

BIOMASS POTENTIAL OF COMMON BEECH (*FAGUS SYLVATICA* L.) IN MANAGEMENT UNIT PAPUK ZVEČEVAČKI

POTENCIJAL BIOMASE OBIČNE BUKVE (*FAGUS SYLVATICA* L.) U GOSPODARSKOJ JEDINICI ZAPADNI PAPUK ZVEČEVAČKI

ZECIC, Zeljko; VUSIC, Dinko & FRANJIC, Borislav

Abstract: This paper presents the study of above-ground biomass of common beech trees in the m. u. Zapadni Papuk Zvečevački, sub-compartment 94A. A sample of 15 trees in DBH class range 13 cm to 47 cm was chosen. The amount and structure of the tree biomass was determined by the sectioning method and the weighing of the remaining unsectioned tree parts. Total gross volume of sample trees was 17.712 m³ over bark and 16.740 m³ under bark. Moisture was on average 45.0% and the average wood density was 1.153 g/cm³. Of the total volume 39.96% were logs, 30.91% cordwood, and 29.13% bark and losses.

Key words: biomass, common beech, potential

Sažetak: U radu su prikazana istraživanja nadzemne biomase stabala obične bukve u g. j. Zapadni Papuk Zvečevački, odsjek 94A. Odabran je uzorak od 15 stabala prsnog promjera od 13 cm do 47 cm. Količina i struktura biomase stabala određena je metodom sekcioniranja uz izvagu preostalih nesekcioniranih dijelova stabala. Ukupni bruto obujam stabala uzorka je 17,712 m³ s korom i 16,740 m³ bez kore. Vlaga je prosječno iznosila 45,0 %, a prosječna gustoća drva 1,153 g/cm³. Od ukupnog obujma 39,96 % otpada na trupce, 30,91 % na prostorno drvo, a 29,13 % na koru i gubitke.

Ključne riječi: biomasa, obična bukva, potencijal



Authors' data: Zeljko, Zecic, izv. prof. dr. sc., Šumarski fakultet Zagreb, Svetošimunska 25, Zagreb, zecic@sumfak.hr, Dinko, Vusic, dipl. inž. šum., Šumarski fakultet Zagreb, Svetošimunska 25, Zagreb, vusic@sumfak.hr Borislav, Franjic, Hrvatske šume d.o.o UŠP Požega, Milke Trnine 2, b_franjic@hotmail.com.

1. Uvod

U biosferi je temeljna funkcija biljnog svijeta transformirati sunčevu energiju u živu organsku tvar. Šumski ekosustavi u procesu fotosinteze proizvode biomasu koristeći velike količine ugljičnog dioksida i pri tome oslobađaju kisik, kojim se određuje opstanak i produžetak života na Zemlji.

Pred šumarsku je znanost i struku postavljen izazov, kako odgovoriti zahtjevima tržišta za povećanom potražnjom energetskog drva, odnosno novog šumskog proizvoda, drvnog iverja za energiju. Nužno je aktivirati sve potencijale drvene zalihe, koji postoje u našim šumama, prije svega korištenjem ukupne nadzemne biomase stabla primjenom novih tehnologija, koji do sada iz niza razloga nisu bili u potpunosti korišteni.

U energetske bilanci u Hrvatskoj 1965. ogrijevno drvo i drveni otpad iznosio 24,50 % ukupno utrošenih energenata. Od tada se uporaba drva smanjuje ponajviše zbog manjih cijena naftnih derivata i plina na tržištu na svega 3,00 % u 2002. godini [1].

2. Problematika i cilj istraživanja

Pojam „biomasa“ se opisuje kao količina žive tvari jednog ili više organizama ili njihovih dijelova izražen u težini suhe tvari po jedinici površine. Pod šumskom biomasom za uporabu u energetske ili druge svrhe najčešće se podrazumijeva biomasa nadzemnih dijelova stabala, uključujući deblo i krošnju s lišćem ili iglicama, dok panj za žiljem nije dostupan u prirodnim šumama i na nagnutim terenima.

Proizvodna funkcija šume je jedna od više funkcija po kojoj se na godišnjoj razini proizvede određena količina drvnih sortimenata za daljnju mehaničku preradu (trupci) ili direktnu uporabu (tanja tehnička oblovin) te prostorno drvo za energetske uporabu ili kemijsku preradu. Drvo je prvi energent koji je čovjek koristio i kojem duguje svoj opstanak od postanka pa sve do polovice dvadesetog stoljeća kada je drvo bilo glavna energetska sirovina.

Cilj je ovoga rada utvrditi ukupnu količinu nadzemne biomase obične bukve na istraživanom lokalitetu. Zatim odrediti strukturu i količinu po distribuciji stabala odnosno po jedinici površine i ukupno za gospodarsku jedinicu.

3. Materijal i metode

3.1. Mjesto i metode terenskog istraživanja

Istraživanje je provedeno na području Uprave šuma podružnice Požega u g. j. Zapadni Papuk Zvečevački, odsjek 94A. Istraživani odsjek starosti 100 godina, površine 37,77 ha nalazi se na nadmorskoj visini 320 – 400 m i IV. je boniteta. Prije sječe u sastojini se nalazilo 270 stabla po hektaru, a drvna je zaliha iznosila 237,89 m³/ha. Obučna je bukva bila zastupljena sa 86 %. Na radilištu su metodom slučajnog odabira izabrana primjerna stabla po debljinskim razredima u rasponu distribucije prsnih promjera. Uzorkom je obuhvaćeno 15 stabala.

Trenska istraživanja su obavljena pri redovitoj sječi i izradi stabala u napludnom sijeku. Rušenje i mjerenje stabala obavljeno je za vrijeme mirovanja vegetacije u

veljači. Na svakom je posjećenom stablu izmjeren prsni promjer i visina (duljina). Obujam krupnoga drva utvrđen je metodom sekcioniranja [2]. Granjevina je djelomično sekcionirana, od 7 cm do 3 cm s korom kao i krupno drvo, a ostalom nesekcioniranom dijelu granjevine tanje od 3 cm, određena je masa.

Nakon što je stablo razdijeljeno u sekcije duljina (l) od 2 m (min. 1 m, a max. 3 m) na sredinama sekcija izmjerena su dva nasuprotna promjera (d) i debljina kore na dva isječka kore sa svake sekcije. Obujam (v) pojedinih sekcija (s korom i bez kore) izračunat je Huberovom formulom.

$$v = \frac{d^2 \times \pi}{40000} \times l \quad (1)$$

Masa sitne granjevine nadzemne biomase stabla određena je vaganjem s točnošću od 0,5 kg.

Pri terenskim je mjerenjima izvršeno na svakom stablu uzorkovanje krupne granjevine do 7 cm s korom, zatim granjevine od 3 cm do 7 cm s korom te sitne granjevine tanje od 3 cm. Uzorci su mjereni neposredno nakon sječe stabala. Izvršeno je mjerenje mase svakoga uzorka u svježem stanju, obilježeni su i spakirani te dostavljeni u Laboratorij za šumsku biomasu Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

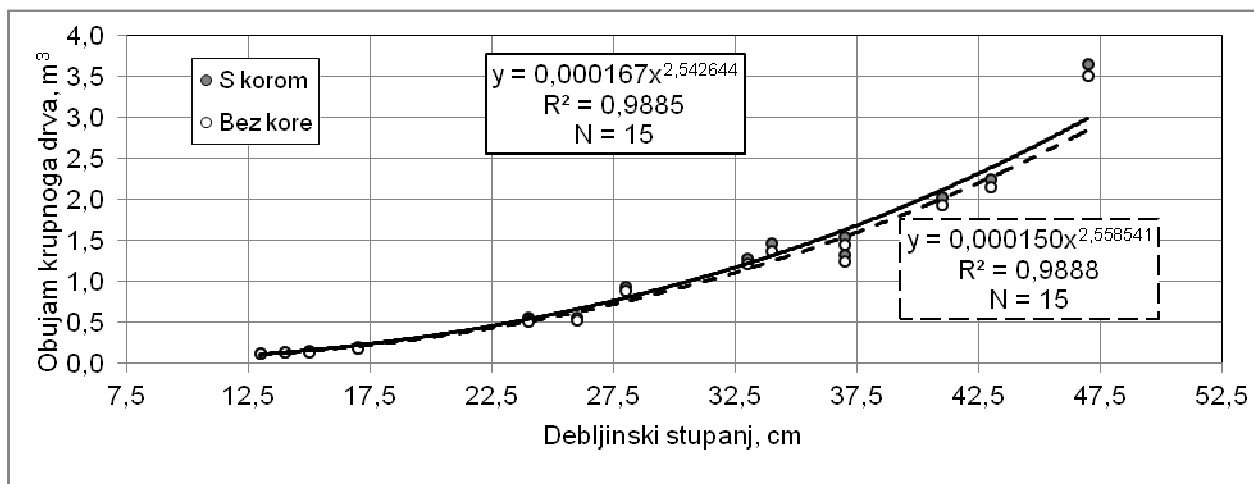
3.2. Laboratorijska istraživanja i obrada podataka

Na svakom je stablu uzeto po tri uzorka, koja se odnose na potencijalno energetska drvo, odnosno dijelovi stabla iz kojih se ne proizvodi tehnička obločina. Dimenzije kolotova uzoraka mjereni su šublerom zbog izračuna obujma odnosno gustoće drva. Uzorci grana debljih od 7 cm su pripremljeni za sušenje u sušioniku na temperaturi od 105 °C u trajanju od 24 sata, kako propisuje gravimetrijska metoda po normi HRN EN 14774-1:2010 Čvrsta biogoriva – Metode određivanja udjela vlage – Metoda sušionika. Na isti su način pripremljeni i obrađeni uzorci sitne granjevine.

Obrada podataka obavljena je matematičko-statističkim metodama. Obujma krupnoga drva izračun je regresijskom eksponencijalnom jednaždbom (slika 1). Na temelju krivulja izjednačenja izračunat je obujam krupnoga i sitnoga drva za srednje plošno stablo. Izračunati obujam drva je na temelju gustoće svježega drva bukve u iznosu od 1,153 g/cm³ preračunat u masu drva. Masi izmjenenoga obujma pribrojena je izjednačena masa nesekcioniranoga dijela stabla. Ukupna masa stabala u svježem stanju je reducirana na masu u apsolutno suhom stanju (biomasu) sukladno rezultatima istraživanja kojima je utvrđeno da u svježem stanju prosječno 45,0 % nadzemne mase krupnog drva i 43,7 % sitne granjevine stabla čini voda. Umnoškom broja stabala po hektaru sa biomasom srednjega plošnog stabla izračunata je količina biomase po površini i iskazana u tonama po hektaru.

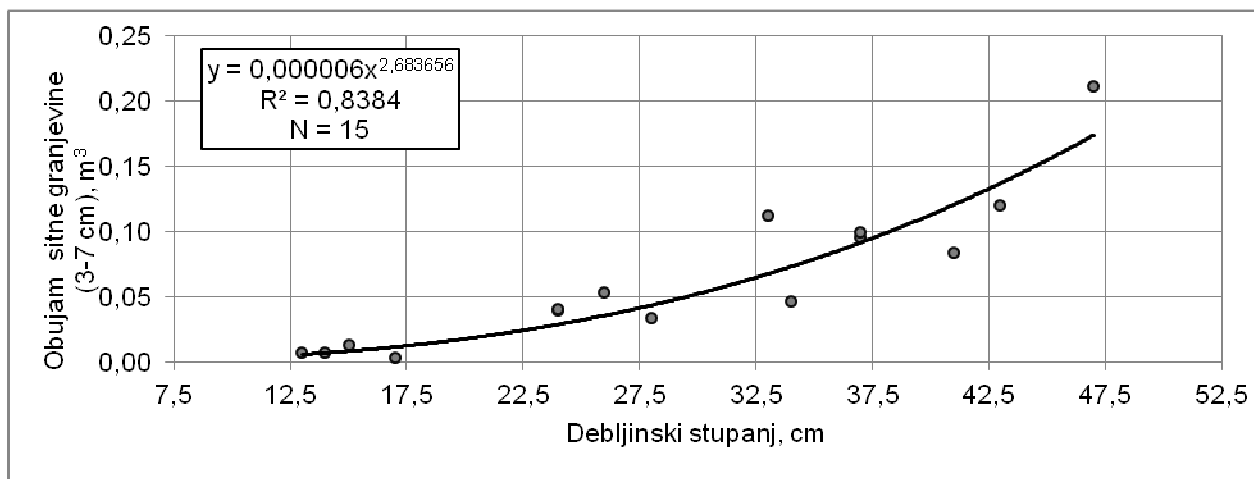
4. Rezultati i rasprava

Srednja sastojinska visina stabala iznosi 25 m, a visina uzorka iznosi 24,9 m što potvrđuje relevantnost samoga uzorka. Srednji prsni promjer stabala u uzorku iznosi 29 cm, a u sastojini 33 cm.



Slika 1. Ovisnost obujma krupnoga drva s korom i bez kore o prsnom promjeru stabla

Obujam pojedinih stabala s korom u uzorku iznosi $0,166 \text{ m}^3$ za prsni promjer 13 cm pa sve do $3,875 \text{ m}^3$ za prsni promjer 47 cm, dok se obujam bez kore kreće između $0,145 \text{ m}^3$ i $3,690 \text{ m}^3$.



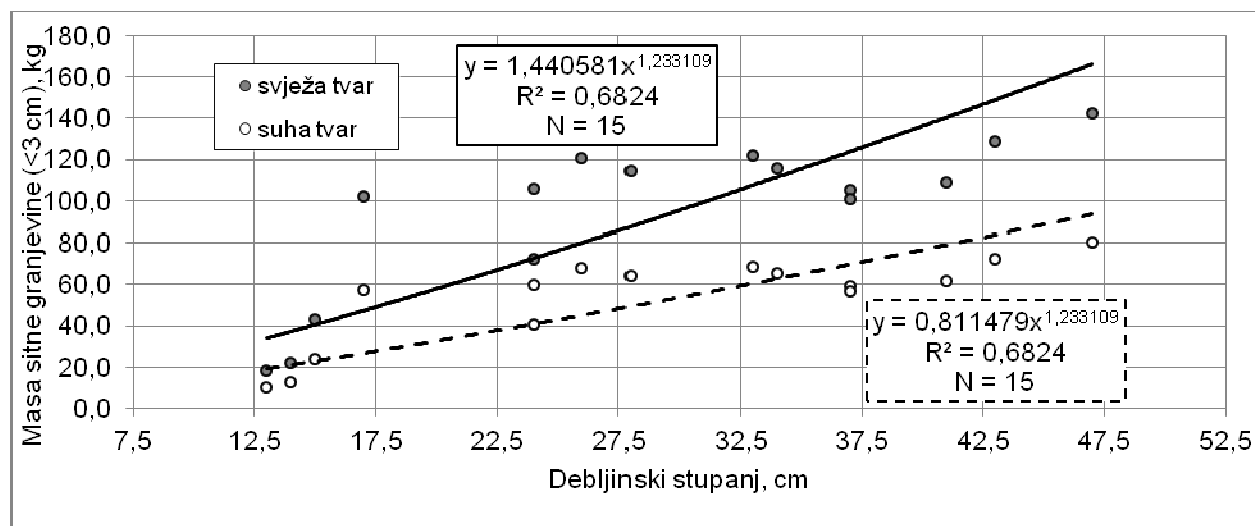
Slika 2. Ovisnost obujma sitnoga drva o prsnome promjeru stabla bukve

Obujam kore u uzorku iznosi $0,8505 \text{ m}^3$, a dobiven je kao razlika ukupnog obujma krupnog drveta s korom i bez kore te prosječno po stablu iznosi $0,0567 \text{ m}^3$. Postotni udio kore iznosi 5,61 % u bruto obujmu. Prosječni postotak kore tehničke oblovine izračunat prema drvnom obujmu s korom na području Bilogore iznosi 4,8 % [3]. Na Papuku je utvrđen prosječni postotni udio kore bukve u obujmu krupnog drva stabla od 6,3 % u starijim i 5,9 % u mladima sastojinama [4].

Obujam sitnoga drva (promjera od 3 cm do 7 cm s korom) s povećanjem prsnoga promjera stabla raste (slika 2), a kreće se između $0,0053 \text{ m}^3$ u debljinskom stupnju 12,5 cm do $0,1896 \text{ m}^3$ u debljinskom stupnju 47,5 cm, što prosječno po stablu iznosi $0,0733 \text{ m}^3$.

Na uzorku je ukupno izmjereno 1400 kg sitne granjevine (tanje od 3 cm) svježega drva što prosječno po stablu iznosi 94,85 kg. Sušenjem u sušioniku utvrđena je apsolutno suha drvena tvar uzorka, drvena biomasa sitne granjevine. Pomoću formule 2, a prema normi za čvrsta biogoriva, izračunan je postotni udio (M) vlage sitne granjevine, gdje je W_w – masa svježeg drva, W_o – masa apsolutno suhog drva.

$$M = \frac{W_w - W_o}{W_w} \times 100 \quad (2)$$



Slika 3. Ovisnost mase sitne granjevine o prsnome promjeru stabla bukve

U tablici 1 su prikazani rezultati istraživanja na razini prsnog promjera srednjega stabla debljinskog stupnja istraživane sječine iskazani u obujmu svježega drva i u tonama suhe tvari (količini biomase) po sastavnicama.

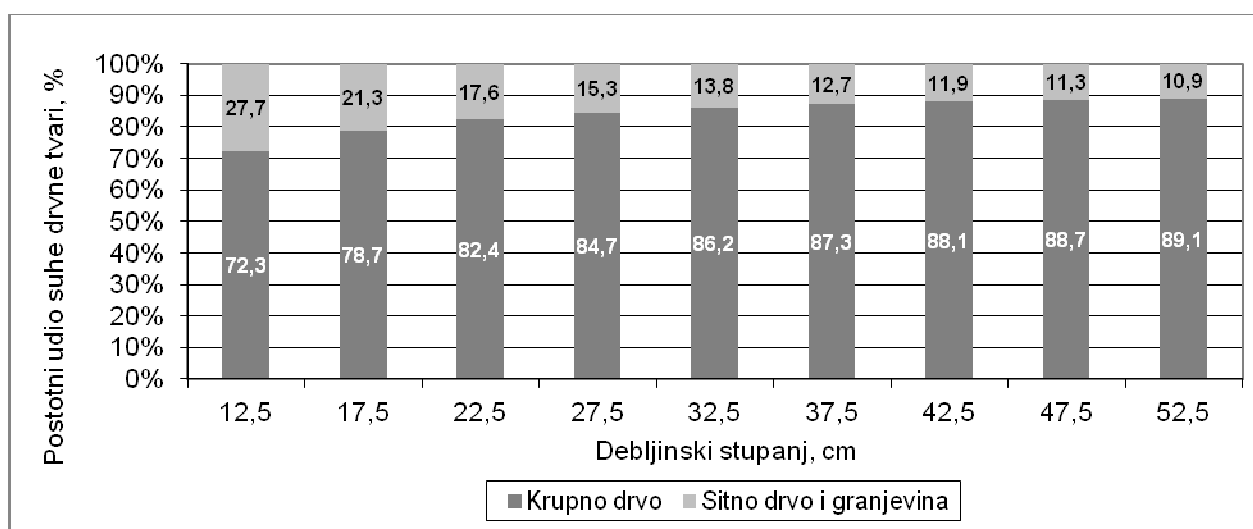
U tablici 1 prikazan je obujam krupnog drvo debljega od 7 cm s korom, zatim sitnoga drva debljine od 3 cm do 7 cm s korom te ukupni obujam po stablu od 3 cm na više. Obujam krupnoga drva stabla s korom izračunan je prema formuli prikazanoj na slici 1, a obujam sitnoga drva prema formuli prikazanoj na slici 2. Ukupni obujam stabla do 3 cm s korom iznosi 0,108 m³ u debljinskom stupnju 12,5 cm pa sve do 4,197 m³ u debljinskom stupnju 52,5 cm. Prosječna gustoća drva bukve u uzorku iznosi 1,153 t/m³. Temeljem toga je izračunana masa svježega drva po debljinskim stupnjevima i prikazana u tablici 1.

Suha drvena tvar je izračunana na temelju podataka laboratorijskih istraživanja. Prema podacima za drveni obujam do 3 cm s korom utvrđen je prosječni iznos od 55,00 % suhe drvene tvari u masi svježeg drva, odnosno prosječno 45,00 % vlage. Temeljem toga je izračunana masa krupnoga drva, koja se kreće od 0,057 t (12,5 cm) do 2,172 t (52,5 cm) i masa sitnoga drva u iznosu od 0,003 t do 0,157 t za iste debljinske stupnjeve (tablica 1).

Debljinski stupanj	Svježe drvo				Suha drvena tvar				
	Krupno drvo	Sitno drvo	Ukupno	Ukupno	Krupno drvo	Sitno drvo	Sitna granjevina	Sitno drvo i granjevina	Ukupno stablo
	> 7 cm	3-7 cm	> 3 cm		> 7 cm	3-7 cm	< 3 cm	< 7 cm	
cm	m ³			t	T				
12,5	0,103	0,0053	0,108	0,125	0,057	0,003	0,018	0,021	0,078
17,5	0,242	0,0130	0,255	0,294	0,133	0,008	0,028	0,036	0,169
22,5	0,458	0,0255	0,483	0,557	0,252	0,016	0,038	0,054	0,306
27,5	0,763	0,0437	0,807	0,930	0,420	0,028	0,048	0,076	0,496
32,5	1,167	0,0685	1,235	1,424	0,642	0,043	0,059	0,103	0,744
37,5	1,678	0,1005	1,779	2,051	0,923	0,064	0,071	0,135	1,058
42,5	2,307	0,1407	2,448	2,823	1,269	0,089	0,083	0,172	1,441
47,5	3,062	0,1896	3,251	3,749	1,684	0,120	0,095	0,215	1,899
52,5	3,949	0,2480	4,197	4,839	2,172	0,157	0,107	0,265	2,436

Tablica 1. Obujam i masa svježeg drva, masa suhe drvene tvari bukve po debljinskim stupnjevima u 94A odsjeku

Suha drvena tvar sitne granjevine izračunana je također prema rezultatima laboratorijskih istraživanja, a za izračun je korištena formula prikazana na slici 3. Sitna granjevina, tanja od 3 cm, iznosi 0,018 t za stabla debljinskog stupnja 12,5 cm do 0,107 t kod stabla debljinskog stupnja 52,5 cm. Ukupna nadzemna biomasa stabla (suha drvena tvar) iznosi 0,078 t u debljinskom stupnju 12,5 cm pa do 2,436 t u debljinskom stupnju 52,5 cm. Postotni udio krupnoga drva te sitnog drva i granjevine prikazan je na slici 4.



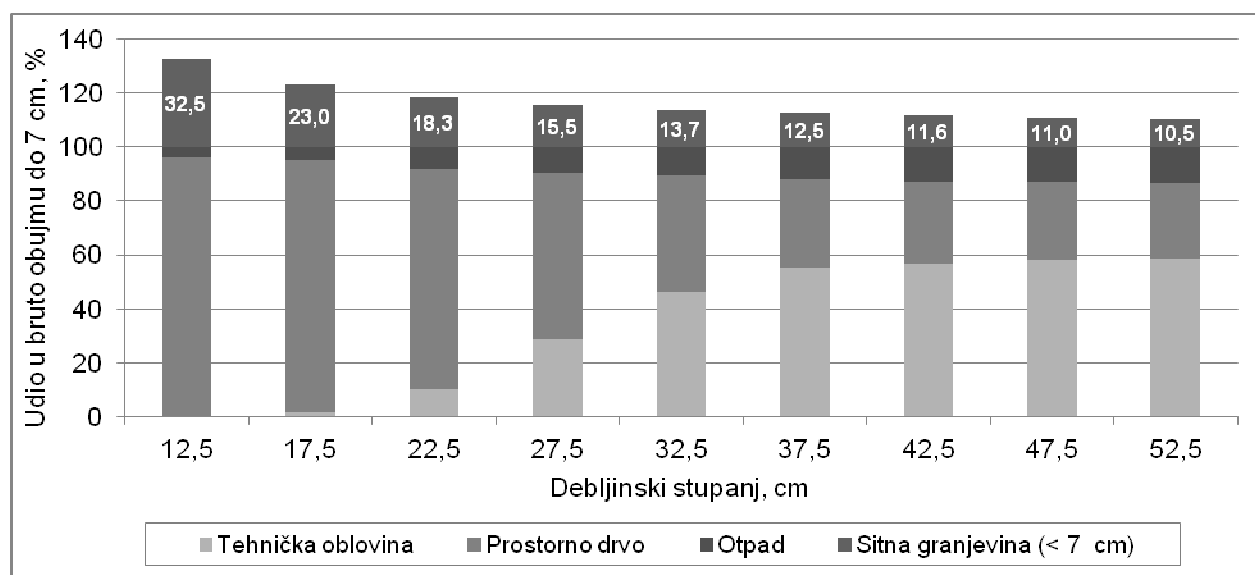
Slika 4. Postotni udio suhe drvene tvari (biomase) krupnoga i sitnoga drva u nadzemnom dijelu stabla

Udio biomase krupnoga drva debljega od 7 cm s korom i sitnoga drva tanjega od 7 cm s korom značajno se razlikuje po stablu, odnosno po debljinskim stupnjevima. Prema izračunima tablice 1 i prikazu na slici 4 te odnosa krupnoga i sitnoga drva, najmanje je sitne granjevine kod debljih stabala bukve (52,5 cm), gdje krupno drvo

iznosi 89,14 %, a sitna granjevina 10,86 %. Sitno drvo i granjevina obične bukve za stablo od 12,5 cm iznosi 27,67 %, a krupno drvo 72,33 %. Na istraživanom lokalitetu, za srednje plošno stablo bukve od 33 cm, krupno drvo je zastupnjeno sa 86,32 %, a sitno drvo s prosječno 13,68 % u ukupnoj nadzemnoj biomasi stabla.

Ukupna biomasa (suha drvena tvar) obične bukve po jedinici površine ovisi o srednjem plošnom stablu, odnosno distribuciji stabala drvene zalihe te distribuciji stabala predviđenih za određenu vrstu sijeka.

Obujam krupnoga drva do 100 % iznosa (slika 5) izračunan je prema jednadžbi na slici 1 za obujam krupnog drva s korom. Izračun i prikaz postotnog udjela tehničke oblovine, prostornog drva i otpada u ukupnom obujmu krupnoga drva napravljen je prema operativnim sortimentnim tablicama za bukvu u regularnim sastojinama. Obujam granjevine od 3 cm do 7 cm izračunan je prema jednadžbi prikazanoj na slici 2. Izračun postotnog udjela sitne granjevine, tanje od 3 cm, napravljen je prema jednadžbi za masu svježe drvene tvari (slika 3) pa je ukupna masa podjeljena s prosječnom gustoćom od 1,153 kg/t i preračunana na obujam te stavljena u odnos obujma krupnoga drva.



Slika 5. Postotni udio suhe drvene tvari (biomase) po sastavnicama u obujmu nadzemnog dijela stabla

Ukupni je obujam stabla do 7 cm s korom (bruto obujam stabla) prikazan kao 100 %, a obujam sitne granjevine tanje od 7 cm kao postotni udio na bruto obujam stabla što zajedno čini ukupni obujam nazemnog dijela stabla. Za srednje plošno stablo od 33 cm, koje se nalazi u istraživanom odsjeku 94 A, a spada u debljinski stupanj od 32,5 cm, postotni obujam sitne granjevine iznosi 13,7 %. Za operativnu uporabu u šumarstvu ovi se rezultati istraživanja mogu koristiti u faktorskom obliku. Pa bi tako, temeljem postojećih tablica za izračun bruto obujma stabla bukve, bilo moguće primjeniti faktor 1,325 za izračun ukupnog obujma nadzemnog dijela stabla u

debljinskom stupnju od 12,5 cm. Za srednje plošno stablo od 33 cm faktor povećanja obujma iznosi 1,137.

Potencijal energetskog drva u nadzemnoj biomasi bukve ovisi o prsnom promjeru stabla te o udjelu tehničke oblovine za daljnju mehaničku preradu. U debljinskom stupnju 12,5 cm nema tehničke oblovine, dok se u debljinskom stupnju 17,5 cm nalazi svega 1,5 %, a prostali dio se odnosi na energetsko drvo. U debljinskom stupnju 22,5 cm tehnička je oblovina zastupljena s 10,00 % a s 58,80 % u debljinskom stupnju 52,5 cm (slika 5). Postotni planski dio otpada, koji se kreće od 4,0 % (12,5 cm) do 13,3 % (52,5 cm) će se primjenom novih tehnologija pridobivanja drvene biomase za energiju djelomično smanjiti te će se povećati ukupno iskorištenje stabla.

Način gospodarenja	Površina ha	Broj stabala N/ha	Srednje plošno stablo cm	Masa suhe drvene tvari						
				srednjeg plošnog stabla					Σ	
				> 7 cm		< 7 cm		Σ		
				t	%	t	%	t	t/ha	t
Preborno	1.828,53	156	28	0,506	86,50	0,079	13,50	0,585	91,193	166.749,136
Regularno - Prethodni prihod	2.029,09	244	22	0,274	84,05	0,052	15,95	0,326	79,452	161.215,259
Regularno - Glavni prihod	318,45	103	31	0,656	87,47	0,094	12,53	0,750	77,432	24.658,220
Ukupno/ prosječno	4.176,07	195	25							352.622,615

Tablica 2. Masa suhe drvene tvari bukve u g.j. Zapadni Papuk Zvečevački

Masa suhe drvene tvari bukve u g.j. Zapadni Papuk Zvečevački prikazana je u tablici 2 prema načinu gospodarenja, broju stabala po jedinici površine i srednjem plošnom stablu. U ukupnoj površini gospodarske jedinice najviše je zastupljeno regularno gospodarenje s prethodnim prihodom (proredne sječe) od 48,59 % i glavnim prihodom (oplodne sječe) od 7,62 %, a na preborno gospodarenje otpada 43,79 %. Prosječni ponderirani broj stabala prema površini iznosi 195, a prosječni ponderirani prsni promjer srednjeg plošnog stabla iznosi 25 cm. Masa suhe drvene tvari je prikazana po načinu gospodarenja, odnosno prema srednjem plošnom stablu krupnoga do 7 cm i sitnoga drva tanjega od 7 cm. Izvršen je izračun ukupne mase suhe drvene tvari po stablu, po jedinici površine i po načinu gospodarenja.

Ukupna se količina biomase bukve kreće od 77,432 t/ha do 91,193 t/ha te ovisi o broju stabala po jedinici površine i srednjem plošnom stablu. Biomasa sitne granjevine također ovisi o prsnom promjeru srednjeg plošnog stabla i broju stabala po hektaru, a kreće se od 9,70 t/ha u oplodnim sječama glavnog prihoda, zatim 12,32 t/ha u prebornim sječama pa sve do 12,67 t/ha u prorednim sječama regularnih sastojina.

5. Zaključak

Analizom rezultata istraživanja na razini pojedinih debljinskih stupnjeva odnosno stabala nalazimo da se biomasa (suha drvena tvar) sitne granjevine kreće od 27,67 % (12,5 cm) do 10,85 % (52,5 cm) ili prosječno u uzorku 13,86 % u ukupnoj nadzemnoj biomasi stabla.

Prema podacima sortimentnih tablica tehnička oblovina je zastupljena od 1,50 % do 58,80 % u debljinskom stupnju 17,5 cm, odnosno 52,5 cm. Preostali se postotni udio odnosi na prostorno/energetsko drvo.

Ukupna biomase bukve iznosi od 77,432 t/ha do 91,193 t/ha te ovisi o broju stabala po jedinici površine i srednjem plošnom stablu, a od toga sitna granjevina iznosi 9,70 t/ha u oplodnim sječama glavnog prihoda, zatim 12,32 t/ha u prebornim sječama i 12,67 t/ha u prorednim sječama regularnih sastojina.

Za operativnu uporabu u šumarstvu moguće primjeniti faktor od 1,137 za izračun ukupnog obujma nadzemnog dijela stabla za prsni promjer stabla od 33 cm. Analogno tome i za sve ostale debljinske stupnjeve ili za srednje plošno stablo određene sastojine.

Tržišna konkurentnost proizvoda i usluga podrazumijeva uvođenje novih tehnologije odnosno proizvodnih sustava za pridobivanje šumske biomase. Neophodno je usklađivanje cijena drvnih proizvoda i šumske biomase za energiju s cijenama na tržištu Europske Unije.

6. Literatura

- [1] Krpan A. P. B., Zečić, Ž., Stankić, I. (2007). Biomasa nekih domaćih vrsta šumskog drveća (Biomasse of some local forest tree species). *Znanstveno savjetovanje HAZU Zagreb, Poljoprivreda i šumarstvo kao proizvođači obnovljivih izvora energije*, Matić, S. (urednik), str. 75-87, ISBN 978-953-154-777-2, Zagreb, 11. 2007., Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb
- [2] Pranjić, A., Lukić, N., 1997: *Izmjera šuma*. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, ISBN 953-6307-26-X, Zagreb
- [3] Prka, M., 2004: Debljina kore obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) u sječinama Bjelovarske Bilogore. *Šumarski list*, 128. 7-8, (8. 2004.) 391-403, ISSN 0373-1332
- [4] Krpan A. P. B., 1986: Kora bukve sa stanovišta eksploatacije šuma. *Kolokvij o bukvi – savjetovanje asistentske sekcije*, Krpan, A. P. B. (urednik), str. 77-88, Velika, 11. 1984., Sveučilište u Zagrebu – Šumarski fakultet, Zagreb



Photo 139. Hut / Koliba