

Volume losses of spruce (*Picea abies* (L.) Karsten) and fir (*Abies alba* Mill.) roundwood due to prescribed method of scaling

Utjecaj propisanog načina premjera na greške obračunate zapremine oblog drveta smrče (*Picea abies* (L.) Karsten) i jele (*Abies alba* Mill.)

Jusuf Musić^{1*}, Jelena Knežević¹, Velid Halilović¹, Besim Balić¹, Admir Avdagić¹, Amina Karišik¹, Ehlimana Pamić¹

I Univerzitet u Sarajevu, Šumarski fakultet, Zagrebačka 20, 71000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina

ABSTRACT

The study examined the sources of volume loss in spruce and fir roundwood resulting from the prescribed Huber's formula, the prescribed method of diameter measurement, the prescribed method of length measurement, and the deduction of double bark thickness. The Riecke's formula was assumed to provide the most accurate determination of the log volume and was therefore used to calculate the gross volume of roundwood, serving as the reference value for quantifying the observed losses. For all analyzed sources of volume loss, except when applying Huber's formula, a dependence on diameter class was observed, with losses decreasing as the diameter increased. The highest percentage of volume loss for both spruce and fir logs was found when deducting double bark thickness (ranging from 9.1% to 6.4% for spruce and from 10.7% to 7.7% for fir), followed by the prescribed method of diameter measurement (from 7.3% to 1.7%). Additional losses were associated with the prescribed volume calculation formula (from 5.3% to 1.5% for spruce and from 3.7% to 1.1% for fir) and the prescribed method of length measurement (from 3.1% to 2.1%).

Key words: spruce, fir, roundwood measurement, volume loss

INTRODUCTION – Uvod

Pri trgovini drvetom u bosanskohercegovačkom šumarstvu, oblo drvo se otprema i prodaje u skladu s odredbama standarda JUS D.BO.022 iz 1984. godine, kojim je definisano razvrstavanje i mjerenje neobrađenog i obrađenog drveta. U cilju pojašnjenja određenih nedostataka ovog standarda neophodno je razlikovati i pojašniti pojmove *mjerenja* i *određivanja*. Mjerenje je propi-

sani postupak utvrđivanja dimenzija (prečnik, dužina), a određivanje je postupak utvrđivanja zapremine ili neke druge veličine oblog drveta. Prema odredbama navedenog standarda, oblovina se mjeri tako da se pojedinačno mjere prečnik i dužina. Prečnik se mjeri, po pravilu, bez kore, na sredini dužine oblog drveta unakrsno (najveći i najmanji), te se zaokružuje na cijele centimetre, naniže. Pri određivanju zapremine, u račun se uzima aritmetička sredina koja se, također, zaokružuje na cijele

* Coresponding author: Jusuf Musić, email: j.music@sfsa.unsa.ba, Univerzitet u Sarajevu, Šumarski fakultet, Zagrebačka 20, 71000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina

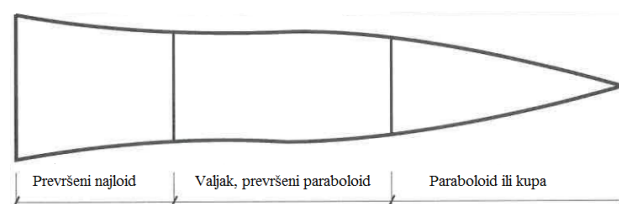
centimetre, naniže. Ukoliko se prečnik mjeri s korom, debljina kore se odbija. Dužina se mjeri na najkraćem potezu, zaokružena na puni niži decimetar, pri čemu u izmjerenu dužinu ne ulazi tzv. *nadmjera ili prid*, koja za četinare iznosi 1-2 cm/m'. Iako standardom nije izričito propisan način određivanja zapremine, iz opisanog postupka mjerenja dimenzija proizlazi da se zapremina oblog drveta utvrđuje primjenom formule srednjeg presjeka, odnosno tzv. Huberovom formulom. Navedenim standardom predviđeno je utvrđivanje količine tehničkog drveta i prema masi (kg) te komadu (sitno tehničko drvo). Ipak, s obzirom na to da se sortimenti sitnog tehničkog drveta praktično više i ne izrađuju, a da je za utvrđivanje mase drveta neophodno mjeriti njegovu vlažnost, u operativnom šumarstvu FBiH zapremina oblog drveta te njegova otprema i prodaja obavlja se isključivo po utvrđenim količinama u kubnim metrima (m^3). Sve metode određivanja (procjene) zapremine pojedinačnih komada oblog drveta, u principu, zasnivaju se na mjerenju njihove dužine i prečnika, a većina metoda za obračun površine presjeka drveta na mjestu mjerenja prečnika sadrži formulu za obračun površine kruga. S obzirom na mjesto mjerenja prečnika, odnosno površine presjeka, u svijetu postoji dosta vrlo različitih formula za procjenu zapremine izrađenoga obloga drveta, pri čemu primjena Huberove formule daje tačan rezultat samo za valjak i Apolonijev paraboloid, dok za sve ostale oblike daje manju zapreminu od stvarne (Rebula, 1994). Primjena različitih pravila (standarda) rezultira da razlike u obračunatoj zapremini njihovim korištenjem dostižu čak do 40% (Miklašević, 2013).

Sortimentne tablice za najvažnije vrste drveća u BiH (Vukmirović, 1971; Pavlić, 1973; Prolić, 1975) koje predstavljaju osnov za planiranje proizvodnje drvnih sortimenata šumarskih preduzeća, a time i njihovog prihoda, pored čitavog niza proizvoda sadrže i kategoriju "otpadak". S praktičnog gledišta, ova kategorija može se podijeliti na "pravi otpadak" i gubitke. Pravi otpadak, u tom smislu, čine različiti neizrađeni dijelovi krupnog drveta i piljevina, dok gubitke čine: a) propisani način mjerenja dimenzija (prečnika i dužine), b) propisani način utvrđivanja količine (zapremine), c) odbijena dvostruka debljina kore. Shodno navedenom, za preduzeća šumarstva je izuzetno važno da ti gubici budu što manji, jer se radi o izuzetno velikoj količini drveta. Iako u Evropi postoji veliki broj različitih pravila o načinu premjera dimenzija oblog drveta i utvrđivanja njegove zapremine, baziranih često na historiji i tradiciji, standardom EN 1309-2 propisano je da nacionalna ili regionalna pravila trebaju jasno definisati način premjera, njegovo evidentiranje i način obračuna zapremine, što s aktuelnim standardom koji se primjenjuje u BiH nije u potpunosti slučaj. Stoga se izrada nacionalnog standarda, koji će se zasnivati

na egzaktnim istraživanjima, nameće kao prioritetan zadatak. Otuda i motivi i potreba za ovim radom. U ovom radu analizirana su četiri ključna izvora gubitaka u zapremini oblog drveta jele i smrčice: (1) gubici usljed primjene Huberove formule, (2) gubici usljed propisanog načina mjerenja prečnika, (3) gubici usljed propisanog načina mjerenja dužine, te (4) gubici nastali odbijanjem debljine kore.

SCOPE OF RESEARCH – Problematika istraživanja

Zapremina je određena kao trodimenzionalna fizikalna veličina koja se iskazuje u kubnim metrima (m^3). Teoretski se zapremina stabla (dijela debla, oblovine) određuje na osnovu njegove sličnosti s geometrijskim tijelima, a koja zavisi od vrste drveta, starosti stabla, položaja unutar debla te načina gospodarenja (Patterson i dr., 1993). Prosječan morfološki izgled debla i sličnost pojedinih njegovih dijelova s geometrijskim tijelima prikazan je na slici 1.



Slika 1. Prosječni morfološki izgled debla
(Banković, Pantić, 2006)

Figure 1. Average morphological appearance
of the stem (Banković, Pantić 2006)

Alther (1960) preporučuje da za tačno mjerenje deblo treba podijeliti u 100 sekcija i svaku izmjeriti posebno, pri čemu bi dužine sekcija iznosile 15–40 cm. Mjerenje u sekcijama od 1 m daje oko 1%, a u sekcijama od 2 m oko 2% manje rezultate za cijela debla, te se s povećanjem dužine sekcija mjerne greške povećavaju. Pomenuti autor navodi i da su mjerne greške veće što je deblo mladodrvnije te da su uvjetovane položajem sekcije u deblu. Pri mjerenju dvometarskih sekcija, mjerne su greške u donjoj petini debla oko 5%, a u gornjoj 2–3% (u oba slučaja mjerni su rezultati manji). U srednjem dijelu debla greške su neznatne (oko 0,5%) te često pozitivne (mjerni rezultati su veći).

U odnosu na mjesto mjerenja prečnika, odnosno površine presjeka, postoji veći broj različitih formula za određivanje zapremine izrađenog oblog drveta, ali se najčešće upotrebljavaju sljedeće:

- a) **Formula srednjeg presjeka** ili **Huberova formula** zasnovana je na mjerenju prečnika na sredini dužine. Ne uzima u obzir pad prečnika izrađenog oblog drveta, a pretpostavlja valjak kao geometrijski oblik drveta.

$$v = g_s \cdot L \quad (1)$$

Pored Huberove, postoje i druge formule koje koriste površinu poprečnog presjeka, određenu iz mjerenog prečnika (Hejerala formula, Top-Jonsonova formula), te formula srednjeg presjeka koja koristi presjek određen iz obima ("francuska" ili "formula petine"), a koja daje veću zapreminu od Huberove formule (Banković, Pantić, 2006).

- b) **Formula krajnjih presjeka** ili **Smalianova formula** zasnovana je na mjerenju prečnika na tanjem i debljem kraju, a pretpostavlja jednoličan pad prečnika cijelom dužinom oblog drveta.

$$v = \frac{(G+g)}{2} \cdot L \quad (2)$$

Pored Smalianove formule, također, postoji čitav niz drugih formula koje za izračunavanje zapremine koriste dva presjeka (Hosfeldova, Simonijeva, Tjurinova, Šifelova i dr.).

- c) **Newtonova**, ili u dendrometriji poznata kao **Rieckeova formula**, zasnovana je na mjerenju prečnika na tanjem i debljem kraju te sredini dužine, a pretpostavlja nejednoličan pad prečnika po dužini oblog drveta.

$$v = \frac{L}{6} \cdot (G + 4 \cdot g_s + g) \quad (3)$$

Osim Rieckeove, postoje i druge formule koje za izračunavanje zapremine koriste tri presjeka (Orlovljeva, Simonijeva i dr.).

Oznake u prikazanim formulama (1–3) su:

v – zapremina oblog drveta (m^3)

G – površina presjeka na debljem kraju oblog drveta (m^2)

g – površina presjeka na tanjem kraju oblog drveta (m^2)

g_s – površina presjeka na polovini dužine oblog drveta (m^2)

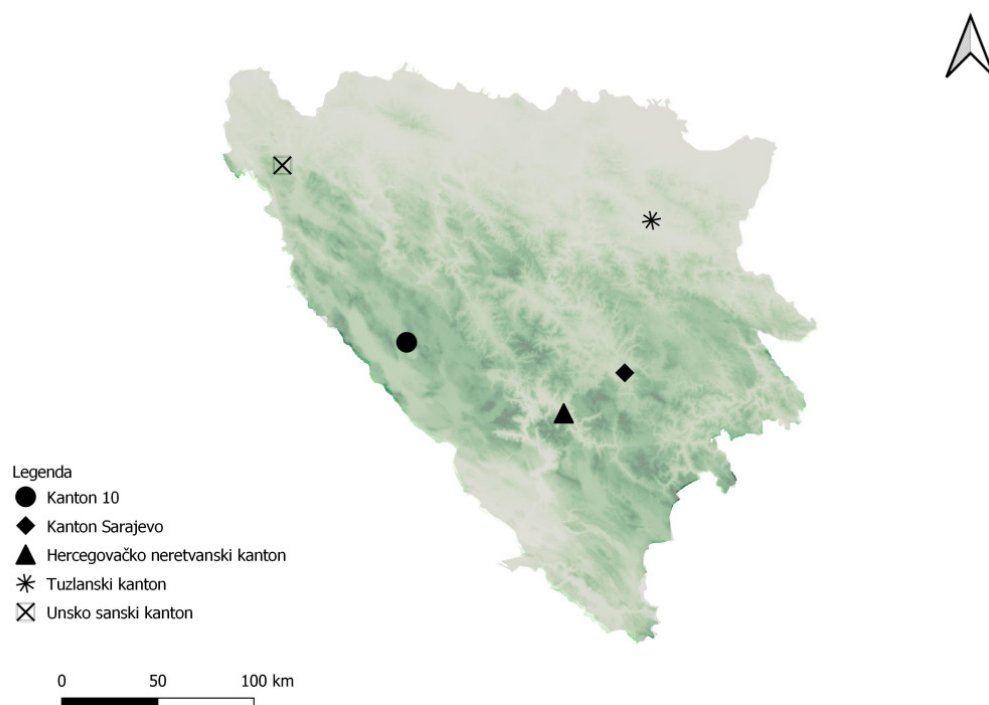
L – dužina oblog drveta (m)

Radi ispitivanja praktične tačnosti navedenih formula, vršena su mnogobrojna komparativna mjerenja u raznim zemljama. Tjurinovi podaci pokazuju da Smalianova formula daje samo pozitivna odstupanja (greške), dok su kod Huberove i Rieckeove formule odstupanja u oba smjera (pozitivna i negativna), što je s aspekta praktič-

ne primjene povoljnije (Banković, Pantić, 2006). Mihajlov (1983) navodi da Huberova, Smalianova i Rieckeova formula daju dobre rezultate za paraboloid. Za krnji najloid i konus Huberova formula daje negativne greške, a Smalianova pozitivne i dosta velike, dok Rieckeova formula daje najmanje procentualne greške procjene zapremine.

Rebula (1994) je utvrdio prosječnu negativnu grešku pri obračunu zapremine oblog drveta jele primjenom Huberove formule od 3,2 do 4,0%, te iznimno veliku pozitivnu grešku primjenom Smalianove formule od 8,5 do 21,3%, pri čemu se greške primjenom obje formule povećavaju s dužinom oblog drveta. Poršinsky i Vujeva (2007) utvrdili su negativne greške, odnosno gubitak zapremine oblog drveta smrče kod primjene Huberove formule u odnosu na zapreminu izračunatu Rieckeovom formulom, pri čemu se porastom debljine oblog drveta te greške smanjuju. Đuka i dr. (2020) ukazuju, također, na nedostatke Huberove formule, posebno kod prvog trupca, i zaključuju da je uvođenje Riecke-Newtonove formule za procjenu zapremine ovih, a komercijalno važnijih sortimenata, u hrvatskom šumarstvu opravdano. Analiza harvesterskog mjerenja u Češkoj pokazala je da je 1,99% zapremine proizvedenog drveta smrče isključeno iz primarnih šumarskih evidencija, zbog dodatka na dužinu (Dvořák i dr., 2020). Komparirajući zapreminu izračunate mjerenjem prečnika i obima, Kelić (2025) zaključuje da su procijenjene zapremine dobivene mjerenjem prečnika statistički značajno manje od onih dobivenih mjerenjem obima oblovene smrče. Provedene komparacije sa elektronskim sistemima mjerenja također su ukazale na nedostatke Huberove formule. Janák (2007) je utvrdio da je zapremina oblog drveta dobivena elektronskim 2D sistemom za 0,4–0,5%, a 3D sistemom za 2,5–5,5% manja od zapremine dobivene pažljivim mjerenjem dimenzija i primjenom Huberove formule.

Ove negativne greške Huberove formule uz propisani način premjera dimenzija, osim gubitka u drvetu preduzeća šumarstva, utječu i na iskazanu produktivnost te troškove rada u dinamičkim fazama tehnološkog procesa iskorištavanja šuma. Analizirajući ovaj utjecaj, Poršinsky i dr. (2014) utvrdili su da je produktivnost forvardera, iskazana prema deklariranoj zapremini tereta, manja 3,46%–24,36% u odnosu na produktivnost iskazanu sa stvarnom zapreminom, u zavisnosti od vrste tereta i visine tovarnog prostora. Shodno tome, i jedinični troškovi rada su veći za 3,58%–32,17%. Gurda (2025) je za Ecotrac 120V utvrdila u prosjeku za 14,51% veću stvarnu produktivnost u odnosu na deklariranu, te 13% veće deklarirane troškove rada ovog skidera u odnosu na stvarne.



Slika 2. Područje istraživanja

Figure 2. Study area

Mjerenje drveta je veoma skupo. Schoppfer (1982) je izračunao da ručno mjerenje pojedinih komada košta 3–20 DEM/m³, pri čemu je mjerenje sitnih sortimenata najskuplje. Rebula (1983) navodi da troškovi mjerenja i “primanja” sortimenata u šumi iznose od 15 do čak 25% troškova sječe i izrade, dok troškovi mjerenja na mehaniziranom stovarištu od 3 do 5% svih troškova obrade i dorade drveta na tim stovarištima. Zbog navedenog, važno je da mjerni postupci budu relativno jednostavni, odnosno da utrošci vremena i troškovi rada mjerenja budu što manji. Zbog svoje jednostavnosti i praktičnosti za procjenu zapremine izrađene oblovine, u svijetu se najčešće primjenjuje Huberova formula (Fonseca, 2005). Ipak, još je važnije da ti postupci budu pouzdani, a dobiveni rezultati o zapremini što je moguće tačniji. S tim u vezi, Rebula (1994) konstatuje da je sadašnji način mjerenja (JUS D.BO.022 iz 1984) nedovoljno tačan, a rezultati tih mjerenja nepouzdan, te ističe da se samo može pretpostaviti kolike su pogreške i u čiju korist.

Osnovni uvjeti nastanka i uspješne primjene standarda JUS D.BO.022, kao i ostalih JUS standarda, bili su: centralno dirigitirana proizvodnja, promet i distribucija drvnih proizvoda, ondašnji vidovi prerade i upotrebe drveta te, što je najvažnije, zajednički dohodovni odnosi šumarstva i prerade drveta. U takvim uvjetima, sve manjkavosti ovog standarda nisu uopće bile važne, jer se praktično radilo o jednom preduzeću, samo s odvojenim tehnološkim postupcima. Razdvajanjem ove dvi-

je privredne grane 1989. godine, a pogotovo današnjim stanjem, koje, prije svega, karakterišu tržišni odnosi javnog (šumarstvo) i privatnog (prerada drveta) sektora, može se slobodno konstatovati da je ovaj standard opterećen nedopustivo velikim greškama procjene. Osim toga, ovaj standard ne sadrži ni odredbe za novije načine mjerenja (elektronske prečnice, lasersko skeniranje, 3D skeniranje), što je posebno važno za sitnije sortimente i aktuelne trendove u svijetu kada je u pitanju mjerenje drveta. Na apsolutnu neprikladnost ovog standarda današnjem vremenu i odnosima šumarstva i prerade drveta, Lipoglavšek (1996) je ukazivao još prije 30 godina. U vezi s obrazloženom problematikom, osnovni cilj rada je utvrđivanje utjecaja propisanog načina premjera na greške obračunate zapremine oblog drveta smrče i jele, pri čemu je greške potrebno iskazati u zavisnosti od debljine izrađene oblovine. Dobiveni rezultati predstavljat će egzaktni i naučno utemeljen osnov za pokretanje inicijative za izradu novog pravilnika ili standarda o mjerenju oblog drveta.

STUDY AREA AND METHODS OF RESEARCH – *Područje i metode istraživanja*

Prikupljanje podataka za potrebe rada obavljeno je na širem području FBiH, u pet kantona (Unsko-sanski, Zeničko-dobojski, Hercegovačko-neretvanski, Tuzlanski i Kanton 10) i većem broju šumskogospodarskih područ-



Slika 3. Mjerenje debljine kore i zates na oblom drvetu

Figure 3. Measurement of bark thickness and notch on roundwood

ja (Bosansko-petrovačko, Krivajsko, Olovsko, Konjičko, Drvarsko, Glamočko, Kupreško i Majevičko). Podaci su prikupljeni tokom 2022. i 2023. godine, a u skladu s planovima sječa šumarskih preduzeća koja gazduju šumama navedenih područja. Sastojine u kojima su vršena neophodna mjerenja pripadaju različitim gazdinskim klasama iz uže kategorije šuma I200 – visoke šume s prirodnom obnovom bukve, jele i smrče, primarne i sekundarne.

Prema rezultatima Druge nacionalne inventure šuma u BiH, ukupna površina tzv. dostupnih visokih šuma proizvodnog karaktera, gdje rastu jela i smrča, iznosi 589.800 ha. Udio jele u ukupnoj drvnoj zalihi iznosi 21,5%, a smrče 16,1%, što ih, poslije bukve, čini drugom i trećom najvažnijom vrstom drveća. U svakoj debljinskoj klasi od 12,5 cm do 52,5 cm (9 klasa širine 5 cm), izmjereno je po minimalno 30 komada drvnih sortimentata jele, odnosno smrče.

S obzirom na to da se u Hrvatskoj i BiH koristi praktično identičan standard kojim je propisan način mjerenja dimenzija i obračuna zapremine oblog drveta, a zbog mogućnosti komparacije dobivenih rezultata, u ovom radu su primijenjene iste metode mjerenja i obrade podataka koje su u svojim istraživanjima koristili Poršinsky i Vujeva (2007). Na svakom izrađenom komadu oblog drveta (drvnim sortimentu) mjerene su sljedeće karakteristike:

- Dužina oblog drveta, izražena u metrima s tačnošću na dvije decimale (cm).
- Dva unakrsna prečnika s korom: na debljem ($D1$, $D2$) i na tanjem ($d1$, $d2$) kraju te na sredini dužine ($ds1$, $ds2$) oblog drveta, izražena u centimetrima s tačnošću jedne decimale (mm).
- Debljina kore – na mjestima mjerenja prečnika ($K1$, $K2$, $k1$, $k2$, $ks1$, $ks2$), izražena u centimetrima s tačnošću jedne decimale (mm). Debljina kore mjerena je pomičnim mjerilom (šublerom), s tim da je na sredini dužine sjekirom pravljen tzv. zates (okomit na debllo) do drveta, kako bi se debljina kore mogla jasno vidjeti i precizno izmjeriti (slika 3).

Obrada podataka radi utvrđivanja strukture negativnih grešaka (gubitaka) koje rezultiraju primjenom standarda JUS D.BO.022, imala je sljedeći tok:

- Za najtačniju formulu određivanja zapremine oblog drveta pretpostavljena je Rieckeova formula (Poršinsky i Vujeva, 2007; Đuka i dr., 2020). Njenom primjenom izračunata je bruto zapremina oblog drveta (uvršćavanjem nezaokruženih prečnika s korom i nezaokružene dužine s nadmjerom), koja je bila referentna vrijednost. S istim dimenzijama izračunata je i bruto zapremina primjenom Smalianove i Huberove formule.
- Gubitak zbog propisane (Huberove) formule izraču-

Tabela 1. Struktura uzorka po vrstama drveta i debljinskim klasama

Table 1. Sample structure by wood species and thickness classes

Debljinska klasa (cm) Diameter classes (cm)	Zapremina uzorka (m ³) – Sample volume (m ³)							
	Broj komada Number of pieces	Smrča – Spruce			Broj komada Number of pieces	Jela – Fir		
		Rieckeova formula Riecke's formula	Smalianova formula Smalian's formula	Huberova formula Huber's formula		Rieckeova formula Riecke's formula	Smalianova formula Smalian's formula	Huberova formula Huber's formula
12,5	31	3,249	3,591	3,077	43	3,680	3,910	3,565
17,5	53	8,908	9,487	8,618	107	16,114	16,657	15,843
22,5	65	16,385	16,874	16,140	103	23,624	24,413	23,230
27,5	57	20,393	21,215	19,982	103	36,022	36,935	35,565
32,5	46	25,308	27,673	24,125	93	46,971	47,963	46,474
37,5	42	29,642	31,908	28,509	70	41,820	43,731	40,864
42,5	34	30,360	33,217	28,931	51	42,821	45,654	41,404
47,5	31	34,140	37,605	32,408	34	32,841	34,758	31,883
52,5	32	47,369	51,683	45,212	30	44,693	48,010	43,035
Suma	391	215,753	233,254	207,003	634	288,585	302,031	281,863

nat je iz razlike bruto zapremine dobivene primjenom Rieckeove i Huberove formule.

- Gubitak zbog propisanog načina mjerenja prečnika izračunat je iz razlike vrijednosti bruto zapremine koja je dobivena Huberovom formulom i zapremine koja je dobivena uvrštavanjem aritmetičke sredine zaokruženih prečnika s korom, mjerenih na sredini dužine oblog drveta (na puni niži centimetar), u Huberovu formulu. U oba slučaja, u obračun zapremine uzeta je nezaokružena dužina s nadmjerom.
- Gubitak zbog propisanog načina mjerenja dužine izračunat je iz razlike vrijednosti bruto zapremine dobivene Huberovom formulom i bruto zapremine koja je dobivena uvrštavanjem zaokružene dužine (bez nadmjere) u istu formulu.
- Gubitak zbog odbijanja dvostruke debljine kore izračunat je iz razlike bruto zapremine koja je dobivena Huberovom formulom i zapremine koja je dobivena uvrštavanjem prečnika bez kore u navedenu formulu.

Svi navedeni gubici izračunati su i bit će prikazani po debljinskim klasama izrađenog oblog drveta.

RESULTS AND DISCUSSION – Rezultati rada i diskusija

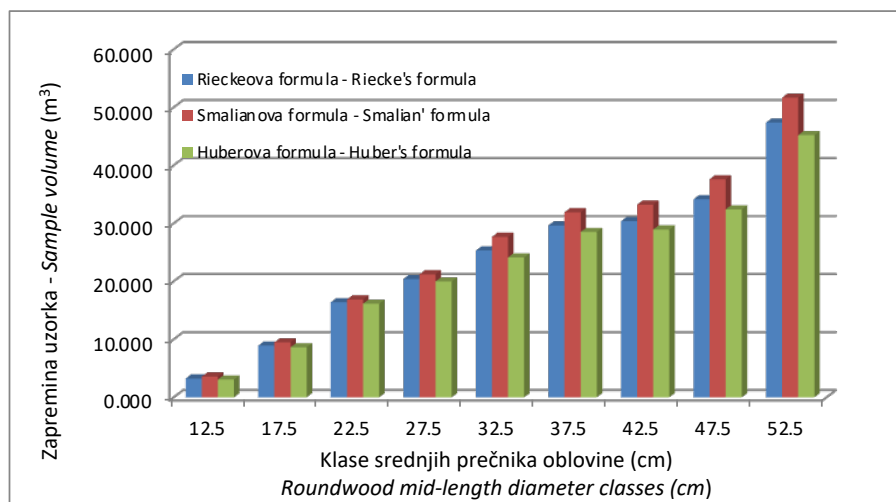
U skladu s postavljenim ciljem istraživanja, greške (gubici) zapremine izrađene oblovinе jela i smrčе prikazane su s obzirom na: gubitak zbog propisane formule

za obračun zapremnine, gubitak zbog propisanog načina premjera prečnika, gubitak zbog odbijanja dvostruke debljine kore i gubitak zbog propisanog načina premjera dužine. Navedeni gubici iskazani su po debljinskim klasama oblovinе. Ukupno je premjereno 1.036 komada oblovinе (391 komad smrčе i 634 komada jela), a struktura uzorka prikazana je u tabeli 1.

Volume loss due to Huber's formula – Gubitak zapremine zbog Huberove formule

Za obračun zapremine izrađene oblovinе, važeći standard (JUS D.BO.022: 1984.) podrazumijeva primjenu Huberove formule, gdje je broj π zaokružen na 4 decimalna mjesta (3,1416), a rezultat se iskazuje u m³ na tri decimalna mjesta. Na grafikonima 1 i 2 dat je uporedni prikaz zapremina po debljinskim klasama izračunatih primjenom Rieckeove, Smalianove i Huberove formule.

Na osnovu prikazanih grafikona, vidljivo je da Huberova formula daje najniže, a Smalianova formula najviše vrijednosti procjene zapremine oblovinе u svim debljinskim klasama za obje vrste drveta. Ukupna zapremina uzorka obračunata po Huberovoj formuli iznosi 207,003 m³ (smrčа) i 281,863 m³ (jela), po Rieckeovoj 215,754 m³ (smrčа) i 288,585 m³ (jela), te po Smalianovoj 233,254 m³ (smrčа) i 302,031 m³ (jela). Uvažavajući prethodne rezultate (Banković, Pantić, 2006; Mihajlov, 1983; Rebula, 1994), te pretpostavljajući Rieckeovu for-



Grafikon 1. Zapremina uzorka smrče obračunata različitim formulama

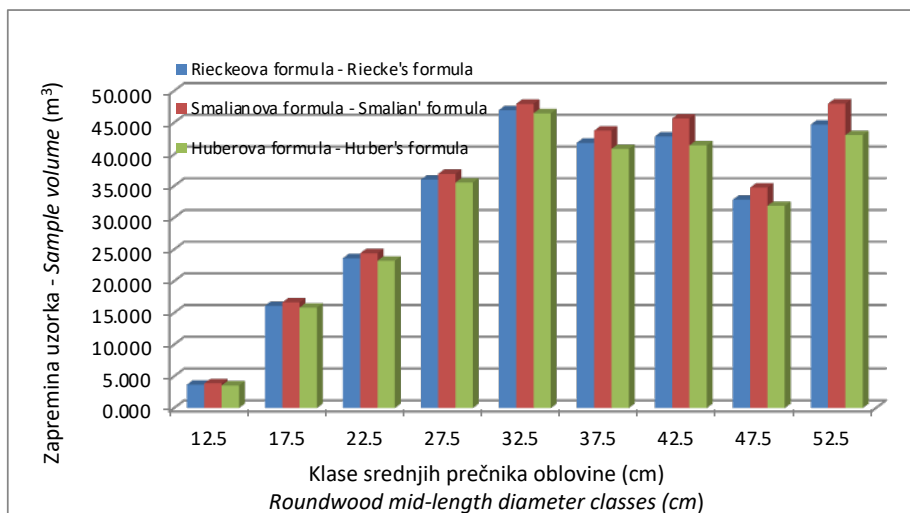
Graph 1. Sample volume of spruce calculated by different formulas

mulu kao najtačniju, može se konstatovati da je prosječna negativna greška (gubitak) pri obračunu zapremine oblog drveta primjenom Huberove formule 4,06% za smrču i 2,33% za jelu, dok je prosječna pozitivna greška primjenom Smalianove formule 8,11% za smrču i 4,66% za jelu. Dobiveni rezultati uglavnom koreliraju s rezultatima do kojih su istražujući ovu problematiku došli Rebula (1994) i Janák (2007).

Polazeći od sličnosti, ali i razlika između jele i smrče, najprije je izvršeno testiranje značajnosti razlika svih analiziranih gubitaka između ove dvije vrste. Testiranje je izvršeno Mann-Whitneyevim (Wilcoxon) testom koji komparira medijane dva uzorka, a rezultati su prikazani u tabeli 2.

Na osnovu dobivenih rezultata (P-vrijednost) može se konstatovati da postoje statistički značajne razlike između jele i smrče za gubitke zbog primjene Huberove formule i gubitke zbog odbijanja kore, te da ne postoje statistički značajne razlike za gubitke zbog primjene propisanog načina mjerenja dimenzija (prečnik i dužina) pri vjerovatnoći 95%. Shodno dobivenim rezultatima testiranja, gubici zbog primjene Huberove formule i odbijanja debljine kore analizirat će se odvojeno po vrstama, dok će se gubici zbog propisanog načina mjerenja srednjeg prečnika i dužine prikazati i analizirati zajedno za obje vrste.

S obzirom na to da greške obračuna nisu iste za sve debljinske klase, na grafikonu 3 prikazani su gubici zapremine oblovine smrče i jele po debljinskim klasama.



Grafikon 2. Zapremina uzorka jele obračunata različitim formulama

Graph 2. Sample volume of fir calculated by different formulas

Tabela 2. Rezultati provedenog Mann-Whitney (Wilcoxon) testa

Table 2. Results of the Mann-Whitney (Wilcoxon) test

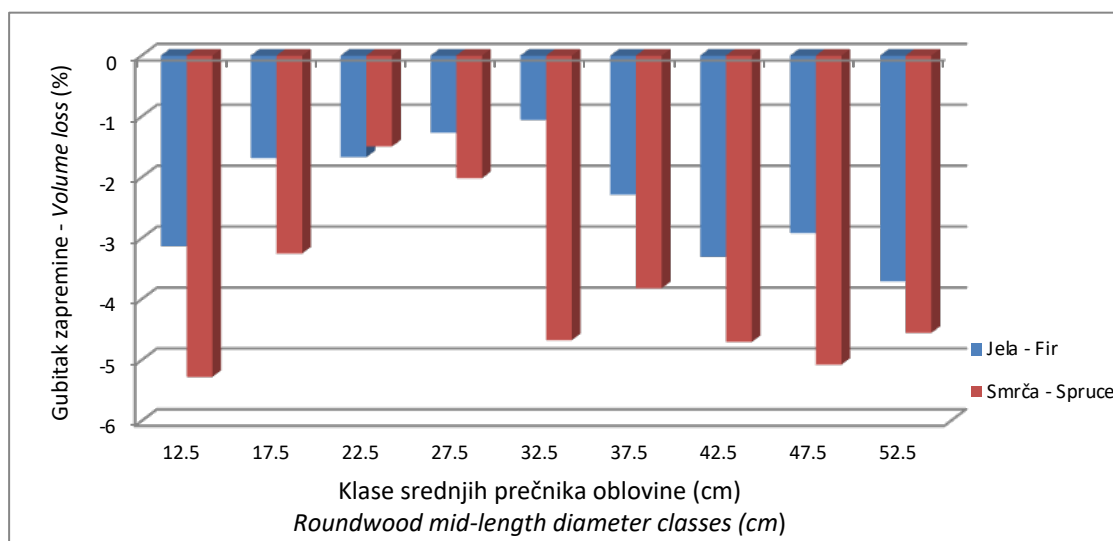
Gubitak zapremine Volume loss	Vrsta drveta Tree species	Medijana Median	Prosječni rank Average rank	P-vrijednost P-value
Primjena Huberove formule <i>Application of Huber's formula</i>	Smrča - Spruce	1,8243	561,939	0,00003237
	Jela – Fir	1,0138	482,819	
Propisani način mjerenja prečnika <i>Prescribed method of diameter measurement</i>	Smrča -Spruce	3,72253	516,537	0,76336
	Jela – Fir	3,53808	510,819	
Propisani način mjerenja dužine <i>Prescribed method of of length measurement</i>	Smrča - Spruce	2,15264	506,272	0,567509
	Jela – Fir	2,3199	517,149	
Odbijanje debljine kore <i>Bark deduction</i>	Smrča – Spruce	7,32197	413,899	0,000
	Jela – Fir	8,79154	574,118	

Gubitak zapremine oblovinе smrčе najveći je (5,3%) kod tanke oblovinе (debljinska klasa 12,5 cm). Porastom debljine oblovinе (debljinske klase) gubitak opada, dostiže minimum (1,5%) u debljinskoj klasi 22,5 cm, zatim ponovno raste i koleba se u rasponu od 2,1% do 5,1%. Sličan trend, ali s nešto nižim vrijednostima za smrču, utvrdili su Poršinsky i Vujeva (2007). Kod jele je minimalni gubitak (1,1%) evidentiran u debljinskoj klasi 32,5 cm, nakon čega se, također, koleba ali dostiže maksimum (3,7%) u debljinskoj klasi 52,5 cm. Dobiveni rezultati uvjetovani su, osim srednjim prečnikom oblovinе, njihovim dužinama i položajem u deblu, odnosno padom prečnika. Naime, provedenom regresionom analizom utvrđeno je da se utjecaj dužine oblovinе i pada prečnika na gubitke obračuna zapremine ispoljio kod obje vrste i da je statistički značajan pri vjerovatnoći od 95% (tabele 3 i 4).

Na osnovu provedene analize može se konstatovati da se, s povećanjem dužine oblovinе i pada prečnika, povećavaju i greške obračunate zapremine obje analizirane vrste drveta. S obzirom na to da je prosječna dužina oblovinе smrčе u uzorku iznosila 6,17 m, a jele 5,75 m, dok je prosječan pad prečnika oblovinе smrčе iznosio 1,76 cm/m', a jele 1,58 cm/m', može se zaključiti da su veći gubici zapremine smrčе u odnosu na jelu logični te su uvjetovani razlikama u dužinama i padu prečnika oblovinе u uzorku istraživanja.

Volume loss due to the prescribed method of diameter measurement – Gubitak zapremine zbog propisanog načina mjerenja prečnika

Ukupna zapremina uzorka (obje vrste) obračunata po Huberovoj formuli (bez zaokruživanja prečnika) iznosi 488,866 m³, dok je zapremina sa zaokruživanjem preč-



Grafikon 3. Gubitak zapremine oblovinе smrčе i jele zbog Huberove formule

Graph 3. Volume loss of roundwood of spruce and fir due to Huber's formula

Tabela 3. Parametri regresione analize za oblovinu smrče

Table 3. Regression analysis parameters for spruce roundwood

Parametar Parameter	Veličina Estimate	Standardna greška Standard Error	T - statistički T - statistic	P - vrijednost P - value
Sl. član – Intercept	-2,94691	1,34011	-2,19902	0,0285
Dužina – Length	0,48987	0,173237	2,82774	0,0049
Pad prečnika – Diameter decrease	0,628326	0,119333	5,2653	0,0000

Tabela 4. Parametri regresione analize za oblovinu jele

Table 4. Regression analysis parameters for fir roundwood

Parametar Parameter	Veličina Estimate	Standardna greška Standard Error	T-statistički T-statistic	P-vrijednost P-value
Sl. član – Intercept	-1,44059	0,725736	-1,985	0,0471
Dužina – Length	0,205375	0,0954301	2,1521	0,0314
Pad prečnika – Diameter decrease	0,42357	0,0637469	6,64457	0,0000

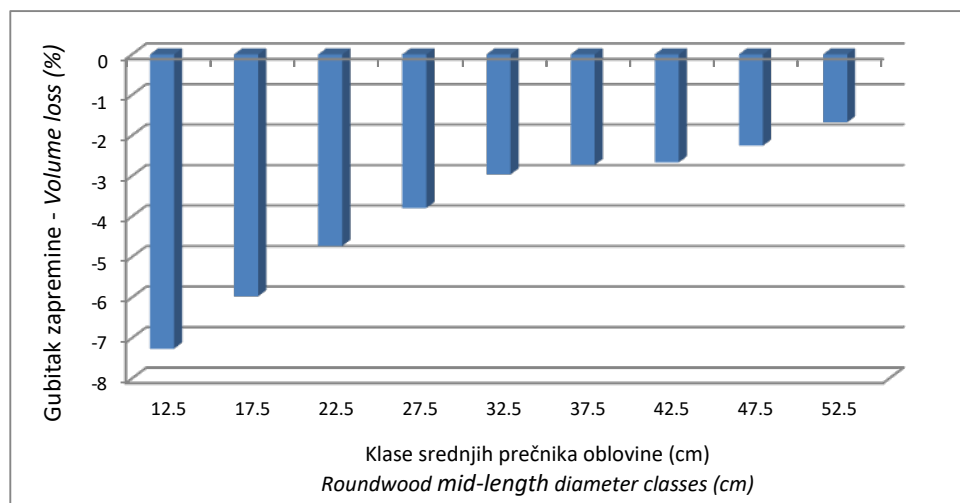
nika i njihove aritmetičke sredine 474,169 m³. Greške mjerenja prečnika, za obje vrste, u apsolutnom iznosu kretale su se u intervalu od 0 mm do 13,5 mm. Prosječni gubitak zapremine zbog propisanog mjerenja prečnika iznosi 3,0%. Do sličnog rezultata u okviru svojih istraživanja došao je i Rebula (1994) koji je za ove vrste drveća utvrdio prosječni gubitak od 2,6%. Gubici zapremine zbog propisanog načina mjerenja prečnika, po debljinskim klasama, prikazani su na grafikonu 4.

Analizirani gubitak zapremine smanjuje se povećanjem debljine oblovine. Najveći je u debljinskoj klasi 12,5 cm (7,3%), te eksponencijalno opada porastom debljine oblovine. U debljinskoj klasi 52,5 cm gubitak iznosi 1,7%.

Do sličnih rezultata u okviru svojih istraživanja došli su Poršinsky i Vujeva (2007), ali s nešto značajnijim veličinama gubitaka u nižim debljinskim klasama.

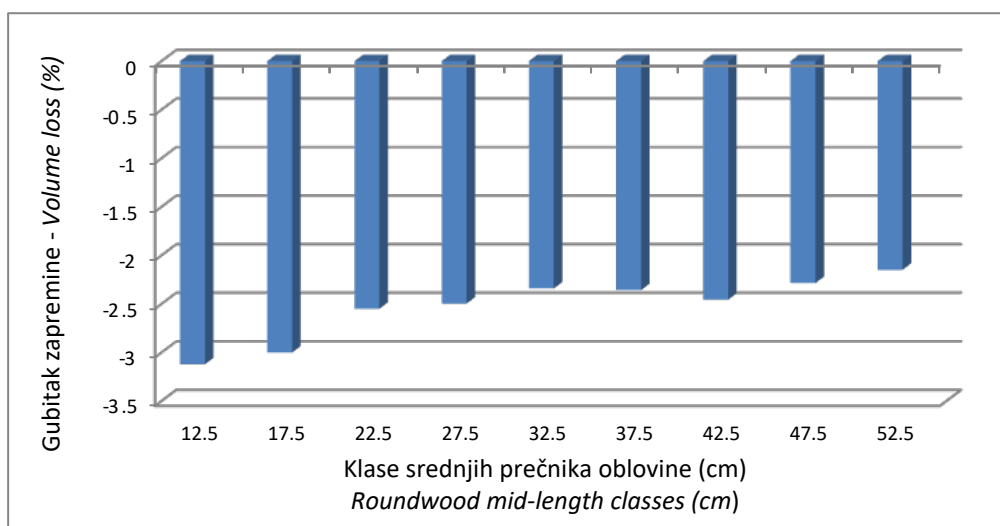
Volume loss due to the prescribed method of length measurement – Gubitak zapremine zbog propisanog načina mjerenja dužine

Dužina oblovine mjeri se na najkraćem potezu, zaokružena na puni niži decimetar, pri čemu se u izmjerenu dužinu ne uračunava tzv. *nadmjera ili prid*, koja za četinare iznosi 1–2 cm/m', pri čemu u apsolutnom iznosu treba da se kreće od 5 do 20 cm (JUS D.BO.022: 1984). Dužine pojedinih komada oblovine u uzorku kretale su se u



Grafikon 4. Gubitak zapremine zbog propisanog načina mjerenja prečnika

Graph 4. Volume loss due to the prescribed method of diameter measurement



Grafikon 5. Gubitak zapremine zbog propisanog načina mjerenja dužine

Graph 5. Volume loss due to the prescribed method of of length measurement

širokom intervalu od 2 do 11 m, a greške (gubici) zbog propisanog načina mjerenja po debljinskim klasama prikazane su na grafikonu 5.

Vidljivo je s grafikona da se gubitak zapremine zbog propisanog načina mjerenja dužine smanjuje povećanjem debljine oblog drveta od 3,1% u debljinskoj klasi 12,5 cm do 2,1% u debljinskoj klasi 52,5 cm. Ipak, s obzirom na to da bi dobiveni rezultati trebali biti, u većoj mjeri, uvjetovani dužinom oblovine, provedena je regresiona analiza koja je kao nezavisne varijable uzela srednji prečnik i dužinu oblovine, dok je zavisna varijabla gubitak zapremine. Parametri regresione analize prikazani su u tabeli 5.

Na osnovu prikazanih rezultata (tabela 5) može se konstatovati da se utjecaj dužine oblovine i srednjeg prečnika na gubitke obračuna zapremine zbog propisanog načina mjerenja dužine ispoljio i da je statistički značajan pri vjerovatnoći 95%, ali i da je utjecaj dužine puno veći. Dobivenim jednačinama regresije izvršen je obračun gubitaka za uobičajene dužine oblovine smrče i jele u trgovini drvetom, te prosječan srednji prečnik od 30 cm (tabela 6).

Povećanjem dužine oblovine smanjuju se gubici zbog propisanog načina mjerenja dužine, što je i logično. Ipak, ovdje je važno navesti bitnu činjenicu da su nadmjere velikog broja komada u uzorku bile veće od propisanih, odnosno da se utjecaj nepotrebne "velikodušnosti" radnika na premjeru oblovine ispoljio u velikoj mjeri, što je rezultiralo značajno većim gubicima nego što su to u okviru svojih istraživanja ovog obilježja utvrdili Poršin-sky i Vujeva (2007).

Volume loss due to bark deduction – Gubitak zapremine zbog odbijanja debljine kore

U standardu kojim je definisano razvrstavanje i mjerenje neobrađenog i obrađenog drveta (JUS D.BO.022:1984), propisano je da se tehnička oblovina smrče i jele u pravilu mjeri bez kore, a ukoliko se mjeri s korom, debljina kore se odbija, pri čemu nisu izrađene ili, tačnije, nisu u primjeni tablice debljine ili postotka kore već se debljina kore odbija na osnovu internih uputstava pojedinih šumarskih preduzeća.

Gubitak zapremine zbog odbijanja dvostruke debljine kore izračunat je iz razlike bruto zapremine koja je do-

Tabela 5. Parametri regresione analize za oblovinu smrče i jele

Table 5. Regression analysis parameters for spruce and fir roundwood

Parametar Parameter	Veličina Estimate	Standardna greška Standard Error	T-statistički T-statistic	P-vrijednost P-value
Sl. član – Intercept	5,7127	0,294052	19,4275	0,0000
Srednji prečnik – Mid-length diameter	-0,0275661	0,0054015	-5,10342	0,0000
Dužina – Length	-0,376128	0,0386551	-9,73037	0,0000

Tabela 6. Gubitak zapremine smrče i jela zbog propisanog načina mjerenja dužine (%)

Table 6. Volume loss of spruce and fir due to the prescribed method of length measurement (%)

Vrsta drveta Tree species	Dužina oblovine (m) Roundwood length (m)				
	4	5	6	7	8
Smrča i jela Spruce and fir	3,38	3,01	2,63	2,25	1,88

bivena Huberovom formulom i zapremine koja je dobivena uvrštavanjem prečnika bez kore u navedenu formulu, a rezultati po debljinskim klasama prikazani su na grafikonu 6.

Gubitak zapremine zbog odbijanja debljine kore opada rastom debljine kod obje vrste drveta, i to: kod jela od 10,9% (debljinska klasa 12,5 cm) do 7,7% (debljinska klasa 52,5 cm), te kod smrče od 9,1% (debljinska klasa 12,5 cm) do 6,4% (debljinska klasa 52,5 cm). Utvrđene razlike između jela i smrče uvjetovane su izgledom i brzinom raspadanja mrtvog dijela kore, odnosno pri istom prečniku oblovine jela ima nešto deblju koru (Lojo i dr., 2019). S obzirom na to da prikazani gubici, u principu, predstavljaju relativni udio kore u zapremini oblovine, dobiveni rezultati u skladu su s općeprihvaćenim zakonitostima: a) debljina kore je upravo proporcionalna prečniku stabla ili oblovine; b) debljina kore opada od panja prema vrhu debla; c) debljina kore povećava se debljinom oblovine, a njen relativni udio u zapremini opada (Krpan, 1986).

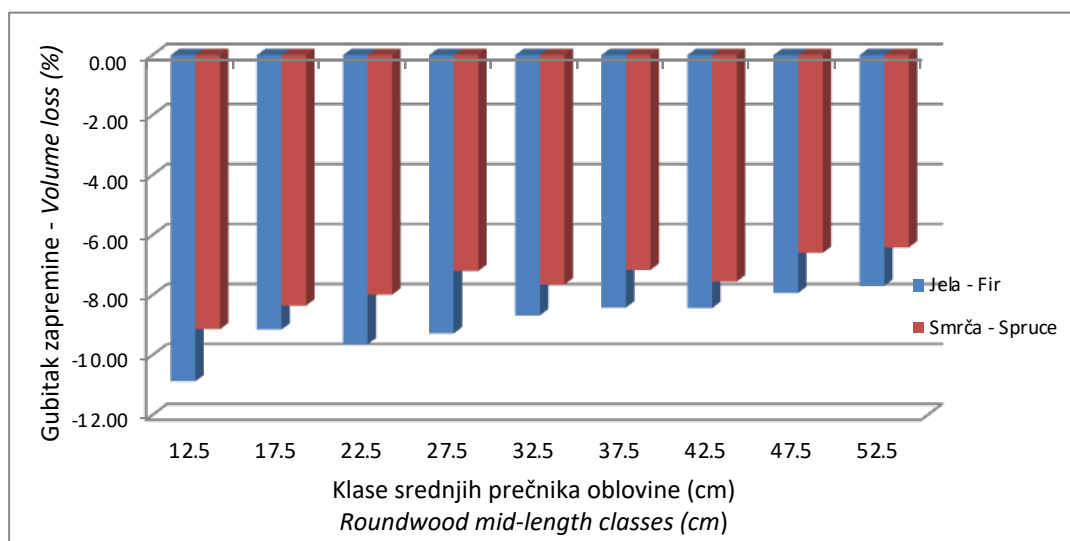
Dobiveni rezultati za analizirane vrste u najvećoj mjeri koreliraju s rezultatima do kojih su došli Rebul (1994) te Turk i Lipoglavšek (1972), a nešto su manji od vrijed-

nosti do kojih su u okviru svojih istraživanja kore jela i smrče došli Musić i dr. (2019) te Lojo i dr. (2019). Mala povećanja gubitaka u nekim debljinskim klasama (jela u debljinskoj klasi 22,5 cm, te smrče u debljinskim klasama 32,5 i 42,5 cm) uvjetovana su različitim pozicijama u deblu pojedinih komada oblovine istog prečnika.

CONCLUSIONS - Zaključci

Rezultati provedenog istraživanja jasno pokazuju da postojeći standard JUS D.BO.022:1984, kojim je propisan način mjerenja dimenzija i obračuna zapremine oblovine smrče i jela, dovodi do sistematskih i vrlo značajnih gubitaka drvene mase. U svim analiziranim debljinskim klasama zabilježene su velike negativne greške procjene, a ukupni gubici kreću se u rasponu od 11,7% do 24,8% za smrču, te od 12,6% do 25,0% za jelu. Ovakvi gubici predstavljaju ozbiljan strukovni, ekonomski i organizacioni problem u lancu proizvodnje, transporta i prerade drveta u Bosni i Hercegovini.

Najveći pojedinačni izvor gubitaka proizlazi iz odbijanja dvostruke debljine kore, pri čemu relativni udio kore opada porastom prečnika, ali i dalje ostaje dominantan faktor u ukupnoj grešci. Gubici usljed primjene Hubero-



Grafikon 6. Gubitak zapremine zbog odbijanja kore

Graph 6. Volume loss due bark deduction

ve formule, iako nešto manji, također su značajni i jasno pokazuju da ova formula ne može pouzdano opisati geometrijski oblik oblovine smrče i jele, posebno u nižim debljinskim klasama i kod trupaca većeg pada prečnika. Propisani načini mjerenja prečnika i dužine dodatno doprinose ukupnim gubicima, što potvrđuje da standard zasnovan na zaokruživanju dimenzija neminovno dovodi do podcjenjivanja stvarne zapremine.

Rezultati statističkih analiza ukazuju da na gubitke značajno utječu dužina trupca i pad prečnika. Smrča pokazuje veće ukupne gubitke od jele, što je u skladu s većim prosječnim dužinama trupaca i izraženijim padom prečnika u analiziranom uzorku. Ovakve razlike dodatno potvrđuju potrebu za diferenciranim pristupom pri razvoju budućih nacionalnih mjernih pravila.

Na osnovu cjelokupnih rezultata može se zaključiti da je postojeći standard nedovoljno precizan, netransparentan i u velikoj mjeri otvoren za subjektivna tumačenja i operativne manipulacije. Stoga je izrada novog, naučno utemeljenog nacionalnog standarda za premjer oblog drveta prioritetan zadatak struke i nadležnih institucija. Novi standard mora se zasnivati na savremenim metodama mjerenja, validiranim naučnim modelima i jasnim definicijama svih mjernih procedura.

Konačno, zbog izuzetnog značaja ovih rezultata za operativno šumarstvo, transport i preradu drveta, neophodno je provesti dodatna istraživanja u višim debljinskim klasama, kao i detaljna mjerenja kore i pada prečnika oblog drveta različitih položaja u deblu. Time će se omogućiti izrada modernog, preciznog i međunarodno uporedivog sistema mjerenja oblovine, koji će doprinijeti transparentnosti, pravednoj raspodjeli prihoda i efikasnijem gospodarenju najvažnijim šumskim resursima u Bosni i Hercegovini.

ACKNOWLEDGEMENTS – Zahvale

Istraživanje je finansiralo Ministarstvo obrazovanja i nauke Federacije Bosne i Hercegovine, te im se ovim putem iskreno zahvaljujemo. Autori se, također, zahvaljuju i uposlenicima ŠGD "Hercegbosanske šume", ŠPD "Unsko-sanske šume", JP "ŠPD ZDK" te Šumarstva "Prenj" na nesebičnoj pomoći prilikom mjerenja stabala i drvnih sortimenata te prikupljanja potrebnih podataka.

REFERENCES – Literatura

- Altherr, E. (1960). Die Genauigkeit verschiedener Verfahren der Sektionierung in absoluten und relativen Schaftlängen. *AFJZ*, 226–237.
- Banković, S., & Pantić, D. (2006). Dendrometrija. Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu.
- EN 1309-2. (2006). Round and sawn timber – Method of measurement of dimensions – Part 2: Round timber – Requirements for measurement and volume calculation rules.
- Dvořák, J., Löwe, R., Natov, P., Jankovský, M., & Sedmíková, M. (2020). Unrecorded volume of Norway spruce timber in cut-to-length harvesting. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 35(7), 383–393. <https://doi.org/10.1080/002827581.2020.1815829>
- Đuka, A., Sertić, M., Pentek, T., Papa, I., Janeš, D., & Poršin-sky, T. (2020). Round wood waste and losses – Is rationalisation in scaling possible? *Croatian Journal of Forest Engineering*, 41(2), 287–298. <https://doi.org/10.5552/crojfe.2020.770>
- Fonseca, M.A. (2005). The measurement of roundwood: Methodologies and conversion ratios. CABI Publishing.
- Gurda, A. (2025). Utjecaj propisanog načina premjera i obračuna zapremine na privlačenje tehničkog oblog drveta (Završni rad). Univerzitet u Sarajevu – Šumarski fakultet.
- Janák, K. (2007). Differences in round wood measurements using electronic 2D and 3D systems and standard manual method. *Drvna industrija*, 58(3), 127–133. <https://hrcak.srce.hr/17494>
- Jugoslovenski standard sa obaveznom primenom: JUS D.BO.022. (1984). Razvrstavanje i merenje neobrađenog i obrađenog drveta. Službeni list SFRJ, br. 62/84.
- Lojo, A., Musić, J., Balić, B., Avdagić, A., Halilović, V., Ibrahimspahić, A., & Knežević, J. (2019). Debljina i udio kore u zapremini oblog drveta jele (*Abies alba* Mill.). *Naše šume*, 54–55, 5–18.
- Krpan, A. P. B. (1986). Bark of the beech from the standpoint of forest exploitation. In *Miscellanea of Colloquy about the Beech – The Conference of the Assistants Section* (pp. 77–88). Forestry Faculty of the University of Zagreb.

- Lipoglavšek, M. (1996). Kakovost gozdnih lesnih proizvodov. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 51, 59–65.
- Mihajlov, I. (1983). Obujam. In Šumarska enciklopedija (Vol. 2, pp. 527–540). JLZ “Miroslav Krleža”.
- Miklašēvičs, Z. (2013). Harmonization of piece-by-piece measurement methods of roundwood approved by Latvian standards LVS 82:2003 “Apājo kokmateriālu uzmērišana”. In Environment. Technology. Resources: Proceedings of the 9th International Scientific and Practical Conference (pp. 154–162). <https://doi.org/10.17770/etr2013vol1.818>
- Musić, J., Lojo, A., Balić, B., Ibrahimspahić, A., Avdagić, A., Knežević, J., & Halilović, V. (2019). Modelling bark thickness of Norway spruce (*Picea abies* Karst.). South-East European Forestry (SEEFOR), 10(2), 125–136. <https://doi.org/10.15177/seefor.19-17>
- Patterson, D.W., Wiant, H.V. Jr. & Wood, G. B. Jr. (1993). Comparison of the centroid method and taper systems for estimating tree volumes. Northern Journal of Applied Forestry, 10(1), 8–9. <https://doi.org/10.1093/njaf/10.1.8>
- Pavlič, J. (1973). Istraživanje zavisnosti procentualnog učešća sortimenata smrče od debljine, visina i kvaliteta stabla. Radovi Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo u Sarajevu, 17(1–3), 1–69. <https://doi.org/10.54652/rsf.1972.v20.i1-3.467>
- Poršinsky, T., & Vujeva, J. (2007). Gubici obujma izrađene smrekove oblovine zbog propisanoga načina izmjere. Nova mehanizacija šumarstva, 28, 37–47. <https://hrcak.srce.hr/21172>
- Poršinsky, T., Đuka, A., & Busić, O. (2014). Utjecaj propisnosti mjerenja oblovine na transport drva. Nova mehanizacija šumarstva, 35, 1–9. <https://hrcak.srce.hr/121850>
- Prolić, N. (1975). Sortimentne tablice na bazi ukupne drvne mase i krupnog drveta – jela. In Tablice taksoničkih elemenata visokih i izdahačkih šuma u SR Bosni i Hercegovini (pp. 152–159). Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu. <https://doi.org/10.54652/rsf.1980.v1.i13.271>
- Rebula, E. (1983). Mjerenje sortimenata u uvjetima dorade na centralnim mehaniziranim skladištima. Šumarski list, 107(3–4), 225–232.
- Rebula, E. (1994). Nesigurnost određivanja obujma oblovine četinjača te prijedlog novoga mjernog postupka. Mehanizacija šumarstva, 19(2), 87–110.
- Schopfer, W. (1982). Rundholzvermessung in Wandel – Entwicklungstendenzen bei der Vermessung von Massensortimenten. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 121–131.
- Turk, Z., & Lipoglavšek, M. (1972). Volumni in težinski delež lubja glede na premer deblovine jelke, smreke in bukve na nekaterih območjih Slovenije. Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo, Ljubljana.
- Vukmirović, V. (1971). Istraživanje učešća sortimenata bukve u čistim i mješovitim bukovim sastojinama u Bosni – sortimentne tablice. Radovi Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo u Sarajevu, 14(4–6), 33–66. <https://doi.org/10.54652/rsf.1969.v17.i4-6>

SUMMARY

In the timber trade within the forestry sector of Bosnia and Herzegovina, roundwood is dispatched and marketed in accordance with the provisions of the standard JUS D.B0.022:1984, which defines the classification and measurement of both unprocessed and processed wood. According to this standard, logs are measured individually by diameter and length. The diameter is measured, as a rule, without bark, at the mid-length of the log in two perpendicular directions (maximum and minimum), and rounded down to the nearest whole centimeter. The arithmetic mean of these two measurements, also rounded down to the nearest centimeter, is used for volume calculation. If the diameter is measured with bark, bark thickness is deducted. The length is measured along the shortest axis of the log and rounded down to the nearest decimeter, excluding the so-called “overmeasure” (allowance), which for conifers amounts to 1–2 cm per meter. The volume of roundwood is determined using Huber’s formula (mid-diameter formula), which is the most commonly used method worldwide due to its simplicity and practicality. However, the accuracy of the calculated volume is of greater importance. Numerous comparative studies on the accuracy of various formulae have demonstrated that Huber’s formula tends to produce negative estimation errors, whereas Riecke’s formula yields the smallest percentage error in estimating roundwood volume. Therefore, in this study, Riecke’s formula was assumed to be the most accurate for determining log volume, and it was used to calculate the gross volume of roundwood as a reference value for assessing the volume losses of spruce and fir logs resulting from: a) the prescribed Huber’s formula, b) the prescribed method of diameter measurement, c) the prescribed method of length measurement, and d) the deduction of double bark thickness. A total of 1,036 logs were measured (391 spruce and 634 fir). The Mann–Whitney (Wilcoxon) test confirmed statistically significant differences between spruce and fir in terms of volume losses caused by the use of Huber’s formula and the deduction of bark thickness, whereas no significant differences were found for losses resulting from the prescribed measurement methods (diameter and length). As volume estimation errors are not uniform across diameter classes, results were presented in 5-cm diameter intervals. For all examined sources of volume loss except the application of Huber’s formula, a clear dependence on the diameter class was observed, with volume losses decreasing as diameter increased. The highest percentage of volume loss for both spruce and fir logs occurred due to the deduction of double bark thickness (ranging from 9.1% to 6.4% for spruce and 10.7% to 7.7% for fir). This was followed by losses arising from the prescribed method of diameter measurement (from 7.3% to 1.7%), the prescribed volume calculation formula (from 5.3% to 1.5% for spruce and 3.7% to 1.1% for fir), and finally, the prescribed method of length measurement (from 3.1% to 2.1%).

Regression analysis indicated that the errors in volume estimation using Huber’s formula, besides being influenced by diameter, are also strongly dependent on log length and taper, i.e., the reduction in diameter along the log. The results show that as log length and taper increase, so does the estimation error for both analyzed species. These findings provide a scientifically grounded basis for revising certain parts of the existing standard or for developing a new standard regulating the measurement of dimensions and the determination of roundwood volume. Furthermore, there is an urgent need for additional research focusing on larger diameter classes of roundwood.

Received: November 19, 2025; **Accepted:** December 1, 2025; **Published:** December 31, 2025

Funding: The research was funded by the Ministry of Education and Science of the Federation of Bosnia and Herzegovina. FMNO

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.



© 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).