



OPEN ACCESS

DOI: 10.5937/topola2209013D

UDK: 633.872(497.11)

*Originalni naučni rad*

## Uticaj orografskih faktora i sklopa sastojine na drvnu zalihu u čistim raznodobnim šumama bukve

Todor Đorem<sup>1\*</sup>, Boban Miletić<sup>1</sup>, Bratislav Matović<sup>2</sup>, Zoran Galić<sup>2</sup>, Saša Orlović<sup>2</sup>, Marko Gutalj<sup>1</sup>, Stefan Bojić<sup>1</sup>, Branislav Filipić<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Poljoprivredni fakultet Istočno Sarajevo, Istočno Novo Sarajevo, Republika Srpska (Bosna i Hercegovina)

<sup>2</sup> Univerzitet u Novom Sadu, Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, Novi Sad, Srbija

<sup>3</sup> Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, Srbija

\* Autor za korespondenciju: Todor Đorem; E-mail: todor.djorem@pof.ues.rs.ba

Datum prispeća rukopisa u uredništvo: 09.11.2021; Datum recenzije: 28.02.2022; Datum prihvatanja rukopisa za publikovanje: 30.03.2022.

**Apstrakt:** Evropska bukva je jedna od najvažnijih i najrasprostranjenijih vrsta u Evropi koja ima izuzetno široku amplitudu i horizontalnog i vertikalnog rasprostranjenja. U Srbiji i Bosni i Hercegovini bukva (*Fagus sylvatica* L.) predstavlja jednu od ekonomskih i ekoloških najvažnijih vrsta drveća, jer gradi visoko produktivne čiste ili mješovite šume na velikim površinama. Cilj ovog istraživanja jeste da se utvrdi uticaj orografskih karakteristika (nagiba, ekspozicije, nadmorske visine i prostornog položaja-klimatske zone) i jedne sastojinske karakteristike (sklop) na drvnu zalihu u raznodobnim sastojinama bukve. Postojanje navedenog uticaja analizirano je pomoću višefaktorijalne analize varijanse (ANOVA). Istraživanje je sprovedeno na 20 lokaliteta (grupisanih u 3 klimatske zone), od čega u istočnom dijelu Srbije na 8 lokaliteta (Mezijska provincija), u istočnom dijelu Republike Srpske na 7 lokaliteta (Ilirsko-mezijska provincija) i u sjevero-zapadnom dijelu Republike Srpske na 5 lokaliteta (Ilirska provincija). Dobijeni rezultati su pokazali da samo nagib ( $p \leq 0.1$ ) i sklop ( $p \leq 0.001$ ) imaju statistički značajan uticaj na drvnu zalihu u bukovim šumama.

**Ključne reči:** bukva, drvena zaliha, nagib, sklop, nadmorska visina, ekspozicija, klima.

**Dodatne informacije:** Elektronska verzija rada sadrži dodatni materijal koji je dostupan na sledećem [LINKU](#).

*Original scientific paper*

## Impact of orography and stand canopy on stand volume in pure uneven-aged beech stands

**Abstract:** European beech is one of the most important and most common tree species in Europe, which have extremely wide amplitude in sense of horizontal and vertical distribution. In Serbia and Bosnia and Herzegovina European beech (*Fagus sylvatica* L.) represents one of the most important tree species from an economic and ecological point of view, because it's constituting significant areas of highly productive pure and mixed forests. The main goal of this research is to determine the influence of

orography (slope, aspect, elevation, and spatial distribution-climate zone) and one stand characteristic (canopy) on stand volume in pure uneven-aged beech stands. The existence of the aforementioned influence was analyzed using multi-factor ANOVA (Type II sums of squares). The research was conducted on 20 localities (grouped in 3 climatic zones). One in the eastern part of Serbia on 8 localities (Moesian province), second in the eastern part of Republika Srpska on 7 localities (Illyrian-Moesian province), and third in the northwestern part of Republika Srpska on 5 localities (Illyrian province). The obtained results showed that only slope ( $p \leq 0.1$ ) and canopy ( $p \leq 0.001$ ) have a statistically significant impact on stand volume in pure beech stands.

**Keywords:** beech, stand volume, slope, aspect, elevation, climate.

**Supplementary Information:** The online version contains supplementary material available at the following [LINK](#).

## 1. Uvod

Evropska bukva (*Fagus sylvatica* L.) je jedna od najvažnijih i najrasprostranjenijih vrsta u Evropi (Durrant et al. 2016; Bolte et al. 2007; Mishra et al. 2018). Vrste iz roda bukve (*Fagus* L.) rasprostranjene su u sjevernom umjerenom pojasu Zemlje (Jovanović i Cvijetićanin, 2005), počevši od Švedske i Norveške (Jovanović, 1971), preko istoka u Poljskoj (Lavadinović i Isajev, 2002), zapadnoj Letoniji, južnoj Litvaniji i zapadnoj Rusiji (Bolte et al. 2007), na jugu na Balkanskom poluostrvu, centralnoj Italiji, planinskim predjelima Sicilije, Korzike i na zapadu do Francuske, južne Engleske i sjeverne Španije (Hultén i Friis, 1988; Fang i Lechowicz, 2006; Lavadinović i Isajev, 2002). Bukva je vrsta koja ima široku amplitudu rasprostranjenja u odnosu na nadmorsku visinu (Diaconu et al. 2016; Ellenberg, 1996; Bohn et al. 2003), te se u Srbiji javlja od 100 do 1700 m nadmorske visine (Pavlović et al. 2019). Stojanović (2014) je utvrdio da bez obzira na postojeće zakonitosti po pitanju vertikalnog rasprostranjenja bukve, donje granice rasprostranjenja su isključivo determinisane aridnošću klime, odnosno zavise od vodnog režima. Kada su u pitanju karakteristike zemljišta, Leuschner et al. (2006) navodi da bukva opstaje na zemljištima različite pH vrijednosti.

Bukva u Srbiji je najzastupljenija i najznačajnija vrsta drveća i danas se jedino ne nalazi u ravničarskim predjelima Vojvodine (Stojanović et al. 2005). U ukupnoj zapremini u šumama Srbije bukva učestvuje sa 40.5%, a u zapreminskom prirastu sa 30.6%. U najvećem dijelu površine gradi čiste sastojine koje zauzimaju 86.3% površine bukovih šuma, dok su njene mješovite šume zastupljene na svega 13.7 % površine (Banković et al. 2009). Ipak, podaci ukazuju da je prosječna zapremina najveća u mješovitim šumama bukve i četinarara sa  $346 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , dok prosječna zapremina u čistim šumama bukve iznosi  $239 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , a u mješovitim šumama bukve i lišćara  $180 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  (Banković et al. 2009). Visoke čiste bukove šume u Srbiji su dominantno raznodobne (Matović, 2019), a zapremina u reprezentativnim čistim šumama varira od 290 do  $520 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , prosječno oko  $384 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  (Matović, 2012), dok u čistim bukovim rezervatima varira od 611 do  $716 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , prosječno oko  $650 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  (Matović et al. 2018).

Među svim ekonomski i ekološki važnim vrstama drveća, bukva u Bosni i Hercegovini, time i u Republici Srpskoj, ima najveće rasprostranjenje (Ballian et al. 2012, 2019). Prema Fukarek (1970) bukvu nalazimo u cijeloj zemlji, izuzev u pojasu u zapadnoj Bosni i cijeloj donjoj Hercegovini, kao i širem pojasu nizijskih i brežuljkastih terena u sjevernoj i sjeveroistočnoj Bosni. Obična bukva (*F. sylvatica* L.) u Bosni i Hercegovini pokazuje jako dobru vertikalnu i horizontalnu rasprostranjenost (Stefanović, 1977; Stefanović et al. 1983; Beus, 1984). U visokim šumama sa prirodnom obnovom u svojini Republike Srpske, dominiraju mješovite šume jele i smrče sa bukvom, jele i smrče 22% i čiste bukove šume sa 17.7% i (Vlada RS, 2012; Stjepanović, 2019). Pored navoda Golića (2021), da se drvna zaliha u bukovim šumama kreće od 253 do  $550.9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  na području planine Radava u Istočnoj Republici Srpskoj (BiH), pomenuti autor navodi i niz drugih istraživanja gdje je utvrđeno da drvna

zaliha u čistim bukovim šumama varira od 198 do 282 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (Ćirića et al. 1971), pa čak i do 408.8 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (Eremija, 2009) ili 521.39 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (Mešković, 2007).

Kada se govori o uticaju različitih faktora na drvenu zalihu, pa i na druge elemente sastojina bukve, Castaño-Santamaría et al. (2021) navode da je prečnik, visina i zaliha bukovih šuma u Španiji pod dominantnim uticajem karakteristika klime i zemljišta. Moshtagh Kahnomoie et al. (2004) navode nadmorsku visinu kao faktor koji utiče na debljinski prirast istočne bukve (*Fagus orientalis* Lipsky) u Iranu, pri čemu je utvrđena negativna korelacija između pomenutih faktora. Long et al. (2020) su ustanovili da nagib terena ima uticaj na prsni prečnik i visinu stabala japanskog plavog hrasta (*Quercus glauca* Thunb.). U istraživanju koje su sprovedeli Kahyaoğlu et al. (2020) u šumama istočne bukve (*Fagus orientalis* Lipsky) u Turskoj, navodi se da količina biomase varira zavisno od nadmorske visine. Uopšteno govoreći, određeni istraživači objašnjavaju da nagib i nadmorska visina utiču i na bioraznolikost u šumama (Yang et al. 2020; Tiwari et al. 2020). U slučaju ekspozicije, Diaconu et al. (2016) su utvrdili da je gustina drveta evropske bukve (*Fagus sylvatica* L.) nešto malo veća na prisojnim nego na osojnim stranama. U šumama himalajskog bora (*Pinus wallichiana* A.B. Jacks.) i crne kleke (*Juniperus indica* Bertol.) Måren et al. (2015) navode da ne postoji značajna razlika u količini biomase ili zalihe ugljenika na različitim tipovima ekspozicije. Ipak, u šumama dugolisnog indijskog bora (*Pinus roxburghii* Sarg.) u sjeverozapanim Himalajama u Indiji, utvrđeno je postojanje statistički značajne razlika između drvne zalihe i količine biomase na prisojnim i osojnim stranama terena (Bhardwaj et al. 2021). Slični rezultati dobijeni su u šumama sibirskog ariša (*Larix sibirica* Ledeb.) u sjeverozapadnoj Kini, gdje je na prisojnim ekspozicijama utvrđena veća količina biomase nego na osojnim stranama (Hu et al. 2021). Koprivica et al. (2013) navode da zapremina bukovih visokih sastojina po hektaru zavisi od brojnih faktora, međutim, rezultujući model regresije u ovom istraživanju je pokazao da su temeljnica sastojine po hektaru i Lorajeva srednja visina najznačajniji faktori u procjeni zapremine sastojine.

Cilj ovog istraživanja jeste da se utvrdi uticaj orografskih karakteristika (nagiba, ekspozicije, nadmorske visine i prostornog položaja) i sklopa sastojine na drvenu zalihu u raznodobnim šumama bukve na širem području Srbije i Republike Srpske.

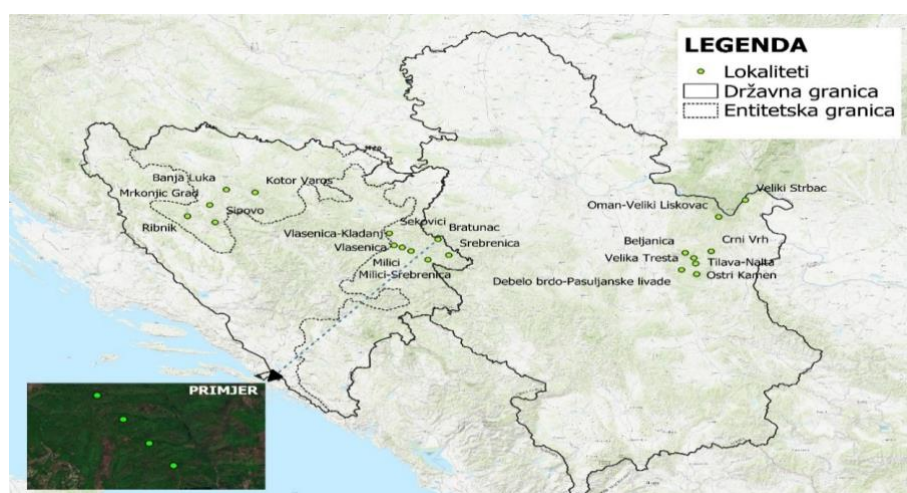
## 2. Materijal i metode

Istraživanje je sprovedeno na 20 lokaliteta (grupisanih u 3 provincije), od čega u istočnom dijelu Srbije na 8 lokaliteta (Crni vrh, Beljanica, Velika Tresta, Oštri Kamen, Oman-Veliki Liškovac, Veliki Štrbac, Tilava Nalta, Debelo brdo-Pasuljanske livade), u istočnom dijelu Republike Srpske na 7 lokaliteta (Bratunac, Milići, Vlasenica, Šekovići, Milići-Srebrenica, Vlasenica-Kladanj, Srebrenica) i u sjevero-zapadnom dijelu Republike Srpske na 5 lokaliteta (Ribnik, Mrkonjić Grad, Šipovo, Kotor Varoš, Banja Luka) (slika 1). Lokaliteti na zapadu klasifikuju se kao ilirska provincija i obuhvataju humidne krajeve, lokaliteti na istoku klasifikuju se kao mezijska provincija i obuhvataju aridne krajeve, dok lokaliteti između njih se klasifikuju kao ilirsko-mezijska provincija sa prelazima humidnih i aridnih područja (Stefanović et al. 1983). S obzirom da je bukva vrsta koja je prema Šiliću (2005) zastupljena u brojnim zajednicama opisanim širom prostora bivše Jugoslavije, kao i da je njena visinska amplituda velika, ovim istraživanjem obuhvaćeni su najznačajniji reprezentanti bukovih sastojina u Srbiji i Republici Srpskoj.

Svi odabrani lokaliteti predstavljaju prirodno stanište čistih raznodobnih bukovih sastojina, sa kojima je gazdovano skupinasto-prebirmim sistemom gazdovanja. Princip uzorkovanja baziran je na postavljanju transekata minimalne dužine od 2 kilometra unutar odabranih područja, pri čemu je na svakom kilometru postavljena primjerna površina. Uz konsultacije sa uposlenicima lokalnog šumskog gazdinstva, određivanje pravca pružanja transekata izvršeno je pomoću satelitskih snimaka u softveru QGIS 3.14. Prilikom odabira prednost je data visokim sastojinama bukve, obraćajući posebnu pažnju na sastojinsku i stanišnu raznolikost.

Sve primjerne površine unutar odabranih transekata bili su krugovi sa konstantnim poluprečnikom i imale su površinu od 10 ari (poluprečnik kruga 17.84 m), a na kojima su prikupljeni podaci o visinama i prečnicima stabala, sklopu, nagibu terena, nadmorskoj visini i ekspoziciji. Pri

postavljanju krugova korišćena su isključivo horizontalna rastojanja. Broj postavljenih krugova u istočnom dijelu Srbije je 30, u istočnom dijelu Republike Srpske 24 i u sjevero-zapadnom dijelu Republike Srpske 16. Prikupljeni podaci su upisivani u odgovarajući manual. Visine stabala, nagib terena i granice primjernih površina određene su pomoću uređaja Vertex IV. Mjerenje prečnika stabala izvršeno je unakrs pomoću prečnice *Haglof* dužine 80 cm, sa tačnošću od 1.0 cm, pri taksacionoj granici od 5 cm. Prečnici stabala dimenzija većih od 80 cm, izmjereni su pantljkikom, pri čemu je vrijednost prečnika dobijena kao količnik izmjerene dužine i  $\pi$  (3.14). Ekspozicija i nadmorska visina određeni su pomoću GPS uređaja *Garmin Etrex 10*, dok je stepen sklopa određen na dva upravna prečnika primjerne površine u pravcu sjever-jug i istok-zapad.



Slika 1. Lokaliteti u Srbiji i Republici Srpskoj na kojima su sprovedena istraživanja.

Picture 1. Sites in Serbia and Republika Srpska where research was conducted.

Obrada podataka obavljena je u *Microsoft office Excel* programskom paketu, pri čemu su vrijednosti nadmorske visine, nagiba terena i ekspozicije reklasifikovani u odgovarajuće klase. Reklasifikacija je obavljena na sljedeći način: nadmorska visina u klase širine 100 m i nagib terena u skladu sa opštom klasifikacijom terena u zavisnosti od veličine ugla nagiba terena (Vacca, 1992, citirano u Kostić et al. 2014) (Tabela 1). Ekspozicija terena je reklasifikovana u tri klase i to: prisojne (J, JI, JZ), prelazne (Z i I) i osojne (SZ, S, SI), dok je sklop reklasifikovan u četiri klase prema klasifikaciji koju navode Stojanović i Krstić (2008), gdje je vrlo gust sklop (1.0), gust (0.8-0.9), potpun (0.7), nepotpun (0.5-0.6), rijedak ili prekinut (0.3-0.4).

Tabela 1. Klasifikacija terena prema nagibu.

Table 1. Classification of terrain according to the slope.

Ugao nagiba	Tip terena
do 1°	ravan teren
1° – 3°	vrlo blago nagnut teren
3° – 5°	blago nagnut teren
5°– 8°	prilično nagnut teren
8° – 12°	iskošen teren
12° – 16°	vrlo iskošen teren
16° – 20°	umereno strm teren
20° – 30°	srednje strm teren
30° – 40°	jako strm teren
preko 40°	izuzetno strm teren

Tabela 2. Romer-Orfalova skala jačine korelacije (Sabo i Poršinsky, 2005)

Table 2. Römer – Orphal correlation scale (Sabo i Poršinsky, 2005)

Koeficijent korelacije (R)	Jačina korelacije
0.00 – 0.10	Ne postoji
0.10 – 0.25	Jako slaba
0.25 – 0.40	Slaba
0.40 – 0.50	Srednja
0.50 – 0.75	Jaka
0.75 – 0.90	Vrlo jaka
0.90 – 1.00	Potpuna

Sve kategorijske varijable (reklasifikovani nagib, nadmorska visina i ekspozicija) pretvorene su u numeričke varijable. Kako bi se utvrdilo postojanje statistički značajanog uticaja orografskih faktora i sklopa sastojine na drvenu zalihu u istraživanim lokalitetima, u R Studio programskom paketu (R Core Team, 2020) sprovedena je višestruka analiza varijanse (ANOVA, Type II sums of squares). Analiza interakcije među faktorima je izbjegnuta zbog prisustva kolinearnosti. Kod faktora kod kojih je utvrđen statistički značajan uticaj na drvenu zalihu, valorizacija uticaja obavljena je pomoću regresione analize. Ocjena jačine korelacije među nezavisnim i zavisnim promjenljivim obavljena je koristeći se Romer-Orfalovom skalom jačine korelacije (Römer – Orphal) (Sabo i Poršinsky, 2005) (Tabela 2).

### 3. Rezultati i diskusija

Na nivou svih istraživanih lokaliteta, analiza varijanse pokazala je da samo dva faktora imaju statistički značajan uticaj na drvenu zalihu u bukovim šumama; nagib na nivou značajnosti od  $\leq 0.1$  i sklop  $\leq 0.001$  (Tabela 3). Veći nivo značajnosti u slučaju sklopa, na nivou svih analiziranih lokaliteta, može se objasniti time što su sastojine sa većim stepenom sklopa očuvanije, tj. imaju veliku drvenu zalihu (Tabela 4). U ovom slučaju, regresiona analiza je pokazala da je vrijednost drvene zalihe u potpunoj korelaciji sa sklopom ( $R=0.953$ ), a što je potvrđeno velikom reprezentativnom vrijednošću linearnog modela ( $R^2=0.908$ ) i relativno malom standardnom greškom ( $SE=53.856$ ) (Grafikon 1).

**Tabela 3.** Utvrđivanje uticaja orografskih faktora i sklopa sastojine na drvenu zalihu pomoću višefaktorijalne analize varijanse (svi lokaliteti).

*Table 3.* Determining the influence of orography and stand canopy on stand volume using multi-factor ANOVA (all localities).

Izvor varijacije	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)	Nivo signif.
Nadmorska visina	48380.982	1	2.464	0.121	
Ekspozicija	3.751	1	0.000	0.989	
Nagib	71851.019	1	3.660	0.060	.
Sklop	357406.367	1	18.206	0.000	***
Klimatska zona	5199.016	1	0.265	0.609	
Reziduali	1263596.304	65			

Nivo signifikantnosti: \*\*\*  $p < 0.001$ ; \*\*  $p < 0.01$ ; \*  $p < 0.05$ ; .  $p < 0.1$

**Tabela 4.** Deskriptivna statistika istraživanih lokaliteta po klasama sklopa.

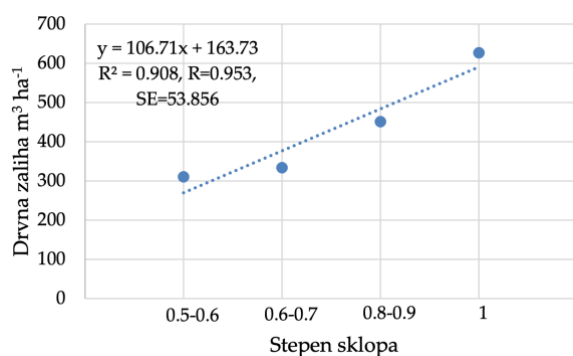
*Table 4.* Descriptive statistics of investigated localities by canopy classes.

Sklop	Frekvencija (n)	Frekvencija (%)	MIN	MEAN	MAX	SD
0.5-0.6	7	10.00	136.47	310.05	468.55	134.32
0.6-0.7	30	42.86	167.01	334.10	533.25	102.89
0.8-0.9	28	40.00	115.94	451.14	867.57	174.37
1.0	5	7.14	517.18	626.74	806.82	120.42
<b>Ukupno</b>	<b>70</b>	<b>100</b>	/	/	/	/

**Legenda:** MIN: minimum, MEAN: aritmetička sredina, MAX: maksimum, SD: standardna devijacija

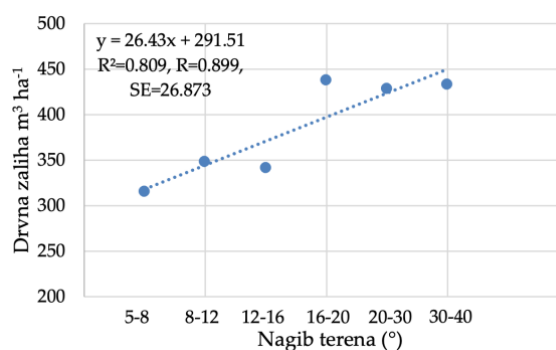
U prethodnim periodima, u gore navedenim sastojinama, nisu sprovedene sječe većih inteziteta ili sječe nije bilo nikako. Primjeri takvih lokaliteta jesu Ribnik 1, 2, 3, Veliki Štrbac 1 i 2 (Prilog, Tabela 1) u kojima je evidentirana znatno veća drvena zaloha nego u slučaju ostalih lokaliteta, a čemu je uzrok prašumski oblik istraživanih sastojina. Nasuprot tome, imamo primjer lokaliteta: Šekovići 1, Milići-

Srebrenica 3, Tilava-Nalta 2, i Beljanica 2 (Prilog, Tabela 1) gdje je drvena zaliha izuzetno mala. U ovom slučaju, izuzetno mali nagib terena olakšao je sprovođenje sječa većih inteziteta. U određenim slučajevima, kao što je na lokalitetu Šekovići 1, jači zahvati su doprinijeli degradaciji visoke šume sa prirodnom obnovom u visoku degradiranu šumu. Na nivou svih analiziranih lokaliteta, kada je u pitanju nagib terena, može se reći da je utvrđeni statistički značajan uticaj na drvenu zalihu najvjerovatnije rezultat ograničavajućih uslova rada na takvim terenima. Regresiona analiza je ukazala da postoji vrlo jaka korelacija nagiba terena sa drvnom zalihom ( $R=0.899$ ) uz veliku reprezentativnost linearnog modela ( $R^2=0.809$ ), tj. da je drvena zaliha veća na većim nagibima terena (Grafikon 2).



**Grafikon 1.** Zavisnost drvene zalihe od stepena sklopa.

**Figure 1.** Dependence of stand volume on stand canopy.



**Grafikon 2.** Zavisnost drvene zalihe od stepena nagiba terena.

**Figure 2.** Dependence of stand volume on terrain slope.

Na primjeru šuma hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u Turskoj, gdje su Yücesan et al. (2019) utvrdili da se sa smanjenjem sklopa sastojine povećava degradacija zemljišta i smanjuju zalihe ugljenika, može se izvesti zaključak da na većim nagibima terena nije ekološki rentabilno sprovođenje sječe većih inteziteta jer degradacija zemljišta, u datim uslovima, može biti samo veća. Takođe, otvaranje šuma šumskim putevima na strmim terenima upitno je sa finansijskog aspekta, a najviše sa ekološkog aspekta jer može doći do razvijanja erozionih procesa koji utiču na narušavanje režima pitkih voda (Sokolović et al. 2011). Prema važećim normativima rada u JPŠ "Šume Republike Srpske" (Jokanović et al. 2002), nagib terena jeste jedan od glavnih ograničavajućih faktora tokom sječe i izrade, kao i tokom transporta šumskih drvnih sortimenata. Kako navodi Miletic et al. (2021) transport šumskih drvnih sortimenata na vlakama velikog uzdužnog nagiba znatno umanjuje efikasnost rada traktora. Prema tome, veći nagib terena znatno uvećava ukupnu cijenu rada i time stavlja pod znak pitanja svrsihodnost korišćenja sastojina bukve na većim nagibima terena. Pretpostavka je da je navedeni ekonomski faktor razlog većeg stepena očuvanosti (veće drvene zalihe) sastojina na većim nagibima terena (Tabela 5).

Drugi važan faktor koji može imati uticaj na povećanje drvene zalihe sa povećanjem nagiba je taj što krugovi na kosom terenu imaju nešto veće površine nego na ravnom. Razlog tome jeste korišćenje horizontalnih projekcija krugova. Naime, na potpuno ravnom terenu stvarna površina primjerne površine je jednaka površini horizontalne projekcije te primjerne površine. Sa druge strane, što je nagib veći površina kose projekcije primjerne površine je sve veća u odnosu na horizontalnu površinu. Iako distribucija uzoraka po različitim tipovima ekspozicije nije ravnomjerna, kao i da je struktura drvene zalihe po različitim tipovima ekspozicije (prisojne i osojne strane) praktično istovjetna (Tabela 6), ne može sa sigurnošću konstatovati da je odsustvo statistički značajnog uticaja na drvenu zalihu podložno tome. Ovakav zaključak objašnjava se time što je u određenim istraživanjima navedenim u uvodu (Bhardwaj et al. 2021; Hu et al. 2021), utvrđeno postojanje statistički značajne razlike po pitanju količine biomase, odnosno drvene zalihe između različitih tipova ekspozicije.

**Tabela 5** Deskriptivna statistika istraživanih lokaliteta po klasama nagiba terena.  
*Table 5. Descriptive statistics of investigated localities by terrain slope classes.*

Nagib terena (°)	Frekvencija		MIN	MEAN	MAX	SD
	(n)	(%)				
5-8	10	14.29	136.47	315.35	507.74	98.88
8-12	4	5.71	167.92	348.48	533.25	156.81
12-16	9	12.86	115.94	328.70	691.86	172.55
16-20	17	24.29	198.66	438.24	867.57	185.27
20-30	19	27.14	167.01	427.65	802.66	169.03
30-40	11	15.71	239.69	433.41	761.97	169.03
<b>Ukupno</b>	<b>70</b>	<b>100</b>	/	/	/	/

**Legenda:** MIN: minimum, MEAN: aritmetička sredina, MAX: maksimum, SD: standardna devijacija

**Tabela 6.** Deskriptivna statistika istraživanih lokaliteta po tipovima ekspozicije.  
*Table 6. Descriptive statistics of investigated localities by aspect types.*

Ekspozicija	Frekvencija		MIN	MEAN	MAX	SD
	(n)	(%)				
Prisojne	14	20.00	115.94	386.78	806.82	181.14
Prelazne	5	7.14	234.92	400.20	671.48	162.02
Osojne	51	72.86	136.47	402.81	867.57	159.81
<b>Ukupno</b>	<b>70</b>	<b>100</b>	/	/	/	/

**Legenda:** MIN: minimum, MEAN: aritmetička sredina, MAX: maksimum, SD: standardna devijacija

**Tabela 7.** Deskriptivna statistika istraživanih lokaliteta po klasama nadmorskih visina.  
*Table 7. Descriptive statistics of investigated localities by altitude classes.*

Nadmorska visina (m)	Frekvencija		MIN	MEAN	MAX	SD
	(n)	(%)				
300-400	2	2.86	289.68	419.99	550.3	184.29
400-500	3	4.29	239.69	495.22	867.57	329.84
500-600	5	7.14	275.51	459.13	691.86	151.08
600-700	10	14.29	136.47	376.51	802.66	180.79
700-800	12	17.14	115.94	381.11	691.78	151.92
800-900	12	17.14	167.01	338.39	533.25	125.78
900-1000	7	10.00	182.11	365.52	517.18	111.28
1000-1100	7	10.00	229.93	407.40	600.75	126.30
1100-1200	11	14.28	167.92	469.54	806.82	196.05
1200-1300	1	1.43	363.33	363.33	363.33	363.33
<b>Ukupno</b>	<b>70</b>	<b>100</b>	/	/	/	/

**Legenda:** MIN: minimum, MEAN: aritmetička sredina, MAX: maksimum, SD: standardna devijacija

Odsustvo statističke značajnosti u slučaju nadmorske visine (Tabela 3), pored drugih uticaja, može se pripisati i ljudskom faktoru. U ovom slučaju, klimatski aspekt, u smislu optimalnosti

određenih visinskih regiona za rast i razvoj bukve je u mnogome ublažen jer su šume bukve, na analiziranim lokalitetima, predmet redovnog gazdovanja. Ako se zanemari manja frekventnost istraživanih lokaliteta po određenim visinskim klasama, primjetno je da su u većini slučajeva srednje vrijednosti drvene zalihe izuzetno bliske (Tabela 7).

U okviru pojedinačnih klimatskih zona, tj. provincija, analiza varijanse je pokazala da je jedino uticaj sklopa na drvenu zalihu, u mezijskoj i ilirskoj provinciji, evidentiran kao statistički značajan (Tabela 5, 6 i 7). Odsustvo statističke značajnosti u slučaju nagiba kod svih provincija i sklopa u ilirsko-mezijskoj provinciji neposredno se može pripisati maloj raznolikosti ulaznih podataka po provincijama.

**Tabela 5.** Utvrđivanje uticaja orografskih faktora i sklopa sastojine na drvenu zalihu pomoću višefaktorijalne analize varijanse (mezijska provincija).

*Table 5. Determining the influence of orography and stand canopy on stand volume using multi-factor ANOVA (mesian province).*

Izvor varijacije	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)	Nivo signif.
Nadmorska visina	13894.99	1	0.521	0.477	
Ekspozicija	18700.76	1	0.702	0.410	
Nagib	62197.83	1	2.334	0.139	
Sklop	178883.31	1	6.713	0.016	*
Reziduali	666169.68	25			

**Nivo signifikantnosti:** \*\*\* p<0.001; \*\* p<0.01; \* p<0.05; . p<0.1

**Tabela 6.** Utvrđivanje uticaja orografskih faktora i sklopa sastojine na drvenu zalihu pomoću višefaktorijalne analize varijanse (ilirsko-mezijska provincija)..

*Table 6. Determining the influence of orography and stand canopy on stand volume using multi-factor ANOVA (illyro-mesian province).*

Izvor varijacije	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)	Nivo signif.
Nadmorska visina	14188.67	1	1.011	0.327	
Ekspozicija	20039.87	1	1.428	0.247	
Nagib	33122.38	1	2.360	0.141	
Sklop	25407.84	1	1.810	0.194	
Reziduali	266659.25	19			

**Nivo signifikantnosti:** \*\*\* p<0.001; \*\* p<0.01; \* p<0.05; . p<0.1

**Tabela 7.** Utvrđivanje uticaja orografskih faktora i sklopa sastojine na drvenu zalihu pomoću višefaktorijalne analize varijanse (ilirski provincija).

*Table 7. Determining the influence of orography and stand canopy on stand volume using multi-factor ANOVA.*

Izvor varijacije	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)	Nivo signif.
Nadmorska visina	9118.65	1	0.488	0.499	
Ekspozicija	24441.62	1	1.308	0.277	
Nagib	1000.52	1	0.054	0.821	
Sklop	63672.39	1	3.407	0.092	.
Reziduali	205574.59	11			

**Nivo signifikantnosti:** \*\*\* p<0.001; \*\* p<0.01; \* p<0.05; . p<0.1



#### 4. Zaključak

Dobijeni rezultati su pokazali da samo dva faktora (nagib i sklop) imaju statistički značajan uticaj na drvenu zalihu u bukovim šumama na istraživanim lokalitetima. Međutim, veća drvena zaloha se ne može dovesti u neposrednu zavisnost sa većim nagibom terena. U navedenom slučaju, pretpostavka je da u najvećoj mjeri statistički značajan uticaj nagiba na drvenu zalihu je posljedica ljudskog faktora, tj. ograničenoj mogućnosti korišćenja bukovih šuma na većim nagibima terena. Stvarni uticaj ostalih faktora, ukoliko postoje u bilo kom obliku, jedino je moguće utvrditi analizom onih šuma bukve koje su zadržale svoj prašumski oblik, tj. u kojima nije bilo uticaja ljudskog faktora. Sveukupno posmatrajući, može se zaključiti da ljudski faktor ima određeni uticaj, ali u kom omjeru sa sigurnošću se ne može utvrditi bez detaljnijih istraživanja koja bi obuhvatila i niz drugih stanišnih karakteristika.

#### Literatura

1. Ballian, D., Bogunić, F., Mujezinović, O., Kajba, D. (2012): Genetska diferencijacija obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) u Bosni i Hercegovini. Šumarski list 136 (11-12): 587-595.
2. Ballian, D., Westergren, M., Kraigher, H. (2019): Varijabilnost obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) u Bosni i Hercegovini. Znanstvena monografija, Udruženje inženjera i tehničara šumarstva (UŠIT FBiH). Sarajevo, Bosna i Hercegovina.
3. Banković, S., Medarević, M., Pantić, D., Petrović, N. (2009): Nacionalna inventura šuma Republike Srbije - Šumski fond Republike Srbije. Ministarstvo poljoprivrede šumarstva i vodoprivrede Republike Srbije - Uprava za šume. Beograd, Srbija.
4. Beus, V. (1984): Vertikalno raščlanjenje šuma u svijetlu odnosa realne i primarne vegetacije u Jugoslaviji, ANU BiH, Radovi LXXVI, Odjelj. Prir. i matemat. nauka, knjiga 23.
5. Bhardwaj, D.R., Tahiry, H., Sharma, P., Pala, N.A., Kumar, D., Kumar, A., Bharti. (2021): Influence of aspect and elevational gradient on vegetation pattern, tree characteristics and ecosystem carbon density in Northwestern Himalayas. Land 10: 1109.
6. Bohn, U., Gollub, G., Hettwer, C., Weber, H., Neuhäuslová, Z., Raus, T., Schlüter, H. (2003): Map of the natural vegetation of Europe - scale 1:2 500 000, map and explanatory text. Landwirtschaftsverlag, Münster, p. 655.
7. Bolte, A., Czajkowski, T., Kompa, T. (2007): The north-eastern distribution range of European beech a review. Forestry 80(4): 413-429.
8. Castaño-Santamaría, J., López-Sánchez, C.A., Obeso, J.R., Barrio-Anta, M. (2021): Structure, environmental patterns and impact of expected climate change in natural beech-dominated forests in the Cantabrian Range (NW Spain). Forest Ecology and Management 497: 119512.
9. Ćirić, M., Stefanović, V., Drinić, P. (1971): Tipovi čistih bukovih šuma i mješovitih šuma bukve, jele i smrče u Bosni i Hecegovini. Institut za šumarstvo Sarajevo, Posebna izdanja br. 8, Sarajevo.
10. Diaconu, D., Stangler, D.F., Kahle, H.-P., Spiecker, H. (2016): Vessel plasticity of European beech in response to thinning and aspect. Tree Physiology 36(10): 1260-1271.
11. Diaconu, D., Wassenberg, M., Spiecker, H. (2016): Variability of European beech wood density as influenced by interactions between tree-ring growth and aspect. Forest Ecosystems 3: 6.
12. Durrant, H, T., de Rigo, D., Caudullo, G. (2016): *Fagus sylvatica* and other beeches in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In: San-Miguel-Ayanz, J., de Rigo, D., Caudullo, G., Houston Durrant, T., Mauri, A. (Eds.), European Atlas of Forest Tree Species. Publ. Off. EU, Luxembourg, pp. 94-95.
13. Ellenberg, H. (1996): Vegetation mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht: 170 Tabellen, 5th edn. Ulmer, Stuttgart.
14. Eremija, S. (2009): Izbor optimalnog prorednog zahvata u sastojinama planinske šume bukve (*Fagetum montanum illyricum*) na području Dubičke gore. Šumarstvo 1-2: 81-93.

15. Fang, J., Lechowicz, M. J. (2006): Climatic limits for the present distribution of beech (*Fagus L.*) species in the world. *Journal of Biogeography* 33(10): 1804-1819.
16. Fukarek, P. (1970): Areal rasprostranjenosti bukve, jele i smreke na području Bosne i Hercegovine. *Radovi ANUBIH Sarajevo* 11: 231-256.
17. Golić, I. (2021): Ekološko proizvodni tipovi šuma Radave, Doktorska disertacija, Šumarski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd.
18. Hu, S., Ma, J., Shugart, H. H., Yan, X. (2018): Evaluating the impacts of slope aspect on forest dynamic succession in Northwest China based on FAREAST model. *Environmental Research Letters* 13(3): 034027.
19. Hultén, E., Friis, I. (1988): Atlas of North European Vascular Plant, North of the Tropic of Cancer. *Nordic Journal of Botany* 8(1): 18-18.
20. Jokanović, N., Tešanović, D., Delić, M., Topalić, V., Forcan, S., Samardžija, N. (2002): Jedinstvene norme radova u šumarstvu, JPŠ „Srpske šume“, RS Sokolac.
21. Jovanović, B. (1971): Dendrologija sa osnovama fitocenologije. Naučna knjiga. Beograd.
22. Jovanović, B., Cvjetičanin, R. (2005): Šumske zajednice mezijske bukve u Srbiji. U: Stojanović, Lj. (ur.). *Bukva u Srbiji. Udruženje šumarskih inženjera i tehničara Srbije i Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu*. Beograd. pp. 125-138.
23. Kahyaoğlu, N. Kara, Ö., Güvendi, E. (2020): Effects of elevation on the aboveground biomass and carbon stock in the oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) forests of the Sinop region, Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research* 18(6): 8049-8063.
24. Koprivica, M., Matović, B., Čokesa, V., Stajić, S. (2013): Stand volume tables for beech in Serbia. *Sustainable Forestry: Collection* 67-68: 45-58.
25. Kostić, M., Gigović, Lj., Prodanović, G. (2014): Evaluacija morfometrijskih karakteristika terena primenom GIS tehnologije, Međunarodna naučna konferencija Univerziteta Singidunum, Sinteza 2014: 811-815.
26. Lavadinović, V., Isajev, V. (2002): Genetski potencijal semenskih objekata bukve u Srbiji osnova za oplemenjivanje vrste. *Zbornik radova Instituta za šumarstvo* 46-47: 32-39.
27. Leuschner, Ch., Voss, S., Foetzki, A., Clases, Y. (2006): Variation in leaf area index and stand leaf mass of European beech across gradients of soil acidity and precipitation. *Plant Ecology* 186: 247-258.
28. Long S., Zeng S., Liu F., Wang G. (2020): Influence of slope, aspect and competition index on the height-diameter relationship of *Cyclobalanopsis glauca* trees for improving prediction of height in mixed forests. *Silva Fennica* 54(1): 10242.
29. Matović, B. (2019): Starosna struktura visokih monodominantnih bukovih šuma u Srbiji. *Šumarstvo* 71(3-4): 115-116.
30. Matović, B., Koprivica, M., Kisin, B., Stojanović, D., Kneginjić, I., Stefanović, S. (2018): Comparison of stand structure in managed and virgin european beech forests in Serbia. *Šumarski list* 142: 47-57.
31. Matović, B. (2012): Odnosi strukture, specijskog i ekogazdovanjaskog diverziteta visokih bukovih šuma Srbije, Doktorska disertacija, Biološki fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd.
32. Mešković, E. (2007): Analiza strukture prirodnog podmlatka u prašumskom rezervatu "Mačen do" (BiH) *Radovi – Šumar. inst. Jastrebar*. 42(2): 85 – 94.
33. Miletić, B., Danilović, M., Đorem, T., Filipić, B., Gutalj, M. (2021): Uticaj sastojinsko-terenskih karakteristika na efikasnost rada traktora Timberjack 240b u čistim sastojinama bukve, *Topola Poplar* 208: 1-13.
34. Mishra, B., Gupta, D. K., Pfenninger, M., Hickler, T., Langer, E., Nam, B., Paule, J., Sharma, R., Ulaszewski, B., Warmbier, J., Burczyk, J., Thines, M. (2018): A reference genome of the European beech (*Fagus sylvatica* L.). *GigaScience* 7(6): 1-27.
35. Moshtagh Kahnomoie, M.H., Bijker, W., Sagheb-Talebi, K. (2004): The relation between annual diameter increment of *Fagus orientalis* and environmental factors (Hyrcanian forest),

- Proceedings from the 7th International Beech Symposium IUFRO Research Group 1.10.00 10-20 May 2004, Tehran, Iran: 1-28.
36. Pavlović, L., Stojanović, D., Mladenović, E., Lakićević, M., Orlović, S. (2019): Potential elevation shift of the European beech stands (*Fagus sylvatica* L.) in Serbia. *Frontiers in Plant Science* 10: 849.
  37. R Core Team (2020): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
  38. Sabo, A., Poršinsky, T. (2005): Skidding of fir roundwood by Timberjack 240C from selective forests of Gorski Kotar. *Croatian Journal of Forest Engineering* 26: 13-27.
  39. Sokolović Dž., Musić J., Gurda S., Halilović V., Bajrić M. (2011): Sekundarna mreža šumskih puteva na strmim terenima, Works of the Faculty of Forestry, University of Sarajevo No. 1: 73-83.
  40. Stefanović, V. (1977): Fitocenologija sa pregledom šumskih fitocenoza Jugoslavije. Zavod za udžbenike Sarajevo.
  41. Stefanović, V., Beus, V., Burlica, Č., Dizdarević, H., Vukorep, I. (1983): Ekološko vegetacijska rejonizacija Bosne i Hercegovine, Šumarski fakultet u Sarajevu, Posebna izdanja br. 17, Sarajevo.
  42. Stjepanović, S. (2019): Uticaj klime na rast i vitalnost stabala u zavisnosti od horizontalnog i vertikalnog rasprostranjenja bukovih šuma, Doktorska disertacija Novi Sad.
  43. Stojanović, D. (2014): Uticaj klimatskih promena na vezivanje ugljenika, rast i biodiverzitet bukovih šuma u Srbiji. Doktorska disertacija. Prirodno-Matematički fakultet, Departman za Biologiju i ekologiju. Univerzitet u Novom Sadu. Novi Sad.
  44. Stojanović, Lj. (2005): Bukva u Srbiji. Udruženje šumarskih inženjera i tehničara Srbije, Šumarski fakultet, Beograd.
  45. Stojanović, Lj., Krstić, M. (2008): Gajenje šuma – metodi prirodnog obnavljanja i negovanja šuma, Udžbenik, Planeta print, Beograd.
  46. Šilić, Č. (2005): Atlas dendroflora (drveće i grmlje) Bosne i Hercegovine. Matica Hrvatska Čitluk. Franjevačka kuća Masna Luka.
  47. Tiwari, O.P., Sharma, C. M., Rana, Y.S. (2020): Influence of altitude and slope-aspect on diversity, regeneration and structure of some moist temperate forests of Garhwal Himalaya. *Tropical Ecology*: 1-12.
  48. Vacca, S. (1992): La valutazione dei caratteri del territorio nella pianificazione-metodi ed applicazioni, Milano 1992.
  49. Vlada RS (2012): Strategija razvoja šumarstva Republike Srpske za period 2011-2021, Vlada Republike Srpske, Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede. Banja Luka.
  50. Yang, J., El-Kassaby, Y. A., Guan, W. (2020): The effect of slope aspect on vegetation attributes in a mountainous dry valley, Southwest China. *Scientific Reports* 10(1): 16465.
  51. Yücesan, Z., Hacısalihoglu, S., Kezik, U., Karadag, H. (2019): Effects of canopy on soil erosion and carbon sequestration in a pedunculate oak (*Quercus robur* L. subsp. *robur* L.) coppice stand during the conversion process into high forest. *Austrian Journal of Forest Science* 136(1): 45-66.