

Biomasa nadzemnoga dijela stabla obične jele, europskoga ariša i crnoga bora

Željko Zečić, Dinko Vusić, Zoran Štimac, Matija Cvekan, Ante Šimić

Sažetak – Abstract

U radu je prikazano istraživanje biomase nadzemnoga dijela stabla obične jele, europskoga ariša i crnoga bora. Rezultati su iskazani masom apsolutno suhe tvari drva debela, kore debela i grana. Istraživanje je provedeno na 15 stabala obične jele na području UŠP Delnice, 28 stabala europskoga ariša na području UŠP Koprivnica i 40 stabala crnoga bora na području UŠP Split.

Obujam drva debela i kore debela utvrđen je metodom sekcioniranja. Određena je masa grana i prosječni udio vlage grana. Izjednačene vrijednosti obujma drva debela i kore debela pretvorene su u masu suhe tvari pomoću prosječnih obujamnih težina apsolutno suhog drva, odnosno apsolutno suhe kore. Izjednačene vrijednosti mase grana umanjene za prosječni udio vode rezultiraju masom suhe tvari grana.

Konstruirani su grafički prikazi s pripadajućim formulama izjednačenja ovisnosti mase suhe tvari drva debela, kore debela i grana o prsnom promjeru stabala istraživane vrste drveća.

Ključne riječi: nadzemna biomasa, suha tvar, obična jela, europski ariš, crni bor

1. Uvod – Introduction

Osnovna je funkcija biljnoga svijeta u biosferi transformacija Sunčeve energije u živu organsku tvar. U procesu fotosinteze, koja neposredno određuje opstanak i produžetak života na Zemlji, šumski ekosustavi proizvode biomasu koristeći veliku količinu ugljičnoga dioksida i pri tome oslobađaju kisik (Vlatković 1987). Lukić i Kružić (1996) biomasu definiraju kao iznos žive tvari jednoga ili više organizama (ili njihovih dijelova) izražen u težini suhe tvari po jedinici površine. Pod šumskom biomasom prikladnom i dostupnom za upotrebu u energetske ili druge svrhe najčešće se razumijeva biomasa nadzemnih dijelova stabala, uključujući deblo i krošnju s lišćem (iglicama), dok panj sa žiljem nije dostupan u prirodnim šumama i na nagnutim terenima (Krpan 1996).

Drvo je prva energetska tvar koju je čovjek koristio i kojoj duguje svoj opstanak, a sve do polovice dvadesetoga stoljeća drvo je bilo i glavna energetska sirovina (Nikolić 1987). Intenzivna upotreba šumske biomase za energiju i u vezi s tim sve veće istraživanje potencijala biomase i tehnologije prodobivanja biomase neraskidivo je vezano uz razdoblja energetske krize. Iako se u klasičnoj klasifikaciji vrsta energetske-toplinskih izvora s drvom, ogrjevnim drvom

i drvnim ugljenom uvijek računalo kao s jednim od najstarijih energetske izvora (Bura 1987), čovječanstvo se u svojoj nedavnoj prošlosti okretalo biomasi kao dodatnomu izvoru energije upravo u trenucima velikoga porasta cijena nafte. Bura (1987) navodi 1978. godinu kao prijelomnu godinu u upotrebi šumske biomase za energiju. Te godine na međunarodnoj razini započinju istraživanja u tri glavna smjera: uzgajanje brzorastućih vrsta drveća namijenjenih isključivo energetici, tehnologija sječe, pripreme i usitnjavanja drveta i konverzija biomase u tekuće biogorivo. U Hrvatskoj se proizvodnja drvnoga iverja u sustavu pridobivanja drva prvi put istražuje 1983. godine u sječinama SŠGO »Slavonska šuma« (Slabak 1987), a proizvedene se količine koriste za proizvodnju ambalažnoga papira u tvornici »Belišće«.

Prema Šumskogospodarskoj osnovi za razdoblje od 2006. do 2015. godine (Anon. 2006a) istraživane vrste drveća zastupljene su s 9 % u šumskom fondu Republike Hrvatske. Ukupna drvena zaliha obične jele iznosi 31 406 000 m³ ili 7,9 %, europskoga ariša 520 000 m³ ili 0,1 % i crnoga bora 3 890 000 m³ ili 1,0 %.

Šumska drvena biomasa, pri gospodarenju šumama na principu potrajnosti, obnovljiv je izvor energije. Povećavanjem njezina iskoštavanja povećava se udio obnovljivih izvora energije u ukupnoj energetskej

bilanci prema smjernicama Europske unije (Direktiva 2001/77/EC). Nadalje, sustavna upotreba šumske biomase za proizvodnju toplinske i električne energije u suvremenim postrojenjima rezultira novim radnim mjestima u energetske sektoru i u lancu proizvodnje i dobave drvnoga iverja, što je posebno značajno za ruralna područja u kojima se i obavlja glavnina radova.

2. Problematika i cilj istraživanja – *Scope and aim of research*

Zbog povećanja potražnje za energetske drvom sve se više upotrebljava šumska drvena biomasa. Razvoj tehnologije omogućuje pridobivanje drva uz niže troškove u šumama koje rastu na nepovoljnim terenima, sječinama manjih sječnih gustoća i vrlo maloga udjela tehničke oblovine. Zbog navedenoga stabla manjih dimenzija i dijelovi stabla koji nisu bili komercijalno iskoristivi danas su potencijalna sirovina za proizvodnju novoga šumskoga proizvoda – drvnoga iverja za energiju.

Bojanin (1987) piše da pri klasičnoj sječi i izradi od nadzemnoga dijela stabla ostaje u šumi do 30 % te da bi se iveranjem taj dio drvene biomase mogao gotovo u potpunosti iskoristiti.

U načinu planiranja i kontrole proizvodnje drva u Hrvatskoj polazište su za izračun količina pripadajuće obujamne tablice i sortimentne tablice za pojedine vrste drveća. »Tablice obujma krupnoga drva« prikazuju količinu drva ograničenu minimalnim promjerom bez kore do 7 cm, a »Tablice ukupnoga obujma drva« prikazuju količinu drva ograničenu minimalnim promjerom bez kore do 3 cm izraženu u kubnim metrima (Meštrović i Fabijanić 1995). Dakle, prilikom izrade tablica pretpostavljena je iskorištenost krupnoga drva ili završno sa sortimentom sječenice minimalne dimenzije 3 cm (HRN D. B. 023 1979).

Teoretski je sirovina za proizvodnju drvnoga iverja za energiju cijelo stablo, odnosno njegov nadzemni dio. Praktično drveno iverje se proizvodi iz manje vrijednih dijelova stabala ili cijelih stabala čije dimenzije ili kakvoća ne dopuštaju izradu tehničkih, uglavnom vrednijih drvnih sortimenata za daljnju mehaničku preradu ili izravnu upotrebu.

Razvrstavanje prostornoga drva na drvo za celulozu, drvo za drvene ploče, drvo za ogrjev i dr. više je posljedica potražnje određene sirovine na tržištu nego značajka drvnoga sortimenta (Nikolić 1987). Stoga se u današnje vrijeme pri proizvodnji drvnoga iverja za energiju većinom koristi višemetarsko prostorno drvo odnosno cijela krošnja stabla.

Prpić (2010) piše da se za proizvodnju drvnoga iverja za energiju danas najčešće upotrebljava ogrjev-

no drvo, postojeći sortiment koji već ima svoje tržište, dok šumski ostatak i dalje ostaje u šumi. Naglašava velik potencijal šumske biomase iz čišćenja i nekomercijalnih proreda.

Pod šumskim drvnim ostatkom Kulušić prema Pintariću (1987) razumijeva stablo ili dijelove stabla koji nakon sječe ostaju u šumi neiskorišteni za neposrednu upotrebu. Kao razlog njihove neiskorištenosti navodi činjenicu da su neposredni troškovi izrade i iznošenja toga drva do mjesta upotrebe veći od tržišne ili priznate vrijednosti te drvene sirovine. Po navedenoj definiciji pojam šumskoga drvnoga ostatka identičan je pojmu »sitno drvo« pod kojim se razumijeva drveni obujam stabla ili dijelova stabla od kojih je moguće izraditi šumske drvene sortimente (definirane normama), ali uz negativne financijske učinke. Prema tomu, šumski drveni ostatak što se tiče iskorištenosti nije primarno tehnička i tehnološka, već ekonomska kategorija koja bi trebala podlijegati zakonitostima slobodnoga tržišta (odnosu troškova proizvodnje i cijene proizvoda), kao što bi uostalom trebao i svaki drugi šumski proizvod.

Mogućnost iskorištavanja postojeće biomase stabla, osim navedenoga, ovisi i o odabranoj metodi izrade odnosno tehnologiji. Stabla i njihove dijelove moguće je iverati u sječini, na vlaci/traktorskom putu, na pomoćnom ili glavnom stovarištu. Strojna sječa i iveranje stabala samohodnim iveračima rezultira najvećom iskorištenošću ukupne nadzemne biomase stabla, dok je kod svih ostalih metoda realno očekivati manju iskorištenost. Neovisno o metodi koja se primjenjuje, nužno je za planiranje i za kontrolu radova poznavati ukupnu početnu količinu sirovine kojom raspolažemo.

Za detaljno istraživanje nadzemne biomase stabla stablo treba posjeći i mjerenjem utvrditi količinu drvene tvari. Sekcioniranjem se utvrđuje ukupni obujam stabla zaključno s 3 cm promjera, a ostatak biomase razvrstava se ovisno o udjelu vlage (svježe ili suhe grane), određuje mu se masa i uzorkuje se radi utvrđivanja količine apsolutno suhe tvari. Metoda je vremenski, a samim time i financijski zahtjevnija. Drugi je problem određivanje veličine i reprezentativnosti uzorka s obzirom na različite stanišne uvjete koji se odražavaju na fenotip primjernih stabala i posljedično na količinu nadzemne biomase.

Unatoč navedenom mnogi su znanstvenici za potrebe šumarske prakse konstruirali jednadžbe izjednačenja količine biomase s lako mjerljivim parametrima stabla (najčešće prsnom promjeru) i izradili pripadajuće tablice nadzemne biomase stabla, odnosno dijelova stabla.

Young i dr. (1964) objavljuju tablice mase dijelova stabla u svježem i suhom stanju za sedam vrsta drveća u američkoj saveznoj državi Maine. Alemdag

(1982) istražuje odnos količine suhe tvari dijela debla i pripadajuću količinu suhe tvari kore iznad promjera debla koji je odabran kao granični promjer do kojega se izračuje i koristi drvo te dijela debla ispod odabranoga promjera. Istraživanja provodi na pet vrsta četinjača i četiri vrste listača u kanadskoj provinciji Ontario i predlaže pripadajuće formule za izračun suhe tvari.

Hakkila (1989) u svojoj knjizi objavljuje spoznaje o potencijalu i značajkama šumske biomase kao sirovine za proizvodnju drvnoga iverja te prikazuje tadašnje sustave pridobivanja. Johansson (1999) iskazuje proizvodnju biomase u količini suhe tvari za sastojine obične smreke podignute na napuštenom poljoprivrednom zemljištu. Formule za izračun nadzemne i podzemne biomase dijelova stabla breze u Finskoj objavljuje Repola (2008). Isti autor 2009. daje jednadžbe za izračun biomase stabala običnoga bora i obične smreke.

Sličnom metodologijom razni su autori dolazili do rezultata kojima je zajedničko da su primjenjivi na istraživane vrste u ekološkim uvjetima sličnima području istraživanja. Stoga su za praktičnu upotrebu u hrvatskom šumarstvu informativnoga karaktera, što ukazuje na potrebu za istraživanjem potencijala biomase vrsta drveća u našim šumama.

U Hrvatskoj Lukić i Kružić (1996) objavljuju rezultate istraživanja biomase srednjih sastojinskih stabala srednjodobnih i starih sastojina hrasta lužnjaka, poljskoga jasena, običnoga graba i obične bukve za koju konstruiraju modele izračuna mase deblvine i ukupne mase.

Kajba i dr. (1998, 2004, 2007) istražuju produkciju biomase vrba, a Krpan i dr. (2007) istražuju biomasu glavnih gospodarskih vrsta drveća u Hrvatskoj i iskazuju je postotnom strukturom ukupnoga obujma stabala pojedinoga debljinskoga razreda. Topić i dr. (2009) istražuju biomasu planike u panjačama otoka Brača. Iskorištavanje obujma i vrijednost drvnih sortimentna posušenih stabala obične jele istražuju Zečić i dr. (2009).

Prema Šumskogospodarskoj osnovi za razdoblje od 2006. do 2015. godine (Anon. 2006a) propisani desetogodišnji etat za običnu jelu iznosi 5 429 000 m³ odnosno 8,3 % ukupnoga etata, za europski ariš 77 000 m³ (0,1 %), a za crni bor 273 000 m³ (0,4 %). Planirani postotni odnos tehničkoga drva, prostornoga drva i otpada za običnu jelu iznosi: 55 % : 28 % : 17 %, za europski ariš 31 % : 51 % : 18 %, a za crni bor 26 % : 54 % : 20 %. Relativno malen udio tehničkoga drva kod europskoga ariša i crnoga bora ponajprije je uvjetovan manjim prsnim promjerima stabala. U kategoriju prostornoga drva ubraja se prostorno drvo za daljnju industrijsku preradu i prostorno drvo za ogrjev. Kod većine crnogoričnih vrsta, pa tako i

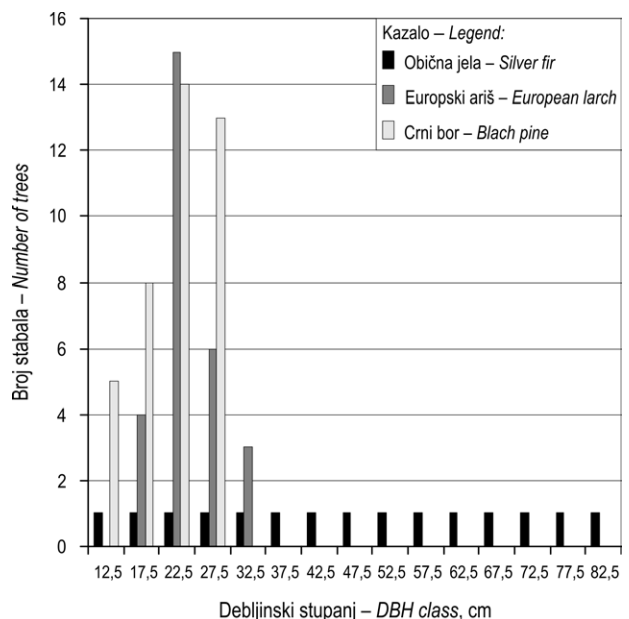
kod istraživanih glavnina se prostornoga drva klasificira kao drvo za preradu. Povećanje potražnje za energetskim drvom djelomično će se zadovoljiti iz kategorije prostornoga drva, čiji je desetogodišnji planirani etat približno 168 600 m³ za tri istraživane vrste. U kategoriji otpada najveći dio čini kora, koja se prema važećim normama ne obračunava u obujam drvnih sortimenata crnogoričnih vrsta te se isporučuje bez naplate, a krajnja joj je upotreba uglavnom proizvodnja energije u kotlovnica drvoprerađivača.

Cilj je ovoga rada utvrditi količinu nadzemne biomase stabala obične jele, europskoga ariša i crnoga bora te konstruirati jednadžbe izjednačenja ovisnosti mase suhe tvari grana, drva debla i kore debla o prsnom promjeru stabla pojedine istraživane vrste.

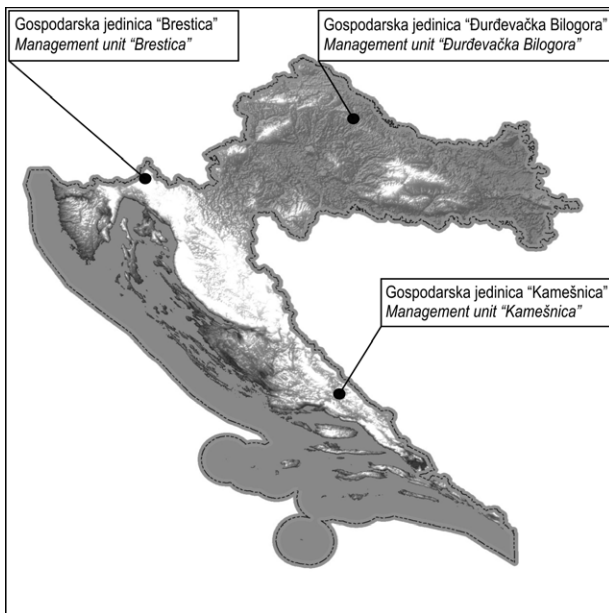
3. Materijal i metode istraživanja *Material and methods of research*

Istraživanje je obavljeno u redovitoj sječi na 15 stabala obične jele tijekom ljeta 2008. godine, na 28 stabala europskoga ariša tijekom zime 2009. godine i na 40 stabala crnoga bora u ljetu 2010. godine. Stabla su u sječinama odabrana metodom slučajnoga uzorka. Distribucija je stabala uzorka prikazana na slici 1.

Terenski dio istraživanja na stablima obične jele obavljen je u odsjecima 16 A i 46 A gospodarske jedinice »Brestica« Šumarije Prezid, UŠP Delnice. Odsjek 16 A površine 17,93 ha pripada u uređajni



Slika 1. Distribucija stabala uzorka
Fig. 1 Distribution of sample trees



Slika 2. Mjesta istraživanja
Fig. 2 Research sites

razred gospodarske šume obične smreke. Nalazi se na nadmorskoj visini od 1050 m do 1160 m. Drvna zaliha iznosi 369,05 m³/ha, od čega na običnu jelu otpada 94,26 m³/ha. Od 541 stabla po hektaru 80 je jelovih. Površina odsjeka 46 A je 20,19 ha. Uređajni je razred gospodarska šuma sjemenjača obične bukve. Nadmorska je visina od 1300 m do 1455 m. Drvna zaliha iznosi 162,95 m³/ha. Obična jela čini samo 13,42 m³/ha drvene zalihe. Na jednom su hektaru prosječno 542 stabla.

Europski je ariš istraživani u odsjeku 39 B gospodarske jedinice »Durdevacka Bilogora« Šumarije Đurđevac, UŠP Koprivnica. Odsjek je površine 43,09 ha. Uređajni je razred gospodarska šuma sjemenjača obične bukve u dobi od 32 godine. Nalazi se na nadmorskoj visini od 185 m do 255 m. Drvna zaliha iznosi 174,71 m³/ha i akumulirana je na 891 stablu. Na 163 stabla po hektaru ostale crnogorice otpada 48,55 m³/ha drvene zalihe. Osim europskoga ariša od crnogoričnih vrsta u odsjeku rastu duglazija i smreka. Podaci o drvnjoj zalihi i broju stabala za europski ariš nisu posebno evidentirani u osnovi gospodarenja, nego za svu crnogoricu zajedno.

Crni je bor istraživani u odsjeku 2 A gospodarske jedinice »Kamešnica« Šumarije Sinj, UŠP Split. Površina je odsjeka 23,41 ha. Nalazi se na nadmorskoj visini od 310 m do 360 m. Uređajni je razred gospodarska šuma crnoga bora. Drvna zaliha iznosi 126,74 m³/ha i u potpunosti ju tvori crni bor u dobi od 52 godine.

Utvrđivanje obujma deblovine do 3 cm promjera obavljeno je metodom sekcioniranja (Pranjić i Lukić 1997). Odabranim su stablima izmjereni prsni promjeri i visine (duljine nakon rušenja). Deblo im je razdijeljeno u sekcije kojima su izmjereni duljina (*l*), dva nasuprotna promjera (*d*) na sredini sekcije i debljina kore na isječcima kore sa sredine sekcije. Obujam (*v*) pojedinih sekcija (s korom i bez kore) izračunat je Huberovom formulom:

$$v = \frac{d^2 \times \pi}{40000} \times l$$

Masa grana i ovrška određena je vaganjem s točnošću 0,5 kg. Na svakom su stablu uzeti uzorci reprezentativne grane za određivanje postotnoga udjela vlage. Za običnu jelu i crni bor posebno su uzimani uzorci grana i izbojaka uz prethodno utvrđivanje međusobnoga masenoga odnosa. Ovisnosti obujma drva debela te kore debela o prsnom promjeru stabla za svaku pojedinu istraživanu vrstu izjednačeni su regresijskim jednadžbama (tablica 2).

Gravimetrijskom analizom utvrđeni su postotni udjeli vlage. Uzorcima je utvrđena masa u trenutku uzorkovanja. Sušeni su u sušioniku na 105±2 °C do konstante mase. Nakon sušenja ponovno im je određena masa. Iz razlike mase prije i poslije sušenja određen je tehnički udio vlage (baza za izračun je masa u trenutku uzorkovanja – svježe drvo) pojedinoga uzorka. Ponderiranjem srednjega postotnoga udjela vlage pojedinoga tipa uzorka (suha grana, svježa grana, izbojak) s njegovim masenim udjelom u izvažanoj količini grana izračunat je prosječni postotni udio vlage grana.

Na temelju terenskih mjerenja konstruiran je graf izjednačenja ovisnosti utvrđene mase grana u trenutku sječe o prsnim promjerima uzorkovanih stabala pojedne istraživane vrste (slika 7).



Slika 3. Utvrđivanje mase grana obične jele
Fig. 3 Determining silver fir branch mass



Slika 4. Utvrđivanje mase grana europskoga ariša
Fig. 4 Determining European larch branch mass



Slika 6. Laboratorijski sušionik
Fig. 6 Laboratory oven



Slika 5. Sekcioniranje crnoga bora
Fig. 5 Black pine sectioning

Primjenom navedenih jednadžbi izjednačenja (tablica 2 i slika 7) izračunate su pripadajuće vrijednosti obujma drva debla, obujma kore debla i mase grana po debljinskim stupnjevima širine 1 cm u rasponu uzorkovanih stabala za pojedine istraživane vrste. Izjednačena masa grana pojedine istraživane vrste umanjena je za odgovarajuće postotne udjele vode, što je rezultiralo masom apsolutno suhe tvari grana.

Množenjem izjednačenih vrijednosti obujma drva debla odnosno kore debla prosječnom volumnom težinom apsolutno suhoga drva (Anon. 1949) te prosječnom volumnom težinom apsolutno suhe kore (Miles i Smith 2009) pretvorenom u kg/m^3 (tablica 1) izračunate su izjednačene vrijednosti suhe tvari drva debla odnosno suhe tvari kore debla. Rebula (1987) na temelju rezultata vlastitih istraživanja kalorične vrijednosti jelove i smrekove kore zaključuje da je kora gorivo jednako vrijedno drvu ili čak i bolje.

4. Rezultati istraživanja i rasprava *Results of research and Discussion*

U tablici 2 prikazani su rezultati ovisnosti obujma drva debla i obujma kore debla, utvrđenih sekcioniranjem, o prsnom promjeru promatranih vrsta iskazani jednadžbama izjednačenja i pripadajućim vrijednostima R^2 .

Izjednačenje ovisnosti utvrđene mase grana u trenutku sječe o prsnim promjerima uzorkovanih stabala pojedne istraživane vrste prikazano je na slici 7. Prosječni postotni udio vlage grana u trenutku sječe iznosi: za običnu jelu 51,84 %, za europski ariš 49,03 % i za crni bor 49,24 %.

Rezultati istraživanja iskazani u masi apsolutno suhe tvari drva debla, kore debla i grana za pojedine istraživane vrste prikazani su u grafičkom obliku na slikama 8, 9 i 10. Uz grafički prikaz priložene su i pripadajuće jednadžbe izjednačenja.

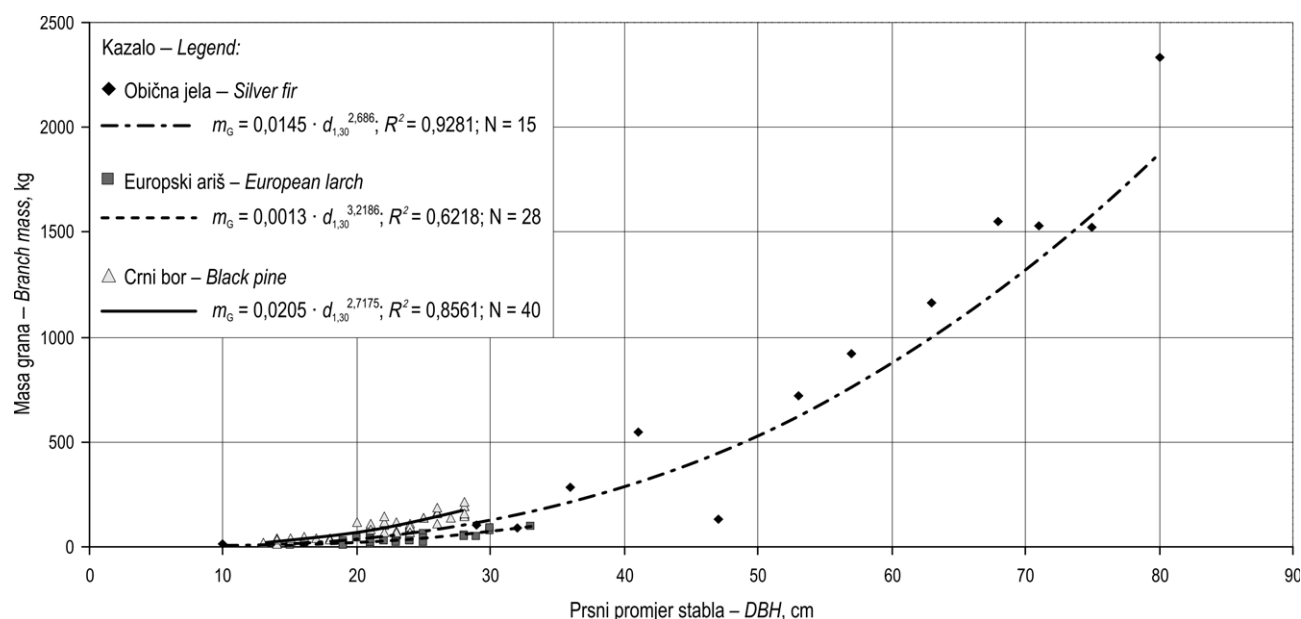
Tablica 1. Prosječna obujamna težina apsolutno suhoga drva (Anon. 1949) i apsolutno suhe kore (Miles i Smith 2009)

Table 1 Average oven-dry volume weight of wood (Anon. 1949) and bark (Miles i Smith 2009)

	Obična jela <i>Silver fir</i>	Europski ariš <i>European larch</i>	Crni bor <i>Black pine</i>
Obujamna težina apsolutno suhoga drva, g/cm^3 <i>Oven-dry volume weight of wood, g/cm^3</i>	0,410	0,550	0,580
Obujamna težina apsolutno suhe kore, g/cm^3 <i>Oven-dry volume weight of bark, g/cm^3</i>	0,485	0,315	0,401

Tablica 2. Jednadžbe izjednačenja ovisnosti obujma drva debla i obujma kore debla o prsnom promjeru stabla i pripadajuće vrijednosti R^2
Table 2 Dependence of stem wood volume and stem bark volume to tree's DBH regression equations and related R^2 values

	Obična jela <i>Silver fir</i>	Europski ariš <i>European larch</i>	Crni bor <i>Black pine</i>
Obujam drva debla, m ³ <i>Stem wood volume, m³</i>	$V_{DD} = 0,00009 \times d_{1,30}^{2,5546}$ $R^2 = 0,9861$	$V_{DD} = 0,0012 \times d_{1,30}^{1,8708}$ $R^2 = 0,8973$	$V_{DD} = 0,0003 \times d_{1,30}^{2,1583}$ $R^2 = 0,9653$
Obujam kore debla, m ³ <i>Stem bark volume, m³</i>	$V_{KD} = 0,00002 \times d_{1,30}^{2,2346}$ $R^2 = 0,9799$	$V_{KD} = 0,0004 \times d_{1,30}^{1,6085}$ $R^2 = 0,6721$	$V_{KD} = 0,00004 \times d_{1,30}^{2,0418}$ $R^2 = 0,8641$



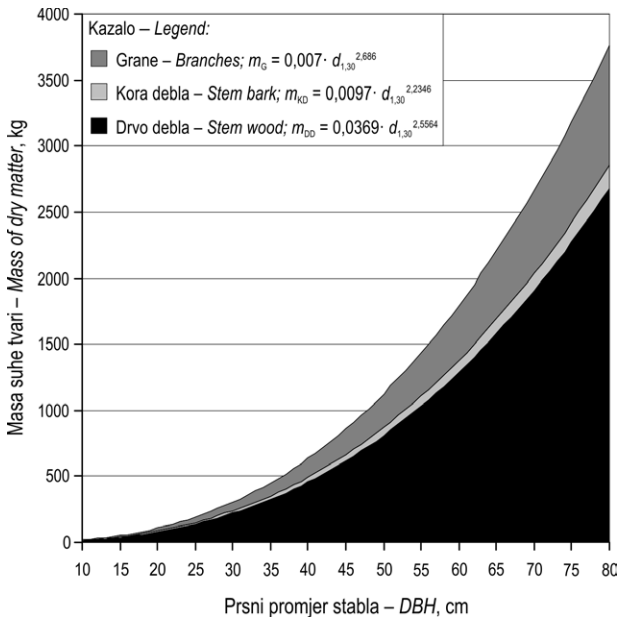
Slika 7. Ovisnost mase grana o prsnom promjeru stabla
Fig. 7 Dependence of branch mass on DBH

Za običnu se jelu ukupna masa suhe tvari stabla kreće od 18,29 kg za stablo prsnoga promjera 10 cm do 3759,93 kg za stablo prsnoga promjera 80 cm. Kod stabla prsnoga promjera 10 cm suha tvar drva debla iznosi 13,23 kg, kore debla 1,66 kg i grana 3,39 kg, a kod stabla prsnoga promjera 80 cm suha tvar drva debla iznosi 2683,24 kg, kore debla 173,55 kg i grana 903,14 kg.

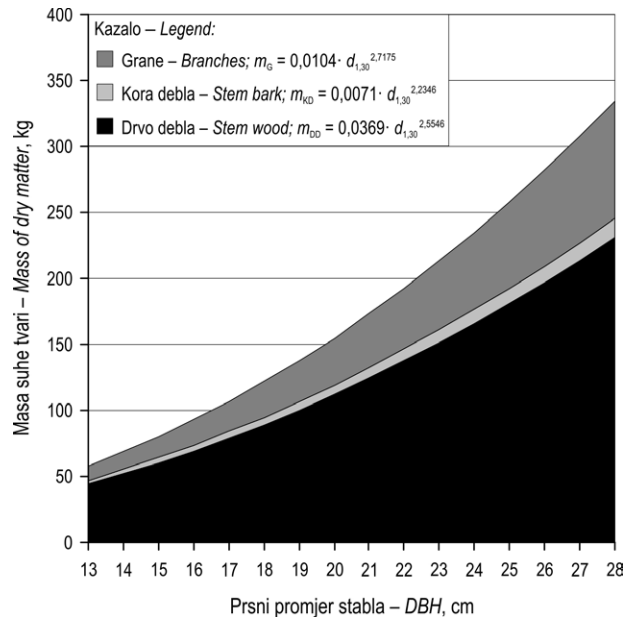
Masa suhe tvari stabala europskoga ariša iznosi 118,52 kg za stablo prsnoga promjera 15 cm, dok za stablo prsnoga promjera 33 cm iznosi 543,53 kg. Suha tvar drva debla ima masu 104,66 kg, suha tvar kore debla 9,82 kg, a grana 4,04 kg za stablo prsnoga promjera 15 cm. Za stablo prsnoga promjera 33 cm suha tvar drva debla ima masu 457,49 kg, kore debla 34,91 kg, a grana 51,14 kg. Kod stabla prsnoga promjera 26 cm masa suhe tvari kore debla i grana gotovo je izjednačena, a za veći prsni promjer masa je suhe tvari grana veća od mase suhe tvari kore.

Za stabla crnoga bora prsnoga promjera 13 cm ukupna masa suhe tvari iznosi 58,23 kg (suha tvar drva debla 44,13 kg, kore debla 3,02 kg, grana 11,08 kg), a za stabla prsnoga promjera 28 cm ukupna masa suhe tvari iznosi 334,75 kg (suha tvar drva debla 231,18 kg, kore debla 14,45 kg, grana 89,11 kg).

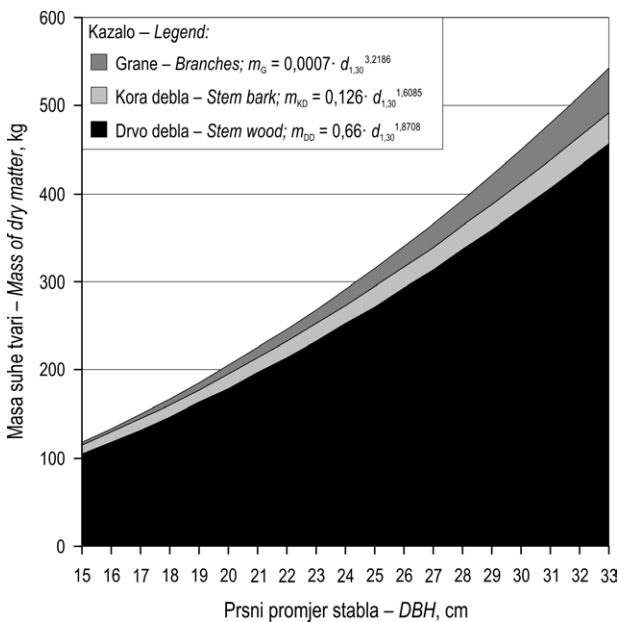
Upotrebom šumske biomase neizbježno se iz šumskog ekosustava odnosi i dio hranjivih tvari. Različiti dijelovi stabla sadrže različite količine hranjivih tvari. Općenito gledajući najniži je udio hranjivih tvari sadržan u drvu, a najviši u listu/iglicama. Stoga pridobivanje šumske biomase ima utjecaj na plodnost staništa ponajviše u slučaju iznošenja sitne granjevine i lisne mase. Radi smanjenja iznošenja hranjivih tvari iz sječina šumski bi se ostatak iz sječina crnogoričnih vrsta drveća trebao pridobivati nakon što iglice otpadnu tijekom razdoblja prirodnoga prosušivanja, a šumski ostatak iz sječina listopadnih vrsta drveća trebalo



Slika 8. Ovisnost mase suhe tvari o prsnom promjeru stabla za običnu jelu
Fig. 8 Dependence of dry matter mass on DBH of silver fir



Slika 10. Ovisnost mase suhe tvari o prsnom promjeru stabla za crni bor
Fig. 10 Dependence of dry matter mass on DBH of black pine



Slika 9. Ovisnost mase suhe tvari o prsnom promjeru stabla za europski ariš
Fig. 9 Dependence of dry matter mass on DBH of European larch

bi se pridobivati u razdoblju zimskih sječa (Anon. 2006b).

Zbog navedenoga rezultate istraživanja treba promatrati kao informaciju o potencijalu nadzemne biomase stabla, a mogućnost iskoristivosti utvrđene ko-

ličine ovisi o spomenutim ekološkim ograničenjima ali i mogućnostima postojećih i novih sustava prido-bivanja šumske drvene biomase.

5. Zaključak – Conclusion

U trenutku kada šumska drvena biomasa, preteži-to kao energetska sirovina, postaje glavnim interesom domaćega i inozemnoga tržišta, prijeko je potrebno provođenje sustavnih istraživanja o potencijalu ukupne drvene mase stabla odnosno ukupne drvene zalihe naših šuma.

Do izračuna nadzemne biomase stabla, iskazane u masi suhe tvari, moguće je doći, vremenski i finansijski, zahtjevnim metodama na relativno velikom uzorku različitih, komercijalno zanimljivih, vrsta drveća u različitim stanišnim uvjetima.

Pri usporedbi rezultata istraživanja navedenih vrsta drveća kod stabla prsnoga promjera od 20 cm uočava se, osim u deblu, značajan potencijal biomase u kori i granama. U strukturi mase suhe tvari obične jele drvo debla sudjeluje sa 72,39 %, kora debla sa 7,30 %, a grane sa 20,31 %. Kod europskog ariša, u strukturi mase suhe tvari, drvo debla sudjeluje sa 87,42 %, kora debla sa 7,61 %, a grane sa samo 4,97 %. Kod crnog bora, u strukturi mase suhe tvari, 73,23 % otpada na drvo debla, 4,70 % na koru debla, a 23,07 % na grane.

Rezultati istraživanja prikazani u ovom radu upućuju na značajan potencijal drvene tvari, koji se može

koristiti u proizvodnji novoga šumskoga proizvođa-drvnoga iverja. Uvođenjem novih tehnologija u pridobivanje ukupne biomase stabla omogućuje se ravnopravna tržišna utrka pri proizvodnji drvnoga iverja, koje iskazujemo i prodajemo po masi u to-nama ili u nasipnim (prostornim) metrima.

6. Literatura – References

Anon. 1949: Mali šumarsko-tehnički priručnik. U: R. Antoljak (ur.), Sekcija šumarstva i drvne industrije društva inženjera i tehničara NR Hrvatske, Zagreb 1949, 410 str.

Anon. 2001: Directive 2001/77/EC of European parliament and the Council of 27 September 2001 on the promotion of electricity produced from renewable energy sources in the internal electricity market. Official Journal of the European Communities, 283 str.

Anon. 2006a: Šumskogospodarska osnova za razdoblje od 2006. do 2015. godine. »Hrvatske šume« d.o.o., Zagreb.

Anon. 2006b: How much bioenergy can Europe produce without harming the environment? European environment agency, Copenhagen, 67 str.

Aldemdag, I. S., 1982: Biomass of the merchantable and unmerchantable portions of the stem. Petawawa National Forestry Institute, Canadian Forestry Service, Environment Canada, Chalk River, 20 str.

Bojanin, S., 1987: Korišćenje biomase stabala iz prorednih sastojina. U: D. Bura, Korišćenje šumske biomase za energetiku – Mogućnost proizvodnje i korišćenja u SFR Jugoslaviji. Jugoslavenski poljoprivredno-šumarski centar, Beograd, str. 173–192.

Bura, D., 1987: Problemi energetike u SFR Jugoslaviji i korišćenje šumske biomase. U: D. Bura, Korišćenje šumske biomase za energetiku – Mogućnost proizvodnje i korišćenja u SFR Jugoslaviji. Jugoslavenski poljoprivredno-šumarski centar, Beograd, str. 5–46.

Hakkila, P., 1989: Utilization of Residual Forest Biomass. Springer Verlag, Berlin, 586 str.

HRN D. B. 023 1979, Proizvodi iskorištavanja šuma, Drvo za ogrjev (*Products of forest utilization. Heatingwood*). Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo, Zagreb.

Johansson, T. 1999. Biomass production of Norway spruce (*Picea abies* /L./ Karst.) growing on abandoned farmland. *Silva Fennica*, 33 (4): 261–280.

Kajba, D., A. Krstinić, N. Komlenović 1998: Proizvodnja biomase stablastih vrba u kratkim ophodnjama. *Šumarski list*, 122 (3–4): 139–145.

Kajba, D., J. Domac, A. P. B. Krpan, Ž. Zečić, S. Bogdan, 2002: Status and potentials of biomass in Croatia (*Stanje i potencijal biomase u Hrvatskoj*). U: L. Christerrson, I. Kuiper (ur.), Short-rotation crops for energy purpose, Meeting of IEA Bioenergy Task 17, Netherlands and Sweden, Proceedings, str. 18–27.

Kajba, D., S. Bogdan, I. Katičić-Trupčević, 2004: Produkcija biomase klonova bijele vrbe u pokusnoj kulturi kratkih ophodnji Dravica. *Šumarski list*, 128 (9–10): 509–515.

Kajba, D., S. Bogdan, I. Katičić, 2007: Produkcija biomase vrba u pokusnim kulturama kratkih ophodnji u Hrvatskoj. U: S. Matić (ur.), Poljoprivreda i šumarstvo kao proizvođači obnovljivih izvora energije, Zbornik radova znanstvenog skupa, HAZU, Zagreb, str. 99–105.

Krpan, A. P. B., 1996: Biomasa za enegiju – zbilja hrvatskoga krša? U: S. Sever (ur.), Zaštita šuma i pridobivanje drva. Šum. fak. Sveuč. u Zagrebu i Šum. institut, Jastrebarsko, Zagreb, str. 211–216.

Krpan A. P. B., Ž. Zečić, I. Stankić, 2007: Biomasa nekih domaćih vrsta šumskog drveća. U: S. Matić (ur.), Poljoprivreda i šumarstvo kao proizvođači obnovljivih izvora energije, Zbornik radova znanstvenog skupa, HAZU, Zagreb, 2007, str. 75–87.

Meštrović, Š., G. Fabijanić, 1995: Priručnik za uređivanje šuma. Ministarstvo poljoprivrede i šumarstva Hrvatske, Zagreb, 416 str.

Miles, P. D., W. B. Smith, 2009: Specific Gravity and Other Properties of Wood and Bark for 156 Tree Species Found in North America. U.S. Forest Service, Newtown Square, 35 str.

Nikolić, S., 1987: Šumski otpadak i drvo uopšte kao energetska materija. U: D. Bura, Korišćenje šumske biomase za energetiku – Mogućnost proizvodnje i korišćenja u SFR Jugoslaviji, Jugoslavenski poljoprivredno-šumarski centar, Beograd, str. 79–104.

Pintarić, K., 1987: Drvni otpaci pri iskorišćivanju šuma kao izvor energije. U: D. Bura, Korišćenje šumske biomase za energetiku – Mogućnost proizvodnje i korišćenja u SFR Jugoslaviji, Jugoslavenski poljoprivredno-šumarski centar, Beograd, str. 57–74.

Pranjić, A., N. Lukić, 1997: Izmjera šuma. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb, 405 str.

Prpić, B., 2010: Da li i kako koristimo biomasu kao energent? *Šumarski list*, 134 (7–8): 333–334.

Rebula, E., 1987: Kalorična vrednost jelove i smrčeve kore. U: D. Bura, Korišćenje šumske biomase za energetiku – Mogućnost proizvodnje i korišćenja u SFR Jugoslaviji, Jugoslavenski poljoprivredno-šumarski centar, Beograd, str. 207–228.

Repola, J., 2008: Biomass equations for birch in Finland. *Silva Fennica*, 42 (4): 605–624.

Repola, J., 2009: Biomass equations for Scots pine and Norway spruce in Finland. *Silva Fennica*, 43 (4): 625–647.

Slabak, M., 1987: Rezultati primjene iverača u nizinskoj proredi. U: D. Bura, Korišćenje šumske biomase za energetiku – Mogućnost proizvodnje i korišćenja u SFR Jugoslaviji, Jugoslavenski poljoprivredno-šumarski centar, Beograd, str. 229–238.

Topić, V., L. Butorac, G. Jelić, 2009: Biomasa u panjačama planike (*Arbutus unedo* L.) na otoku Braču (*Biomass in Strawberry Tree Coppice Forests / Arbutus unedo L. / on Island Brač*). *Šumarski list*, 133 (1–2): 5–14.

Vlatković, S., 1987: Neka iskustva i koncepcije korišćenja šumske biomase u SAP Vojvodini. U: D. Bura, Korišćenje šumske biomase za energetiku – Mogućnost proizvodnje i korišćenja u SFR Jugoslaviji, Jugoslavenski poljoprivredno-šumarski centar, Beograd, str. 47–56.

Young, H. E., L. Strand, R. Altenberger, 1964: Preliminary fresh and dry weight tables for seven tree species in Maine. Maine agricultural experimet station, 76 str.

Zečić, Ž., I. Stankić, D. Vusić, A. Bosner, D. Jakšić, 2009: Iskorištenje obujma i vrijednost drvnih sortimentna posu-

šenih stabala jele obične (*Abies alba* Mill.) (*Volume utilization and value of timber assortments of dried silver fir / Abies alba Mill. / trees*). Šumarski list, 133 (1–2): 27–37.

Abstract

Aboveground Biomass of Silver Fir, European Larch and Black Pine

This paper presents the research of aboveground biomass of silver fir, European larch and black pine trees. The results are presented as oven-dry mass of stem wood, stem bark and branches.

The research was conducted at three sites in Croatia (Fig. 2). The sample consisted of 15 silver fir trees, 28 European larch trees and 40 black pine trees (Fig. 1).

Stem wood and bark volume were measured by section method and regression equations were constructed (Table 2). Branch mass and their average moisture content was determined (51.84% for silver fir branches, 49.03% for European larch branches, and 49.24% for black pine branches). Dependence of branch mass on DBH was established (Fig. 7). Using the regression equations, wood volume, bark volume and branch mass were calculated for each DBH in the range of DBH of sample trees. The results were transformed to oven-dry mass by average oven-dry volume weight of wood and bark of researched species (Table 2) and by applying determined average moisture content of branches.

Graphs were constructed showing the dependence of mass of dry matter on DBH, with the related regression equations (Fig. 8, Fig. 9 and Fig. 10).

Total dry matter mass of silver fir trees ranges from 18.29 kg (DBH=10 cm) to 3759.93 kg (DBH=80 cm). European larch trees have a dry matter mass from 118.52 kg (DBH=25 cm) to 543.53 kg (DBH=33 cm), and black pine trees dry matter mass ranges from 58.23 kg (DBH=13 cm) to 334.75 kg (DBH=28 cm).

Keywords: aboveground biomass, dry matter, silver fir, European larch, black pine

Adresa autorâ – Authors' address:

Izv. prof. dr. sc. Željko Zečić
e-pošta: zecic@sumfak.hr
Dinko Vusić, dipl. inž. šum.
e-pošta: vusic@sumfak.hr
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Zavod za šumarske tehnike i tehnologije
Svetošimunska 25,
HR-10000 Zagreb
HRVATSKA

Zoran Štimac, dipl. inž. šum.
Gerovski Kraj 20,
HR-51304 Gerovo
HRVATSKA

Matija Cvekan, dipl. inž. šum.
Mičetinac 35,
HR-48350 Đurđevac
HRVATSKA

Ante Šimić, dipl. inž. šum.
Gornje Glavice 676/a
HR-21230 Sinj
HRVATSKA

Received (*Primljeno*): 15. 10. 2010.
Accepted (*Prihvaćeno*): 03. 01. 2011.