

ŠUMARSKI FAKULTET UNIVERZITETA U SARAJEVU
FACULTY OF FORESTRY UNIVERSITY OF SARAJEVO



Posebna izdanja: br. 19
Special edition: no. 19

JOVANOVIĆ B., GURDA S., MUSIĆ J., BAJRIĆ M., LOJO A.,
VOJNIKović S., ČABARAVDIĆ A.

**ŠUMSKA BIOMASA – POTENCIJALNI IZVOR
OBNOVLJIVE ENERGIJE
U BOSNI I HERCEGOVINI**

***FOREST BIOMASS – POTENTIAL SOURCE OF RENEWABLE ENERGY
IN BOSNIA AND HERZEGOVINA***

Sarajevo, 2005. godine

ŠUMARSKI FAKULTET
UNIVERZITETA U SARAJEVU

Posebna izdanja

Izdavač:

Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu

Uređivački odbor:

Doc. dr. sc. Mirza Dautbašić, Doc. dr. sc. Branimir Jovanović, Prof. dr. sc. Safer Mededović, mr. sc. Muhamed Bajrić, mr. sc. Sabina Delić, Ferida Bogučanin, dipl. ing. šum., Akademik Slavko Matić, HAZU, Zagreb, Hrvatska, Prof. dr. sc. Milan Hočevar, Biotehniška fakulteta Ljubljana, Slovenija, Prof. dr. sc. Kole Vasilevski, Šumarski fakultet Skoplje, Makedonija

Recenzenti:

Prof. dr. sc. Ante Krpan redovni profesor Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu
Prof. dr. sc. Kiril Krstevski, redovni profesor Šumarskog fakulteta Univerziteta
«Sv. Kiril i Metodij» - Skoplje

Glavni urednik:

Doc. dr. sc. Mirza Dautbašić

Tehnički urednik:

mr. sc. Muhamed Bajrić

Lektor:

Lejla Gutošić, profesor

Kompjuterska obrada:

mr. sc. Muhamed Bajrić

Tiraž:

300 komada

Uredništvo i administracija:

Šumarski fakultet, Sarajevo, Zagrebačka 20
Tel.: ++387 33 61 40 03, Fax. ++387 33 61 13 49,

Štampa:

«Štamparija FOJNICA» d.o.o.
FOJNICA, GORNJEVAKUFKA BB

Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu
Faculty of Forestry University of Sarajevo
Projekt Federalnog ministarstva obrazovanja i nauke
Project of Federal Ministry of Education and Science

Naslov projekta

**ŠUMSKA BIOMASA – POTENCIJALNI IZVOR OBNOVLJIVE ENERGIJE
U BOSNI I HERCEGOVINI**

Projects Title

***FOREST BIOMASS – POTENTIAL SOURCE OF RENEWABLE ENERGY
IN BOSNIA AND HERZEGOVINA***

Sarajevo, oktobar/listopad 2005.
Sarajevo, October 2005.

Autori:

Authors

Doc. dr. sc. Branimir Jovanović

Prof. dr. sc. Safet Gurda

Mr. sc. Jusuf Musić

Mr. sc. Muhamed Bajrić

Mr. sc. Ahmet Lojo

Mr. sc. Sead Vojniković

Mr. sc. Azra Čabaravdić

PREDGOVOR – PREFACE

Potrošnja energije po stanovniku u Bosni i Hercegovini (podaci za 2001. godinu) iznosi oko 45 GJ (u razvijenim zemljama 236 GJ). Mogućnosti korištenja geotermalne energije, energije vjetra, solarne energije i energije iz biomase nisu dovoljno istražene. Postoji velika ovisnost o uvozu energije.

Bosna i Hercegovina je potpisnik brojnih međunarodnih ugovora, konvencija i protokola koji su ratifikovani ili je postupak ratifikacije u toku. Glavni cilj je zaštita okoliša prema međunarodnim standardima, povećanje korištenja obnovljivih izvora energije i ispunjenje uvjeta Evropskog sporazuma o energetskej povelji. Bez ispunjenja tih uvjeta nema ulaska Bosne i Hercegovine u Evropsku uniju.

Ukupna površina šuma i šumskih zemljišta čini 53% površine Bosne i Hercegovine (81% u vlasništvu države). Drvna zaliha bosanskohercegovačkih šuma u državnoj svojini iznosi oko 287 miliona m³ krupnog drva (u drvnu zalihu nije ušlo drvo ispod taksacione granice, drvo ispod 7 cm promjera, drvna masa kultura, većine šikara, šibljaka, makije i drugih degradacionih oblika). Godišnje se posiječe oko 4,5 miliona m³ šumskih drvnih sortimenata (podaci za 2003. godinu). Veliki udio je prostornog drva (posebno ogrjevnog drva). S obzirom na trenutno stanje kemijske prerade drva najveći dio potencijala šumske biomase u obliku prostornog drva mogao bi zadovoljiti potrebe proizvodnje goriva na bazi drva. Može se reći da Bosna i Hercegovina raspolaže sa velikim potencijalima šumske biomase kao potencijalnim izvorom obnovljive energije. Tim resursima treba dodati potencijale drvno-prerađivačke industrije, poljoprivrede, održavanja parkovnih površina i ostalog drvnog otpada.

Federalno ministarstvo obrazovanja i nauke, je u prijavljenom projektu Šumarskog fakulteta u Sarajevu prepoznalo aktuelnost problematike, te odobrilo finansiranje projekta pod naslovom: "Šumska biomasa – potencijalni izvor obnovljive energije u Bosni i Hercegovini". Rad na projektu zahtijevao je multidisciplinarn pristup s obzirom na veliki broj utjecajnih faktora koji određuju mogućnost korištenja šumske biomase kao obnovljivog izvora energije. Pored ocjene potencijala bilo je potrebno istražiti tehničko-tehnološki, ekonomski i ekološki aspekt biomase kao nosioca energije, te ustanoviti mjesto biomase u energetskej politici i zakonodavstvu Bosne i Hercegovine.

Odobrena sredstva za finansiranje projekta "Šumska biomasa – potencijalni izvor obnovljive energije u Bosni i Hercegovini" predstavljaju odraz realnih mogućnosti sektora obrazovanja i nauke u Federaciji BiH. Istraživanja ovoga tipa koja su provedena ili se provode u Evropi i svijetu angažiraju neuporedivo veća finansijska sredstva, te zahtijevaju daleko veći naučni i stručni tim istraživača. Zbog toga je i pristup istraživanju i obim poslova podešen odobrenim sredstvima i predstavlja dobru osnovu za mnogo detaljnija i mnogo skuplja istraživanja. Postavljeni cilj, koji mora biti dostignut s obzirom na svjetske trendove, opravdao bi ulaganja u takva istraživanja u Bosni i Hercegovini.

Rad je podijeljen na više poglavlja i potpoglavlja ovisno o istraživačima koji su radili na određenoj problematici. U okviru poglavlja 4. Rezultati istraživanja radio je veći broj

istraživača, pri čemu su u potpoglavlju 4.1. Energetski potencijali šumske biomase prikazani rezultati rada mr. sc. Ahmeta Loje, mr. sc. Jusufa Musića i prof. dr.sc. Safeta Gurde. Potpoglavlje 4.2. obuhvata rad doc. dr. sc. Branimira Jovanovića; potpoglavlja 4.3. mr. sc. Jusufa Musića i mr. sc. Muhameda Bajrića. Potpoglavlje 4.4. Ekološki aspekt korištenja šumske biomase kao izvora obnovljive energije obradio je mr. sc. Sead Vojniković, a potpoglavlje 4. 5. Zakonodavstvo i biomasa kao izvor obnovljive energije u Bosni i Hercegovini je doprinos radu mr. sc. Azre Čabaravdić. Fotografije u prilogu su rad mr. sc. Muhameda Bajrića i mr. sc. Jusufa Musića. Svi ostali dijelovi rada predstavljaju angažman voditelja projekta doc. dr. sc. Branimira Jovanovića. U realizaciji zadataka po ovom projektu pomagali su svi zaposleni na Šumarskom fakultetu u Sarajevu. Zahvaljujem svim mojim saradnicima na saradnji. Posebnu zahvalnost dugujem recenzentima rukopisa dr. sc. Anti Krpanu redovnom profesoru Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, na nastavnom predmetu Iskorištavanje šuma i dr. sc. Kirilu Krstevskom, redovnom profesoru Šumarskog fakulteta Univerziteta «Sv. Kiril i Metodij» - Skoplje, na nastavnim predmetima Korištenje na šumite i Šumski transport. Korisnim sugestijama i savjetima u mnogome su doprinjeli da kvalitet ovog rada zadovolji postavljene standarde u pisanju i štampanju naučnih radova.

Voditelj projekta:

Doc. dr. sc. Branimir Jovanović

SADRŽAJ – CONTENT

1. UVOD INTRODUCTION	7
2. PROBLEMATIKA I CILJ ISTRAŽIVANJA RESEARCH ISSUES AND AIMS	13
2.1. Potencijali šumske biomase i statistika <i>Potential of forest biomass and statistics</i>	13
2.2. Tehnologije pridobivanja i izrade biomase <i>Technologies for harvesting and preparation biomass</i>	17
2.3. Svojstva energenata <i>Characteristics of energy sources</i>	24
2.4. Upotreba šumske biomase <i>Utilization forest biomass</i>	27
2.5. Ekonomski aspekt bioenergije <i>Economic aspect of bioenergy</i>	30
2.6. Ekološki aspekt bioenergije <i>Ecological aspect of bioenergy</i>	35
2.7. Energetska politika i zakonodavstvo <i>Energy policy and legislation</i>	38
2.8. Ciljevi istraživanja <i>Research aims</i>	41
3. OBJEKT I METODA ISTRAŽIVANJA RESEARCH OBJECT AND METHOD	42
4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA RESEARCH RESULTS	45
4.1. Energetski potencijali šumske biomase u BiH <i>Energy potential of forest biomass in Bosnia and Herzegovina</i>	45
4.2. Tehnologije pridobivanja i izrade biomase <i>Technologies for harvesting and preparation biomass</i>	69
4.2.1. Sječa i izrada <i>Felling and preparation</i>	69
4.2.2. Privlačenje drva <i>Wood hauling</i>	79
4.3. Ekonomski aspekt korištenja šumske biomase kao izvora obnovljive energije <i>Economic aspect of utilization forest biomass as source of renewable energy</i>	98

4.3.1.	Troškovi sječe i izrade <i>Costs of felling and preparation</i>	98
4.3.2.	Troškovi privlačenje drva <i>Costs of wood hauling</i>	100
4.3.3.	Analiza ekonomičnosti sječe, izrade i privlačenja <i>Economy analysis of tree felling, preparation and wood hauling</i>	102
4.3.4.	Ukupni troškovi iskorištavanja šuma kod proizvodnje šumske biomase <i>Total costs of wood harvesting for forest biomass production</i>	107
4.3.5.	Cijene energije <i>Energy prices</i>	108
4.4.	Ekološki aspekt korištenja šumske biomase kao izvora obnovljive energije <i>Ecological aspect of utilization forest biomasa as source of renewable energy</i>	111
4.5.	Zakonodavstvo i biomasa kao izvor obnovljive energije u Bosni i Hercegovini <i>Legislation and biomass as source of renewable energy in Bosnia and Herzegovina</i>	116
5.	DISKUSIJA I ZAKLJUČCI DISCUSSION AND CONCLUSIONS	122
6.	LITERATURA REFERENCES	127
	SAŽETAK SUMMARY	131
	PRILOG ANNEX	135

1. UVOD - INTRODUCTION

Energija (*Energy*) i **masa** (*Mass*) čine univerzum. Rast stanovništva na Zemlji otvara brojna pitanja, a jedno od primarnih je pitanje energije. Analiza odnosa između tehnološkog i društvenog razvoja u historiji čovječanstva pokazala bi da su promjene uvijek bile vezane za korištenje energije. Analiza značaja i mjesta suvremene energije na svim stupnjevima rasta i korištenja energije, uvijek treba da bude smještena u okvire društvenih i prirodnih pojmova. Novi ekonomski poredak podrazumijeva i novi energetska poredak Takav poredak se mora oslanjati na globalnu ocjenu dobara i bogatstava država s obzirom na pravednije, produktivnije i ekološki odgovornije gospodarenje globalnim energetska resursima. Posebno je značajno uskladiti odnose između privrednog rasta i korištenja energije, uz poboljšanje transformacije jednog oblika energije u drugi.

Trenutno četvrtina svjetske populacije potroši oko 80% ukupne energije, a 60% primarne energije dolazi iz fosilnih goriva. Procjene govore da zalihe nafte i plina mogu zadovoljiti potrebe još 60 godina. Stanje sa ugljem je mnogo povoljnije (zalihe za 200 godina), ali je korištenje vezano za ekološke probleme. Iskorištenost vodnih potencijala je velika u razvijenim zemljama i poboljšava se u zemljama u razvoju. Zalihe urana su znatne, ali korištenje atomske energije povezano je sa nizom globalnih rizika. Pažnja svjetske javnosti je okrenuta obnovljivim izvorima energije, a najviše se očekuje od energije iz biomase (nešto manje od energije vjetra i solarne energije).

Energetski trendovi u EU su slični svjetskim trendovima sa vidljivim porastom potrošnje plina kao primarnog energenta za proizvodnju električne energije. Sve se veća pažnja posvećuje smanjenju negativnog utjecaja energije na okoliš i smanjenu ovisnosti o uvoznjoj energiji (IEA - Međunarodna agencija za energiju ukazuje na trend smanjenja korištenja nafte iz izvora EU – Sjeverno more). Naglašen je značaj obnovljivih izvora energije.

Obnovljiva energija (*Renewable energy*) je svaki energetska izvor koji se može trajno popunjavati u okviru prihvatljivog vremenskog perioda.

IEA je predvidjela da će, uz poticajne mjere, u periodu 2002. – 2020. godina, obnovljivi izvori energije (uključujući i biogoriva) bilježiti najveći trend porasta proizvodnje i potrošnje primarnih energenata u svijetu (bez poticaja bi obnovljiva energija 2020. godine participirala samo sa 5% u ukupnoj potrošnji energije).

U EU su donesene smjernice ("Bijela knjiga") poticaja korištenju obnovljivih izvora energije, čiji bi se udio u primarnoj energije trebao do 2010. godine povećati na 12,5%. Pored hidroenergije velika pažnja je usmjerena na energiju vjetra, solarne kolektore i osobito na energiju iz biomase.

Biomasa (*Biomass*) je pojam za živu tvar (produkte živih organizama) čije se rezerve stalno popunjavaju djelovanjem sunčeve energije. Ukupna biomasa ima energetska ekvivalent koji odgovara 60-godišnjoj potrošnji energije u svijetu u 2000. godini, a energetska sadržaj biomase koji se proizvede tokom jedne godine samo na kopnu iznosi 2.640 EJ (u vodi 2.024 EJ). Procjene govore da se u svijetu u jednoj godini iskoristi samo oko 2% ovih potencijala (oko 55 EJ), a time se biomasa stavlja na četvrto mjesto po energetska vrijednosti, odnosno čini 14% ukupne primarne energije. Procjene FAO

(za 2000. godinu) govore da oko 2 milijarde i 700 miliona stanovnika Zemlje ovise o tradicionalnim oblicima goriva i da će akutni deficit ogrjevnog drva pogoditi oko 2 milijarde i 400 miliona stanovnika (uglavnom u Africi, Aziji i dijelu Latinske Amerike). Proizvodnja energije iz biomase u razvijenim zemljama je suvremena, potrajna i energetska efikasna (u ruralnim krajevima ovih zemalja potrošnja energetske sirovine na bazi biomase iznosi oko 1 t/stanovnik, u urbanim i poluurbanim oko 0,5 t/stanovnik).

U zemljama EU se 1995. godine proizvelo 1.700 PJ energije iz biomase (59,5% ukupne obnovljive energije), a prema procjenama ta količina bi trebala 2010. godine iznositi 5.500 PJ (73%). U okviru primarne energije očekuje se utrostručenje učešća energije iz biomase (drugi po važnosti energetska sudionik). Među evropskim zemljama u potrošnji energije dobijene iz biomase vodi Finska, a kao velike potrošače treba spomenuti Švedsku, Austriju, Njemačku. Iza njih dolaze Španija, Portugal, Italija, Češka, Poljska, Rumunija. Turska je najveći potrošač energije na bazi drveta.

Biomasa potiče iz šumarstva, drvne industrije, poljoprivrede (voćarstvo, vinogradarstvo, ratarstvo, stočarstvo), iz komunalnog otpada, sa nepoljoprivrednog zemljišta, iz **bioenergetskih kultura** (*Bioenergy crops*) i dr.

Drvena biomasa (*Wood biomass*) je obnovljiv izvor energije koji obuhvata drvenu biomasu iz šume, sporednu drvenu biomasu, drvene ostatke i isluženo drvo. Može se pojaviti kao: drveni ostatak nakon sječe, čišćenja i drugih aktivnosti u šumarstvu; sirovina energetske kulture; ostatak primarne i sekundarne prerade drveta u drvnoj industriji; ostatak u voćarstvu i vinogradarstvu, drveni otpad urbanih područja itd.

Drvena biomasa je star, ali danas važan, suvremen, ekološki povoljan i često domaći izvor energije. Jedan od ciljeva «Bijele knjige» EU (realizacija do 2010. godine) je porast učešća drvene biomase kao energetske sirovine za 163 miliona m³ (iz šumarstva 92 miliona m³, a ostalo iz drvne industrije).

Šumska biomasa (*Forest biomass*), sa energetskeg aspekta, obuhvata drvenastu vegetaciju šuma i njene ostatke pogodne za proizvodnju energenata. To su šumski ostaci (otpad), defektna stabla i njegovi dijelovi, drvo iz proreda, drvo koje nema komercijalan značaj, neiskorištena drvena masa panjača, vjetroizvale, oboljela stabla, drvo požarišta itd.

Šumski ostaci (*Forest residues*) su posljedica gospodarenja i najčešće ostaje na šumskom tlu ili stovarištu nakon obavljenih operacija iskorištavanja šuma. U užem smislu riječi šumske ostatke čine grane, ovršak, panj i grančice sa lišćem (četinama). Kod iskorištavanja tzv. glavnog prihoda u šumi ostaje oko 30% biomase, dok je taj procenat kod tzv. prethodnog prihoda 23 – 35%. Šuma može biti trajan izvor primarnih energenata uz uvažavanje svih ekoloških i gospodarskih uvjeta. Treba znati da iskorištavanje sitnog i manje kvalitetnog drva za energetske potrebe ima ključan značaj za potrajnost gospodarenja šumama. Zapravo, ukoliko se šumski otpad može dalje koristiti, onda se ne može ni govoriti o otpadu, nego o novom resursu.

Tehnologije pridobivanja i izrade biomase ovise o vrsti (izvoru) i karakteristikama biomase, o korištenim strojevima i opremi, o metodama, tehnikama i organizaciji rada. Kod izbora tehnologije polazi se od tehničko-tehnoloških, ekonomskih, ekoloških, ergonomske i energetske zahtjeva. Može se reći da je vidljiv značajan napredak na polju tehnologije pridobivanja šumske biomase i biomase sa poljoprivrednih površina.

Kada se radi o šumskoj biomasi, onda se postavlja pitanje da li je bolje rješenje plantažiranje u cilju pridobivanja primarnih energenata, ili je bolje razvijati postupke sječe i izrade drvnih sortimenata sa efikasnijom izradom usitnjene biomase, ili je bolje izvršiti transformaciju primarnih energenata u sekundarne (sječku, brikete, pelete itd.). Razvojem šumarstva mijenjali su se mjesto, oblik i veličina sortimenata namijenjenih tržištu (sortimenti metod, višekratnici normiranih dužina, poludeblovni i deblovni metod, stablovni metod i metod iveranja). Postoji više oblika pridobivanja šumske biomase kao primarnog energenta kao što su čista sječa cijelih sastojina (tankog drva), izrada cijelih ili dijelova stabala (uključujući panjeve) i sakupljanje ostataka sječe i izrade sortimenata. Nakon faze privlačenja, dio izrade, najčešće usitnjavanje biomase, može se prenijeti na pomoćno (šumsko) stovarište ili na CMS. Dobijeni proizvodi se nakon toga transportuju do korisnika (najčešće kamionima).

U slučaju **ogrjevnog drveta** (*Fuelwood*) pošlo se od jednometarskog drva i izrade cjepanica, da bi se u cilju racionalnijeg u ekonomičnijeg pridobivanja prešlo na višemetarske sortimente za industrijske (ploče, celuloza itd.) i energetske potrebe. Nakon toga se išlo na izradu ogrjevnog drva iz dijelova stabla (ovršak, granjevina, kičevina, panjevina i drugo). U cilju dalje racionalizacije korištenja drvene sirovine prešlo se na ujednačavanje dimenzija cijepanjem drva, izradom **sječke** (*Fuel chips*) i izradom **ivera** (*Chips*). Stiglo se do tehnologije ugušćivanja i proizvodnje novih proizvoda u vidu **briketa** (*Briquets*) i **peleta** (*Pellets*), pri čemu se u većini evropskih zemalja ovi energenti izrađuju iz piljevine, blanjevine, bruševine (nusprodukt drvene industrije). Mogu se izrađivati i od kore, papira, raznovrsnog kućnog smeća, poljoprivrednih ostataka i drugog otpadnog drva. U budućnosti se očekuje njihova proizvodnja iz šumskih ostataka i drva brzorastućih vrsta (energetske kulture).

Dio šumske biomase se i sada koristi za proizvodnju **drvnog uglja** (*Charcoal*), kao što se u zemljama sa razvijenom celuloznom i papirnom industrijom koristi tzv. "**crni lug**" (*Black liquors*).

Upotreba šumske biomase, kao primarnog energenta ili kao sirovine za proizvodnju sekundarnih energenata, vezana je kuhanje, grijanje, pogonsko gorivo za vozila i proizvodnju električne energije. Kod razmatranja korištenja biomase treba znati da biomasa ima brojnu alternativnu upotrebu (animalna hrana, kontrola erozije, fertilizacija itd.) Provedena studija pod naslovom "EU Energy policy impacts on forest-based industry" pokazuje da se drvno-prerađivačka industrija i energetika pojavljuju kao konkurenti kada su u pitanju sirovine, odnosno energenti. Kod upotrebe drva pojavljuju se dvije interesne grupe: razvijene zemlje i zemlje u razvoju, sa interesima urbanih i ruralnih područja.

Bioenergija (*Bioenergy*) u užem smislu riječi obuhvata čvrsta, tečna i plinovita goriva koja potiču iz organske materije, a pripadaju obnovljivoj energiji. Suvremeno korištenje bioenergije pretpostavlja čistu, prikladnu, efikasnu, realnu, ekonomski i ekološki prihvatljivu upotrebu biomase.

Zahtjevi prema kuhanju i grijanju u domaćinstvima čine najveći udio potrošnje ogrjevnog drva u zemljama u razvoju, mada se ovo drvo koristi i za industrijske, zanatske i ostale potrebe. U urbanim i poluurabnim područjima ogrjevno drvo se često zamjenjuje drvnim ugljem zbog lakšeg transporta, skladištenja i upotrebe. Široka

upotreba ogrjevnog drva i drvnog uglja u zemljama u razvoju može se objasniti jeftinoćom, podesnim snabdijevanjem, često besplatnim korištenjem ostataka sječe, drvene mase uz prometnice, drvnog otpada itd. U razvijenim zemljama upotreba energetskog drva vezana je za proizvodnju električne energije i toplote (za potrebe industrije ili individualnih korisnika).

Zastarjeli načini sagorijevanja drva (naporna priprema drva, česta dopunjavanja peći, hladne prostorije, slaba iskorištenost drva, dimnjaci puni čađi itd.) zamijenjeni su suvremenim načinima sagorijevanja u pećima (potpuno izgaranje, stupanj iskorištenja preko 90%, jednostavno punjenje peći komadnim drvom, mogućnost automatizacije punjenja, mala emisija itd.). Promjena je rezultat prelaza sa izrade klasičnog oblog ili cijepanog ogrjevnog drva na tehnologiju izrade sječke usitnjavanjem drvene biomase, odnosno prelaza na izradu sekundarnih energenata (briketi, peleti i dr.). Pored individualnih korisnika, energenti na bazi biomase mogu biti namijenjeni područnom (distriktnom) i centralnom grijanju. U zemljama Skandinavije posebna pažnja se posvećuje drvnim ostacima iz šume kod proizvodnje industrijske toplote. U zemljama EU se 1995. godine proizvelo 418 TWh toplinske energije iz biomase, a procjene govore da će se ta količina do 2010. godine udvostručiti.

Finska je vodeća zemlja po proizvodnji električne energije iz biomase (iz šume, treseta i komunalnog otpada), pri čemu su za biomasu zainteresirani i veliki elektroenergetski sistemi. Mikroelektrane mogu predstavljati jedno od rješenja proizvodnje električne energije. Najbolje tehnološko rješenje je kogeneracija (istovremena proizvodnja i toplotne i električne energije). Sagorijevanjem biomase se proizvodi toplota, koja može služiti za dobivanje pare za pogon turbina i generatora za proizvodnju električne energije. Tehnologijama gasifikacije se zagrijavanjem biomase dobije plin kao pogonsko gorivo za pogon plinskih turbina i generatora električne struje.

Biogoriva (*Biofuel*) su tečna transportna goriva kao zamjena energentima na bazi nafte. Danas se radi na novim tehnologijama proizvodnje biodizela, bioetanola itd., ali i na drugim područjima (korištenje plina iz biomase kao motornog goriva, proizvodnja metanola kao dodatka benzinu itd.)

Socio-ekonomski aspekti bioenergije se najbolje očituju u istorijskim zaokretima korištenja energije, gdje se u fazi industrijalizacije industrijski pogoni otvaraju blizu izvora sirovine (jednostavnost transporta energije). Povećanjem mobilnosti stanovništva (komercijalni i osobni transport) pojavljuju se zahtjevi prema koncentriranim izvorima energije (ugalj i nafta), da bi se povećanjem zahtjeva prema komoditetu i uvjetima življenja pojavili zahtjevi prema novim izvorima energije. Za potpuno vrednovanje biomase kao izvora energije, pored njenog ekološkog aspekta, moraju se uzeti u obzir brojni socio-ekonomski faktori (zapošljavanje, povećanje lokalnih i regionalnih privrednih aktivnosti, uštede deviznih sredstava za uvozna fosilna goriva, ostvarenje dodatnih prihoda za poljoprivredu, šumarstvo, drvenu industriju itd.). Posebno su interesantna poduzetnička rješenja korištenja biomase, gdje je poduzeće angažirano na otkupu, preradi, transportu, distribuciji i prodaji biomase krajnjim korisnicima (primjeri iz Finske). U okviru malog poduzetništva pojavljuju se tzv. "toplinski poduzetnici", koji pored proizvodnje goriva na bazi biomase, putem ugovora vode kotlovnice i postrojenja za grijanje škola, bolnica, javnih ustanova u manjim gradovima itd.

Na nivou EU bi se na osnovu povećane proizvodnje energije iz biomase do 2020. godine moglo otvoriti oko 1,5 miliona novih radnih mjesta, što bi samo kroz uštede na subvencijama i naknadama za nezaposlenost donijelo ogromne finansijske uštede. U ruralnim oblastima bi se postigli značajni efekti kroz otvaranje tržišta drva slabog kvaliteta i kroz novo korištenje zemljišta, a u urbanim i poluurabnim sredinama bi se putem sistema područnog (daljinskog) i centralnog grijanja stvorili povoljniji stambeni i radni uvjeti (seoski turizam, sušare, veliki grijani prostori, velika upotreba tople vode itd.).

Nažalost, u najvećem broju slučajeva razlika u troškovima proizvodnje fosilnih goriva i električne energije sa jedne strane i goriva na bazi biomase sa druge strane nije dovoljno velika da bi opravdala velike početne investicije i angažman radne snage u bioenergiju. Ukoliko bi jedini kriterij bila ekonomičnost, onda bi ova vrsta proizvodnje bila opravdana jedino u zemljama jeftine sirovine i jeftine radne snage. Otuda su neophodni poticaji države, lokalnih zajednica i svih zainteresiranih.

Ekološki aspekti bioenergije su višestruko značajni, jer kroz korištenje biomase kontroliramo manipulaciju biomasom i smanjujemo zagađenje okoliša. Sve to rezultira direktnim (smanjenje količine otpada) i indirektnim koristima (uštede u energentima i upotreba ostataka za tehnološke svrhe). Upotreba biomase pruža znatne prednosti: poboljšanje kvaliteta zraka (smanjenje emisije plinova), smanjenje obima krčenja zemljišta, povećana zaštita od nekontroliranih požara, poboljšanje gospodarenja vodama, unapređenje gospodarenja šumama, jačanje ekonomije ruralnih područja itd.

Interes za biomasu, pored sigurnosti opskrbe i cijene fosilnih goriva, vezan je za emisiju CO₂ i drugih plinova. Izgaranjem fosilnih goriva oslobađa se milionima godina akumuliran CO₂, koji se ne može uključiti u prirodni ciklus što nije slučaj kod izgaranja biomase.

Kyoto protokolom pokušava se stati u kraj globalnom zatopljavanju i globalnim klimatskim promjena nastalim oslobađanjem CO₂ i drugih plinova. Između ostalog, Kyoto protokolom su predviđeni: promocija održivog gospodarenja šuma; održivost poljoprivrede; istraživanja, promocija, razvoj i povećano korištenje novih i obnovljivih izvora energije; tehnologije kojima se vezuje CO₂; uvođenje suvremenih tehnologija malog uticaja na okoliš; ograničenje i/ili smanjenje emisije metana kroz sakupljanje, korištenje i reciklažu otpada.

Prema RIGES modelu (Renewable Intensive Global Energy Scenario) do 2050. godine bi se globalna emisija CO₂ mogla smanjiti za 75% u odnosu na 1985. godinu, uz uvjet povećanja udjela obnovljive i električne energije (biomasa bi morala zadovoljiti do 50% ukupnih energetskih potreba).

Višegodišnje bioenergetske kulture, pored uticaja na tokove CO₂ i drugih plinova, povećavaju biodiverzitet, smanjuju pritisak na prirodne šume, poboljšavaju vodosnabdijevanje, stabiliziraju tlo (erozija), smanjuju transport hranjivih tvari, a za svoj uzgoj traže manje pesticida i herbicida.

Energetska politika (*Energy policy*) treba da stvori uvjete sigurne i racionalne opskrbe i potrošnje energije, otvori nacionalno i omogući pristup međunarodnom tržištu energije, zaštititi potrošače i aktivira obnovljive izvore energije uz ispunjenje najviših zahtjeva

prema zaštiti okoliša. Ciljevi se mogu provesti političkim, ekonomsko-finansijskim, zakonskim i tehničko-organizacionim mjerama.

Akcionim programom "Bijele knjige", odnosno akcionim programom upotrebe obnovljivih izvora energije u EU, date su smjernice za veće i učinkovitije korištenje obnovljivih izvora energije i navedeno je pet osnovnih razloga: zaštita okoliša; samoopskrba energijom i njena stabilnost; zapošljavanje i regionalni razvoj (razvoj pojedinih djelatnosti); razvoj tehnologije korištenja i širenje tržišta obnovljive energije; javne potpore. Ukupna investicija je oko 25 milijardi EURA.

Zakonodavstvo (*Legislation*) treba da regulira pitanja ekologije, poticaja proizvodnje bioenergije, njenog korištenja i konverzije. Zakonskim aktima su riješena pitanja subvencija, oporezivanja goriva, standardizacije goriva, vlasničkih odnosa, decentralizacije elektrosistema, te brojna druga pitanja iz oblasti financija (posebno investicija), usluga itd.

Za promociju i razvoj tehnologija korištenja biomase u EU finansirani su brojni programi, kao što su TERMIE, SYNERGY I i II, SAVE I i II, ALTENER I i II. U bliskom okruženju to su "Akcionni program korištenja drvene biomase u Sloveniji" (2001 – 2010. godina), te Nacionalni energetska program BIOEN (Hrvatska)

U realizaciji brojnih zadataka iz akcionih programa provedena su brojna istraživanja kroz niz projekata. Početkom 70-tih godina težište istraživanja je na ocjeni potencijala biomase. Nakon toga se istraživanja usmjeravaju na energetske plantaže i korištenje ostataka iz šumske proizvodnje (IEA). Sredinom 80-tih godina istraživanja se dijele na više oblasti (proizvodnja toplote, bioplina, biogoriva i električne energije iz biomase). Nakon istraživanja korištenja drvene biomase za individualne korisnike (Skandinavija, Austrija, Njemačka, Kanada i drugi) dolazi do naglog razvoja tehnologije individualnog korištenja biomase uz potpunu automatizaciju loženja. Projekti se odnose i na područno (daljinsko) i centralno grijanje. Nakon Kyoto protokola biomasa postaje interesantna i zbog problema globalnog zagrijavanja (emisija CO₂). Sličan razvojni put su imale neke zemlje iz našeg okruženja (Slovenija i Hrvatska).

2. PROBLEMATIKA I CILJ ISTRAŽIVANJA – RESEARCH ISSUES AND AIMS

2.1. Potencijali šumske biomase i statistika – *Potential of forest biomass and statistics*

Potencijali drvene biomase su drvo iz šuma ("prirodne" šume i energetske plantaže), drvena biomasa sa poljoprivrednih površina, te drvni ostaci i otpad (najviše iz primarne i sekundarne prerade drva) . Potencijali šumske biomase mogu se podijeliti na teoretske i efektivne potencijale. Teoretski potencijali predstavljaju biomasu koju možemo dobiti iz šume, dok efektivni potencijali ovise o principima gospodarenja šumama, o tehnologiji pridobivanja i korištenja biomase, o tržištu šumskih drvnih sortimenata, o socio-ekonomskom položaju vlasnika šume itd. (Krajnc, N., Dolenšek, M.,2001.)

Primarni izvor drvene biomase je šuma. Šuma ima niz funkcija (ekološku, sociološku itd.). Proizvodnja komercijalnog drveta je jedna od važnijih funkcija u okviru gospodarenja šumama.

Šumski potencijali ovise o: sastavu vrsta drveća, starosti sastojina (odnos razvojnih faza), sortimentnoj strukturi, otvorenosti i pristupu šumi.

Drvo namijenjeno energetskim potrebama može doći iz: etata određenog šumsko-privrednim planovima, proreda, ostalih uzgojnih i zaštitnih mjera, drvene mase melioracija, niskoprinosa sastojina, drvene mase koja ostaje nakon gradnje i održavanja infrastrukture šumskih prostora (gradnja vlaka, šumskih prometnica, održavanja dalekovodova itd.).

Glavni izvori šumske biomase namijenjene energiji su redovne sječe (sortimenti slabijeg kvaliteta), ostaci sječe, prorede (sitni sortimenti), slobodni užici i sanitarne sječe.

Teoretski potencijali godišnjeg prirasta šuma u svijetu procjenjuju se na 110×10^9 TJ, što je nekoliko stotina puta više od ukupne svjetske potrošnje energije. Prema nekim mišljenjima, unapređenje gospodarenja šumama i ostalim izvorima biomase (grmlje, male parcele pod drvećem, drvo iz voćnjaka i zaštitnih pojasa itd), te veće korištenje ostataka sječe predstavljaju jeftinije rješenje od formiranja energetskih plantaža (FAO.,1983A)

Ulaganjem u degradirane šume (šikare, šibljake, makiju itd) moguće je uzgojnim mjerama povećati prirast šumske biomase. Podizanjem novih šuma i povećanjem produktivnosti i kvaliteta degradiranih šuma može se dobiti značajna količina biomase za energetske potrebe.

Drvena masa grmlja predstavlja značajan potencijal, jer je kvalitet drva slab i može se koristiti isključivo za energetske potrebe.

Ukupnim energetskim potencijalima koji dolaze iz šume treba dodati biomasu iz šuma posebne namjene, iz šuma zahvaćenih požarima (oštećeno i nagoreno drvo).

Energetske plantaže mogu se podizati na zemljištima male produktivnosti i na napuštenim zemljištima. Druga mogućnost je korištenje poljoprivrednih zemljišta koja su iz političkih ili financijskih razloga ostala neobrađena, ili se koriste za druge namjene sa ciljem izbjegavanja tržišnih viškova (FAO.,1996)

Proizvodnja biomase iz energetskih plantaža (u kratkim ophodnjama) najčešće bazira na vrstama i klonovima vrbe, dok korištenje johe, breze i topole ima i važnu meliorativnu funkciju.

Biomasa drvene vegetacije u šumi dijeli se prema dijelu stabla iz kojeg potiče, pri čemu najveći udio ima krupno drvo iznad 7 cm (71%), zatim korijen (oko 18%) i sitna granjevina (oko 11%) (Krstevski, K., Jovanović, B., Nestorovski, Lj., 1997)

Količina sitne granjevine s lišćem, odnosno iglicama i vrhom, koji ostaju nakon sječe (ovisno o vrsti drva, starosti, visini stabla) iznosi 20 – 25% biomase stabla, odnosno 30% krupnog drva (Domac, J., et al., 2001).

Različite vrste drva imaju različite omjere učešća biomase u stablu, a kao primjer mogu se navesti borovi kod kojih deblovina u zapremini stabla participira sa oko 68%, kora 7%, granjevine 5%, panj i korijenje 18%, te iglice, šišarice i kičevina sa 2% (Sever, S., 2003).

Prema FAO/ECE (za evropske uvjete) kora participira sa 12,5%, ovršci, sitna granjevina i lišće/iglice sa 15%, panj i korijenje sa 20%, dok gubici nastali tokom sječe, izrade i transporta drva iznose 5%.

Prema nekim ocjenama udio granjevine (promjera iznad 3 cm) u bruto sječivoj masi iznosi 2,3 – 5,4%.

Neki podaci o drvnim ostacima iz šume kažu da oko 60% ukupne mase posječenog stabla ostane u šumi, nekomercijalne vrste su izložene prirodnom odumiranju, a oborena stabla ostaju da trunu.

Količina drva koja se može smatrati energetskim potencijalom ovisi o tehnologiji izrade i korištenja drvene biomase

Praksa krojenja oblovine u šumi (umjesto u pilani) dovodi do novog drvnog otpada (8 – 10%).

U slučaju klasičnog ogrjevnog drva potencijalima se mogu smatrati duga oblovina i ostali deblji sortimenti (iznad 10 cm), dok je kod izrade sječke moguće koristiti granjevinu promjera 3 – 7 cm.

Teoretski sva drvena biomasa iz šume može biti korištena kao ogrjev, ali je to neekonomično, jer je njegova cijena niža od ostalih sortimenata. Problemi nastaju u slučaju smanjenja učešća ogrjevnog drva u ukupnoj potrošnji energije (problem plasmana ovih sortimenata na tržištu)

Osim granjevine, nakon sječe ostaju neupotrebjeni dijelovi krupnog drva, oštećeno drvo sredstvima rada i nestručnim radom radnika (raspukline, gubici na panju, oštećenja daskom skidera i užetom vitla, nagnječena i na drugi način oštećena oblovina itd.).

Sakupljanje i manipulacija šumskim otpadom i ostacima, kao potencijalima za dalju preradu i dobivanje energetskog drva, mogu prouzročiti visoke troškove, a njihovim iznošenjem iz šume može se umanjiti priliv potrebnog hranjiva šumskom tlu. Iz ekonomskih i ekoloških razloga preporučljivo je u šumi ostaviti sav materijal tanji od 5 cm (sitna granjevina i lišće/iglice).

Ostali potencijali drvene biomase dolaze iz primarne, sekundarne i tercijarne prerade drva (bez boja, impregnacija i ljepila), te od isluženog drva (drvena ambalaža, građevno drvo, pokušstvo, drvo sa komunalnih odlagališta itd.).

Iz primarne prerade drva dolaze okrajci, okorci, očelci, piljevina, a iz sekundarne prerade drveni prah, blanjevina i dr.

Nakon mehaničke prerade drva samo 28% posječenog stabla bude prerađeno u rezanu gradju, sve ostalo su ostaci (FAO., 1990).

Količina drva koja ostaje u industrijskoj preradi drva ovisi o: vrsti sirovine, načinu prerade, željenim izlaznim sortimentima i kvalitetu ulazne sirovine. Rezultati istraživanja pokazuju da drveni ostatak u svim fazama proizvodnje u drveno-prerađivačkoj industriji iznosi prosječno 45,7% (u primarnoj preradi i doradi 31%, a u višim fazama prerade i do 65%) (Peulić, M., 2003).

Ostali prirodni drveni resursi obuhvataju drvorede, živice, seoske i obiteljske površine pod drvećem, voćnjake, stabla razbacana po poljoprivrednim površinama (pojam "parcele pod drvećem" obuhvata sitno drvo razbacano po poljoprivrednim površinama manjim od 10 ha).

Sveobuhvatna analiza potencijala drvene biomase uključuje svu drvenu biomasu realno i trajno iskoristivu u datom vremenu i prostoru i može se obaviti na globalnom ili internacionalnom nivou, na nivou države, na nivou regije ili općine, na nivou lokalne zajednice, na nivou pojedinih objekata, za pojedine posjede ili domaćinstva (Pogačnik, N., Krajnc, R., 2000B).

Danas u svijetu postoje baze podataka (FAOSTAT, EUROSTAT, IEA i dr.) koje sadrže informacije o bioenergiji. Poduzeto je niz koraka na unapređenju metoda prikupljanja, organizacije i prezentacije podataka o energiji na bazi drva, što je rezultat potreba za više informacija o šumskim resursima, kao i potrebe boljeg razumijevanja energetske sistema na bazi drva (FAO., 2001).

Za određivanje potencijala drvene biomase potrebni su podaci o: šumama, zaraslim poljoprivrednim površinama, količinama drvnih ostataka, prosječnoj količini otpadnog i isluženog drva, prosječnoj količini drvene mase sa nešumskih površina itd.

Energetski potencijali šumske biomase mogu se odrediti na osnovu poznavanja površina i drvnih zaliha. Podaci se odnose na: šumska zemljišta (obrasla, neobrasla, plodna, neplodna), vlasništvo nad zemljištem (državno, privatno, ostalo), vrstu drva (liščarske, četinarske i mješovite šume), način gazdovanja (regularne/jednodobne, preborne/raznodobne).

Sa energetskeg aspekta obrasla šumska zemljišta se mogu podijeliti prema uzgojnim oblicima na sjemenjače, panjače, makiju, garig, šikare, kulture i plantaže, a u posljednje vrijeme energijske šume (Domac, J. et al., 2001).

Postoji veliki broj podataka koji se trebaju prikupiti u cilju davanja prave informacije o šumskim potencijalima energetskeg drva kao što su: drvene zalihe, debljinska struktura, prirast, sječe(redovne i vanredne), sortimenta struktura, moguće štete, ugroženost i dr.

Potencijali drvene biomase mogu se prikazati količinom i oblikom goriva na bazi drva, odnosno njihovom namjenom: duga oblovina, komadno drvo izrađeno iz oblovine (dužine 25 – 50 cm), cjepanice (1 m), oblice (1 m), drvo iz grana, sitna granjevina (pruče), drvena sječka i dr.

Na osnovu etata, udjela tehničkih sortimenata i prostornog drva može se odrediti udio biomase za energetske potrebe, koji će ostati nakon pilanske obrade, proizvodnje furnira, izrade namještaja i dr.

Etatne mogućnosti određuju se na bazi godišnjeg etata, odnosno na bazi etata glavnog prihoda i etata prethodnog prihoda (proreda) (Kružić, T., Posavac, S., Tustonjić, S., 2003.).

Šumarstvo ima podatke o šumskoj biomasi u šumskoprivrednim osnovama i šumskouzgojnim planovima. U slučaju nepostojanja potrebnih podataka neophodna su mjerenja na terenu.

Prema iskustvima Gozdarskog inštituta Slovenije, podaci o planiranim i realiziranim sječama, odnosno uzgojnim i zaštitinim zahvatima su dovoljno točni, da nisu potrebna dodatna mjerenja drvnih zaliha i prirasta u šumama. Na osnovu sortimentnog sastava sječe može se predvidjeti godišnji udio sječe drva za energetske potrebe, dok se očekivana količina ovog drva iz planiranih uzgojnih radova i zahvata u okviru mjera zaštite šuma, te količina drva koja će ostati kroz održavanje i gradnju novih prometnica, može dobiti od poduzeća koje gospodari šumama ili od vlasnika šume. Pri tome treba imati na umu da se kod određivanja efektivnih potencijala mora računati sa mogućim sezonskim (sezona grijanja, vrijeme sječe, vrijeme sušenja drva) i godišnjim oscilacijama (planirane sječe, vanredne sječe) (Krajnc, N., Dolensek, M., 2001.).

Ocjena efektivno raspoložive drvene biomase na državnom ili lokalnom nivou bazira se na redovnim zahvatima koji se obavljaju u šumi, a svi ostali potencijali su rezultat procjene, čak i kada se radi o drvnim ostacima prerade drva.

Kao primjer potencijala drvene biomase možemo navesti R Sloveniju, čije šumarstvo ima dugu tradiciju gospodarenja prirodnim šumama (pretežno šume smrče, bukve i jele). Pokrivenost šumama iznosi 56% ukupne površine ili 0,57 ha šumskog zemljišta po stanovniku (Finska 4,03, Švedska 2,85), a godišnja sječa je 2000. godine iznosila 2.609.000 m³. Prema studiju potencijala drvene biomase, iz slovenačkih šuma godišnje se može dobiti 450.000 t suhe biomase, sa napuštenih poljoprivrednih površina 120.000 t, iz drvene industrije 310.000 t (Krajnc, N. 2002.).

Figuriću (2003.) daje podatke za R Hrvatsku: šumska zemljišta pokrivaju 44% ukupne površine (0,51 ha po stanovniku), ukupna drvena zaliha 324 miliona m³, ukupan godišnji prirast 9,6 miliona m³, ukupno predviđena godišnja sječiva masa 5,3 miliona m³ (55% tekućeg prirasta), učešće tehničkog drva 2,14 miliona m³, prostornog drva 2,08 miliona m³ i šumskih ostataka (otpada) 0,70 miliona m³.

Prema ocjeni energetske potencijala (referentna 2000. godina), koja ima regionalan karakter, pored znatnih mogućnosti poljoprivrede i drveno-preradivačke industrije, većina potencijala vezuje se za šumarstvo. Pored smanjenja korištenja ogrjevnog drveta u 1999. godini ono i dalje predstavlja značajan energetski izvor. Ostaci sječe i izrade, drvo oštećeno sredstvima rada i nestručnim radom radnika, te "gubitak" nastao zaokruživanjem pri mjerenjima predstavljaju potencijal od 900.000 m³. Ovome treba dodati 70.000 m³ drvene mase iz šuma posebne namjene i šuma zahvaćenih požarima. Ulaganjem u degradirane šume (uzgojni zahvati na povećanju produktivnosti i kvaliteta) i podizanjem novih šuma može se dobiti 2.043.000 m³ biomase za energetske potrebe. Ukupna raspoloživa biomasa u Hrvatskoj (do 2025. godine) mogla bi dostići količinu od 6.555.660 m³/godišnje (zajedno sa ostacima furnirskih trupaca, ostacima trupaca liščara, ostacima trupaca četinara i biomasom iz energijskih šuma) (Domac, J., et al. 2001.).

2.2. Tehnologije pridobivanja i izrade biomase - *Technologies for harvesting and preparation biomass*

Tehnologija rada određena je tehnološkim procesom rada, sredstvima rada, tehnikom rada i organizacijom rada. Tehnologija u šumarstvu definirana je mjestom izrade te govorimo o tehnologiji izrade sortimentata na sječini, tehnologiji izrade na pomoćnom stovarištu i tehnologiji izrade na centralnom mehaniziranom stovarištu (CMS).

Metod rada označava oblik i veličinu sortimenta koji se transportuje iz šume, pa se može govoriti o sljedećim metodama: sortimentni, poludeblovni, deblovni, stabilni, metod dijelova stabala i metod iveranja (Rebula, E., 1988).

Prema definiciji šumske biomase moguće je primijeniti sve navedene tehnologije i sve navedene metode pridobivanja i izrade biomase. U cilju donošenja rješenja tehnologije pridobivanja i korištenja drvene biomase potrebno je znati količinu drvene biomase, energetske potrebe, količinu energenata koji bi zadovoljili potrebe i tehnologiju izrade goriva na bazi biomase.

Veliki je broj pitanja koji traže odgovor kod izbora tehnologije kao što su: najprikladnija tehnologija sječe i privlačenja; oblik i svojstva goriva; strojevi i mjesto izrade goriva, vrsta transporta; skladištenje; mjesto i način sušenja, način korištenja primarnih i sekundarnih energenata itd.

Od pravilnog izbora tehnologije pridobivanja goriva na bazi drva ovisi kvalitet goriva i ekonomičnost pridobivanja, a izabrana tehnologija je učinkovita samo ukoliko obezbjeđuje maksimalnu iskorištenost energije pohranjene u drvu uz minimalne troškove po jedinici proizvoda.

Iskorištavanje šuma obuhvata veći broj radnji koje se mogu podijeliti u tri faze: sječu i izradu, privlačenje, prevoz (sa utovarom, pretovarom i istovarom).

Tehnološki proces pridobivanja i izrade drva kao energenta možemo podijeliti na radove u šumi (sječa, privlačenje, cijepanje, sušenje) i radove izvan šume (prevoz, prerezivanje, cijepanje, sušenje). Tehnologija može obuhvatiti izradu klasičnog ogrjevnog drva i neku od tehnologija usitnjavanja drva. Tehnologije i tehnike pridobivanja i izrade šumskih ostataka (panjevine, sitnog drva, granjevine, ovršine, cijepano drvo itd) mogu biti vezane za izradu komadnog drva, smrvljenog drva, sječke (iver) i ugušćenog drva (briketi i peleti).

Na slici 1. prikazan je razvoj prenošenja radnji iz šume na CMS (Risović, S., Dundović, J., Slunjski, M., 2003)

Slika 1. Razvoj prenošenja radnji iz šume na CMS (Risović, S., Dundović, J., Slunjski, M., 2003)

Figure 1. Some different logging systems with transfer of process at CMS (Risović, S., Dundović, J., Slunjski, M., 2003)

Sortimentna metoda Assortiments systems	Deblovna metoda Stemwood system	Trošak Cost	Stabilna metoda Full-tree system	Metoda iveranja Chipping system
Rušenje Felling	Rušenje Felling	Rušenje Felling	U šumi	Rušenje Felling
↓	↓	↓	In the Forest	↓
Privlačenje Forwarding	Privlačenje Forwarding	Privlačenje Forwarding		Privlačenje Skidding
↓	↓	↓		↓
Kresanje Delimiting	Kresanje Delimiting	Kresanje Delimiting		Kresanje Delimiting
↓	↓	↓		↓
Koranje Debarking	↓	↓		Krojenje Bucking
↓				↓
Trupljenje Slashing	Trupljenje Slashing	↓		Utovar drva Wood loading
↓	↓			↓
Prevoz Trucking	Prevoz Trucking	Prevoz Trucking	Na cesti On the road	Prevoz Trucking
↓	↓	↓		↓
↓	↓	↓		Rukovanje drvom Wood handling
↓	↓	Trupljenje Slashing		↓
↓	Koranje Debarking	↓	Na CMS At the mill storage	↓
↓	↓	Koranje Debarking		Koranje i iveranje Debarking&Chip ping
↓	↓	↓		↓
Iveranje Chipping	Iveranje Chipping	Iveranje Chipping		Rukovanje iverom Chip handling
↓	↓	↓		↓
↓	↓	↓		Rukovanje iverom Chip handling
↓	↓	↓		↓

Posebna je tehnologija u energetskim plantažama brzorastućih i stablolikih vrsta drveća. Masivno drvo se može usitnjavati na nekoliko načina: iveranje čitavih stabala ili njihovih dijelova (pojedinačno, povezano u bale itd), cijepanjem, stvaranjem drvene stelje (mulching), te izradom energetskog drva na drugi način.

Sječa i izrada drva se može obaviti motornom pilom i specijaliziranim agregatima (harvestori, procesori itd). Privlačenje drva predstavlja najzahtjevniju i najskuplju fazu rada, a može se realizirati ljudskom i životinjskom snagom, snagom stroja i prirodnim silama (gravitacijom), pri čemu se drvo može kretati na različite načine (bacanje, tumbanje, kotrljanje, sanjkanje, spuštanje, voženje, vuča, nošenje). Rješenja prevoza drva obuhvataju cestovna vozila, željeznicu, brodove i zrakoplove, pri čemu se može obavljati utovar, pretovar i istovar drva. U našim uvjetima prevladava sječa motornom pilom, privlačenje animalom i traktorima, prevoz kamionima sa montiranom hidrauličnom dizalicom.

Formiranje nekog oblika energenta ne podrazumijeva samo usitnjavanje drva, nego i ostale radnje kao što su sušenje, zbijanje, sortiranje, ugušćivanje itd.

Kod pretvorbe šumskih ostataka koriste se različiti strojevi: za komadanje, za gnječenje, za iveranje, za sjeckanje, za drobljenje, za cijepanje, kao i kombinirani strojevi, pri čemu se sreću integrirani postupci (jednim prolazom i jednom obradom se dobije konačan oblik proizvoda) i neintegrirani postupci (više odvojenih zahvata kao što je cijepanje, kračenje itd)

Ogrjevno drvo (*Firewood*) je drvo namijenjeno za proizvodnju toplote u domaćinstvima, zanatstvu, industriji (rijeđe kao pogonsko gorivo). Po vrsti se dijeli na tvrdo ogrjevno drvo liščara, meko ogrjevno drvo liščara i meko ogrjevno drvo četinarara. Po obliku i dimenzijama se dijeli na cjepanice, oblice, sječenice, gule, panjevinu i kičevinu. Može se iznositi suhim ili vodenim putem (plavljenjem, splavarenjem) (Janković, B., 1983.)

Cijepano ogrjevno drvo izrađuje se u dužinama 20, 25, 33 cm i 1 m, pri čemu dužina ovisi o namjeni (za štednjake i peći 20 i 25 cm; za peći i kamine 33 cm; za otvorene kamine i picerije 50 cm i za veleprodaju 100 cm). Najviše se izrađuje iz drva bukve, graba i hrasta. (Risović, S., Dundović, J., Slunjski, M., 2003).

Postoji veliki broj kombinacija radnih operacija izrade ogrjevnog drva (oblice ili cjepanice od 1 m, komadno drvo itd), odnosno kombinacija sušenja, ali sva tehnološka rješenja obuhvataju sječu, privlačenje, prerezivanje (na 1 m ili na druge dužine), cijepanje, sušenje i slaganje u složajeve. Konvencionalni način izrade ogrjevnog drva započinje sječom i izradom u šumi, slijedi privlačenje (iznošenje) do šumske prometnice (pomoćnog stovarišta), gdje se vrši slaganje u složajeve u cilju sušenja i daljeg utovara na vozilo i prevoza do korisnika ili centralnog stovarišta.

Sječa stabala i prerezivanje u jednometarsko drvo obavlja se motornom lančanom pilom, cijepanje ručnim alatom (sjekira, klin, bat), a iznošenje (izvoženje) ljudskom snagom, animalom (samarica), traktorskim prikolicama, korpama montiranim na traktor, plastičnim rižama i sl.

Tehnološki proces izrade ogrjevnog drva može podrazumijevati privlačenje sirovog ili zračno sušenog ogrjevnog drva u dugom stanju do pomoćnog stovarišta. Tu se oblovina prerezuje i ručno ili strojno cijepa. Privlačenje se obavlja traktorima identično ostalim oblim sortimentima (trupcima). Prerezivanje se vrši motornom lančanom pilom, a cijepanje sjekirom ili uz pomoć stroja.

Izrađeno ogrjevno drvo se najčešće tovari na kamione (ručno ili hidrauličnom dizalicom).

Klasična tehnologija izrade ogrjevnog drva se karakterizira velikim utrošcima vremena, rad je naporan i nesiguran. Posebno je naporno cijepanje, koje možemo podijeliti na uzdužno (razdvajanje drva – komadanje) i poprečno (po širini na kraće komade). Može se obaviti udaranjem sjekirom (ručno), odnosno udarcem ili utiskivanjem noža i drugog alata u drvo (mehanizirano cijepanje).

Mehanizirano cijepanje osigurava veću produktivnost rada, sigurnost i zaštitu na radu, a cijepanjem se mogu zadovoljiti potrebe tržišta za određenim oblikom goriva.

Danas tržište nudi **procesore za izradu ogrjevnog drva** (*Firewood processors*) kod kojih se oblovina u stroj uvodi uzdužnim transporterom do kružne ili lančane pile, koja vrši prerezivanje na željene dužine (25 – 50 cm). Nakon toga se u stroju za cijepanje sa hidrauličkim klinom obavlja cijepanje na željeni broj komada. Broj komada (2, 4, 6 ili 8 komada) može se mijenjati dodavanjem ili skidanjem sječiva. Izrađeno drvo se transporterom vodi do mjesta smještaja (vozilo ili složaj). Rješenja idu u pravcu potpune automatizacije cijelog procesa, pri čemu se ručno obavlja samo smještaj oblovine na transportnu traku i slaganje drva na vozilu ili u složaj. Dodatno povećanje učinka se postiže utovarnom napravom (smještaj oblovine na transportnu traku) (Krajnc, R., Pogačnik, N., 2000A)

Procesori za izradu ogrjevnog drva su najčešće mobilni strojevi (smješteni na prikolicu ili vučeni od traktora). Mogu biti pogonjeni priključnim vratilom traktora ili imati vlastiti motor (elektromotor ili SUS motor) kao u slučaju stacionarnih strojeva za rad na stovarištu.

Alat za cijepanje može biti horizontalni ili vertikalni klin, spiralni stožac, ili kombinirani alat. Strojevi za cijepanje su najčešće namijenjeni cijepanju drva promjera 50 – 100 cm, dužine 0,5 – 1,25 m. Istraživanja učinaka šest tipova strojeva za cijepanje i kraćenje drva na dužinu 33 cm pokazala su da najmanji učinci iznose 1,5 – 2,0 m³/h, a najveći 5,0 – 7,0 m³/h (pri najvećoj snazi stroja), pri čemu je izmjerena razina buke iznosila 102 – 105 dB. (Anon., 1986.).

Postoje bitne razlike u izradi energenata iz grupe **komadnog drva** (*Chunkwood*) i ogrjevnog drva (*Firewood*), jer se u grupu komadnog drva može uvrstiti čak i krupno iverje, dok su komadi ogrjevnog drva obično iste dužine (rad kombiniranih strojeva za cijepanje). Komadno drvo i sječka su konačan oblik goriva (u djelomično izrađeno gorivo spadaju jednodinarske oblice i cijepanice).

Komadno drvo, kao sekundarni energent, može se dobiti sjeckanjem tanke oblovine (za posebne namjene drobljenjem i gnječenjem komadnog drva). Teško je izvršiti klasifikaciju strojeva, jer izrađuju sekundarne energente širokog dijapazona. Kao primjeri mogu se navesti: stroj sa spiralnom zavojsnicom (*Spiral head chunker/Cone screw chunker*), spiralni diskosni stroj za komadanje (*Involuted disc chunker*), stroj za

komadanje sa krilnim nožem (*Wing blade chunker*), stroj za komadanje sa dva diska (*Double disc chunker*), kombinirani stroj sa nazubljenim pužem i međunoževima (*Saw auger comminutor*), sporohodni stroj sa zarezivanjem (*Slow rate cutter*) i dr.

Pored komadanja drvo za izradu goriva može se i mrviti (lomiti, drobiti itd), pri čemu nastaju komadi nepravilnog oblika i različitih dimenzija. Strojevi za izradu nose najčešće engleske nazive (*Hogs, Shredders, Crushers* itd.). Na primjer to su strojevi: *Swing hammer hog machine, Punch and die hog principle, Knife hog, Hammer hog, Roll splitting and crushing principle, Crushing rolls* itd. (Risović, S., Dundović, J., Slunjski, M., Sever, S., 2003).

Goriva sječka (*Fuel chips*) se izrađuje postupkom sjeckanja drva u strojevima za izradu sječke i može kao sekundarni energent biti konačan šumski proizvod namijenjen tržištu. **Iver** (*Chips*) se može dobiti direktno iveranjem šumskih ostataka (ili namjenskog drva), ili dvostupnjevanim postupkom usitnjavanja sječke u strojevima za iveranje. Služi kao sirovina u izradi ploča iverica.

Izrada drvene sječke vezuje se za mjesto njenog pridobivanja. Može se ostvariti na sječini, na vlaci, na šumskoj prometnici (pomoćnom stovarištu), na CMS ili uz kotlovnici.

Slično ogrjevnom drvu, tehnološki procesi izrade sječke imaju veliki broj kombinacija radnih operacija, ali su svima zajednički sječa i privlačenje. Proces izrade sječke može se realizirati i korištenjem višenamjenskih strojeva (obavljaju sječu, izradu sječke i prevoz van puteva).

Tehnološki proces izrade sječke se razlikuje za slučaj korištenja ostataka sječe, granjevine, sitnog drva, grmlja, itd) od slučaja korištenja krupnijeg oblog drva ili ostataka prerade drva. Posebno je značajna izrada sječke iz oblog drva koje dolazi iz redovnih godišnjih sječa (duga oblovina i ostali šumski sortimenti lošijeg kvaliteta). Tehnologija izrade sječke iz ostataka sječe i sitnih sortimenata nastalih uzgojnim zahvatima zahtijeva pripremu sirovine (ručno sakupljanje grana, ovršaka i sitne drvene mase iz proreda, kao i sakupljanje biomase nakon čišćenja međa i drugih šumskih površina predstavlja naporan i, najčešće, neekonomičan rad).

U praksi se sreću rješenja mehanizirane sječe (*Harvester*), sakupljanja ostataka (*Forwarder*), usitnjavanja u šumi i kamionskog prevoza do energetskog postrojenja (varijanta je sabijanje snopova biomase, izvoženje iz šume i odlaganje na šumskom stovarištu).

Sječka se može izrađivati iz svježe biomase na prometnici (pomoćnom stovarištu), ili se svježja biomasa ostavlja u hrpama u sječini (zračno sušenje nekoliko mjeseci). Prema iskustvima brojnih zemalja najbolje rješenje je: privlačenje dugog drva do šumske prometnice (pomoćnog stovarišta); prerezivanje u oblice dužine 1 m; slaganje u složajeve u cilju sušenja; transport do centralnog stovarišta ili korisnika; usitnjavanje u zračno suhu sječku (konačan energent). Drugo rješenje je usitnjavanje sirovog drva na šumskoj prometnici, što zahtijeva naknadno sušenje sječke (često vjetačkim putem) povezano sa nizom problema.

Strojevi za izradu sječke mogu imati vlastiti pogon (elektromotor ili SUS motor), ili pogon od priključnog vratila traktora. Mogu biti mobilni (priključeni na traktor ili montirani na prikolicu) ili stacionarni (na većim stovarištima i kod obrade sirovine iz

prerade drva). Punjenje može biti ručno, ili uz korištenje utovarne naprave. Strojevi se mogu podijeliti u tri skupine (laki, srednji i teški) (tabela 1.).

Tabela 1. Podjela strojeva za izradu sječke (Krajnc, R., Pogačnik, N., 2000C)

Table 1. Classification of chippers (Krajnc, R., Pogačnik, N., 2000C)

Podjela <i>Classification</i>	Snaga <i>Power</i> (kW)	Max. promjer drva <i>Max. diameter</i> (cm)	Veličina sječke <i>Size of cheaps</i> (mm)	Učinak <i>Output</i> (m ³ /h)	Cijena <i>Price</i> (miliona SIT)
Laki - <i>Small</i>	20 - 30	do 15	5 - 30	2-5	< 2
Srednji - <i>Medium</i>	40 - 60	do 30	5 - 100	10 - 50	2 - 9
Teški - <i>Big</i>	150 - 360	do 40	5 - 150	> 50	> 10

Prema načinu rada (Kaltschmitt, M., Hartmann, H., 2001) strojevi za izradu sječke/ivera mogu se podijeliti na diskosne, bubanjske i sa pužem. Postoji veliki broj faktora koji određuju izbor stroja. Srce stroja je uređaj (alat) za sjeckanje. Strojevi imaju promjenljiv broj noževa (2 – 4, 2 – 20) i dijele se prema dimenzijama drva koje mogu sitniti (max. promjer 45 cm). Mogu biti sporohodni i brzohodni. Kod nekih se drvo u stroj uvodi okomito, a kod nekih paralelno sa smjerom djelovanja alata. Posebna izvedba su samohodni silokombajni.

Kao primjere strojeva za izradu sječke/ivera možemo navesti: diskosne strojeve za usitnjavanje (*Disc chippers*), strojeve za usitnjavanje sa bubnjem (*Drum chippers*), strojeve za usitnjavanje sa V-razmjestajem bubnjeva (*V-drum chippers*), strojeve sa stošcem (*Spiral-head chippers*) itd.

Učinak stroja nije vezan samo za rješenja alata, gabarite i pogonsku snagu, nego znatno ovisi o vrsti sortimenta i organizaciji punjenja. Tako diskosni stroj pogonjen traktorom snage 65 kW (izrađuje sječku dužine 12 mm) može ostvariti učinak od 20 – 30 m³ nasute sječke na sat (Dolonšek, M., 1999). Drugi primjer je mobilni stroj za usitnjavanje drva promjera do 45 cm sa učinkom i do 100 m³/h (traži pogonsku snagu od 1500 kW i posjeduje bubanj promjera 2 m sa 40 noževa).

Kod rada sa strojem za izradu sječke javljaju se opasnosti od oštrih i okretnih dijelova, od povratnog udara i dr. Radnik mora koristiti zaštitnu opremu (naušnice ili čepiće za uši, zaštitne naočale ili mrežu za zaštitu lica i očiju, rukavice, radnu odjeću iz jednog komada, obuću koja se ne kliže, itd).

Proizvodnja **briketa** (*Briquets*) i **peleta** (*Pellets*), uglavnom, se vezuje za drvenu industriju, a cilj je cjelovito i racionalno korištenje drvene sirovine (posebno u primarnoj obradi drva) kroz upotrebu zaostale piljevine, bruševine, blanjevine, kore i sječke.

Briketiranje je postupak ugušćivanja materijala u strojevima za briketiranje (klipne ili pužne izvedbe sa mehaničkim ili hidrauličkim pogonom). Kao sirovina često se koristi drvo i kora bez ljepila, umjetnih materijala, biocenzonog drva, sredstava za zaštitu drva, lakova itd. Prema briketima se postavljaju posebni zahtjevi s obzirom na gustoću, vlažnost, ogrjevnost, sadržaj pepela, sumpora, azota i klora.

Peletiranje (izrada tzv. minibriketa) se bazira na zgušnjavanju piljevine, blanjevine, bruševine i to bez upotrebe sredstava za vezivanje ili kemijskih primjesa. Kao sirovina za izradu peleta, pored ostataka drvno-prerađivačke industrije, može se koristiti oblo drvo iz šume, celulozno drvo i ostalo drvo lošijeg kvaliteta. Najveća dopuštena vlaga drva za izradu peleta je 15%. Tehnologija izrade peleta sastoji se od više faza: sakupljanje sirovine, grubo sitnjenje, sušenje, fino sitnjenje, kondicioniranje i miješanje, ugušćivanje (stiskanje), hlađenje i sušenje, skladištenje/utovar i pakovanje (Krajnc, N., 2001).

Prema učinku pogoni se mogu podijeliti na one čije postrojenje ima učinak od 1 t/h, učinak od 3 – 4 t/h i učinak od 7 – 8 t/h peleta (Peulić, M., 2003.).

Mada u nekim slučajevima proizvodnja **drvnog uglja** (*Charcoal*) ima prednost nad klasičnim ogrjevnim drvom, treba napomenuti da se tokom pougljavanja (karbonifikacije) izgubi 30 – 60 % energije sadržane u drvu kao sirovini. U proizvodnji drvnog uglja ukupan stupanj korisnosti ovisi o tehnološkoj liniji od sječine do mjesta upotrebe. Najviše se koriste tradicionalni načini proizvodnje drvnog uglja (prinos 15 – 20% težine drva). Metalne peći su efikasnije i imaju kraći proces karbonifikacije. Efikasno rješenje mogu biti i zidane peći od opeke.

2.3. Svojstva energenata – *Characteristics of energy sources*

Ogrjevna moć (*Heating power*) neposredno određuje mogućnost korištenja nekog energenta kao goriva. Predstavlja količinu toplote što je izgaranjem producira neka jedinica mase ili jedinica volumena goriva (najčešće u MJ ili kWh po kg, t, m³, prm). Razlikuje se donja i gornja ogrjevna moć, pri čemu je ova prva manja od druge za količinu toplote koja se utroši na ispravanje vode (toplota isparavanja).

Ogrjevna moć (ogrjevnost) ovisi o vrsti drva i dijelu stabla iz kojeg drvo potiče, o kemijskoj i anatomskoj građi drva, o gustoći, o sadržaju vlage, očuvanosti i zdravstvenom stanju drva. Svi navedeni faktori se nalaze u različitim međuodnosima.

Četinari imaju veću ogrjevnost izraženu po jedinici mase, a lišćari po jedinici volumena. Drvo četinara izgara brže i intenzivnije (povoljnije za kuhanje i pečenje), dok drvo lišćara izgara duže (povoljnije za grijanje). Ogrjevna moć suhog četinarskog drva kao energenta iznosi 18 – 22 MJ/kg, suhog lišćarskog drva 17 – 21 MJ/kg, ili prosječno za obje grupe 19 MJ/kg (5,2 kWh/kg). Mada veće ogrjevne moći četinarsko drvo se manje koristi kao gorivo zbog sadržaja smole.

Gustoća (*Density*) predstavlja masu po jedinici volumena (kg/m³) i ovisi o vrsti drva (drvo lišćara je gušće), o dijelu stabla (gušće je drvo korijena, grana i srčevine), starosti drva, sadržaju vode itd. Gustoća sirovog drva četinara iznosi 600 – 800 kg/m³ (osušenog 400 – 550 kg/m³), drva tvrdih lišćara 800 – 1200 kg/m³ (osušenog 600 – 700 kg/m³), dok gustoća drva mekih lišćara odgovara drvu četinara.

Sadržaj vode (*Moisture content*) određuje kvalitet energenta. Voda u drvu se dijeli na slobodnu vodu (gubi se prva nakon sječe) i vezanu vodu (gubi se procesom sušenja). S obzirom na sadržaj vode razlikujemo sirovo drvo (sadržaja vode 50 – 60%), šumski suho drvo (25 – 30%), zračno suho drvo (15 – 20%), sobno suho drvo (8 – 10%) i apsolutno suho drvo. Za praktičnu upotrebu može se uzeti da sadržaj vode u drvu u momentu sječe iznosi oko 50%, a da se ovisno o načinu transporta, načinu i uvjetima skladištenja može povećati na 65% i smanjiti do 30%. (FAO., 1980).

Voda u drvu smanjuje njegovu ogrjevnu vrijednost (10% vode smanji ogrjevnu vrijednost za 12%), a u slučaju loženja šumski suhog drva na isparavanje vode se izgubi četvrtina pohranjene energije u drvu. Drvo treba sjeći u zimskim mjesecima i ostaviti da se suši na sunčanom i provjetritom mjestu (vještačko sušenje iziskuje dodatne troškove). Oblovinu dužine 2 – 4 m koja se koristi za izradu sječke, može se u cilju sušenja ostaviti u šumi, na pomoćnom stovarištu, glavnom stovarištu ili kod korisnika. Nakon toga se usitnjava u zračno suhom stanju, čime se izbjegava opasnost samozapaljenja u slučaju skladištenja sirove sječke.

Smolasto drvo može dostići ogrjevnost od 40 MJ/kg. Kora sa visokim sadržajem gumoznih tvari pokazuje uvećanu ogrjevnu moć.

Očuvanost i zdravstveno stanje su vezani za promjenu anatomske i kemijske građe drva (trulo drvo ima manju gustoću i manju ogrjevnu vrijednost).

Pored navedenih karakteristika, kvalitet drva kao goriva određen je dimenzijama komada (manji komadi se brže suše), količinom i kemijskim sastavom pepela kod izgaranja drva, udjelom sitnih frakcija, trajnošću itd. U Evropi postoje standardi za većinu goriva, kao što je slučaj sa standardima za pelete u Njemačkoj (DIN 5173), u

Austriji (ÖNORM M 7135), u Švedskoj (SS 18 71 20). Odbor za standardizaciju EU priprema zajedničke standarde za sva goriva na bazi biomase.

Volumni factor (*Solid volume factor*), kao izraz odnosa volumena koji zauzima drvo i volumena međuprostora između komada drva, iznosi 0,35 – 0,45 (kod složenog drva 0,60). Komadno drvo, koje ima dužine 5 – 25 cm i promjer različitog poprečnog presjeka do 19 cm, karakterizira se volumnim faktorom 0,40 – 0,55. Mrvljeno (drobljeno) drvo sadrži komade različitih oblika i dimenzija (obično dužine oko 10 cm sa manjom količinom dužih komada) ima volumni factor 0,35 – 0,45. Goriva sječka (iver) ima približno pravilan oblik i manje rasipanje dimenzija (5 – 50 mm, rjeđe 100 mm) i volumni faktor 0,35 – 0,45. Ugušćeno drvo (briketi, peleti i dr.) se izrađuju kao komadi jednakog oblika i dimenzija (peleti su valjkastog oblika dužine do 20 mm i promjera 6 – 8 mm), a volumni factor je 0,45 – 0,60. Drvni prah ima dimenzije ispod 0,5 mm. (Pottie, M.A., Guimier, D.Y. 1985).

Ogrjevno drvo se izrađuje u dužinama 0,25 – 1,0 m i promjera oblica do 15 cm (ostalih dimenzija ispod 15 cm).

Posebno su visoki zahtjevi prema kvalitetu sječke i ugušćenog drva. Sječka može dolaziti iz pilanske obrade (od suhe sječke do sječke sa vlažnošću 40 – 50%) i iz šume (najveći sadržaj vlage do 30%). Gustoća sječke ovisi o vrsti drva i vlažnosti (300 – 600 kg/m³).

Briketi i peleti imaju gustoću 900 – 1200 kg/m³ i raspon vlažnosti 15 – 20%. Osim svojstva suhoće i jednostavnosti skladištenja i loženja, ugušćeno drvo se karakterizira visokom “energetskom gustoćom” (peleti iznad 17 MJ/kg).

Standardi za goriva na bazi biomase propisuju i sadržaj nekih kemijskih elemenata kao što su klor, azot, sumpor, kalij, teški metal itd. Pored SiO, CaO, MgO, K₂O, Na₂O i P₂O, pepeo peleta i sječke može sadržavati cink (260 – 500 mg/kg) i kadmij (3 – 6,6 mg/kg). (Anon., 2004A).

Briketi pored niskog sadržaja sumpora, imaju nizak sadržaj teških metala. Standardi moraju odrediti dozvoljene dodatke kojima proizvođač poboljšava fizikalna svojstva peleta (skrob, biljna ulja, prirodni parafin, kora smrče i bora, te ostale za okoliš prihvatljive materije), a zabraniti upotrebu vještačkih veziva i ljepila.

Rečeno je da pored šumskog otpada važan izvor biomase čini otpad mehaničke prerade drva. U slučaju korištenja ovih energenata ponovo je odlučujući faktor sadržaj vode u otpadu. Sadržaj vlage od 10% daje stupanj korisnosti izgaranja od 78%, a korištenje sirovine sadržaja vlage 50% ima stupanj korisnosti od 67% (FAO., 1990).

Gorivo na bazi biomase namijenjeno gasifikaciji (drvo, drvni ugalj, drvni otpad šumarstva i prerade drva) treba birati na osnovu više svojstava kao što su: energetski sadržaj, sadržaj vlage, isparljivost, sadržaj pepela i njegov kemijski sastav, reaktivnost, dimenzije i njihova distribucija, gustoća, svojstva vezana za proces karbonizacije itd.).

Smješa zraka i generatorskog plina ima toplinsku vrijednost od oko 2500 kJ/m³. Ukoliko se generatorski plin koristi za direktno izgaranje onda se za njegovu proizvodnju može koristiti sirovo drvo sadržaja vode 40 – 50%. Međutim, ukoliko se plin koristi za pogon SUS motora, zbog rizika mogućih problema sa katranom mora se koristiti gorivo vlažnosti ispod 25%. Plin ne smije sadržavati kondenzate katrana, kiselina i prašinu koji mogu uzrokovati habanje SUS motora (mora postojati sistem prečišćavanja). Jedino

gorivo na bazi biomase koje ne zahtijeva specijalne mjere je drveni ugalj dobrog kvaliteta (FAO.,1986.).

Na kraju za praktične svrhe mogu se navesti neki toplinski ekvivalenti. Ogrjevna vrijednost 1 l lož-ulja ima toplinski ekvivalent 2,6 kg zračno suhog drva liščara i 2,5 kg zračno suhog drva četinarara. Prema tome, ogrjevnoj vrijednosti 1000 l lož-ulja odgovara toplinski ekvivalent 3 – 4 m³ zračno suhog drva liščara, odnosno 5 – 6 m³ zračno suhog drva četinarara.

Energetska vrijednost 1 m³ zračno suhog bukovog drva ima energetska ekvivalent 300 l lož-ulja. Ukoliko jedno domaćinstvo godišnje troši 3000 l lož-ulja, onda bi u slučaju zamjene goriva i prelaska na loženje drva trebalo obezbijediti 10 – 15 m³ zračno suhog drva liščara, ili 14 – 18 m³ zračno suhog cijepanog drva, ili 30 – 45 m³ sječke u nasutom stanju. (Pogačnik, N., Krajnc, R., 2000A).

2.4. Upotreba šumske biomase - *Utilization forest biomass*

Korištenje biomase predstavlja dugu tradiciju i naviku, a mogućnosti upotrebe biomase ovise o socio-ekonomskom statusu korisnika, o raspoloživim potencijalima i energetskim potrebama, o načinu pridobivanja i izradi primarnih i sekundarnih energenata, transformaciji u korisnu energiju itd.

Postoji veliki broj načina iskorištavanja energije biomase, ali dvije su osnovne skupine postupaka: izgaranje u ložišnom prostoru toplinskog generatora i plinifikacija drva u procesu nepotpunog izgaranja, a zatim potpuno izgaranje u SUS motoru ili toplinskom generatoru (Goglia, V., Sever, S., 1994.).

U drvnoj industriji preostali otpad se najčešće koristi za dobivanje tople vode i industrijske pare, ali se može koristiti za zagrijavanje presa i sušenje u sušarama, za proizvodnju pogonske energije kod parnih turbina, parnih strojeva, dizel i benzinskih motora.

Ogrjevno drvo i drveni ugalj predstavljaju u zemljama u razvoju najčešći oblik goriva namjenjenog kuhanju i grijanju, dok se u razvijenim zemljama ovi energenti koriste za bojlere u domaćinstvima, u industriji, za područne toplane i centralno grijanje javnih ustanova i turističkih objekata itd.

U zemljama u razvoju (posebno u ruralnim oblastima) rješavanje pitanja smanjenja zahtjeva prema ogrjevnom drvu i drvnom uglju vezano je za poboljšanje stupnja korisnosti pretvorbe energetskog drva u korisnu energiju. To se može djelomično postići osavremenjavanjem uređaja za konverziju energije drva (posebno peći u domaćinstvima).

Korištenje biomase mora pratiti razvoj gradnje postrojenja za izgaranje i korištenje njene toplinske moći, odnosno pretvorbu toplinske energije u neki drugi oblik energije, obično u električnu energiju (Sever, S., Rivošić, S., 1995).

Konstruirane su velike peći i bojleri za sagorijevanje kore, drvnih ostataka, "crnog luga", otpada iz drvne industrije i čvrstog otpada iz urbanih sredina. Uz izgaranje biomase obavlja se njena piroliza i gasifikacija. Svojstva proizvedenih energenata ovise o: ulaznom materijalu, temperaturama i tlakovima procesa; vremenu provedenom u zoni reakcije; stupnju zagrijavanja itd.

Razvoj sistema loženja ide u pravcu automatizacije, povećanja stupnja iskorištenosti goriva i smanjenja emisije štetnih tvari.

U Sloveniji je napravljen program korištenja drvne biomase do 2010. godine, kojim je obuhvaćeno 50 projekata područnog grijanja, montaža 100 suvremenih kotlova na drvnu biomasu u industriji i montaža 5000 manjih kotlova za individualno grijanje. Ukupna instalirana snaga je 300 MW, a kapaciteti proizvodnje toplote su 1200 GWh/godišnje. (Krajnc, N., 2003).

U Hrvatskoj su ranije razvijene tehnologije izgaranja biomase u fluidiziranom sloju (ECOFLUID), tehnologije proizvodnje električne energije agregatima na bioplin, dok su drvni ostaci drvno-prerađivačke industrije korišteni za podmirivanje osnovnih potreba poduzeća za toplinskom energijom (grijanje i tehnološke potrebe). Novije tehnologije izgaranja u fluidiziranom sloju mogu se koristiti u drvnoj industriji, kod područnog grijanja, za kogeneraciju i zagrijavanje obiteljskih kuća (Domac, J., et al., 2001).

Grijanje (*Heating*) ovisi o dužini sezone grijanja, o željenoj temperaturi grijanog prostora, te o eventualnim zahtjevima prema toploj (sanitarnoj) vodi. Grijanje (i kuhanje) predstavlja samo dio energetskog korištenja biomase u domaćinstvima, industriji, zanatstvu itd.

Pored tehnologije individualnog grijanja (obiteljske kuće, stanovi i dr.), biomasa se koristi u tehnologijama područnog (daljinskog) i centralnog grijanja.

Područno grijanje (*District heating*) je sistem grijanja čitavog naselja (toplana snage iznad 1 MW sa razvodom do korisnika), dok **centralno grijanje** (*Central heating*) ima funkciju grijanja nekoliko kuća ili kuća sa više obitelji, etažnih stanova, javnih ustanova itd. Za razliku od grijanja pojedinačnih kuća i popratnih objekata, gdje su dovoljni sistemi grijanja nazivne snage do 100 kW, kod centralnog grijanja instalirana snaga sistema grijanja može biti do 1 MW.

Izgaranje drva u pećima se odvija u tri faze: sušenje (do 150°C), uplinjavanje (150 - 550°C) i gorenje (400 - 1300°C). Nedovoljan dotok kisika i niža temperatura izgaranja uzrokuje nepotpuno izgaranje oslobođenih plinova iz drva. Oni hlađenjem prelaze u tečnost (talog i katran na dimnjaku), a ostatak su tvari koje zagađuju okoliš (CO, ugljikovodici, azotni oksidi itd.). Nakon izgaranja ostaje grubi i ciklonski leteći pepeo (može se koristiti kao gnojivo), te fini leteći pepeo (sadrži kadmij i cink).

Zastarjele peći na komadno drvo (*Outdated logs furnaces*) imaju mali stupanj korisnosti (kod otvorenog ognjišta 5 - 10%), zagađuju okoliš, zahtijevaju naporan i prljav rad kod loženja i čišćenja. Osnovna prednost ovih peći su mala inicijalna ulaganja u sistem za grijanje.

Suvremene peći na komadno drvo (*Modern logs furnaces*) se lože drvom dužine 25 - 100 cm, koje se slaže u primarno ložište. Tu se odvija sušenje, uplinjavanje i gorenje drva, dok u sekundarnom ložištu izgaraju vrući plinovi. Učinkovitost peći se povećava dogradnjom dodatnog akumulatora toplote sa automatskom regulacijom (toplota se vraća kada peć ne radi) (Pogačnik, N., Krajnc, R., 2000C).

Suvremene peći na komadno drvo pružaju mogućnost potpunog izgaranja drva. Funkciju prirodnog usisa zraka kod zastarjelih peći zamjenjuje prinudno punjenje ventilatorom. Dovod zraka u sekundarni dio ložišta regulira lambda sonda, koja radi na principu mjerenja preostatka kisika u dimnim plinovima (regulira dotok svježeg zraka u cilju optimiranja izgaranja i smanjenja emisije). Ove peći imaju veći stupanj iskorištenja goriva (iznad 90%), manje zagađuju zrak, omogućavaju dugo vrijeme gorenja, zahtijevaju manje vrijeme za punjenje i čišćenje (sadržaj pepela oko 1%), grijanje je prijatnije i bez oscilacija temperature. Nedostatak je veća nabavna cijena peći (kao i kod peći na sječku i pelete).

Suvremene peći za loženje sječke (*Modern wood chips furnaces*) pružaju mogućnost automatizacije loženja (slično pećima na lož-ulje ili plin). Sistem traži spremnik za sječku, koji ne smije biti u blizini mjesta loženja. Moguća je doprema kamionom ili traktorom, pri čemu se sječka istresa u poseban otvor na spremniku. Peći na sječku moraju imati opremu za dovod sječke od spremnika do ložišta (pužni transporter) i sigurnosni sistem za sprečavanje povratnog udara ognja (opasnost od požara). Ložište ovih peći može biti retortnog tipa, sa predložištem i sa rešetkom (fiksna, pokretna, nakretna), a proizvedeni vrela plinovi odlaze do izmjenjivača toplote (bojlera), gde se

toplota prenosi na medij za transfer toplote (bojleri sa plamenim cijevima i vodenim cijevima). Suvremene peći na sječku imaju odstranjivač pepela (pužni transporter) i automatski prečišćivač dimnih plinova.

Suvremene peći za loženje peleta (*Modern heating pellets furnaces*) namijenjene su, prevashodno, urbanim sredinama (zamjena fosilnim gorivima). Traže manji skladišni prostor nego sistem sa loženja sječke. Pelete se zbog ujednačenih dimenzija mogu točno dozirati u ložište. Distribucija je cisternama, ispumpavanje u spremište cijevima. Peći na pelete su snage 5 kW pa naviše (Golob.,A.,1999). Isporuka peleta nije isplativa na distancama većim od 200 – 300 km, te peleti traže lokalno tržište. Doprema peleta velikim korisnicima obavlja se željeznicom ili kamionima, a mali korisnici kupuju pakovanja od 10 do 15 kg ili velika pakovanja u tzv. "big-bag" vrećama (1 – 1,5 m³ peleta).

Za grijanje jednoobiteljske kuće površine 120 m² prosječno se godišnje utroši oko 1 m³ (0,6 t) peleta (Krajnc, R., Pogačnik, N., 2000B).

Sistem grijanja na pelete može se sresti kod manjih stambenih jedinica u vidu individualnih peći, individualnih peći sa spremnikom za vodu, peći sa poluautomatiziranim doziranjem i peći sa automatiziranim doziranjem (zračnim putem ili pužnim transporterom). Peći na pelete imaju veliki stupanj iskorištenja (95%), digitalnu kontrolu zraka, količine pepela i radne temperature. Ukoliko je potrebno birati između sječke i peleta, najbolje je ugraditi sistem grijanja koji može koristiti oba energenta. Neki proizvođači peći nude alternativno rješenje pelete – cijepano drvo (Risović, S., 2003).

Kogeneracija (*Cogeneration*) je proizvodnja električne energije zajedno sa toplinskom energijom (upotrebljivom za poznate korisnike). Stupanj iskorištenja kemijske energije goriva je 85%, uz smanjenu emisiju CO₂ i NO_x. Postrojenja mogu biti namijenjena područnom grijanju (snage iznad 1 MW) ili prilagođena manjim potrošačima, kao što su zgrade – blokovi (snage 50 – 500 kW). Sreću se i postrojenja tzv. "mikrokogeneracije" za domaćinstva (snage 5 – 15 kW). Pogonski stroj generatora može biti plinski motor ili parna turbina (rjeđe plinska turbina) (Anon., 2004A).

Piroliza (*Pyrolysis*) predstavlja jednu od tehnologija prerade biomase u proizvod veće vrijednosti, pri čemu se mogu koristiti svi oblici biomase (najveći prinos se dobije od celulozne sirovine). Proizvedeno ulje može zamijeniti lož-ulje i dizel gorivo, ali je bolja alternativa etanol (FAO., 2002).

Gasifikacija (*Gasification*) je, kao i piroliza, termokemijski proces pretvorbe goriva na bazi drva u gasifikatoru (nastaje bioplin koji se može koristiti za direktno sagorijevanje, za pogon motora, pogon plinske turbine itd.). Kao produkti gasifikacije mogu nastati i tečna goriva (metanol, petrolej itd.).

Fermentacija (*Fermentation*) je biokemijski proces kojim se mogu proizvesti brojna goriva (prije svega etanol), a kao potencijalna sirovina može služiti biomasa otpada i ostataka. (FAO., 1996).

2.5. Ekonomski aspekt bioenergije - *Economic aspect of bioenergy*

Kod ocjene značaja biomase kao izvora obnovljive energije posebno je značajan (socio) ekonomski aspekt mogućih koristi od ovog oblika energije. Zajedno sa prinudom koja proističe iz globalnih ekoloških problema, socioekonomski aspekt je pokretačka sila povećanju udjela bioenergije u ukupnoj energetskej opskrbi. Neke koristi od korištenja biomase mogu se iskazati ekonomskim pokazateljima (monetarne koristi, zapošljavanje), a za neke moramo uvesti druge pokazatelje (kulturološki i ekološki aspekt). Kod analize treba uzeti u obzir sve pozitivne i negativne posljedice upotrebe biomase, te primijeniti metodu društvenih troškova i koristi (Cost – Benefit analiza) (Pogačnik, N., 2000).

Ekonomski i financijski parametri brojnih programa vezanih za šumsku biomasu pokazuju da upotreba biomase kao energenta može biti unosan posao. Danas u svijetu postoje institucije (burze i dr.) koje se bave prodajom i transportom biomase, uz definirane cijene raznih tipova biomase (piljevina, kora, sječka iz šumarstva, sječka iz drvne industrije itd).

Podizanje kultura brzorastućih vrsta može imati opravdanje u slučajevima postojanja tržišta biomase, prihvatljive prodajne cijene i ograničenih troškova transporta (radijus do 30 km od instaliranog pogona korištenja biomase)

Kod planiranja tehnologija pridobivanja, izrade i korištenja šumske biomase potrebno je poznavati neposredne troškove sječe, privlačenja i izrade drvnog goriva. Ovim troškovima treba dodati troškove pretvorbe jednog oblika energenta u drugi (primarni u sekundarni), odnosno troškove transformacije energije goriva u njen konačan oblik (toplotna i električna energija). Kalkulacijom treba da budu obuhvaćeni i mogući prihodi od prodaje izrađenog goriva, prihodi od proizvedene energije itd.

Kod ocjene rentabilnosti korištenja energije iz biomase vrlo značajan parametar je vrijeme, jer se radi o dugoročnim investicijama. S obzirom na velike početne investicije, za ekonomsku opravdanost prelaska na biomasu kao izvor energije važno je uspostaviti sistem subvencija i pogodnih kredita.

Ključni faktori koji određuju godišnje troškove grijanja su: potreba za energijom (površina grijanja, potrebe za toplom vodom, željena temperatura, klimatski uvjeti), potencijali biomase sa kojim raspoložemo (površina i kvalitet šuma, planirani godišnji etat, drvna biomasa izvan šuma, drveni ostaci, isluženo drvo), izbor tehnologije pridobivanja, izrade i korištenja drvne biomase (postojeća mehanizacija, osposobljenost radne snage, prostor za skladištenje, raspoloživa financijska sredstva).

Troškovi po jedinici proizvedene energije su manji u slučaju proizvodnje veće količine energenata i kod optimalnog korištenja energetskeg sistema (turizam, veliki grijani prostor i utrošak sanitarne vode, zajedničko grijanje skupnih kuća i javnih objekata kao što su škole, zdravstvene ustanove, vrtići itd.).

Ekonomičnost proizvodnje energije na bazi drva ovisi o cijenama drvnog otpada i ogrjevnog drva. U slučaju kogeneracije uticaj povećanja cijene drvnog goriva nije toliko izrazit (FAO.,1983B.).

U Finskoj prosječni troškovi iskorištavanja šuma za potrebe pridobivanja biomase (na bazi kapaciteta opskrbe od 20000 m³/godišnje) iznose 8,80 – 12,90 \$/m³ (FAO., 2002).

Kalkulacija neposrednih troškova pridobivanja i izrade goriva na bazi šumske biomase sadrži neposredne troškove strojeva koji sudjeluju u tehnološkom procesu (motorna pila, traktor, stroj za izradu sječke, stroj za cijepanje ili procesor za izradu komadnog drva) i troškove radne snage. Troškove mehanizacije sačinjavaju izdaci za gorivo i mazivo, rezervne dijelove, amortizaciju, redovno održavanje, osiguranje i kamate na uloženi kapital.

Grupiranjem i sumiranjem troškova dobiju se neposredni troškovi sječe, privlačenja, izrade sječke, izrade komadnog drva. U obračun se ulazi sa troškovima pridobivanja drva u oblom stanju (oblovina iz redovne sječe i ostala drvena biomasa). Troškovi sječe (motorna pila) i troškovi privlačenja (traktor) predstavljaju jedinstven ulaz za većinu ekonomskih analiza pridobivanja drva, a razlike se javljaju kod izrade posječenog i privučenog drva, odnosno formiranja konačnog oblika drvnog goriva.

Neka istraživanja socio-ekonomskih aspekata bioenergetskih sistema prirodnih šuma (provedena u okviru SCORE modela) podrazumijevala su izradu kalkulacija na bazi potencijala biomase dobivenih iz podataka šumarske statistike, drvno-prerađivačke industrije i poljoprivredne statistike. Troškovi proizvodnje biomase računati su za različite izvore biomase, a rezultati jedne takve studije prikazani su u tabeli 2. (Krajnc, N., Domac, J., 2004).

Tabela 2. Troškovi proizvodnje biomase (Krajnc, N., Domac, J., 2004)

Table 2. Costs of biomass production (Krajnc, N., Domac, J., 2004)

Radne faze u proizvodnji biomase <i>Working phases in biomass production</i>	Šume <i>Forests</i>	Drvni otpad <i>Wood waste</i>	Ostala drvena biomasa <i>Other wood biomass</i>
	€/m ³	€/m ³	€/m ³
Gospodarenje šumama (pretkomercijalne i komercijalne prorede) - <i>Managing of forest (precommercial and commercial thinning)</i>	10,8		9,0
Sječa i izrada - <i>Harvesting</i>	9,3		4,7
Iveranje - <i>Chipping</i>	2,6	2,3	2,2
Transport - <i>Transport</i>	0,9	1,0	1,0
Sakupljanje drvnog otpada - <i>Gathering of wood waste</i>		6,8	
Suma svih troškova - <i>Sum of all costs</i>	23,6	10,1	16,8

U okviru vrednovanja projekata osavremenjavanja sistema grijanja koje obuhvata pridobivanje, izradu i korištenje šumske biomase, mogu se koristiti dinamičke i statičke metode ekonomske analize. Dinamičke metode uzimaju u obzir vremensku dimenziju takvih projekata (vrijeme trajanja projekta, troškovi i prihodi tokom cijelog vremena trajanja projekata).

Pridobivanje i izrada goriva na bazi drva može podrazumijevati korištenje različitih strojeva, ili se radi o raznim kombinacijama strojeva. Pogačnik, N.(2000.) se u svojim istraživanjima u Sloveniji bavi ekonomskom analizom niza projekata osavremenjavanja sistema grijanja. Projekti podrazumijevaju korištenje strojeva za pridobivanje i izradu drvnog goriva (motorna pila; poljoprivredni traktor; mali, srednji i teški stroj za izradu sječke sa pogonom od traktora i sa vlastitim pogonom; procesor za izradu komadnog drva kao traktorski priključak).

Direktni troškovi (*Direct costs*) strojeva za pridobivanje i izradu drvnog goriva (uz pretpostavku da su strojevi za izradu sječke i procesor za izradu komadnog drva tokom godine radili najmanje 100 dana) dati su u tabeli 3.

Tabela 3. Direktni troškovi strojeva(Krajnc, N., 2003)

Table 3. Direct cost of machinery(Krajnc, N., 2003)

	Jedinica <i>Unit</i>	Učinak <i>Capacity</i>	€/sat <i>€/hour</i>	€/jedinica <i>€/unit</i>
Motorna pila - <i>Chainsaw</i>	m ³	0,8 m ³ /h	0,77	0,96
Poljoprivredni traktor – <i>Farm tractor</i>	m ³	1,6 m ³ /h	7,20	4,23
Mali iverač pogonjen traktorom – <i>Small chipper driven by tractor</i>	(nasutih) m ³ <i>loose m³</i>	5,1 m ³ /h	7,50	1,50
Srednji iverač pogonjen traktorom – <i>Medium size chipper driven by tractor</i>	(nasutih) m ³ <i>loose m³</i>	12,1 m ³ /h	9,36	0,78
Veliki iverač – <i>Large chipper</i>	(nasutih) m ³ <i>loose m³</i>	30,0 m ³ /h	27,15	0,91
Procesor za ogrijevno drvo, uz traktor – <i>Fuel wood processor driven by tractor</i>	(složeno) m ³ <i>stack m³</i>	5,0 m ³ /h	7,89	1,14

Neposredni troškovi strojeva za pridobivanje i izradu nekog od oblika goriva (sječka, komadno drvo) uveliko su vezani za godišnje iskorištenje stroja. U slučaju nedovoljne iskorištenosti ovih strojeva, moguće je njihovo korištenje za obavljanje usluge drugim licima (ostvarenje dodatnih prihoda).

Kalkulacija troškova grijanja na biomasu mora se provesti za svaki tip peći (kotla) i svaki sistem za grijanje. Možemo govoriti o troškovima: zastarjelih peći na komadno drvo, suvremenih peći na komadno drvo, suvremenih peći na drvenu sječku, suvremenih peći na ugušćeno drvo (peleti, briketi itd). Vrlo često se vrši usporedba sa pećima na lož-ulje ili plin.

Neposredni troškovi centralnog ili područnog (daljinskog) grijanja obuhvataju troškove električne struje (neophodne za rad sistema), amortizaciju, redovno održavanje, osiguranje i troškove uloženog kapitala.

U slučaju peći za individualno grijanje, neposredni troškovi sadržavaju varijabilne troškove utroška električne energije (za paljenje peći i rad pužnog transportera za dotur sječke i odstranjivanje pepela), amortizaciju, troškove održavanja, kamate na uložena sredstva i osiguranje peći (kotla). Podatke o materijalnim troškovima možemo dobiti od proizvođača peći, ili na osnovu iskustava. Izražavaju se po pogonskom satu ili sezoni grijanja.

U tabeli 4. su dati direktni troškovi raznih peći za grijanje (na bazi sezone grijanja od 5 mjeseci, dnevne iskorištenosti peći od 20 sati, odnosno kod zastarjele tehnologije na komadno drvo 14 sati).

Tabela 4. Direktni troškovi raznih peći za grijanje(Krajnc, N., 2003)
Table 4. Direct costs of different heating furnaces(Krajnc, N., 2003)

	€/sat €/hour	€/godina €/year
Suvremene peći na sječku – <i>Modern wood chips furnaces</i>	0,50	1.575
Suvremene peći na oblice – <i>Modern logs furnaces</i>	0,37	1.169
Zastarjele peći na oblice – <i>Oudated logs furnaces</i>	0,11	224
Suvremene peći na lož-ulje – <i>Modern heating oil furnaces</i>	0,10	433

U Evropi upotreba peleta bilježi stalan porast. Cijene energije dobivene iz različitih nosioca energije su različite. Kao primjer, pelete u velikom pakovanju koštaju 100,00 €/t ili energetski 21,27 €/MWh; pelete u vrećama od 16 kg 156,50 €/t ili 33,28 €/MWh; lož-ulje 446,90 €/m³ ili 45,60 €/MWh; električna struja 83,80 €/MWh. U tabeli 5. su date cijene energije dobivene iz različitih energenata:

Tabela 5. Cijene energije dobivene iz različitih energenata(Risović, S., 2003)
Table 5. Prices of energy produced from different energy sources(Risović, S., 2003)

Nositelj energije <i>Energy source</i>	Pelete <i>Pellets</i>	Plin <i>Gas</i>	Loživo ulje <i>Fuel oil</i>	Iver <i>Chips</i>
Jedinica - <i>Units of measurement</i>	kg	m ³	L	m ³
Cijena/jedinice, € - <i>Price/unit, €</i>	0,158	0,301	0,358	12,782
Godišnja potreba - <i>Annual use</i>	4390	2305	2350	30
Cijena/godina, € - <i>Price/year, €</i>	711,207	694,845	841,075	383,468
Cijena, €/kWh - <i>Price, €/kWh</i>	0,355	0,3471	0,5982	0,1917

Cijene energenata za sisteme centralnog grijanja u Austriji (kotao snage > 15 kW) date su u tabeli 6.

Tabela 6. Cijena energenata sistema centralnog grijanje (Risović, S., Dundović, J., Slunjski, M., 2003)

Table 6. Energy price for district heating system (Risović, S., Dundović, J, Slunjski, M.,2003)

Nositelj energije <i>Energy source</i>	Jedinica nositelja energije <i>Energy source unit</i>	Stupanj korisnosti postrojenja, % <i>Degree of plant utilization, %</i>		Ogrjevnost kWh/jed <i>Heating power kWh/unit</i>	Cijena €/jed. <i>Price €/unit</i>	Cijena korisne energije za postrojenje €/kWh <i>Price of efficient plant energy €/kWh</i>	
		staro <i>old</i>	novo <i>new</i>			staro <i>old</i>	novo <i>new</i>
		Cijepano drvo – <i>Split wood</i>	prm			63	73
Iver - <i>Chips</i>	m ³	63	74	730	16,71	0,054	0,047
Pelete - <i>Pellets</i>	kg	63	74	5,00	0,1987	0,077	0,066
Plin - <i>Gas</i>	m ³	66	87	9,50	0,572	0,101	0,079
Ulje za loženje – <i>Fuel oil</i>	L	66	84	10,0	0,427	0,079	0,065

Uobičajeni troškovi proizvodnje piroliznog ulja iz šumskih ostataka i otpada drvne industrije, izraženi po energetskej jedinici, iznose 4 – 6 \$/GJ (Evropa) U SAD oni iznose 2,5 – 4,0 \$/GJ (u slučaju velike ponude otpada iz prerade drva troškovi mogu biti 1,30 – 3,20 \$/GJ, odnosno 25 – 60 \$/t). Troškovi proizvodnje metanola u velikim postrojenjima za gasifikaciju biomase u Novom Zelandu iznose 18 \$/GJ, a troškovi proizvodnje etanola 26 \$/GJ ili 56 centi po litru. (FAO., 2002).

2.6. Ekološki aspekt bioenergije - *Ecological aspect of bioenergy*

Danas je priroda ugrožena interakcijskim djelovanjem brojnih faktora, koji u većoj ili manjoj mjeri doprinose pojavi fenomena staklene bašte i pojavi ozonskih rupa. Javlja se postepeno onečišćavanje zraka, vode i tla. Dolazi do propadanja i uništavanja šuma, do promjene u kružnom ciklusu vode, do izumiranja biljnih i životinjskih vrsta, te do pojave kroničnih i degenerativnih bolesti.

Energetski faktori utiču na okoliš kroz onečišćavanje voda (mehaničko, kemijsko i temperaturno opterećenje, zamuljivanje, promjena vodnog režima), površinsku degradaciju, emisiju otrovnih tvari i teških metala. Korištenje i transformacija energije manifestiraju se velikim pritiskom na okoliš. Uticaj energije se očituje u klimatskim promjenama, specifičnim djelovanjem na prirodu i biodiverzitet, te utjecajem na zdravlje ljudi.

Ekološki zahtjevi se definiraju ovisno o pojedinim ekološkim faktorima, reguliraju obavezujućim i neobavezujućim standardima i propisima, koji mogu biti predmet međunarodnih dogovora. Međutim, vrlo često su to regionalni i lokalnih dogovori (posebno po pitanju onečišćenja zraka).

Konferencija UNCED-a, održana u Rio de Janeiru 1992. godine, posebnu pažnju je posvetila klimatskim promjenama i biodiverzitetu, te istakla značaj proizvodnje energije iz biomase, odnosno značaj stabilizacionih efekata ovog obnovljivog izvora energije za klimu, atmosferu, zaštitu tla i zaštitu vodnih resursa.

Kyoto protokol (*Kyoto protocol*) definira obaveze smanjenja emisije za šest skupina plinova i to: ugljični dioksid (CO_2), metan (CH_4), diazotni oksid (N_2O), fluorni ugljikovodici (HFC), perfluorni ugljikovodici (PFC) i sumpor heksafluorid (SF_6). Posebno je naglašen značaj emisije CO_2 koja nastaje izgaranjem fosilnih goriva. Uz izgaranje ovih goriva vezana je i emisija SO_2 i NO_x (dva plina poznata kao "kiselinski" plinovi, koji se smatraju odgovornim za pojavu kiselih kiša i suhog taloga). Nadalje, tu je emisija krutih čestica i teških metala.

"Zelena knjiga" (*"Green paper"*) je ključni dokument Evropske unije za područje energetske politike po pitanju ekologije. Eksplicitno obuhvata Kyoto protokol, a program razvoja predviđa ograničenje promjena i povećanje korištenja čistih tehnologija. Energetski aspekt zaštite okoliša uvršten je u socio-ekonomsku politiku EU. U Sloveniji su Nacionalnim programom zaštite okoliša akcentirana četiri problema vezana za ekološki program EU i to: klimatske promjene; zaštita prirode, okoliša i zdravlja; potrajnost energetske izvora i manipulacija otpadom (podijeljeni su operativni zadaci u rješavanju problema).

U Hrvatskoj je definiran Nacionalni energetski program BIOEN i razmotrena tri moguća scenarija razvitka energetskog sektora, sa posebnim naglaskom na ekologiju.

Koncentracija CO_2 u atmosferi može se regulirati i daljnim korištenjem fosilnih goriva, ali uz istovremeno pošumljavanje velikih površina i korištenje biomase kao goriva.

Značaj šume i biomase za okoliš je neprocjenjiv. Šume su svojevrstan "ponor" ugljika i mjesto reciklaže (izgaranjem biomase oslobađa se CO_2 , koji se tokom rasta i razvitka vegetacije, kroz fotosintezu, ponovo ugrađuje u tkivo).

Kod određivanja ukupne emisije stakleničkih plinova potrebno je pratiti više faza, koje započinju fotosintezom i disanjem ćelija, nastavljaju pridobivanjem i izradom goriva i završavaju korištenjem goriva, odnosno pretvorbom biomase u toplinsku i/ili električnu energiju.

Zrele neposječene šume ne doprinose vezivanju ugljika iz atmosfere (vezuju onoliko koliko se oslobađa disanjem ćelija i oksidacijom mrtve organske materije). U slučaju velikih količina biomase na niskoproduktivnom tlu najbolje je biomasu ostaviti da raste i vezuje ugljik. Znatno smanjenje koncentracije stakleničkih plinova može se ostvariti energetskim iskorištenjem biomase na tlima veće produktivnosti. Biomasa iz energetskih plantaža ne može se smatrati potpuno CO₂ neutralnom (za razliku od biomase iz nusprodukata proizvodnje u šumarstvu, drвної industriji i poljoprivredi).

U Sloveniji je primijenjena IPCC metodologija kod ocjene "akumulacije" ugljika, te je ustanovljeno da deblovina, granjevina i korijenje akumuliraju 117 Mt ugljika, odnosno 431 Mt CO₂ (Krajnc, N., Simončič, P., Robek, R., 2002).

Korištenje šumske biomase mora se promatrati u kontekstu povezanosti žive i nežive prirode, pri čemu se uz štetne sastojke izgaranja, kao što su prašina, teški metali, CO, HC, SO₂, NO_x, C_xH_y, H₂S, Cl javljaju i drugi polutanti (PAH, isparljivi organski spojevi, fluorokarbonati, halogeni ugljikovodici, djelići letećeg pepela itd.). Neki policiklični aromatski hidrokarbonati (PAH) su karcinomni.

U Evropi se razvojem suvremenih tehnologija korištenja biomase neke zemlje bave već pola stoljeća (najviše se odmaklo u Skandinaviji i Austriji). Tehnologije idu u pravcu potpunog izgaranja gorivih sastojaka goriva tako da praktično nema emisije CO i C_xH_y (Šumenjak, M., 1999).

Emisija se kod izgaranja drva može smanjiti odgovarajućom tehnologijom, a plinovi oslobođeni izgaranjem drvene mase postaju dio prirodnog kružnog toka elemenata.

Kod tehnološki zastarjelih peći, usljed nepotpunog izgaranja i malog prisustva kisika, dolazi do emisije štetnih ugljikovih oksida, čađi i katrana. Kod suvremenih peći u sekundarnom ložištu nastaje raspad ugljikovodika na CO₂ i vodu, a peći rade sa velikim stupnjem korisnosti i sa malom emisijom štetnih plinova (Krajnc, N., 2001).

Ložišta na biomasu imaju manje toplinsko opterećenje zbog manje ogrjevne vrijednosti goriva, pa je i emisija u odnosu na fosilna goriva manja. Posebno je značajna emisija štetnih čestica, kod kojih ne postoji prag štetnosti emisije po zdravlje. Treba istaći značaj inhalabilnih čestica (PM 10) veličine ispod 10 μm (štetne po zdravlje i vegetaciju). Emisija čestica iz ložišta na kruta goriva i slamu je mala, jer filteri zadrže i do 99% nečistoća (Domac, J., et al, 2001).

Usporedbe pokazuju da su sa aspekta emisije CO₂ i CO najpovoljnije pelete, dok je emisija SO₂ manje nego kod lož-ulja (nešto veća od zemnog plina). Emisija prašine je veća od one kod lož-ulja i plina (međutim njena apsolutna vrijednost je mala).

Kogeneracija predstavlja najbolje rješenje kako sa energetskog, tako i sa ekološkog aspekta.

Kod usporedbe uticaja loženja biomase na okoliš, pored emisije peći, potrebno je uzeti u obzir emisiju koja se javlja tokom proizvodnje i prevoza goriva, odnosno tokom drugih radova (montaža i demontaža peći). (Anon., 2004A)

Kod gasifikacije postoji opasnost od trovanja, požara i eksplozije, a sa aspekta ekologije može biti štetan pepeo i kondenzati (ukoliko su zagađeni fenolom i katranom).

Pored mogućih štetnih djelovanja emisije kod izgaranja biomase, postoje i druge opasnosti. Korištenjem šumske biomase (posebno kore i krošnje) može doći do oduzimanja hranjiva tlu (slabljenje prirodnih potencijala staništa – posebno opasno za loše bonitete). Korištenje podzemnog dijela (korijenov sistem i panjevina) može stvoriti uvjete za pojavu erozije.

Zamjena prirodnih šuma ili ostalih ekosistema energetskim plantažama s dominacijom jedne vrste ne ide u prilog očuvanju biodiverziteta (FAO., 1996).

Pridobivanje i izrada drvene mase (znači i energetske biomase) uzrokuje štete na tlu i preostaloj sastojini. Brojni faktori određuju nivo šteta u iskorištavanju šuma, kao što su tehnologija i organizacija rada, prohodnost vozila, gradnja prometnica itd. Iskorištavanjem biomase ošteti se oko 15% stabala i time smanji vrijednost sastojine za oko 2% (Sever, S., Risović, S., 1995).

Cijeni se da oko 30% ukupnih oštećenja ovisi o spretnosti i savjesnosti radnika. Najveći broj oštećenja kod privlačenja oblovine javlja se na udaljenosti 0 – 10 m od vlake. Najčešći oblik oštećenja je skinuta kora, a zatim oštećenje drva (Kulušić, B., Jovanović, B., Šobat, S., i dr., 1986).

2.7. Energetska politika i zakonodavstvo - *Energy policy and legislation*

U svijetu se energetske politici pristupa sa raznih pozicija, te su i energetske politike na državnom nivou vrlo različite. Neke zemlje imaju detaljno razrađenu politiku gospodarenja biomasom (najčešće iz šumarstva i poljoprivrede), u drugim zemljama politika nije adekvatna, ili nije jasno definirana. Pojedine zemlje se eksplicitno vezuju za biomasu, a druge pridaju veći značaj ostalim obnovljivim izvorima energije. Jedne traže rješenja u proizvodnji energije na bazi drvnih ostataka, druge u podizanju energetskih plantaža, a treće daju prioritet biodizelu.

Strategije i akcije na polju bioenergije u svijetu nisu jednake u svim zemljama. Tako akcije zemalja u razvoju idu u pravcu borbe protiv opustošenja zemljišta i resursa, odnosno traženja načina opskrbe ogrjevnim drvom. Primjer takvog programa je program iz Nairobija (Nairobi Programme of Action) (FAO.,1993).

Akcije u razvijenim zemljama idu u pravcu učinkovitijeg korištenja energije i iznalaženja alternativnih izvora energije sa ciljem smanjenja ovisnosti o (uvoznim) fosilnim gorivima.

Kod rješavanja energetskih problema u svijetu velika pažnja se posvećuje prirodnom okruženju i uticaju čovjeka na okoliš. Postoje brojni međunarodni dokumenti značajni za energetske politiku kao što su "Okvirna konvencija UN o promjenama klime", odnosno "Kyoto protokol" (sa CDM, gdje je definirana uloga šumarstva), te niz drugih dokumenata globalnog, regionalnog i lokalnog karaktera.

Energetska politika je jedno od najbolje reguliranih pitanja u Evropskoj uniji, a osnovno načelo ove politike je: "Energija je od strateškog značaja za EU". Pitanja iz domena energetske politike riješena su nizom dokumenata kao što su: "Sporazum o energetske listi", "Protokol energetske listi o energetske učinkovitosti i sa time povezan ekološki aspekt".

Glavni zadaci energetske politike Evropske unije sadržani su u tzv. "Zelenoj knjizi" ("Green Paper"), kojom je naglašen osnovni problem – velika energetska ovisnost o uvoznj nafti (80% potencijala EU je u uglju). Istaknut je značaj učinkovitog korištenja energije, te značaj nastavka ambicioznog programa poticaja biogorivima i supstituciji fosilnih goriva (predviđeno je udvostručenje udjela obnovljivih izvora energije u primarnoj energiji - sa 6% u 1997. na 12 % u 2020. godini).

Akcioni plan ostvarenja ciljeva "Zelene knjige" dat je u tzv. "**Bijeloj knjizi**" ("*White paper*"), a najviši zakonodavni akt EU na tom polju je "Direktiva o poticaju proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije na unutrašnjem tržištu električne energije". Urađena je "Strategija promocije kogeneracije i uklanjanja prepreka njenog razvoja" (udio električne energije iz kogeneracije, koji je 1994. godine iznosio 9%, treba da se do 2010. godine udvostruči). Istovremeno se velika pažnja posvećuje proizvodnji toplote za područno (daljinsko) grijanje, pri čemu bi ta proizvodnja trebala da poraste sa 111 TJ (2000.) na 1042 TJ (2015.). (Anon., 2004B)

Za kogeneraciju su značajne "Smjernice EU o državnoj pomoći za zaštitu okoliša" sa poticajnim mjerama za korištenje obnovljivih izvora energije, kogeneraciju i učinkovito korištenje energije.

Veliki napredak predstavljaju IPPC Direktive na polju ekologije, kao i razvoj BREF-dokumenata (neobavezne smjernice pojedinim industrijskim granama za zadovoljenje ekoloških zahtjeva). Pored navedenih mjera vezanih za direktna tehnološka poboljšanja, Evropska komisija je predložila novi akcioni program "Inteligentna energija u Evropi" (COM) sa promocijom novih tehnologija (BAT), odnosno tzv. "Best Practice" na polju obnovljivih izvora energije, njenog učinkovitijeg korištenja i prometa.

"Zelena reforma" obuhvata stimulaciju kako proizvođača, tako i potrošača energije, a cilj je preraspodjela tereta izdvajanja (uvođenje novih ekoloških davanja kroz preraspodjelu postojećih).

Energetska politika podrazumjeva adekvatno zakonodavstvo i regulativu koji bi osigurali potrajnost proizvodnje, marketinga i upotrebe biomase kao obnovljivog izvora energije.

Implementacija evropske politike podrazumijeva veliki broj mehanizama (propisi, porezi, grantovi i subvencije), pri čemu se politika, strategija i projekti moraju planirati ne samo na evropskom, nego i na državnom i regionalnom nivou. Za realizaciju energetske politike potrebna su finansijska sredstva koja prevashodno moraju bazirati na zakonima tržišta.

Među mehanizme za poticaj učinkovitim korištenju energije i obnovljivih izvora energije mogu se svrstati: pristup korisnika energiji po vlastitom izboru (potrebna promocija i povjerenje u ponuđača), subvencije, olakšice na davanja i oslobađanje od taksi, fiksne otkupne cijene i premije za otkup energije proizvedene iz obnovljivih izvora ili kogeneracije, zeleni certifikati na tržišnom principu, javni raspisi itd.

U nekim zemljama su uvedene tzv. "zelene etikete" (potrošaču se daje mogućnost izbora nabavke, a proizvođač je obavezan proizvesti određenu količinu energije iz obnovljivih izvora). Postoje ekološki porezi (porezi na energiju i porezi na CO₂, SO₂, NO_x) kojima se želi osigurati konkurentnost obnovljivih izvora energije, posebno biomase.

U okviru finansijskih i ekonomskih mjera, zemlje Evropske unije su uvele neke oblike subvencija za korištenje energije na bazi biomase (za sisteme grijanja stambenih objekata i područno grijanje; za tehnološke inovacije i programe zaštite okoliša; za razvoj tržišta biomase; za kapitalne investicije u postrojenja; za unapređenje gospodarenja šumama sa aspekta sakupljanja i korištenja energije drva; za podizanje energetskih plantaža itd). Poticaji mogu dolaziti od aktera tržišta, od banaka (niskokamatni krediti itd), od privatnih investicionih fondova itd. Mogu se, uglavnom, podijeliti u dvije grupe: vladine poticaje i poticaje iz ostalih finansijskih resursa.

U nekim zemljama najveći dio realizacije programa vezan je za parlament i vladu, dok se kod drugih programi i odluke donose od strane ministarstava, obrazovnih agencija, posredničkih struktura, menadžmenta i znanstvenih organizacija.

Međunarodna suradnja se ostvaruje kroz udruženja i stručno-znanstvene organizacije, među kojima su najvažnije International Energy Agency (IEA) i European Biomass Association (AEBIOM) sa državnim udrugama (BELBIOM, FINBIO, AFB, HELABIOM, ITABIA, NOBIO, SK-BIOM, ADABE, SVEBIO, SVB, BRITISH BIOGEN itd).

Suradnja na polju šumske biomase prvo se ostvarivala preko FAO, ILO i ECE (danas zajedničko tijelo FAO/ILO/ECE Joint Committee on Forest Technology, Management

and Training). U okviru IEA postoji podgrupa vezana za šumske energente (Forestry Energy Group C). Vrhunska znanstvena udruga šumarskih znanosti je IUFRO sa istraživačkim odsjekom Harvesting, Wood Delivery and Utilization (radna skupina Harvesting and Forest Energy). Regionalna organizacija je ENFOR (Kanada, Danska, Norveška, Švedska i SAD), a egzistiraju i druge (Sever, S., 2003).

U Sloveniji je urađen Nacionalni energetska program (NEP) u cilju unapređenja upravljanja energijom sa tehnološkog, ekonomskog i ekološkog aspekta. Pravna osnova za politiku učinkovitog korištenja obnovljivih izvora energije je «Rezolucija o strategiji korištenja i opskrbe Slovenije energijom», a zakonska osnova provođenja aktivne politike na tom polju je «Zakon o energiji».

Ciljevi energetske politike Slovenije su: povećanje udjela električne energije iz kogeneracije, povećanja udjela obnovljivih izvora energije u primarnoj energiji (sa 8% u 2001. na 12% u 2010. godini), povećanje udjela obnovljivih izvora energije u opskrbi toplotom (sa 22% u 2002. na 25% u 2020. godini), povećanje udjela obnovljivih izvora energije u proizvodnji električne energije (sa 32% u 2002. na 33,6% u 2020. godini) i osiguranje udjela biogoriva od 2% u transportu do 2005. godine.

Mehanizmi provođenja energetske politike u Sloveniji su: takse na CO₂, uključivanje u sistem trgovine emisijom CO₂ u EU, subvencioniranje investicija u obnovljive izvore energije na osnovu olakšica plaćanja CO₂ taksi, krediti sa povoljnim kamatama, izdavanje ekoloških dozvola u skladu sa IPPC Direktivom, izrada BREF dokumenata, subvencioniranje energetskih pregleda i studija izvodljivosti investicija, demonstracijski projekti i promocija energetskih tehnologija i postupaka, povećanje informiranosti, obavještanja i osposobljenosti potrošača energije i ostalih ciljanih grupa. (Anon., 2004B).

U Hrvatskoj se zakonodavni i institucionalni okvir energetske politike nalazi u Zakonu o energiji (posebno je istaknut značaj energije iz biomase) i Zakonu o elektroenergetskom tržištu.

U okviru programa BIOEN definirani su sistemi mjera koje se moraju provesti u političkom okruženju kroz instrumente politike i to: privredne, financijske i fiskalne mjere (cijene energenata, tarifna politika, subvencije države i lokalnih zajednica, subvencije za izmjenu tehnologija, ekološki porezi na emisiju stakleničkih plinova i štetnih materija, poticaji razvoju i proizvodnji domaće opreme); pravne i administrativne mjere (zakonska regulativa o otkupu energije iz biomase po povoljnim uvjetima, obaveza proizvodnje minimalnih količina energije iz biomase, formiranje lanca proizvođača energije iz biomase); tehničke i organizacione mjere (razvojno-istraživački programi, međunarodna suradnja, standardizacija opreme i načina korištenja raznih vrsta biomase, tehničke i ekonomske demonstracije tehnologija, izrada studija izvodljivosti, obrazovanje, informiranje i promocija) (Domac, J., et al. 2001).

2.8. Ciljevi istraživanja – *Research aims*

Bosna i Hercegovina raspolaže velikim šumskim površinama. Uloga šuma u suvremenom svijetu nije isključivo vezana za obezbjeđenje potrebnih sirovina drvno-prerađivačkim pogonima, nego se šume i šumarstvo karakteriziraju multifunkcionalnošću zadataka i zahtjeva koje moraju ispuniti. U razvijenim zemljama Evrope, kojoj Bosna i Hercegovina pripada ne samo u geografskom, nego i u političkom, ekonomskom, ekološkom, energetsom i drugom smislu, dugi niz godina postoji strateški cilj iznalaženja novih oblika energije, posebno onih iz obnovljivih izvora. Jedno od vodećih mjesta u traženju rješenja zauzima biomasa kao potencijalni izvor obnovljive energije, a pri tome dominantno mjesto zauzima šuma sa njenim potencijalima šumske biomase kao izvorom energije. Upravo iz tih razloga su definirani ciljevi istraživanja po ovom projektu, koji imaju globalan karakter, odnosno treba da posluže kao temelj daljim istraživanjima iz ove oblasti, uzevši u obzir da je Bosna i Hercegovina tek na početku prihvatanja teškog zadatka što manjeg korištenja uvoznih energenata na bazi nafte i sve veće upotrebe vlastitih ekoloških prihvatljivih sirovina za proizvodnju energije.

Ciljevi istraživanja su:

1. Identificirati sve oblike šumske biomase koji mogu biti potencijalni izvor obnovljive energije
2. Ocijeniti količinu šumske biomase koja može biti potencijalni izvor obnovljive energije i dati ocjenu njene energetske vrijednosti
3. Ustanoviti tehnološke procese pridobivanja i izrade goriva na bazi šumske biomase uz uvažavanje ograničenja vezana za principe gospodarenja šumama, odnosno raspoložive tehnološke kapacitete šumarstva Bosne i Hercegovine
4. Na osnovu kalkulacije troškova pridobivanja i izrade goriva na bazi šumske biomase ustanoviti ekonomsku opravdanost primjene ispitivanih tehnologija
5. Analizirati moguća ograničenja korištenja šumske biomase s obzirom na osjetljivost nekih ekosistema na antropogene uticaje
6. Predložiti načine korištenja šumske biomase kao obnovljivog izvora energije
7. Ustanoviti mjesto biomase u energetskej politici i zakonodavstvu, te predložiti moguće mjere i instrumente uključivanja šumske biomase u rješavanja pitanja iz domena energetike, ekologije, socio-ekonomije itd.

3. OBJEKT I METODA ISTRAŽIVANJA – RESEARCH OBJECT AND METHOD

Šumska biomasa, kao potencijalni izvor obnovljive energije, predstavlja vrlo zahtjevan objekt istraživanja, kako brojnošću i širinom problema vezanih za njeno pridobivanje, izradu i korištenje, tako i obimom i realnim mogućnostima pristupa istraživanjima posmatrano u vremenu i prostoru.

Može se govoriti o više ograničavajućih faktora koji su odlučivali pri donošenju odluke šta istraživati i na koji način istraživati. Neki od tih faktora su imali specifičan uticaj na izbor objekta i metoda, a najveći dio se mora posmatrati u interakcijskom djelovanju zbog multifunkcionalnog karaktera šuma i šumarstva Bosne i Hercegovine. Vrijedno je spomenuti samo neke od njih.

Bosna i Hercegovina raspolaže prirodnim šumama. U strukturi površina šuma i šumskih zemljišta preovladavaju visoke šume, koje su najvećim dijelom u državnom vlasništvu. Šumske kulture su zastupljene manjim procentom. Nema plantaža isključivo namijenjenih proizvodnji energetskog drva.

U strukturi drvne zalihe, prirasta i obima sječa dominiraju liščari. Bukva je najzastupljenija vrsta.

U strukturi proizvedenih šumskih sortimenata liščara celulozno i ogrjevno drvo participiraju sa preko 50% (kod četinara oko 10%)

Ranije je rečeno da treba razlikovati teoretske od stvarnih (efektivnih) potencijala. Efektivni potencijali šumske biomase kao potencijalnog izvora obnovljive energije ovise o principima gospodarenja šumama, o tehnologijama pridobivanja i korištenja biomase, o tržištu šumskih drvnih sortimenata i socio-ekonomskom položaju onog koji gospodari šumama. Upravo se sve navedeno najbolje prepoznaje u slučaju šumarstva Bosne i Hercegovine.

Pridobivanje šumske biomase kao primarnog energenta može se ostvariti kroz čiste sječe cijelih sastojina sa korištenjem cijelih stabala ili njegovih dijelova. Preborni i skupinasto-preborni princip gazdovanja šumama u Bosni i Hercegovini ne predviđa čiste sječe, a tehnološko rješenje korištenja cijelih stabala nikada nije našlo svoje mjesto u šumarskoj praksi. Iz tih razloga potencijalni izvori obnovljive energije iz šume su: dijelovi stabala, te ostaci sječe i izrade sortimenata. Nije zabilježeno korištenje cijele biomase iz kultura, a rečeno je da nema energetskih plantaža.

Praksa je pokazala da je iz ekonomskih i ekoloških razloga preporučljivo u šumi ostaviti sav materijal tanji od 5 cm (sitnija granjevina i lišće/iglice), što se u šumarstvu Bosne i Hercegovine i provodi.

Sa stanovišta sirovine drvno-prerađivačka industrija i energetika se javljaju kao konkurenti. S obzirom na kapacitete za prerađu celuloznog i ostalog prostornog drva, koji su trenutno u funkciji u Bosni i Hercegovini, sva masa prostornog drva može predstavljati energetski potencijal. Problem je usložen plasmanom ovih sortimenata na tržištu. Istovremeno, troškovi pridobivanja i izrada ne mogu biti pokriveni njihovom tržišnom cijenom (stari problem šumarstva na ovim prostorima).

Sa tehnološkog aspekta pridobivanje i izrada primarnih i sekundarnih energenata iz šumske biomase može se dijelom obaviti u šumi, a dijelom izvan šume. Od poznatih

metoda rada (sortimenti, deblovi, poludeblovi, stabalni, metod dijelova stabala i metod iveranja) u šumarstvu Bosne i Hercegovine srećemo sortimenti i (polu)deblovi metod, odnosno metod duge oblovine.

Postoji veliki broj kombinacija radnih operacija na pridobivanju i izradi energetskog drva, ali sve tehnologije moraju sadržavati sječu, privlačenje, prerezivanje, cijepanje i slaganje u složajeve. Nakon toga sljedi utovar i prevoz do krajnjeg korisnika ili stovarišta (CMS ili neko drugo)

U šumarstvu Bosne i Hercegovine sječa stabala se obavlja motornom lančanom pilom, cijepanje ručnim alatom (nije registrirana upotreba strojeva i procesora za cijepanje).

Privlačenje može obuhvatiti transport sirovog i/ili zračno sušenog drva u dugom stanju do pomoćnog stovarišta, gdje se obavlja dalja izrada (prerezivanje i cijepanje). U slučaju da se izrada prostornog drva obavlja na sječini, iznošenje (izvoženje) se može obaviti ljudskom snagom, animalom (samarica), traktorskim prikolicama, korpama na traktoru, plastičnim rižama itd. Šumarska praksa Bosne i Hercegovine poznaje sva ova rješenja, od kojih su neka u posljednje vrijeme izbačena iz primjene.

U slučaju da bi se pristupilo izradi drvne sječke u Bosni i Hercegovini, iskustva brojnih zemalja pokazuju da je najbolje rješenje privlačenje dugog drva do šumske prometnice, prerezivanje u oblice dužine 1 m, slaganje u složajeve, sušenje, transport do CMS ili korisnika, te strojno usitnjavanje zračno suhe sječke (konačan proizvod).

Prevoz duge oblovine, komadnog drva i eventualno sekundarnih energenata (sječka, ugušćeno drvo – briketi, peleti) obavlja se cestovnim vozilima sa utovarom, pretovarom i istovarom hidrauličnom dizalicom (osim ovog načina u Bosni i Hercegovini je moguć i željeznički prevoz).

Iz datih objašnjenja moguće je donijeti zaključak da je objekat istraživanja po projektu:

Drvena biomasa iz redovnih sječa, koja iz ekonomskih i ekoloških razloga može biti upotrijebljena kao sirovina za proizvodnju primarnih i sekundarnih energenata (komadno drvo, sječka, peleti, briketi itd.), namijenjenih izgaranju u ložištima toplinskih generatora (pećima), u postrojenjima za kogeneraciju, odnosno za procese pirolize, gasifikacije, fermentacije itd.

Energetski potencijali šumske biomase u Bosni i Hercegovini procjenjivani su na bazi strukture površina šuma i šumskih zemljišta, drvnih zaliha, prirasta i mogućih obima sječa, odnosno strukture proizvedenih šumskih drvnih sortimenata u 2003. godini. Prema iskustvima Gozdarskog inštituta Slovenije podaci o planiranim i realiziranim sječama, odnosno podaci o šumskoj biomasi iz šumskoprivrednih osnova i šumskouzgojnih radova su dovoljno točni, da nisu potrebna dodatna mjerenja kod određivanja potencijala. Međutim, trenutno stanje tržišta šumskih drvnih sortimenata u Bosni i Hercegovini utiče na strukturu sortimenata na taj način, da su podaci o toj strukturi nepodesni za bilo kakvo dugoročno planiranje. Iz tih razloga je na terenu potrebno ustanoviti pravo stanje, odrediti novu strukturu na bazi racionalnog iskorištavanja posječene drvne mase, te dobiti realne pokazatelje za ocjenu energetskih potencijala

U istraživanju potencijala šumske biomase primijenjen je analitički metod ocjene postojećih informacija o energetskim potencijalima sa provjerom stvarnog stanja na terenu u cilju usporedbe i davanja realne ocjene tih potencijala.

Istraživanja tehnologije rada sadržana su u ranijim radovima i to za fazu sječe i izrade (Jovanović, B., 1980) i fazu privlačenja (Jovanović, B., 1990). Neophodnost korištenja ranijih istraživanja u navedenim fazama je posljedica djelomičnog nepostojanja određenih tehnoloških rješenja vezanih za prostorno drvo uz već iznesene probleme njegovog plasmana na tržište. Međutim, to ništa ne umanjuje značaj tih rješenja kada se radi o šumskoj biomasi kao potencijalnom izvoru obnovljive energije. Mnogo teži problem je u nepostojanju bilo kakve mehanizacije za izradu goriva na bazi drva (strojeva za cijepanje i strojeva za izradu sječke) tako da su se morala koristiti iskustva iz Slovenije, a i tamo se takvi strojevi, uglavnom, koriste izvan šume.

Tehnološka istraživanja metodom hronometraže, u okviru studija rada i vremena, omogućavaju ustanovljavanje strukture radnog vremena, a regresiona analiza podataka daje jačinu utjecaja pojedinih faktora kao bazu za izračunavanje normi i učinaka kod raznih rješenja sječe, izrade i privlačenja drva (sortimenti metod, deblovni metod, privlačenje animalom, privlačenje traktorom, iznošenje prostornog drva animalom, iznošenje u korpama montiranim na traktor, izrada energenta na sječini i izrada energenta na stovarištu, kombinacija rješenja).

Ekonomičnost pojedinih rješenja pridobivanja i izrade goriva na bazi biomase bazirana je na kalkulacijama, pri čemu su troškovi i cijene vezani za period izrade kalkulacija. Ulazni elementi za analizu ekonomičnosti pojedinih rješenja prikupljeni su na terenu od poduzeća koji raspolazu pripadnom mehanizacijom, odnosno u praksi primjenjuju takva rješenja. Kod rješenja koja se ne primjenjuju u Bosni i Hercegovini korišteni su podaci iz Slovenije i Hrvatske (strojevi za izradu komadnog drva, strojevi za izradu sječke itd).

Kalkulacija ekonomičnosti urađena je prema metodici FAO, pri čemu su obračunati troškovi prema vremenskim jedinicama. Na osnovu troškova su izračunate cijene pojedinih energenata za pojedina mjesta izrade i korištenja.

Ekološki aspekt pridobivanja i izrade šumske biomase treba posmatrati u kontekstu šumskih ekosistema, koji pokazuju veću ili manju osjetljivost na antropogene uticaje.

Analizom šumskih ekosistema ukazano je na osjetljivost klimatogenih zajednica, kao i zajednica koje se nisu razvile u klimatogene (početne i prelazne zajednice), na antropogene uticaje do kojih može doći tokom pridobivanja i izrade šumske biomase kao energenta.

Mjesto i ulogu šumske biomase u energetskej politici i zakonodavstvu teško je decidno odrediti obzirom na složenost energetskeg sistema i značaj biomase sa ekološkog i drugih aspekata.

Preglednim radom su date informacije o biomasi u sklopu energetske politike i zakonodavstva.

Stručni pojmovi na bosanskom i njihovi prevodi na engleski jezik u velikoj mjeri su preuzeti iz Rječnika iz područja iskorišćavanja šuma i šumskih komunikacija (Bojanin, S., Jeličić, V., Nikolić, S., Todorovski, S., Turk, Z. 1980).

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA – RESEARCH RESULTS

4.1. Energetski potencijali šumske biomase u BiH – *Energy potential of forest biomass in Bosnia and Herzegovina*

Prema FAO definiciji, potencijalni izvori goriva na bazi drva u Bosni i Hercegovini mogu se svrstati u sljedeće skupine:

1. Ogrjevno drvo – prostorno drvo za energiju
2. Ostaci iza sječe (sitna granjevina)
3. Otpadak (razlika bruto i neto krupnog drva)
4. Pilanski ostaci i otpad
5. Ostaci i otpad industrije za proizvodnju furnira
6. Ostaci nastali održavanjem parkovnih površina u gradovima
7. Ostali drvni otpad (slomljene palete, sanduci, otpad građevinske industrije itd.)

Za procjenu potencijala šumske biomase, kao nosioca energije, bilo je potrebno ustanoviti šumovitost i stanje drvnih zaliha šuma i šumskih zemljišta u Bosni i Hercegovini.

Ukupna površina šuma i šumskih zemljišta uzeta je iz Katastra (stanje 01. 01. 1983. godine) i to po pojedinim kategorijama površina šuma i šumskih zemljišta, odnosno prema vlasništvu nad tim zemljištem (tabela 7.).

Tabela 7. Struktura površina šuma i šumskih zemljišta u BiH po kategorijama i vlasništvu u ha (stanje katastra 01. 01. 1983)

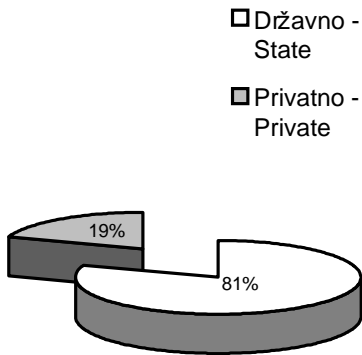
Table 7. Forest and forest land structure in BiH per forest categories and ownership in ha (Catastre data 01.01.1983)

Šume i šumsko tlo <i>Forest and forest land</i>	Kategorija <i>Category</i>	Državno <i>State</i>	%	Gradansko <i>Private</i>	%	Ukupno <i>Total</i>	%
Obraslo šumsko tlo <i>Covered forest land</i>	Visoke šume <i>High forests</i>	1184848	54,2	107076	20,4	1291924	47,6
	Izdanačke šume <i>Coppice forests</i>	621647	28,4	296161	56,6	917808	33,9
Neobraslo šumsko tlo <i>Uncovered forest land</i>	Sposobno za pošumljavanje <i>Suitable for afforestation</i>	272059	12,4	120200	23,0	392259	14,5
	Nesposobno za pošumljavanje <i>Unsuitable for afforestation</i>	107778	5,0			107778	4,0
Ukupno šumska tla <i>Total forest land</i>		2186332	100,0	523437	100	2709769	100
Ukupno šume <i>Total forests</i>		1806495	82,6	403237	77,0	2209732	81,5
Ukupno neobraslo šumsko tlo <i>Total uncovered forest land</i>		379837	17,4	120200	23,0	500037	18,4
Ukupno produktivna tla <i>Total productive forest land</i>		2078554	95,0	523437	100	2601991	96,0

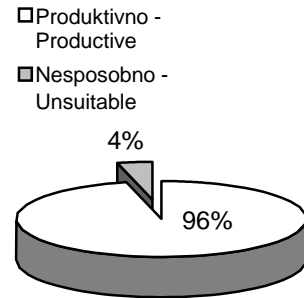
Ukupna površina šuma i šumskih zemljišta iznosi 2.709.769 ha što čini 53% površine Bosne i Hercegovine.

Iz slike 2. se vidi da su šume i šumska zemljišta u Bosni i Hercegovini najvećim dijelom (81%) u vlasništvu države, što može biti veoma značajno za eventualno buduće sistematsko korištenje šumske biomase kao obnovljivog izvora energije.

U ukupnom šumskom zemljištu produktivna tla participiraju sa 96,0%, dok je samo 4% svih šumskih zemljišta nesposobno za pošumljavanje, što je važno za siguran kontinuitet opskrbe energetskom sirovinom (slika 3.).

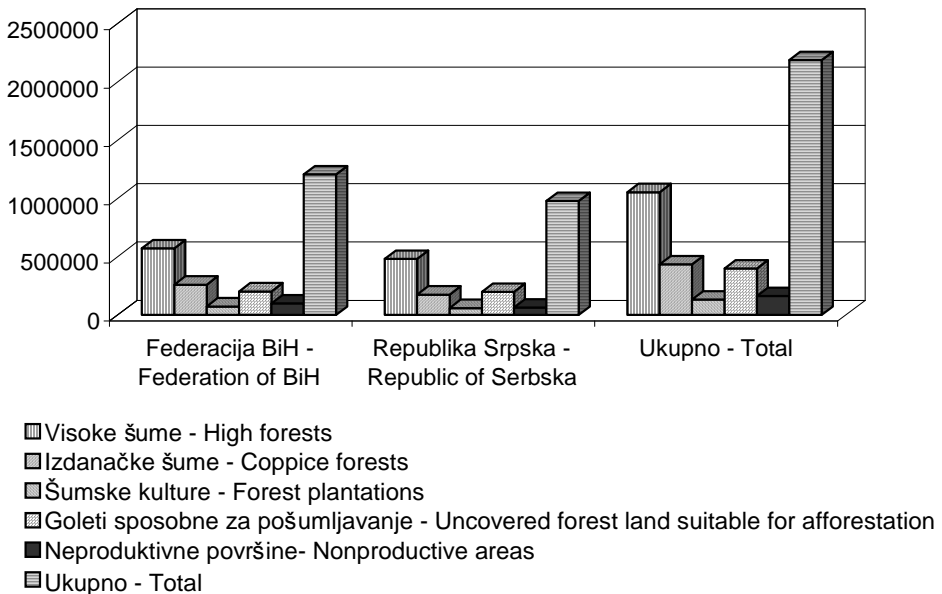


Slika 2. Struktura šumskih zemljišta nesposobno po vlasništvu
 Figure 2. Forest land structure per unsuitable ownership



Slika 3. Produktivno šumsko tlo i tlo za pošumljavanje
 Figure 3. Productive forest land and for afforestation

U cilju potpunijeg uvida u potencijal državnih šuma Bosne i Hercegovine dat je prikaz njihovih površina za Federaciju Bosne i Hercegovine i Republiku Srpsku (slika 4.).



Slika 4. Struktura površina državnih šuma i šumskog zemljišta u Federaciji BiH i Republici Srpskoj (podaci dobiveni u sklopu SIDA aktivnosti)
 Figure 4. State forest and forest land structure in Federation of BiH and Republic of Srpska per forest categories (SIDA project data)

Na osnovu slike 4. može se zaključiti da ne postoje bitne razlike u strukturi površina šuma i šumskih zemljišta. U oba entiteta u ukupnoj površini državnih šuma prevladavaju visoke šume (prosjeak 48,2%), zatim izdanačke šume (19,9%), dok su šumske kulture zastupljene znatno manje (6,1%). Sa aspekta šumske biomase kao izvora obnovljive energije interesantne su površine pod goletima sposobnim za pošumljavanje (18,3%). Prosječno učešće neproduktivnih površina za oba entiteta je 7,5%.

Mogući prinos šumske biomase - *Possible anual cutting volume of forest biomass*

Za kvalitetnu procjenu mogućeg prinosa šumske biomase potrebni su podaci o veličini drvene zalihe, prirastu i etatu.

Drvena zaliha bosanskohercegovačkih šuma u državnoj svojini iznosi oko 287 miliona m³ krupnog drva. Bukva je najzastupljenija vrsta sa 47,5% u visokim i 38% u izdanačkim šumama. Od četinarara najzastupljenija vrsta je jela sa 23,1%.

U ukupnoj drvnoj zalihi nije uračunata ona drvena masa ispod taksacione granice, kao ni drvo ispod 7 cm prečnika. U zalihi nisu ušle ni kulture bez procijenjene drvene mase, te biomasa većine šikara, šibljaka, makije i drugih degradacijskih oblika.

Ukupni prirast šuma u Bosni i Hercegovini iznosi oko 8,8 miliona m³ uz realnu mogućnost njegovog povećanja raznim gospodarskim mjerama. Time bi se povećala i raspoloživa biomasa za energetske potrebe.

Mogući godišnji obim sječa (etat) u šumarstvu Bosne i Hercegovine iznosi oko 6,8 miliona m³.

Podaci o veličini zalihe, prirastu i etatu dati su za cijelu Bosnu i Hercegovinu (tabela 8.), za Federaciju BiH (tabela 9.) i za Republiku Srpsku (tabela 10.). Podaci za Federaciju BiH odnose se na krupno drvo, a podaci za Republiku Srpsku na sveukupnu drvenu masu.

U cilju jedinstvenog prikaza podataka za područje Bosne i Hercegovine, kod iskaza zbirnih podataka u tabeli 8. korišteni su odgovarajući koeficijenti pretvorbe sveukupne mase u krupno drvo. Kod obračuna zaliha korištene su različiti koeficijenti za četinare (0,85) i lišćare (0,82). Isti pristup je bio u obračunu vrijednosti prirasta četinarara (0,91) i prirasta lišćara (0,85).

Tabela 8. Drvna zaliha, prirast i mogući obim sječa u BiH – državne šume (krupno drvo)
 Table 8. Growing stock, increment and possible anual cutting volume in BiH – State forests (largewood)

Drvna zaliha Growing stock			
• Četinari <i>Conifers</i>	109977284 m ³	69,80 m ³ /ha	38,2 %
• Lišćari <i>Broadleaved</i>	177896454 m ³	113,00 m ³ /ha	61,8 %
Ukupno Total	287873738 m³	182,80 m³/ha	100,0 %
Godišnji zapreminski prirast Anual volume increment			
• Četinari <i>Conifers</i>	3749945 m ³	2,38 m ³ /ha	42,4 %
• Lišćari <i>Broadleaved</i>	5084685 m ³	3,23 m ³ /ha	57,6 %
Ukupno Total	8834630 m³	5,61 m³/ha	100,0 %
Mogući godišnji obim sječa (etat) Possible anual cutting volume			
• Četinari <i>Conifers</i>	2532161 m ³	1,61 m ³ /ha	37,1 %
• Lišćari <i>Broadleaved</i>	4296548 m ³	2,73 m ³ /ha	62,9 %
Ukupno Total	6828709 m³	4,34 m³/ha	100,0 %

Tabela 9. Drvna zaliha, prirast i mogući obim sječa u Federaciji BiH – državne šume
(krupno drvo)

Table 9. Growing stock, increment and possible anual cutting volume in Federation BiH
- State forests (largewood)

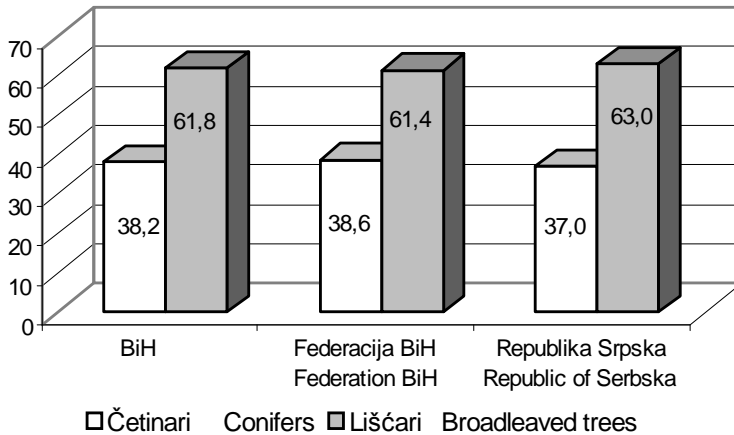
Drvna zaliha <i>Growing stock</i>			
• Četinari <i>Conifers</i>	54723000 m ³	65,76 m ³ /ha	38,6 %
• Lišćari <i>Broadleaved</i>	87053000 m ³	104,61 m ³ /ha	61,4 %
Ukupno <i>Total</i>	141776000 m³	170,37 m³/ha	100,0 %
Godišnji zapreminski prirast <i>Anual volume increment</i>			
• Četinari <i>Conifers</i>	1621000 m ³	1,95 m ³ /ha	39,3 %
• Lišćari <i>Broadleaved</i>	2504000 m ³	3,01 m ³ /ha	60,7 %
Ukupno <i>Total</i>	4125000 m³	4,96 m³/ha	100,0 %
Mogući godišnji obim sječa (etat) <i>Possible anual cutting volume</i>			
• Četinari <i>Conifers</i>	1345000 m ³	1,62 m ³ /ha	35,8 %
• Lišćari <i>Broadleaved</i>	2414000 m ³	2,90 m ³ /ha	64,2 %
Ukupno <i>Total</i>	3759000 m³	4,52 m³/ha	100,0 %

Tabela 10. Drvna zaliha, prirast i mogući obim sječa u Republici Srpskoj – državne šume (ukupna masa)

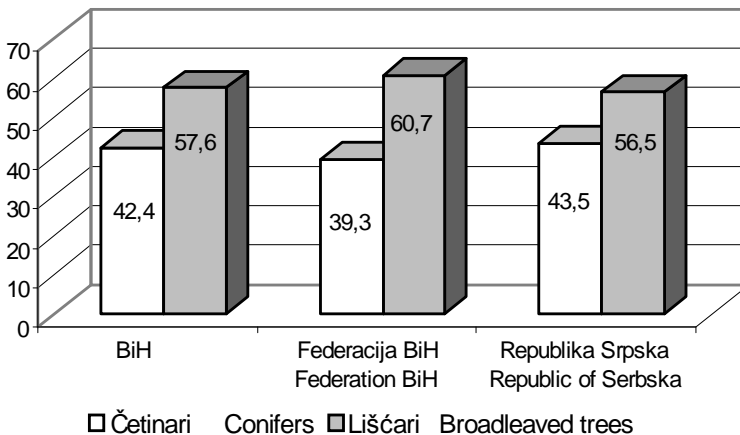
Table 10. Growing stock, increment and possible annual cutting volume in Republic of Serbia – State forests (Total mass)

Drvna zaliha <i>Growing stock</i>			
• Četinari <i>Conifers</i>	65005040 m ³	87,57 m ³ /ha	37,0 %
• Lišćari <i>Broadleaved</i>	110784700 m ³	149,25 m ³ /ha	63,0 %
Ukupno <i>Total</i>	175789740 m³	236,82 m³/ha	100,0 %
Godišnji zapreminski prirast <i>Annual volume increment</i>			
• Četinari <i>Conifers</i>	2339500 m ³	3,15 m ³ /ha	43,5 %
• Lišćari <i>Broadleaved</i>	3036100 m ³	4,09 m ³ /ha	56,5 %
Ukupno <i>Total</i>	5375600 m³	7,24 m³/ha	100,0 %
Mogući godišnji obim sječa(etat) <i>Possible annual cutting volume</i>			
• Četinari <i>Conifers</i>	1396660 m ³	1,88 m ³ /ha	37,8 %
• Lišćari <i>Broadleaved</i>	2295790 m ³	3,09 m ³ /ha	62,2 %
Ukupno <i>Total</i>	3692450 m³	4,97 m³/ha	100,0 %

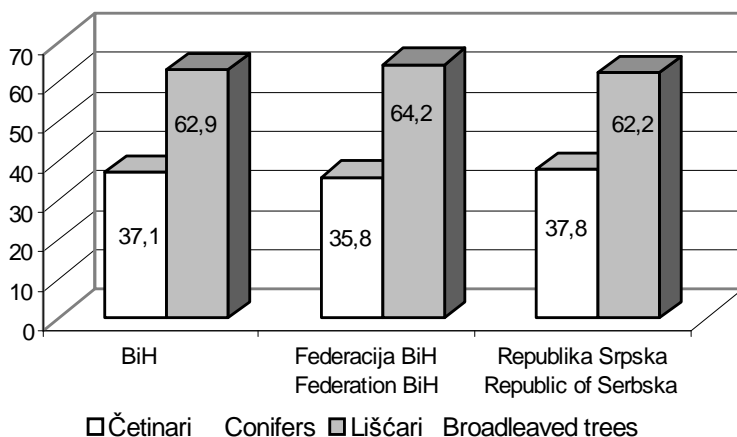
Na slikama 5., 6. i 7. prikazan je procentni udio četinarara i lišćara u drvnjoj zalihi, godišnjem zapreminskom prirastu i mogućem godišnjem obimu sječa (etatu) državnih šuma Bosne i Hercegovine.



Slika 5. Procentni udio vrsta drva u drvnjoj zalihi
 Figure 5. Percentage share of tree species in growing stock



Slika 6. Procentni udio vrsta drva u godišnjem zapreminskom prirastu
 Figure 6. Percentage share of tree species in annual volume increment



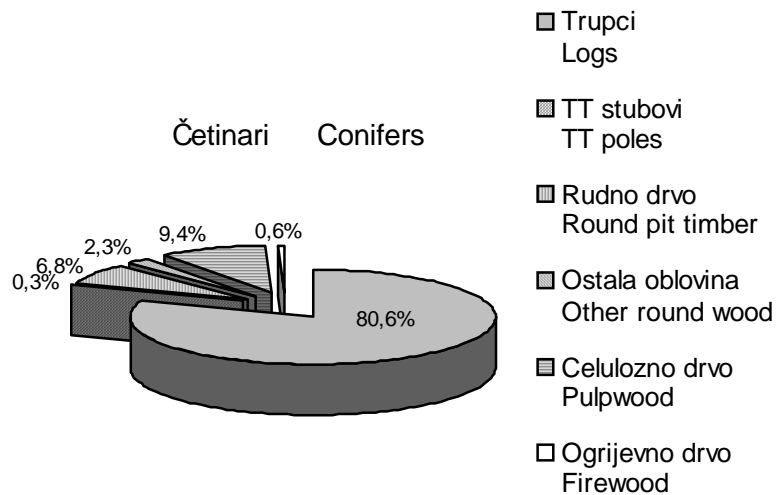
Slika 7. Procentni udio vrsta drva u mogućem godišnjem obimu sječa
 Figure 7. Percentage share of tree species in possible annual cutting volume

U periodu 2002 – 2003. godine izrađivano je prosječno oko 4,5 miliona m³ šumskih drvnih sortimenata godišnje. Struktura proizvedenih šumskih sortimenata u Bosni i Hercegovini u 2003. godini prikazana je u tabeli 11.

Tabela 11. Struktura proizvedenih šumskih drvnih sortimenata u 2003. godini (BiH)
 Table 11. Structure of produced forest wood products in 2003. (BiH)

Sortimenti <i>Wood assortments</i>	Četinari - Conifers		Liščari – <i>Broadleaved trees</i>	
	m ³	%	m ³	%
Trupci za furnir i ljuštenje <i>Veneer logs and logs for rotary cutting</i>	22384	1,2	35372	1,6
Trupci za rezanje I, II i III klase <i>Sawlogs I, II, III class</i>	1485803	79,4	839883	38,5
TT stubovi <i>TT poles</i>	5168	0,3	0	0
Rudno drvo <i>Round pit timber</i>	127954	6,8	7426	0,3
Ostala oblovina <i>Other round wood</i>	41984	2,3	2110	0,1
Celulozno drvo <i>Pulpwood</i>	175905	9,4	21598	1,0
Ogrjevno drvo <i>Firewood</i>	10814	0,6	1276737	58,5
Ukupno <i>Total</i>	1870012	100,0	2183126	100,0

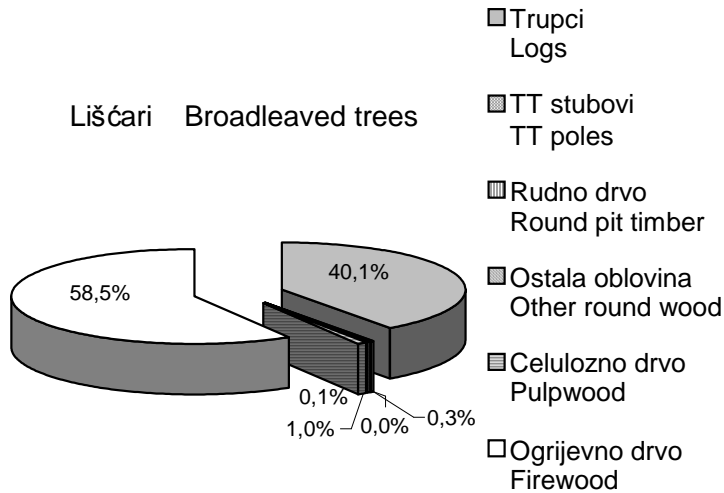
Kako je već rečeno, najveći dio potencijala šumske biomase bazira se na zalihama, prirastu i mogućem etatu lišćarskih šuma (posebno bukve). Struktura šumskih drvnih sortimenata prikazana u tabeli 11. pokazuje da postoji uočljiva razlika između četinarara i lišćara.



Slika 8. Procentni udio šumskih drvnih sortimenata – četinari (BiH)
 Figure 8. Percentage share of wood assortments – Conifers (BiH)

Na slici 8. dat je prikaz strukture šumskih drvnih sortimenata četinarara. Vidljiv je veliki procentualni udio vrijednih tehničkih sortimenata (trupci za furnir, ljuštenje i rezanje), koji participiraju sa 80,6%. Znatno manje učešće je TT stubova, rudnog drva i ostale oblovine (9,4 %), a približno isti udio ima prostorno drvo (celulozno i ogrjevno drvo) sa udjelom od 10 %.

Kod strukture šumskih drvnih sortimenata lišćara, kada se radi od odnosu tehničkih sortimenata i prostornog drva, situacija je obratna (slika 9.).



Slika 9. Procentni udio šumskih drvnih sortimenata – lišćari (BiH)
 Figure 9. Percentage share of wood assortments – Broadleaved trees (BiH)

Na gornjoj slici uočljivo je veliko učešće prostornog drva (celulozno i ogrjevno drvo) u šumskim drvnim sortimentima, a posebno ogrjevnog drva (58,5%). Najvredniji tehnički sortimenti (trupci za furnir, ljuštenje i rezanje) participiraju sa 40,1%, dok je učešće drugih sortimenata (rudnog drva i ostale oblovine) skoro zanemarljivo (0,4 %).

U tabeli 12. prikazana je struktura proizvedenih šumskih drvnih sortimenata u 2003. godini u Federaciji BiH, a u tabeli 13. je u cilju usporedbe prikazana ta ista struktura u Republici Srpskoj.

Tabela 12. Struktura proizvedenih šumskih drvnih sortimenata u 2003. godini
(Federacija BiH)

Table 12. Structure of produced forest wood products in 2003. (Federation of BiH)

Sortimenti <i>Wood assortments</i>	Četinari- <i>Conifers</i>		Lišćari – <i>Broadleaved trees</i>	
	m ³	%	m ³	%
Trupci za furnir i ljuštenje <i>Veneer logs and logs for rotary cutting</i>	19250	1,7	21595	1,8
Trupci za rezanje I, II i III klase <i>Sawlogs I, II, III class</i>	881288	78,2	459299	38,9
TT stubovi <i>TT poles</i>	808	0,1	0	0
Rudno drvo <i>Round pit timber</i>	74535	6,6	4365	0,4
Ostala oblovina <i>Other round wood</i>	3 5325	3,1	775	0,1
Celulozno drvo <i>Pulpwood</i>	104443	9,3	8 210	0,7
Ogrijevno drvo <i>Firewood</i>	10814	1,0	684819	58,1
Ukupno Total	1126463	100,0	1179063	100,0

Iz tabele 12. je vidljivo da kod četinarara preovladavaju vrijedni tehnički sortimenti (79,9 %), dok je kod lišćara njihovo učešće skoro dvostruko manje (40,7 %). Kada se radi o prostornom drvu, onda je situacija obrnuta (kod četinarara celulozno i ogrijevno drvo participiraju sa 10,3 %, a kod lišćara sa 58,8 %). Udio drugih sortimenata (TT stubovi, rudno drvo i ostala oblovina) kod četinarara je 9,8 %, a kod lišćara 0,5 %.

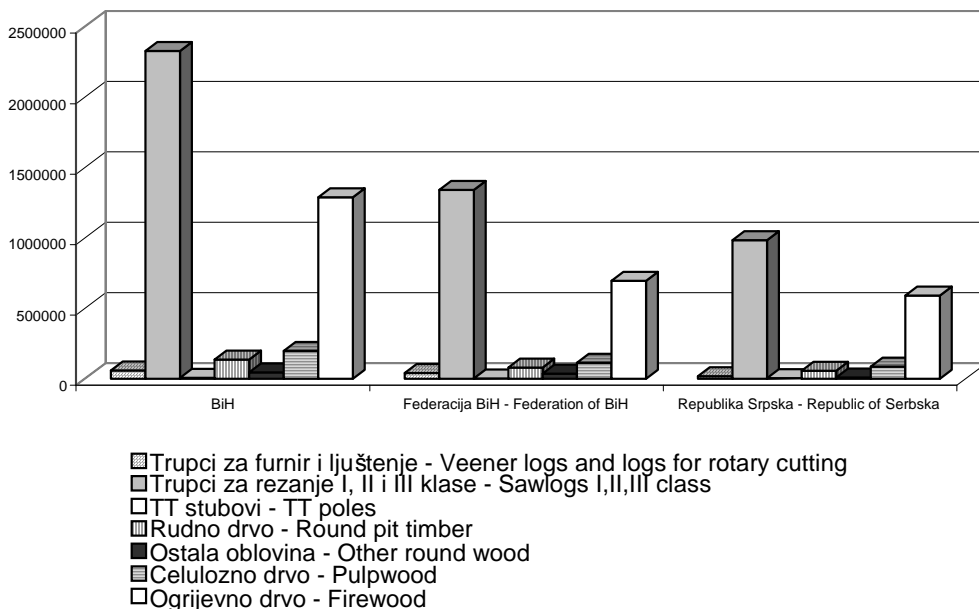
Tabela 13. Struktura proizvedenih šumskih drvnih sortimenata u 2003. godini
(Republika Srpska)

Table 13. Structure of produced forest wood products in 2003. (Republic of Serbia)

Sortimenti <i>Wood assortments</i>	Četinari - <i>Conifers</i>		Lišćari – <i>Broadleaved trees</i>	
	M ³	%	m ³	%
Trupci za furnir i ljuštenje <i>Veneer logs and logs for rotary cutting</i>	3134	0,4	13777	1,4
Trupci za rezanje I, II i III klase <i>Sawlogs I, II, III class</i>	604515	81,3	380588	37,9
TT stubovi <i>TT poles</i>	4360	0,6	0	0
Rudno drvo <i>Round pit timber</i>	53419	7,2	3061	0,3
Ostala oblovina <i>Other round wood</i>	6659	0,9	1335	0,1
Celulozno drvo <i>Pulpwood</i>	71462	9,6	13388	1,3
Ogrjevno drvo <i>Firewood</i>	0	0	591918	59,0
Ukupno Total	743549	100,0	1004067	100,0

Struktura proizvedenih šumskih drvnih sortimenata iz tabele 13. ponovo potvrđuje razlike između četinarara i lišćara. Najvredniji sortimenti četinarara (trupci za furnir, ljuštenje i rezanje) čine 81,7 % (kod lišćara 39,3 %) ukupno proizvedenih sortimenata, dok prostorno drvo (celulozno i ogrjevno drvo) participira sa 9,6 % (četinari), odnosno 60,3 % (lišćari). Mnogo je manje učešće ostalih sortimenata (TT stubovi, rudno drvo i ostala oblovina), koji kod četinarara sudjeluju sa 8,7 %, a kod lišćara sa 0,4%.

Iz slike 10. se vidi da postoji sličnost struktura proizvedenih drvnih sortimenata u 2003. godini. U BiH i njenim entitetima u strukturi sortimenata najviše su zastupljeni trupci za rezanje I, II i III klase, te ogrjevno i celulozno drvo. Postoji neznatna razlika u strukturama rudnog drva, odnosno trupaca za furnir i ljuštenje. Najmanje su zastupljeni TT stubovi i ostala oblovina. Ono što treba zapaziti je relativno veliko učešće prostornog drva, a to je upravo bio razlog da se istraži i formira nova struktura šumskih drvnih sortimenata bazirana na racionalnom iskorištenju posječene drvne mase.



Slika 10. Struktura proizvedenih šumskih drvnih sortimenata u 2003. godini (četinari + lišćari)

Figure 10. Structure of produced forest wood products in 2003. (conifers + broadleaved trees)

Analiza prikazanih struktura proizvedenih šumskih drvnih sortimenata u 2003. godini pokazala je da ona u većoj mjeri predstavlja rezultat trenutnog stanja na tržištu šumskih drvnih sortimenata. Pošto ona ne oslikava stvarne udjele pojedinih sortimenata u drvnoj masi nije podjednaka za bilo kakvo dugoročno planiranje energetske potencijala Bosne i Hercegovine na bazi biomase. Na primjer, učešće ogrjevnog drva lišćara u strukturi drvnih sortimenata šumarstva BiH iznosi 58,5% (u Federaciji BiH 58,1%, u Republici Srpskoj 59,0%). Ovako velika procentualna zastupljenost uslovljena je prevashodno trenutnom nemogućnošću plasmana celuloznog drva, koje se prodaje i isporučuje kao ogrjevno drvo. Slična situacija je i kod nekih drugih sortimenata.

S obzirom na analizirano stanje, a radi mogućnosti korektnijeg planiranja, napravljena je rekapitulacija strukture šumskih drvnih sortimenata za 2003. godinu. Obračun je učinjen uz pretpostavku racionalnog iskorištenja sirovine za cijelu Bosnu i Hercegovinu, te za njena dva entiteta, Federaciju BiH i Republiku Srpsku.

U tabeli 14. je prikazana struktura šumskih drvnih sortimenata na bazi racionalnog iskorištenja posječene drvene mase u Federaciji BiH.

Tabela 14. Struktura šumskih drvnih sortimenata na bazi racionalnog iskorištenja posječene drvne mase (Federacija BiH)

Table 14. Structure of forest wood products according rational utilization of cut wood (Federation of BiH)

Sortimenti Wood assortments	Četinari - Conifers		Lišćari – Broadleaved trees	
	m ³	%	m ³	%
Trupci za furnir i ljuštenje <i>Veneer logs and logs for rotary cutting</i>	9650	0,7	49406	3,7
Trupci za rezanje I, II i III klase <i>Sawlogs I, II, III class</i>	776317	57,7	379223	28,4
TT stubovi <i>TT poles</i>	76712	5,7	0	0
Rudno drvo <i>Round pit timber</i>	130546	9,7	0	0
Ostala oblovinina <i>Other round wood</i>	13459	1,0	0	0
Celulozno drvo <i>Pulpwood</i>	113050	8,4	292429	21,9
Ogrjevno drvo <i>Firewood</i>	6729	0,5	458005	34,3
Otpadak <i>Waste</i>	219371	16,3	156229	11,7
Neto masa krupnog drva <i>Net of largewood</i>	1126463	83,7	1179063	88,3
Bruto masa krupnog drva <i>Gross od largewood</i>	1345834	100,0	1335292	100,0

Ukoliko usporedimo strukturu proizvedenih šumskih drvnih sortimenata u 2003. godini u Federaciji BiH (tabela 12.) sa pripadnom strukturom šumskih drvnih sortimenata na bazi racionalnog iskorištenja posječene drvne mase (tabela 14.), možemo vidjeti da kod četinara postoji značajna preraspodjela unutar kategorije tehničkog drva. Sa aspekta energetskog drva, u slučaju racionalnog iskorištenja nešto je manje učešće ogrjevnog drva, ali se u strukturi pojavljuje nova kategorija – otpadak (u bruto masi krupnog drva participira sa 16,3%).

U slučaju lišćara do velikih razlika u strukturi proizvedenih šumskih drvnih sortimenata, kod primjene kriterija racionalnog iskorištenja drvne mase, dolazi kod celuloznog i ogrjevnog drva. Zapravo, istraživanjem je potvrđena pretpostavka da se najveći dio celuloznog drva prikazivao kao ogrjevno drvo, što je rezultat trenutnih tržišnih uvjeta. Značajan dio drva je prešao u kategoriju otpada (u bruto masi krupnog drva participira sa 11,7%).

U tabeli 15. je prikazana struktura šumskih drvnih sortimenata na bazi racionalnog iskorištenja posječene drvne mase u Republici Srpskoj.

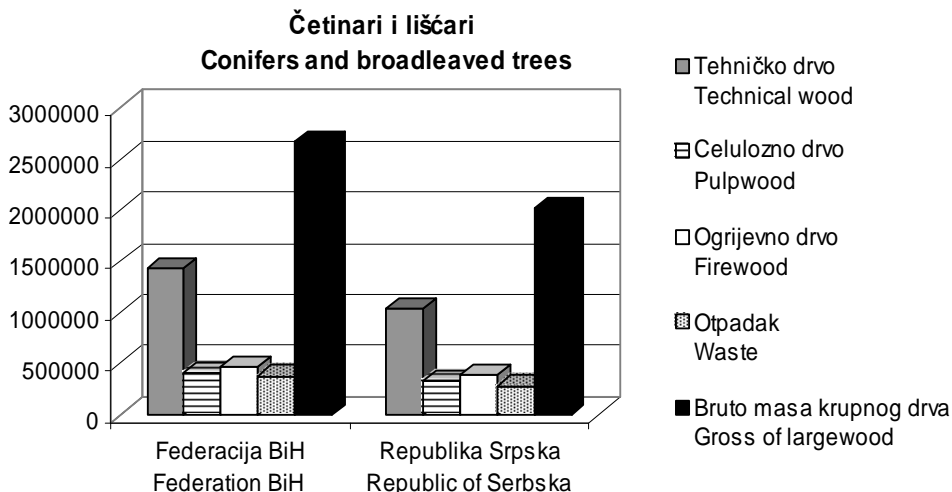
Tabela 15. Struktura šumskih drvnih sortimenata na bazi racionalnog iskorištenja posječene drvne mase (Republika Srpska)
 Table 15. Structure of forest wood products according rational utilization of cut wood (Republic of Serbska)

Sortimenti Wood assortments	Četinari - Conifers		Lišćari – Broadleaved trees	
	m ³	%	m ³	%
Trupci za furnir i ljuštenje Veneer logs and logs for rotary cutting	6369	0,7	42073	3,7
Trupci za rezanje I, II i III klase Sawlogs I, II, III class	512426	57,7	322938	28,4
TT stubovi TT poles	50636	5,7	0	0
Rudno drvo Round pit timber	86170	9,7	0	0
Ostala oblovina Other round wood	8884	1,0	0	0
Celulozno drvo Pulpwood	74621	8,4	249026	21,9
Ogrjevno drvo Firewood	4442	0,5	390027	34,3
Otpadak Waste	144801	16,3	133041	11,7
Neto masa krupnog drva Net of largewood	743548	83,7	1004064	88,3
Bruto masa krupnog drva Gross od largewood	888349	100,0	1137105	100,0

Na identičan način kao u slučaju Federacije BiH, kada su u pitanju četinari, najveće promjene su se desile unutar tehničkog drva. U strukturi prostornog drva, kod celuloznog drva skoro da nema promjena, ali se javlja stavka ogrjevnog drva. Sa energetskog aspekta, struktura šumskih drvnih sortimenata na bazi racionalnog iskorištenja posječene drvne mase predviđa učešće otpada (16,3% u bruto masi krupnog drva).

Kada se radi o lišćarima, onda se ponavlja slučaj iz šumarstva u Federaciji BiH, gdje je strukturom proizvedenih šumskih drvnih sortimenata u 2003. godini najveći dio celuloznog drva prikazan kao ogrjevno drvo (59,0 %). Novom strukturom i dalje je ostao značajan udio ogrjevnog drva (34,3 %), ali je poraslo učešće celuloznog drva (21,9%) i otpada (11,7 % u bruto masi krupnog drva).

Na slici 11. prikazano je učešće tehničkog drva, celuloznog drva, ogrjevnog drva i otpada u Federaciji BiH i Republici Srpskoj (ukupno za četinare i lišćare).



Slika 11. Struktura šumskih drvnih sortimenata na bazi racionalnog iskorištenja posječene drvne mase (Federacija BiH i Republika Srpska)

Figure 11. Structure of forest wood products according rational utilizations of cut wood (Federation BiH and Republic of Srpska)

Ranije je rečeno da se na tržištu sirovina kemijska prerada drva i energetika mogu naći u položaju konkurenata. S obzirom na trenutno stanje kemijske prerade drva, najveći dio potencijala šumske biomase u obliku prostornog drva mogao bi zadovoljiti potrebe proizvodnje goriva na bazi drva. Izgradnjom odgovarajućih kemijskih kapaciteta za preradu drva, bilo jedinstvenih za cijelu Bosnu i Hercegovinu, bilo u pojedinim entitetima, svo celulozno drvo i dio ogrjevnog drva i otpada postali bi interesantna sirovina za takvog potrošača.

U cilju prikaza realnog stanja drvnih sortimenata, u tabeli 16. je data struktura šumskih drvnih sortimenata na bazi racionalnog iskorištenja posječene drvne mase za cijelu Bosnu i Hercegovinu.

Tabela 16. Struktura šumskih drvnih sortimenata na bazi racionalnog iskorištenja posječene drvene mase, realnih mogućnosti proizvodnje i stanja sadašnje otvorenosti šuma (BiH)

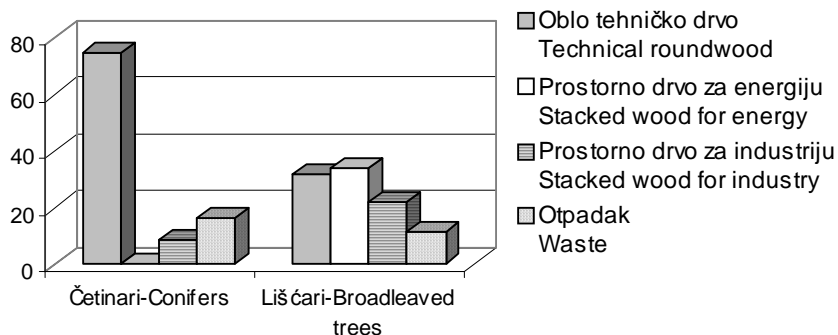
Table 16. Structure of forest wood products according rational utilization of cut wood, real possibilities of production and existing road network (BiH)

Sortimenti Wood assortments	Četinari Conifers		Lišćari Broadleaved trees	
	m ³	%	m ³	%
Trupci za furnir i ljuštenje Veneer logs and logs for rotary cutting	18156	0,7	159832	3,7
Trupci za rezanje I, II i III klase Sawlogs I, II, III class	1460753	57,7	1223227	28,4
TT stubovi TT poles	144273	5,7	0	0
Rudno drvo Round pit timber	245536	9,7	0	0
Ostala oblovina Other round wood	25286	1,0	0	0
Celulozno drvo Pulpwood	212710	8,4	938796	21,9
Ogrjevno drvo Firewood	12650	0,5	1471568	34,3
Otpadak Waste	412797	16,3	503126	11,7
Neto masa krupnog drva Net of largewood	2119364	83,7	3793423	88,3
Bruto masa krupnog drva Gross od largewood	2532161	100,0	4296549	100,0
Neto masa – ukupno (četinari + lišćari) <i>Net mass – Total(Conifers + Broadleaved trees)</i> 5912787 m³				
Bruto masa – ukupno (četinari i + lišćari) <i>Gross mass - Total(Conifers + Broadleaved trees)</i> 6828710 m³				

Tabela 17. Mogući godišnji obim sječa u BiH po grupama sortimenata (krupno drvo)
 Table 17. Possible annual cutting volume in BiH by group of assortments (largewood)

Vrsta drva Wood species	Oblo tehničko drvo Technical roundwood	Prostorno drvo Stacked wood			Otpadak Waste	Ukupno Total 1 + 4 + 5
		Za energiju (For energy)	Za industriju (For industry)	Ukupno (Total)		
	1	2	3	4	5	
	m^3					
Četinari Conifers	1894004	12650	212710	225360	412797	2532161
Lišćari Broadleaved trees	1383059	1471568	938796	2410364	503126	4296549
Ukupno Total	3277063	1484218	1151506	2635724	915923	6828710

Nakon provedene analize i sumiranja svih pokazatelja došlo se do podataka o mogućem godišnjem obimu sječa u Bosni i Hercegovini. Podaci su prikazani tabelarno (tabela 17.) i grafički (slika 12.), po vrstama drva (četinari i lišćari) i grupama sortimenata (oblo tehničko drvo, prostorno drvo za energiju, prostorno drvo za industriju i otpadak).



Slika 12. Procentni udio mogućeg godišnjeg obima sječa u BiH po grupama sortimenata (krupno drvo)

Figure 12. Percentage share of possible annual cutting volume in BiH by group of assortments (largewood)

Na osnovu prikazanih tabela moguće je odrediti biomasu (fitotvar) za energijske potrebe po oblicima šumske biomase i ukupnim energetskim potencijalima iste. Pri određivanju raspoložive biomase pretpostavljeni su sljedeći pretvorbeni faktori:

1. kod pilanske prerade 1 m^3 drva trupaca ostatak iznosi
 - kod četinarara 30% (15% piljevina i 15% odresci)
 - kod lišćara 35% (20 % piljevina i 15% odresci)
2. kod izrade furnira ukupan ostatak je 20% drva ulazne sirovine
3. ukupan prosječan udio sitne granjevine i kičevine (ovisi o vrsti drva i debljinskoj klasi)
 - kod četinarara 15%
 - kod lišćara 18 %

Prilikom određivanja težine drva korištene su vrijednosti volumne mase za prosušeno drvo (vlažnosti 15 – 20 %), što je kod četinarara iznosilo $0,45 \text{ g/cm}^3$, a kod lišćara $0,72 \text{ g/cm}^3$

Kod određivanja energetskih vrijednosti potencijala pojedinih oblika šumske biomase pretpostavila se ista vlažnost drva, odnosno kod četinarara je prosječna toplinska vrijednost iznosila $15,7 \text{ MJ/kg}$, a kod lišćara $14,1 \text{ MJ/kg}$.

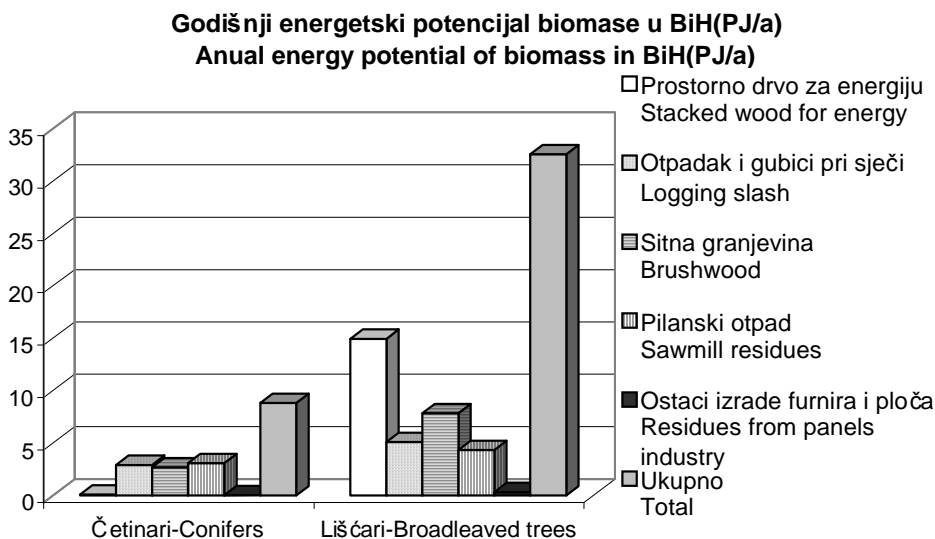
Ostaci nastali održavanjem parkovnih površina u gradovima i ostali drveni otpad (slomljene palete, sanduci, otpad građevinske industrije itd.) nije bilo moguće procijeniti zbog prirode takvog materijala. S obzirom da se projekat bavi problematikom šumske biomase kao potencijalnim izvorom obnovljive energije, istraživanja svih ostalih potencijalnih izvora zahtijevala bi multidisciplinarni pristup i angažman stručnjaka iz raznih oblasti. U istom smislu bi bilo interesantno istražiti i potencijalne resurse poljoprivrede, kao i izvršiti detaljnu analizu potencijala drvno-prerađivačke industrije. U radu je urađena samo analiza ostataka prerade šumskih sortimenata (trupaca), koji ulaze u pilanska postrojenja i pogone za izradu furnira i ploča.

Ukupna raspoloživa biomasa (fitotvar) izražena u $\text{m}^3/\text{godišnje}$ (m^3/a) i ukupni godišnji energijski potencijali (PJ/a) prikazani su u tabeli 18.

Tabela 18. Ukupna raspoloživa biomasa (m³/a, t/a) i energetska potencijal (PJ/a) u BiH
 Table 18: Total available biomass (m³/a, t/a) and energy potential (PJ/a) in BiH

Oblik raspoložive biomase <i>Form of biomass</i>	Četinari - <i>Conifers</i>			Lišćari – <i>Broadleaved trees</i>			Ukupan potencijal <i>Total potential</i>
	Raspoloživo <i>Available</i>		Potencijal <i>Potential</i>	Raspoloživo <i>Available</i>		Potencijal <i>Potential</i>	
	m ³ /a	t/a	PJ/a	m ³ /a	t/a	PJ/a	PJ/a
Prostorno drvo za energiju <i>Stacked wood for energy utilization</i>	12650	5692	0,089	1471568	1059529	14, 939	15,028
Otpadak i gubici pri sječi <i>Logging slash</i>	412797	185759	2,916	503126	362251	5,108	8,024
Sitna granjevina <i>Brushwood</i>	379824	170921	2,683	773379	556833	7,851	10,534
Pilanski otpad <i>Sawmill residues</i>	438226	197202	3,096	428129	308253	4,346	7,442
Ostaci izrade furnira i ploča <i>Residues from panels industry</i>	3631	1634	0,026	31966	23016	0,324	0,350
Ukupno <i>Total</i>	1247128	561208	8,810	3208168	2309882	32,568	41,378
Ostaci nastali održavanjem parkovnih površina u gradovima - nisu procijenjeni <i>Arboricultural residues - Not estimated</i>							
Ostali drveni otpad (palette, sanduci, građevinski drveni otpad itd.) – nije procijenjen <i>Other waste wood (broken pallets, crates, waste timber from building work etc.) - Not estimated</i>							

Iz slike 13. može se vidjeti da su energetske potencijali lišćara četiri puta veći od istih kod četinarara. Kod lišćara najveći dio potencijala leži u prostornom drvu za energiju, a kod četinarara u pilanskom otpadu. Sitna granjevina, otpadak i gubici pri sječi zauzimaju značajno mjesto kod obje vrste drva, ali se može postaviti pitanje opravdanosti njihovog korištenja sa ekonomskog i ekološkog aspekta.



Slika 13. Struktura godišnjeg energetske potencijala biomase u BiH
Figure 13. Structure of anual energy potential of biomass in BiH

U tabeli 19. prikazan je ukupni energetske potencijal biomase u energetske ekvivalentima uglja ($1 t_{ce} = 29,31 \text{ GJ}$) i nafte ($1 t_{oe} = 41,868 \text{ GJ}$)

Tabela 19. Ukupna raspoloživa biomasa (t/a) BiH u ekvivalentima uglja (mt_{ce}) i nafte (mt_{oe})

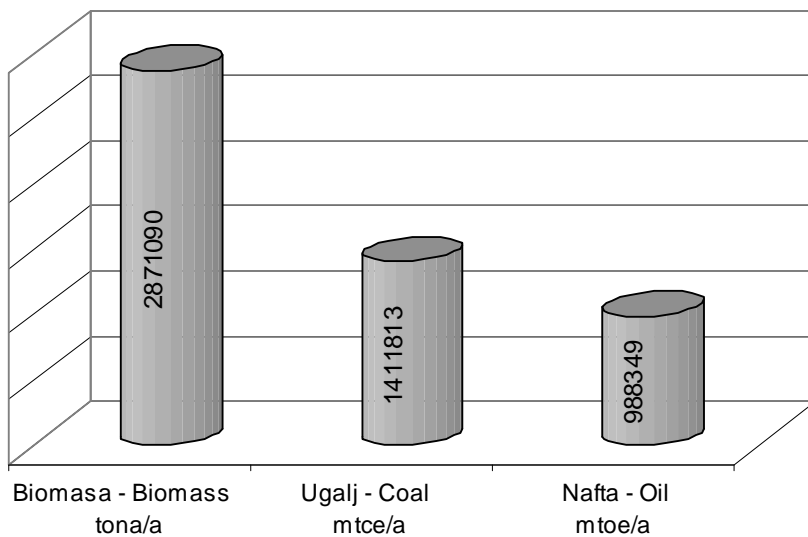
Table 19. Total available biomass BiH as equivalent of coal (mt_{ce}) and oil (mt_{oe})

Oblik raspoložive biomase <i>Form of biomass</i>	Četinari - <i>Conifers</i>			Lišćari – <i>Broadleaved trees</i>		
	Raspoloživo <i>Available</i>	Potencijal <i>Potential</i>		Raspoloživo <i>Available</i>	Potencijal <i>Potential</i>	
	t/a	mt_{ce}^*	mt_{oe}^*	t/a	mt_{ce}^*	mt_{oe}^*
Prostorno drvo za energiju <i>Stacked wood for energy utilization</i>	5692	3049	2135	1059529	509702	356820
Otpadak i gubici pri sječi <i>Logging slash</i>	185759	99502	69657	362251	174265	121996
Sitna granjevina <i>Brushwood</i>	170921	91554	64093	556833	267872	187525
Pilanski otpad <i>Sawmill residues</i>	197202	105632	73948	308253	148290	103811
Ostaci izrade furnira i ploča <i>Residues from panels industry</i>	1634	875	613	23016	11072	7751
Ukupno <i>Total</i>	561208	300612	210446	2309882	1111201	777903
Ostaci nastali održavanjem parkovnih površina u gradovima - nisu procijenjeni <i>Arboricultural residues - Not estimated</i>						
Ostali drveni otpad (palette, sanduci, građevinski drveni otpad itd.) – nije procijenjen <i>Other waste wood (broken pallets, crates, waste timber from building work etc.) - Not estimated</i>						

* mt_{ce} – metric ton of coal equivalent

** mt_{oe} – metric ton of oil equivalent

Na slici 14. prikazana je godišnja raspoloživa biomasa BiH izražena u ekvivalentima uglja i nafte.



Slika 14. Raspoloživa biomasa BiH u ekvivalentima uglja i nafte
Figure 14. Available biomass BiH as equivalent of coal and oil

4. 2. Tehnologije pridobivanja i izrade biomase - *Technologies for harvesting and preparation biomass*

U radu su korišteni rezultati ranijih tehnoloških istraživanja, koja su provedena u okviru studija rada i vremena uz korištenje metode hronometraže. Istraživanjima su ustanovljene strukture radnog vremena i radni učinci. Radni učinci su osnova obračuna ekonomičnosti pojedinih rješenja pridobivanja i izrade biomase.

Istraživanjima su obuhvaćeni:

- sječa i izrada u šumi (Jovanović, B., 1980)
- sječa u šumi i izrada na pomoćnom (šumskom) stovarištu (Jovanović, B., 1980)
- spuštanje drva ljudskom snagom (Jovanović, B., 1980)
- privlačenje drva konjima (Jovanović, B., 1980)
- iznošenje prostornog drva tovarnim konjima (Jovanović, B., 1980)
- privlačenje drva neadaptiranim velikoserijskim traktorom (Jovanović, B., 1990)
- privlačenje drva adaptiranim velikoserijskim traktorom (Jovanović, B., 1990)
- privlačenje drva specijalnim šumskim traktorom u tri varijante (privlačenje oblovine; privlačenje oblovine i izvoženje prostornog drva u korpi; izvoženje prostornog drva u korpama na traktoru) (Jovanović, B., 1990).

4.2.1. Sječa i izrada – *Felling and preparation*

Sječa i izrada u šumi – *Felling and preparation in forest*

Istraživanja su obavljena u sastojinskim prilikama koje odgovaraju klimatogenom području mješovitih šuma bukve i jele (*Abieto-Fagetum*). Čiste bukove šume su sekundarna tvorevina mješovitih šuma bukve i jele. Reljef je izrazit. Nadmorska visina je u području 200 – 1300 m. Otvorenost šuma iznosi 6,2 km na 1000 ha.

Snimanja su obavljena u odjelima koji se protežu na nadmorskoj visini 700 – 950 m. Ekspozicija je sjevero-zapadna. Prosječan nagib 25°. Dominiraju kiselo-smeđa zemljišta sa dubokim tлом. Prohodnost, zbog uvjeta reljefa, obrasta terena i karakteristika zemljišta može se smatrati otežanom. U toku snimanja preovladavalo je sunčano vrijeme sa nešto višim temperaturama koje karakterišu ljetnji period.

Prosječna drvena masa po hektaru bila je 232,5 m³. Prsni promjer stabala 10 – 70 cm, a visina stabala 10 – 28 m. Izračunati bonitet na osnovu izmjerenih visina 3,0. Stabla su imala srednju granatost

Dužina izrađenih sortimenata se kretala od 2,60 – 12,50 m, a promjer od 10 do 66 cm. Prostorno drvo je izrađivano u dužinama od 1 m.

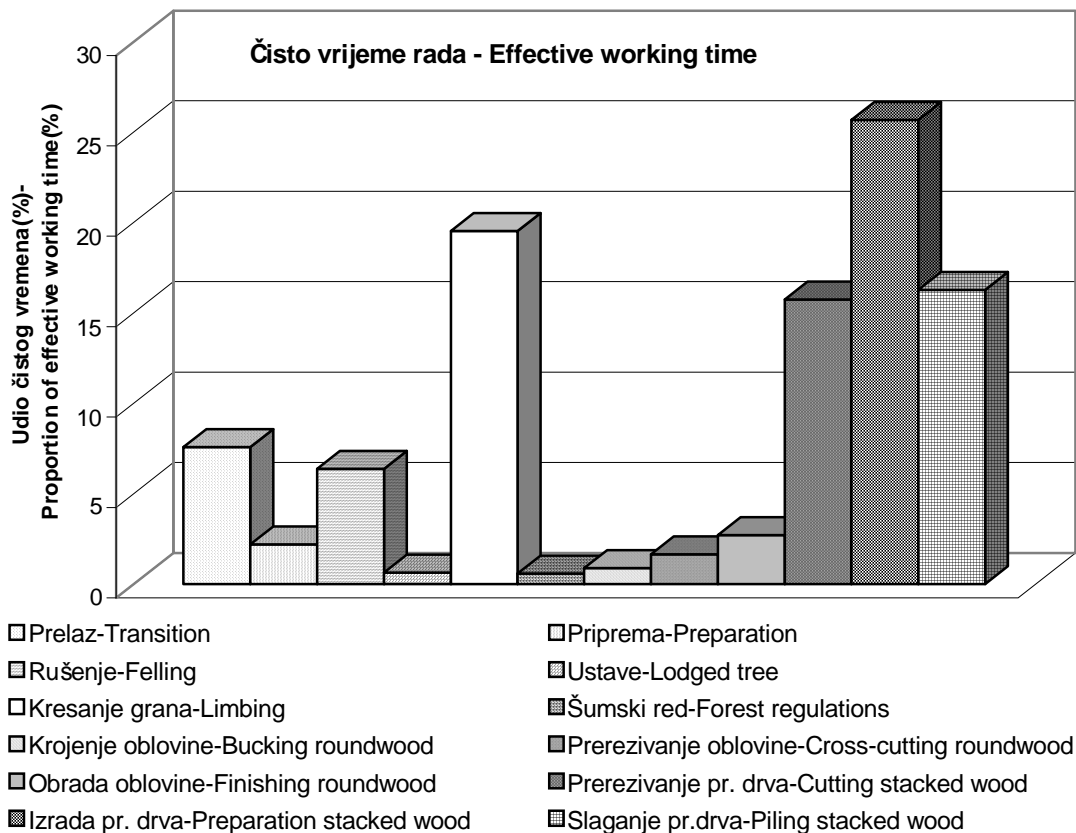
U sječi i izradi korištena je motorna lančana pila snage 2,9 kW. Pored motorne pile ekipa radnika je raspolagala sa dvije sjekire, nekoliko klinova i drvenim batom.

U istraživanju je praćen rad dvije ekipe radnika na sječi i izradi drva (organizacija rada 1 + 1), koji su imali svu propisanu odjeću i obuću, kao i lična sredstva zaštite na radu.

U strukturi ukupnog radnog vremena čisto (operativno) vrijeme participira sa 59,06%, a opća vremena sa 40,94% (pripremno-završno vrijeme, vrijeme posluživanja radnog

mjesta, odmori i opravdani prekidi sa 37,37%, a neopravdani prekidi sa 3,57 %). Dodatno vrijeme čini 63,27%.

Na slici 15. prikazana je struktura čistog (operativnog) vremena sastavljena od vremena pojedinih radnih operacija cijele faze sječe i izrade na sječini u šumi.



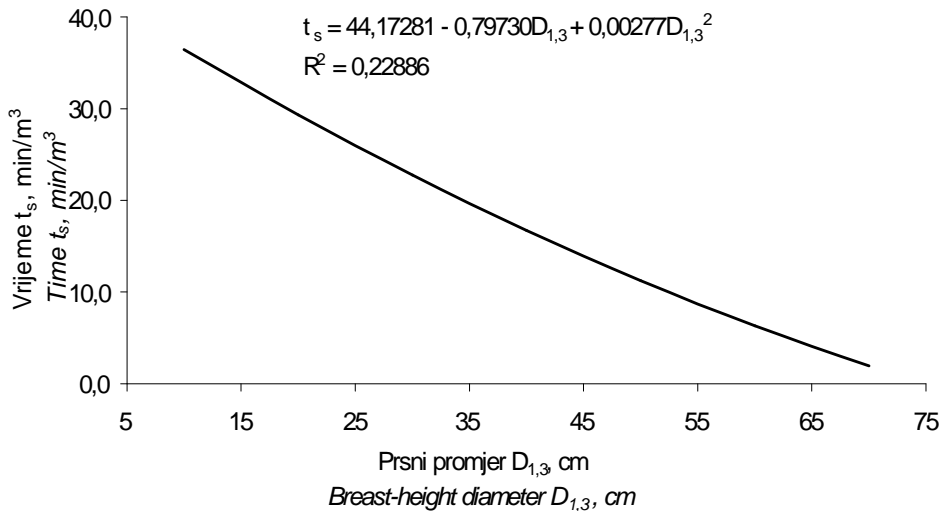
Slika 15. Struktura čistog vremena sječe i izrade drva

Figure 15. Structure effective working time of harvesting and preparation wood

U strukturi čistog vremena udio vremena vezanog za prostorno drvo (razmjeravanje i prezivanje, izrada, sortiranje i slaganje) iznosi 57,74%. Ukoliko bi tom postotku dodali i vrijeme stabla (prelaz, priprema radnog mjesta, rušenje, ustava, kresanje grana i šumski red), onda bi taj postotak bio 94,72%. Takav podatak govori, da je izrada prostornog drva (biomase kao potencijalnog izvora energije) vrlo upitna sa aspekta učinaka, a istovremeno pokazuje da čista izrada tehničke oblovine (5,28% čistog vremena) predstavlja rad koji angažuje mnogo manje vremena i troškova od prostornog drva.

U slučaju sječe i izrade u šumi (sječini) radne operacije se mogu grupirati u stabilno vrijeme, sortimentno vrijeme tehničke oblovine (trupaca) i sortimentno vrijeme prostornog drva. Postoji veliki broj uticajnih faktora koji određuju ova vremena. S obzirom na praktične potrebe određivanja učinaka sječe i izrade, odnosno ustanovljavanja troškova ove faze rada, najčešća ulazna varijabla je prsni promjer ($D_{1,3}$), jer je vezana za tzv. "zakon mase komada".

Na slici 16. prikazana je ovisnost utroška ukupnog čistog vremena po m^3 izrađenih sortimenata iz posiečenih stabala o prsnom promjeru istih stabala.



Slika 16. Ovisnost stabilnog vremena o prsnom promjeru (Jovanović, B. 1980)

Figure 16. Dependence of tree time upon breast-height diameter (Jovanović, B., 1980)

U tabeli 20. prikazana je norma vremena i dnevni učinak za radne operacije vezane za stablo (bez vremena rada sa tehničkom oblovinom i prostornim drvom).

Tabela 20. Norma vremena i dnevni učinak (stablo) – sortimentni metod

Table 20. Time norm and daily output¹ (tree) – assortment method

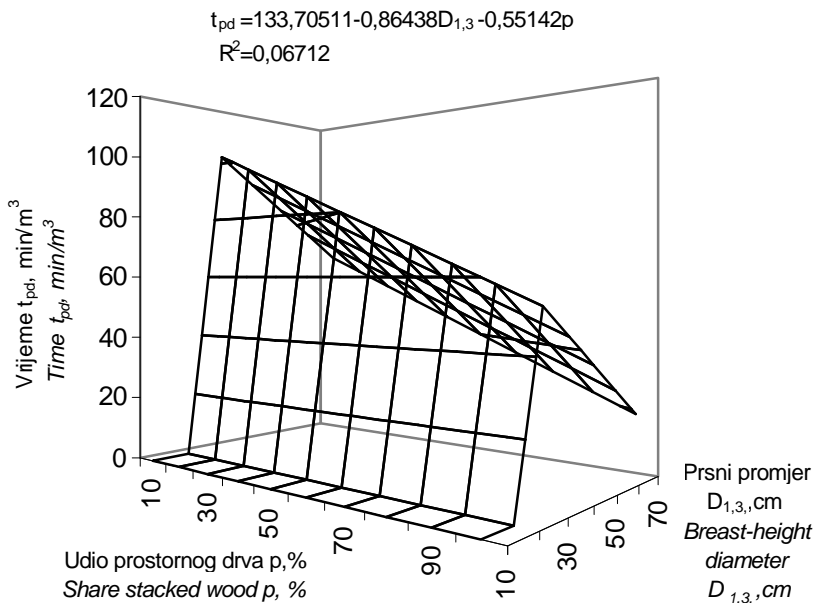
Prsni promjer ($D_{1,3}$), cm <i>Breast-height diameter ($D_{1,3}$), cm</i>	10	20	30	40	50	60
Norma vremena (N_s), min/m^3 <i>Time norm (N_s), min/m^3</i>	59,15	48,63	37,14	27,28	18,35	10,32
Dnevni učinak (N_{us}), m^3/radni dan <i>Daily output (N_{us}), m^3/working day</i>	7,61	9,25	12,12	16,50	24,52	43,60

¹ učinak – output (performance, effect)

Utrošak radnog vremena na operacije razmjeravanja i prezevanja, izrade, te sortiranja i slaganja prostornog drva u najvećoj mjeri ovisi o prsnom promjeru i postotku prostornog drva u neto masi stabla iz kojeg se izrađuju sortimenti. Grafički prikaz ukupnog sortimentnog vremena prostornog drva u ovisnosti o navedene dvije varijable prikazan je na slici 17.

Istraživanja ovisnosti utroška vremena izrade prostornog drva o pojedinim utjecajnim faktorima pokazala bi da svaki faktor ima određenu težinu sa kojom sudjeluje u regresionim jednadžbama. Međutim, istraživanja međuovisnosti pojedinih utjecajnih faktora dala bi vrlo širok dijapazon mogućih zaključaka, koji izlaze iz okvira ovog projekta.

U tabeli 21. prikazane su norme vremena i dnevni učinci izrade prostornog drva (samo sortimentno vrijeme prostornog drva bez stabilnog vremena).



Slika 17. Ovisnost vremena prostornog drva o prsnom promjeru i učešću prostornog drva u neto masi stabla (Jovanović, B., 1980)
 Figure 17. Dependence stacked wood time upon breast-height diameter and percentage share of stacked wood in net mass tree (Jovanović, B., 1980)

Tabela 21. Norma vremena i dnevni učinak (prostorno drvo)

Table 21. Time norm and daily output (stacked wood)

	Udio prostornog drva p, % <i>Share stacked wood p, %</i>	Prsni promjer $D_{1,3}$, cm Breast-height diameter $D_{1,3}$, cm					
		10	20	30	40	50	60
Norma vremena (N_{pd}), min/m ³ <i>Time norm (N_{pd}), min/m³</i>	10	195,18	181,07	166,96	152,85	138,73	124,62
	20	186,18	172,07	157,96	143,84	129,73	115,62
	30	177,18	163,07	148,95	134,84	120,73	106,61
	40	168,18	154,06	139,95	125,84	111,72	97,61
	50	159,17	145,06	130,95	116,83	102,72	88,61
	60	150,17	136,06	121,94	107,83	93,72	79,61
	70	141,17	127,05	112,94	98,83	84,72	70,60
	80	132,16	118,05	103,94	89,83	75,71	61,60
	90	123,16	109,05	94,93	80,82	66,71	52,60
	100	114,16	100,04	85,93	71,82	57,71	43,59
Dnevni učinak (N_{upd}), m ³ /radni dan <i>Daily output (N_{upd}), m³/working day</i>	10	2,31	2,49	2,70	2,94	3,24	3,61
	20	2,42	2,62	2,85	3,13	3,47	3,89
	30	2,54	2,76	3,02	3,34	3,73	4,22
	40	2,68	2,92	3,22	3,58	4,03	4,61
	50	2,83	3,10	3,44	3,85	4,38	5,08
	60	3,00	3,31	3,69	4,17	4,80	5,65
	70	3,19	3,54	3,98	4,55	5,31	6,37
	80	3,40	3,81	4,33	5,01	5,94	7,31
	90	3,65	4,13	4,74	5,57	6,75	8,56
	100	3,94	4,50	5,24	6,27	7,80	10,32

**Sječa u šumi i izrada na pomoćnom (šumskom) stovarištu -
*Felling trees and preparation at forest landing***

Kod deblovne metode u iskorištavanju šuma izrada sortimenata se obično prenosi na stovarište, što pruža mogućnost boljeg korištenja drvene mase, te nesmetan i efikasan rad raznih strojeva. Istraživanja su bila vezana za sortimente liščara, tako da na pomoćnom stovarištu nije bilo koranja, nego samo krojenje i odvajanje tehničke oblovine od prostornog drva. Prostorno drvo se cijepalo i slagalo u složajeve.

Sastojinskim prilike su odgovarale klimatogenom području mješovitih šuma bukve i jele (Abieto-Fagetum). Čiste bukove šume su u mješavini sa malo običnog graba. Reljef je ispresjecan izbočinama i uvalama.. Nadmorska visina se kretala u području 200 – 1300 m. Otvorenost šuma je iznosila 6,2 km na 1000 ha.

Do pomoćnog (šumskog) stovarišta dolazio je kamionski put. Stovarište se nalazilo na nadmorskoj visini od 700 m. Bilo je dugačko 200 m i široko 50 m. Tlo na stovarištu je bez humusnog sloja, dosta duboko.

Snimanja su obavljena u odjelima koji se protežu na nadmorskoj visini 700 – 1200 m. Pretežna ekspozicija je sjeverna. Prosječan nagib 24°. Dominiraju kiselo-smeđa zemljišta sa dubokim tлом (sa pojavom ilovače i pjeskovite ilovače). Prohodnost zbog uvjeta reljefa, obrasta terena i karakteristika zemljišta može se smatrati otežanom. U toku snimanja preovladavalo je sunčano vrijeme sa ljetnjim temperaturama.

Prosječna drvena masa po hektaru je 249,5 m³. Prsni promjer stabala 10 – 82 cm, a visina stabala 18 – 32 m. Izračunati bonitet na osnovu izmjerenih visina bio je 3,0 . Stabla su imala srednju granatost.

Dužina izrađenih debala se kretala od 14 – 26 m, a srednji promjer od 23 do 72 cm. Prostorno drvo je izrađivano na pomoćnom (šumskom) stovarištu u dužinama od 1 m.

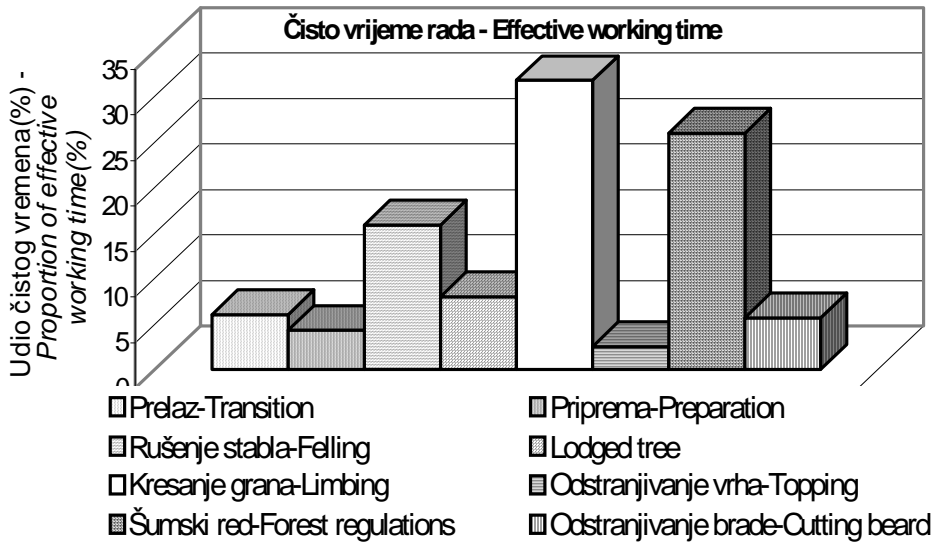
U istraživanju deblovnog metoda praćen je lančani sistem rada, kod koga jedna faza rada prati drugu (grupa radnika obavljala sve poslove od sječe do izrade na pomoćnom stovarištu, uz periodičnu zamjenu poslova).

Na sječi je praćen individualni rad tri radnika (organizacija rada 1 + 0), koji su posjedovali svu propisanu odjeću i obuću, kao i lična sredstva zaštite na radu. Na izradi sortimenata na pomoćnom (šumskom) stovarištu radila su dva radnika, od kojih je jedan isključivo obavljao krojenje sortimenata (obilježavao mjesta prereza), a drugi radio na prerezivanju deblovine i izradi prostornog drva

U sječi je korištena motorna lančana pila snage 2,9 kW. Pored motorne pile radnik je raspolagao sjekirom, nekoliko klinova i drvenim batom. Radnik na pomoćnom (šumskom) stovarištu, koji je obavljao krojenje, posjedovao je špic-metar dužine 1 m i promjerku. Radnik na prerezivanju deblovine i izradi prostornog drva radio je motornom pilom (ista kao u sječi), sjekirom, klinovima i drvenim batom.

U strukturi ukupnog radnog vremena čisto (operativno) vrijeme participira sa 48,21%, a opća vremena sa 51,79% (pripremno-završno vrijeme, vrijeme posluživanja radnog mjesta, odmori i opravdani prekidi sa 25,22 %, a neopravdani prekidi sa 26,57 %). Dodatno vrijeme čini 52,32 %.

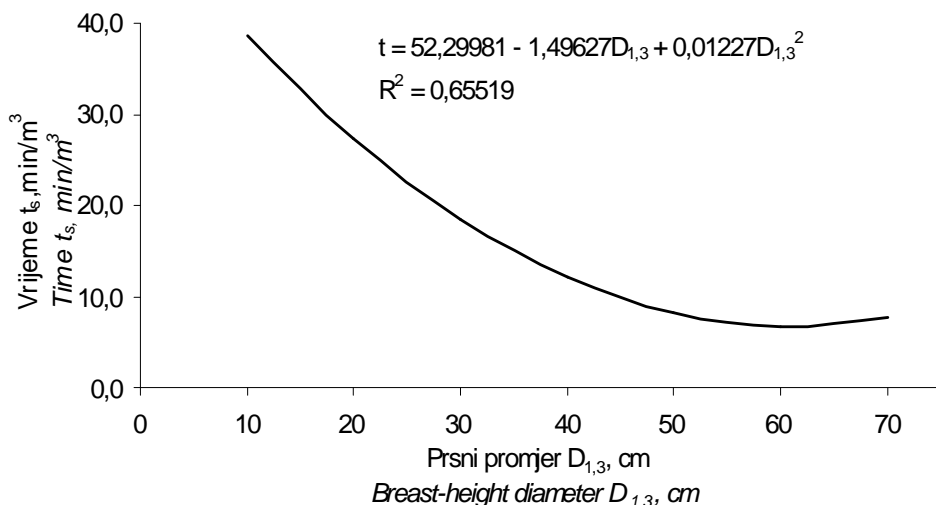
Na slici 18. prikazana je struktura čistog (operativnog vremena) sastavljena od vremena pojedinih radnih operacija , koje su se odvijale u šumi u okviru sječe stabala i izrade debala (bez izrade sortimenata koja se obavljala na šumskom stovarištu uz kamionski put).



Slika 18. Struktura čistog vremena sječe stabala i izrade deblovine
Figure 18. Structure effective working time of harvesting trees and preparation stemwood

U strukturi ukupnog čistog vremena deblovnne metode najveći procenat otpada na kresanje grana (31,75%) i na uspostavu šumskog reda (25,94 %). Upravo su ova vremena vezana za pridobivanje šumske biomase, jer su zajedno sa obaranjem stabala (15,83%) nezaobilazan dio tehnološkog procesa, koji se odvija u šumi. U praksi često najveći dio biomase ostaje u šumi, jer je prioritet dat tehničkoj oblovinu. Deblovni metod bi se mogao primijeniti za energetske korištenje stabala slabog kvaliteta (izrada goriva na stovarištu)

Grafički prikaz ovisnosti stabilnog vremena o prsnom promjeru potvrđuje zakon mase komada. Utrošak vremena (min/m^3) opada porastom prsnog promjera (slika 19.)



Slika 19. Ovisnost stabilnog vremena o prsnom promjeru (Jovanović, B. 1980)
 Figure 19. Dependence of tree time upon breast-height diameter
 (Jovanović, B., 1980)

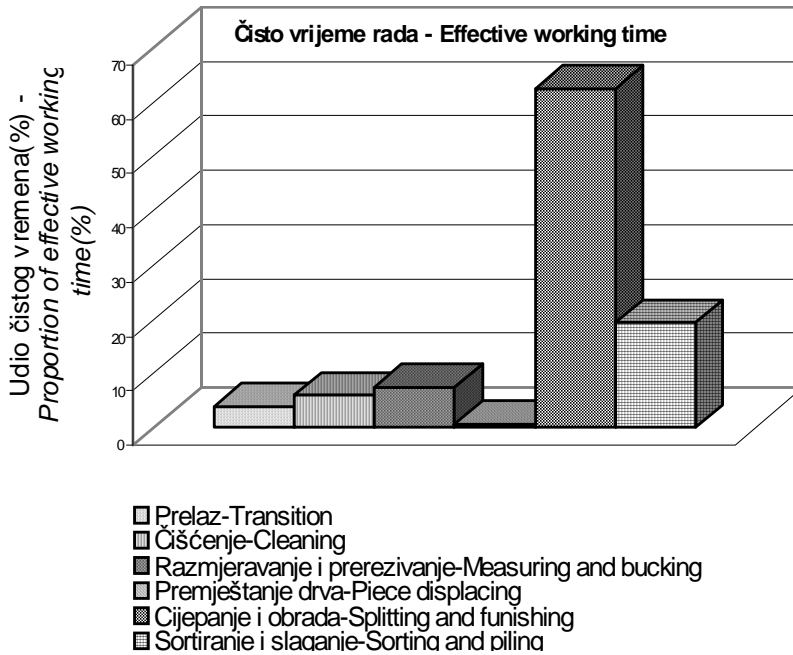
U tabeli 22. prikazana je norma vremena i dnevni učinak sječe i obrade stabala u okviru deblovnog metode.

Tabela 22. Norma vremena i dnevni učinak (stablo) – deblovnog metoda
 Table 22. Time norm and daily output (tree) – stemwood method

Prsni promjer ($D_{1,3}$), cm Breast-height diameter ($D_{1,3}$), cm	10	20	30	40	50	60
Norma vremena (N_s), min/m^3 Time norm (N_s), min/m^3	58,74	41,56	28,12	18,42	12,43	10,20
Dnevni učinak (N_{us}), $\text{m}^3/\text{radni dan}$ Daily output (N_{us}), $\text{m}^3/\text{working day}$	7,66	10,83	16,00	24,43	36,20	44,12

Izrada prostornog drva na pomoćnom (šumskom) stovarištu, također ima svoju strukturu ukupnog i čistog vremena. U ukupnom vremenu izrade prostornog drva čisto vrijeme je participiralo sa 24,80%, a opća vremena sa 75,20%. Procenat dodatnog vremena iznosio je 51,13%.

Na slici 20. prikazana je struktura čistog vremena izrade prostornog drva na pomoćnom (šumskom) stovarištu.



Slika 20. Struktura čistog vremena izrade prostornog drva na stovarištu
 Figure 20. Structure effective working time of preparation stacked wood at landing

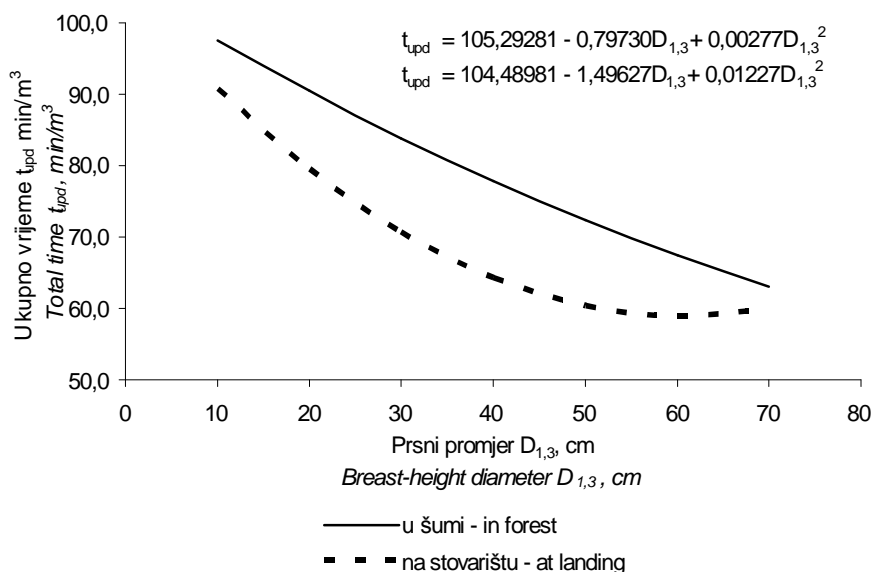
S obzirom da regresiona analiza ovisnosti čistog vremena izrade prostornog drva na pomoćnom (šumskom) stovarištu o najvažnijem utjecajnim faktorima (prije svega o prsnom promjeru stabala iz koga je izradjena deblovina i prostorno drvo) nije dala signifikantne vrijednosti, u daljoj analizi korištena je prosječna vrijednost čistog vremena izrade prostornog drva ($52,19 \pm 30,63 \text{ min/m}^3$ $P = 95\%$). Na osnovu te vrijednosti izračunata je norma vremena i dnevni učinak izrade prostornog drva na stovarištu (tabela 23.).

Tabela 23. Prosječna norma vremena i dnevni učinak (prostorno drvo) – deblovni metod
 Table 23. Average time norm and daily output (stacked wood) – stemwood method

	Prosjeak - Average
Norma vremena (N_{pd}), min/m^3 <i>Time norm</i> (N_{pd}), min/m^3	78,87
Dnevni učinak (N_{upd}), $\text{m}^3/\text{radni dan}$ <i>Daily output</i> (N_{upd}), $\text{m}^3/\text{working day}$	5,70

Usporedba izrade prostornog drva – *Comparison of stacked wood preparation*

Usporedba tehnologije sječe i izrade prostornog drva u šumi sa tehnologijom kod koje se sječa obavlja u šumi, a konačna izrada prostornog drva na pomoćnom (šumskom) stovarištu traži određene pretpostavke. Prva pretpostavka usporedbe je, da se iz sječenih stabala izrađuje samo prostorno drvo. Druga pretpostavka je ulaz u obračun sa prosječnim čistim vremenom izrade prostornog drva, kao posljedice niskih vrijednosti koeficijenta korelacije dobivenih regresionom analizom ovisnosti sortimentnog vremena prostornog drva o prsnom promjeru. Kod izrade prostornog drva na sječini prosječna vrijednost čistog vremena bila je $61,12 \text{ min/m}^3$, a kod izrade na pomoćnom stovarištu $52,19 \text{ min/m}^3$.



Slika 21. Ukupno čisto vrijeme sječe i izrade prostornog drva u šumi i na pomoćnom stovarištu (Jovanović, B., 1980)

Figure 21. Total effective time of harvesting and preparation stacked wood in forest and at landing (Jovanović, B., 1980)

Na slici 21. prikazana su ukupna čista vremena sječe i izrade prostornog drva za slučaj izrade prostornog drva u šumi i za slučaj izrade na pomoćnom (šumskom) stovarištu.

Na osnovu prikazanog grafa može se donijeti zaključak da je utrošak vremena izrade prostornog drva manji kod tehnologije sa izradom prostornog drva na pomoćnom (šumskom) stovarištu, nego u slučaju sječe i izrade prostornog drva u šumi.

U tabeli 24. prikazana je ukupna norma i dnevni učinak za slučaj sječe i izrade prostornog drva u šumi, dok je u tabeli 25. data norma vremena i dnevni učinak za slučaj

izrade prostornog drva na pomoćnom (šumskom) stovarištu. U oba slučaja radi se o ukupnoj normi, koja bazira na sumi čistog stabalnog vremena i čistog sortimentnog vremena prostornog drva, uz ranije navedene pretpostavke.

Tabela 24. Ukupna norma vremena i dnevni učinak kod sječe i izrade prostornog drva u šumi

Table 24. Total time norm and daily output for harvesting and preparation stacked wood in forest

Prsni promjer($D_{1,3}$), cm <i>Breast-height diameter($D_{1,3}$), cm</i>	10	20	30	40	50	60
Norma vremena(N_u), min/m³ <i>Time norm(N_u), min/m³</i>	159,35	147,69	136,93	127,08	118,13	110,09
Dnevni učinak(N_{upd}), m³/radni dan <i>Daily output(N_{upd}), m³/working day</i>	2,82	3,05	3,29	3,54	3,81	4,09

Tabela 25. Ukupna norma vremena i dnevni učinak kod sječe u šumi i izrade prostornog drva na pomoćnom stovarištu

Table 25. Total time norm and daily output for harvesting trees in forest and preparation stacked wood at landing

Prsni promjer($D_{1,3}$), cm <i>Breast-height diameter($D_{1,3}$), cm</i>	10	20	30	40	50	60
Norma vremena(N_u), min/m³ <i>Time norm(N_u), min/m³</i>	137,62	120,43	106,98	97,28	91,31	89,07
Dnevni učinak(N_{upd}), m³/radni dan <i>Daily output(N_{upd}), m³/working day</i>	3,27	3,74	4,21	4,63	4,93	5,05

4.2.2. Privlačenje drva – Wood hauling

Spuštanje drva ljudskom snagom – Manual wood lowering

Spuštanje drva (lifranje) ljudskom snagom bazira se na djelovanju gravitacije. U istraživanju nije izvršena diferencijacija na radne operacije, jer kretanje drva nije direktno vezano za djelovanje radnika (radnik interveniše samo u slučaju prekida kretanja).

Istraživanja su obavljena u identičnim uvjetima kao i kod sječe i izrade drva. Teren na kome je izvršeno spuštanje drva ljudskom snagom bio je podijeljen na tri linije spuštanja. Na prvoj liniji srednja distanca spuštanja bila je 36,5 m (nagib 34%), na drugoj 37,5 m (nagib 33%) i na trećoj 37,5 m (nagib 34%).

Tokom istraživanja praćeno je kretanje oblih bukovih sortimenata dužine 2,60 – 12,50 m i promjera 10,0 – 66,0 cm.

Spuštanje drva su obavili isti oni radnici koji su obavili sječu stabala i izradili oble sortimente. Tokom rada korištena je ista odjeća i obuća kao i kod sječe i izrade.

Lifranje drva nije zahtijevalo mehanizirana sredstva rada, nego je korišten ručni alat (capin, kuka za okretanje, poluga i slično).

U strukturi ukupnog radnog vremena čisto vrijeme participira sa 55,65%, a opća vremena sa 44,35% (pripremno-završno vrijeme i potrebni prekidi 22,4%). Dodatno vrijeme je 39,60%.

S obzirom da proces spuštanja drva nije podijeljen na radne operacije, tada nema ni prikaza strukture čistog (operativnog) vremena. Ukupno snimljeno vrijeme tokom istraživanja iznosilo je 908,29 minuta, od čega je na čisto (operativno) vrijeme otpalo 505,46 minuta (55,65% ukupnog vremena).

U cilju ustanovljavanja norme vremena i dnevnog učinka spuštanja drva ljudskom snagom bilo je potrebno istražiti da li postoje signifikatne razlike među podacima o utrošcima vremena na pojedinim linijama spuštanja (tri linije). Fisherov test je pokazao da te razlike nisu signifikantne, te da se skup podataka može smatrati homogenim. Istraživanja ovisnosti utroška vremena od pojedinih uvjeta rada pokazala su da najveći utjecaj na to vrijeme ima veličina komada drva koje se spuštalo, što se može objasniti vezom volumne težine i djelujuće gravitacione sile, odnosno utjecajem te težine na veličinu trenja između komada koji se kreće i podloge po kojoj se komad kreće. Teško bi bilo izbjeći pitanje utjecaja distance spuštanja drva na utrošak vremena, jer je prirodno očekivati da na dužem putu i vrijeme kretanja bude veće. Međutim, kada se radi o spuštanju drva ljudskom snagom, onda treba uzeti u obzir činjenicu da se komad u kretanju niz padinu različito ponaša i prevaljuje različite puteve bez utjecaja radnika koji vode čitav proces spuštanja (lifranja). Konačno, treba uzeti u obzir i kratkoću sve tri linije spuštanja.

S obzirom na karakter projekta "Šumska biomasa – potencijalni izvor obnovljive energije u Bosni i Hercegovini" nije potrebno grafičkim prikazom ukazati na regresionu ovisnost vremena spuštanja drva, jer je ona vezana za utjecajni faktor koji se kasnije ne sreće kao zajednički pokazatelj efikasnosti i ekonomičnosti pojedinih rješenja privlačenja drva.

Dovoljno je prikazati normu vremena i dnevni učinak spuštanja drva ljudskom snagom (tabela 26.).

Tabela 26. Ukupna norma vremena i dnevni učinak spuštanja drva ljudskom snagom (Jovanović, B., 1980)

Table 26. Time norm and daily output for manual wood lowering (Jovanović, B., 1980)

Zapremina komada(V_t), m^3 <i>Volume of piece(V_t), m^3</i>	0,10	0,30	0,50	0,70	0,90	1,10	1,30
Norma vremena(N_s), min/m^3 <i>Time norm(N_t), min/m^3</i>	3,25	10,87	8,78	6,97	5,42	4,14	3,14
Dnevni učinak(N_{us}), $m^3/radni\ dan$ <i>Daily output(N_{ud}), $m^3/working\ day$</i>	33,96	41,40	51,25	64,56	83,02	108,70	143,31

Privlačenje drva konjima – *Wood hauling with horses*

Privlačenje drva konjskom zapregom obavljeno je u istim uvjetima koji su vrijedili za sječu i izradu i spuštanje drva ljudskom snagom (podaci o nadmorskoj visini, ekspoziciji, reljefu, sastojinskim prilikama, vremenskim uvjetima itd.). Konjska vlaka je napravljena na kiselu-smeđem zemljištu. Vlaka je tokom istraživanja bila pretežno suha. Nagib tereta koji je gravitirao vlaci iznosio je 34%, dok je prosječan nagib vlake bio oko 15% (vlaka u padu). Distanca privlačenja konjima bila je u području 46 – 380 m. Predmet rada je bila bukova oblovina sa korom, koja je prethodno spuštena ljudskom snagom do konjske vlake. Dužina oblovine se kretala od 2,60 do 12,20 m, a promjer od 21,0 do 63,0 cm.

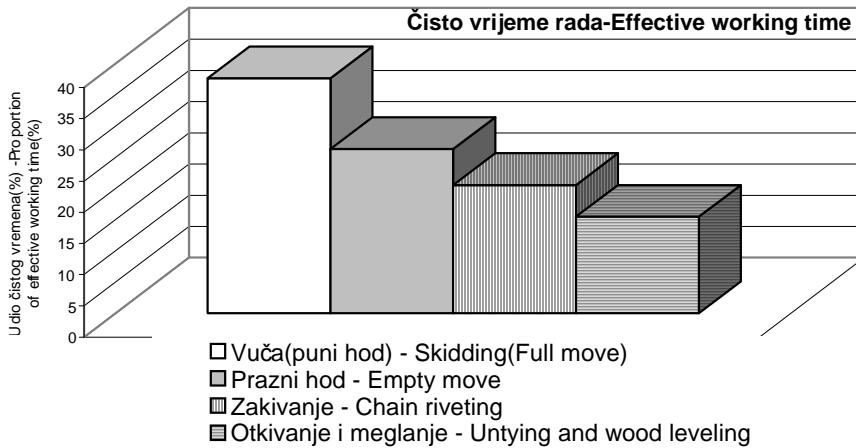
Konji korišteni za privlačenje oblog bukovog drva na istraživanom objektu spadali su u vrstu tzv. srednje teglećih konja. Zapregu su sačinjavala dva konja, koja su bila zdrava i radila su na privlačenju oko 9 godina. Oprema za povezivanje predmeta rada spada u uobičajenu za takvu vrstu posla (hamovi, zajednička ruda, vagiri i lanci sa klinovima).

Na privlačenju drva konjima radila su dva iskusna radnika opremljena odjećom i obućom primjerenom toj vrsti rada, uz korištenje šljema kao sredstva lične zaštite. Tokom rada koristili su ručni alat (čekić, kuka, sjekira i capin).

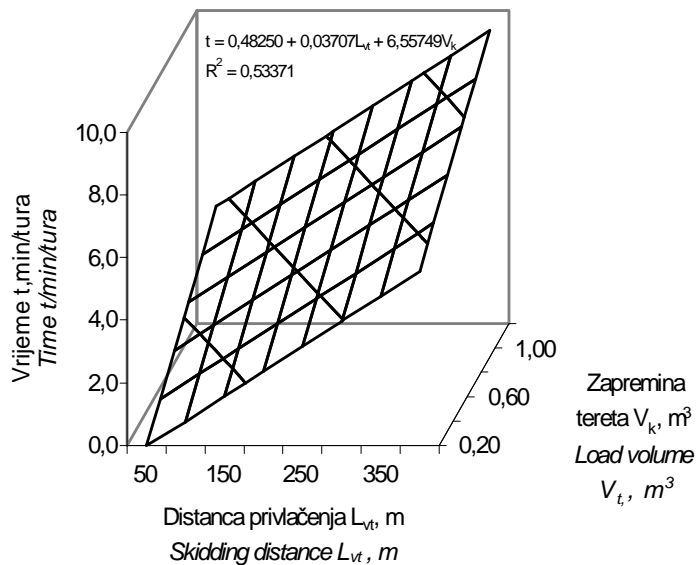
U strukturi ukupnog radnog vremena čisto (operativno) vrijeme je participiralo sa 64,53%, a razliku su činila opća vremena (35,47%). Procentualna vrijednost dodatnog vremena bila je 53,79%.

Na slici 22. prikazana je struktura čistog (operativnog) vremena za četiri radne operacije koje su uobičajene kod privlačenja drva konjima. Kako se iz priložene slike vidi najveći postotak čistog vremena privlačenje drva konjima otpada na kretanje konja po vlaci (63,97 %). Pri tome vuča tereta (puni hod) angažira 37,66%, a prazni hod 26,31% čistog (operativnog) vremena. Znatno manje vremena se utroši na rad u sječini (zakivanje tereta participira sa 20,57 %) i na rad na pomoćnom (šumskom) stovarištu, gdje se vrši otkivanje i meglanje (15,46 % čistog vremena).

Čisto (operativno) vrijeme se može i dalje diferencirati na glavno vrijeme u kome se obavljaju aktivnosti na premještanju predmeta rada (vuča tereta) i na ciklična sporedna vremena, koja pomažu izvršenju glavnog zadatka (prazni hod, zakivanje, otkivanje i meglanje).



Slika 22. Struktura čistog vremena privlačenja drva konjima
 Figure 22. Structure effective working time of wood hauling with horses



Slika 23. Ovisnost čistog vremena privlačenja drva konjima o distanci privlačenja i zapremini tereta (Jovanović, B., 1980)
 Figure 23. Dependence effective time of wood hauling with horses upon skidding distance and load volume (Jovanović, B., 1980)

Prezentacija istraživanja ovisnosti čistog vremena privlačenja drva konjima o pojedinim utjecajnim faktorima tražila bi mnogo više prostora nego što to dozvoljavaju okviri problematike ovog projekta. Mogu se navesti samo glavni utjecajni faktori: distanca privlačenja, nagib vlake, broj komada u teretu, zapremina srednjeg komada tereta, zapremina (veličina) tereta itd. S obzirom da se kod privlačenje drva konjima najčešće radi o vuči samo jednog komada (u ovom istraživanju preko 80% slučajeva), može se isključiti utjecaj broja komada i zapremine srednjeg komada u teretu, odnosno istražiti ovisnost čistog vremena po turi o distanci privlačenja i zapremini tereta (slika 23).

Na osnovu poznatog čistog (operativnog) vremena privlačenja drva konjima i poznatog dodatnog vremena može se izračunati norma vremena i dnevni učinak za različite zapremine vučenog tereta. U cilju pojednostavljenja, kod obračuna norme vremena i dnevnog učinka u obračun je uzeta zapremina tereta privlačenja od 1 m³ na različitim distancama vuče konjima. Na taj način se iz vremena po turi može izračunati utrošak vremena po m³, odnosno može doći do dnevnog učinka usporedivog sa drugim tehnološkim rješenjima pridobivanja i izrade biomase (tabela 27.).

Tabela 27. Norma vremena i dnevni učinak privlačenja drva konjima za zapreminu tereta od 1 m³

Table 27. Time norm and daily output of wood hauling with horses for load volume 1 m³

Distanca privlačenja(L_{vt}), m <i>Skidding distance(L_{vt}), m</i>	50	100	150	200	250	300	350	400
Norma vremena(N_k), min/m³ <i>Time norm(N_k), min/m³</i>	13,67	16,53	19,38	22,22	25,08	27,93	30,77	33,63
Dnevni učinak(N_{uk}), m³/radni dan <i>Daily output(N_{uk}), m³/working day</i>	32,92	27,22	23,22	20,25	17,94	16,11	14,62	13,38

Iznošenje prostornog drva tovarnim konjima (samaricom) – *Stacked wood carrying with pack-horses*

Iznošenje prostornog drva iz šume tovarnim konjima (samaricom) koristi se u brdsko-planinskim uvjetima, sa izraženim reljefom. Konji samaraši su brdski (bosanski) konji, čija je građa podesna obavljanju ovog teškog rada na kupiranim planinskim terenima pod šumom.

Iznošenje drva tovarnim konjima obavljeno je u istim uvjetima u kojima je obavljena sječa i izrada, te privlačenje bukove oblovine konjskom zapregom. Razlika je u tome što se ovaj posao obavljao po površini pokrivenoj ostacima sječe i izrade, odnosno u uvjetima smanjene prohodnosti. Vrlo često je samarica koristila konjsku vlaklu za svoje kretanje, a onda je po potrebi zalazila u sječinu u cilju formiranja normalnog tereta.

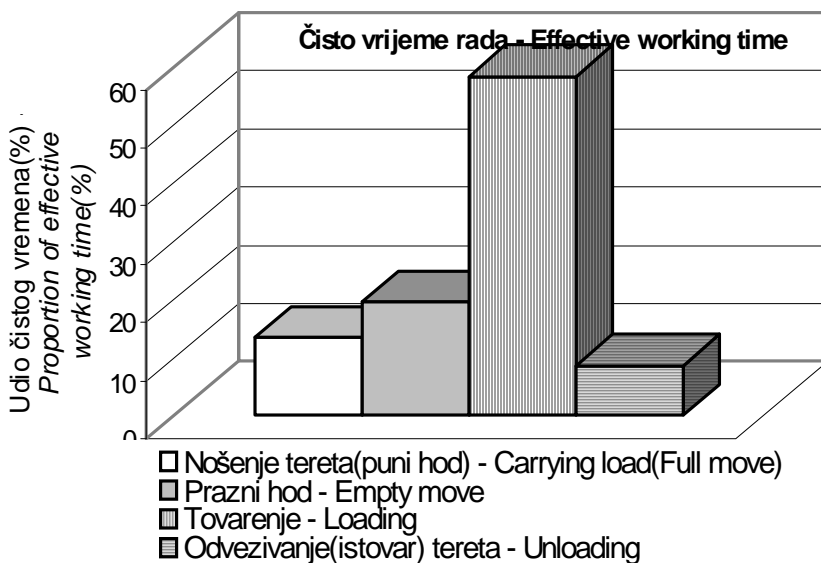
Distanca iznošenja se kretala od 100 do 300 m. Iznošeno je bukovo prostorno drvo koje je na sječini preležalo 10 – 15 dana. Drvo je bilo složeno u složajeve koji su bili razbacani širom sječine. Prostorno drvo su činile cjepanice(debljine 10 – 24 cm), oblice (prečnik 7 – 12 cm) i sječenice (prečnik 3 – 7 cm). Pored ogrjevnog drva iznošeno je

bukovo drvo za celulozu (cjepanice debljine 8 – 20 cm i oblice prečnika na tanjem kraju 4 – 20 cm). Prosječna veličina tovara bila je 0,30 prm po jednom konju.

Tokom istraživanja praćen je rad 6 konja (2 radnika od koji je svaki gonio 3 konja). Konji su bili zdravi i radili su već oko 8 godina na poslovima iznošenja prostornog drva. Za nošenje je korišten samar postavljen preko jastuka na tijelo konja. Radnici su nosili uobičajenu odjeću i obuću i nisu koristili nikakva sredstva lične zaštite na radu. Tokom rada na tovaranju i gonjenju konja radnici su koristili ručni alat (najčešće kratka sjekirica) za prokresivanje puta konjima i za sitne radove na predmetu rada.

U strukturi ukupnog vremena čisto (operativno) vrijeme je participiralo sa 82,80%, a opća vremena sa 17,20 %. Dodatno vrijeme je 14,79%.

Struktura čistog (operativnog) vremena iznošenja prostornog drva tovarnim konjima (samaricom) prikazana je na slici 24.



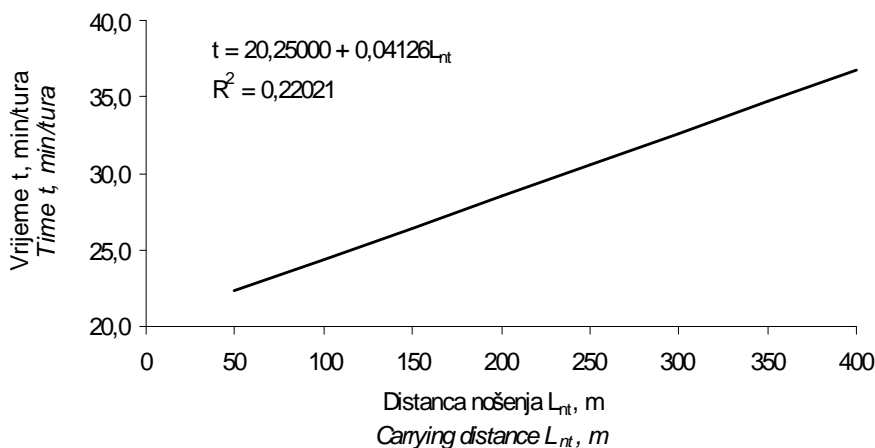
Slika 24. Struktura čistog vremena iznošenja prostornog drva tovarnim konjima (samaricom)

Figure 24. Structure effective working time of stacked wood carrying with pack-horses

Iz slike se može vidjeti da je najveći utrošak čistog vremena povezan sa tovaranjem (58,33%), koje angažira više vremena od kretanja tovarnih konja sa teretom (13,44 %) i kretanja bez tereta (19,63 %). Najmanji utrošak čistog vremena odnosi se na odvezivanje i istovar tereta (8,60 %).

Na sličan način kao i kod privlačenja drva konjima čista vremena se mogu podijeliti na glavno vrijeme (puni hod) i ciklična sporedna vremena (prazni hod, tovaranje, odvezivanje i istovar) tereta.

Postoji veliki broj utjecajnih faktora koji određuju utroške čistog vremena iznošenja drva tovarnim konjima. Međutim, s obzirom na sposobnost nošenja, zapremina (veličina) tereta koju nosi jedan konj može se uzeti nepromjenljivom (0,30 prm). Uz takvu pretpostavku, ostaje nam da računamo samo ovisnost čistog vremena o distanci iznošenja (slika 25.)



Slika 25. Ovisnost čistog vremena iznošenja prostornog drva tovarnim konjima o distanci iznošenja(Jovanović, B., 1980)

Figure 25. Dependence effective time of stacked wood carrying with pack-horses upon carrying distance(Jovanović, B., 1980)

Ukoliko kod pretvorbe prostorne mjere u kubičnu mjeru koristimo pretvorbeni odnos $1 \text{ prm} = 0,65 \text{ m}^3$, onda zapremina (veličina) tereta koju nosi jedan tovarni konj iznosi oko $0,20 \text{ m}^3$. Na osnovu poznavanja vremena jedne ture mogu se izračunati norme vremena i dnevni učinci iznošenja prostornog drva tovarnim konjem (tabela 28.).

Tabela 28. Norma vremena i dnevni učinak iznošenja drva tovarnim konjem

Table 28. Time norm and daily output of stacked wood carrying with pack-horse

Distanca iznošenja(L_{nt}), m Carrying distance(L_{nt}) m	50	100	150	200	250	300	350	400
Norma vremena(N_n), min/ m^3 Time norm(N_n), min/ m^3	128,0	140,0	151,8	163,6	175,4	187,3	199,1	210,9
Dnevni učinak(N_{un}), m^3 /radni dan Daily output(N_{un}), m^3 /working day	3,52	3,21	2,96	2,75	2,57	2,40	2,26	2,13

Privlačenje drva traktorom – *Wood hauling with tractor*

A. Privlačenje drva poljoprivrednim traktorom - *Wood hauling with agricultural tractor*

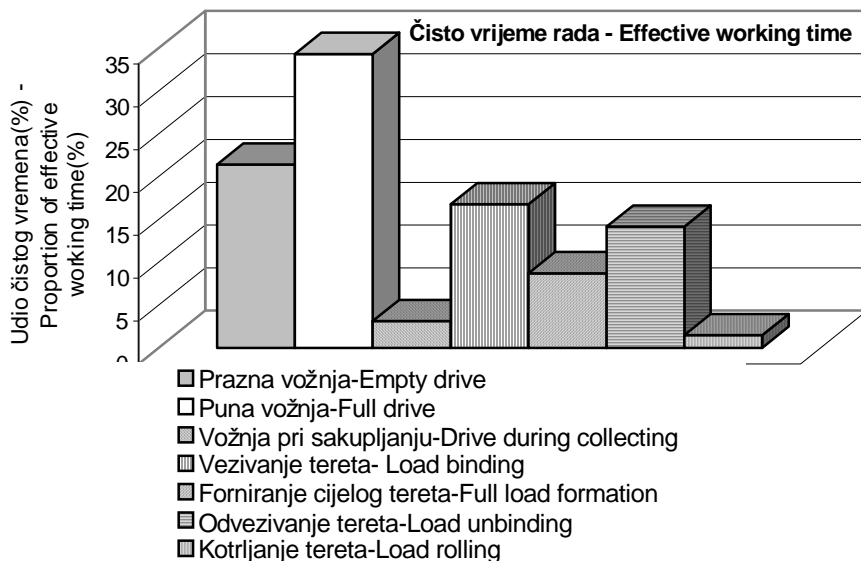
Istraživanja privlačenja drva poljoprivrednim traktorom obavljena su na području mješovitih šuma četinarara i lišćara. Odjel se nalazio na nadmorskoj visini 1300 m i imao je izrazit reljef. Prosječan nagib bio je 31%. Tlo je kiselo-smeđe na laporovitim krečnjacima. Bonitetni razred je 3,0. Doznačena drva masa 251 m³/ha. Sječa skupinastopreborna. Snimanja su obavljena tokom ljetnjih mjeseci.

Prosječna udaljenost privlačenja 633 m, a prosječna udaljenost vožnje na sakupljanju tereta 5 m. Nagib vlake iznosio je 11%, a vlaka se nalazila na terenu prosječnog nagiba 30%. Prosječan broj komada u teretu je 12,53, a prosječna zapremina (veličina) tereta 3,97 m³. Zapremina srednjeg komada u teretu bila je 0,35 m³. Privlačeni su sortimenti.

Privlačenje drva se obavljalo poljoprivrednim (velikoserijskim) traktorom snage motora 51,5 kW. Traktor nije posjedovao vitlo nego jaram. Specifičnost privlačenja poljoprivrednim traktorom je vuča prethodno pripremljenog tereta (konji, samohodno vitlo itd). Na zakivanju su radila dva radnika, koja su čekićem zakivali klinove u čelo oblovine i namicali lance za vuču. Traktor je morao manevrirati kako bi poravnao čela oblovine pri formiranju cijelog tereta. Vuča je vršena potpuno po tlu, a teret je bio vezan za jaram na stražnjem dijelu traktora. Na stovarištu je jedan radnik vršio otkivanje, a dva radnika su uklanjala drvo pri okretanju traktora (kotrljanje oblovine niz padinu stovarišta). U cijelom procesu privlačenja sudjelovalo je 6 radnika. Radnici su imali uobičajenu odjeću i obuću, te sredstva lične zaštite na radu. Pored ručnog alata za zakivanje i otkivanje radnici su posjedovali sjekiru, capin i ostala pomagala.

U strukturi ukupnog vremena čisto (operativno) vrijeme je participiralo sa 70,04%, a opća vremena sa 29,96 %. Dodatno vrijeme je iznosilo 29,01 %.

Na slici 26. prikazana je struktura čistog vremena privlačenja drva poljoprivrednim traktorom. Najveći dio čistog vremena provodi traktor na vlaci (prazna i puna vožnja), gdje dvije radne operacije uzimaju 55,75 % ukupnog čistog vremena. Vrijeme rada na sječini obuhvata vožnju na sakupljanju tereta, vezivanje i formiranje cijelog tereta, a participira sa 28,65% u ukupnom čistom vremenu. Mnogo manje vremena traktor provede na stovarištu, gdje se obavlja odvezivanje tereta i njegovo uklanjanje kotrljanjem (15,69 % čistog vremena).



Slika 26. Struktura čistog vremena privlačenja drva poljoprivrednim traktorom
 Figure 26. Structure effective working time of wood skidding with agricultural tractor

B. Privlačenje drva adaptiranim traktorom - Wood hauling with adapted tractor

Istraživanja privlačenja drva adaptiranim poljoprivrednim traktorom obavljena su u području mješovitih šuma četinara i lišćara. Odjel izrazitog reljefa nalazio se na nadmorskoj visini 1250 m. Teren odjela je nešto strmiji nego kod privlačenja drva poljoprivrednim traktorom i prosječno je iznosio 40 %. Tlo je bilo smeđe duboko. Bonitet je 3,0. Doznačena drvena masa 157 m³/ha. Sječa skupinasto-preborna. Snimanja su obavljena tokom ljeta.

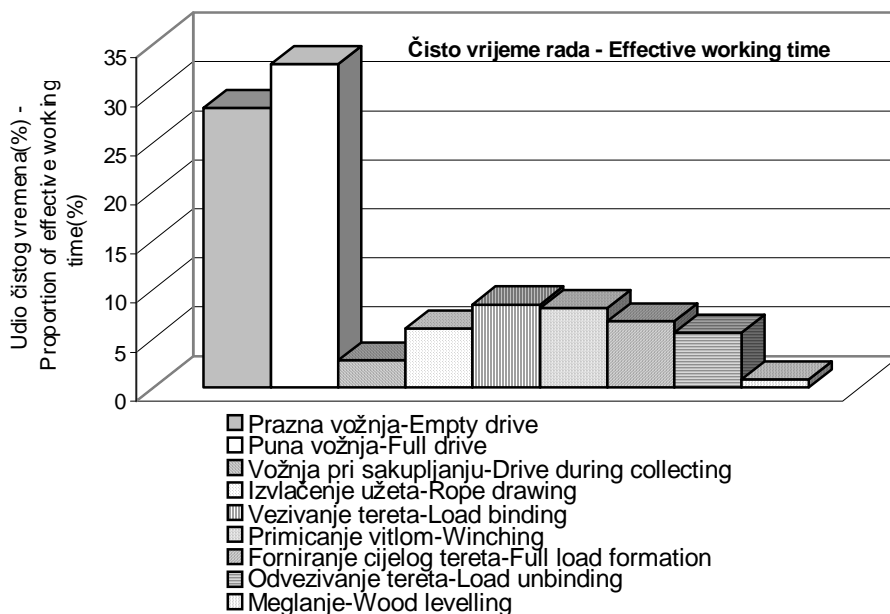
Prosječna distanca privlačenja bila je 698 m, a prosječna distanca vožnje na sakupljanju tereta 33 m. Udaljenost sakupljanja tereta vitlom bila je u prosjeku 11,95 m. Prosječan nagib vlake 12 % na terenu prosječnog nagiba 44%. Prosječan broj komada u teretu bio je 5,59 komada, a prosječna zapremina (veličina) tereta 4,19 m³. Prosječna zapremina srednjeg komada u teretu iznosila je 0,85 m³. Privlačeni su sortimenti.

Privlačenje drva obavljano je adaptiranim poljoprivrednim traktorom snage 42,5 kW. Na traktor je montirano dvobubanjско vitlo (2 x 50 kN) sa užetom dužine 100 m i promjera 11 mm.

Privlačenje sortimenata adaptiranim poljoprivrednim traktorom ima tipičnu organizaciju rada s dva radnika (traktorist i radnik na kopčanju). Traktor u vuči nije napuštao vlak, a vuča se obavljala sa teretom oslonjenim debljim krajem na zaštitnu dasku traktora. Uhrpavanje je vršeno odzivnom daskom smještenom na prednjem kraju traktora. Radnici su imali uobičajenu odjeću i obuću, te sredstva lične zaštite na radu. Od ručnog alata posjedovali su sjekiru, capin i ostala pomagala.

U strukturi ukupnog vremena čisto (operativno) vrijeme je participiralo sa 62,41 %, a opća vremena sa 26,88 %. Procenat dodatnog vremena iznosio je 30,90 %.

Na slici 27. prikazana je struktura čistog (operativnog) vremena sa radnim operacijama privlačenja.



Slika 27. Struktura čistog vremena privlačenja drva adaptiranim traktorom

Figure 27. Structure effective working time of wood skidding with adapted tractor

Na identičan način kao i kod privlačenja poljoprivrednim traktorom u ukupnom čistom vremenu najviše participiraju prazna i puna vožnja (61,50 %). Mada se radi o znatno složenijim radnim operacijama na formiranju terata, pri čemu se traktor kreće tokom sakupljanja i koristi se vitlo, ipak je udio ukupnog čistog vremena rada na sječini samo 32,09 % (nešto više nego kod poljoprivrednog traktora kome je teret pripremljen). Ukupan procenat čistog vremena rada na stovarištu je najmanji i iznosi 6,41 %.

C. Privlačenje drva specijalnim šumskim traktorom – *Wood hauling with skidder*

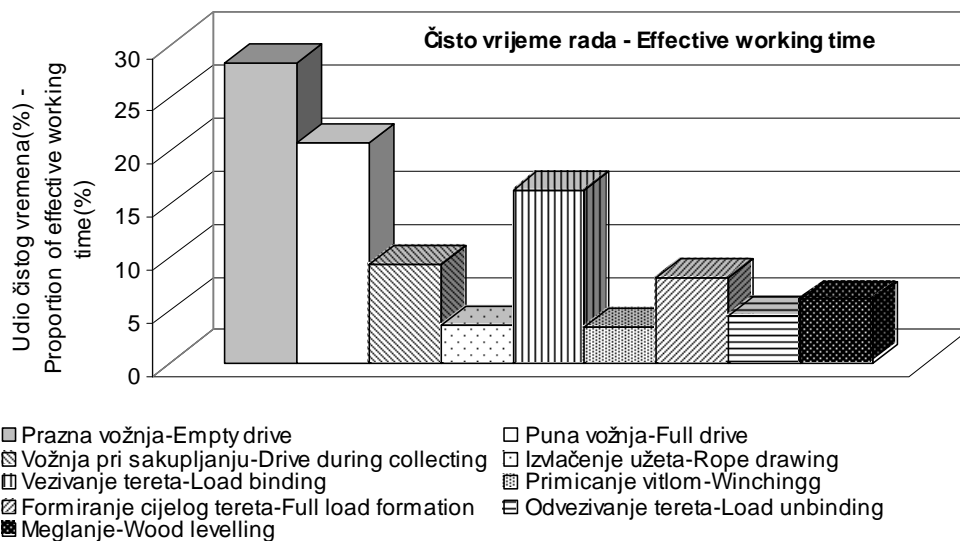
Rad na privlačenju drva specijalnim šumskim traktorom-skiderom praćen je u odjelu koji se nalazio na nadmorskoj visini 320 – 650 m. Prosječan nagib terena je 36 %. Tlo je distrično smeđe, pješčari sa malo gline. Izračunati bonitet je 3,0. Doznačena masa 176,00 m³/ha. Provedena je čista sječa. Vremenske prilike su odgovarale ljetnjim.

Prosječna distanca privlačenja bila je 569 m, a srednja udaljenost vožnje na sakupljanju tereta 150 m. Srednja udaljenost primicanja vitlom 13,48 m. Prosječan nagib vlake 21 % na terenu prosječnog nagiba 36 %. Prosječan broj komada u teretu iznosio je 5,87 komada, a prosječna zapremina (veličina) tereta 10,46 m³. Prosječna zapremina srednjeg komada u teretu bila je 1,98 m³. Privlačeni su sortimenti i duga oblovinina.

Privlačenje sortimenata i duge oblovine vršeno je specijalnim šumskim traktorom-skiderom snage motora 93,0 kW. Na traktoru se nalazilo jednobubanjnsko vitlo vučne sile 135,0 kN. Kapacitet za uže 76 m (promjer užeta 16 mm). Organizacija rada (2 radnika) i način obavljanja poslova na privlačenju potpuno su identični privlačenju drva adaptiranim poljoprivrednim traktorom. Razlika je u tome što je skider ponekad zalazio u sastojinu u cilju formiranja tereta.

Strukturu ukupnog vremena rada sačinjavali su: čisto (operativno) vrijeme sa procentom od 68,46 % i opća vremena sa 31, 54 %. Dodatno vrijeme je participiralo sa 35,80 %.

Struktura čistog (operativnog) vremena sačinjenog od vremena radnih operacija na privlačenju drva specijalnim šumskim traktorom-skiderom prikazana je na slici 28.



Slika 28. Struktura čistog vremena privlačenja drva specijalnim šumskim traktorom
Figure 28. Structure effective working time of wood skidding with skidder

Iz slike 28 može se zaključiti da je procentni udio čistog vremena kretanja po vlaci (prazna i puna vožnja) nešto manji nego kod poljoprivrednog i adaptiranog traktora i iznosi 49,05 % ukupnog čistog vremena, ali je poraslo procentno učešće čistog vremena rada na sječini (40,60 %). Slično ranije istraživanim traktorima u ukupnom čistom (operativnom) vremenu najmanje participira rad na stovarištu (10,35 %). Evidentirane promjene strukture čistog vremena rada na privlačenju drva specijalnim šumskim traktorom mogu se objasniti potrebom za većim utrošcima čistog vremena na sječini u cilju formiranja optimalnog tereta, dok tehničke karakteristike traktora omogućavaju nesmetano kretanje po vlaci traktora sa ili bez tereta.

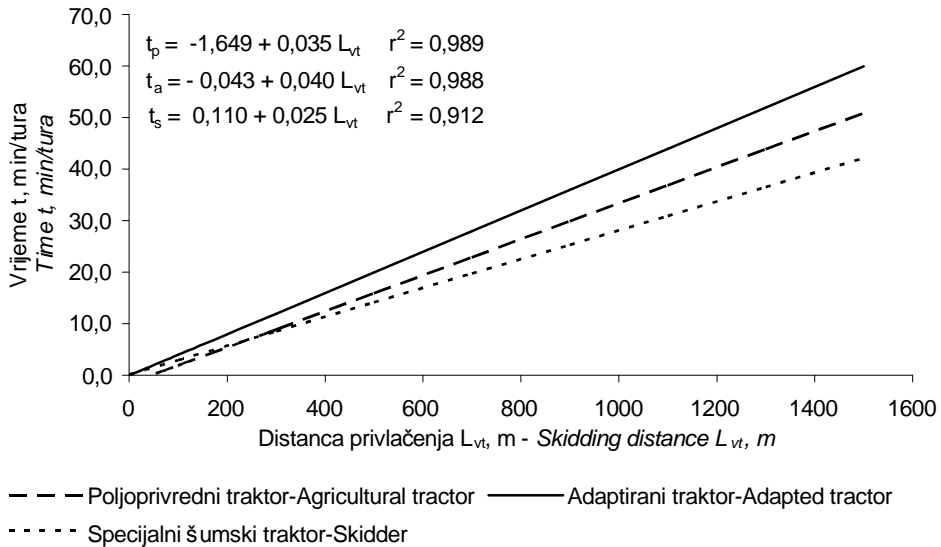
D. Usporedba privlačenja drva traktorima – *Comparison of wood hauling with tractors*

Sve radne operacije privlačenja drva mogu se grubo podijeliti u tri osnovne grupe: kretanje traktora po vlaci (puna i prazna vožnja), rad na sječini (vožnja pri sakupljanju tereta, izvlačenje užeta, vezivanje tereta, primicanje vitlom i formiranje cijelog tereta) i rad na pomoćnom stovarištu (odvezivanje tereta i meglanje). Istraživanja su pokazala da radne operacije pune i prazne vožnje najviše ovise o distanci kretanja traktora, a radne operacije na sječini i stovarištu o zapremini srednjeg komada u teretu.

U cilju usporedbe privlačenja drva za tri vrste traktora (poljoprivredni, adaptirani i specijalni šumski traktor) posebno je prikazana ovisnost čistog vremena vožnje traktora po vlaci (puna i prazna vožnja) o distanci privlačenja (slika 29.). Distanca privlačenja je najčešći utjecajni faktor sa kojim se ulazi u izračunavanja normi vremena i dnevnih učinaka dinamičkih faza iskorištavanja šuma. Ona osigurava osnovu za usporedbu raznih sredstava rada u privlačenju drva.

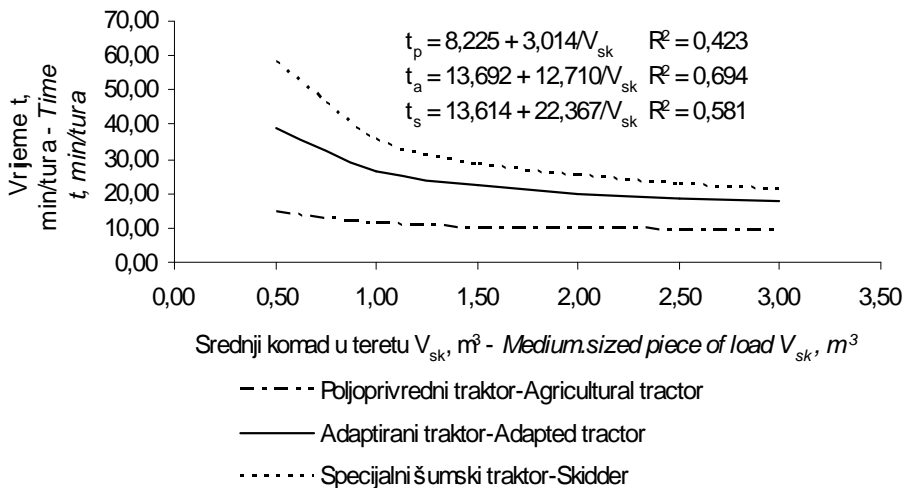
Posebno je istraživana ovisnost utroška čistog vremena rada na sječini i stovarištu o zapremini srednjeg komada u teretu (slika 30.). Zapremina srednje komada je utjecajni faktor koji karakterizira radne operacije u sječini i na stovarištu, a neposredno je vezan za univerzalni zakon mase komada.

Iz gore navedenih razloga se kod prikaza normi i dnevnih učinaka često koriste tabele sa dva ulaza (distanca kretanja i zapremina srednjeg komada), što može imati veliki praktičan značaj za stručna lica, koja moraju doneti odluku o racionalnosti primjene određenih tehnoloških rješenja, odnosno o korištenju određenih sredstava rada u fazi privlačenja drva.



Slika 29. Ovisnost čistog vremena vožnje traktora po vlaci (prazni i puni hod) o distanci (Jovanović, B., 1990)

Figure 29. Dependence effective time of tractors drive on skid-track (Empty and full drive) upon distance (Jovanović, B., 1990)



Slika 30. Ovisnost čistog vremena rada na sječini i stovarištu o zapremini srednjeg komada u teretu (Jovanović, B., 1990)

Figure 30. Dependence effective time of work on cutting area and landing upon medium-sized piece of load (Jovanović, B., 1990)

U tabeli 29. prikazane su norme vremena za sve tri vrste traktora. Kod izrade normi kao presudan uticajni faktor uzeta je distanca privlačenja.

Tabela 29. Norme vremena privlačenja drva traktorima (Jovanović, B., 1990)
Table 29. Time norm of wood hauling with tractors (Jovanović, B., 1990)

Traktori - Tractors	Distanca privlačenja(L_{vt}), m – Skidding distance(L_{vt}) m								
	100	200	300	400	500	600	700	800	900
	Norma vremena(N_p), min/m ³ Time norm(N_p), min/m ³								
Poljoprivredni traktor – <i>Agricultural tractor</i>	6,34	7,38	8,49	9,47	10,7	12,0	12,9	14,1	15,0
Adaptirani traktor – <i>Adapted tractor</i>	10,23	11,2	12,8	13,8	16,4	17,0	18,7	19,6	20,4
Specijalni šumski traktor – Skidder	3,60	4,00	4,37	4,74	5,06	5,45	5,84	6,16	6,43

Tabela 30. sadrži dnevne učinke privlačenja drva poljoprivrednim, adaptiranim poljoprivrednim i specijalnim šumskim traktorom- skiderom.

Tabela 30. Dnevni učinak privlačenja drva traktorima (Jovanović, B., 1990)
Table 30. Daily output of wood hauling with tractors (Jovanović, B., 1990)

Traktori - Tractors	Distanca privlačenja(L_{vt}), m – Skidding distance(L_{vt}) m								
	100	200	300	400	500	600	700	800	900
	Dnevni učinak N_{up} , m ³ /radni dan Daily output(N_{up}), m ³ /working day								
Poljoprivredni traktor – <i>Agricultural tractor</i>	71	61	53	48	42	38	35	32	30
Adaptirani traktor – <i>Adapted tractor</i>	44	40	35	32	28	26	24	23	22
Specijalni šumski traktor – Skidder	125	112	103	95	89	82	77	73	70

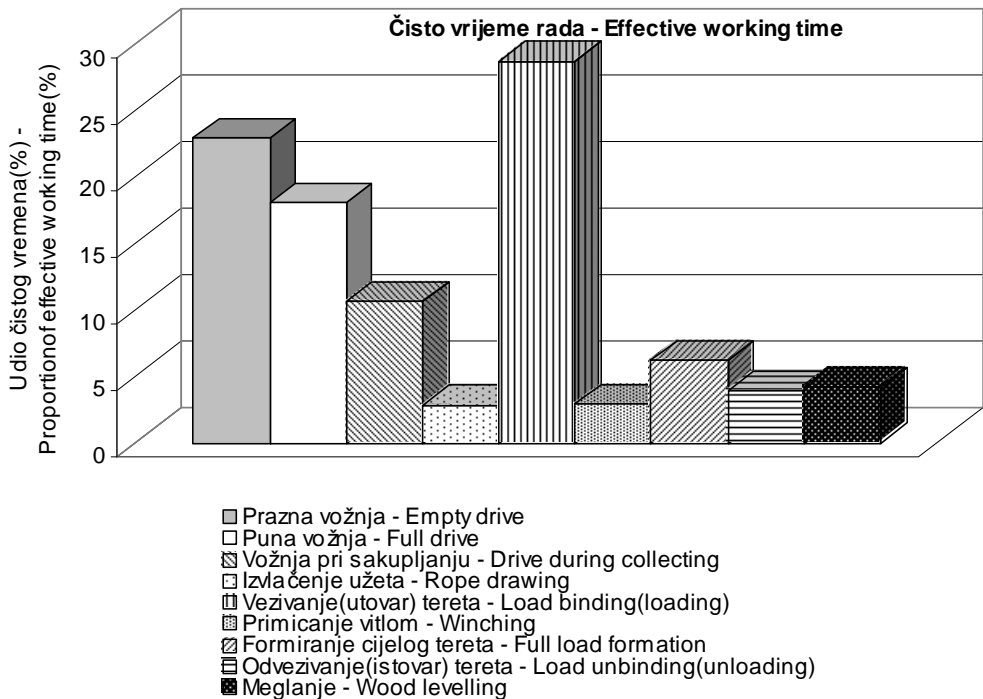
E. Kombinacija privlačenja duge oblovine s iznošenjem prostornog drva u korpi na prednjem dijelu skidera – *Combination of long roundwood skidding and stacked wood forwarding in basket mounted on the front of the skidder*

Istraživanja kombinacije privlačenja duge oblovine s iznošenjem prostornog drva u korpi montiranoj na prednjem kraju specijalnog šumskog traktora obavljena su u istim uvjetima u kojima je vršeno samo privlačenje duge oblovine (slučaj pod C.). Radi se o istom traktoru kod koga je na prednji kraj montirana korpa kapaciteta 2 prm. Traktor je obavljao tipičnu vuču sa organizacijom rada 1 + 1, ali pored kopčanja duge oblovine na uže vitla na stražnjem kraju skidera, na sječini su radnici vršili utovar drva u korpu. Na isti način je vršen istovar na pomoćnom (šumskom) stovarištu.

Prosječna distanca privlačenja duge oblovine sa iznošenjem prostornog drva u korpi iznosila je 545 m. Srednja udaljenost vožnje na sakupljanju tereta 190 m, a srednja distanca primicanja duge oblovine vitlom 13,08 m. Prosječan nagib vlake iznosio je 21 %, a nagib terena 36 %. U teretu je bilo prosječno 5,96 komada duge oblovine. Prosječna zapremina (veličina) tereta bila je 11,60 m³, a zapremina srednjeg komada u teretu (duga oblovinu) 2,14 m³.

U strukturi ukupnog vremena čisto (operativno) vrijeme je participiralo sa 81,02 %, a opća vremena sa 18,98 %. Postotak dodatnog vremena iznosio je 19,90 %.

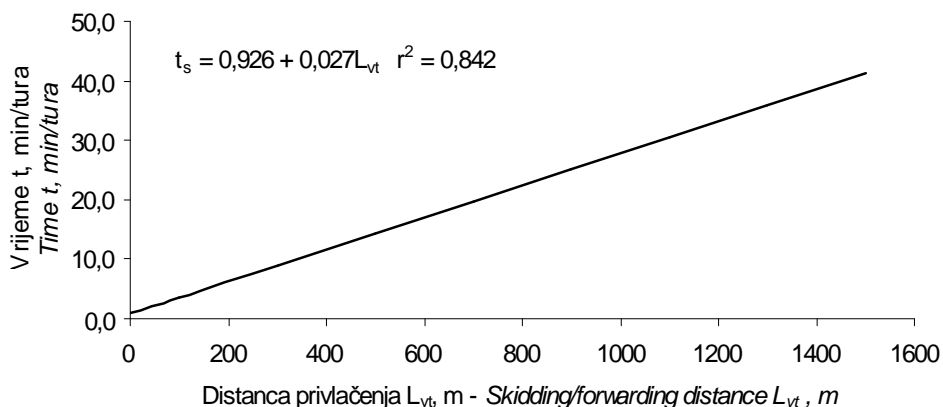
Na slici 31. prikazana je struktura čistog (operativnog) vremena sa radnim operacijama kombiniranog privlačenja duge oblovine i izvoženja prostornog drva.



Slika 31. Struktura čistog vremena kombinacije privlačenja/izvoženja

Figure 31. Structure effective working time combination of wood skidding/forwarding

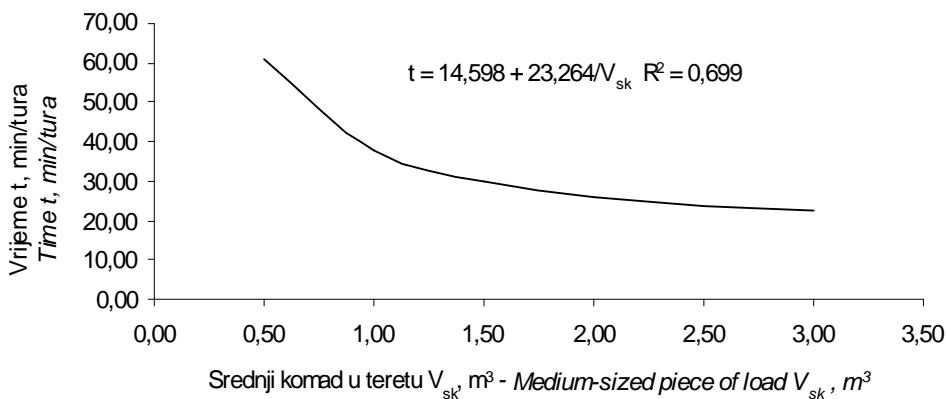
Na slici 32. prikazana je ovisnost čistog (operativnog) vremena vožnje (puni i prazni hod) o distanci privlačenja/izvoženja duge oblovine i prostornog drva smještenog u korpi montiranoj na prednjem kraju specijalnog šumskog traktora.



Slika 32. Ovisnost čistog vremena vožnje traktora po vlaci (prazni i puni hod) o
distanci (Jovanović, B., 1990)

*Figure 32. Dependence effective time of tractors drive on skid-track
(Empty and full drive) upon distance (Jovanović, B., 1990)*

Ovisnost utroška čistog vremena rada na sječini i stovarištu o zapremini srednjeg komada u teretu za kombinaciju privlačenja duge oblovine i iznošenja prostornog drva prikazana je na slici 33.



Slika 33. Ovisnost čistog vremena rada na sječini i stovarištu o zapremini
srednjeg komada u teretu (Jovanović, B., 1990)

*Figure 33. Dependence effective time of work on cutting area and landing
upon medium-sized piece of load (Jovanović, B., 1990)*

U tabeli 31. date su norme vremena i dnevni učinci privlačenja duge oblovine s iznošenjem prostornog drva u korpi montiranoj na prednjem kraju specijalnog šumskog traktora-skidera.

Tabela 31. Norma vremena i dnevni učinak za kombinacija privlačenja duge oblovine s iznošenjem prostornog drva u korpi na prednjem dijelu skidera
(Jovanović, B., 1990)

Table 31. Time norm and daily output of combination of long roundwood skidding and stacked wood forwarding in basket mounted on the front of the skidder (Jovanović, B., 1990)

Distanca privlačenja(L_{vt}), m <i>Skidding distance(L_{vp}), m</i>	100	200	300	400	500	600	700	800	900
Norma vremena(N_c), min/m³ <i>Time norm(N_c), min/m³</i>	3,4	3,7	4,0	4,3	4,5	4,8	5,1	5,4	5,6
Dnevni učinak(N_{uc}), m³/radni dan <i>Daily output(N_{ud}), m³/working day</i>	131	121	112	105	100	94	88	84	80

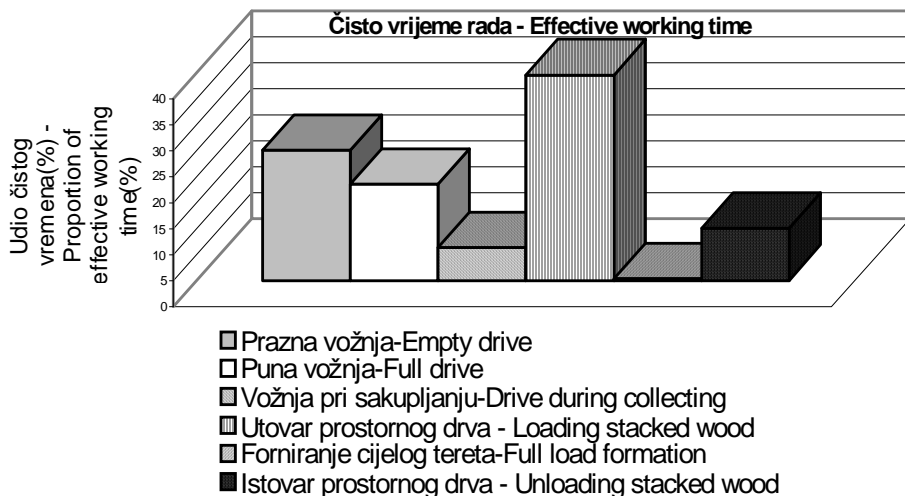
F. Izvoženje prostornog drva u korpama montiranim na prednjem i stražnjem dijelu skidera – *Stacked wood forwarding in baskets mounted on the front and rear of the skidder*

Izvoženje prostornog drva u korpama montiranim na prednjem i stražnjem dijelu specijalnog šumskog traktora skidera obavljano je u istim terenskim i sastojinskim prilikama kao i privlačenje duge oblovine, odnosno kombinirano privlačenje duge oblovine i iznošenje prostornog drva u korpi montiranoj na prednjem kraju skidera. Organizacija rada bila je 1 + 1 (traktorist i radnik na utovaru).

Prosječna distanca izvoženja bila je 595 m, a srednja distanca vožnje na sakupljanju tereta 125 m. Nagib vlake je bio isti kao kod prethodna dva oblika korištenja skidera (21 %), a isti nagib je izmjeren i kod terena (36 %). Prosječna zapremina (veličina) tereta bila je 5,20 m³.

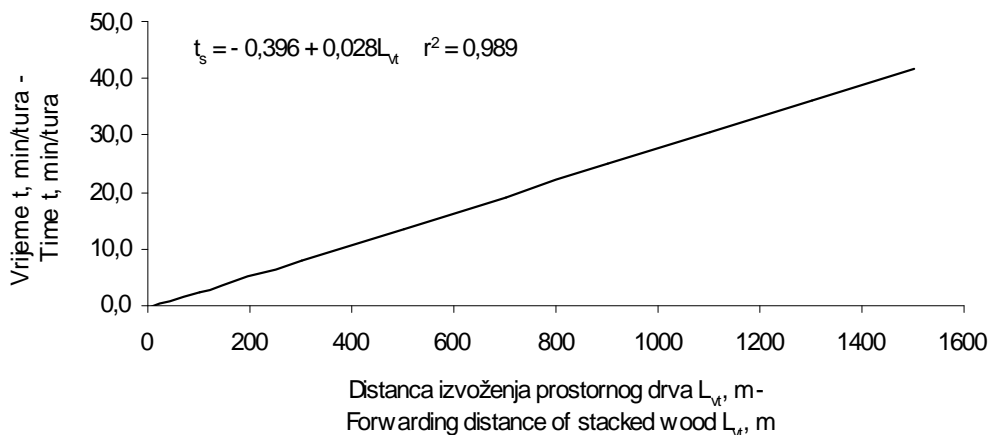
U strukturi ukupnog vremena izvoženja prostornog drva u korpama montiranim na skider čisto (operativno) vrijeme je participiralo sa 91,17 %, a opća vremena sa 8,83 %. Procenat dodatnog vremena bio je 8,43 % čistog vremena.

Na slici 34. prikazana je struktura čistog (operativnog) vremena izražena procentualnim učešćem radnih operacija u čistom vremenu.



Slika 34. Struktura čistog vremena izvoženja prostornog drva
 Figure 34. Structure effective working time of forwarding stacked wood

Na slici 35. prikazana je ovisnost čistog (operativnog) vremena vožnje (puni i prazni hod) o distanci izvoženja duge prostornog drva u korpama montiranim na prednjem i stražnjem kraju specijalnog šumskog traktora.



Slika 35. Ovisnost čistog vremena vožnje traktora po vlaci (prazni i puni hod) o distanci (Jovanović, B., 1990)
 Figure 35. Dependence effective time of tractors drive on skid-track (Empty and full drive) upon distance (Jovanović, B., 1990)

S obzirom da je specijalni traktor iznosio iz šume stalno istu količinu prostornog drva (prednja korpa 2 prm i stražnja 6 prm) nema ovisnosti čiste vožnje o zapremini srednjeg komada u teretu.

U tabeli 32. prikazana je norma vremena i dnevni učinak pri izvoženju prostornog drva u korpama montiranim na prednjem i stražnjem dijelu skidera.

Tabela 32. Norma vremena i dnevni učinak izvoženja prostornog drva u korpama montiranim na prednjem i stražnjem dijelu skidera (Jovanović, B., 1990)

Table 32. Time norm and daily output of stacked wood forwarding in baskets mounted on the front and rear of the skidder (Jovanović, B., 1990)

Distanca privlačenja(L_{vt}), m <i>Skidding distance(L_{vt}), m</i>	100	200	300	400	500	600	700	800	900
Norma vremena(N_v), min/m³ <i>Time norm(N_v), min/m³</i>	8,0	8,6	9,2	9,8	10,6	11,0	11,5	12,0	12,7
Dnevni učinak(N_u), m³/radni dan <i>Daily output(N_u), m³/working day</i>	56	52	49	46	42	41	39	38	36

4. 3. Ekonomski aspekt korištenja šumske biomase kao izvora obnovljive energije – *Economic aspect of utilization forest biomass as source of renewable energy*

4.3.1. Troškovi sječe i izrade – *Costs of felling and preparation*

Za date podatke o normi vremena i dnevnim učincima iz tabele 20. izračunati su direktni troškovi sječe i izrade kod sortimentnog metoda, koji se odnose na radne operacije iz grupe stablovnog vremena. Iz tabele 33. je vidljivo da direktni troškovi rastu padom prsnog promjera kao rezultat zakona mase komada, što je posebno značajno za određivanje ekonomičnosti pridobivanja i izrade biomase iz stabala manjeg promjera i slabijeg kvaliteta.

Tabela 33. Neposredni troškovi rada (stablo) – sortimentni metod
Table 33. Direct costs (tree) – assortment method

Prsni promjer($D_{1,3}$), cm <i>Breast-height diameter($D_{1,3}$), cm</i>	10	20	30	40	50	60
Direktni troškovi po m^3 (€/m³) <i>Direct cost per cubic metre (€/m³)</i>	4,31	3,55	2,71	1,99	1,34	0,75

Na identičan način kao kod određivanja direktnih troškova vezanih za stabilno vrijeme korištena je tabela 21., koja sadrži norme vremena i dnevne učinke izrade prostornog drva (samo sortimentno vrijeme prostornog drva bez stabilnog vremena), za izračunavanje direktnih troškova rada na izradi prostornog drva u šumi (sortimentni metod). Podaci iz tabele 34. pokazuju da troškovi opadaju povećanjem prsnog promjera i povećanjem procentualnog učešća prostornog drva u neto masi stabla. Objašnjenje se može tražiti u zakonu mase komada, odnosno u koncentriranosti izrade prostornog drva na jednom mjestu, što bi sa aspekta same sječe i izrade moglo zadovoljiti primjenu stabilnog metoda kod pridobivanja biomase kao energenta. Naravno, ključan ograničavajući faktor primjene ove metode je način sječe i organizacija privlačenja.

Tabela 34. Neposredni troškovi rada (prostorno drvo) – sortimentni metod

Table 34. Direct costs (stacked wood) – assortment method

	Udio prostornog drva p,% <i>Share stacked wood p,%</i>	Prsni promjer $D_{1,3}$, cm <i>Breast-height diameter $D_{1,3}$, cm</i>					
		10	20	30	40	50	60
Direktni troškovi po kubnom metru ($\text{€}/\text{m}^3$) <i>Direct cost per cubic metre ($\text{€}/\text{m}^3$)</i>	10	14,21	13,18	12,16	11,16	10,13	9,09
	20	13,56	12,53	11,52	10,49	9,46	8,44
	30	12,92	11,89	10,87	9,83	8,80	7,78
	40	12,25	11,24	10,19	9,17	8,15	7,12
	50	11,60	10,59	9,54	8,53	7,49	6,46
	60	10,94	9,92	8,90	7,87	6,84	5,81
	70	10,29	9,27	8,25	7,21	6,18	5,15
	80	9,65	8,62	7,58	6,55	5,53	4,49
	90	8,99	7,95	6,93	5,89	4,86	3,83
	100	8,33	7,29	6,26	5,24	4,21	3,18

Sječa u šumi i izrada na pomoćnom (šumskom) stovarištu predstavlja najčešće rješenje kod deblovne metode. Na isti način kako je to urađeno kod sječe i izrade sortimenata u šumi, izračunate su norme vremena i dnevni učinci kod deblovne metode (tabela 22), pri čemu su se sortimenti (tehnička oblovinna i prostorno drvo) izrađivali na pomoćnom (šumskom) stovarištu. U cilju usporedbe, na osnovu podataka o normama i dnevnim učincima ustanovljeni su neposredni troškovi rada za radne operacije vezane za stablo, te isti prikazani u tabeli 35.

Tabela 35. Neposredni troškovi rada (stablo) – deblovni metod

Table 35. Direct costs (tree) – stemwood method

Prsni promjer($D_{1,3}$), cm <i>Breast-height diameter($D_{1,3}$), cm</i>	10	20	30	40	50	60
Direktni troškovi po m^3 ($\text{€}/\text{m}^3$) <i>Direct cost per cubic metre ($\text{€}/\text{m}^3$)</i>	4.48	3,17	2,14	1,40	0,95	0,78

Kako je vidljivo iz tabele 35. neposredni troškovi rada kod deblovne metode, takođe rastu smanjenjem prsnog promjera stabala, koji su bili predmet sječe i izrade. Za prosječnu normu vremena i dnevne učinke iz tabele 23. izračunati su i prosječni neposredni troškovi rada izrade prostornog drva na pomoćnom (šumskom) stovarištu kod primjene deblovne metode (tabela 36).

Tabela 36. Prosječni neposredni troškovi rada (prostorno drvo) – deblovni metod

Table 36. Average direct costs (stacked wood) – stemwood method

	Prosjek - Average
Direktni troškovi po m³ (€/m³) <i>Direct cost per cubic metre (€/m³)</i>	6,02

4.3.2. Troškovi privlačenje drva – *Costs of wood hauling*

Troškovi spuštanja drva ljudskom snagom – *Costs of manual wood lowering*

U tabeli 26. date su norme vremena i dnevni učinci spuštanja drva ljudskom snagom ("lifranje") kao jednog od mogućih načina pripreme tereta za privlačenje drva. Za date podatke iz navedene tabele 26. ustanovljeni su troškovi spuštanja drva ljudskom snagom i prikazani u tabeli 37.

Tabela 37. Neposredni troškovi rada spuštanja drva ljudskom snagom

Table 37. Direct costs of manual wood lowering

Zapremina komada(V_t), m³ <i>Volume of piece(V_t), m³</i>	0,10	0,30	0,50	0,70	0,90	1,10	1,30
Direktni troškovi po m³ (€/m³) <i>Direct cost per cubic metre (€/m³)</i>	1,67	1,37	1,11	0,88	0,68	0,52	0,40

Troškovi privlačenje drva konjima – *Costs of wood hauling with horses*

U dijelu rada koji se bavi tehnologijom pridobivanja i izrade biomase iskazane su norme vremena i dnevni učinci privlačenja drva konjima za zapreminu tereta od 1 m³ (tabela 27.). Direktni troškovi rada na privlačenju drva konjima prikazani su u tabeli 38. Kako se moglo i očekivati, troškovi rastu povećanjem distance privlačenja.

Tabela 38. Neposredni troškovi rada privlačenja drva konjima za zapreminu tereta od 1m³

Table 38. Direct costs of wood hauling with horses for load volume 1 m³

Distanca privlačenja(L_{vt}), m <i>Skidding distance(L_{vt}), m</i>	50	100	150	200	250	300	350	400
Direktni troškovi po m³ (€/m³) <i>Direct cost per cubic metre (€/m³)</i>	2,13	2,58	3,02	3,47	3,91	4,36	4,80	5,25

**Troškovi iznošenja prostornog drva tovarnim konjima (samaricom) –
Costs of stacked wood carrying with pack-horses**

Na osnovu poznavanja vremena jedne ture izračunate su norme vremena i dnevni učinci iznošenja prostornog drva tovarnim konjem (tabela 28.). Za iste uvjete rada ustanovljeni su neposredni troškovi iznošenja prostornog drva, te prikazani u tabeli 39.

Tabela 39. Neposredni troškovi rada iznošenja drva tovarnim konjem
Table 39. Direct costs of stacked wood carrying with pack-horse

Distanca iznošenja(L_{nt}), m Carrying distance(L_m) m	50	100	150	200	250	300	350	400
Direktni troškovi po m^3 ($€/m^3$) Direct cost per cubic metre ($€/m^3$)	4,43	4,86	5,27	5,68	6,07	6,50	6,91	7,33

Troškovi privlačenje drva traktorom – Costs of wood hauling with tractor

U okviru tehnološkog procesa pridobivanja biomase, između ostalog, predviđeno je korištenje traktora u privlačenju drva i to: poljoprivrednog traktora, adaptiranog traktora za rad u šumi i specijalnog šumskog traktora. Na osnovu istraživanja (Jovanović, B., 1990) ustanovljene su norme vremena i dnevni učinci za navedena sredstva rada (tabela 29. i tabela 30.), a na osnovu njih neposredni troškovi rada na privlačenju. Tabela 40. prikazuje neposredne troškove za privlačenje drva poljoprivrednim traktorom, adaptiranim traktorom za rad u šumi, te specijalnim šumskim traktorom-skiderom u ovisnosti o distanci privlačenja. Iz tabele je vidljivo da se ostvaruje očekivano povećanje troškova sa distancom privlačenja.

Tabela 40. Neposredni troškovi rada privlačenja drva traktorima
Table 40. Direct costs of wood hauling with tractors

Traktori - Tractors	Distanca privlačenja(L_{vt}), m – Skidding distance(L_{vt}) m								
	100	200	300	400	500	600	700	800	900
	Direktni troškovi po m^3 ($€/m^3$) Direct cost per cubic metre ($€/m^3$)								
Poljoprivredni traktor – Agricultural tractor	3,8	4,4	5,1	5,6	6,4	7,1	7,7	8,4	9,0
Adaptirani traktor – Adapted tractor	3,1	3,4	3,9	4,3	4,9	5,3	5,7	6,0	6,2
Specijalni šumski traktor – Skidder	2,4	2,7	2,9	3,2	3,4	3,7	3,9	4,1	4,3

Norme vremena i dnevni učinak za kombinaciju privlačenja duge oblovine s izvoženjem prostornog drva u korpi na prednjem dijelu skidera prikazani su u tabeli 31., a direktni troškovi za navedenu kombinaciju u tabeli 41. Uočljiv je porast troškova sa distancom privlačenja.

Tabela 41. Neposredni troškovi rada za kombinacija privlačenja duge oblovine s izvoženjem prostornog drva u korpi na prednjem dijelu skidera
Table 41. Direct costs of combination of long roundwood skidding and stacked wood forwarding in basket mounted on the front of the skidder

Distanca privlačenja(L_{vt}), m <i>Skidding distance(L_{vt}), m</i>	100	200	300	400	500	600	700	800	900
Direktni troškovi po m^3 <i>(€/m³)</i> Direct cost per cubic metre <i>(€/m³)</i>	2,56	2,77	2,99	3,19	3,35	3,56	3,81	3,99	4,19

Jedno od mogućih tehnoloških rješenja je izvoženje prostornog drva u korpama montiranim na prednjem i stražnjem dijelu skidera. Norma vremena i dnevni učinak izvoženja prostornog drva u korpama montiranim na prednjem i stražnjem dijelu skidera dati su u tabeli 32., dok su u tabeli 42. prikazani neposredni troškovi ovog rješenja privlačenja (izvoženja) prostornog drva iz šuma.

Tabela 42. Neposredni troškovi rada izvoženja prostornog drva u korpama montiranim na prednjem i stražnjem dijelu skidera
Table 42. Direct costs of stacked wood forwarding in baskets mounted on the front and rear of the skidder

Distanca privlačenja(L_{vt}), m <i>Skidding distance(L_{vt}), m</i>	100	200	300	400	500	600	700	800	900
Direktni troškovi po m^3 <i>(€/m³)</i> Direct cost per cubic metre <i>(€/m³)</i>	6,07	6,54	6,94	7,39	8,09	8,29	8,72	8,95	9,44

4.3.3. Analiza ekonomičnosti sječe, izrade i privlačenja – *Economy analysis of tree felling, preparation and wood hauling*

Sortimentni metod - Assortment method

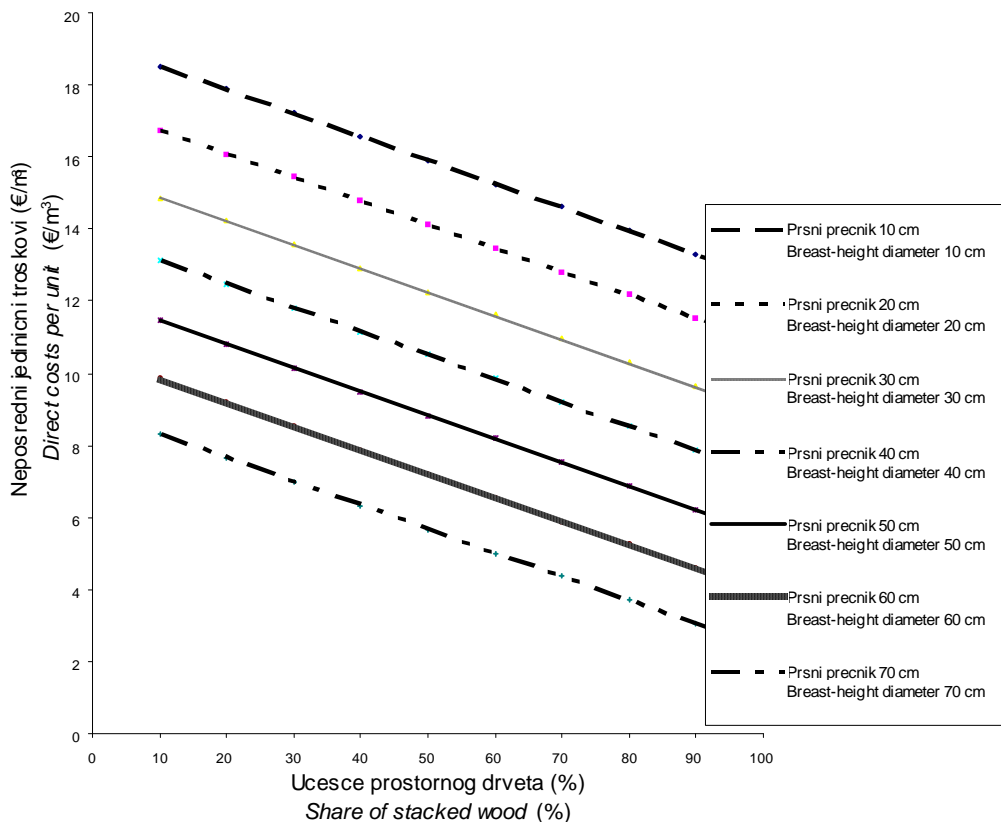
Analiza ekonomičnosti obuhvatila je dva najčešće primjenjivana metoda rada u iskorišćavanju šuma, sortimentni i debloveni metod.

Sortimentni metod podrazumijeva slijedeće faze rada u iskorišćavanju šuma:

1. Sječa i obrada stabala
2. Izrada šumskih drvnih sortimenata u sječini kod panja
3. Iznošenje odnosno izvoženje izrađenih sortimenata na stovarište

A. Neposredni troškovi sječe stabala i izrade prostornog drveta - *Direct costs of tree felling and preparation stacked wood*

Neposredni troškovi ove dvije faze rada u najvećoj su mjeri uvjetovani prsnim prečnikom i procentualnim udjelom prostornog drveta u ukupnoj zapremini stabla. Jedinični troškovi rada kod sječe stabala i izrade prostornog drveta u zavisnosti od procentualnog učešća prostornog drveta i prsnog prečnika prikazani su na slici 36..

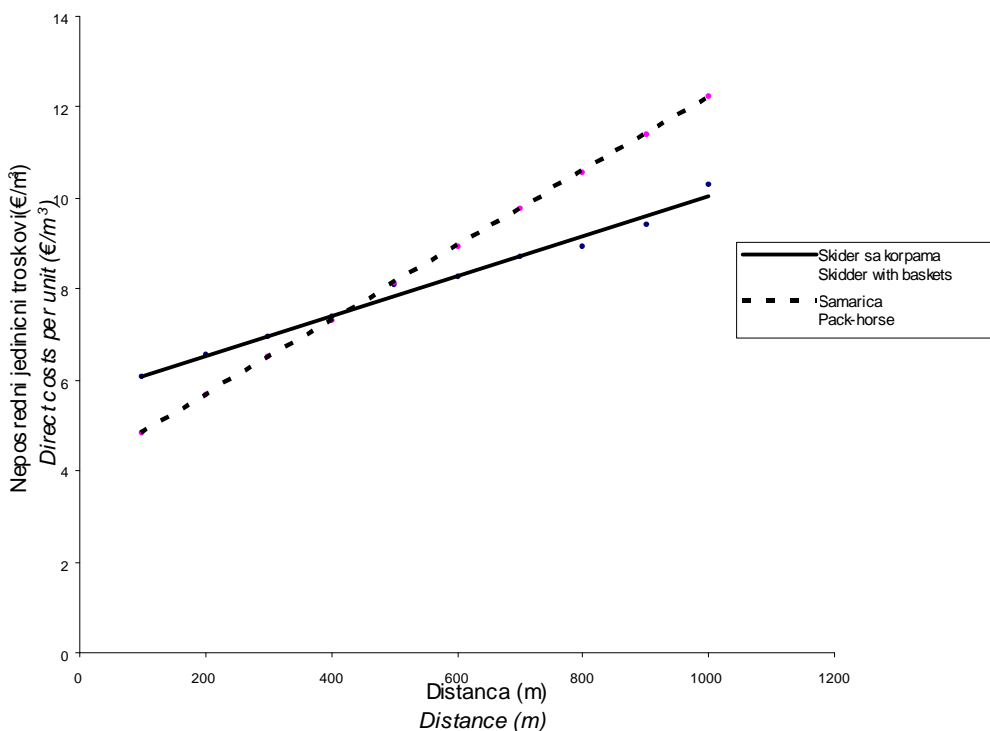


Slika 36. Neposredni jedinični troškovi sječe stabala i izrade prostornog drveta
Figure 36. Direct costs per unit of tree felling and preparation of stacked wood

Slika 36. pokazuje da troškovi rada na sječi stabala i izradi prostornog drveta opadaju povećanjem prečnika stabla i povećanjem procentualnog udjela prostornog drveta, što je vidljivo i iz tabela 33 i 34.

B. Neposredni troškovi iznošenja (izvoženja) prostornog drva - *Direct costs of carrying (forwarding) stacked wood*

Unutar sortimentne metode rada analizirane su dvije moguće opcije: (1) iznošenje prostornog drveta samaricom i (2) izvoženje prostornog drva u korpama montiranim na prednjem i stražnjem dijelu skidera. Slika 37. daje uporedni prikaz jediničnih troškova rada u zavisnosti od distance ove dvije opcije iznošenja (izvoženja) prostornog drveta.



Slika 37. Neposredni jedinični troškovi iznošenja (izvoženja) prostornog drva
Figure 37. Direct costs per unit of carrying (forwarding) stacked wood

Slika 37. potvrđuje zakonitost o ekonomičnijoj primjeni animala u odnosu na mehanizovana sredstva rada na manjim distancama (u ovom slučaju do oko 450 m), dok je na većim distancama primjena animala relativno skupa, uglavnom zbog malih brzina kretanja uporedivo sa traktorima.

C. Ukupni neposredni troškovi sječe, izrade i iznošenja (izvoženja) prostornog drva – *Total direct costs of tree felling, preparation and carrying (forwarding) stacked wood*

Polazeći od prosječnih vrijednosti glavnih utjecajnih faktora:

- procentualne zastupljenosti prostornog drva (oko 35 %)

- prsnog prečnika (oko 50 cm)
- srednje distance iznošenja/izvoženja (oko 600 m)

ukupni troškovi sječe stabala, izrade prostornog drva te njihovog iznošenja/izvoženja na stovarište iznosili bi oko 18 €/m³.

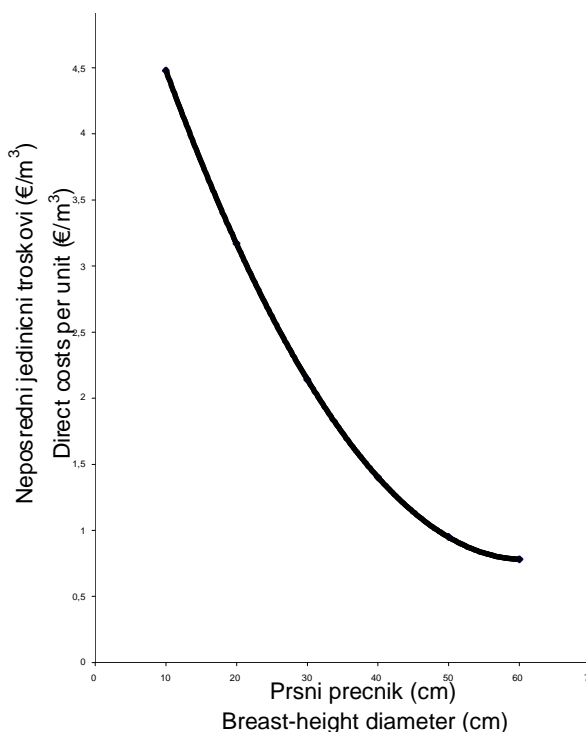
Deblovni metod – *Stemwood method*

Deblovni metod podrazumijeva slijedeće faze rada:

1. Sječa i obrada stabala
2. Privlačenje debala odnosno transportnih dužina do stovarišta
3. Definitivna izrada sortimenata na stovarištu

A. Neposredni troškovi sječe i obrade stabla - *Direct costs of tree felling and stem making*

Kao i kod sortimentnog metoda troškovi rada u najvećoj mjeri su uvjetovani prsnim prečnikom stabla. Utjecaj prsnog prečnika na jedinične troškove rada prikazan je na slici 38.



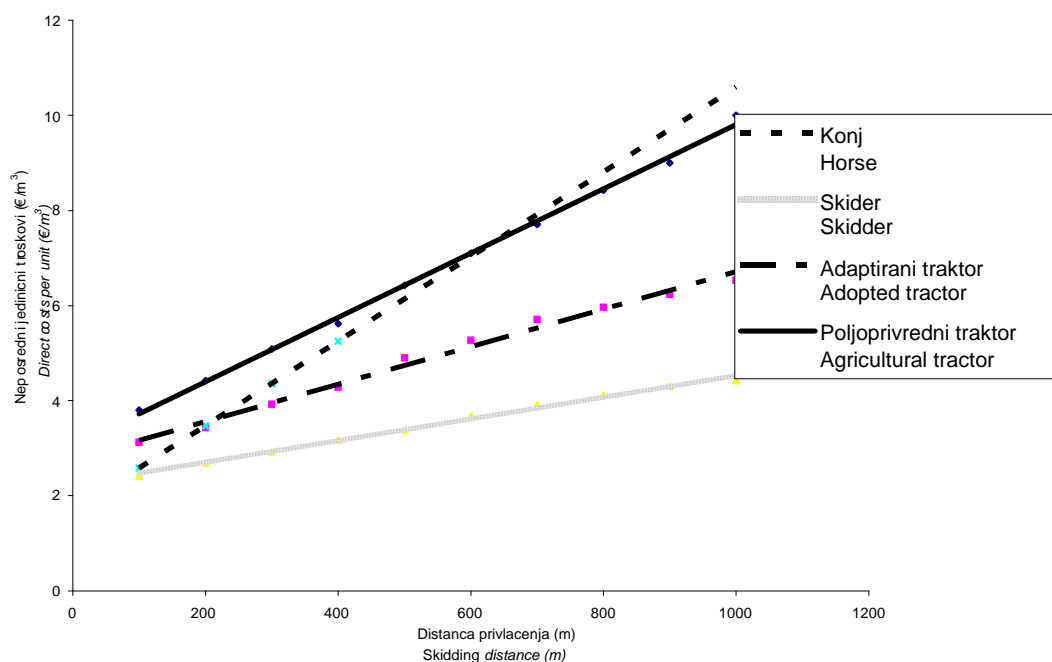
Slika 38. Neposredni jedinični troškovi sječe i obrade stabala
 Figure 38. Direct costs per unit of tree felling and stem making

B. Neposredni troškovi privlačenja drveta - *Direct costs of wood hauling*

Privlačenje debala, odnosno transportnih dužina moguće je obaviti različitim sredstvima rada u zavisnosti od konkretnih uvjeta rada i tehničko-tehnoloških mogućnosti. Ovdje su sa stanovišta učinaka, odnosno troškova rada analizirane 4 varijante privlačenja:

- privlačenje animalom (konjima)
- privlačenje poljoprivrednim traktorom
- privlačenje adaptiranim traktorom
- privlačenje specijalnim šumskim traktorom (skider)

Međusobni odnos jediničnih troškova analiziranih sredstava rada u privlačenju drva u zavisnosti od distance privlačenja prikazan je na slici 39:



Slika 39. Neposredni jedinični troškovi privlačenja drva
Figure 39. Direct costs per unit of wood hauling

Uočljivo je sa slike 39. da se sa stanovišta troškova rada privlačenje specijalnim šumskim traktorom pokazalo kao najekonomičnije. Animal je konkurentan traktorima samo na malim distancama privlačenja, dok je na većim distancama, sa gledišta troškova rada, najnepovoljnije rješenje.

C. Ukupni neposredni troškovi sječe, privlačenja drva i izrade na stovarištu – *Total direct costs of tree felling, wood hauling and stacked wood preparation at forest landing*

Uvažavajući iste prosječne vrijednosti utjecajnih faktora, te uz pretpostavku korištenja najekonomičnijeg rješenja u privlačenju drva, **ukupni neposredni troškovi rada na sječi stabala, privlačenju drva i izradi prostornog drva na stovarištu iznosili bi oko 11 €/m³.**

Deblovni metod rada sa gledišta jediničnih troškova pokazao se kao ekonomičniji. Ukupni jedinični troškovi niži su za oko 7 €/m³ pa će mu se u daljnjem obračunu troškova dati prednost u odnosu na sortimentni metod.

4.3.4. Ukupni troškovi iskorištavanja šuma kod proizvodnje šumske biomase –
Total costs of wood harvesting for forest biomass production

U cilju ustanovljavanja ukupnih troškova proizvodnje šumske biomase od šume do centralnog stovarišta ili kupca potrebno je troškovima sječe, izrade i privlačenja drva dodati troškove transporta do stovarišta ili do kupca.

Kalkulacija neposrednih troškova prevoza drva izrađena je za kamion MAN 27 nosivosti 20 tona na udaljenosti prevoza od 30 kilometara. Iskalkulirana cijena prevoza drva iznosi 0,32 €/t-km, odnosno 6,4 €/t na udaljenosti od 30 km.

Najekonomičnija varijanta tehnološkog rješenja je primjena deblovnog metode sa privlačenjem debala specijalnim šumskim traktorima do šumskog stovarišta, izradom prostornog drva na stovarištu i kamionskim prevozom do centralnog stovarišta ili kupca. Neposredni jedinični troškovi tehnološkog procesa iskorištavanja šuma u proizvodnji šumske biomase (najekonomičnija varijanta) po fazama rada, za prosječne vrijednosti glavnih utjecajnih faktora prikazani su u tabeli 43.

Tabela 43. Neposredni jedinični troškovi iskorištavanja šuma
Table 43. Direct cost per unit of wood harvesting

Faza rada <i>Working phase</i>	Jedinični troškovi (€/m³) <i>Cost per unit(€/m³)</i>
Sječa i obrada stabla – <i>Tree felling and preparation</i>	0,95
Privlačenje drveta - <i>Wood hauling</i>	3,67
Izrada prostornog drveta na stovarištu – <i>Preparation stacked wood at forest landing</i>	6,02
Prevoz drveta kamionom sa utovarom i istovarom – <i>Truck transportation with loading and unloading</i>	6,40
UKUPNO - TOTAL	17,04

4.3.5. Cijene energije – *Energy prices*

Pored troškova koji se javljaju u iskorištavanju šuma, u okviru ukupnih troškova pridobivanja biomase značajan dio zauzimaju i troškovi proizvodnje iverja, briketa, peleta.

Kako u našoj zemlji trenutno ne postoje tehnologije za preradu navedenih produkata biomase, za određivanje troškova pojedinih elemenata u cijeni navedenih energenata (za energente čija se cijena ne može utvrditi kod nas) preuzeti su direktni troškovi strojeva i raznih peći (prema Krajnc, N., 2003 i Risović, S. 2003.).

Prostorno (ogrjevno) drvo - *Stacked wood (fuelwood)*

Tabela 44. Cijena prostornog drva sa kamionskim prevozom (do 30 km)

Table 44. Price stacked wood with truck transportation (to 30 km)

Vrsta troškova <i>Type of costs</i>	Jedinični troškovi (€/m³) <i>Cost per unit (€/m³)</i>
Cijena prostornog drveta (na panju) <i>Price stacked wood (on stump)</i>	7,86
Troškovi faza rada – <i>Costs of working phases</i>	
▪ Sječa i obrada stabla – <i>Tree felling and preparation</i>	0,95
▪ Privlačenje drveta – <i>Wood hauling</i>	3,67
▪ Izrada prostornog drveta na stovarištu – <i>Preparation stacked wood at forest landing</i>	6,02
▪ Prevoz drveta kamionom sa utovarom i istovarom – <i>Truck transportation with loading and unloading</i>	6,40
UKUPNO – TOTAL	24,9

Cijepano (komadno) drvo – *Split wood (firewood)*

Na ukupne troškove prostornog drva potrebno je dodati direktne troškove rada procesora za dobivanje komadnog drva. Direktni troškovi rada procesora za dobivanje komadnog drva prema Krajnc, N., (2003), iznose 1,14 €/m³ (tabela 3.).

Ukupna cijena m³ cijepanog (komadnog) drva iznosi 26,04 €/m³.

Iverje – *Fuel chips*

U okviru troškova za dobivanje iverja kao jednog od produkata biomase, u razmatranje je uzeto korištenje prostornog drva za dobivanje iverja. Direktni troškovi rada stroja za dobivanje iverja preuzeti iz Slovenije (Krajnc, N., 2003) (tabela 3.), koji za srednji

iverač pogonjen traktorom iznose 0,78 €/m³ (odabrani iverač ima najniže troškove). Ukupni troškovi dobivanja iverja iznose 25,68 €/m³. U radu nisu razmatrani troškovi dobivanja iverja od nusproizvoda pilanskih trupaca, kod kojih se opravdano pretpostavlja da bi ova cijena bila višestruko niža.

Ukupni cijena m³ iverja u rasutom stanju iznose 25,68 €/m³.

Peleti – Pellets

U našoj zemlji trenutno ne postoje nova postrojenja za preradu ovih produkata biomase. Jedino postrojenje koje prerađuje produkte šumske biomase nalazi se u Nemiljoj. Riječ je o rabljenom stroju uvezenom iz Njemačke, plaćenom oko 200.000 € (vlasnik koristi nusproizvode iz vlastitog pilanskog postrojenja). Kapacitet navedenog stroja za proizvodnju peleta je oko 1 t/h, i prema informacijama od vlasnika troškovi rada stroja iznose oko 60 €/t, dok je prodajna cijena 1 t peleta franko Italija oko 100 – 120 €/t. Pri tome je potrebno naglasiti da postrojenje za proizvodnju nije kompletno (nedostaje sušara za piljevinu), te se priprema piljevine za izradu peleta ne vrši u namjenskoj sušari. Priprema piljevine za dobivanje peleta vrši se klasičnim zračnim sušenjem u natkrivenom prostoru. Troškovi sušenja i usitnjavanja iverja za dobivanje peleta se ne mogu tačno utvrditi (ne postoji namjenska sušara za sušenje), te uz pretpostavku da se sušenje vrši u klasičnim sušarama, cijena iznosi 25,51 €/t. Troškovi rada stroja za proizvodnju peleta iznose oko 60 €/t (i ovi troškovi su orijentacioni i preuzeti su od proizvođača u Nemiljoj).

Tabela 45. Neposredni jedinični troškovi proizvodnje peleta

Table 45. Direct cost per unit of pellets preparation

Faze rada <i>Working phases</i>	Jedinični troškovi (€/kg) <i>Cost per unit (€/kg)</i>
Izrada sječke <i>Preparation of chips</i>	0,02568
Usitnjavanje i sušenja sječke <i>Comminution and chips drying</i>	0,0255
Proizvodnja peleta <i>Pellets preparation</i>	0,0600
UKUPNO - TOTAL	0,11118

Cijene energije dobivene iz različitih energenata – Energy prices related to different energy sources

U okviru direktnih troškova energije pojedinih energenata izraženih u €/kWh za različite energente izdvojeni su troškovi različitih kotlova koji koriste određene energente. Izdvajanje direktnih troškova kotlova urađeno je iz razloga da se kroz posmatranje ovih troškova može lakše uočiti veliki utjecaj cijene nabavke i cijene održavanja pojedinih kotlova, kod različitih energenata, na samu cijenu energije. Kao što se to može uočiti u tabelarnom prikazu, cijena energije pojedinih energenata, bez učešća troškova nabavke

kotla, nije visoka. Međutim, usljed visokih troškova nabavke i održavanja kotla, ukupni troškovi proizvodnje energije iz pojedinih energenata su visoki. Razvijene zemlje su ovaj problem riješile subvencioniranjem pri nabavci ovih kotlova (npr. Austrija stimuliše stanovništvo subvencijom u iznosu od 50% nabavne cijene kotla).

U cilju usporedbe korištenja raznih energenata u različitim uređajima za njihovo sagorijevanje korišteni su strani podaci za direktne troškove raznih peći za grijanje (Krajnc, N., 2003., vidi tabelu 4.).

Za određivanje cijene energije iz različitih energenata za potrebe zagrijavanja stambenog prostora uzeta je prosječna sezona grijanja u trajanju od 5 mjeseci i prosječna površina stambenog prostora domaćinstva od 100 m². Potrebna količina različitih energenata za zagrijavanje navedenog prostora sa troškovima po kWh, prikazana je u tabeli 46.

Na osnovu izračunatih cijena pojedinih energenata i pretvorbe vrijednosti ogrjevnosti pojedinih energenata, izražene u kWh/jedinici, u tabeli 46. su prikazane cijene energije dobivene iz pojedinih energenata. Ogrjevnosti pojedinih energenata izražena je u ekvivalentu kWh/jedinica i za pojedine energente iznosi: pelete (kg) – 5,00 kWh/jedinica, iverje (m³) - 730 kWh/jedinica, loživo ulje (L) – 10 kWh/jedinica, plin (m³) – 9,50 kWh/jedinica, cijepano (komadno) drvo (prm) - 2310 kWh/jedinica (vidi Risović, S., Dundović, J., Slunjski, M., 2003.)

Tabela 46. Cijene energije dobivene iz različitih energenata
Table. 46. Prices of energy produced from different energy sources

Nositelj energije <i>Energy source</i>	Pelete <i>Pellets</i>	Plin <i>Gas</i>	Loživo ulje <i>Fuel oil</i>	Iver <i>Chips</i>	Cijepano (komadno) drvo – Split wood (firewood)
Jedinica <i>Units of measurement</i>	kg	m ³	L	m ³	pm
Cijena/jedinice, € <i>Price/unit, €</i>	0,11118	0,21	0,791	25,68	26,04
Godišnja potreba, obr. jedinica <i>Annual use, accounting units</i>	4390	2305	2350	30	9
Cijena/godina, € <i>Price/year, €</i>	488,08	484,05	1858,85	770,4	234,36
Cijena, €/kWh <i>Price €/kWh</i>	0,0222	0,0221	0,0791	0,0352	0,01127

Napomena: za prostorno drvo nema podataka o godišnjim potrebama (cijena 1prm = 24,9 €)

4. 4. Ekološki aspekt korištenja šumske biomase kao izvora obnovljive energije – *Ecological aspect of utilization forest biomass as source of renewable energy*

Opće napomene – *General comments*

Šumski, kao i ostali ekosistemi na zemlji predstavljaju »osnovnu organizaciju prirode u kojoj su živa bića i njihov neživ okoliš prostorno i vremenski integrirani protokom energije i kružnim protokom tvari, te koja posjeduje za nju svojstvene informacijske sadržaje, sposobnost samoorganizacije, samoobnove i samoodržanja. To je jedinstvo životne zajednice (biocenoze) i njenog neživoga okoliša (ekotopa) sa osebujnim i kroz to prepoznatljivim strukturnim i funkcionalnim obilježjima» (Glavač, V., 1999). Međutim, danas ne postoji niti jedan ekosistem na kojega čovjek nije direktno ili indirektno utjecao ili ga nije svojim radom više ili manje izmijenio (promjena izgleda, strukture i funkcionalnih osobina). Ovi procesi se događaju i šumskim ekosistemima (promjene utječu na biocenuzu i biotip šumskih ekosistema).

Osnovni princip šumarstva - princip potrajnoga gospodarenja, vezan je sa obnovljivošću šumskih ekosistema. Pravilno gospodarenje šumama predstavlja njihovu najbolju zaštitu. Međutim, uloga čovjeka kod sprovođenja ovoga, u suštini vrlo pozitivnoga principa kako se pokazalo kroz povijest, može biti pozitivna ili negativna, što najviše ovisi od naučnih spoznaja o ljudskom djelovanju na šumske ekosisteme.

Kod gospodarenja šumskim ekosistemima na izmjene primarnih osobina istih posebno jako utječu procesi iskorištavanja i upotreba mehanizacije (Krpan, B.P.A., 2003). Veoma važan utjecaj procesa iskorištavanja i upotrebe mehanizacije unutar šuma je taj da isti utječu na biološko kruženje materije i stabilnost šumskih ekosistema uopće. Potpuno analiziranje utjecaja ovih procesa na šumske ekosisteme tražilo je sistematična multidisciplinarna, dugotrajna i veoma skupa istraživanja, zato će se u nastavku teksta osvrnuti samo na pojedine utjecaje vezane za ekološki kriterij.

Pri biološkom kruženju materije uključuje se sveukupna suma cikličnih procesa razmjene materija i energije između sredine i svih biljnih i životinjskih organizama. Efekat svih ovih procesa se kumulativno odražava na osobine zemljišnoga pokrivača. Biološko kruženje materije u okviru jednoga šumskoga ekosistema odvija se u jednome zatvorenome ciklusu. Ostaci biljaka koji dospijevaju na zemlju, razlaganjem, većim dijelom vraćaju u njega ranije uzete hemijske elemente i/ili jedinjenja. Ovim kruženjem održava se stalna ravnoteža u okiru trofaznoga sistema: zemljište – biljka – vazduh (Antić, M., Jović, N., Avdalović, V. 1982).

Godišnji priliv organskih ostataka koji dospiju na šumsko tlo za umjerene klimatske oblasti iznosi 2-6 t/ha (Čirić, M. 1984). Glavnu masu organskih otpadaka čine lišće i iglice (u bukovim šumama iste čine i do 90% organskih ostataka). Sječom i izvozom ukupne drvene mase (uključujući i lisnu masu) na velikim površinama dolazi do umanjenja plodnosti. Međutim, ukoliko se iz šumskih ekosistema izvozi samo krupno drvo i k tome gospodari prebornom metodom, može se pretpostaviti da je gubitak plodnosti šumskih tala zanemarljiv.

Istraživanjima sprovedenim u šumi lužnjaka i poljskoga jasena u Hrvatskoj utvrđeno je da se redovnim gospodarenjem iskoristi samo 35% godišnje produkcije biomase.

Neophodna količina biomase potrebna za funkcioniranje ovoga šumskoga ekosistema ostaje unutar šume, te se može ocijeniti da se navedenom šumom pravilno i potrajno gospodari (Vukelić, J. i Rauš, Đ. 1998). Treba istaći da postoje i drugačiji pokazatelji kao što su niži indeks humifikacije tla, promjena odnosa C : N i dr. u odnosu na analogan očuvan šumski ekosistem (Martinović, J., 2003). Može se zaključiti da su šira istraživanja koja bi upućivala na odnos načina gospodarenja na iznošenje biomase još uvijek nedovoljna.

U nekim slučajevima iznošenje i sitne granjevine može djelovati pozitivno na stabilnost šumskih ekosistema. Navedimo primjer jelovoga moljca (*Argyresthia fundella* F.R.), koji živi u iglicama jele, a koji u prenamnoženju može izazvati napade na zdrava vitalna stabla, čak i defolijacije jelovih šuma (Harapin, M., Hrašovec, B. 2001). Iznošenjem jelove granjevine iz šume koja je napadnuta uticali bi smo na opadanje populacije i smanjenje intenziteta napada ovoga insekta.

Istraživanja su pokazala da se kroz upotrebu mehanizacije u iskorištavanju šuma i gradnji šumskih cesta oštećuju i zdrava stabla (oko 15 % stabala) (Martinić, I. 1993).

Djelovanje mehanizacije na poslovima privlačenja i izvoza ogleđa se i u sabijanju tla. Sabijanje tla utiče, prije svega, na fizičke osobine zemljišta. Posebno važno za eksploataciju je poznavanje mehaničkih osobina tla: konzistencije, plastičnosti, mehaničkoga otpora, ljepljivosti, slijeganja i bubrenja (Burlica, Č 1987). Na ove utjecaje ne reaguju isto sva tla, kao što se i osobine istih i/ili različitih tala mijenjaju sa promjenom klimatskih uvjeta. Kao ilustracija može poslužiti primjer mjerenja na pseudogleju (na tragu kotača i vučenog debla), gdje se smanjio ukupni porozitet tla (7-13%) i retencijski kapacitet za zrak (48-80%), dok je istovremeno porasla volumna gustoća tla (22-29%). Najveće promjene su nastale u površinskom horizontu tla (debjine 8 cm), a regeneracija osobina tla nije postignuta ni 18 mjeseci nakon narušavanja osobina (Vranković A., Pernar N. 1993). Kod rada na zamrznutim terenima ovaj efekat sabijanja tla se smanjuje (Bojanin, S., Sever, S. 1987). U Bosni i Hercegovini, gdje se šume nalaze dominantno u brdsko-planinskim predjelima, zbijanjem tla u fazi privlačenja drva stvaraju se uslovi za ubrzanu vodnu eroziju. Pravilnim izborom mehanizacije, odnosno načina izvlačenja i vremena izvlačenja kako je vidljivo iz primjera, može se utjecati na značajno smanjenje negativnih utjecaja mehanizacije na tla šumskih ekosistema.

Ukoliko se gospodarenju šumama prilazi precizno razrađenim gospodarskim planovima, narušavanje stabilnosti šumskih ekosistema može biti znatno smanjeno ili čak zanemarivo. Međutim, u nekim slučajevima čak i ako imamo detaljno razrađene planove gospodarenja može doći do narušavanja stabilnosti šumskih ekosistema. Može se reći da su neki šumski ekosistemi usljed odnosa vanjskih i unutarnjih faktora koji ih grade stabilniji, a neki labilniji prema antropogenom utjecaju. Za ocjenu stabilnosti uzeti su sindinamski vegetacijski momenti, odnosno sindinamske vegetacijske jedinice: klimatogene, trajne i prelazne zajednice.

Bosna i Hercegovina – Bosnia and Herzegovina

Kao veće stabilne šumske ekosisteme koji su odraz regionalne klime i životnih prilika određenoga geografskoga područja, generalno možemo navesti klimatogene zajednice, tzv. konačne zajednice ili zajednice klimaksa. Areali ovih zajednica su prikazani na karti u prilogu (prikaz klimatogenih ili trajnih zajednica sa šiframa koje se mogu predstaviti na razmjeri 1 : 500000, dok zajednice za koje nije navedena oznaka zbog svoga malog i iscjepkanog areala nisu predstavljene na karti). Vidljivo je da ove zajednice prekrivaju dominantno planine dinarskoga sistema, ili njihove ostatke nalazimo u sjevernoj i sjeverozapadnoj Bosni.

Kao klimatogene zajednice u Bosni i Hercegovini možemo navesti (Stefanović, V. et al., 1983.; Stefanović, V., 1986) npr.:

- Šuma kitnjaka i običnoga graba ilirskoga područja (*Quercus-Carpinetum illyricum* Horv. et al. 1974) (oznaka 531)
- Brdska šuma bukve ilirskoga područja (*Fagetum montanum illyricum* Fuk. et Stef., 1958) (oznaka 11)
- Šuma bukve i jele dinarskoga područja (*Abieti-Fagetum dinaricum* Treg. 1957 em Puncer 1976) (oznaka 21)
- Acidofila šuma bukve (*Luzulo albidae – Fagetum* M.Wrab., 1956)
- Šuma bukve i jele na zemljištima siromašnim bazama (*Fago-Abietetum* Stef., 1964)

Pojedine klimatogene zajednice nakon viševjekovnih antropogenih uticaja, kao što su, na primjer:

- Mješovita šuma crnike ili česmice (*Orno-Quercetum ilicis* H-ić 1956) (oznaka 60)
- Šuma medunca i bijeloga graba (*Carpinetum orientalis adriaticum* Horv. et al. 1974) (oznaka 65),

nalaze se u regresiji, odnosno, znatno su degradirane, i u takvome stanju da su izuzetno osjetljive na bilo kakve antropogene uticaje. Ove šume u svome arealu kao visoke nalazimo samo u malim fragmentima, poglavito u Hercegovini (vidi kartu u prilogu).

Međutim, čak i pojedine klimatogene zajednice koje nisu antropogeno degradirane, odnosno ne nalazimo ih u regresiji, mogu se ocijeniti kao osjetljive, kao na primjer:

- Šume bukve subalpinskoga pojasa (*Fagetum subalpinum* s.lat.) (oznaka 181)
- Šume krivulja dinarskih planina (*Pinetum mugii dinaricum* Horv. (1938) em Fuk. 1959) (oznaka 39)
- Šume munike (*Pinetum heldreichii* s.lat.) (oznaka +)
-

Ove zajednice čine krajnje gornje pojaseve rasprostranjenja šumske vegetacije. Inače ti pojasevi se nalaze pod specifičnim ostrim alpskim klimatskim uticajima, te su i zajednice iako klimatogene, osjetljive na antropogene utjecaje.

Kao više osjetljive zajednice prema antropogenim utjecajima možemo navesti: trajne stadije vegetacije koje su u biti početne ili prelazne zajednice, a koje se zbog specifičnih ekoloških faktora (geomorfoloških, pedoloških i mikroklimatskih i njihovih kombinacija) nisu mogle razviti u klimatogene zajednice. Za ove zajednice možemo

kazati da su pojedini ekološki faktori ograničili sindinamski razvoj, te su, kao takve, usljed pojedinih ekstremnih faktora biotopa veoma osjetljive na antropogene utjecaje. Kao primjer ovih zajednica navedimo neke (Stefanović, V. 1986):

- Šuma crnoga graba sa šašikom (*Seslerio-Ostryetum* Horv. et H-ić, 1950)
- Šuma makedonskoga hrasta (*Quercetum trojanae* Em 1958) (oznaka ●)
- Šuma crnoga graba sa meduncem (*Quercu-Ostryetum carpinifoliae* Horv., 193.) (oznaka 61)
- Šuma crnog graba i crnoga jasena (*Ostryo-Orentum* Fuk.et Stef., 1958) (oznaka 61)
- Acidofilna šuma kitnjaka ilirskoga područja (*Quercetum montanum illyricum* Stef., 1964) (oznaka 51)
- Šuma kitnjaka i kestena (*Quercu-Castanetum illyricum* Horv. et al., 1974)
- Poplavna šuma hrasta lužnjaka (*Genisto elatae-Quercetum roboris* Horv., 1938) (oznaka 41)
- Šuma crne johe sa uskolisnim šašem (*Carici brizoides-Alnetum glutinosae* Horv., 1938)
- Šuma crne johe sa dugoklasim šašem (*Carici elongatae-Alnetum medioeuropaeum* Bod.,1955)
- Šume bijele vrbe (*Salicetum albae* Issl., 1926)
- Šuma crnog i bijelog bora na serpentinitu (*Pinetum nigrae serpentinicum* Pavl., 1951)
- Šuma crnog bora na serpentinitu (*Erico-Pinetum nigrae serpentinicum* (Z.Pavl. 1951) (Krs. 1957)
- Mrazišna šuma smrče (*Piceetum montanum illyricum* Horv. et al., 1974) (oznaka 254)
- Šuma smrče sa mahovinom tresetarkom (*Sphagno-Picetum montanum* Stef., 1964)
- Šuma jele na krečnjačkim blokovima (*Calamagrostio-Abietetum* Horv., 1950)
- Šuma jele i ljigovine (*Rhamno- Abietetum* Fuk ,1958)
- ...

Čak i unutar ovih zajednica iako su ocijenjene kao više osjetljive mogući su različiti gospodarski zahvati, ali se treba posebno obratiti pažnja na one ekološke faktore (geomorfološki, pedološki i mikroklimatski i njihove kombinacije) koji su ekstremni. Na osnovu ovoga opažanja neophodno je utvrditi postojanje mogućnosti gospodarenja te kako i u koje vrijeme sprovesti iste.

Pojedine zajednice u jednom dijelu države predstavljaju klimatogene zajednice i kao takve su manje osjetljive, dok u drugome dijelu imaju trajni karakter te stoga su više osjetljive na antropogene utjecaje. Kao važan primjer navedimo zajednicu sladuna i cera (*Quercetum frainetto – cerris* Rud., 1940) (oznaka 561) koja je u istočnom dijelu Bosne uz rijeku Drinu klimatogenoga karaktera, dok je u Hercegovini trajnoga karaktera.

Za šumske zajednice koje se nalaze u prelaznim stadijima ili fazama ne može se reći unaprijed da li su više ili manje osjetljive na antropogene utjecaje. Veoma je važno

prepoznati da li se zajednica kreće u pravcu regresije ili progresije, te ocijeniti ostale ekološke faktore i onda procijeniti osjetljivost iste na gospodarske zahvate. Kao primjer za naprijed navedeno kažimo da različito reaguje na antropogene utjecaje prelazna zajednica bijeloga bora i smrče (*Piceo-Pinetum illyricum* Stef., 1960.) u zavisnosti od faze u kojoj se trenutno nalazi:

- inicijalnoj: subas. *juniperitosum*, subas. *tremulo-betuletosum*
- optimalnoj: subas. *pyroletosum*, subas. *herbosum*
- terminalnoj: as: *Abieti-Picetum illyricum* Stef., 1960.

Na kraju zaključimo što je vidljivo iz teksta: osjetljivost zajednica varira i jako ovisi o morfološkim osobinama vrste, ekološkim osobinama staništa, sindinamskim momentima, ranijim antropogenim utjecajima iz čega poizlaze uzgojno-gospodarski postupci. Ako su ove pretpostavke kvalitetno zadovoljene onda je i gospodarenje šumama pored ostaloga i u funkciji pridobivanja biomase potrajno i održivo.

4. 5. Zakonodavstvo i biomasa kao izvor obnovljive energije u Bosni i Hercegovini *Legislation and biomass as source of renewable energy in Bosnia and Herzegovina*

Upotrebi biomase kao obnovljivom izvoru energije danas se u svijetu pridaje veliki značaj s obzirom na njen ekološki aspekt, ali i kao jednom od mogućih rješenja pitanja zadovoljenja sve većih energetske potreba i smanjenja pritiska na ograničene izvore fosilnih energenata. Kada se radi o Bosni i Hercegovini, onda se pitanje korištenja (šumske) biomase kao izvora obnovljive energije može posmatrati na nacionalnom, entitetskom, kantonalnom, regionalnom, općinskom, gradskom i lokalnom nivou, odnosno sa aspekta međunarodne suradnje i djelovanja nevladinih organizacija.

Pravni i institucionalni okvir čine Ustav BiH, Dejtonski sporazum, Bijela knjiga EU (White Paper), Evropska energetska povelja (ECT), Direktive EU 92/96 i niz zakona koji reguliraju pitanja energije i okoliša.

Načini djelovanja su kratkoročni (do 2 godine), srednjoročni (2 – 5 godina) i dugoročni (preko 5 godina).

Međunarodni ugovori, konvencije i protokoli kojima je Bosna i Hercegovina pristupila ili izvršila ratifikaciju su:

- Konvencija o prekograničnom zagađivanju zraka na velikim udaljenostima (Ženeva, 1979., Sl. list R BiH 13/94)
- Protokol uz Konvenciju o prekograničnom zagađivanju zraka na velikim udaljenostima iz 1979. godine, o dugoročnom finansiranju programa saradnje za praćenje i procjene prekograničnog prenosa zagađujućih tvari u zraku na velike daljine u Evropi (EMEP) (Ženeva, 1984., Sl. list R BiH 13/94)
- Bečka konvencija o zaštiti ozonskog omotača (Beč, 1985., Sl. list R BiH 13/94)
- Montrealski protokol o supstancama koje oštećuju ozonski omotač (Montreal, 1987., Sl. list SFRJ, MU 16/90)
- Okvirna konvencija Ujedinjenih naroda o klimatskim promjenama (Rio de Janeiro, 1992., Sl. glasnik BiH 19/00)
- Odluka o davanju saglasnosti za ratifikaciju ugovora o energetske povelji i protokolu energetske povelje, o energetske efikasnosti o odgovarajućim problemima okoliša 8/00-84
- Odluka o ratifikaciji Okvirne konvencije Ujedinjenih naroda o promjeni klime 19/00-418
- Odluka o ratifikaciji Ugovora o energetske povelji (Sl. glasnik BiH 31/00)

Pojedine konvencije su ratificirane zakonima i uredbama:

- Zakon o ratifikaciji Bečke konvencije o zaštiti ozonskog omotača s priložima I i II 2/92-5, 13/94-189 (Sl. list SFRJ 1/90-3)
- Odluka o davanju saglasnosti za ratifikaciju ugovora o energetske povelji i protokolu energetske povelje, o energetske efikasnosti i odgovarajućim problemima okoliša 8/00-84
- Odluka o ratifikaciji Okvirne konvencije Ujedinjenih naroda o promjeni klime 19/00-418

- Odluka o ratifikaciji Konvencije o biološkoj raznolikosti...(Sl. glasnik BiH 13/02)
- Odluka o ratifikaciji Ugovora o energetskej povelji (Sl. glasnik BiH 31/00, posljednje izmjene 06/30/03)

Okolišni zakoni – *Ecological legislation*

Okolišni zakoni, kako u Federaciji BiH tako i u Republici Srpskoj, uglavnom se baziraju na zakonima bivše Jugoslavije. Zaštita okoliša je regulirana Zakonom o upravljanju prostorom, a ovaj zakon je zajednički i u globalu pokriva sve komponente okoliša. Zakon tretira kompletnu problematiku urbanizma, prostornog uređenja, okoliša i građevinarstva. U Federaciji BiH su trenutno u upotrebi okvirni zakoni, Zakon o zaštiti okoliša i Zakon o zaštiti prirode koji se baziraju na zakonima koji su usvojeni u Sloveniji i Hrvatskoj. U Republici Srpskoj okolišni zakoni baziraju se na zakonima iz Srbije

Zakonski propisi objavljeni u službenim glasilima Bosne i Hercegovine odnose se na **zaštitu zraka** (Zaštita zraka; Zakon o prostornom uređenju, Sl. list SR BiH 9/87, 18/76), **zaštitu voda** (Zakon o vodama, Sl. list BiH 18/98); **zaštitu okoliša** (Zakon o prostornom uređenju – odjeljak zaštita okoline, Sl. list SR BiH 9/87, 23/88, 24/89, 10/90, 14/90, 14/91, 7/92); **šume** (Zakon o šumama Sl. list R BiH 23/93, 13/94, 9/95, 37/95); **rudarstvo i energetiku** (Zakon o elektroprivredi Sl. list R BiH 1/93, 13/94); **otpad** (Pravilnik o minimalnim uvjetima za uklanjanje i konačnu dispoziciju komunalnih industrijskih i drugih otpadaka, Sl. list R BiH 34/91-1027).

Zakonski propisi objavljeni u službenim glasilima Federacije BiH su: **Zakon o zaštiti okoliša** (Sl. novine FBiH 33/03); **Pravilnik o pogonima i postrojenjima** za koje je obavezna procjena utjecaja na okoliš, koji mogu biti izgrađeni i pušteni u rad samo ako imaju okolinsku dozvolu (Sl. novine FBiH 33/03); **Zakon o zaštiti prirode** (Sl. novine FBiH 33/03); **Zakon o zaštiti zraka** (Sl. novine FBiH 33/03); **Zakon o zaštiti voda** (Sl. novine 33/03); **Zakon o upravljanju otpadom** (Sl. novine FBiH 33/03); **Zakon o Fondu za zaštitu okoliša Federacije BiH** (Sl. novine FBiH 33/03); **Zakon o prostornom uređenju (Kanton Sarajevo)** (Sl. novine 13/99 sa izmjenama i dopunama 19/99); **Zakon o šumama** (Sl. novine FBiH, 20/02) i **Zakon o poljoprivrednom zemljištu** (Sl. novine FBiH 2/98).

Zakonom o zaštiti okoliša se uređuje očuvanje, zaštita, obnova i poboljšanje kvaliteta i kapaciteta okoliša, kao i kvaliteta života, mjere i uvjeti upravljanja, očuvanja i racionalnog korištenja prirodnih resursa. Obuhvaćene su pravne mjere i institucije očuvanja, zaštite i poboljšanja zaštite okoliša, te finansiranje aktivnosti vezanih za okoliš i dobrovoljne mjere, poslovi i zadaci organa uprave na različitim nivoima vlasti. Sa aspekta korištenja biomase kao energenta posebno je značajna definicija "najbolje raspoložive tehnologije", vezana za najefektivniji i najnapredniji stepen razvoja aktivnosti i načina rada koji ukazuju na praktičnu pogodnost primjene određenih tehnologija u cilju sprečavanja (i tamo gdje to nije moguće) smanjenje emisije u okoliš. Pojam održivosti okoliša podrazumijeva očuvanje prirodnog blaga na način da stepen

potrošnje obnovljivih materijala, vodnih i energetskih resursa ne prevazilazi okvire u kojima prirodni sistemi to mogu nadomjestiti, odnosno da stepen potrošnje neobnovljivih resursa ne prevazilazi okvire prema kojima se održivi obnovljivi resursi zamjenjuju.

Zakonom o zaštiti prirode date su definicije kao što su: prirodni sistem ili ekološki sistem, prirodni resursi, oštećenje prirode, održivi razvoj, održivo korištenje itd. Svako korištenje prirode i njeno opterećenje vrši se na način koji najmanje zagađuje ili oštećuje prirodu. Zagađivači i korisnici su dužni platiti troškove, poreze, takse i dr. za zagađivanje ili korišćenje prirode ili prirodnih resursa (ili drugih komponenti), za izvođenje bilo kojih aktivnosti ako one prouzrokuju ili će, vjerovatno, prouzrokovati štete u prirodi.

Zakonom o zaštiti zraka uređuju se tehnički uvjeti i mjere za sprečavanje ili smanjenje emisija u zrak prouzrokovanih ljudskim aktivnostima. Definirani su pojmovi: emisija, izvor, kvalitet zraka, zagađivanje zraka, postrojenja itd. Odredbama zakona nisu obuhvaćene emisije u zrak iz kućnih aktivnosti ili kućnih izvora sagorijevanja čija je termalna snaga manja od 250 kW (gradske toplane se ne smatraju kućnim izvorima). Data su detaljna pravila odobravanja tipa proizvoda, pravila o emisiji zagađujućih materija, a posebno o spaljivanju biomasa manjih obima. U kućnim izvorima emisije mogu se koristiti samo goriva navedena u standardima utvrđenim od strane nadležnog Instituta.

Zakonom o kvalitetu zraka Kantona Sarajevo definirane su ložišne instalacije kao instalacije koje sagorijevanjem goriva proizvode toplotu (mogu se sastojati od jednog ili više ložišta, a može se sagorijevati jedno ili više goriva – ložišta sa kombinovanim gorivom). Istim zakonom je definirano drvo kao gorivo, pri čemu prirodno drvo predstavlja drvo koje je samo mehanički obrađeno, dok se pod pojmom biomase kao goriva misli na tvar dobijenu iz biljnih materijala ili njihovih dijelova (drvo, kora, slama, stabla žitarica itd.).

Zakonom o upravljanju otpadom definirani su pojmovi: otpad, komunalni otpad, sakupljanje, transport, skladištenje, biorazgradljivi otpad itd. U cilju smanjenja količina i štetnih uticaja otpada potrebno je stimulirati, između ostalog, ponovno korištenje otpada, reciklažu otpada, zamjenu sirovinskog materijala otpadom u cilju korištenja materijala ili energije iz otpada. Posebno se naglašava značaj korištenje otpada kao energetskog izvora, pri čemu kod spaljivanja otpada treba omogućiti u što većoj mjeri iskorištenje toplote koja se proizvodi u procesu spaljivanja. Posebne propise za biorazgradljive poljoprivredne otpade, uvjete i zahtjeve za korištenje kanizacionog mulja, životinjskog otpada donosi federalni ministar u saradnji sa federalnim ministrom poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva.

Zakon o Fondu za zaštitu okoliša Federacije BiH predstavlja instrument podrške ostvarenju zadataka koji proizilaze iz obaveza i odgovornosti prema međunarodnoj zajednici iz oblasti zaštite okoliša. Fond obuhvaća poslove u vezi s pribavljanjem sredstava, poticanjem i finansiranjem pripreme, provedbe i razvoja programa, projekata i sličnih aktivnosti u oblasti očuvanja, održivog korištenja, zaštite i unapređenja stanja okoliša i korištenja obnovljivih izvora energije. Prihodi Fonda osiguravaju se iz: naknada zagađivača okoliša, naknada korisnika okoliša, posebnih naknada za okoliš

koje se plaćaju kod registracije motornih vozila. Prihodi se ostvaruju kroz međunarodnu saradnju, saradnju na zajedničkim programima, projektima i sličnim aktivnostima u području zaštite okoliša, te kroz veliki broj drugih izvora. Prema Zakonu zagađivači okoliša su pravna i fizička lica čije djelovanje direktno ili indirektno uzrokuje onečišćavanje okoliša. Fond donosi rješenja o naknadama u okviru povjerenih javnih ovlasti, a iznos naknade prema količini, jačini utjecaja i/ili vrsti emisije zagađujućih tvari. Iznosi naknada koje plaćaju energetske subjekti se određuju prema vrsti energenata, načinu i uvjetima proizvodnje energije, energetske efikasnosti primijenjenih tehnologija, te vrsti tehnologije i mogućnosti korištenja proizvodnje energije iz obnovljivih izvora.

Zbog male saradnje među entitetima na polju zaštite okoliša, uz posredovanje OHR i pomoć Regionalnog centra za okoliš za Srednju i Istočnu Evropu (REC) formiran je Koordinacioni/Koordinacijski komitet za okoliš BiH sa Odborom odgovornim za "harmonizaciju zakona i regulative iz oblasti okoliša, standarde i akcione programe, međunarodne ugovore.....". Regionalni centar predstavlja nestranačku i neprofitnu, projektno usmjerenu organizaciju u cilju pružanja pomoći u rješavanju problema vezanih za okoliš u Srednjoj i Istočnoj Evropi (CEE). REC BiH nastoji povezati učesnike iz BiH sa učesnicima iz drugih zemalja, a igra aktivnu ulogu u okviru Regionalnog programa rekonstrukcije okoliša u jugoistočnoj Evropi (REReP). Regionalni centar za okoliš BiH podnio je izvještaj o stanju i potrebama okolišne legislative, pri čemu je konstatirano: nedostatak okolišne politike i zakonodavstva, nedostatak učešća javnosti u procesu odlučivanja u oblasti politike i okoliša, nepostojanje zajedničkih institucija koje se bave problemom voda, šuma, okoliša, zdravlja, poljoprivrede, nedostatak ekonomske inicijative (dažbine, takse, princip "zagađivač plaća"), nedovoljna obučenost i nedostatak stručnih znanja, loše upravljanje, nedostatak kadra i finansijskih sredstava, kao i adekvatne obuke, nedovoljna zainteresiranost za probleme okoliša i nedostatak opće upućenosti javnosti.

Posebno je značajan Nacionalni akcioni plan za okoliš (NEAP) vezan za identifikaciju problema u BiH i određivanje liste prioriteta.

Lokalni akcioni plan zaštite okoliša (LEAP), između ostalog, proklamira pravilo da je iskorištavanje obnovljivih izvora dopušteno samo u granicama njihove obnovljivosti, a iskorištavanje neobnovljivih izvora (na primjer fosilnih energenata) ne smije biti brže od pronalaženja alternativnih rješenja za njih.

Generalni stav je da nevladine organizacije (NVO) nisu dovoljno razvijene, imaju slabu upravljačku strukturu, ne posjeduju osnovna sredstva za rad, a većina NVO radi na bazi spontanog okupljanja članova u nekim simboličnim akcijama, bez stalnog angažmana i planova razvoja.

Energetska politika – *Energy policy*

Ciljevi reforme na polju energetike (između ostalih) su uspostava zaštite okoliša prema domaćim i međunarodnim standardima, povećanje korištenja obnovljivih izvora energije, te ispunjenje uvjeta Evropskog sporazuma o energetskej povelji, kao i drugih međunarodnih ugovora i sporazuma.

Bosna i Hercegovina, kao članica UN pristupila je u članstvo i/ili potpisala odgovarajuće ugovore/sporazume sa međunarodnim organizacijama iz oblasti energije i to: UCTE, UN/ECE-Komitet za održivi razvoj energije, IAEA-Međunarodna agencija za energiju u Beču, ECT-Evropska energetska povelja, EC/DG za energiju, WEC-Svjetski komitet (vijeće) za energiju, SECI program, WB-Svjetska banka, EBRD-Evropska banka za obnovu i razvoj, EIB-Evropska investicijska banka, USAID, TDA, GTZ itd. U pripremi je ispunjavanje uvjeta za Bijelu knjigu (White paper), te Direktiva EU. Svim pobrojanim, i mnogim drugim, Bosna i Hercegovina je preuzela određene obaveze koje izravno utječu na djelovanje i razvitak energetskog sistema u BiH. Evropska energetska povelja ECT i EC PEEREA (Ugovor je BiH potpisala 1995. godine u Lisabonu, a isti je ratificiran na Parlamentu BiH u srpnju/julu 2000. godine) predstavlja jedan od dokumenata koji pretpostavlja uvođenje modela dugoročne saradnje u Evropi u okviru tržišne ekonomije i čini temelj zajedničke saradnje zemalja potpisnica vodeći računa o zaštiti okoliša. Naravno, u strategiji razvoja energetskog sektora, vezano za okoliš, potrebno je uzeti u obzir i međunarodne obaveze iz područja zaštite okoliša, među kojima su najizraženije one iz konvencije o dalekosežnom prekograničnom onečišćenju zraka (LRTAP) s pratećim protokolom, okvirna konvencija o promjeni klime (Kyoto protokol) i konvencija o procjeni utjecaja na okoliš u prekograničnom kontekstu (ESPOO konvencija)

Problemi u energetskom sektoru BiH su: nepostojanje energetske strategije, neizgrađen zakonodavni i institucionalni okvir na nivou BiH, tehnološka zaostalost, administrativno određivanje cijene električne energije, neracionalnost u trošenju energije, visoki transportni troškovi, nepostojanje pouzdanih statističkih podataka. Vlada FBiH očekuje od Strategije razvoja energetike Federacije BiH sljedeće: uvid o postojećem stanju u energetskom sektoru, uporedbu ovog sektora sa istim u zemljama EU i Jugoistočne Evrope, afirmaciju korištenja i izvoza domaćih energetskih resursa, određivanje mjesta i uloge energetskog sektora i podsektora u regionalnom i evropskom tržištu, te vođenje energetske politike na stručnim i naučnim osnovama.

Od Strategije razvoja energetike FBiH u narednih 20 godina se očekuje: povećanje energetske efikasnosti, raspoloživost energije i sigurnost opskrbe, osiguranje odgovarajućeg stepena neovisnosti o uveznoj energiji (domaći izvori energije), diverzifikacija energenata i izvora, korištenje čistijih fosilnih goriva i **obnovljivih izvora energije**, otvaranje energetskog tržišta, liberalizacija i ekonomska efikasnost, zaštita okoliša, realne cijene energije i razvoj poduzetništva, jačanje konkurentske pozicije energetike BiH na globalnom tržištu, osiguranje atraktivnosti u energetskom sektoru za nova inozemna i druga ulaganja, podržavanje istraživanja, razvitak i demonstracija novih, čistih i efikasnih tehnologija itd.

U okviru razvoja energetskog sektora u Bosni i Hercegovini i ispunjenja međunarodnih obaveza posebno mjesto ima proizvodnja električne energije iz biomase. Prije svega, možemo govoriti o korištenju biomase u postrojenjima za kogeneraciju. Kada se govori o reformi elektroenergetskog sektora u BiH, pored međunarodnih dokumenata, moguće se pozvati i na Izjavu o elektroenergetskoj politici Vlade Federacije BiH/Republike Srpske, na Amandmane na Izjavu o elektroenergetskoj politici Vlade Federacije

BiH/Republike Srpske, te na Zakon o prenosu, regulatoru i operatoru sistema električne energije u BiH.

Zakon o električnoj energiji Federacije BiH/RS posebno definira energetska efikasnost kao odnos iskorištene energije prema ukupnoj ulaznoj energiji. Na osnovu Zakona o Vladi Federacije BiH (Sl. novine FBiH, 1/94 i 8/95) donesena je odluka o metodologiji utvrđivanja razine cijena električne energije iz obnovljivih izvora (fizička i pravna lica koja u pojedinačnom proizvodnom objektu, ukupne instalirane snage do 5 MW proizvode električnu energiju koristeći obnovljive izvore energije). Pod pojmom "električna energija iz obnovljivih izvora" misli se na električnu energiju proizvedenu iz obnovljivih nefosilnih izvora, koji se obnavljaju u cjelosti ili djelomično, kao što su energija vodotokova, vjetra i sunca, geotermalni, talasni i plimski izvori, te bioplin i biomasa. Pojam "biomasa" podrazumijeva proizvode iz poljoprivrede, šumarstva, ostatke iz poljoprivrede, šumarstva i industrijske proizvodnje hrane, ostatke neobrađenog drveta, ostatke plute itd.

Posebnim propisima Regulatorna komisija utvrđuje prava i obaveze u vezi sa preuzimanjem i udjelom električne energije iz obnovljivih izvora energije, isključujući velike hidroelektrane (iznad 5 MW). Uvodi se pojam "kvalificirani proizvođač" koji označava proizvođača koji u pojedinačnom proizvodnom objektu proizvodi električnu energiju, koristeći otpad ili obnovljive izvore energije na gospodarski primjeren način, uključujući kombinirani ciklus proizvodnje toplotne i električne energije u skladu sa zaštitom okoliša. Uporedo sa pojmom "kvalificirani proizvođač" koristi se pojam "kvalificirani kupac", kao pravno ili fizičko lice koje može slobodno izabrati dobavljača električne energije. Metodologijom utvrđivanja razina otkupnih cijena električne energije iz obnovljivih izvora, proizvedene u elektranama na bioplin sa deponija smeća i iz biomase određen je i koeficijent korekcije cijene od 0,77 (Pravilnik o utvrđivanju cijene otkupa električne energije iz obnovljivih izvora električne energije broj: UO-4-13300-3/01; Sl. novine FBiH 293/02).

5. DISKUSIJA I ZAKLJUČCI – *DISCUSSION AND CONCLUSIONS*

Podaci o potrošnji energije u BiH ukazuju na veliku ovisnost o uvozu, posebno o uvozu fosilnih goriva, što je problematično ne samo sa aspekta raspoloživosti i sigurnosti opskrbe, nego i sa stanovišta ekologije i ispunjavanja niza obaveza iz međunarodnih konvencija i protokola, koji su ratificirani i definirani zakonima i uredbama. Poseban naglasak je na korištenju obnovljivih izvora energije, posebno energije iz biomase.

Kada se radi o potencijalima biomase onda se na prvom mjestu misli na šumsku biomasu, biomasu drveno-prerađivačke industrije, poljoprivredu, biomasu parkovnih i ostalih površine, te drveni otpad.

Ukupna površina šuma i šumskih zemljišta iznosi 53% površine BiH, a glavni izvori šumske biomase su redovne sječe, ostaci sječa, prorede, slobodni užici i sanitarne sječe. Mogući godišnji obim sječa u šumarstvu BiH iznosi oko 6,8 miliona m³, a u periodu 2002-2003. godina izrađeno je u prosjeku oko 4,5 miliona m³ drvnih sortimenata.

Iskustva drugih zemalja pokazuju da je za predviđanje godišnjeg udjela energetskog drva dovoljno koristiti podatke o planiranim i realiziranim sječama iz šumsko-privrednih osnova, odnosno podatke o drugim zahvatima (uzgojni i zaštitni zahvati, zahvati na održavanju i gradnji novih puteva) koji se mogu dobiti od poduzeća koja gospodare šumama.

Prikupljeni podaci za BiH i oba entiteta (Federaciju BiH i Republiku Srpsku) pokazuju da najveći potencijali šumske biomase leže u etatu lišćarskih šuma (posebno šuma bukve). Postoji jasna razlika u strukturi šumskih drvnih sortimenata lišćara i četinarara, pri čemu kod četinarara prostorno drvo participira sa samo oko 10% (ostalo su tehnički sortimenti), dok je kod lišćara učešće prostornog drva preko 50%. Uočljiv je veliki procenat učešća ogrjevnog drva koje u strukturi drvnih sortimenata participira sa 58,5 % (u Federaciji BiH sa 58,1%, Republici Srpskoj 59,0%).

Navedena struktura drvnih sortimenata je rezultat nemogućnosti plasmana celuloznog drva, koje se iz tih razloga prodaje i isporučuje kao ogrjevno drvo. Iz tih razloga je izvršena analiza, uz pretpostavku racionalnog iskorištenja sirovine, te urađena rekapitulacija strukture drvnih sortimenata za 2003. godinu. Kod četinarskog drva je došlo do preraspodjele unutar kategorije tehničkog drva, smanjen je udio ogrjevnog drva, te ustanovljena kategorija otpada (16,3% u bruto masi krupnog drva). Kod lišćara do evidentnih promjena je došlo kroz odvajanje celuloznog i ogrjevnog drva, a znatan dio mase je pripao kategoriji otpada (11,7% bruto mase krupnog drva).

Može se zaključiti da pri trenutnom stanju kemijske prerade drva u BiH potencijali šumske biomase u obliku prostornog drva mogu zadovoljiti potrebe proizvodnje energije (goriva na bazi drva). Gradnjom kapaciteta kemijske prerade drva ovi potencijali bi postali interesantna sirovina za tu industriju.

Na osnovu izvršene rekapitulacije ukupni energetski potencijali koji dolaze od prostornog drva iznose 15,028 PJ/godišnje, od otpatka i gubitaka kod sječe 8,024 PJ/godišnje, sitne granjevine 10,534 PJ/godišnje, pilanskog otpada 7,442 PJ/godišnje, te ostataka kod izrade furnira i ploča 0,350 PJ/godišnje. Ukupni raspoloživi potencijali za Bosnu i Hercegovinu iznose 41,378 PJ/godišnje.

Ukupni energetske potencijali biomase izraženi u energetskom ekvivalentu uglja (mt_{ce}) iznose 1.111.201 t/godišnje, odnosno izraženo u energetskom ekvivalentu nafte (mt_{oe}) 777.903 t/godišnje.

Preborni i skupinasto-preborni princip gazdovanja šumama u BiH ne predviđa čiste sječe, a tehnološka rješenja korištenja cijelih stabala nisu našla svoje mjesto u šumarskoj praksi. Sa ekonomskog i ekološkog aspekta pokazala se opravdanim praksa da sav materijal tanji od 5 cm (sitna granjevina i lišće/iglice) ostaju u šumi, a slična je situacija sa korištenjem korijenovog sistema i panjevine (posebno sa aspekta mogućih erozija).

U šumarstvu BiH se pridobivanje i izrada sortimenata (time i energetskog drva) obavlja dijelom u šumi, a dijelom izvan šume, a od metoda rada srećemo sortimenti, poludeblovni i deblovni metod, odnosno metod duge oblovine. Ne vrši se iveranje u šumi i pomoćnom (šumskom) stovarištu.

Sječa se obavlja motornom lančanom pilom, a cijepanje ručnim alatom. (nije registrirano korištenje strojeva za cijepanje i procesora za izradu komadnog drva). Privlačenjem se izvozi/iznosi sirovo i zračno suho drvo, a kod izrade prostornog drva na sječini izvoženje/iznošenje se obavlja ljudskom snagom, animalom i traktorom (vuča sortimenata, duge oblovine, a ranije i izvoženje prostornog drva u korpi na prednjem/stražnjem dijelu traktora). Prevoz se obavlja cestovnim vozilima uz utovar, pretovar i istovar hidrauličnom dizalicom. Rijedak je prevoz željeznicom.

Istraživanja sječe i izrade, kada se radi o prostornom drvu, pokazuju da utrošak vremena u najvećoj mjeri ovisi o prsnom promjeru stabla (zakon mase komada) i postotku prostornog drva u neto masi stabla (koncentracija izrade). Usporedba izrade prostornog drva kod sortimente metode (izrada na sječini) i deblovne metode (izrada na šumskom stovarištu) pokazuje prednost deblovne metode, gdje je ustanovljen prosječan utrošak vremena od 52,19 min/m³ (kod sortimentne metode 61,12 min/m³). Dnevni učinak spuštanja drva ljudskom snagom raste sa zapreminom komada, dok je kod privlačenja oblovine konjima najutjecajniji faktor distanca.

Kod iznošenja prostornog drva konjima (samarica) najveći dio čistog vremena odlazi na tovarenje (58,33%), a dnevni učinak opada sa distancom iznošenja.

U slučaju privlačenja drva traktorima (poljoprivredni, adaptirani poljoprivredni i specijalni šumski traktor-skider) najveći učinak ima specijalni šumski traktor, pri čemu vrijeme radnih operacija na vlaci najviše ovisi o distanci kretanja traktora, dok vrijeme radnih operacija na sječini i stovarištu najviše ovisi o zapremini srednjeg komada u teretu.

Usporedba privlačenja drva kao kombinacija vuče duge oblovine sa izvoženjem prostornog drva u korpi na prednjem kraju traktora sa izvoženjem prostornog drva u korpama na prednjem i stražnjem kraju traktora pokazala je prednost prvog rješenja. Kod drugog rješenja najveći dio čistog vremena rada odlazi na punjenje korpi, što nije opravdano sa ekonomskog aspekta (manji učinci, skup traktor vozi relativno mali teret). Ovaj zaključak je značajan sa aspekta pridobivanja prostornog drva.

Kalkulacija troškova sječe i izrade pokazuje da neposredni troškovi prostornog drva (€/m³) kod sortimente metode opadaju povećanjem prsnog promjera i povećanjem procentualnog učešća prostornog drva u neto masi stabla.

Troškovi rada spuštanja drva ljudskom snagom (lifranje) opadaju sa zapreminom komada.

Troškovi privlačenja drva konjima, kao i troškovi iznošenja tovarnim konjima rastu sa distancom kretanja animala.

Usporedba troškova privlačenje sa tri vrste traktora (poljoprivredni, adaptirani poljoprivredni i specijalni šumski traktor-skider) pokazuje porast troškova sa distancom privlačenja, a troškovi (€/m³) su najveći kod privlačenja poljoprivrednim traktorom.

Analiza privlačenja prostornog drva u slučaju dva rješenja (kombinacija duga oblovina/prostorno i izvoženje u korpama na prednjem i stražnjem dijelu traktora) pokazuje potpunu ekonomsku neopravdanost isključivog izvoženja prostornog drva u dvije korpe (rješenje nije ekonomično i u odnosu na privlačenje poljoprivrednim traktorom).

Direktni jedinični troškovi izvoženja/iznošenja prostornog drva su manji kod samarice do distance 450 m, a na većim distancama ekonomičniji je traktor (veća brzina).

Ukupni neposredni troškovi sječe stabala, izrade prostornog drva na sječini i njegovog iznošenja, što je slučaj kod sortimenti metode, iznose 18 €/m³, dok su ti isti troškovi kod deblovne metode (izrada prostornog drva na šumskom stovarištu nakon privlačenja duge oblovinne specijalnim šumskim traktorom-skiderom) iznosili 11 €/m³ (deblovni metod donosi uštedu od 7 €/m³).

Troškovi prevoza kamionom nosivosti 20 t na udaljenost 30 km iznose 6,4 €/t.

Na osnovu ukupne analize najekonomičnija varijanta tehnološkog procesa iskorištavanja šumske biomase podrazumijeva primjenu deblovnog metoda (prostorno drvo se odvaja na šumskom stovarištu), uz korištenje specijalnog šumskog traktora, a nakon izrade na stovarištu prostorno drvo se prevozi do centralnog stovarišta ili kupca. Ova varijanta košta 17,04 €/m³.

Drvo kao energent može doći na tržište kao oblovina (rijeđe) ili kao izrađeno ogrjevno drvo. Ukoliko na cijenu tehnološkog procesa pridobivanja i izrade dodamo cijenu prostornog drva na panju (7,86 €/m³), onda dolazimo do ukupne cijene od 24,90 €/m³.

Ukoliko bi se odlučili za izradu sekundarnih energenata, kao što je komadno drvo (izrada procesorom), onda uz cijenu rada procesora od 1,14 €/m³ (direktni troškovi rada procesora za dobivanje komadnog drva, prema Kranjc, N., 2003) dolazimo do cijene cijepanog (komadnog) drva od 26,04 €/m³.

Drugi mogući sekundarni energent je sječka (iver) koji se dobije radom iverača sa ukupnom cijenom od 25,68 €/m³ (najniže direktne troškove ima srednji iverač pogonjen traktorom sa iznosom od 0,78 €/m³ rada stroja, preuzeto od Kranjc, N., 2003).

Treći sekundarni energent su pelete sa cijenom od 0,11118 €/t, koja obuhvata izradu sječke iveračem, usitnjavanje i sušenje (klasična sušara sa cijenom sušenja od 25,51 €/t) i postrojenje za izradu peleta. U jedinom takvom postrojenju u BiH, gdje se radi sa rabljenim strojem uvezenim iz Njemačke i sa ostacima drvne industrije, cijena je oko 60 €/t).

Na osnovu podataka o direktnim troškovima raznih peći za grijanje, za prosječnu sezonu i površinu grijanja (Kranjc, N., 2003.), te na osnovu ogrjevnosti vrijednosti pojedinih energenata (Risović, S., Dundović, J., Slunjski, M., 2003.), izračunata je jedinična cijena energije za naše uvjete i to: cijepano (komadno) drvo 0,01127 €/kWh, sječka 0,0352

€/kWh i peleti 0,0222 €/kWh (cijena niska zbog velike "energetske gustoće"), a kao usporedba plin (0,0221 €/kWh) i lož-ulje (0,0791 €/kWh).

Prelazak na nova goriva na bazi biomase, kao što su sječka i peleti, zahtijeva velika početna ulaganja u peć i spremnik (u razvijenim zemljama odobravaju se subvencije za nabavku suvremenih peći), dok suvremene peći na komadno drvo ne zahtijevaju tako veliku početnu investiciju (moguća je i adaptacija klasične peći na ogrjevno drvo).

Vjerovatno najbolje rješenje je korištenje energenata na bazi biomase kod kogeneracijskih postrojenja, kao i kod distriktnog i centralnog grijanja.

Sa ekološkog aspekta može se reći da ukoliko se šumskim ekosistemima gospodari prebornim metodom i izvozi samo krupno drvo, onda je opasnost od gubitka plodnosti tla usljed iznošenje biomase zanemarljiva. Može se reći da osjetljivost šumskih zajednica na antropogene utjecaje varira i jako ovisi o morfološkim osobinama vrsta, ekološkim osobinama staništa, o sindinamskom momentu, te o ranijim antropogenim utjecajima.

Kao više osjetljive zajednice prema antropogenom utjecaju možemo navesti trajne stadije vegetacije, koji su u biti početne ili prelazne zajednice, a koje se zbog specifičnih ekoloških faktora nisu mogle razviti u klimatogene zajednice, kao što su zajednice: *Seslerio-Ostryetum*, *Quercetum trojanae*, *Quercu-Ostryetum carpinifoliae*, *Ostryo-Orentum*, *Quercetum montanum illyricum*, *Quercu-Castanetum illyricum*, *Genisto elatae-Quercetum roboris*, *Carici brizoides-Alnetum glutinosae*, *Carici elongatae-Alnetum medioeuropaeum*, *Salicetum albae*, *Erico-Pinetum nigrae serpentinum*, *Piceetum montanum illyricum*, *Sphagno-Picetum montanum*, *Calamagrostio-Abietetum*, *Rhamno-Abietetum itd.* Za šumske zajednice koje se nalaze u prelaznim stadijima ili fazama ne može se reći unaprijed da li su više ili manje osjetljive na antropogene utjecaje (primjer *Piceo-Pinetum illyricum*, čija osjetljivost ovisi o fazi u kojoj se trenutno nalazi)

Pojedine klimatogene zajednice koje nisu antropogeno degradirane, odnosno ne nalazimo ih u regresiji mogu se ocijeniti kao osjetljive (na primjer: *Fagetum subalpinum*, *Pinetum mugii dinaricum*, *Pinetum heldreichi*), jer čine krajnje gornje pojaseve rasprostranjenja šumske vegetacije. Konačno tu su i zajednice izložene viševjekovnom antropogenom utjecaju (na primjer *Orno-Quercetum ilicis*, *Caripnetum orientalis adriaticum*).

Korištenja (šumske) biomase kao izvora obnovljive energije možemo posmatrati na nacionalnom, entitetskom, kantonalmom, regionalnom, općinskom, gradskom i lokalnom nivou, odnosno sa aspekta međunarodne suradnje i djelovanja nevladinih organizacija.

Pravni i institucionalni okvir čine Ustav BiH, Dejtonski sporazum, Bijela knjiga EU (White Paper), Evropska energetska povelja (ECT), Direktive EU 92/96 i niz zakona koji reguliraju pitanja energije i okoliša.

Okolišni zakoni, kako u Federaciji BiH tako i u Republici Srpskoj, uglavnom se baziraju na zakonima eks-Jugoslavije. Zakonski propisi se odnose na zaštitu zraka, zaštitu voda, zaštitu okoliša, zaštitu prirode, rudarstvo i energetiku i otpad

Izrađena je strategija razvoja energetike u FBiH za narednih 20 godina, gdje se očekuje: povećanje energetske efikasnosti, raspoloživost energije i sigurnost opskrbe, osiguranje odgovarajućeg stepena neovisnosti o uveznoj energiji (domaći izvori energije), diverzifikacija energenata i izvora, korištenje čistijih fosilnih goriva i **obnovljivih izvora energije**, otvaranje energetskog tržišta, liberalizacija i ekonomska efikasnost, zaštita okoliša, realne cijene energije i razvoj poduzetništva, jačanje konkurentske pozicije energetike BiH na globalnom tržištu, osiguranje atraktivnosti u energetskom sektoru za nova inozemna i druga ulaganja, podržavanje istraživanja, razvitak i demonstracija novih, čistih i efikasnih tehnologija itd.

Može se reći da se BiH nalazi na samom početku rješavanja svih pitanja vezanih za korištenje biomase (posebno šumske biomase), što je jedan od preduvjeta njenog uključivanja u EU sa aspekta energetske politike.

6. LITERATURA - REFERENCES

- Anon., 1986: *Group test of wood cleaving machines*, Test Nr. 1181. Vakole, Staate Research Institute of Engineering in Agriculture and Forestry. Vihti, p.18.
- Anon., 2004A: *Ogrevanje večstanovanjskih in javnih stavb z lesno biomaso*. Brošura u okviru programa ALTENER. Agencija za prestrukturiranje energetike (ApE), Ljubljana, p. 1 – 20
- Anon., 2004B: *Rezolucija o Nacionalnom energetskom programu (ReNEP)*. Uradni list Republike Slovenije, No. 57., p. 7390 – 7450
- Antić, M., Jović, N., Avdalović, V. 1982: *Pedologija*. Naučna knjiga, Beograd. p. 1 -403
- Bojanin, S., Jeličić, V., Nikolić, S., Todorovski, S., Turk, Z. 1980: Rječnik iz područja iskorišćavanja šuma i šumskih komunikacija, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo Slovenije, Ljubljana, p. 1 – 287.
- Bojanin, S., Sever, S.: *Traktor - Šumarska enciklopedija* (III dio), Jugoslavenski leksikografski zavod «Miroslav Krleža», Zagreb. p. 513 - 519
- Burlica, Č., 1987: *Tlo - Šumarska enciklopedija* (III dio). Jugoslavenski leksikografski zavod «Miroslav Krleža», Zagreb. p. 479 - 481
- Čirić, M. 1984: *Pedologija*; Svjetlost, Sarajevo. p. 1 - 311
- Dolonšek, M., 1999: *Sekalniki. Energija iz lesne biomase*. Kmetičev priročnik, Kmetijska založba Slovenj Gradec, p. 22 – 25.
- Domac, J., Beronja, M., Fijan, S., Jelavić, B., Jelavić, V., Krajnc, N., Kajba, D., Krička, T., Krstulović, V., Petrić, H., Raguzin, I., Risović, S., Staničić, L., Šunjić, H., 2001: *BIOEN - Program korištenja energije biomase i otpada. Nove spoznaje i provedba*. Energetski institute “Hrvoje Požar” Zagreb, p.1 – 144
- FAO., 1980: *Power and Heat Plants. Wood Energy*. Publications on Wood. Energy and Climate Change. (www.FAO.org/Forestry)
- FAO., 1983A: *Fuelwood supplies in the developing countries*. Wood Energy. Publications on Wood. Energy and Climate Change. (www.FAO.org/Forestry)
- FAO., 1983B: *Wood for energy*. Wood Energy. Publications on Wood. Energy and Climate Change. (www.FAO.org/Forestry)
- FAO., 1986: *Wood gas as engine fuel*. Wood Energy. Publications on Wood. Energy and Climate Change. (www.FAO.org/Forestry)
- FAO., 1990: *Energy conservation in the mechanical forestry industries*. Wood Energy. Publications on Wood. Energy and Climate Change. (www.FAO.org/Forestry)
- FAO., 1993: *A Decade of wood energy activities within the Nairobi Programme of Action*. Wood Energy. Publications on Wood. Energy and Climate Change. (www.FAO.org/Forestry)
- FAO., 1996: *Forest, Fuel and the Future*. Wood Energy. Publications on Wood. Energy and Climate Change. (www.FAO.org/Forestry)
- FAO., 2001 : *UWET-Unified wood energy terminology UWET*. Wood Energy. Publications on Wood. Energy and Climate Change. (www.FAO.org/Forestry)
- FAO., 2002: *Economic Analysis of Wood Energy Systems 2002*. Wood Energy. Publications on Wood. Energy and Climate Change. (www.FAO.org/Forestry)

- Figurić, M., 2003: *Izgleđnost razvoja proizvodnje i preradbe papira u RH*. Akademija tehničkih znanosti Hrvatske, Zagreb, p. 9 – 14
- Glavač, V., 1999: *Uvod u globalnu ekologiju*. Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša i Hrvatske šume, Zagreb. p. 1 - 211
- Goglia, V., Sever, S., 1994: *Neki problemi korištenja dijela šumske biomase u energetske svrhe*. Mehanizacija šumarstva, 19, No. 3, p. 193 – 198, Zagreb
- Golob., A., 1999: *Sodobne kurilne naprave za lesno biomaso. Energija iz lesne biomase*. Kmetalčev priručnik, Kmetijska založba Slovenj Gradec, p. 12 – 21.
- Harapin, M., Hrašovec, B., 2001: *Entomološki kompleks obične jele. Obična jela u Hrvatskoj*, Ed. Branimir Prpić; Akademija šumarskih znanosti i Hrvatske šume, Zagreb. p. 1 - 895
- Janković, B., 1983: *Ogrevno drvo*. Šumarska enciklopedija. sveska(II dio), Jugoslavenski leksikografski zavod Zagreb, p. 542 – 543.
- Jovanović, B., 1980: *Istraživanje utroška vremena za dvije tehnologije rade kod eksploatacije bukovih šuma u SR BiH*. Magistarski rad. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1980. p. 1 – 248.
- Jovanović, B., 1990: *Komparativno istraživanje tehničko-tehnoloških karakteristika traktora pri privlačenju drva*. Doktorska disertacija. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1990, p. 1 – 423.
- Kaltschmitt, M., Hartmann, H., 2001: *Energie aus Biomass – Grundlagen, Techniken und Verfahren*. Springer.(Berlin... Tokio), p. 770.
- Krajnc, N., 2001: *Lesni peleti*. Stručna monografija. Gozdarski inštitut Slovenije. Ljubljana p. 1 – 24.
- Krajnc, N. 2002: *Biomass development and research in Slovenia*. Renewable energy: renewables: World's best energy option: World Renewable Energy Congress VII: 29 juni – 5 juli 2002. Cologne, Germany. Oxford: Pergamon, p. 429
- Krajnc, N., 2003: *Cost of wood biofuel preparation and use for private forest owners – The case of Slovenia*: (abstract): La forest, source de vie: actes du XIIe Congres forestier mondial 21 – 28 septembre 2003, Quebec, Canada: proceeding of the XII World Forestry Congress 21 – 28 septembre 2003, Quebec City, Canada, p. 93 – 94.
- Krajnc, N., Dolenšek, M., 2001: *Sodobna raba lesne biomase (potenciali in tehnologije)*. Zbornik simpozija Trendi v razvoju kmetijske tehnike, Radenci, 14. i 15. juna 2001. Društvo kmetijske tehnike Slovenije, Ljubljana, p. 113 – 121.
- Krajnc, N., Domac, J., 2004: *Modelling socio-economic aspects of bioenergy systems based in natural forests: SCORE model*. Second world biomass conference: biomass for energy, industry and climate protection: proceedings of the World Conference held in Roma, Italy 10 – 14 may 2004: ETA; Munich: WIP, p. 2320 – 2323
- Krajnc, N., Simončić, P., Robek, R., 2002: *Vloga gozdov pri izpolnjevanju kyotskih zahtev v Sloveniji*. 11. medjunarodno savjetovanje Komunalna energetika, Maribor, Slovenija, 14 – 16 maja 2002. Program. V Mariboru: Univerza, p.147
- Krajnc, R., Pogačnik, N., 2000A: *Procesorje za izdelavo polen*. Gozdarski vestnik, 58, No. 2., p. 96 – 97, Ljubljana
- Krajnc, R., Pogačnik, N., 2000B: *Samodejno kurjanje z lesnimi sekanci in peleti*. Gozdarski vestnik, 58, No. 4., p. 207 - 209, Ljubljana

- Krajnc, R., Pogačnik, N., 2000C: *Sekalniki – stroji za izdelavo lesnih sekancev*. Gozdarski vestnik, 58, No. 1., p. 39 – 40, Ljubljana
- Krpan, B.P.A., 2003: *Bukovi šumski proizvodi i tehnologije pridobivanja drva iz bukovih sastojina; Obična bukva u Hrvatskoj*; Akademija šumarskih znanosti, Hrvatske šume i Grad Zagreb, Zagreb. p. 1 - 855
- Krstevski, K., Jovanović, B., Nestorovski, Lj., 1997: *Šumskata biomasa kao energetski resurs vo Republika Makedonija*. Zbornik na trudovi. Medjunarodni naučni simpozijum "50 godina – Šumarski fakultet" Skopje, p. 1 – 6
- Kružić, T., Posavac, S., Tustonjić, S., 2003: *Etatne mogućnosti "Hrvatskih šuma" s posebnim naglaskom na industrijsko drvo*. Akademija tehničkih znanosti Hrvatske, Zagreb, p. 24 - 34
- Kulušić, B., Jovanović, B., Šobat, S., i dr., 1986: *Mogućnosti racionalizacije i unapredjenja radova u iskorišćavanju mješovitih šuma bukve, jele i smrče*. Izvještaj o radu na realizaciji programa suradnje Fakulteta sa OOUR-ima šumarstva "ŠIPAD", "KRIVAJA" i "UNICEP" za 1986. godinu. Šumarski fakultet u Sarajevu, novembar 1986, p. 1 – 47
- Martinić, I., 1993: *Neke činjenice u svezi sa šumskim radovima*. Glasnik za šumske pokuse; Posebno izdanje No. 4, Šumarski fakultet, Zagreb
- Martinović, J., 2003: *Gospodarenje šumskim tlima u Hrvatskoj*. Hrvatske šume, Jastrebarsko. p. 1 - 525
- Peulić, M., 2003: *Energijska raščlamba peleta od drvnoga ostatka*. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet – Drvnotehnološki odsjek., p. 1 – 29.
- Pogačnik, N., 2000: *Metode svetovanja lastnikov gozdov za učinkovito rabo lesne biomase v energetske namene*. Magistarski rad. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Ljubljana, p. 1 – 199.
- Pogačnik, N., Krajnc, R., 2000A: *Les kot kurivo*. Gozdarski vestnik, 58, No. 5 - 6., str. 281 - 285, Ljubljana
- Pogačnik, N., Krajnc, R., 2000B: *Potencijali lesne biomase, uporabne v energetske namene*. Gozdarski vestnik, 58, No. 7-8., p. 330 – 332, Ljubljana
- Pogačnik, N., Krajnc, R., 2000C: *Sodobne kurilne naprave in sistemi na lesno biomaso*. Gozdarski vestnik, 58, No. 3., p. 157 - 158, Ljubljana
- Pottie, M.A., Guimier, D.Y. 1985: *Preparation of Forest Biomass for Optimal Conversion*. FERIC Special Report No. SR-32, p. 112
- Rebula, E., 1988: *Tehnologija u šumarstvu na početku idućeg tisućljeća*. Mehanizacija šumarstva, No. 3 – 4., p. 31 – 40, Zagreb
- Risović, S., 2003: *Brikete i pelete – Novi energenti na hrvatskom tržištu*. Akademija tehničkih znanosti Hrvatske, Zagreb, p. 123 – 141
- Risović, S., Dundović, J., Slunjski, M., 2003: *Uporaba šumske biomase – tehnički, gospodarski i drugi uvjeti rasta uporabe cijepanog drva i energetskog iverja*. Akademija tehničkih znanosti Hrvatske, Zagreb, p. 97 – 122
- Risović, S., Dundović, J., Slunjski, M., Sever, S., 2003: *Razvrstavanje šumarskih strojeva za pretvorbu primarnoga energenta u koji oblik sekundarnoga goriva*. Akademija tehničkih znanosti Hrvatske, Zagreb, p. 54 – 96

- Sever, S., 2003: *Važnije činjenice i događaji koji su obilježili iskorištavanje šumske fitotvari*. Akademija tehničkih znanosti Hrvatske, Zagreb, p. 42 – 53
- Sever, S., Rivoić, S., 1995: *Dobivanje šumske biomase kao primarnog nositelja energije*. EGE., 3(13), p. 30 – 32.
- Stefanović, V., 1986: *Fitocenologija*. Svjetlost, Sarajevo. p. 1 - 269
- Stefanović, V., Beus, V., Burlica, Č., Dizdarević, H., Vukorep, I., 1983: *Ekološko - vegetacijska rejonizacija Bosne i Hercegovine*. Posebna izdanja No. 17. Šumarski fakultet Sarajevo. p. 1 - 51
- Šumenjak, M., 1999: *Nazaj k naravi. Energija iz lesne biomase*. Kmetalčev priročnik, Kmetijska založba Slovenj Gradec, p. 3 – 4
- Vranković, A., Pernar, N., 1993: *Oštećenje šumskog tla izvlačenjem drva i njegova regeneracija*. Glasnik za šumske pokuse; Posebno izdanje No. 4, Šumarski fakultet Zagreb
- Vukelić, J. i Rauš, Đ. 1998: *Šumarska fitocenologija i šumske zajednice u Hrvatskoj*. Sveučilište u Zagrebu, Zagreb. p. 1 – 309.

SAŽETAK - SUMMARY

Bosna i Hercegovina je u velikoj mjeri ovisna o uvozu energije, posebno o uvozu fosilnih goriva, što je problematično ne samo sa aspekta raspoloživosti i sigurnosti opskrbe, nego i sa stanovišta ekologije i ispunjava niza obaveza iz međunarodnih konvencija i protokola. Nameće se pitanje korištenja obnovljivih izvora energije, posebno energije iz biomase.

Ukupna površina šuma i šumskih zemljišta iznosi 53% površine BiH, a glavni izvori šumske biomase su redovne sječe, ostaci sječa, prorede, sanitarne sječe itd. Mogući godišnji obim sječa u šumarstvu BiH iznosi oko 6,8 miliona m³, a u periodu 2002-2003. godina izradjeno je u prosjeku oko 4,5 miliona m³ drvnih sortimenata.

Na osnovu izvršene rekapitulacije, ukupni energetske potencijali koji dolaze od prostornog drva iznose 15,028 PJ/a, od otpatka i gubitaka kod sječe 8,024 PJ/a, sitne granjevine 10,534 PJ/a, pilanskog otpada 7,442 PJ/a, te ostataka kod izrade furnira i ploča 0,350 PJ/a. Ukupni raspoloživi potencijali za Bosnu i Hercegovinu iznose 41,378 PJ/a.

Ukupni energetske potencijali biomase izraženi u energetske ekvivalentu uglja (mt_{ce}) iznose 1.111.201 t/a, odnosno izraženo u energetske ekvivalentu nafte (mt_{oe}) 777.903 t/a.

Troškovi najbolje tehnološke varijante (debljinski metod sa privlačenjem drva skiderom, izrada na šumskom stovarištu i prevoz kamionom) sa cijenom prostornog drva na panju iznose 24,90 €/m³. Cijena sekundarnih energenata: komadnog drva je 26,04 €/m³ (korištenje procesora za cijepanje i prerezivanje), sječke 25,68 €/m³ (primjena iverača srednje snage sa pogonom od traktora) i peleta 0,11118 €/t (izrada sječke iveračem, usitnjavanje i vještačko sušenje, te korištenje rabljenog postrojenje za izradu peleta - Nemila).

Jedinična cijena energije za naše uvjete: cijepano (komadno) drvo 0,01127 €/kWh, sječka 0,0352 €/kWh i peleti 0,0222 €/kWh (cijena niska zbog velike "energetske gustoće"), a kao usporedba plin (0,0221 €/kWh) i lož-ulje (0,0791 €/kWh).

Prelazak na nova goriva na bazi biomase, kao što su sječka i peleti, zahtjevaju velika početna ulaganja u peč i spremnik (u razvijenim zemljama odobravaju se subvencije za nabavku suvremenih peći). Vjerovatno najbolje rješenje je korištenje energenata na bazi biomase kod kogeneracijskih postrojenja, kao i kod distriktnog i centralnog grijanja.

Sa ekonomskog i ekološkog aspekta pokazala se opravdanim praksa da sav materijal tanji od 5 cm (sitna granjevina i lišće/iglice) ostaju u šumi, a slična je situacija sa korištenjem korijenovog sistema i panjevina (posebno sa aspekta mogućih erozija).

Sa ekološkog aspekta može se reći, da ukoliko se šumskim ekosistemima gospodari prebornim metodom i izvozi samo krupno drvo, onda je opasnost od gubitka plodnosti tla usljed iznošenje biomase zanemarljiva. Može se reći da osjetljivost šumskih zajednica na antropogene utjecaje varira i jako ovisi o morfološkim osobinama vrsta, ekološkim osobinama staništa, o sindinamskom momentu, te o ranijim antropogenim utjecajima. Postoji više šumskih zajednica koje su izuzetno osjetljive na antropogene utjecaje, te kao takve ne dolaze u obzir za korištavanje biomase za energetske potrebe.

Pravni i institucionalni okvir mogućeg korištenja šumske biomase kao izvora energije čine Ustav BiH, Dejtonski sporazum, Bijela knjiga EU (White Paper), Evropska energetska povelja (ECT), Direktive EU 92/96 i niz zakona koji reguliraju pitanja energije i okoliša.

Može se reći da se BiH nalazi na samom početku rješavanja svih pitanja vezanih za korištenje biomase (posebno šumske biomase), što je jedan od preduvjeta njenog uključivanja u EU sa aspekta energetske politike.

Ključne riječi:

biomasa; obnovljiva energija; potencijali šumske biomase; tehnologije pridobivanja i izrade biomase; svojstva energenata; upotreba šumske biomase; ekonomski aspekt bioenergije; ekološki aspekt bioenergije; energetska politika i zakonodavstvo.

SUMMARY - SAŽETAK

Bosnia and Herzegovina to the great extent depends on import of energy, especially on import of fosile fuel, which is problematic, not only from the aspect of availability and security of procurement, but also from the standpoint of ecology and fulfillment of numerous liabilities from international conventions and protocols. A question arises out of using renewable energy sources, especially energy of the biomass.

Total area of forests and forest land is amounted to 53% of the total surface BiH, and main source of forest biomass represent regular cutting , cutting rests, thinning, sanitary cutting and other. Possible annual cutting volume in the forestry of BiH is about 6,8 million m³. During the period 2002-2003 in average about 4,5 million m³ wood sortiments was worked out.

Based on the recapitulation made, total energetic capacities, which come from stacked wood are 15,028 PJ/a, from logging slash 8,024 PJ/a, brushwood 10,534 PJ/a, sawmill residues 7,442 PJ/a and residues from panel industry 0,350 PJ/a. Total available capacities for Bosnia and Herzegovina are 41,378 PJ/a.

Total annual energetic capacities of biomasa expressed in energetic equivalent of coal (mt_{ce}) are 1.111.201 t/a, that is expressed in energetic equivalent of oil (mt_{oe}) 777.903 t/a.

Costs of the best technological option (stemwood system with wood hauling by skidder, wood preparation on forest landing and transport by truck) with the price of stacked wood at the stump are amounted to 24,90 €/m³. Price of secondary energents: split wood (firewood) is 26,04 €/m³ (using processor for splitting and cutting), fuel chips 25,68 €/m³ (application of medium size chipper driven by tractor) and pellets 0,1118 €/t (slashing wood by chipper, chopping up and artificial drying, as well as usage of used plant for pellets manufacturing - Nemila).

Unit prices of energy for our conditions are: 0,01127 €/kWh for split wood, 0,0352 €/kWh for fuel chips and 0,0222 €/kWh for pellets (the price is low because of big "energetic density"), and as comparison to gas (0,0221 €/kWh) and heating oil (0,0791 €/kWh).

Transition to new fuels based on biomass, such as wood chip and pellets, requires big initial investments into furnace and depository (in developed countries subventions for procurement of modern ovens are approved). Probably the best solutions for using energents based on biomass are cogeneration plants, as well as furnaces for district and central heating.

From the economic and ecological point of view, the praxis that all material thinner then 5 cm (small brushwood and leaves/needles) remain in forest proved itself to be justified, and similar situation is with using root system and stumpwood(especially from the aspect of possible erosion).

From the ecological point of view, it can be said that if forest eco-systems are managed applying selecting management system and removal only large wood, danger of losing ground fertility caused by taking out biomass is considered to be negligible. It can also be said that sensibility of forest communities on anthropogenic impacts varies and strongly depends on morphological features of species, ecological features of residence,

on sindinamical stage, as well as on previous anthropogenic impacts. There are several forest communities, which are exceptionally sensible on anthropogenic impacts, and as such cannot be taken in consideration for using of biomass for energetic needs.

Legal and institutional frame of possible usage of forest biomase as an energy source represent the Constitution of B&H, Dayton Agreement, White Papir of the EU, European Energy Charter Treaty (ECT), EU Directives 92/96 as well as many laws regulating issues of energy and enviroment.

It can be said that B&H is on the very beginning of solving all issues related to the usage of biomass (especially of forest biomass), which is one of preconditions of its joining to the EU from the view of energetic policy.

Key words:

biomass; renewable energy; potential of forest biomass; technologies for harvesting and preparation biomass; characteristics of energy sources; utilization forest biomass; economic aspect of bioenergy; ecological aspect of bioenergy; energy policy and legislation

PRILOG - ANNEX

Slika 1. Rušenje stabla

Photo 1. Felling of tree

Slika 2. Kresanje grana

Photo 2. Delimiting

Slika 3. Krojenje debla

Photo 3. Bucking of stem

Slika 4. Iznošenje prostornog drveta samaricom

Photo 4. Stacked wood carrying with pack – horses

Slika 5. Lifranje drveta

Photo 5. Manual wood lowering

Slika 6. Privlačenje drveta animalom

Photo 6. Wood hauling with horses

Slika 7. Privlačenje drveta poljoprivrednim traktorom

Photo 7. Wood hauling with agricultural tractor

Slika 8. Privlačenje drveta specijalnim šumskim traktorom

Photo 8. Wood hauling with skidder

Slika 9. Slaganje drveta pored traktorskog puta

Photo 9. Bunching wood close to the tractor – road

Slika 10. Pomoćno šumsko stovarište

Photo 10. Auxiliary storage place

Slika 11. Cjepač drveta (horizontalni)

Photo 11. Wood splitter (horizontal)

Slika 12. Cjepač drveta (vertikalni)

Photo 12. Wood splitter (vertical)

Slika 13. Stroj za rezanje i cjepanje (RCA – 320)

Photo 13. Cutting and splitting machine (RCA – 320)

Slika 14. Stroj za rezanje i cjepanje - RCA – 320 (u radu)

Photo 14. Cutting and splitting machine -RCA – 320 (in work)

Slika 15. Iverač drveta (iveranje granjevine)

Photo 15. Wood chipper (branch chipping)

Slika 16. Iverač drveta (iveranje sitne oblovine)

Photo 16. Wood chipper (small round wood chipping)

Slika 17. Drvni iver

Photo 17. Wood chips

Slika 18. Peć za sagorjevanje drvnog ivera

Photo 18. Wood chips furnaces

Slika 19. Iveranje pilanskog otpada

Photo 19. Chipping of sawmill residues

Slika 20. Postrojenje za proizvodnju briketa

Photo 20. Facility for briquette production

Slika 21. Uskladišteni briket

Photo 21. Stored briquet

Slika 22. Postrojenje za proizvodnju peleta

Photo 22. Facility for pellets production

Slika 23. Postrojenje za proizvodnju peleta

Photo 23. Facility for pellets production

Slika 24. Uskladišteni drvni peleti

Photo 24. Stored wood pellets

Slika 25. Savremena peć za loženje peleta

Photo 25. Modern furnace for heating pellets

Slika 26. Karta realne šumske vegetacije Bosne i Hercegovine

Photo 26. A map of the real forest vegetation of Bosnia and Herzegovina

Napomena: Slike se mogu vidjeti na priloženom CD-u