F=2,4667; p=0,0883	
M1-M2	-0,0733	0,3435	-0,0104	0,7789	-0,0831	0,1251	-0,0313	0,6677
M1-M3	-0,1858	0,0014	0,0063	0,0900	-0,1056	0,0359	-0,0769	0,0907
M2-M3	-0,1125	0,0834	0,0167	0,5228	-0,0225	0,8571	-0,0456	0,4269

Promatrajući tablice 17 i 18, može se uočiti da postoji razlika u rezultatima dobivenim iz podataka svrstanih u debljinske stupnjeve i visinsku krivulju i originalnih podataka izmjere. Zbog postojanja statistički značajne razlike u tablici 17 između mjeritelja 1 i 2 za običnu jelu i mjeritelja 1 i 3 za običnu bukvu i nepostojanja istih u tablici 18, može se zaključiti da su razlike nastale zbog svrstavanja podataka u debljinske stupnjeve odnosno visinsku krivulju. U obje tablice, razlike volumena su većinom značajne između mjeritelja 1 i 3; u tablici 17 za hrast lužnjak, običnu jelu i običnu bukvu, a u tablici 18 za hrast lužnjak i običnu jelu. Mjeritelj 1 u prosjeku ima niže vrijednosti volumena u odnosu na mjeritelja 3. U tablici 17 može se uočiti i statistički značajna razlika između mjeritelja 1 i 2 za običnu jelu, pri čemu mjeritelj 1 ima manje vrijednosti volumena u odnosu na mjeritelja 2, što je vidljivo u obje tablice za sve vrste drveća. Promatramo li razlike volumena zbog razlike izmjenog promjera na samoodređenoj i obilježenoj prsnoj visini, mjeritelj 1 ima najveće i statistički značajne razlike, te su zato sve statistički značajne razlike u ovom segmentu istraživanja vezane za mjeritelja 1. Prema članku Šumarskog lista, obilježavanje točke izmjere većinom dovodi do smanjenja razlika između mjeritelja u izmjenom prsnom promjeru, a samim time i do smanjenja razlika u volumenu.



**Slika 6** Razlike volumena dobivene pomoću razlika unakrsnih promjera mjerenih na samoodređenoj prsnoj visini (1a) između mjeritelja, za hrast lužnjak, obični grab, običnu jelu i običnu bukvu : u cm (slika lijevo,gore) i postocima (slika desno gore) za podatke v dh te u cm (slika dolje, lijevo) i postocima (slika dolje,desno) za podatke v d5cm hizj.

Prema slici 6, može se uočiti da se najveći dio razlika među mjeriteljima nalazi u rasponu - 0,4 – 0,2 m<sup>3</sup> odnosno -9 – 4 %. Pojedine ekstremne vrijednosti javljaju se u rasponu -1,0 – 0,4 m<sup>3</sup> odnosno -18 – 14 %.

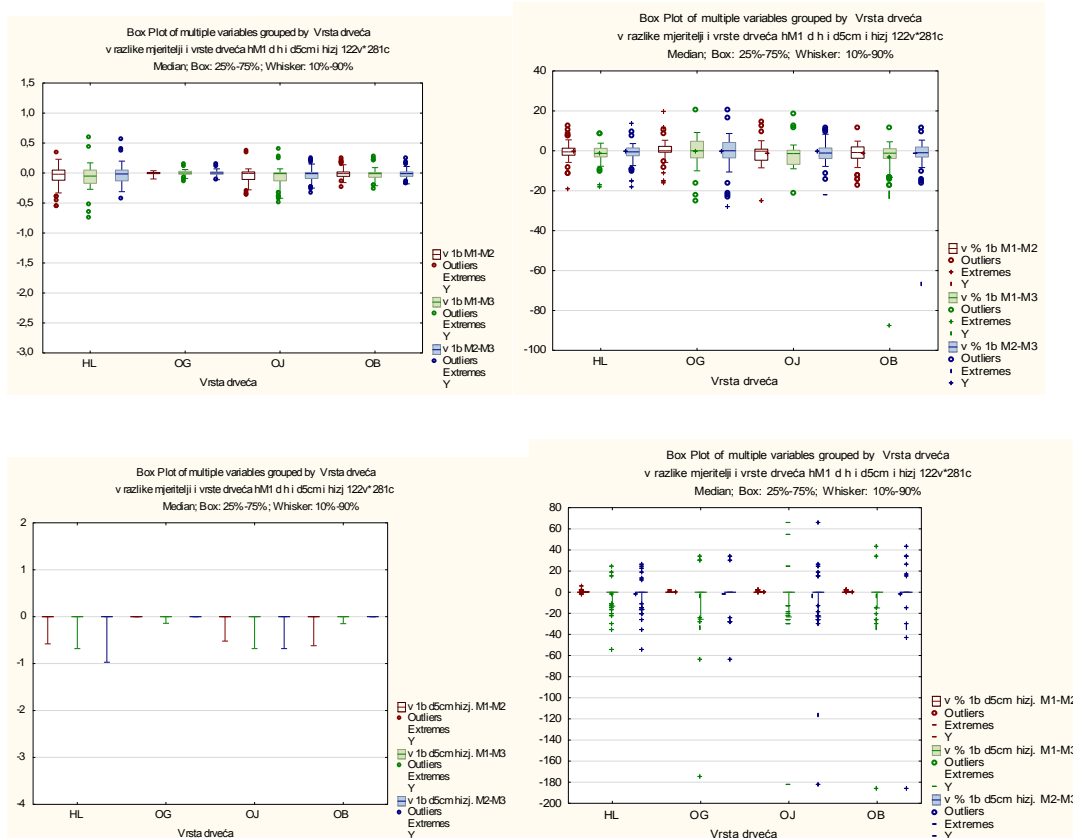
**Tablica 19** Prosječne razlike volumena dobivene izmjerom promjera na samoodređenoj prsnoj visini (1b) između mjeritelja u (m<sup>3</sup>), rezultat ANOVA-e ponovljenih mjerenja (F i p), te post hoc testa između pojedinih mjeritelja (p vrijednost) (vdh)

	Hrast lužnjak		Obični grab		Obična jela		Obična bukva	
	1b,m	p	1b,m	p	1b,m	p	1b,m	p
df=2								
Mjeritelji	F=2,0671; p=0,13024		F=0,8431; p=0,4332		F=8,6486; p=0,0003		F=3,2589; p=0,04117	
M1-M2	-0,0432	0,5519	0,0015	0,9934	-0,0597	0,0552	-0,0353	0,4244
M1-M3	-0,0804	0,1307	-0,0134	0,5702	-0,1017	0,0003	-0,0686	0,0412
M2-M3	-0,0372	0,6444	0,0149	0,5021	-0,0420	0,2360	-0,0333	0,4656

**Tablica 20** Prosječne razlike volumena dobivene izmjerom promjera na samoodređenoj prsnoj visini (1a) između mjeritelja u (m<sup>3</sup>), rezultat ANOVA-e ponovljenih mjerenja (F i p), te post hoc testa između pojedinih mjeritelja (p vrijednost) (vd5cmhizj)

	Hrast lužnjak		Obični grab		Obična jela		Obična bukva	
	1b, m	p	1b, m	p	1b, m	p	1b, m	p
Mjeritelji	F=1,6203; p=0,2014		F=1,1615; p=0,3169		F=4,3215; p=0,0150		F=3,4984; p=0,0327	
M1-M2	-0,0342	0,8590	0,0076	0,9476	-0,0634	0,2200	-0,0807	0,0571
M1-M3	-0,0111	0,2160	-0,0262	0,5331	-0,1059	0,0158	-0,0714	0,1048
M2-M3	-0,0768	0,4838	0,0338	0,3515	-0,0425	0,5048	0,0093	0,9627

U tablicama 19 i 20, uočljivo je da su razlike volumena vezane za mjeritelja 1, kao u tablicama 17 i 18. Također, može se primijetiti da mjeritelj 1 ima u prosjeku manje vrijednosti volumena u odnosu na ostala 2 mjeritelja. Postoji razlika između tablica, pri čemu u tablici 19 postoji statistički značajna razlika između mjeritelja 1 i 2 za običnu jelu te između mjeritelja 1 i 3 za običnu bukvu.



**Slika 7** Razlike volumena dobivene pomoću razlika unakrsnih promjera mjerenih na samoodređenoj prsnoj visini (1b) između mjeritelja, za hrast lužnjak, obični grab, običnu jelu i običnu bukvu : u cm (slika lijevo,gore) i postocima (slika desno gore) za podatke vd5cmhizj i u cm (slika dolje, lijevo) i postocima (slika dolje,desno) za podatke vdh

Slika 7 prikazuje da se razlike u volumenu između mjeritelja većinom kreću u rasponu -0,2-0,2 m<sup>3</sup> odnosno -4-4 %. Pojedine ekstremne razlike kreću se u rasponu od čak -2,0- 2,2 m<sup>3</sup> odnosno u rasponu od oko -40- 30 %.

**Tablica 21** Prosječne razlike volumena dobivene izmjerom promjera na obilježenoj prsnoj visini (2a) između mjeritelja u (m<sup>3</sup>), rezultat ANOVA-e ponovljenih mjerenja (F i p), te post hoc testa između pojedinih mjeritelja (p vrijednost) (vdh)

	Hrast lužnjak		Obični grab		Obična jela		Obična bukva	
	2a, m	p	2a, m	p	2a, m	p	2a, m	p
Mjeritelji	F=21,7669; p<0,001		F=1,4305; p=0,2437		F=4,4366; p=0,0134		F=4,4616; p=0,0131	
M1-M2	0,0129	0,6848	-0,0138	0,3140	0,0127	0,4888	0,0111	0,5484
M1-M3	-0,0770	<0,0001	-0,0125	0,3842	-0,0185	0,2153	-0,0187	0,1819
M2-M3	-0,0899	<0,0001	0,0013	0,9901	-0,0312	0,0141	-0,0298	0,0144

**Tablica 22** Prosječne razlike volumena dobivene izmjerom promjera na obilježenoj prsnoj visini (2a) između mjeritelja u (m<sup>3</sup>), rezultat ANOVA-e ponovljenih mjerenja (F i p), te post hoc testa između pojedinih mjeritelja (p vrijednost) (vd5cmhizj)

	Hrast lužnjak		Obični grab		Obična jela		Obična bukva	
	2a,m	p	2a,m	p	2a,m	p	2a,m	p
Mjeritelji	F=4,8504; p=0,0091		F=0,3262; p=0,7224		F=1,2741; p=0,2827		F=0,2251; p=0,7987	
M1-M2	-0,0024	0,9976	0,0077	0,8879	0,0158	0,8362	0,0053	0,9547
M1-M3	-0,1061	0,0263	-0,0049	0,9520	-0,0259	0,6182	0,0116	0,7992
M2-M3	-0,1034	0,0314	-0,0126	0,7260	-0,0417	0,2896	0,0063	0,9354

Tablice 21 i 22 odnose se na razlike između mjeritelja u prosječnom volumenu stabala dobivene izmjerom unakrsnih promjera na obilježenoj prsnoj visini, pri čemu se promatra unakrsni promjer 2a. Sve su statistički značajne razlike u volumenu stabala vezane za mjeritelja 3 u obje tablice, a najizraženije su za hrast lužnjak u usporedbi s mjeriteljima 1 i 2. Prema članku Šumarskog lista , razlika između unakrsnog promjera 2a između mjeritelja 3 i ostalih mjeritelja može biti rezultat prejakog pritiska na krakove promjerke mjeritelja 1 i 2, što se očituje u prosječno većim iznosima promjera mjeritelja 3, a što se kako vidimo reflektira i na razlike u volumenima. Vrijednosti volumena u tablici 21, također su veće kod mjeritelja 3 u odnosu na ostala 2 mjeritelja. Za provjeru statistički značajnih razlika u tablici 21 potrebno je pogledati rezultate Sheffe testa vezane za izmjerene promjere vrsta drveća na koje se te razlike odnose.



**Tablica 23** Prosječne razlike promjera na obilježenoj prsnoj visini (2a) između mjeritelja za hrast lužnjak dobivene Scheffe testom iz podataka izmjere svrstanih u debljinske stupnjeve

Scheffe test; variable DV_1 (v razlike mjeritelji i vrste drv eća hM1 d h i d5cm i hizj) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Within MS = 1,1678, df = 146,00 Include condition: V1="HL"				
Cell No.	MJERITEL	{1}	{2}	{3}
1	d5cm 2a M1	61,149	61,081	61,622
2	d5cm 2a M2	0,930262	0,930262	0,031411
3	d5cm 2a M3	0,031411	0,011243	0,011243

Promatramo li tablicu 23, koja je izravno povezana s tablicom 22, možemo uočiti da su statistički značajne razlike u volumenu rezultat statistički značajnih razlika između promjera na obilježenoj prsnoj visini (2a) između mjeritelja 3 i ostala 2 mjeritelja, pri čemu mjeritelj 3 ima najveću vrijednost izmjerenog promjera (61,622).

**Tablica 24** Prosječne razlike promjera na obilježenoj prsnoj visini (2a) između mjeritelja za običnu jelu dobivene Scheffe testom iz podataka izmjere svrstanih u debljinske stupnjeve

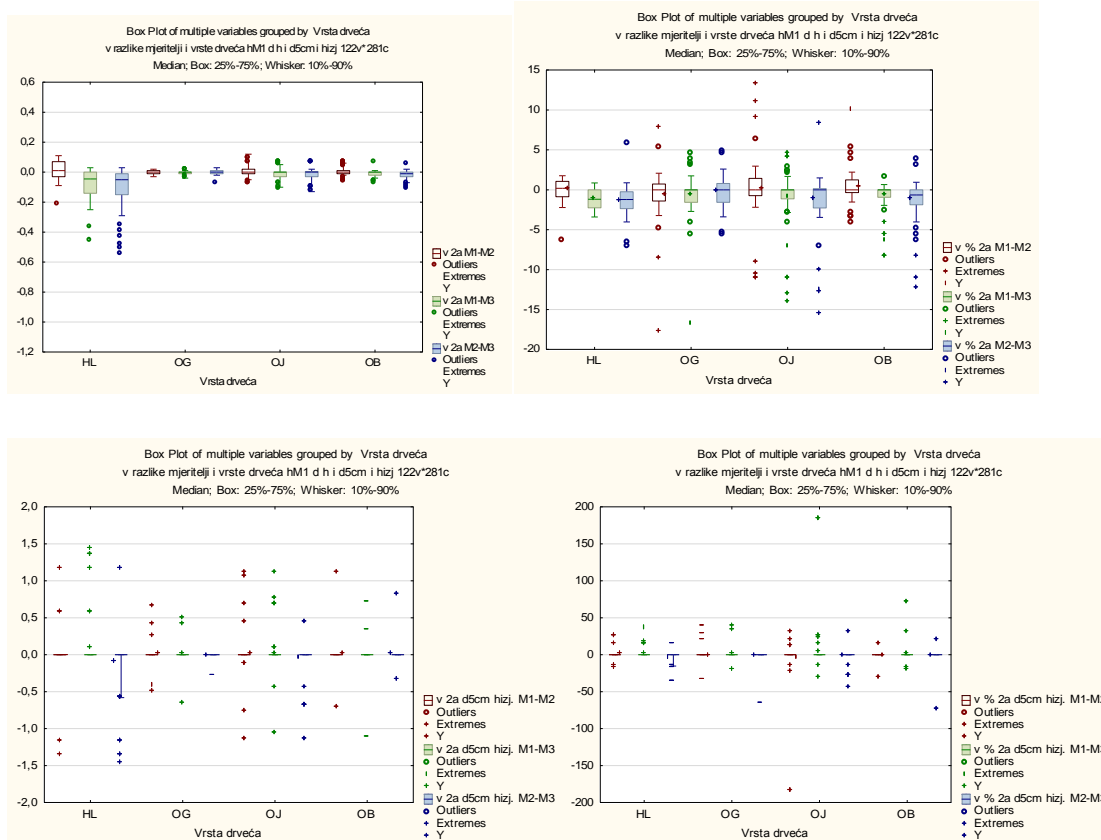
Scheffe test; variable DV_1 (v razlike mjeritelji i vrste drv eća hM1 d h i d5cm i hizj) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Within MS = 1,1988, df = 150,00 Include condition: V1="OJ"				
Cell No.	MJERITEL	{1}	{2}	{3}
1	d5cm 2a M1	45,000	45,000	45,263
2	d5cm 2a M2	1,000000	1,000000	0,336348
3	d5cm 2a M3	0,336348	0,336348	0,336348

U tablici 24 ne postoji statistički značajna razlika između mjeritelja 3 i ostala 2 mjeritelja u izmjerenom promjeru koja bi objasnila statistički značajnu razliku između mjeritelja 2 i 3 za običnu jelu u tablici 21. Međutim, pogledamo li tablicu 22 izravno povezanu s tablicom 24 (jer su podaci o promjeru svrstani u debljinske stupnjeve) statistički značajne razlike nema.

**Tablica 25** Prosječne razlike promjera na obilježenoj prsnoj visini (2a) između mjeritelja za običnu bukvu dobivene Scheffe testom iz podataka izmjere svrstanih u debljinske stupnjeve

Scheffe test; variable DV_1 (v razlike mjeritelji i vrste drv eća hM1 d h i d5cm i hizj) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Within MS = ,44444, df = 150,00 Include condition: V1="OB"				
Cell No.	MJERITEL	{1}	{2}	{3}
1	d5cm 2a M1	37,368	37,368	37,368
2	d5cm 2a M2	1,000000	1,000000	1,000000
3	d5cm 2a M3	1,000000	1,000000	1,000000

Statistički značajna razlika u tablici 21 za običnu bukvu između mjeritelja 2 i 3 zasigurno nije rezultat razlike u promjerima izmjerenim na obilježenoj visini, jer, kao što se vidi u tablici 25 razlika između promjera ne postoji, pa je razlika u volumenu vrlo vjerojatno vezana za izmjerenu visinu ali moguće i zbog svrstavanja promjera u debljinske stupnjeve.



**Slika 8** Razlike volumena dobivene pomoću razlika unakrsnih promjera mjenjenih na obilježenoj prsnoj visini (2a) između mjeritelja, za hrast lužnjak, obični grab, običnu jelu i običnu bukvu : u cm (slika lijevo,gore) i postocima (slika desno gore) za podatke vd<sub>h</sub> i u cm (slika dolje, lijevo) i postocima (slika dolje,desno) za podatke vd<sub>5cm</sub>hizj

Na slici 8 prikazana je razlika prosječnih volumena između mjeritelja. Na slici gore lijevo, možemo uočiti da je najveći raspon razlika vezan upravo za mjeritelja 3 i ostala 2 mjeritelja za hrast lužnjak, ali i za mjeritelja 1 i 2. Dakle, možemo reći da se općenito najviše razlika u volumenu vezano za izmjeru promjera na obilježenoj prsnoj visini (2a) odnosi na hrast lužnjak, za kojeg se većina razlika kreće u rasponu -0,3 – 0,1 m<sup>3</sup>, dok je za druge vrste ona manja i kreće se u okviru od 0,1 m<sup>3</sup>. Pojedine ekstremne vrijednosti za sve vrste drveća nalaze se u rasponu -1,0 - 0,4 m<sup>3</sup> odnosno -20 -15 %.

**Tablica 26** Prosječne razlike volumena dobivene izmjerom promjera na obilježenoj prsnoj visini (2a) između mjeritelja u (m<sup>3</sup>), rezultat ANOVA-e ponovljenih mjerenja (F i p), te post hoc testa između pojedinih mjeritelja (p vrijednost) (vdh)

	Hrast lužnjak		Obični grab		Obična jela		Obična bukva	
	2b,m	p	2b,m	p	2b,m	p	2b,m	p
Mjeritelji	F=0,1924; p=0,8252		F=0,8009; p=0,4516		F=1,2228; p=0,2973		F=0,0304; p=0,9701	
M1-M2	-0,0105	0,9312	0,0102	0,4838	-0,0014	0,9932	0,0034	0,9930
M1-M3	-0,0066	0,9722	0,0024	0,9614	-0,0175	0,3731	0,0071	0,9701
M2-M3	0,0171	0,8279	-0,0078	0,6510	-0,0161	0,4359	0,0037	0,9919

**Tablica 27** Prosječne razlike volumena dobivene izmjerom promjera na obilježenoj prsnoj visini (2a) između mjeritelja u (m<sup>3</sup>), rezultat ANOVA-e ponovljenih mjerenja (F i p), te post hoc testa između pojedinih mjeritelja (p vrijednost) (vd5cmhizj)

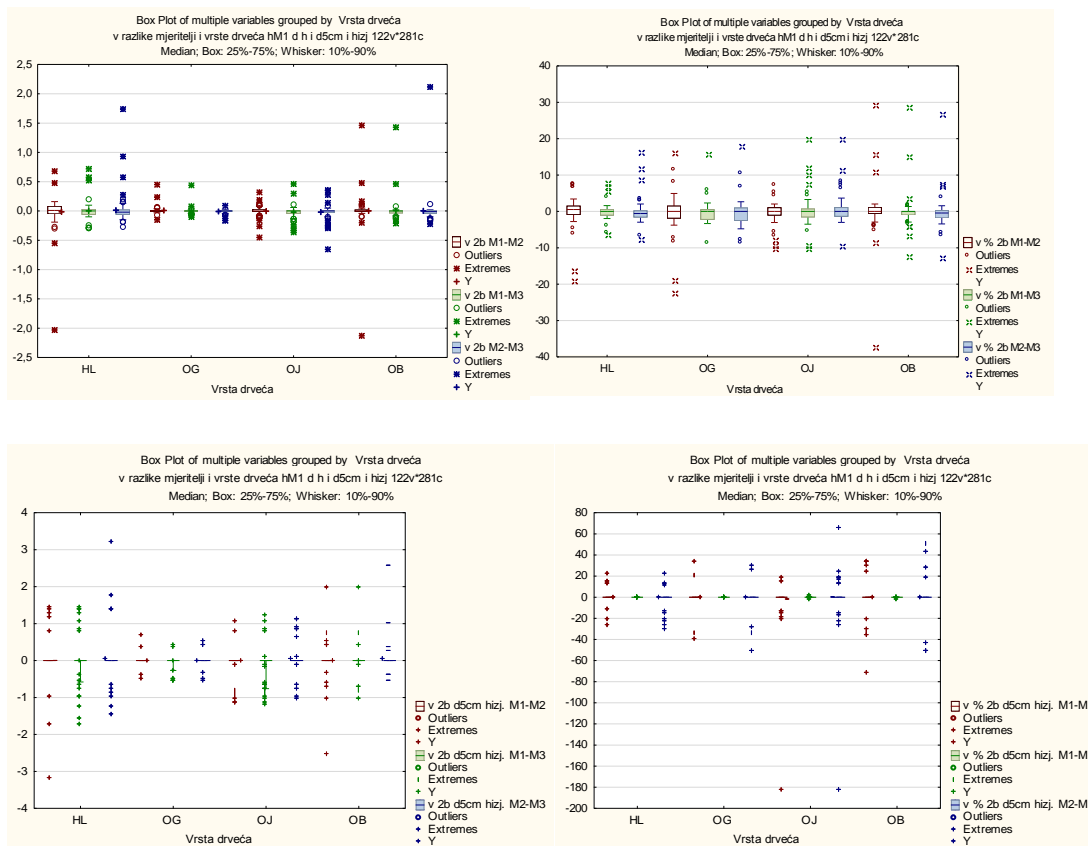
	Hrast lužnjak		Obični grab		Obična jela		Obična bukva	
	2b,m	p	2b,m	p	2b,m	p	2b,m	p
Mjeritelji	F=0,1072; p=0,8984		F=0,1378; p=0,8715		F=0,9037; p=0,4073		F=0,4258; p=0,6540	
M1-M2	0,0008	0,9999	0,0015	0,9969	-0,0442	0,4106	-0,0159	0,9224
M1-M3	0,0238	0,9203	-0,0076	0,9193	-0,0184	0,8562	0,0205	0,8744
M2-M3	0,0230	0,9254	-0,0091	0,8876	0,0258	0,7378	0,0364	0,6555

Zanimljivo je usporediti tablice 21 i 22 s tablicama 26 i 27, jer kao što možemo vidjeti u tablicama 26 i 27 ne postoji niti jedna statistički značajna razlika između mjeritelja u dobivenim prosječnim razlikama volumena. U članku Šumarskog lista objašnjeno je da je jači pritisak na krakove promjerke mjeritelja 1 i 2 pri izmjeri na obilježenoj točki (2a) rezultirao manjom vrijednošću promjera, te da je kod zakretanja promjerke za 90° zbog izmjere drugog unakrsnog promjera, uz minimalno zakretanje mjeritelja, pritisak na pomični krak promjerke vjerojatno manjeg intenziteta. Zato su razlike između unakrsnih promjera manje i nisu statistički značajne. U ovom istraživanju rezultati razlika volumena pokazuju isti tijek; osvrnemo li se na p-vrijednosti za hrast lužnjak u tablici 21, koja se odnosi na originalne podatke izmjere vezane za razlike između mjeritelja 3 i ostala 2 mjeritelja, one iznose <0,0001 %, dok u tablici 25 iznose >0,80 %. Ti podaci ukazuju da doista postoji razlika u statističkoj značajnosti između volumena 2a i 2b. Kako bismo provjerili utjecaj izmjere promjera na obilježenoj prsnoj visini (2b) na razlike u volumenu treba promotriti rezultate Sheffe testa za hrast lužnjak za koji je statistički značajna razlika u volumenu prisutna i u tablici 21 i u tablici 22. Rezultat Sheffe testa bit će prikazan u tablici 28.

**Tablica 28** Prosječne razlike promjera na obilježenoj prsnoj visini (2b) između mjeritelja za hrast lužnjak dobivene Scheffe testom iz podataka izmjere svrstanih u debljinske stupnjeve

Scheffe test; variable DV_1 (v razlike mjeritelji i vrste drveća hM1 d h i d5cm i hizj) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Within MS = 1,8249, df = 146,00 Include condition: V1="HL"				
Cell No.	MJERITEL	{1}	{2}	{3}
		60,811	60,743	60,811
1	d5cm 2b M1		0,954788	1,000000
2	d5cm 2b M2	0,954788		0,954788
3	d5cm 2b M3	1,000000	0,954788	

Promatrajući tablicu 28, uz osvrt na gore navedeno objašnjenje iz članka Šumarskog lista, može se uočiti da zaista ne postoji statistički značajna razlika između mjeritelja za drugi izmjereni unakrsni promjer (2b) za hrast lužnjak, štoviše, razlika između mjeritelja 1 i 3 uopće ne postoji, a p vrijednost razlika između mjeritelja 2 i ostala 2 mjeritelja je iznad 95%. Na slici 9, također možemo primijetiti da većina razlika vezana za hrast lužnjak ima puno manji raspon (u okviru  $0,1 \text{ m}^3$ ) u usporedbi sa slikom 8. Na istoj slici većina razlika za sve vrste drveća jest u okviru  $\pm 0,1 \text{ m}^3$  odnosno  $\pm 2\%$ . Pojedine ekstremne razlike javljaju se u rasponu  $\pm 2,1 \text{ m}^3$  odnosno  $\pm 40\%$ .



Slika 9 Razlike volumena dobivene pomoću razlika unakrsnih promjera mjerenih na obilježenoj prsnoj visini (2b) između mjeritelja , za hrast lužnjak, obični grab, običnu jelu i običnu bukvu : u cm (slika lijevo,gore) i postocima (slika desno gore) za podatke vd<sub>h</sub> i u cm (slika dolje, lijevo) i postocima (slika dolje,desno) za podatke vd<sub>5cm</sub>hizj

## 4.2. RAZLIKE U VOLUMENU NA RAZINI UZORKA ODNOSNO SASTOJINE

### RAZLIKE U VOLUMENU UZORKA KAO POSLJEDICA POLOŽAJA PROMJERKE PRI IZMJERI PRSNOG PROMJERA

U ovome dijelu istraživanja, fokus će biti na utjecaju izmjere prsnog promjera na volumen, na razini uzorka odnosno sastojine. Prikazati će se, za svakog mjeritelja i svaku vrstu drveća, usporedba ukupnog volumena dobivenog izmjerom promjera s različitim položajem promjerke pri izmjeri (v<sub>1a</sub>, v<sub>1b</sub>, v<sub>2a</sub>, v<sub>2b</sub> za sve mjeritelje te v<sub>3a</sub> i v<sub>3b</sub> za mjeritelja 1, v<sub>4a</sub> i v<sub>4b</sub> za mjeritelja 2 i v<sub>5a</sub> za mjeritelja 3) te razlike volumena dobivenog različitim načinima izmjere i volumena dobivenog izmjerom na samoodređenoj prsnoj visini (1a) i obilježenoj prsnoj visini (2b). Prvo će se prikazati rezultati istraživanja vezani za mjeritelja 1 (tablica 29, 30, 31 i 32), zatim za mjeritelja 2 (tablica 33, 34, 35 i 36), te naposljetku za mjeritelja 3 (tablice 37, 38 39 i 40).

## MJERITELJ 1

**Tablica 29** Razlike ukupnog volumena uzorka dobivenog izmjerom na samoodređenoj prsnoj visini (1a,1b), na obilježenoj prsnoj visini (2a,2b) te izmjerom 10 cm iznad odnosno ispod obilježene prsne visine (3a,3b) te razlika između navedenih voloumena uzorka i volumena uzorka dobivenog izmjerom unakrsnog promjera na samoodređenoj prsnoj visini (1a) u m<sup>3</sup> i % odnosno na obilježenoj prsnoj visini (2a) u m<sup>3</sup> i % za mjeritelja 1, hrast lužnjak za volumene izračunate za promjere svrstane u debljinske stupnjeve te visine iz visinskih krivulja

	V (uz h M1) HL 1a M1	V (uz h M1) HL 1b M1	V (uz h M1) HL 2a M1	V (uz h M1) HL 2b M1	V (uz h M1) HL 3a	V (uz h M1) HL 3b
V ukupno, m <sup>3</sup>	416,97	410,38	420,75	417,64	437,08	413,09
Razlika prema 1a, m <sup>3</sup>	0,00	-6,59	3,78	0,68	20,11	-3,88
Razlika prema 2a, m <sup>3</sup>	-3,78	-10,37	0,00	-3,11	16,33	-7,66
Razlika prema 1a,%	0,00	-1,58	0,91	0,16	4,82	-0,93
Razlika prema 2a,%	-0,90	-2,46	0,00	-0,74	3,88	-1,82

Promatrajući rezultate tablice 29, potrebno je na početku usporediti volumen dobiven izmjerom promjera na samoodređenoj prsnoj visini (1a) i na obilježenoj prsnoj visini (2a), jer prema tim parametrima utvrđujemo razlike s ostalim dobivenim volumenima uzorka. Možemo uočiti da volumen 1a iznosi 416,97 m<sup>3</sup>, a volumen 2a 420,97 m<sup>3</sup> odnosno da razlika između ova dva volumena iznosi 3,78 m<sup>3</sup>. Možemo zaključiti da je promjer 1a vjerojatno, prosječno, mjeren iznad prsne visine 2a te je zato naposljetku volumen uzorka 2a veći. Prema tome, možemo objasniti veću razliku između volumena 1a-3a i manju razliku između volumena 1a- 3b u odnosu na volumen 2a te veću razliku između volumena 2a-3b i manju razliku između volumena 2a-3a u odnosu na volumen 1a. Npr. , ako je promjer 1a mjeren iznad obilježene prsne visine 2a, logično je da promjer mjeren 10 cm ispod obilježene prsne visine (3a) ima veći iznos u usporedbi s promjerom 1a nego u usporedbi s obilježenim promjerom (2a), što se u konačnici vidi i u iznosu razlike volumena uzorka. Nadalje, ako promotrimo postotne vrijednosti razlike između volumena 3a-2a i 3b-2a, vidimo da one iznose 4,82 % odnosno 3,88%, a to su dosta visoke vrijednosti. Razlike između volumena 1a-3a i 1a-3b iznose -0,93% odnosno -1,83%. Uspoređujući volumen uzorka 1a i volumen uzorka 1b, možemo uočiti da je razlika između njih 6,59 m<sup>3</sup> što je više nego duplo veća razlika nego između volumena 2a i 2b, također dobivena izmjerom unakrsnih promjera, samo na obilježenoj prsnoj visini.

**Tablica 30** Razlike ukupnog volumena uzorka dobivenog izmjerom na samoodređenoj prsnoj visini (1a,2a), na obilježenoj prsnoj visini (2a,2b) te izmjerom 10 cm iznad odnosno ispod obilježene prsne visine (3a,3b) te razlika između navedenih volumena uzorka i volumena uzorka dobivenog izmjerom unakrsnog promjera na samoodređenoj prsnoj visini (1a) u m<sup>3</sup> i % odnosno na obilježenoj prsnoj visini (2a) u m<sup>3</sup> i % za mjeritelja 1, obični grab za volumene izračunate za promjere svrstane u debljinske stupnjeve te visine iz visinskih krivulja

	V (uz h M1) OG 1a M1	V (uz h M1) OG 1b M1	V (uz h M1) OG 2a M1	V (uz h M1) OG 2b M1	V (uz h M1) OG 3a	V (uz h M1) OG 3b
V ukupno, m <sup>3</sup>	59,23	54,87	61,41	54,08	63,34	60,94
Razlika prema 1a, m <sup>3</sup>	0,00	-4,36	2,19	-5,14	4,11	1,71
Razlika prema 2a, m <sup>3</sup>	-2,19	-6,55	0,00	-7,33	1,93	-0,48
Razlika prema 1a,%	0,00	-7,36	3,69	-8,69	6,95	2,89
Razlika prema 2a,%	-3,56	-10,66	0,00	-11,94	3,14	-0,77

U tablici 30 možemo vidjeti rezultate istraživanja vezane uz obični grab. Prvo možemo primijetiti da, slično kao u tablici 29, volumen dobiven izmjerom promjera na samoodređenoj prsnoj visini ( $v_{1a}=59,23 \text{ m}^3$ ) ima manji iznos od volumena dobivenog izmjerom na obilježenoj prsnoj visini ( $v_{2a}=61,41 \text{ m}^3$ ) te da je razlika između ta dva volumena  $2,19 \text{ m}^3$ . Taj podatak, kao što je već spomenuto, može ukazivati na izmjeru promjera 1 b iznad obilježene prsne visine. Ako promatramo razliku volumena 2a-3a i 1a-3a možemo uočiti da je volumen 3a za 3,14 % veći od volumena 2a, te za 6,95 % veći od volumena 1a. S druge strane, ako uspoređujemo volumen 2a-3b dobivamo očekivano manji volumen 3b (jer je izmjera 10 cm iznad prsne visine), međutim, razlika između volumena 1a-3b ukazuje na veći iznos volumena 3b za  $1,71 \text{ m}^3$ . Važno je naglasiti da razlika volumena 3a-1a iznosi čak 6,95%, razlika volumena 3b-1a 2,89%, a razlika volumena 2a-3a 2,89% odnosno -0,77% za razliku volumena 2a-3b. Razlika volumena uzorka usporedbom 1a-1b volumena i 2a-2b volumena je očekivana. Ako je točna vjerojatnost da je volumen uzorka 1a manji od volumena uzorka 2b zbog izmjere promjera 1a prosječno iznad prsne visine, onda je logično da je razlika volumena 1a-1b ( $-4,36^3$ ) manja od razlike volumena 2a-2b ( $-7,33 \text{ m}^3$ ) zbog povećanja utjecaja eliptičnosti s povećanjem prsnog promjera stabla.

**Tablica 31** Razlike ukupnog volumena uzorka dobivenog izmjerom na samoodređenoj prsnoj visini (1a,2a), na obilježenoj prsnoj visini (2a,2b) te izmjerom 10 cm iznad odnosno ispod obilježene prsne visine (3a,3b) te razlika između navedenih volumena uzorka i volumena uzorka dobivenog izmjerom unakrsnog promjera na samoodređenoj prsnoj visini (1a) u m<sup>3</sup> i % odnosno na obilježenoj prsnoj visini (2a) u m<sup>3</sup> i % za mjeritelja 1, obična jela za volumene izračunate za promjere svrstane u debljinske stupnjeve te visine iz visinskih krivulja

	V (uz h M1) OJ 1a M1	V (uz h M1) OJ 1b M1	V (uz h M1) OJ 2a M1	V (uz h M1) OJ 2b M1	V (uz h M1) OJ 3a	V (uz h M1) OJ 3b
V ukupno, m <sup>3</sup>	219,14	221,08	227,83	222,51	232,69	219,49
Razlika prema 1a, m <sup>3</sup>	0,00	1,94	8,69	3,37	13,54	0,35
Razlika prema 2a, m <sup>3</sup>	-8,69	-6,75	0,00	-5,32	4,85	-8,34
Razlika prema 1a,%	0,00	0,89	3,97	1,54	6,18	0,16
Razlika prema 2a,%	-3,81	-2,96	0,00	-2,34	2,13	-3,66

U tablici 31 nalazimo podatke za običnu jelu. Volumen uzorka 1a i volumen uzorka 2a razlikuju se za 8,69 m<sup>3</sup>, pri čemu je volumen uzorka 2a veći. Ako promotrimo tablice 5 i 6 u prethodnom tekstu možemo vidjeti da je za mjeritelja 1, za običnu jelu prosječni volumen stabala značajno manji za izmjeru 1a u odnosu na izmjeru 2a. Usporedimo li volumen 3a s volumenima 1a i 2a, možemo uočiti da je volumen 3a za 13,54 m<sup>3</sup> (6,18%) veći od volumena 1a i za 4,85 m<sup>3</sup> (2,13%) veći od volumena 2a. Međutim usporedimo li volumen 3b s volumenom 1a i 2a, iznos volumena 3b je očekivano manji (-8,34 m<sup>3</sup> ili -3,66%) od volumena 2a ali veći od volumena 1a (0,35 m<sup>3</sup> ili 0,16%). Nadalje, promotrimo li tablice 1, 2, 3 i 4 možemo uočiti da je mjeritelj 1 imao veći prosječni volumen stabala 1b od prosječnog volumena stabala 1a te manji prosječni volumen stabala 2b u odnosu na volumen stabala 2a što bi objasnilo pozitivnu razliku volumena uzorka 1b-1a (1,94 m<sup>3</sup>) i negativnu razliku volumena uzorka 2b-2a (-5,32 m<sup>3</sup>).

**Tablica 32** Razlike ukupnog volumena uzorka dobivenog izmjerom na samoodređenoj prsnoj visini (1a,2a), na obilježenoj prsnoj visini (2a,2b) te izmjerom 10 cm iznad odnosno ispod obilježene prsne visine (3a,3b) te razlika između navedenih volumena uzorka i volumena uzorka dobivenog izmjerom unakrsnog promjera na samoodređenoj prsnoj visini (1a) u m<sup>3</sup> i % odnosno na obilježenoj prsnoj visini (2a) u m<sup>3</sup> i % za mjeritelja 1, obična bukva za volumene izračunate za promjere svrstane u debljinske stupnjeve te visine iz visinskih krivulja

	V (uz h M1) OB 1a M1	V (uz h M1) OB 1b M1	V (uz h M1) OB 2a M1	V (uz h M1) OB 2b M1	V (uz h M1) OB 3a	V (uz h M1) OB 3b
V ukupno, m <sup>3</sup>	166,34	188,89	171,94	194,71	175,04	167,37
Razlika prema 1a, m <sup>3</sup>	0,00	22,55	5,60	28,36	8,69	1,03
Razlika prema 2a, m <sup>3</sup>	-5,60	16,95	0,00	22,77	3,09	-4,57
Razlika prema 1a,%	0,00	13,55	3,36	17,05	5,22	0,62
Razlika prema 2a,%	-3,25	9,86	0,00	13,24	1,80	-2,66

U tablici 32 nalaze se podaci za običnu bukvu. Razlika između volumena uzorka 1a i 2a iznosi -5,60 m<sup>3</sup>. Zbog manjeg iznosa volumena uzorka 1a u odnosu na volumen uzorka 2a, očekivano je da su razlike 3a-2a (1,80%) i 3a-1a (5,22%) pozitivne i da je razlika 3a-2a manja od razlike 3a-1a. Međutim, kao što je slučaj kod običnog graba i obične jele, neobično je da je volumen uzorka 3b veći od volumena uzorka 1a (za 0,62%) s obzirom da je volumen uzorka 3b dobiven izmjerom promjera 10 cm iznad prsne visine i svakako bi trebao biti manji od volumena uzorka 1a. Uspoređujemo li razliku 3b-2a (-2,66%) volumen uzorka 2a je veći što je očekivano. Što se tiče volumena uzorka 1b-1a i 2b-2a obje razlike su dosta velike i iznose 22,55 i 22,77 m<sup>3</sup>, očekivano s obzirom na izraženu eliptičnost bukve.



## MJERITELJ 2

**Tablica 33 Razlike ukupnog volumena uzorka dobivenog izmjerom na samoodređenoj prsnoj visini (1a,2a), na obilježenoj prsnoj visini (2a,2b) te izmjerom tako da ravnalo ne dotiče stablo uz normalan pritisak (4a) i tako da ne dotiče stablo uz jači pritisak na krakove promjerke (4b) te razlika između navedenih volumena uzorka i volumena uzorka dobivenog izmjerom unakrsnog promjera na samoodređenoj prsnoj visini (1a) u m<sup>3</sup> i % odnosno na obilježenoj prsnoj visini (2a) u m<sup>3</sup> i % za mjeritelja 2, hrast lužnjak za volumene izračunate za promjere svrstane u debljinske stupnjeve te visine iz visinskih krivulja**

	V (uz h M1) HL 1a M2	V (uz h M1) HL 1b M2	V (uz h M1) HL 2a M2	V (uz h M1) HL 2b M2	V (uz h M1) HL 4a	V (uz h M1) HL 4b
V ukupno, m <sup>3</sup>	422,39	412,92	420,94	417,57	415,51	403,44
Razlika prema 1a, m <sup>3</sup>	0,00	-9,47	-1,45	-4,82	-6,88	-18,95
Razlika prema 2a, m <sup>3</sup>	1,45	-8,02	0,00	-3,37	-5,44	-17,50
Razlika prema 1a,%	0,00	-2,24	-0,34	-1,14	-1,63	-4,49
Razlika prema 2a,%	0,34	-1,91	0,00	-0,80	-1,29	-4,16

Tablica 33 odnosi se na hrast lužnjak i mjeritelja 2. Vratimo li se na tablicu 6, možemo uočiti da za prosječni volumen stabala mjeritelj 2 ima prosječno veći volumen stabala 1a u odnosu na 2a. Promotrimo li tablicu 33, možemo vidjeti da je i ovdje, za volumen uzorka, volumen uzorka 1a za 1,45 m<sup>3</sup> veći od volumena uzorka 2a. Usporedimo li volumene uzorka 1a i 2a s volumenom uzorka 4a, oni su očekivano veći i razlike iznose -1,63% i -1,29% (izmjera promjerkom tako da ravnalo ne dotiče stablo daje manje vrijednosti promjera pa je očekivano da prosječni volumen stabala i volumen uzorka dobiven izmjerom na takav način bude manji), a u odnosu na volumen uzorka 4b još veći (zbog jačeg pritiska na krakove promjerke) s razlikama koje iznose -4,49% odnosno -4,16%. Što se tiče unakrsnih promjera u tablicama 1, 2, 3 i 4 prosječni volumen stabala je veći za unakrsni promjer 1a u odnosu na 1b i za unakrsni promjer 2a u odnosu na 2b, što objašnjava razliku volumena na razini uzorka -9,47 za 1b-1a i -3,37 za 2b-2a.

**Tablica 34 Razlike ukupnog volumena uzorka dobivenog izmjerom na samoodređenoj prsnoj visini (1a,2a), na obilježenoj prsnoj visini (2a,2b) te izmjerom tako da ravnalo ne dotiče stablo uz normalan pritisak (4a) i tako da ne dotiče stablo uz jači pritisak na krakove promjerke (4b) te razlika između navedenih volumena uzorka i volumena uzorka dobivenog izmjerom unakrsnog promjera na samoodređenoj prsnoj visini (1a) u m<sup>3</sup> i % odnosno na obilježenoj prsnoj visini (2a) u m<sup>3</sup> i % za mjeritelja 2, obični grab za volumene izračunate za promjere svrstane u debljinske stupnjeve te visine iz visinskih krivulja**

	V (uz h M1) OG 1a M2	V (uz h M1) OG 1b M2	V (uz h M1) OG 2a M2	V (uz h M1) OG 2b M2	V (uz h M1) OG 4a	V (uz h M1) OG 4b
V ukupno, m <sup>3</sup>	59,80	54,43	60,99	54,01	60,84	57,07
Razlika prema 1a, m <sup>3</sup>	0,00	-5,37	1,19	-5,79	1,05	-2,73
Razlika prema 2a, m <sup>3</sup>	-1,19	-6,56	0,00	-6,98	-0,15	-3,92
Razlika prema 1a,%	0,00	-8,98	1,99	-9,68	1,75	-4,56
Razlika prema 2a,%	-1,95	-10,76	0,00	-11,45	-0,24	-6,43

Tablica 34 odnosi se na obični grab. Volumen uzorka 1a za 1,19 m<sup>3</sup> je manji od volumena uzorka 2a. Prema tome se može objasniti pozitivna razlika (1,75%) volumena uzorka 4a i 1a (moguća je zbog užljebljenosti i/ili ekscentričnosti običnoga graba). Vrijednosti razlika volumena uzoraka su negativne za 4b-1a (-4,56%), 4a-2a (-0,24%) i 4b-2a (-6,43%), s nešto većom razlikom volumena uzorka 2a-4b u odnosu na 1a-4b, što je očekivano. Razlike između volumena uzorka dobivene izmjerom unakrsnih promjera također su očekivane, jer, kako možemo vidjeti u tablicama 1,2,3 i 4 prosječni volumeni stabala 1a i 2a su veći od prosječnih volumena stabala 1b i 2b.

**Tablica 35 Razlike ukupnog volumena uzorka dobivenog izmjerom na samoodređenoj prsnoj visini (1a,2a), na obilježenoj prsnoj visini (2a,2b) te izmjerom tako da ravnalo ne dotiče stablo uz normalan pritisak (4a) i tako da ne dotiče stablo uz jači pritisak na krakove promjerke (4b) te razlika između navedenih volumena uzorka i volumena uzorka dobivenog izmjerom unakrsnog promjera na samoodređenoj prsnoj visini (1a) u m<sup>3</sup> i % odnosno na obilježenoj prsnoj visini (2a) u m<sup>3</sup> i % za mjeritelja 2, obična jela za volumene izračunate za promjere svrstane u debljinske stupnjeve te visine iz visinskih krivulja**

	V (uz h M1) OJ 1a M2	V (uz h M1) OJ 1b M2	V (uz h M1) OJ 2a M2	V (uz h M1) OJ 2b M2	V (uz h M1) OJ 4a	V (uz h M1) OJ 4b
V ukupno, m <sup>3</sup>	225,48	225,91	226,64	225,89	224,37	219,50
Razlika prema 1a, m <sup>3</sup>	0,00	0,43	1,16	0,41	-1,11	-5,98
Razlika prema 2a, m <sup>3</sup>	-1,16	-0,73	0,00	-0,75	-2,27	-7,14
Razlika prema 1a,%	0,00	0,19	0,51	0,18	-0,49	-2,65
Razlika prema 2a,%	-0,51	-0,32	0,00	-0,33	-1,00	-3,15

Tablica 35 prikazuje rezultate za običnu jelu, za koju je volumen uzorka 1a za 1,16 m<sup>3</sup> manji u odnosu na volumen uzorka 2a. Rezultati usporedbe volumena 4a-1a (-0,49%), 4b-1a (-2,65%), 4a-2a (-1,00%) i 4b-2a (-3,15%) su negativni i nešto manjih vrijednosti za 4a-1a i 4b-1a, što je očekivano s obzirom da je volumen uzorka 1a manji odnosno dobiven izmjerom promjera 1a iznad obilježene prsne visine. Što se tiče razlike volumena uzoraka dobivenih izmjerom unakrsnih promjera, razlika 1a-1b je negativna (tablica 2, obična jela, mjeritelj 2) i iznosi -0,43 m<sup>3</sup>, dok je razlika 2a-2b pozitivna i iznosi 0,75 m<sup>3</sup>.

**Tablica 36 Razlike ukupnog volumena uzorka dobivenog izmjerom na samoodređenoj prsnoj visini (1a,2a), na obilježenoj prsnoj visini (2a,2b) te izmjerom tako da ravnalo ne dotiče stablo uz normalan pritisak (4a) i tako da ne dotiče stablo uz jači pritisak na krakove promjerke (4b) te razlika između navedenih volumena uzorka i volumena uzorka dobivenog izmjerom unakrsnog promjera na samoodređenoj prsnoj visini (1a) u m<sup>3</sup> i % odnosno na obilježenoj prsnoj visini (2a) u m<sup>3</sup> i % za mjeritelja 2, obična bukva za volumene izračunate za promjere svrstane u debljinske stupnjeve te visine iz visinskih krivulja**

	V (uz h M1) OB 1a M2	V (uz h M1) OB 1b M2	V (uz h M1) OB 2a M2	V (uz h M1) OB 2b M2	V (uz h M1) OB 4a	V (uz h M1) OB 4b
V ukupno, m <sup>3</sup>	168,72	195,04	171,54	195,90	166,94	165,36
Razlika prema 1a, m <sup>3</sup>	0,00	26,32	2,83	27,18	-1,77	-3,36
Razlika prema 2a, m <sup>3</sup>	-2,83	23,50	0,00	24,36	-4,60	-6,19
Razlika prema 1a,%	0,00	15,60	1,68	16,11	-1,05	-1,99
Razlika prema 2a,%	-1,65	13,70	0,00	14,20	-2,68	-3,61

U tablici 36 nalazimo podatke o običnoj bukvi. Razlika volumena uzoraka 1a i 2a je negativna i iznosi -2,83 m<sup>3</sup>. Razlike volumena uzoraka 1a-4a (-1,05%), 1a-4b (-1,99%), 2a-4a

(-2,68%) i 2a-4b (-3,61%) su negativne i nešto manje u iznosu za volumene uzorka 1a-4a i 1a-4b, što je očekivano.

### MJERITELJ 3

**Tablica 37 Razlike ukupnog volumena uzorka dobivenog izmjerom na samoodređenoj prsnoj visini (1a,2a), na obilježenoj prsnoj visini (2a,2b) te izmjerom tako da je ravnalo promjerke zakrenuto prema dolje radu lakšeg očitavanja na ravnalu promjerke(5a) te razlika između navedenih volumena uzorka i volumena uzorka dobivenog izmjerom unakrsnog promjera na samoodređenoj prsnoj visini (1a) u m<sup>3</sup> i % odnosno na obilježenoj prsnoj visini (2a) u m<sup>3</sup> i % za mjeritelja 3, hrast lužnjak za volumene izračunate za promjere svrstane u debljinske stupnjeve te visine iz visinskih krivulja**

	V (uz h M1) HL 1a M3	V (uz h M1) HL 1b M3	V (uz h M1) HL 2a M3	V (uz h M1) HL 2b M3	V (uz h M1) HL 5a
V ukupno, m <sup>3</sup>	430,71	418,43	428,58	415,89	417,26
Razlika prema 1a, m <sup>3</sup>	0,00	-12,28	-2,12	-14,82	-13,45
Razlika prema 2a, m <sup>3</sup>	2,12	-10,15	0,00	-12,70	-11,32
Razlika prema 1a,%	0,00	-2,85	-0,49	-3,44	-3,12
Razlika prema 2a,%	0,50	-2,37	0,00	-2,96	-2,64

U tablici 37, vezanoj za hrast lužnjak, možemo primijetiti da je volumen uzorka 1a veći od volumena uzorka 2a za 2,12 m<sup>3</sup>. Prema toj činjenici možemo objasniti veći iznos razlike volumena uzorka 5a-1a (-3,12%) u odnosu na razliku volumena uzorka 5a-2a (-2,64%). Naime, volumen uzorka 5a dobiven je izmjerom promjera tako da se ravnalo promjerke zakreće prema dolje (manji promjer od onog na obilježenoj prsnoj visini), pa je logično da je manji u odnosu na volumen uzorka 2a i još manji u odnosu na volumen uzorka 1a, koji je vrlo vjerojatno dobiven prosječnom izmjerom promjera 1a ispod obilježene prsne visine što se očituje u pozitivnoj razlici volumena uzoraka 1a-2a. Također je očekivano da će razlika volumena uzoraka 1b-1a i razlika volumena uzoraka 2b-2a biti negativna, jer ako pogledamo tablice 1, 2, 3 i 4 za mjeritelja 3, hrast lužnjak, možemo uočiti da su prosječne razlike volumena stabala 1a-1b i 2a-2b pozitivne u obje tablice.

**Tablica 38 Razlike ukupnog volumena uzorka dobivenog izmjerom na samoodređenoj prsnoj visini (1a,2a), na obilježenoj prsnoj visini (2a,2b) te izmjerom tako da je ravnalo promjerke zakrenuto prema dolje radu lakšeg očitavanja na ravnalu promjerke(5a) te razlika između navedenih volumena uzorka i volumena uzorka dobivenog izmjerom unakrsnog promjera na samoodređenoj prsnoj visini (1a) u m<sup>3</sup> i % odnosno na obilježenoj prsnoj visini (2a) u m<sup>3</sup> i % za mjeritelja 3, obični grab za volumene izračunate za promjere svrstane u debljinske stupnjeve te visine iz visinskih krivulja**

	V (uz h M1) OG 1a M3	V (uz h M1) OG 1b M3	V (uz h M1) OG 2a M3	V (uz h M1) OG 2b M3	V (uz h M1) OG 5a
V ukupno, m <sup>3</sup>	58,88	56,29	61,68	54,50	60,14
Razlika prema 1a, m <sup>3</sup>	0,00	-2,59	2,81	-4,37	1,27
Razlika prema 2a, m <sup>3</sup>	-2,81	-5,39	0,00	-7,18	-1,54
Razlika prema 1a,%	0,00	-4,39	4,77	-7,43	2,16
Razlika prema 2a,%	-4,55	-8,75	0,00	-11,64	-2,50

Osvrnemo li se na tablicu 38 vezanu za obični grab, možemo primijetiti da je ovdje volumen uzorka 1a manji od volumena uzorka 2a za 2,81 m<sup>3</sup>. Najveća razlika u tablici je između volumena uzoraka dobivenih izmjerom unakrsnih promjera 2a-2b koja iznosi -11,64 %, što je očekivano s obzirom na izraženu eliptičnost graba. Nepravilnost se javlja u razlici volumena uzoraka 5a-1a koja je pozitivna i iznosi 1,27 m<sup>3</sup> (2,16%). S druge strane, razlika volumena uzoraka 5a-2a (-2,50%) je očekivana jer ima negativan predznak. Razlike volumena uzoraka dobivenih izmjerom unakrsnih promjera na samoodređenoj i obilježenoj prsnoj visini su očekivane.

**Tablica 39** Razlike ukupnog volumena uzorka dobivenog izmjerom na samoodređenoj prsnoj visini (1a,2a), na obilježenoj prsnoj visini (2a,2b) te izmjerom tako da je ravnalo promjerke zakrenuto prema dolje radu lakšeg očitavanja na ravnalu promjerke(5a) te razlika između navedenih volumena uzorka i volumena uzorka dobivenog izmjerom unakrsnog promjera na samoodređenoj prsnoj visini (1a) u m<sup>3</sup> i % odnosno na obilježenoj prsnoj visini (2a) u m<sup>3</sup> i % za mjeritelja 3, obična jela za volumene izračunate za promjere svrstane u debljinske stupnjeve te visine iz visinskih krivulja

	V (uz h M1) OJ 1a M3	V (uz h M1) OJ 1b M3	V (uz h M1) OJ 2a M3	V (uz h M1) OJ 2b M3	V (uz h M1) OJ 5a
V ukupno, m <sup>3</sup>	227,19	229,14	229,82	223,92	225,78
Razlika prema 1a, m <sup>3</sup>	0,00	1,95	2,63	-3,27	-1,40
Razlika prema 2a, m <sup>3</sup>	-2,63	-0,68	0,00	-5,90	-4,03
Razlika prema 1a,%	0,00	0,86	1,16	-1,44	-0,62
Razlika prema 2a,%	-1,14	-0,29	0,00	-2,57	-1,75

U tablici 39 za običnu jelu razlika volumena uzoraka 1a i 2a je negativna i iznosi -2,63 m<sup>3</sup>. Sukladno tome su dobivene očekivane razlike između volumena uzoraka 5a-1a (-0,62%) i 5a-2a (-1,75%), odnosno, obje razlike imaju negativan predznak s nešto većim iznosom za razliku 5a-2a. Objašnjenje za pozitivnu razliku između volumena uzoraka 1b-1a i negativnu razliku između volumena uzoraka 2b-2a možemo naći u tablicama 2,3 i 4 gdje je vidljivo da su razlike između prosječnih volumena stabala 1a-1b pozitivne, a između prosječnih volumena stabala 2a-2b pozitivne.

**Tablica 40** Razlike ukupnog volumena uzorka dobivenog izmjerom na samoodređenoj prsnoj visini (1a,2a), na obilježenoj prsnoj visini (2a,2b) te izmjerom tako da je ravnalo promjerke zakrenuto prema dolje radu lakšeg očitavanja na ravnalu promjerke(5a) te razlika između navedenih volumena uzorka i volumena uzorka dobivenog izmjerom unakrsnog promjera na samoodređenoj prsnoj visini (1a) u m<sup>3</sup> i % odnosno na obilježenoj prsnoj visini (2a) u m<sup>3</sup> i % za mjeritelja 3, obična bukva za volumene izračunate za promjere svrstane u debljinske stupnjeve te visine iz visinskih krivulja

	V (uz h M1) OB 1a M3	V (uz h M1) OB 1b M3	V (uz h M1) OB 2a M3	V (uz h M1) OB 2b M3	V (uz h M1) OB 5a
V ukupno, m <sup>3</sup>	172,18	194,33	171,06	193,15	169,38
Razlika prema 1a, m <sup>3</sup>	0,00	22,15	-1,12	20,98	-2,80
Razlika prema 2a, m <sup>3</sup>	1,12	23,27	0,00	22,10	-1,68
Razlika prema 1a,%	0,00	12,87	-0,65	12,18	-1,63
Razlika prema 2a,%	0,66	13,61	0,00	12,92	-0,98

U tablici 40 vezanoj za običnu bukvu, razlika volumena uzoraka 1a-2a je pozitivna i iznosi 1,12 m<sup>3</sup>. Prema tome su razlike volumena uzoraka 5a-1a (-1,63%) i 5a-2a (-0,98%) logične, s negativnim predznakom i nešto većim iznosom za razliku 5a-1a (promjer 1a vjerojatno je prosječno mjeren nešto ispod obilježene prsne visine). Razlike između volumena uzoraka 1a-1b i 2a-2b su dosta velike i iznose 22,15 i 22,10 m<sup>3</sup>, što je obzirom na izraženu eliptičnost bukve očekivano.

#### RAZLIKE VOLUMENA DOBIVENE POMOĆU RAZLIKA IZMEĐU MJERITELJA PRI IZMJERI PRSNOG PROMJERA NA RAZINI UZORKA

U ovome dijelu istraživanja promatrat će se razlike između mjeritelja, za svaku vrstu drveća, za volumen uzorka dobiven izmjerom promjera na samoodređenoj prsnoj visini (1a i 1b) i za volumen uzorka dobivenog izmjerom promjera na obilježenoj prsnoj visini (2a i 2b). U tablicama koje slijede, iznosom najveće razlike među mjeriteljima bit će crvene boje.

**Tablica 41** Razlike volumena uzoraka između mjeritelja, dobivene izmjerom unakrsnih promjera na samoodređenoj prsnoj visini (1a) za hrast lužnjak, obični grab, običnu jelu i običnu bukvu, izražene u m<sup>3</sup> i %

	Hrast lužnjak		Obični grab		Obična jela		Obična bukva	
	1a, m3	p, %	1a, m3	p, %	1a, m3	p, %	1a, m3	p, %
<b>Ukupni volumen</b>	M1=416,97 M2=422,39		M1=59,23 M2=59,80		M1=219,14 M2=225,48		M1=166,34 M2=168,72	
<b>Mjeritelji</b>	M3=430,71		M3=58,88		M3=227,19		M3=172,18	
<b>M1-M2</b>	-5,42	-1,30	-0,57	-0,96	-6,34	-2,89	-2,37	-1,43
<b>M1-M3</b>	<b>-13,74</b>	<b>-3,30</b>	0,35	0,59	<b>-8,05</b>	<b>-3,67</b>	<b>-5,83</b>	<b>-3,51</b>
<b>M2-M3</b>	-8,32	-1,97	<b>0,92</b>	<b>1,54</b>	-1,71	-0,76	-3,46	-2,05

U tablici 41 možemo naći razlike uzoraka volumena između mjeritelja vezane uz unakrsni promjer 1a. Prvo što možemo uočiti je da za sve vrste drveća, osim običnog graba, mjeritelj 3 ima najveće iznose volumena uzoraka, a mjeritelj 3 najmanje. To se u tablici 41 očituje kroz najveće razlike između mjeritelja 1 i mjeritelja 3 koje su zbog gore navedenog negativne. Vratimo li se u tablicu 17, možemo uočiti da su statistički značajne razlike između prosječnih volumena stabala vezane upravo za razlike između mjeritelja 1 i mjeritelja 3 za hrast lužnjak, običnu jelu i običnu bukvu pri čemu je mjeritelj 1 imao najviše statistički značajnih razlika između promjera mjerenih na samoodređenoj (1a) i obilježenoj prsnoj visini (2a). Za obični grab, najveća razlika je između volumena uzoraka mjeritelja 2 i 3, međutim, sve su razlike za obični grab u ovoj tablici manje od 1 m<sup>3</sup> te vratimo li se u tablicu 17 nema statistički značajnih razlika između mjeritelja za prosječni volumen stabala običnoga graba. Po vrstama drveća, iznosom najveće razlike između mjeritelja vezane su za hrast lužnjak i običnu jelu, odnosno za vrste drveća za koje možemo primijetiti da imaju najveće vrijednosti volumena uzoraka (hrast lužnjak > 400 m<sup>3</sup>, obična jela >200 m<sup>3</sup>).

**Tablica 42 Razlike volumena uzoraka između mjeritelja, dobivene izmjerom unakrsnih promjera na samoodređenoj prsnoj visini (1b) za hrast lužnjak, obični grab, običnu jelu i običnu bukvu, izražene u m<sup>3</sup> i %**

	Hrast lužnjak		Obični grab		Obična jela		Obična bukva	
	1b, m <sup>3</sup>	p, %	1b, m <sup>3</sup>	p, %	1b, m <sup>3</sup>	p, %	1b, m <sup>3</sup>	p, %
Ukupni volumen	M1=410,38 M2=412,92		M1=54,87 M2=54,43		M1=221,08 M2=225,91		M1=188,89 M2=195,04	
Mjeritelji	M3=418,43		M3=56,29		M3=229,14		M3=194,33	
M1-M2	-2,54	-0,62	0,44	0,80	-4,83	-2,18	-6,15	-3,26
M1-M3	-8,05	-1,96	-1,42	-2,60	-8,06	-3,64	-5,44	-2,88
M2-M3	-5,51	-1,33	-1,86	-3,42	-3,23	-1,43	0,71	0,36

U tablici 42 promatramo razlike uzorka volumena između mjeritelja vezane uz drugi unakrsni promjer 1b. Kao i u prethodnoj tablici, možemo primijetiti da najveći volumen uzorka većinom ima mjeritelj 3 (za hrast lužnjak, obični grab i običnu bukvu), a najmanje većinom mjeritelj 1 (za hrast lužnjak, običnu jelu i običnu bukvu). Tako u tablici 20 možemo primijetiti statistički značajnu razliku između mjeritelja 1 i 3 za običnu bukvu. Razlike za sve vrste drveća kreću se do 8,06 m<sup>3</sup> i većinom su negativne, obzirom da mjeritelj 3 u prosjeku ima najveće volumene uzorka. Ako promatramo postotne vrijednosti, najveće razlike između uzorka volumena vezane su za običnu jelu što odgovara podacima iz tablice 19 u kojoj možemo vidjeti da postoji statistički značajna razlika između mjeritelja 1 i 2 i mjeritelja 2 i 3.

**Tablica 43 Razlike volumena uzoraka između mjeritelja, dobivene izmjerom unakrsnih promjera na obilježenoj prsnoj visini (2a) za hrast lužnjak, obični grab, običnu jelu i običnu bukvu, izražene u m<sup>3</sup> i %**

	Hrast lužnjak		Obični grab		Obična jela		Obična bukva	
	2a, m <sup>3</sup>	p, %	2a, m <sup>3</sup>	p, %	2a, m <sup>3</sup>	p, %	2a, m <sup>3</sup>	p, %
Ukupni volumen	M1=420,75 M2=420,94		M1=61,41 M2=60,99		M1=227,83 M2=226,64		M1=171,94 M2=171,54	
Mjeritelji	M3=428,58		M3=61,68		M3=229,82		M3=171,06	
M1-M2	-0,19	-0,05	0,42	0,69	1,19	0,52	0,40	0,23
M1-M3	-7,84	-1,86	-0,27	-0,44	-1,98	-0,87	0,89	0,51
M2-M3	-7,64	-1,82	-0,70	-1,14	-3,18	-1,40	0,49	0,28

U tablici 43 sve su najveće razlike u volumenima uzorka vezane uz mjeritelja 3, koji za sve vrste drveća, osim obične bukve, ima najveće volumene uzorka. U tablici 21 možemo vidjeti pregled statistički značajnih razlika između mjeritelja, te također zaključiti da su sve statistički značajne razlike vezane uz mjeritelja 3, a zašto je tako možemo vidjeti u opisu tablice 21. Vidimo da su postotne razlike između mjeritelja 1 i 2 za volumene uzorka u ovoj tablici vrlo male (<1 %), što

potvrđuje tvrdnju (prejaki pritisak na krakove promjerke pri izmjeri) iz tablice 21. Općenito, u cijeloj tablici razlike volumena se kreću do 7,84 m<sup>3</sup> odnosno do 1,82 %.

**Tablica 44 Razlike volumena uzoraka između mjeritelja, dobivene izmjerom unakrsnih promjera na obilježenoj prsnoj visini (2b) za hrast lužnjak, obični grab, običnu jelu i običnu bukvu, izražene u m<sup>3</sup> i %**

	Hrast lužnjak		Obični grab		Obična jela		Obična bukva	
	2b, m3	p, %	2b, m3	p, %	2b, m3	p, %	2b, m3	p, %
Ukupni volumen	M1=417,64		M1=54,08		M1=222,51		M1=194,71	
Mjeritelji	M2=417,57		M2=54,01		M2=225,89		M2=195,90	
	M3=415,89		M3=54,50		M3=223,92		M3=193,15	
M1-M2	0,07	0,02	0,08	0,14	-3,38	-1,52	-1,19	-0,61
M1-M3	1,76	0,42	-0,42	-0,78	-1,41	-0,63	1,56	0,80
M2-M3	1,68	0,40	-0,50	-0,92	1,97	0,87	2,75	1,40

Naposljetku, u tablici 44 promatramo razlike volumena uzoraka između mjeritelja za unakrsni promjer 1b. Na prvi pogled možemo uočiti da se razlike kreću do maksimalno 3,38 m<sup>3</sup> odnosno 1,52 %, što je, gledamo li iznos u m<sup>3</sup> značajno manje nego u tablici 43 (također, možemo primijetiti značajno manje razlike volumena uzoraka za hrast lužnjak u odnosu na tablicu 43). Vidljivo je i da, za razliku od tablica 41, 42 i 43, ovdje ne možemo izdvojiti mjeritelja s prosječno najvećim ili najmanjim volumenima uzoraka. Vratimo li se u tablice 26 i 27 vidimo da statistički značajnih razlika dobivenih prosječnih volumena stabala nema između mjeritelja. Razlog tome opisan je ispod tablica 26 i 27.

## 5. ZAKLJUČAK

Temeljem cjelokupnog istraživanja može se zaključiti kako neispravna izmjera prsnog promjera stabala utječe na volumen stabala, a isto tako i na volumen sastojine odnosno uzorka. Greške koje nastaju krivom izmjerom prsnog promjera definitivno imaju utjecaj i na volumen stabala i na volumen uzorka.

Zaključni dio rada započet ćemo s razlikama u volumenu na razini pojedinačnih stabala. Prvi dio analize odnosio se na razlike u volumenu stabala koje su nastale kao posljedica samoodređivanja prsne visine i različitog neispravnog postavljanja promjerke pri izmjeri. Općenito, za taj dio možemo zaključiti da razlike volumena stabala prate razlike dobivene različitim načinom izmjere prsnog promjera, odnosno, razlike koje su statistički značajne za izmjereni promjer uglavnom se očituju i u statističkim razlikama za volumen dobiven izmjerom tih promjera.

Ako počnemo sa usporedbom volumena dobivenih izmjerom unakrsnih promjera, možemo vidjeti da su statistički značajne razlike u volumenu stabala vezane uz one vrste koje imaju izraženu eliptičnost i za unakrsne promjere mjerene na samoodređenoj prsnoj visini (1a,1b) i za prsne promjere mjerene na obilježenoj prsnoj visini (2a,2b). Činjenica da kod vrsta koje imaju izraženu eliptičnost razlike unakrsnih promjera utječu na razlike u volumenu važna je za šumarsku praksu jer bi se izmjerom tako da se ravnalo okreće prema središtu plohe eliminirao utjecaj eliptičnosti stabala (ako je ona vezana uz stranu svijeta ili nagnutost terena). Prema Božić i dr., 2020., kod stabala koja se doznaju , oznaku bi trebalo postaviti na prsnu visinu s gornje strane stabla (na nagibu), jer bi se tako smanjila pogreška pri izmjeri promjera na razini pojedinačnog stabla. Statistički značajne razlike dobivene usporedbom volumena dobivenog izmjerom promjera na samoodređenoj prsnoj visini i prosječnog volumena dobivenog na obilježenoj prsnoj visini (1a-2a) obrazložene su rezultatima t- testova za promjere 1a i 2a. Statistički značajne razlike između volumena dobivenog izmjerom promjera na obilježenoj prsnoj visini i volumena dobivenog izmjerom promjera s različitim položajem promjerke i podizanjem i spuštanjem promjerke ispod i iznad obilježene prsne visine gotovo u potpunosti odgovaraju statistički značajnim razlikama između promjera na obilježenoj prsnoj visini i promjerima dobivenim različitim načinima postavljanja promjerke pri izmjeri (razlike između promjera Božić i dr., 2020.). Iz ovog poglavlja možemo zaključiti da pogreške pri izmjeri prsnog promjera utječu na prosječni volumen stabala, i to ne samo na



iznos i predznak razlike već su statistički značajne razlike promjera u većini slučajeva uzrok statistički značajnih razlika volumena.

Slijedeći dio analize odnosio se na razlike u volumenu dobivene zbog razlika među mjeriteljima pri izmjeri prsnog promjera. Sve se razlike između mjeritelja u dobivenom volumenu mogu objasniti pomoću razlika između mjeritelja u izmjeri prsnog promjera. Usporedbom volumena dobivenih izmjerom prsnog promjera na samoodređenoj prsnoj visini (1a,1b) uočeno je da je većina razlika koje su statistički značajne vezano uz mjeritelja 1 što odgovara podacima iz članka Šumarskog lista u kojem je navedeno da za promjere 1a i 1b mjeritelj 1 ima najmanje rezultate. Razlike se u volumenu zato očituju kroz najveće i statistički značajne razlike između mjeritelja 1 i 3 (jer je mjeritelj 3 dobivao najveće promjere). Za razlike volumena dobivenih izmjerom unakrsnog promjera na obilježenoj prsnoj visini (2a), zaključeno je da je većina razlika vezana za mjeritelja 3. Te su razlike u volumenu također objašnjene pomoću podataka iz članka Šumarskog lista prema kojemu je mjeritelj 3 dobivao najveće promjere, a ostala 2 mjeritelja manje zbog prejakog pritiska na krakove promjerke. Za unakrsni promjer 2b ne postoje statistički značajne razlike u dobivenom volumenu, što također odgovara nepostojanju statistički značajnih razlika za promjer 2b između mjeritelja. Zašto statistički značajne razlike postoje za volumen 2a, a za volumen 2b ne, opisano je u gornjem tekstu, opet pomoću podataka iz članka Šumarskog lista. Iz ovog segmenta možemo zaključiti da su razlike između mjeritelja u dobivenom volumenu slične razlikama između mjeritelja u izmjerenom promjeru te se pomoću njih mogu objasniti.

Zaključni dio ovoga rada nastaviti ćemo s razlikama u volumenu na razini uzorka odnosno sastojine. Daljnja analiza odnosila se na utjecaj izmjere prsnog promjera na volumen na razini sastojine. Prvo je analiziran utjecaj različitog načina izmjere prsnog promjera na volumen na razini sastojine. Za svakog su mjeritelja i svaku vrstu drveća analizirane razlike u volumenu uzorka dobivenog izmjerom promjera na obilježenoj prsnoj visini i volumena uzorka dobivenog izmjerom promjera na samoodređenoj prsnoj visini (1a-2a), zatim razlike volumena uzorka dobivene izmjerom unakrsnih promjera na samoodređenoj (1a-1b) i obilježenoj prsnoj visini (2a-2b) te njihov odnos (1a-1b prema 2a-2b). Za svakog mjeritelja i svaku vrstu drveća postojala je određena razlika između volumena uzorka 1a i volumena uzorka 2a. Pozitivne i negativne razlike između volumena dobivenih izmjerom unakrsnih promjera (1a-1b, 2a-2b) mogle su se objasniti analizom tablica vezanih za prosječni volumen stabala, međutim u usporedbi 1a-1b i 2a-2b, volumen uzorka koji je dobiven izmjerom

unakrsnih promjera iznad obilježene prsne visine za neke je vrste drveća imao veći iznos razlike od volumena dobivenog izmjerom prsnog promjera na obilježenoj prsnoj visini. Nadalje, kod usporedbe volumena uzorka 2a s volumenima uzoraka dobivenim izmjerom promjera postavljanjem promjerke na različite načine u odnosu na obilježenu prsnu visinu (3a, 3b, 4a, 4b i 5a) rezultati su po iznosu i predznaku bili očekivani, no kod usporedbe tih volumena uzoraka s volumenom uzorka 1a javile su se pojedine nepravilnosti. Naime, usporedbom volumena uzorka 1a i 2a s volumenima uzoraka 3b, 4a, 4b i 5a očekuju se negativne vrijednosti ali neki su rezultati pokazali da volumen dobiven različitim načinima izmjere ima veći iznos od volumena uzorka 1a.

Zaključno, ovaj dio analize potvrđuje utjecaj izmjere promjera na volumen uzorka, većinom na očekivani način. Međutim, pojedini dijelovi analize vezani uz volumen uzorka 1a ukazuju na bitnost obilježavanja prsne visine pri izmjeri.

Zadnji dio analize odnosio se na razlike u volumenu dobivene zbog razlika između mjeritelja pri izmjeri prsnog promjera na razini uzorka. Razlike između mjeritelja u dobivenim volumenima uzoraka objašnjene su putem razlika između mjeritelja u dobivenim volumenima na razini stabala. Gore spomenute razlike među mjeriteljima u dobivenim volumenima stabala objašnjene su pomoću razlika između mjeritelja u izmjerenim promjerima. Dakle, i u ovom segmentu možemo definitivno reći da neispravna izmjera promjera ne utječe samo na volumen pojedinačnih stabala, već i na volumen uzorka odnosno sastojine.

Završno, u ovome istraživanju dokazano je da greške pri izmjeri prsnog promjera stabala svakako utječu na volumen stabala i volumen uzorka odnosno sastojine. Uzevši u obzir da su izmjeru proveli mjeritelji s višegodišnjim iskustvom, možemo uočiti da se pogreške pri samoodređivanju prsne visine svejedno mogu dogoditi, što ukazuje na to da veliku pozornost treba obratiti, osim na izbjegavanje najčešćih pogrešaka izmjere, i na obavezno obilježavanje prsne visine odnosno pažljivo određivanje visine 1,30 m na tijelu mjeritelja, jer se i mala pogreška u samoodređivanju prsne visine odražava na volumen. Također treba obratiti pozornost i na pažljivo unošenje podataka u računalo ili izbor promjerke s automatskim unošenjem podataka, te provođenje izmjere kada su vremenski uvjeti povoljni zbog minimiziranja grubih pogrešaka.

## 6. LITERATURA

- Bazijanec, I., 2018. : Utjecaj mjeritelja, položaja pri izmjeri te vrste drveća na izmjeru visina stabala
- Đureta, F., 2018. :Utjecaj mjeritelja te pogrešaka pri izmjeri na izmjereni promjer stabla
- Mario Božić, Filip Đureta, Ernest Goršić, Mislav Vedriš, „Utjecaj mjeritelja te pogrešaka pri izmjeri na izmjereni promjer stabla“, Šumarski list 5-6, s.233
- Pranjić, A. i N. Lukić, 1997: Izmjera šuma. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb
- Špiranec, M., 1975: Drvno gromadne tablice. Radovi, Broj 22.
- Špiranec, M., 1976: Tablice drvnih masa jele i smreke. Radovi, Broj 29.