

Occurrence and share of the false heartwood in beech (*Fagus silvatica* L.) trees and technical roundwood

Pojava i udio lažne srži kod stabala i tehničke oblovine bukve (*Fagus silvatica* L.)

Jusuf Musić^{1*}, Jasmin Avdibegović², Jelena Knežević¹, Velid Halilović¹, Ehlimana Pamić¹, Vildan Hajić³, Admir Avdagić¹

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

2 JP "Šume Tuzlanskog kantona" d.d. Kladanj

3 ŠPD "Srednjobosanske šume" d.o.o. Donji Vakuf

ABSTRACT

This study investigated the occurrence and proportion of false heartwood in beech trees and technical roundwood in relation to diameter at breast height (DBH) and tree age. The research was conducted in four forest compartments dominated by beech, and the sample comprised 300 trees representing a wide range of diameter and age classes. Following tree felling and the production of forest wood assortments, the volume of each assortment was determined using Huber's formula, whereas the volume of false heartwood was calculated according to Smalian's formula. Regression analysis revealed that both DBH and tree age had a statistically significant effect (95% confidence level) on the occurrence of false heartwood and its average proportion in the volume of technical roundwood. False heartwood was found in all trees with a DBH exceeding 50 cm and/or an age greater than 110 years. The occurrence of false heartwood among some relatively young trees at certain sites was primarily associated with mechanical damage and the applied forest management practices. The average proportion of false heartwood in the volume of technical roundwood was 9.36%, ranging from 1.20% in the 10-15 cm diameter class to 17.76% in the 60-65 cm diameter class, where its occurrence was the highest. In addition, the analysis also revealed the occurrence of a double culmination of the observed variable. Knowledge of the occurrence and extent of false heartwood in beech can significantly improve the content and quality of forest management planning by enabling more accurate predictions of the assortment structure of forest wood products obtained from tree felling.

Key words: beech, false heartwood, technical roundwood.

INTRODUCTION AND SCOPE OF RESEARCH – Uvod i problematika istraživanja

Evropskoj bukvi (*Fagus silvatica* L.) pripada veoma važno mjesto u vegetaciji Evrope. U svom prirodnom arealu

bukva zauzima površinu između 17 i 20 miliona hektara (Paule 1996) i predstavlja privredno jednu od najznačajnijih lišćarskih vrsta. Na osnovu podataka provedene Druge nacionalne inventure šuma u BiH, ukupna površina dostupnih šuma gdje je zastupljena bukva iznosi 984.700 ha, sa oko 183.925.200 m³ zalihe (Lojo i dr.

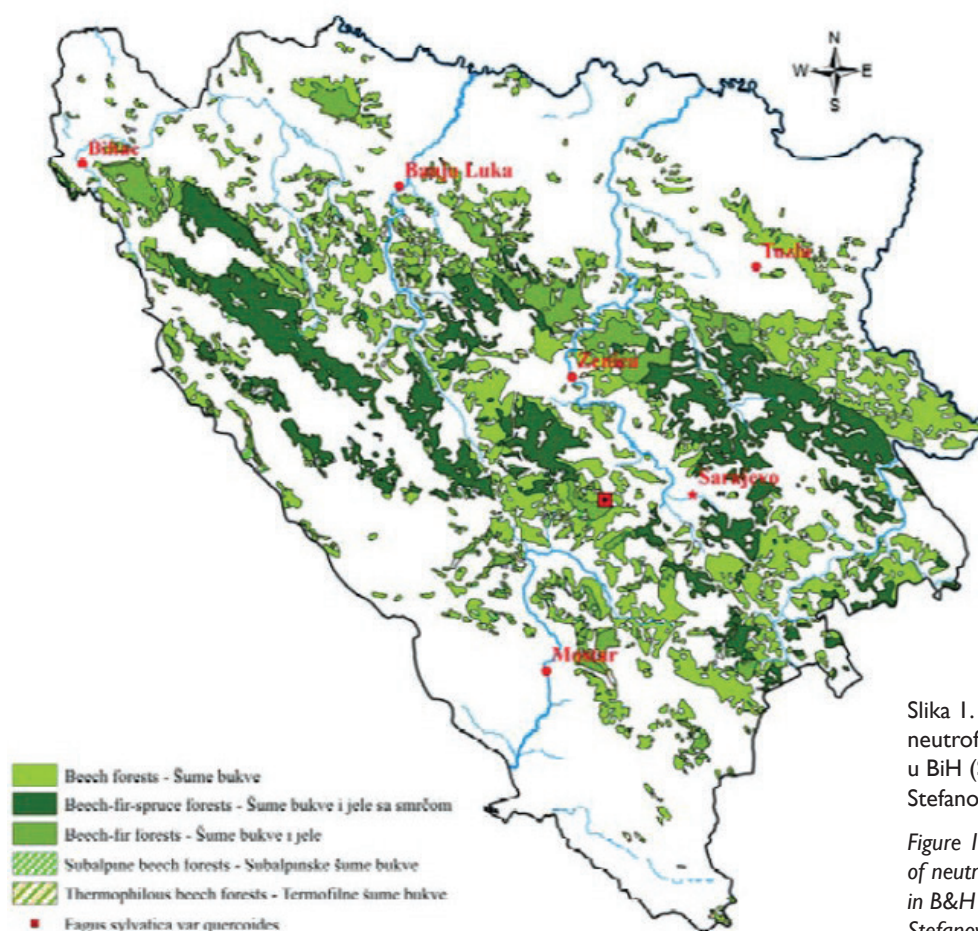
* Coresponding author: Jusuf Musić, j.music@sfsa.unsa.ba, University of Sarajevo – Faculty of Forestry

2011). To iznosi 41% od ukupne površine i 40,4% od ukupne zalihe svih dostupnih šuma u BiH, što je čini našom gospodarski najvažnijom vrstom. Bukva pokazuje jako dobru horizontalnu i vertikalnu raslojenost (Beus 1984), pa se javlja od najnižih šumskih pojava, gdje je u asocijaciji s hrastom lužnjakom i kitnjakom (*Fagetum submontanum*), potom raste u brdskom pojasu gdje čini čiste sastojine (*Fagetum montanum*) te u najvažnijem gorskom pojasu, gdje u zajednici s običnom jelom ili sa jelom i smrčom čini najznačajniju šumsku zajednicu bukovo-jelovih šuma (*Abieti fagetum*). Rasprostranjenost šuma u kojima je zastupljena bukva u BiH prikazana je na slici 1.

Što se tiče mehaničkih svojstava gustoća drveta bukve je srednja do visoka. Vrlo je čvrsto (na pritisak, zatezanje, savijanje) i tvrdo drvo, ali se kod sušenja jako uteže (niska dimenzijska stabilnost) i sklono je pucanju tijekom sušenja (Pramreiter i Grabner 2023). Vrlo je velikog elasticiteta i velike snage ogrijevanja. Otporna je na habanje, ali je osjetljiva na gljivične napade. Suši se teško i sporo, dobro se obrađuje, polira i tokari, a parena se lako savija. Upotreba bukovog drveta je izuzetno široka. Koristi se za proizvodnju različitog namještaja (kućanskog, kancelarijskog, školskog), izradu ljuštenih furnira,

željezničkih pragova, raznih vrsta drvnih ploča, parketa, paleta, drvene galanterije, za fabričaku celuloze (fagoceluloza), drvenog uglja itd. Trenutni istraživački napori bave se različitim inženjerskim drvnim proizvodima poput lijepljenog lameliranog drveta (BSH), križno lameliranog drveta (CLT) i lameliranog furnira (LVL), a od posebnog su interesa tehnologije lijepljenja i poboljšanje dimenzijske stabilnosti (Pramreiter i Grabner 2023). Sa oko 250 poznatih načina upotrebe drveta, bukva je, u tom pogledu, najdiverzibilnija lišćarska vrsta u Evropi (Lojo i dr. 2021).

Kod mnogih vrsta drveta postoji razlika u boji između centralnog dijela debla i perifernog plašta. Centralni (tamniji) dio naziva se srž, a periferni (svjetliji) dio bjeljika. Fiziološke promjene koje se dešavaju prilikom prelaska bjeljike u srž nazivaju se procesom osržavanja. Pored normalne ili prave srži razlikujemo pojmove ozljedne i lažne srži. Ozljedna srž nastaje iz patoloških razloga kod jedričavih vrsta prije vremena normalnog osržavanja. Naime, žive ćelije biljke uginu, a na drvo na tom mjestu potamni i poprimi boju normalne srži. Lažna ili nepravna srž razvija se u mnogim bakuljavim vrstama drveća. Takva srž je sivkastozielena, smeđa ili crvenkastosmeđa, a po položaju u deblu odgovara srži



Slika 1. Karta realne šumske vegetacije neutrofilnih i acidofilnih šuma bukve u BiH (Selimović i Vojniković, prema Stefanović i dr. 1983)

Figure 1. The map of real forest vegetation of neutrophilic and acidophilic beech forest in B&H (Selimović and Vojniković, according Stefanović et al. 1983)

jedričavih vrsta, odnosno zauzima centralni dio debla. S aspekta novijih fizioloških istraživanja smatra se da osržavanje drveta nije ograničeno samo na jedričave vrste, već je općenita pojava starenja kod svih vrsta. Termin jedričavo i bakuljavo drvo odnosi se samo na razlike u boji bjeljike i srži u morfološkom smislu, te se uvijek ne podudara s fiziološkim značenjem srži (Karahasanović 1988). Prema tome, jedričave vrste drveća mogu biti obligatorne ili fakultativne. Sržne tvari obligatornih jedričavih vrsta ugrađene su pretežno u zidove ćelija, a proces osržavanja zahvaća podjednako sve elemente građe drveta. U fiziološkom i morfološkom smislu obligatorno osržavanje je stalna i markantna pojava u starenju stabla, koja se zbiva vrlo pravilno (*Larix*, *Quercus*, *Morus*). Pravilnost obligatornog osržavanja ogleda se u vremenu početka osržavanja, te u rasporedu i omjeru srži i bjeljike u stablu. Fakultativnim osržavanjem sržne tvari akumuliraju se pretežno u lumenima ćelija parenhima, a u zidove ćelija prodiru nejednoliko i slabo. Fakultativno osržavanje u fiziološkom smislu nije stalna karakteristika vrste, a vrijeme početka osržavanja vrlo je promjenljivo. U morfološkom smislu ono je nepravilno s obzirom na intenzitet boje srži i raspored srži i bjeljike u stablu (*Fraxinus*, *Fagus*, *Corylus*, *Betula*, *Acer*). Obična ili evropska bukva (*Fagus silvatica* L.) pripada bakuljavim vrstama koje starenjem fakultativno ili uvijek stvaraju obojenu srž nepravilnog oblika (Gurda i Musić 2015).

Lažna bukova srž predstavlja obilježje kvaliteta drveta koje izaziva stručni i naučni interes već više od 100 godina (Krpan i dr. 2006). Pa ipak, brojne teorije i tumačenja njenog nastanka i danas su hipotetske (Prka i dr. 2009). Ranije se smatralo da je lažna srž reakcija ćelija drveta na napad gljiva (Tusson 1905 prema Glavašu 2003). Poslije je utvrđeno da primarni uzrok njenog nastanka nije biotski već abiotski faktor (Zycha 1948). Prema ovoj teoriji, primarno se ne radi o djelovanju gljiva, odnosno o reakciji drveta na napade gljiva, već o reakciji živog drveta na prodor kisika kroz sva otvorena mjesta kod određenog kritičnog sadržaja vode u pojedinim dijelovima drveta. Tile se obrazuju kada sadržaj vode padne ispod 60% i to je tzv. "kritični sadržaj vode". Zycha (1948) tvrdi da i samo osržavanje, a ne samo promjena boje, nastupa uslijed prodora kisika u drvo. Napad gljiva, prema ovom autoru, sekundaran je i ne mora uslijediti u svim slučajevima. Kišpatić (1955) potvrđuje ovu teoriju i također smatra da je kisik iz zraka primaran uzrok crvenila i nepravog srca, a ne, kako se do tada općenito smatralo, reakcija drveta na prodor gljiva. Zrak, koji je prodor kroz oštećenja na drvetu na ćelije drveta djeluje kao otrov, a ćelije se brane osržavanjem i proizvodnjom tila što za posljedicu ima stvaranje lažne srži (Glavaš 2003). Materije koje nastaju u ćelijama

i daju im boju ne ulaze u sastav ćelijskog zida već su uz njega prilegnute, što čini osnovnu razliku između prave i neprave srži (Glavaš 1999).

Torelli (1984) navodi da je lažna bukova srž uzrokovana djelovanjem okoliša, pri čemu su svi faktori koji izazivaju smanjenje sadržaja vode u središnjem dijelu debla odgovorni za njezin nastanak. U dobi od 80 do 90 godina života bukovih stabala (što ovisi o uslovima rasta) dolazi do određenog narušavanja fiziološke ravnoteže (Prka 2003). U toj dobi lisna površina i korijenov sistem bukovih stabala više se ne povećavaju, iako stabla i dalje debljinski prirašćuju. To dovodi do narušavanja ravnoteže vodnog režima unutar stabla te središnji dio debla dehidrira i taj proces je, fiziološki gledano, sličan genetski uvjetovanom osržavanju. Bilo kakva mehanička oštećenja stabala s dehidriranim središnjim dijelom dovode do prodora kisika u stablo, čime započinje enzimatski proces stvaranja tila (Prka 2003). Između stabala sa vanjskim obilježjima, kao što su mrazopuc, široke i duboke povrede kambija, trule grane, sušenje krošnje i stabala bez navedenih obilježja utvrđena je signifikantna razlika u veličini lažne srži (Krempl i Mark 1962).

Udio lažne srži u tehničkoj oblovinu bukve ima odgovarajući uticaj i na kvalitet bukovih trupaca. Ona u manjoj mjeri smanjuje mehanička svojstva drveta, ali su promjene estetskih svojstava izrazite (Karahasanović 1988). Osim toga, drvo lažne srži se teže impregnira i manje je savitljivo nego neosrženo drvo. Može se konstatovati da lažna srž bukve generalno karakteriše mala trajnost i otežana impregnacija, što je veoma bitna karakteristika kod vanjske upotrebe. Ipak, u novije vrijeme neki od prerađivača počinju da traže zdravu lažnu srž da bi iskoristili njenu dekorativnu osobinu. Crvenkasto-smeđa srž postaje popularan materijal u kreativnim projektima. Ona daje bukvi prekrasnu prirodnu boju i otkriva izuzetne estetske vrijednosti. Prema aktuelnim stilskim trendovima bukva sa crvenom srži prodaje se pod nazivima kao što su "prirodna bukva", "eko-bukva" i sl., pružajući nadu šumarskoj industriji za većim vrijednovanjem bukve sa crvenom srži (Hansmann i dr. 2009). Općenito, posljednjih godina raste potražnja za obojenom srži, ne samo bukve već i drugih vrsta, kao npr. jasen (Wagemann 2006). Ipak, lažna srž bukve još uvijek značajno smanjuje kvalitet bukovih trupaca, odnosno uzrokuje finansijske gubitke za šumarska preduzeća. Njena prisutnost može dovesti do smanjenja 40% - 50% prihoda koji dolaze od vrednovanja bukovog oblog drveta, bez obzira na sistem razvrstavanja (Câmpu 2010), odnosno 0,76 – 28,04 €/m³ u zavisnosti od starosti stabala i forme lažne srži (Trenčiansky i dr. 2017). Sa stanovišta iskorištavanja šuma i spoznaja o sortimentnoj

strukturi bukovih sastojina, razumljiv je interes za nastanak i razvoj lažne srži, a prije svega njenog učešća u zapremini tehničke oblovine bukovih stabala. Otuda i glavni motiv za ovo istraživanje čiji je cilj utvrđivanje učestalosti pojave lažne srži bukve i njenog udjela u zapremini tehničke oblovine.

STUDY AREA – Područje istraživanja

Prije početka terenskih radova i prikupljanja podataka, bilo je neophodno izvršiti izbor odgovarajućih sastojina u kojima će se snimati i evidentirati neophodni podaci. Izbor lokaliteta izvršen je po sljedećim kriterijima:

- odabrati sastojine bukve u kojima će biti izvršena sječa u narednom periodu,
- odabrati odjeljenja na kojima je doznačen dovoljan broj stabala - zadovoljavajuća veličina uzorka,
- odabrati šumska odjeljenja sa učešćem bukve preko 50%,

- odabrati šumska odjeljenja u kojima će se primijeniti isti sistem iskorištavanja šuma - sortimentni.

Za potrebe predmetnih istraživanja odabrana su četiri šumska odjeljenja (slike 2 i 3) koja se nalaze na području tri kantona Federacije BiH (Kanton Sarajevo, Tuzlanski kanton i Srednjobosanski kanton). Osnovni podaci o lokalitetima istraživanja prikazani su u tabeli 1.

Sva odabrana šumska odjeljenja zadovoljavaju sa veličinom uzorka od po 60 i više doznačenih stabala bukve. Također, omjer smjese je zadovoljavajući uz učešće bukve preko 50%. Doznačena stabla u odabranim odjeljenjima pripadaju različitim bonitetnim razredima (II i III). Četvrti kriterij ostvaren je primjenom sortimentne metode pri sječi i izradi drveta na svim lokalitetima istraživanja. To podrazumijeva izradu tehničke oblovine, višemetarskog industrijskog drveta i drveta za ogrjev u sječini kod panja

Tabela 1. Podaci o lokalitetima istraživanja

Table 1. Characteristics of the research sites

Šumsko odjeljenje <i>Forest compartment</i>	107	47	36	71
Gospodarska jedinica <i>Management unit</i>	Gostelja	Srednja Drinjača	Goleš Radalje	Mehina Luka
Gazdinska klasa <i>Management class</i>	II 150 Sekundarne visoke šume bukve (čiste ili sa drugim lišćarima) na dubokim kiselosmeđim i/ili ilimerizovanim zemljištima na silikatnim i/ili silikatno-karbonatnim substratima	II 233 Šume bukve i jele sa smrčom na dubokim zemljištima na bazičnim eruptivima i različiti derivati ovih šuma	II 108 Sekundarne visoke šume bukve (čiste i sa drugim lišćarima) na pretežno plitkim zemljištima na krečnjacima i/ili dolomitima	II 103 Sekundarne šume bukve u pojasu šuma bukve i jele na kiselim smeđim zemljištima na silikatnim supstratima
Ekspozicija <i>Terrain aspect</i>	južna	južna	sjeverna	sjeverna
Bonitet bukve <i>Site index of beech</i>	II	III	III	III
Površina (ha) <i>Area (ha)</i>	55,2	82,6	79,4	64,5
Nadmorska visina (m) <i>Elevation (m)</i>	320 - 700	750 – 1.150	700 – 1.200	1.050 – 1.1130
Nagib (%) <i>Slope (%)</i>	15	15	25	35



Slika 2. Sastojine bukve u šumskim odjeljenjima 107 (lijevo) i 47 (desno)

Figure 2. Beech stands in forest compartments 107 (left) and 47 (right)

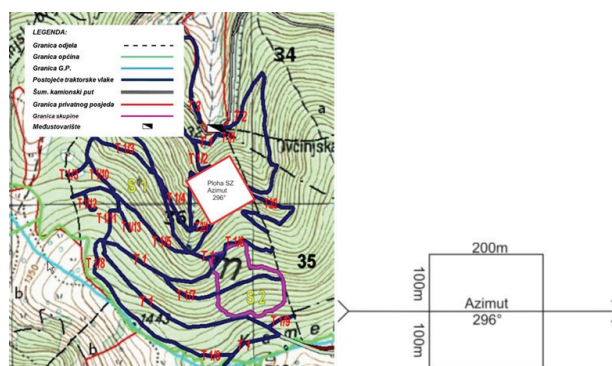


Slika 3. Sastojine bukve u šumskim odjeljenjima 36 (lijevo) i 71 (desno)

Figure 3. Beech stands in forest compartments 36 (left) and 71 (right)

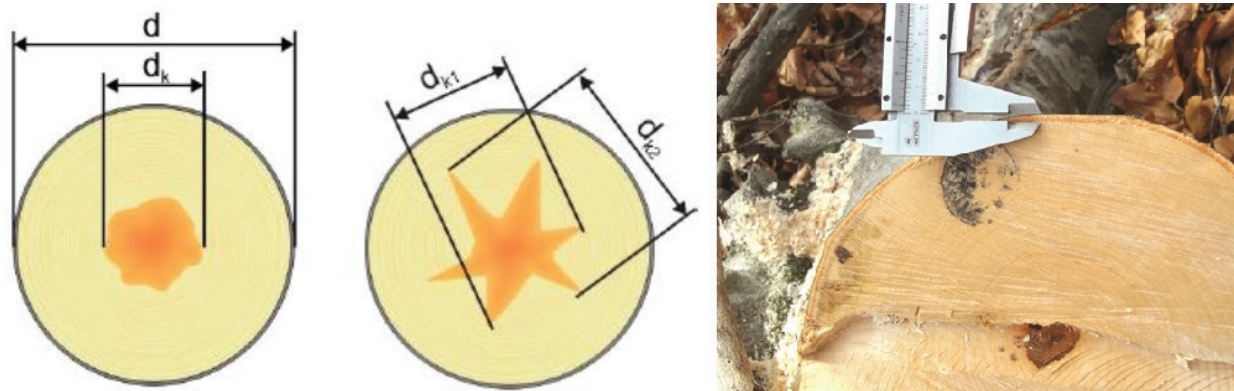
METHODS OF RESEARCH – Metode istraživanja

Primjerna (modelna) stabla odabrana su iz doznačenih stabala na plohama koje su postavljene polaganjem dvije međusobno okomite linije po azimutu 296° (odjeljenja 36 i 71) te 76° (odjeljenja 107 i 47), širine 100 m na jednu i na drugu stranu te dužine 200 m (slika 4). Sva stabla uzorka označena su na terenu brojevima kako bi se omogućilo njihovo praćenje tokom cijelog istraživanja.



Slika 4. Postavljenje ploha u šumskom odjeljenju 36

Figure 4. Layout of plots in forest compartment 36



Slika 5. Metod mjerenja lažnog srca (Vusić 2012) i premjer debljine kore

Figure 5. Method of measurement of false heartwood (Vusić 2012) and measurement of bark thickness

Na označenim modelnim stabalima izvršena su sljedeća mjerenja:

- Svakom stablu iz uzorka izmjerena su dva unakrsna prsna prečnika, visina stabla i dužina debla u skladu sa važećim standardima (JUS 1969, JUS 1984)
- Nakon sječe stabala i krojenja debla izmjerene su dužine i prečnici izrađenih sortimenata (na tanjem i debljem kraju te sredini) radi utvrđivanja njihove zapremine, kao i prečnici lažne srži u cilju računanja njenog učešća u zapremini izrađenih sortimenata (slike 5 i 6).
- Odbijanjem dvostruke debljine kore dobiveni su prečnici koji su korišteni za obračun zapremine svakog pojedinog komada tehničke oblovinne Huberovom formulom. Za obračun zapremine lažne srži korištena je Smalianova formula. Ova formula, poznata je kao formula dvaju krajnjih presjeka, a pomoću nje se tačno može odrediti zapremina krnjeg paraboloida (Pranjić i Lukić 1997). Debljina kore nije odbijana po osnovu uobičajenih veličina u šumarskoj praksi BiH, nego je vršen premjer debljine kore na terenu (slika 5).



Slika 6. Izrađeni drveni sortimeni bukve (Avdibegović 2014)

Figure 6. Processed assortments of beech (Avdibegović 2014)

Određivanje zapremine lažne srži je napravljeno s određenim pojednostavljenjima koja su uvjetovana samim postupkom sječe i izrade drvnih sortimenata. Za preciznije određivanje zapremine lažne srži u svakom komadu tehničke oblovinne, bilo bi nužno više prereza ili uzdužno rezanje svakog trupca, što iz razumljivih razloga nismo mogli učiniti. Svjesni smo da je zapremina lažne srži unutar pojedinih komada sortimenata neprecizna kod trupaca u kojima se ona pojavila samo na jednom prerezu (čelu). Ipak, s obzirom da se isti način procjenjivanja udjela lažne srži primjenjuje pri razvrstavanju drvnih sortimenata u kvalitetne klase

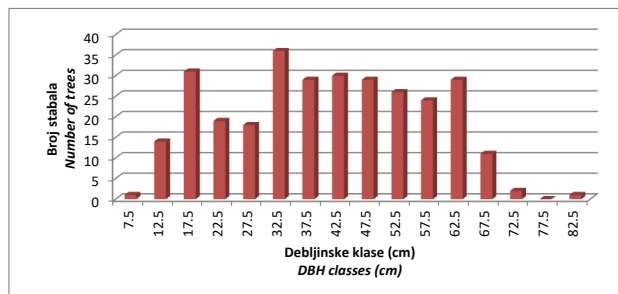
prilikom njihove klasifikacije i prodaje (JUS 1969), smatramo ovu procjenu dovoljno tačnom.

d) Starost reprezentativnih stabala bukve utvrdila se brojanjem godova na panju.

Za potrebe evidentiranja svih opisanih taksacionih elementa kreiran je poseban manual. Prikupljeni podaci su grupisani u tabele, a zatim obrađeni u softverima MS Office Excel LTSC i Statistica 8.

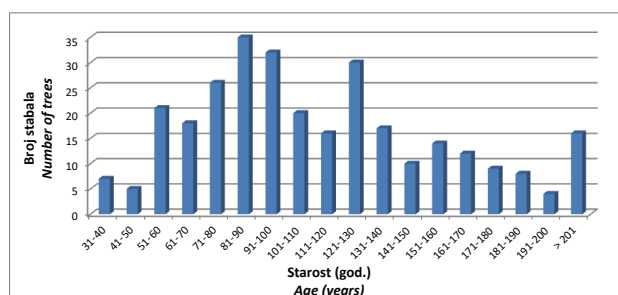
RESULTS AND DISCUSSION – Rezultati i diskusija

Uzorak istraživanja sačinjavalo je ukupno 300 stabala. Struktura stabala uzorka po lokalitetima i debljinskim klasama širine 5 cm prikazana je u tabeli 2, dok je na grafikonu 1 prikazana distribucija svih stabala uzorka po definisanim debljinskim klasama. S obzirom da je prilikom prikupljanja podataka evidentirana i starost stabala, na grafikonu 2 prikazana je distribucija stabala uzorka po klasama starosti od 10 godina.



Grafikon 1. Distribucija stabala uzorka po debljinskim klasama

Graph 1. Distribution of sample trees by thickness classes



Grafikon 2. Distribucija stabala uzorka po klasama starosti

Graph 2. Distribution of sample trees by age classes

Tabela 2. Struktura uzorka po lokalitetima i debljinskim klasama

Table 2. Sample structure by locality and DBH classes

Šumsko odjeljenje 36 Forest compartment 36		Šumsko odjeljenje 107 Forest compartment 107		Šumsko odjeljenje 47 Forest compartment 47		Šumsko odjeljenje 71 Forest compartment 71	
Debljinska klasa (cm) DBH class (cm)	Broj stabala Number of trees	Debljinska klasa (cm) DBH class (cm)	Broj stabala Number of trees	Debljinska klasa (cm) DBH class (cm)	Broj stabala Number of trees	Debljinska klasa (cm) DBH class (cm)	Broj stabala Number of trees
7,5	1	7,5	0	7,5	0	7,5	0
12,5	1	12,5	1	12,5	4	12,5	8
17,5	7	17,5	6	17,5	6	17,5	12
22,5	5	22,5	4	22,5	3	22,5	7
27,5	4	27,5	4	27,5	3	27,5	7
32,5	12	32,5	2	32,5	5	32,5	17
37,5	10	37,5	8	37,5	5	37,5	6
42,5	15	42,5	11	42,5	4	42,5	0
47,5	11	47,5	10	47,5	5	47,5	3
52,5	14	52,5	7	52,5	5		
57,5	16	57,5	5	57,5	3		
62,5	10	62,5	2	62,5	17		
67,5	11						
72,5	2						
77,5	0						
82,5	1						
Suma Total	120		60		60		60

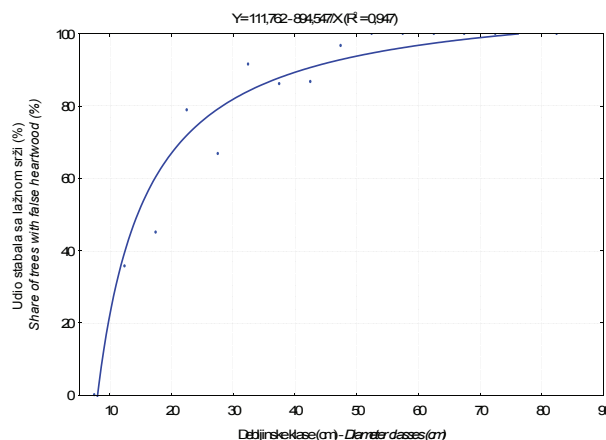
Kao što se vidi na osnovu prikazane tabele 2 i grafikona 1 i 2 u uzorku su zastupljena stabla skoro svih debljinskih i starosnih klasa. Ipak, najzastupljenija su stabla debljine 25-65 cm koja čine skoro 75% uzorka, te stabla starosti 71-170 god. koja u uzorku participiraju sa 70%.

UDIO STABALA S LAŽNOM SRŽI – Share of trees with false heartwood

Na uzorku od 300 stabala lažna srž evidentirana je kod 251 stabla ili oko 84%. Podaci o broju stabala sa lažnom srži i njenim prosječnim procentualnim učešćem (%) u zapremini tehničke oblovinе u zavisnosti od prečnika stabala prikazani su u tabeli 3.

Provedenom regresionom analizom utvrđeno je da se utjecaj prsnog prečnika stabla (debljinska klasa) na procentualni udio stabala sa lažnom srži ispoljio i da je statistički značajan pri vjerovatnoći 95% (tabele 4 i 5).

Zavisnost procentualnog učešća stabala sa lažnom srži od prsnog prečnika stabala (debljinske klase) prikazana je na grafikonu 3.



Grafikon 3. Procentualno učešće stabala sa lažnom srži u zavisnosti od debljinske klase

Graph 3. The share of trees with false heartwood depending of the diameter classes

Tabela 3. Lažna srž u zavisnosti od prečnika stabala

Table 3. False heartwood depending of diameter of trees

Debljinska klasa (cm) DBH class (cm)	Broj stabala Number of trees	Broj stabala sa lažnom srži Number of trees with false heartwood	Učešće stabala sa lažnom srži (%) Share of trees with false heartwood (%)	Prosječni udio lažne srži u zapremini tehničke oblovinе (%) Average share of false heartwood in volume of technical roundwood (%)
7,5	1	0	0,00	0,00
12,5	14	5	35,71	1,20
17,5	31	14	45,16	5,26
22,5	19	15	78,95	7,84
27,5	18	12	66,67	14,93
32,5	36	33	91,67	7,18
37,5	29	25	86,21	5,00
42,5	30	26	86,67	8,26
47,5	29	28	96,55	10,87
52,5	26	26	100,00	12,59
57,5	24	24	100,00	9,94
62,5	29	29	100,00	17,76
67,5	11	11	100,00	14,83
72,5	2	2	100,00	2,03
77,5	-	-	-	-
82,5	1	1	100,00	9,33
Suma Total	300	251	83,67	

Tabela 4. Parametri regresione analize

Table 4. Regression analysis parameters

Parametar Parameter	Veličina Estimate	Standardna greška Standard Error	T - statistički T - statistic	P - vrijednost P - value
Sl. član - <i>Intercept</i>	111,762	2,81304	39,73	0,0000
Debljinska klasa – <i>Diameter class</i>	-894,547	58,3412	-15,333	0,0000

Tabela 5. Analiza varianse

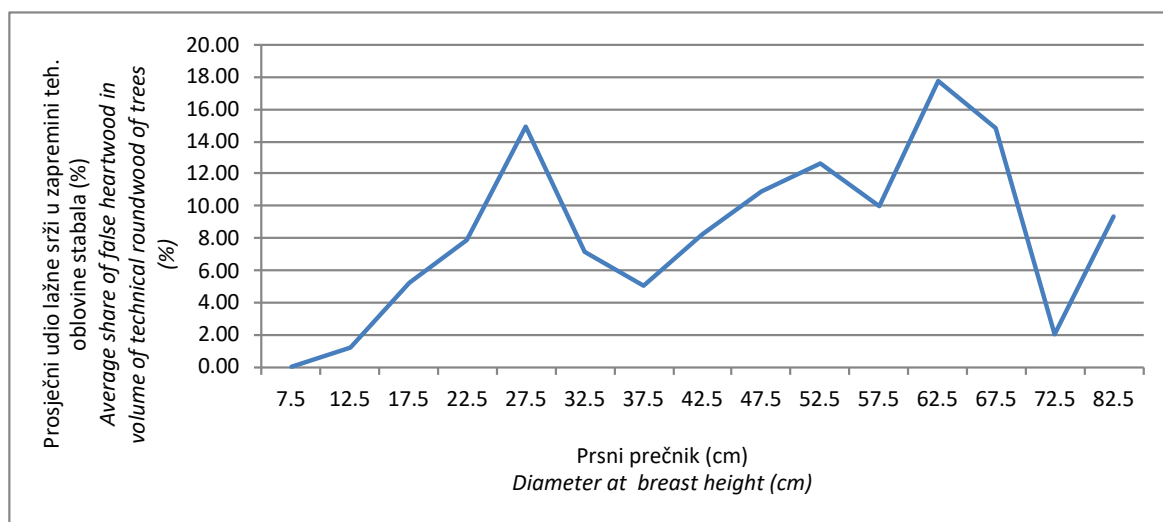
Table 5. Variance analysis

Izvor variranja Source of variability	Varijanca Sum of squares	Stupanj slobode Deg. of freedom	Sredina kvadrata Mean Square	F - odnos F- ratio	p - vrijednost p - value
Model - <i>Model</i>	11974,9	1	11974,9	235,10	0,0000
Rezidual - <i>Residual</i>	662,157	13	50,9352		
Ukupno - <i>Total (Corr.)</i>	12637,1	14			

Vidljivo je sa grafikona da se udio stabala sa lažnom srži povećava sa prsnim prečnikom, te da je na području istraživanja kod svih stabala bukve iznad 50 cm evidentirana njena pojava. Dobiveni rezultati u velikoj mjeri koreliraju sa rezultatima do kojih je u okviru svojih istraživanja došao Prka (2003), s tom razlikom da se lažna srž pojavljivala kod svih stabala iznad 60 cm prsnog prečnika, odnosno kod stabala nešto većeg prečnika.

UDIO LAŽNE SRŽI U ZAPREMINI TEHNIČKE OBLOVINE STABALA – *Share of false heartwood in volume of technical roundwood of trees*

Na osnovu izračunatih zapremina lažne srži i zapremina tehničke oblovine izvršen je obračun prosječnog procentualnog udjela lažne srži u zapremini tehničke oblovine (tabela 2), a radi dobivanja jasnije slike ovi rezultati su prikazani i na grafikonu 4.



Grafikon 4. Prosječni udio lažne srži u zapremini tehničke oblovine u zavisnosti od prsnog prečnika

Graph 4. Average share of false heart in volume of technical roundwood depending of DBH

Tabela 6. Lažna srž u zavisnosti od starosti stabala

Table 6. False heartwood depending of age of trees

Starost stabala (god.) Age of trees (y.)	Broj stabala Number of trees	Broj stabala sa lažnom srži Number of trees with false heartwood	Učešće stabala sa lažnom srži (%) Share of trees with false heartwood (%)	Prosječni udio lažne srži u zapremini tehničke oblovine (%) Average share of false heartwood in volume of technical roundwood (%)
31-40	9	2	22,22	4,75
41-50	8	4	50,00	2,90
51-60	24	10	41,67	4,84
61-70	23	17	73,91	5,18
71-80	28	23	82,14	5,20
81-90	28	24	85,71	10,99
91-100	30	24	80,00	8,42
101-110	17	14	82,35	5,89
111-120	13	13	100,00	16,20
121-130	30	30	100,00	7,92
131-140	17	17	100,00	10,01
141-150	10	10	100,00	10,30
151-160	14	14	100,00	14,06
161-170	12	12	100,00	14,50
171-180	9	9	100,00	9,90
181-190	8	8	100,00	12,19
191-200	4	4	100,00	22,00
> 201	16	16	100,00	20,90
Suma	300	251	83,67	

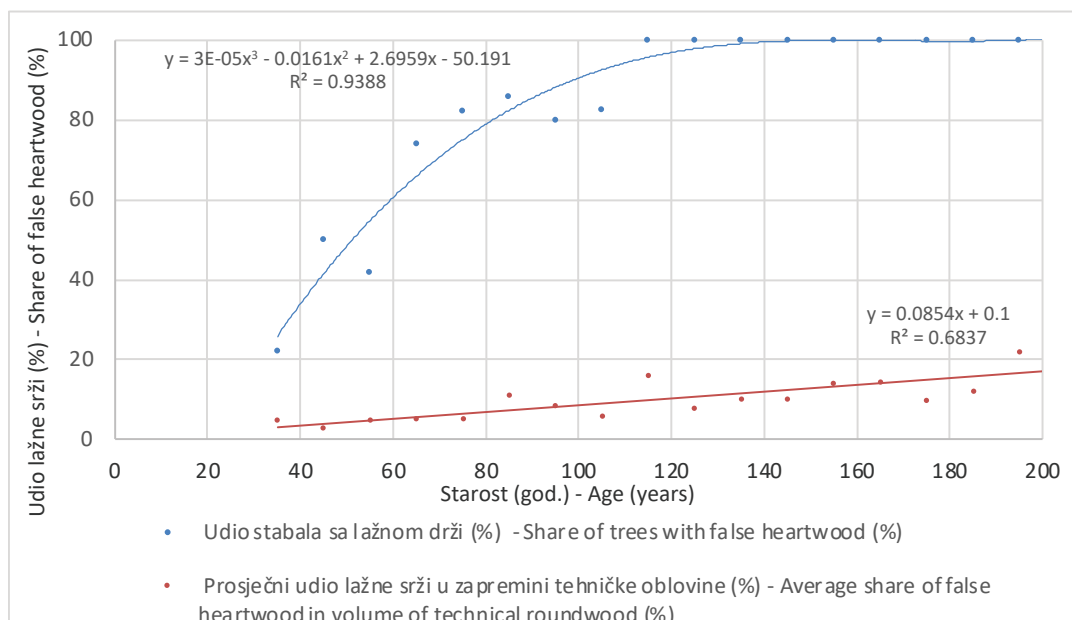
Na osnovu prikazanog grafikona može se konstatovati da je lažna srž procentualno najzastupljenija kod stabala prečnika 60-65 cm (17,76%). Također, vidljivo je da postoji dvostruka kulminacija posmatranog obilježja, jedna u debljinskoj klasi 25-30 cm i druga u debljinskoj klasi 60-65 cm. Do sličnih rezultata došao je i Prka (2003). On je istražujući ovo obilježje u pripremnom sjeku bukovih sastojina konstatovao prvu kulminaciju prosječnog procentualnog udjela lažne srži u zapremini tehničke oblovine u debljinskoj klasi 20-25 (16,6 %), zatim opadanje ove veličine te ponovan rast i najveću vrijednost u debljinskoj klasi 75-80 cm.

LAŽNA SRŽ U ZAVISNOSTI OD STAROSTI STABALA – *False heart depending of age of trees*

Rezultati o broju stabala sa lažnom srži i prosječnim procentualnim udjelom lažne srži u zapremini tehničke oblovine u zavisnosti od starosti prikazani su u tabeli 6.

Zavisnost procentualnog učešća stabala sa lažnom srži i prosječnog udjela lažne srži u zapremini tehničke oblovine od starosti stabala prikazana je na grafikonu 5.

Provedenom regresionom analizom utvrđeno je da se utjecaj starosti stabala na procentualni udio stabala sa lažnom srži te na prosječni udio lažne srži u zapremini tehničke oblovine ispoljio i da je statistički značajan pri vjerovatnoći 95% (za oba obilježja $p < 0,0001$). Sa grafikona 5 je uočljivo da sa povećanjem starosti očekivano raste procentualni udio stabala sa lažnom srži, pri čemu je ona evidentirana kod svih stabala starijih od 110 godina. Ipak, s obzirom da dobiveni rezultati u određenoj mjeri odstupaju od rezultata ranijih istraživanja, neophodno ih je detaljnije diskutovati. Naime, proces stvaranja neprave srži kod bukve najčešće počinje nakon 60-e (Pejoski 1951), odnosno 75-e godine (Vasiljević 1974). Ispod ove dobi sadržaj vode u unutarnjim dijelovima stabla obično je još uvijek visok, a velike mrtve grane koje bi mogle predstavljati otvore za ulazak kisi-



Grafikon 5. Udio stabala sa lažnom srži i prosječni udio lažne srži u zapremini tehničke oblovine u zavisnosti od starosti stabala

Graph 5. Share of trees with false heartwood and average share of false heartwood in volume of technical roundwood depending of age of trees

ka rijetko je javljaju (Zycha 1948). U ovom je istraživanju lažna srž zabilježena kod znatno mlađih stabala. Međutim, potrebno je naglasiti da je ova pojava na mlađim stablima (oko 40 god.) evidentirana samo u šumskom odjeljenju 36 GJ "Goleš Radalje". U ostalim odjeljenjima lažna srž se počela pojavljivati kod starijih stabala (iznad 50-e god. u odjeljenju 71 GJ "Mehina Luka" i odjeljenju 107 GJ "Gostelja", te tek iznad 80-e god. u odjeljenju 47 GJ "Srednja Drinjača"). Generalno se može konstatovati da je pojava lažne srži kod određenog broja relativno mlađih stabala bila vjerovatno uvjetovana mehaničkim oštećenjima na njima (Račko i dr. 2018), što je i bio osnovni razlog njihove doznake za sječu. To sličnih rezultata u svojim istraživanjima došli su Račko i dr. (2018). Osim navedenog, vjerovatno se u određenoj mjeri ispoljio i utjecaj načina gospodarenja. Naime, današnji sastav i struktura bukovih šuma u BiH ne odgovara ni jednom osnovnom uzgojnom obliku visoke uređene šume, a sistem prebornih sječa, koji se najčešće primjenjuje, ne predstavlja prihvatljivo rješenje i ne daje dobre rezultate (Bozalo 1991). Naprotiv, Brinar (1965) prema Vasiljeviću (1974) tvrdi da preborni način gospodarenja bukvom pospješuje stvaranje lažne srži.

Prosječni udio lažne srži u zapremini tehničke oblovine za sva stabla i sve primjerne plohe iznosi 9,36%, pri čemu se linearno povećava sa starošću stabala. Istražujući ovo obilježje kod bukovih stabala i tehničke oblovine području GJ Bjelovarska Bilogora, Prka (2003) je utvrdio procentualno učešće lažne srži u zapremini tehničke oblovine od 1,6% do 17,9% u zavisnosti od vrste

sjeka i starosti stabala, dok su Janković i Prokić (1969) utvrdili učešće lažne srži od 21,5% zapremine debla kod visoke bukove sastojine. Može se zaključiti da dobiveni rezultati u velikoj mjeri koreliraju sa rezultatima navedenih autora koji su istraživali lažnu srž bukve u zemljama okruženja (Hrvatska i Srbija). Poređenja radi, u predmetnim istraživanjima procentualni udio lažne srži kod stabala starosti 70-90 god. iznosi 7,37%; kod stabala starosti 100-110 god. je 9,71%, dok se kod starijih stabala (preko 150 god.) kreće oko 15%.

CONCLUSIONS - Zaključci

Na osnovu dobivenih rezultata, koji su u okviru rada detaljno prikazani i komentarisani, mogu se izdvojiti sljedeći bitniji zaključci:

- Na odabranim lokalitetima istraživanja lažna srž je evidentirana kod svih doznačenih stabala iznad 50 cm prsnog prečnika i/ili 110 godina starosti. Pojava lažne srži kod određenog broja relativno mlađih stabala, na nekim lokalitetima, bila je uvjetovana, prije svega, njihovim vjerovatnim mehaničkim oštećenjima i načinom gospodarenja.
- Procentualni udio lažne srži u zapremini tehničke oblovine doznačenih stabala iznosi 9,36%, a kreće se od 1,20% u debljinskoj klasi 10-15 cm do 17,76% u debljinskoj klasi 60-65 cm, gdje je i najzastupljenija. Analizom je, između ostalog, evidentirana i pojava dvostruke kulminacija posmatranog obilježja.
- Čak i ukoliko raspolažemo sa potpuno tačnim in-

formacijama o učešću lažne srži u bukovim stablima (sastojinama) nemoguće je smanjiti njeno učešće u kratkom vremenskom periodu i ove informacije neće nam pomoći da poboljšamo ekonomske rezultate. Ipak, saznanja o učešću i veličini lažne srži mogu značajno unaprijediti sadržaj i kvalitet planova u šumarstvu (ŠGO, godišnji planovi, izvedbeni projekti) u smislu tačnije procjene asortimana šumskih drvnih proizvoda koji će se dobiti sječom stabala. U kojoj mjeri i na koji način (pozitivno ili negativno) će to uticati na prihod šumarskih preduzeća ovistit će najviše o tržišnim trendovima i spremnosti domaćih prerađivača i potrošača da se u te trendove uključe.

ACKNOWLEDGEMENTS – Zahvale

Istraživanje je finansiralo Ministarstvo privrede Kantona Sarajevo, te im se ovim putem iskreno zahvaljujemo. Autori se, također, zahvaljuju i uposlenicima KJP "Sarajevo-šume" d.o.o. Sarajevo, JP "Šume Tuzlanskog kantona" d.d. Kladanj i SPD "Srednjobosanske šume" d.o.o. Donji Vakuf na nesebičnoj pomoći prilikom prikupljanja potrebnih podataka.

REFERENCES – Literatura

Avdibegović, J. (2014). Učešće i raspored nepravne srži bukve u zavisnosti od boniteta u šumskim odjeljenjima 107 GJ "Gostelja" i 47 GJ "Srednja Drinjača". Završni rad II ciklusa. Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu.

Bozalo, G. (1991). Proučavanje sistema gazdovanja u prirodnim šumama. Izveštaj za period 1989.-1990. u okviru D.C.VII. Sarajevo.

Beus, V. (1984). Vertikalno raščlanjenje šuma u svjetlu odnosa realne i primarne vegetacije u Jugoslaviji. ANUBiH, Radovi LXXVI, Odjeljenje prirodnih i matematičkih nauka, knjiga 23.

Câmpu, R.V. (2010). Research Concerning the Development of Red Heartwood and its Influence on Beech Wood Sorting. Bulletin of the Transilvania University of Brasov, 3 (52), 11-16. <http://but.unitbv.ro/BU2010/Series%20II/BULETIN%20II%20PDF/Forestry/Campu%20RV.pdf>

Glavaš, M. (1999). Gljivične bolesti šumskog drveća. Udžbenik. Sveučilište u Zagrebu.

Glavaš, M. (2003). Crveno srce i trulež bukovine. Obična bukva (*Fagus sylvatica* L.) u Hrvatskoj. Akademija šumarskih znanosti, Zagreb, str. 561-573.

Gurda, S., Musić, J. (2015). Anatomija i greške drveta. Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu.

Hansmann, C., Stingl, R. & Teischinger, A. (2009). Inquiry in beech wood processing industry concerning red heartwood. Wood research, 54 (3), 1-12. https://www.researchgate.net/publication/285908369_Inquiry_in_beech_wood_processing_industry_concerning_red_heartwood

Janković, B., Prokić, D. (1969). Ispitivanje rasporeda čvorova kod bukovih stabala u odnosu na uzgojne tipove šuma i druge faktore. Institut za šumarstvo i drvenu industriju – studija, 1-118. Beograd.

Jugoslovenski standard sa obaveznom primenom – JUS (1969): Greške drveta - Terminologija, definicije i merenje (JUS D.AO.101).

Jugoslovenski standard sa obaveznom primenom – JUS (1969): Delovi stabla, građa i karakteristike drveta (JUS D.BO.020).

Jugoslovenski standard sa obaveznom primenom – JUS (1984): Razvrstavanje i merenje neobrađenog i obrađenog drveta (JUS D.BO.022).

Karahasanović, A. (1988). Nauka o drvetu, 1. izdanje. "Svetlost", OOUR Zavod za udžbenika i nastavna sredstva, Sarajevo.

Kišpatic, J. (1955). Pokusi zaštite bukovih trupaca od "prešlosti" (crvenila, zagušenosti, piravosti). Šumarski list, 79 (3-4), 69-85. <https://www.sumari.hr/sumlist/195503.pdf>

Krempel, H., Mark, E. (1962). Untersuchungen über den Kern der Rotbuche [Investigations about the heartwood of beech]. Allgemeine Forstzeitung, 186-191.

Krpan, A.P.B., Prka, M. & Zečić, Ž. (2006). Pojava i značajke nepravne srži u bukovim prorednim i oplodnim sječama gospodarske jedinice Bjelovarska Bilogora. Glasnik za šumske pokuse, Posebno izdanje 5, 529-542.

Lojo, A., Balić, B., Trešić, T., Vojniković, S., Višnjić, Č., Čabaravdić, A., Delić, S., Musić, J. (2011). Druga inventura šuma na velikim površinama u Bosni i Hercegovini (preliminarni podaci) – manuskript. Univerzitet Sarajevu – Šumarski fakultet.

Lojo, A., Musić, J., Balić, B., Avdagić, A., Halilović, V., Ibrahimspahić, A. & Knežević, J. (2021). Modeliranje debljine kore bukve (*Fagus sylvatica* L.). Šumarski list, 145 (5-6), 239-247. <https://doi.org/10.31298/sl.145.5-6.3>

- Paule, L. (1995). Gene conservation in European Beech (*Fagus sylvatica* L.). *Forest Genetics*, 2(3), 161-170. https://kf.tuzvo.sk/sites/default/files/FG02-3_161-170.pdf
- Pejoski, B. (1951). Pridones kon poznavaljeto na bukovinata vo SR Makedonija. Godišen Zbornik Univerzitetata Skopje.
- Pramreiter, M & Grabner, M. (2023). The Utilization of European Beech Wood (*Fagus sylvatica* L.) in Europe. *Forests*, 14 (17), 149. <https://doi.org/10.3390/f14071419>
- Pranjić, A., Lukić, N. (1997). Izmjera šuma. Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu.
- Prka, M. (2003). Pojavnost neprave srži kod bukovih stabala i tehničke bukove oblovinne iz prorednih i pripremljenih sječa na području bjelovarske Bilogore. *Šumarski list*, 127 (9-10), 467-474. <https://www.sumari.hr/sumlist/pdf/200304670.pdf>
- Prka, M., Zečić, Ž., Krpan, A.P.B. & Vusić, D. (2009). Characteristic and Share of European Beech False Heartwood in Felling Sites of Central Croatia. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 30 (1), 37-49. <https://crojfe.com/archive/volume-30-no-1/characteristics-and-share-of-european-beech-false-heartwood-in-felling-sites-of-central-croatia-p.37-49/>
- Račko, V., Mišić, V., Hlaváč, P. & Deáková, V. (2018). Can bark stripping cause red heartwood formation in beech stems? *iForest*, 11 (2), 251-258. <https://doi.org/10.3832/ifor2147-011>
- Stefanović, V., Beus, V., Burlica, Č., Dizdarević, H. & Vukorep, I. (1983). Ekološko-vegetacijska rejonizacija Bosne i Hercegovine. *Radovi Šumarskog fakulteta Univerziteta u Sarajevu*, 17(1), 1-83. <https://doi.org/10.54652/rsf.1983.v1.i17.275>
- Torelli, N. (1984). The Ecology of Discoloured Wood as Illustrated by Beech (*Fagus Sylvatica* L.). *IAWA Journal*, 5(2), 121-127. <https://doi.org/10.1163/22941932-90000875>
- Trenčiansky, M., Lieskovský, M., Merganič, J. & Šulek, R. (2017). Analysis and evaluation of the impact of stand age on the occurrence and metamorphosis of red heartwood. *iForest*, 10 (3), 605-610. <https://doi.org/10.3832/ifor2116-010>
- Vasiljević, J. (1974). Osržavanje bukve na području Zrinjske Gore [Beech heartwood formation in the region of the Zrinjska Gora Mountain (Croatia)]. *Šumarski list*, 98 (12), 505-520. <https://www.sumari.hr/sumlist/197412.pdf>
- Vusić, D. (2012). Pridobivanje drva II. Stacionarna terenska nastava. Metode premjera. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Wagemann, M. (2006). Verwendung von Kernholz im Aufwärtstrend. *Forst und Holz*, 61(11), 475.
- Zycha, H. (1948). Über die Kernbildung und verwandte Vorgänge im Holz der Rotbuche. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 67 (2), 80-109. <https://doi.org/10.1007/BF02083068>

SUMMARY

False heartwood in beech is an important wood quality characteristic that has attracted considerable scientific and professional interest for more than a 100 years. Although its influence on the mechanical properties of wood is relatively limited, its effect on aesthetic quality is pronounced. Wood containing false heartwood is generally characterized by reduced durability and poor impregnation properties, which are particularly relevant for products intended for outdoor use. The occurrence of false heartwood in technical roundwood considerably reduce the quality and market value of beech logs, resulting in significant economic losses for forestry enterprises. Regardless of the applied grading system, the presence of false heartwood may reduce revenues from the valuation of beech roundwood by 40-50%. Nevertheless, recent market trends indicate increasing interest among certain wood processors in naturally coloured red heartwood due to its distinctive decorative properties. Reddish-brown heartwood has become a desirable material in creative and design-oriented applications, as it provides beech wood with an attractive natural colouration and enhances its aesthetic value. From the perspective of forest utilization and knowledge of the assortment structure of beech stands, understanding the formation and development of false heartwood is of considerable importance, particularly regarding its proportion in the volume of technical roundwood obtained from beech trees. This represents the main motivation for the present study. The study was conducted in four forest compartments located in three cantons of the Federation of Bosnia and Herzegovina (Sarajevo Canton, Tuzla Canton, and Central Bosnia Canton), characterized by a dominant proportion of beech (>50%). On systematically established sample plots, model trees were selected and their dimensions were measured, while tree age was determined after felling by counting annual rings on the stump. Following tree felling and the production of forest wood assortments, the volume of individual assortments was calculated using Huber's formula, while the volume of false heartwood was determined according to Smalian's formula. Among the 300 analysed trees, false heartwood was recorded in 251 trees, corresponding to approximately 84% of the total sample. Regression analysis demonstrated that both DBH and tree age significantly influenced the occurrence of false heartwood and its average proportion in the volume of technical roundwood, with statistical significance confirmed at the 95% confidence level. False heartwood was present in all trees exceeding 50 cm in DBH and/or 110 years of age. In addition, the analysis also revealed the occurrence of a double culmination of the observed variable. The occurrence of false heartwood among some of relatively young trees at certain sites was primarily attributed to mechanical injuries and tree selection harvesting system practices, which are considered important factors promoting the formation and development of false heartwood. The average proportion of false heartwood in the volume of technical roundwood, calculated for all investigated trees and sample plots, was 9.36%. Its proportion increased linearly with tree age, reaching 7.37% in trees aged 70-90 years, 9.71% in trees aged 100-110 years, and approximately 15% in trees older than 150 years. The obtained results show a significant correlation with findings reported by other researchers investigating false heartwood formation in beech in neighbouring countries, particularly Croatia and Serbia. Comprehensive knowledge of the occurrence, extent, and variability of false heartwood can significantly contribute to improving the accuracy and quality of forest management planning documents, including forest management plans, annual operational plans, and implementation projects, by enabling more precise predictions of the assortment structure of forest wood products obtained from tree felling. The extent to which these findings will influence the revenues of forestry enterprises, and whether this impact will be positive or negative, will largely depend on market trends and the willingness of domestic processors and consumers to adapt to these trends.

Received: July, 9, 2026; **Accepted:** July, 20, 2026; **Published:** July, 31, 2026

Funding: The research was funded by the Ministry of Economy of Sarajevo Canton.

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



© 2026 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/>).