

Производи шумарства као обновљиви извори енергије

Милорад Даниловић, Љупчо Несторовски

Сажетак. У овом поглављу приказано је стање обновљивих извора енергије у свијету и Републици Српској, са посебним освртом на дрвну биомасу. Посебно је апострофиран значај коришћења дрвне биомасе у контексту смањења емисије штетних гасова у атмосферу. На бази анализе података из извјештаја FAOSTAT, приказани су производња и потрошња биогорива на свјетском и европском нивоу. У XXI вијеку потрошња енергије из обновљивих извора порасла је за 38,5%. Општи закључак је да производња и потрошња биогорива у свијету расту веома брзо, а највеће повећање остварено је у европским земљама, посебно земљама ЕУ. У укупној производњи енергије из биомасе, највише учествује дрвна биомаса. Производња енергије из пољопривредних остатака веома мало је заступљена у односу на потенцијал. Већина земаља ЕУ испунила је планиране квоте потрошње обновљиве енергије до 2020. године. План ЕУ је да до 2030. године оствари најмање 40% смањења емисије гасова са ефектом стаклене баште у односу на ниво из 1990. године, као и да учешће обновљиве енергије повећа најмање за 27% и исто толико оствари побољшање енергетске ефикасности. У Републици Српској дрвна биомаса је значајан енергетски ресурс. У посљедњих 20 година изграђен је велики број постројења. За производњу енергије користи се огревно дрво и

Цитирање: Даниловић М, Несторовски Љ (2023) Производи шумарства као обновљиви извори енергије. У: Говедар З, Матаруга М, Пржуљ Н (уредници) Одрживи развој и управљање шумским екосистемима. Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука, Монографија LI:635–664

Cite as: Danilović M, Nestorovski Lj (2023) Forestry products as renewable energy sources. In: Govedar Z, Mataruga M, Pržulj N (eds) Sustainable development and management of forest ecosystems. Academy of Sciences and Arts of the Republic of Srpska, Banja Luka, Monograph LI:635–664

дрвни остатак из пиланске прераде дрвета, док је учешће дрвног остатка послије сјече минимално заступљено.

Потребно је знатно више активности усмјерити на коришћење дрвног остатка послије сјече, јер се у шумама налазе велике количине реално доступног дрвног материјала. У дијелу који се односи на истраживања у овој области кратко су приказани резултати досадашњих истраживања и будући правци развоја. У претходном периоду истраживани су различити аспекти (еколошки, техничко-технолошки, економски, социјални и др.) коришћења дрвне биомасе за енергију.

Коришћење сировине, без обзира о којој категорији дрвета се ради, може штетити екосистему, уколико је препуштено стихијском коришћењу. Позитивне стране рационалног коришћења дрвне биомасе знатно су веће од опасности које се могу јавити по шумски екосистем. Још од 70-их година прошлог вијека активно се ради на развоју технике и технологије на пословима коришћења дрвне биомасе. У развоју је учествовао велики број научних институција, а резултати се огледају у повећању поља примјенљивости средстава рада, унапређењу ергономских карактеристика и обезбјеђењу веће еколошке прихватљивости.

Када је у питању тржиште дрвних сортимената у Републици Српској, скоро цјелокупна дрвна маса облог дрвета остаје на домаћем тржишту. Полупроизводи и финални производи дистрибуирају се на свјетско тржиште. ЕУ је највећи увозник производа за енергетску употребу, као што су пелет, брикет и др. Велика тржишта су Италија, Њемачка, Велика Британија итд. Према свим процјенама, производња и потрошња дрвне биомасе ће се и даље повећавати. Потенцијали дрвне биомасе на свјетском нивоу знатно су већи од тренутне потрошње. Имајући у виду раст броја становника у свијету и развој индустријских капацитета, потребно је више радити на стварању услова за веће коришћење ове сировине, уз максималне мјере контроле.

Кључне ријечи: Производи шумарства, биомаса, обновљиви извори енергије

17.1. Увод

Енергетски ресурси дијеле се на обновљиве и необновљиве. У необновљиве енергетске ресурсе убрајамо угаљ, природни гас, тресет и нафту, а у обновљиве спадају: хидропотенцијал, геотермална енергија, сунчева енергија, енергија вјетра, енергија биомасе и енергија плиме и осеке. Обновљиви извори енергије су енергетски ресурси који се користе за производњу електричне или топлотне енергије и чије резерве се временом обнављају. Предност коришћења енергије из обновљивих извора огледа се у смањењу емисије штетних гасова (нарочито угљен-диоксида) у атмосферу. Преостали ресурси фосилних горива све мање су доступни и извјесно је да ће у неком периоду нестати. Како би биле мање зависне од ових енергената, многе земље раде на повећању учешћа енергије из обновљивих извора. Циљ је остварити што већу енергетску безбједност, како би грађани и предузећа имали приступ довољним количинама енергије, без већих ризика од прекида у снабдијевању у блиској будућности.

До прве енергетске кризе, 1970-их година, задовољавање потреба за енергијом посматрано је искључиво у свјетлу расположивости енергетских ресурса и најбољих технолошких рјешења. Ова криза довела је до разбијања мита о јефтиној и лако доступној енергији. У настојању да се нађе рјешење за новонасталу ситуацију, тадашње чланице Европске економске заједнице постављају два задатка пред научну заједницу. Први се односи на откривање алтернативних извора енергије, а други на пројекте ефикасног коришћења и штедњу енергије. У том периоду постало је јасно да се енергетска политика не може водити ослањањем само на један енергент, већ успјешним управљањем енергетским миксом (Васић 2020).

Директива ЕУ 2001/77/ЕС дефинише биомасу као биоразградиви дио производа, отпада и остатака у пољопривреди (укључујући биљне и животињске супстанце), у шумарству и припадајућој индустрији, као и биоразградиви дио индустријског и градског отпада (Царић и Солеш 2014). Значај дрвне биомасе мијењао се кроз вријеме. У периоду ниских цијена фосилних горива, она није привлачила већу пажњу. То најбоље показује вријеме прије избијања нафтне кризе седамдесетих година прошлог вијека. Сматрана је неефикасним начином производње енергије, која се лако може замијенити електричном енергијом из фосилних горива, попут угља, нафте и гаса (Vjörheden 2017). Овакав поглед на дрвну биомасу измијенио се када су се на свјетском тржишту појавили проблеми са цијенама и испоруком нафте и нафтних деривата (Silveira 2001; Hakila 2006). Током осамдесетих година прошлог вијека, производња биоенергије нагло је порасла у САД.

У то вријеме, цијена природног гаса била је висока, што је довело до раста производње енергије из биомасе. Почетком 90-их година прошлог вијека, цијена природног гаса пала је на историјски минимум и проузроковала је мању тражњу биомасе. Све до краја деведесетих година није се значајније мијењала, да би затим почела да расте. Слична ситуација одвијала се и у европским земљама, а посебно земљама Сјеверне Европе. Најбољи примјери су Шведска и Финска. Ове земље су успјеле да традиционални шумарски сектор ставе у функцију производње биомасе за широку употребу. У том периоду донијети су значајни документи за очување еколошких и енергетских потреба друштва. Производња енергије из биомасе данас има кључну улогу у стратегији ЕУ за ублажавање климатских промјена и повећања енергетске безбједности. У 2017. години, од укупне количине произведене обновљиве енергије, на биомасу односи се 68%. Замјена фосилних горива обновљивим горивима доприноси стабилизацији концентрације угљеника у атмосфери (Ericsson and Nilsson 2006). У посљедњих двадесет година, производња електричне енергије у енерганам на биомасу порасла је за око 2,8 пута. Од укупне свјетске производње, која износи 429 TWh, у Европи се производи 36,5%. У комбинованим топлотним постројењима (*Combined Heat and Power*, CHP) произведено је око 224 TWh, што износи око 52% укупне производње у енерганам.

17.2. Производња и потрошња обновљиве енергије у свијету

На Париској конференцији о клими, у децембру 2015. године, 196 земаља усвојило је обавезујући глобални климатски договор. Владе земаља учесница сложиле су се да до 2100. године задрже пораст просјечне глобалне температуре испод 2,0 °C, у односу на преиндустријски период. Захваљујући инсистирању малих острвских земаља које су прве на удару климатских промјена, циљ је проширен и у Париском споразуму. Наводи се да је потребно уложити напор да се повећање температуре ограничи на 1,5 °C (*United Nations*, UN 2015). За остварење Париског споразума, без обзира да ли се ради о 1,5 или 2,0 °C, потребно је да се емисија угљен-диоксида вишеструко смањи почетком друге половине XXI вијека.

Према извјештају REN 21 (2017) (*Renewable Energy Status Report UNECE*) из 2017. године, укупна потрошња финалне енергије (*Total Final Energy Consumption*, TFEC) потрошња фосилних горива у укупној потрошњи енергије износила је 79,7%, док су обновљиви извори енергије чинили око 18,1%, а нуклеарна енергија 2,2%. Потрошња обновљиве енергије у XXI вијеку забиљежила је раст од 38,5% (WBA 2019).

Иако је забиљежен значајан раст количине енергије добијене из обновљивих извора, расте и потражња за енергијом из фосилних горива. Највећи раст производње енергије из обновљивих извора остварен је од енергије вјетра и соларне енергије. Сировина за производњу топлотне и електричне енергије из биомасе углавном потиче из пољопривредне производње и шумарства. Око 50% енергије произведене из биомасе користи се у индустријским постројењима, за гријање стамбеног и пословног простора, кување и др. Овако велика потрошња повезана је са наглим растом свјетске популације и развојем индустрије.

Електрична енергија производи се у енерганамa и когенеративним постројењима. У Европи се производи 23,7% укупне енергије из биомасе. Највише произведене енергије из обновљивих извора у XXI вијеку односи се на топлотну енергију, а 87,0% произведено је у Европи. Поред електричне и топлотне енергије, учешће течних горива (биоетанола и биодизела) је порасло, нарочито у првој декади овога вијека.

Учешће ових горива у сектору саобраћаја износи 3,0% или 3,4 EJ (WBA 2019). Биомаса из пољопривредних култура (пољопривредни остаци) представља велики, али веома мало искоришћен потенцијал. Процењује се да се на годишњем нивоу из главних култура може произвести између 4,3 и 9,4 милијарде тона биомасе (WBA Global bioenergy statistics 2019). Количина енергије добијена из ове биомасе може задовољити од 3 до 14% укупних потреба енергије (FAOSTAT 2019).

Европска унија усвојила је Директиву 2009/28/EC, RED, (*The European Parliament and the Council Of The European Union, 2009*), којом су земље чланице поставиле обавезујуће циљеве о учешћу енергије из обновљивих извора. До 2017. године једанаест земаља ЕУ премaшило је планирану квоту (Шведска, Хрватска, Италија, Бугарска и др.), што показује јасну политику Европске уније према овом енергенту. За период до 2030. године ЕУ је поставила задатак да смањи минимално 40% емисију гасова са ефектом стаклене баште у односу на ниво из 1990. године, тако да учешће обновљиве енергије буде минимално 27% и да минимално за 27% побољша енергетску ефикасност.

Тежња ЕУ је да до 2050. године пређе на конкурентну економију са ниским удјелом угљеника. Највећи напредак на развоју технике и технологије коришћења дрвне биомасе оствариле су уједно и најразвијеније земље, као што су Шведска, Финска, САД, Канада, Њемачка, Аустрија, Француска и др. У већини средњеразвијених земаља у Европи производња шумске биомасе је налази се у зачецима стварања техничко-технолошких предуслова, а неке земље попут Мађарске, Пољске и Чешке оснивају енергетске плантаже.

17.3. Коришћење дрвне биомасе у Републици Српској

Шуме и шумска земљишта у Републици Српској заузимају 52% површине. Површина шума и шумског земљишта у власништву Републике Српске износи око 77%. Учешће високих шума са природном обновом (економски вриједних шума) износи око 46%. Деградиране високе шуме и изданачке шуме намијењене за реконструкцију, заузимају око 30% укупне површине. Просјечна дрвна залиха од 109,1 м³ ха⁻¹ и годишњи запремински прираст од 3,4 м³ ха⁻¹ довољни су показатељи у каквом се стању налазе ове шуме. Изданачке шуме обнављају се путем директне или индиректне конверзије. У условима гдје је прописана директна конверзија, технолошке слободе знатно су веће, па је избор технолошких метода рада на пословима коришћења шума сведен само на технички и економски проблем.

Годишњи бруто обим сјече у шумама чији је власник Република Српска износи 3,2 милиона м³ и чини значајну сировину намијењену индустрији примарне прераде дрвета и постројењима за производњу енергије. Дрвни материјал који је до сада коришћен за производњу енергије је огревно дрво и дрвни остатак из постројења примарне прераде дрвета. Велика количина дрвне биомасе, односно дрвни остатак послје сјече, остаје у шуми неискоришћен. Дио огревног дрвета користи локално становништво за сопствене потребе, а остала количина испоручује се постројењима за производњу пелета и брикета, топланама, фабрици суве дестилације у Теслићу и др. Дрвна биомаса намијењена производњи енергије, налази се у високом шумама са природном обновом, високим деградираним шумама, изданачким шумама и шумским културама. Производња дрвне биомасе обавља се уз примјену различитих метода израде дрвних сортимената.

Сортиментни метод израде најчешће је примјењивана метода и најлошије технолошко рјешење када се користи дрвни остатак. Имајући то у виду, потребно је сагледати могућност примјене неких других метода, као што су дебловна, полудебловна или модификована полудебловна метода лишћара (Даниловић 2014). За примјену ових метода потребно је повећати отвореност шума секундарном мрежом путева, обезбиједити висок ниво организације рада и имати стручни кадар. Ниједна од препоручених метода израде не може се примијенити на цијелој територији. Због тога је неопходно дефинисати подручја примјене уважавајући потенцијална ограничења.

Мрежа путева у шумама Републике Српске својим квантитетом и квалитетом не задовољава потребе шумарства. Ситуација је знатно лошија у приватним шумама у односу на шуме у власништву Републике Српске.

На бази свјетских искустава и савременог приступа отварању шума, а уважавајући специфичности газдовања шумама у Републици Српској, отвореност шума примарном мрежом путева не би требало да буде мања од 20 м ха^{-1} , поготово ако је одређење да се искористи дио дрвне масе која је до сада остајала у шуми.

Поред примарне, потребно је повећати густину мреже тракторских путева и влака. Отвореност шума секундарном мрежом путева од око 100 м ха^{-1} , обезбиједила би адекватну примјену механизације и боље коришћење дрвне масе. На теренима нагиба изнад 65%, градња тракторских путева веома је скупа. Размак између тракторских путева условљен је дужином ужета витла (око 50 метара), што подразумемијева већу густину мреже.

Основни тракторски путеви на великим нагибима пројектују се косо на линију пада терена. Овакав положај тракторских путева доводи до: повећања дужине тракторских путева и губитка продуктивне површине земљишта, фрагментације станишта, пресијецања токова површинских и подземних вода, површинске ерозије, а у неким ситуацијама и до појаве клизишта. Примјена мобилних жичара са еколошког аспекта на оваквим теренима прихватљивије је технолошко рјешење. Транспорт дрвне биомасе са помоћног (привременог) стоваришта до потрошача, може се обавити у компактном или уситњеном стању.

Због мале густине, дрвни остатак је пожељно иверати на помоћном стоваришту иверачима мање снаге, а просторно и вишеметарско дрво, намијењено за производњу енергије из високих шума са природном обновом, изданаких шума и деградираних природних шума, треба транспортовати камионима са приколицом до централног стоваришта или до круга постројења за производњу енергије, гдје се врши иверање. Иверање може бити обављено стационарним или мобилним иверачима. Снагу и капацитет иверача треба ускладити са структуром и количином дрвне биомасе која је предмет иверања.

Сакупљање шумског остатка (грањевине) четинарских врста дрвећа на благо нагнутим теренима, може се обавити послије сјече, а затим транспортовати трактором са корпом или приколицом до стоваришта. На теренима већег нагиба, гдје услови дозвољавају, може се примијенити метода дијелова стабла са гранама (Danilović et al. 2014). Као и у случају модификоване полудебловне методе лишћара, ова метода може се примијенити само уколико постоји привремено стовариште одговарајуће површине, на коме се врши израда дрвних сортимената, иверање грањевине и утовар за превоз до потрошача. Трошкови транспорта ивера, од стоваришта до постројења за производњу енергије, зависе од средње транспортне дистанце.

Превоз биомасе на мањим удаљеностима (до 10 километара) исплатив је и са камионима без приколице или тракторима са приколицама, док за средње и веће удаљености треба користити камионе већег капацитета (до 100 м³ ивера). Примјена оваквих камиона подразумијева и развијену мрежу путева. У условима гдје конструктивне карактеристике путева нису повољне за кретање камиона са сандуком великог капацитета, треба користити камионе са приколицом. Количина огревног и целулозног дрвета у шумама које су у власништву Републике Српске износи 1.136.700 м³.

На бази претходних анализа, утврђено је да око 40% овог дрвета користи локално становништво и институције, а преостали дио користе постојећа постројења у Републици Српској. У западном дијелу Републике Српске, дио дрвне биомасе из категорије огревног дрвета прерађује се у комадно дрво и извози на Европско тржиште. Дрвни остатак из шума у својини Републике Српске учествује са око 29%. Ову количину из више разлога није могуће цјелокупну користити. Тренутно се веома мало користи, али у будућности може бити значајна енергетска сировина за производњу топлотне и електричне енергије.

У циљу већег коришћења дрвне биомасе, потребно је извршити реконструкцију котларница општинских институција (болнице, општине, школе, дјечији вртићи, спортски центри и др.), које тренутно користе фосилна горива (угаљ, мазут), како би користили биомасу као енергент. У општинама гдје постоје услови, треба обезбиједити да јавне топлане користе биомасу као енергент. На овај начин гријала би се насеља или дијелови градских средина. Овакав концепт подразумијева одржив ланац снабдијевања дрвном биомасом. Величина ових инсталација креће се од 250 kW до 4,0 MW.

Поред топлотне енергије из топлана, потребно је отворити простор за инвестирање у изградњу СНР постројења, односно производњу топлотне енергије за локалне институције и домаћинства, као и производњу електричне енергије и њено испоручивање електропривреди Републике Српске. Величину ових постројења треба ускладити са количинама сировине која је доступна на тржишту. Предност се огледа у производњи енергије и изван грејне сезоне.

Влада Републике Српске, у мају 2014. године, објавила је Акциони план за коришћење обновљивих извора енергије. Акционим планом дефинисано је учешће обновљиве енергије у укупној финалној потрошњи у гријању, хлађењу, електричној енергији и транспорту. Да би се остварила планирана производња обновљиве енергије, прописане су квоте електричне енергије које ће бити подстицане до 2020. године.

Предвиђена је производња 10 MW електричне енергије из чврсте биомасе и 6,5 MW из биогаса. На подручју Републике Српске тренутно раде двије електране, које имају право на откуп електричне енергије по подстицајној цијени. Гарантоване откупне цијене (*feed-in tarife*) за електричну енергију из обновљивих извора енергије варирају у зависности од инсталисане снаге постројења (до 1.000 и од 1.000 до 10.000 kW). Поред електрана, у посљедњих двадесет година изграђена су многобројна постројења за производњу пелета и брикета.

17.4. Нови концепти одрживог развоја обновљивих извора енергије у шумарству

Коришћење дрвне биомасе, са техничко-технолошког аспекта, до сада је био предмет многобројних истраживања (Leinonen 2004; Hakkila 2004; Stampfer and Kanzian 2006; Kanzian et al. 2009; Laitila and Vaatainen 2012; Даниловић и Дедић 2013; Laitila et al. 2013; Danilović i sar. 2014; Yoshida and Sakai 2014; Zamora-Cristales and Sessions 2016; Acuna 2017; Björheden 2017; Moskalik et al. 2017; Mihelič et al. 2018; Guerrini et al. 2019; Haavikko et al. 2019, Karpachev et al. 2020 и др.). Резултати ових и сличних истраживања омогућили су дефинисање оптималних технолошких рјешења за ефикасно коришћење дрвне биомасе. Све до 70-их година прошлог вијека није било великог интересовања за ова истраживања, с обзиром на то да потребе за енергетским дрветом нису биле приоритетне. Технологије су прилагођаване коришћењу техничког облог и просторног дрвета, намијењеног постројењима за механичку и хемијску прераду дрвета.

Велики допринос развоју технологија за коришћење дрвне биомасе дали су истраживачи из Сјеверне Европе. Развој је усмјерен на коришћење биомасе у бореалним шума са претежним учешћем четинара (око 90%). Идеја је била да се развије технологија рада која ће обезбиједити минимално учешће физичког рада, велике учинке и мале трошкове производње. Развој технологија за коришћење дрвне биомасе био је једини начин да се искористи дрвна маса која до тада није коришћена, а која је потенцијална сировина за енергију (Николић и сар. 1995). Структура бореалних шума и орографски услови разликовали су се у односу на услове у алпском подручју. Алпско подручје карактеришу изразито стрми терени и присуство стабала великих димензија. Ово су кључна ограничења за примјену софистицираних технологија рада. Велике разлике у системима газдовања такође су утицале на примјену технолошких рјешења код производње дрвета за потребе енергије.

Системи газдовања у средњеевропском шумарству, као и на Балканском полуострву, не остављају много простора за технолошке слободе, осим у случају чистих сјеча, које су мало заступљене.

Према томе, потребно је уважити разлике и технологије прилагодити специфичностима услова рада. Производња огревног дрвета (облице, полутке, цјепанице и сјеченице) стара је колико и производња техничког облог дрвета. Ово дрво је лошег квалитета и у прошлости је коришћено искључиво за производњу топлотне енергије у традиционалним пећима или у котловима за даљинско гријање. Израда просторног дрвета је захтјевна. Потребно је веће учешће физичког рада у односу на израду техничког облог дрвета. Поред тога, степен механизованости радова у брдско-планинским условима је мањи. За изношење дрвета из шуме неопходно је ангажовање товарних коња (самарице), којих је све мање. Оваква ситуација утицала је на то да израда просторног дрвета у великој мјери буде замијењена израдом дугог огревног дрвета. На овај начин повећан је степен механизованости радова и смањени су трошкови по јединици производа.

Огревно дрво користи се у енерганима, топланама, СНР постројењима, затим постројењима за производњу пелета, постројењима за производњу брикета, постројењима суве дестилације, постројењима за производњу угља и за производњу ситног комадног дрвета. У постројењима за производњу пелета, брикета, топланама, енерганима и СНР постројењима, користи се у облику ивера. Иверање вишеметарског огревног дрвета обавља се на централним стовариштима или у кругу постројења за производњу енергије. Количина енергије која се може добити из расположиве сировине (ивера) зависи од квалитета ивера. Квалитет ивера зависи од димензија и хомогености, садржаја влаге, учешћа коре и др. Поред огревног дрвета, у шуми се налази дрвни остатак и жбунаста вегетација, који могу бити коришћени као сировина за производњу енергије. Начини коришћења дрвног остатка разликују се у лишћарским и четинарским састојинама. Са техничко-технолошког аспекта, знатно једноставније је коришћење дрвног остатка из четинарских састојина на равним и благо нагнутих теренима (Danilović i sar. 2014). Ради се о ситном дрвном материјалу који је потребно транспортовати из сјечине до помоћног (привременог) стоваришта.

Сакупљање и транспорт дрвног материјала малих димензија из шума у брдско-планинским условима, гдје су прописане постепене и пребирне сјече, одвија се уз велике трошкове по јединици производа. Шумски остатак налази се у различитим облицима и потиче из различитих категорија дрвета. Можемо га подијелити на шумски остатак од пањевине, од вретена стабла и грањевине.

Учешће у односу на бруто запремину стабла разликује се у зависности од врсте дрвећа и квалитета састојине. У лишћарским састојинама биомаса (дрвни остатак) учествује са 6 до 26% (Kanzian et al. 2006). На основу истраживања спроведених у Финској, у проредама бора и смрче, дрвни остатак износи од 20 до 30% (Nakkila 2004). Према истраживањима Karjalainen et al. (2004), учешће грањевине са овршком износи просјечно 24,1% од бруто запремине стабла. Главни проблем при коришћењу дрвног остатка из сјечине је његов просторни распоред (Karračov et al. 2017). У оваквим условима, трошкови производње (сакупљање, утовар и транспорт) су велики, па се поставља питање исплативости коришћења, с обзиром на малу тржишну вриједност производа. Количина дрвног остатка који се може искористити из шума зависи од теренских услова, удаљености од путева и ефикасности технологије рада (Zamora-Cristales and Sessions 2016).

У коришћењу шума постоји више метода израде дрвних сортимената, које се разликују са аспекта мјеста израде и степена механизованости радова (Leinonen 2004). Основ за разликовање метода су карактеристике терена, карактеристике састојине и фаза њега шума. На равним и благо нагнутим теренима веће су могућности избора средстава која се користе у процесу производње. На равним теренима у лишћарским шумама примјењује се сортиментна метода израде. Сакупљање дрвног остатка послје класичне израде дрвних сортимената моторном тестером може се обавити ручно или механизованим средствима рада. У оба случаја ради се о малим производним ефектима. Ручно сакупљање захтијева физички напор и у дужем времену је неодрживо, као што је неодрживо прикупљање дрвног остатка малих димензија механизованим средствима рада. Оба начина су технички изводљива, али су економски неодржива.

Иверање дрвног материјала може се обавити у сјечини, а затим трактором са приколицом или у контејнеру интегрисаном на иверач да се превозе до мјеста за утовар, на камионском путу. У првом случају боље се користи капацитет иверача, што је кључно за смањење укупних трошкова производње. Коришћење дрвног остатка из сјечине меких лишћара примјеном савремене технологије рада (харвестер-форвардер) разликује се у односу на претходну. Израда техничког облог дрвета обавља се у шуми, а остали дио стабла транспортује се на помоћно стовариште, гдје се обавља уситњавање иверачима велике снаге. Предност оваквог начина рада је у смањењу трошкова производње ивера. У културама четинара предмет коришћења је грањевина, која остаје послје сјече стабала и израде дрвних сортимената моторном тестером или харвестером. Грањевина остаје поред пања, након израде дрвних сортимената моторном тестером. Као и у случају лишћарских врста, потребно је извршити ухрпавање, а након тога иверање у сјечини.

У неким ситуацијама, транспорт грањевине обавља се у специјалним приколицама до мјеста за иверање. Yemshanov et al. (2014) утврдили су да је транспорт грањевине у компактном стању неефикасан с обзиром на густину. Савремени начин рада примјеном харвестера олакшава рад на коришћењу грањевине четинара. Харвестер израђује сортименте поред трасе, а на траси, после израде дрвних сортимената, остаје грањевина. Грањевину је могуће иверати у састојини, или транспортовати у расутом стању, или балирану, до мјеста иверања. Транспорт дрвног остатка у расутом стању из шуме до стоваришта, због мале запреминске масе, није ефикасан (Yemshanov et al. 2014). Zamora-Cristales and Sessions (2016) истраживали су употребу багера у комбинацији са трактором са приколицом и дошли до закључка да је примјена форвардера или трактора са приколицом најбоље рјешење на транспортним дистанцама до 100 м, а на дистанцама до 240 м треба користити два трактора са приколицама.

У брдско-планинским предјелима коришћење дрвног остатка знатно је комплексније. Највећи утицај на ефикасност рада имају карактеристике терена. У овим условима могућа је примјена разних метода и система рада. Метода кратког дрвета (сортиментна метода) најшире је примјењивана метода и најприхватљивија са еколошког аспекта. Међутим, када је у питању коришћење дрвне биомасе (огревног дрвета, целулозног дрвета и дрвног остатка), ова метода није добро технолошко рјешење. Повољније, али не и најбоље технолошко рјешење, представља дебловна метода. Погодна је у чистим сјечама и при раним проредама, док у скупинасто-пребирном систему газдовања није примјењива. Много боље технолошко рјешење је варијанта дијелова дебла чије дужине износе максимално 9,0 м. Дужина дијелова дебала треба да је прилагођена условима на терену, средству рада и начину транспорта, у циљу што ефикаснијег транспорта, али не по цијену смањења квалитативног искоришћења. За ефикасну примјену ове методе потребно је створити предуслове, као што су: адекватна припрема и организација рада, развијена мрежа тракторских путева и др.

Најповољнија метода за коришћење дрвне биомасе је метода цијелих стабала. Постоји велики број других ограничења, тако да је њена примјена сведена на чисте сјече (нпр. директну конверзију у изданачким шумама). Након сјече и обарања стабала, обавља се привлачење цијелокупне дрвне масе до привременог стоваришта. Једна од варијанти је иверање цијелог стабла и превоз ивера у фабрике за прераду, нарочито ако је лош квалитет дрвне масе. Друга варијанта подразумијева израду ивера само од дијела дрвне масе на привременом стоваришту, а остала дрвна маса се транспортује у постројења механичке прераде дрвета.

Имајући у виду предности и недостатке свих до сада познатих метода израде дрвних сортимената, ниједна од описаних метода није ефикасна када се користи дрвни остатак из шума у брдско-планинским условима. Рјешење може да буде у примјени "полудебловне методе лишћара са дијеловима крошње" која је развијена у циљу ефикаснијег коришћења дрвног остатка из лишћарских шума у брдско-планинском подручју (Danilović i sar. 2014).

Сјеча стабала обавља се моторним тестерама различите снаге (нарезивање грана обавља се моторном тестером мале снаге, а остале радне операције моторном тестером веће снаге у организационој форми рада 2МР). Гране и дијелови грана тањи од 3,0 цм са кором остају у шуми из разлога очувања земљишног потенцијала. Оборена и окресана стабла, претходним кројењем, дијеле се на сортименте који обезбјеђују формирање оптималног товара и максималног квалитативног искоришћења. Формирање товара врши се са више стајних тачака, како би оштећења на преосталим стаблима била што мања, а истовремено се формирао оптимални товар.

Коришћење дрвног остатка из четинарских састојина у брдско-планинским условима предмет је многобројних истраживања (Hakkila 2004; Laitila and Vaatainen 2012; Tamminen et al. 2012; Danilović et al. 2014). Истраживања су се углавном односила на примјену савремених технологија рада. Сјеча и израда дрвних сортимената обавља се моторним тестерама, а затим се цијела стабла привлаче мобилном жичаром, на којој је формиран кран са харвестерском главом. Харвестерском главом обавља се кресање грана и израда облог дрвета. Грањевина која остаје на стоваришту користи се као сировина у енерганама или топланама. Постоји могућност да грањевина буде иверана директно на стоваришту, превезена као компактна на веће стовариште и иверана или балирана, а затим бале транспортоване до постројења за производњу енергије, гдје се обавља иверање.

Превоз ивера обавља се камионима са сандучастим простором. Са повећањем транспортне дистанце, трошкови транспорта значајно расту, па је употреба више контејнера по камиону добро рјешење, јер се у том случају не прави уско грло (Anderson et al. 2013). Организација рада на пословима производње ивера углавном је подређена иверању. Положај иверача унутар читавог система рада одређује структуру материјала за транспорт и независност осталих средстава од рада иверача (Stampfer and Kanzian 2006). Иверање у сјечини ријетко се примјењује у брдско-планинским условима.

Најзаступљенија је варијанта иверања на камионском путу. Око 70% свих иверања у Финској обави се на камионском путу (Ranta and Rinne 2006; Junginger et al. 2005).

Проблем иверања на путу повезан је са величином стоваришта, јер је неопходно обезбиједити простор да камион и иверач буду један поред другог. Рјешење може да буде у раздвајању процеса рада, тако да су машине независне једна од друге. Поред тога, могуће је и оснивање централних стоваришта, гдје би се транспортовала дрвна биомаса у нестандардизованим приколицама, а потом, након сушења природним путем, иверала. Сушење дрвне биомасе у природним условима током љета показало се веома добро, јер је могуће осушити дрвни материјал на влажност од 15 до 25%.

У брдско-планинским условима опција је да се изврши претходно балирање дрвне биомасе, а потом њено транспортовање до постројења. Овакав начин рада може да буде ефикасан само ако је добра организација рада, односно ако се оптимално користи капацитет пресе. У супротном, трошкови производње ивера су велики. Учинак пресе износи од 15 до 25 бала по сату. Употреба стационарних иверача великог капацитета омогућава иверање различитих категорија дрвета, међутим учинак иверача значајно расте са повећањем учешћа вишеметарског дрвета већих димензија (Nakkila 2004). Превоз ивера обавља се камионима са сандучастим простором.

Утовар у камион може бити директан, током иверања, или индиректан, послје иверања. За директно иверање претходно је потребно обезбиједити груписање дрвног материјала, што повећава трошкове, јер је неопходно да иверач и товарни простор камиона буду један поред другог. Директно иверање је у великом броју случајева неизводљиво на камионском путу у брдско-планинским условима, па је потребно организовати производњу тако да се иверање обавља на централном стоваришту.

Симулациони модели су показали да су у одвојеном систему иверања и превоза ивера, трошкови мањи од 24 до 32% и поред тога што се јавља један утовар више (Stampfer and Kanzian 2006). Превоз дрвене биомасе са стоваришта до потрошача чини половину оперативних трошкова у ланцу снабдијевања (Acuna 2011; Audi et al. 2012). У шумарству користе се различити начини транспорта камионима, жељезницом и бродовима (баржама). Најраширенији је транспорт биомасе камионима. Постоји више приступа за оптимизовање транспорта дрвне биомасе на годишњем, мјесечном или дневном нивоу. У Шведској је развијен систем за оптимизацију транспорта, под називом FlovOpt, који обједињује ГИС са базом података и користи хеуристички приступ заснован на Tabu претраживању алгоритама. Уштеде које се постижу на нивоу су до 10%. Ови системи управо због економских разлога имаће у будућности све већу примјену и користиће се у све већем броју држава у свијету.

17.5. Постојећи и неопходни ресурси за остварење новог приступа

Дрвна биомаса, као обновљив енергетски ресурс, већ крајем прошлог вијека и на просторима бивше Југославије добија све већи значај (Данон и сар. 1997). Посљедњих 30 година одвијају се активности на промовисању употребе дрвне биомасе и проналажења оптималних технолошких рјешења за њену већу доступност. У шумама Републике Српске, као и у производним капацитетима дрвне индустрије, налази се значајна количина дрвне биомасе. Ову дрвну биомасу потребно је користити како би били остварени планови учешћа обновљиве енергије из биомасе у укупној потрошњи енергије. Дрвна биомаса налази се у шумама које се у Републици Српској простиру на 1.295.097 ха или око 52% њене укупне површине. У власништву Републике Српске налази се 75,9% ових шума, а у приватном власништву 22,7%. Шуме у власништву Републике Српске бољег су квалитета у односу на шуме у приватном власништву. Наиме, у шумама које су у власништву Републике преовладавају високе шуме са природном обновом које учествују са 56,33%, високе деградирани са 2,69%, изданачке са 19,79%, а остало су шумске културе и шуме неподесне за газдовање. У приватном власништву високе шуме са природном обновом учествују са 34,10%, високе деградирани са 0,6%, изданачке са 62,2%, културе са 0,4%, категорије шума подесне за газдовање са 2,3% и категорије шума неподесне за газдовање са површином од 0,4%.

Укупна бруто сјечива запремина на годишњем нивоу у државним шумама износи око 3,25 милиона м³. Од ове количине, на лишћарске врсте отпада 65,7%, а на четинарске 34,3%. У енергетске сврхе користи се огревно дрво и дрвни остатак, као и целулозно дрво. Потражња за целулозним дрветом посљедњих година је мала, што је утицало на то да се и дио овог дрвета користи у фабрикама за производњу пелета. Учешће огревног и целулозног дрвета у укупној нето количини израђених сортимената у шумама у власништву Републике Српске износи око 1,37 милиона м³ или 49,1%. Цјелокупна количина огревног и целулозног дрвета са неминираног подручја углавном се реализује на годишњем нивоу. Због прелаза на систем израде дугог огревног дрвета, у шуми остаје дио из категорије огревног дрвета, тањи комади и сјеченице. Ова количина додатно повећава учешће дрвног остатка (рашље, краћи ванстандардни комади, исјечци, грањевина и др.). Поред огревног дрвета, у шуми се налази велика количина дрвног остатка који чини потенцијалну сировину за енергију. Количина дрвног остатка, коју је реално и могуће искористити, процјењује се између 10 и 15% од свеукупне масе дрвета.

Ранија истраживања у Србији показују да је годишњи енергетски потенцијал у државним шумама од шумског остатка 27.526.020 GJ (Данон и Бајић 2005). Средства рада која су у употреби у шумарству Републике Српске су застарјела (просјечна старост око 20 година), посебно на пословима привлачења дрвних сортимената, па је у перспективи потребно радити на осавремењавању механизације. Савремена средства рада су технички, ергономски и еколошки знатно напреднија. Учешће сопствене механизације у процесу производње маће је заступљено у односу на приватни сектор. Стање механизације у приватном сектору није најбоље. Потребно је предузети одговарајуће мјере како би се стање поправило, а неке од мјера су: вишегодишњи уговори, реалне цијене рада, повољније кредитне линије од стране државе, подизање нивоа стручности запослених и др. Уколико се не предузму неке од мјера, извршење радова, као и њихов квалитет, биће на ниском нивоу. Република Српска располаже веома добрим стручним кадром у шумарству. Посљедњих година интересовање за овај позив је мање, али са правилном уписном политиком и увођењем иновативних технологија, могућности за запослење ће се проширити, како у шумарској струци, тако и у примарној и финалној преради дрвета. То ће иницирати и веће интересовање за ово занимање. Развој технике у шумарству и преради дрвета тече веома брзо и без континуиране едукације није могуће пратити технолошки напредак. Образовни систем треба да се мијења у складу са развојем друштва, а то је могуће само ако постоји подршка државних институција за обезбјеђење неопходних услова рада.

17.6. Утицај нових технологија на безбједност и квалитет производа, здравље људи и животну средину

Наука напредује веома брзо и омогућава нам да детаљније сагледамо утицај нових техника, метода и система на безбједност човјека и заштиту животне средине. Када упоредимо средства рада која су била раније у примјени и садашња средства рада, може се констатовати да је остварен велики напредак на пољу ергономије и екологије. У прошлости је углавном потенциран технички и економски аспект рада. Неке од предности савремених средстава рада односе се на примјену еколошких горива и биоразградивих уља. Потрошња горива смањена је у односу на старија средства, те је смањена и емисија штетних гасова у атмосферу. Ниво буке и вибрација некада је био главни фактор појаве инвалидитета код радника, а данас је смањен на прихватљиву мјеру, уз примјену свих мјера заштите. Унутрашњост кабине средстава рада на сјечи стабала и изради дрвних сортимената и средстава на пословима прве и друге фазе транспорта је

измијењена (уграђена су савремена ергономска сједишта, побољшано видно поље при раду, извршена климатизација, уграђена савремена информациона и комуникациона опрема). Због смањеног нивоа буке, мањи је и утицај на дивљу фауну. Негативне посљедице по земљиште знатно су ублажене унапређењем ходног система (уградња боги система, примјена широких гума и полугусјеница).

Дрво као енергетски материјал има низ предности у односу на фосилна горива: обновљивост, неутралност угљеника, минимално учешће сумпора и тешких метала и минимални садржај пепела. Због незнатног учешћа сумпора и тешких метала, сагоријевањем дрвета смањене су могућности за појаву киселих киша. Садржај пепела обично је мањи од 1% масе дрвета и може се користити за поправљање минералног састава земљишта (Bergman and Zerbe 2001). Квалитет производа од дрвета дефинисан је стандардима квалитета. Када је у питању ивер, квалитет је одређен стандардима CEN/TC 335. Према стандарду EN ISO 17225-1:2014, ивер треба да има поријекло, гранулометријску структуру, садржај воде и садржај пепела. Може да се прикаже и калоријска вриједност, насипна густина и температура синтеровања. Садржај азота и хлора треба обавезно навести, ако је ивер произведен од претходно хемијски третиране биомасе. Поред ових, велики значај у циљу обезбјеђења квалитета имају еколошки сертификат и сертификат о безбједности и квалитету производа.

17.7. Анализа ризика различитих утицаја на коришћење ресурса

Коришћење дрвне биомасе из шумских екосистема изложено је разним ризицима, а неки од њих су: појава ерозије, губитак органске материје, сабијање земљишта, појава клизишта, хемијска загађења земљишта и водних екосистема, закисељавање земљишта, појава инсеката и патогена и др.

Са повећањем производње енергије из дрвне биомасе, а посебно производње из дрвног остатка послје сјече, појавила су се различита мишљења о оправданости коришћења шумске биомасе за потребе производње енергије. Како би се дошло да поузданих информација о утицају коришћења дрвног остатка на промјене у шумском екосистему, извршена су истраживања утицаја коришћења дрвне биомасе на земљишни потенцијал, полазећи од тога да је за нормалан раст стабла потребно обезбиједити хранљиве материје (азот, калијум и фосфор) у довољној количини и сразмјери.

Биљка апсорбује хранљиве материје потребне за раст из земљишта, а дио тих материја враћа земљишту у виду лисне масе (Ukonmaanaho et al. 2008). И поред тога што се већи дио минералних материја налази у листу, пупољцима и плодовима, у циљу очувања земљишних потенцијала, одређену количину биомасе (гране тање од 3 цм) послије сјече потребно је оставити у шуми (Danilović i Gačić 2014). При отпреми техничког облог и просторног дрвета дио хранљивих материја из шуме се изнесе, али знатан дио остаје у шуми у виду дрвног остатка (пањевина, грањевина и дијелови вретена стабла који нису погодни за коришћење).

Коришћење ових дијелова стабла предмет је полемике у стручним и научним круговима, из разлога што је при коришћењу неминовно уклонити дио хранљивих материја, чиме могу да настану поремећаји у кружењу хранљивих материја. Боља земљишта отпорнија су на губитак хранљивих материја и промјене киселости земљишта због већег пуферског капацитета (Zetterberg et al. 2013; Vanguelova et al. 2010; Tamminen et al. 2012). Недостатак минералних материја у земљишту може се дијелом надокнадити враћањем пепела као нуспроизвода послије сагоријевања дрвета. Пепео садржи калијум и фосфор, два веома битна елемента за развој биљке. Додавање пепела корисно је на тресетним земљиштима, док на минералним земљиштима треба користити ђубрива богата азотом (Rinne 2007). Негативан утицај коришћења дрвног остатка из шуме на садржај хранљивих материја у земљишту може се јавити у краћем или дужем периоду, чак и након више деценија. Како би се избјегли негативни утицаји коришћења дрвног остатка, односно спријечио еколошки ризик, смјерницама у Финској препоручује се коришћење остатка само у шумама на квалитетним земљиштима, при чему треба оставити 30% дрвне масе грањевине (Krapfenbauer 1983; Sterba 2003; Hakkilä 2004).

Шума има велики утицај на водене токове јер упијајући воду смањује површинско отицање, филтрира воду и омогућује њено складиштење у дубље слојеве. Дио оборинске воде задржава се на крошњама стабала, а дио остаје на гранама жбунасте вегетације. У влажнијим климатским подручјима у мјешовитим састојинама, у просјеку 15% воде остаје на гранама стабала и испарава. Уклањањем стабала отвара се простор у шуми и стварају услови за повећано испаравање и већу сунчеву инсолацију, што доводи до загријавања површине тла. Сјеча стабала, израда и транспорт дрвних сортимената, обављају се масивном шумском механизацијом, која на влажним теренима при кретању сабија земљишта, смањујући водно-ваздушни капацитет и стварајући услове за површинско отицање воде (Lattimore et al. 2013; Neary and Koestner 2012). Правилним избором локације, времена сјече, величине и типа машина, могу се значајно

смањити утицаји радова коришћења шума на хидролошке токове у шуми. Истраживања у којима је обрађен утицај интензитета сјече на хемијски састав воде, показују да са повећањем количине дрвног остатка расте садржај хранљивих материја (Asikainen 2012).

Претпоставка је да количина угљеника која се емитује у атмосферу сагоријевањем дрвне биомасе, као и она која настаје распадањем дрвне биомасе, једнака је количини угљеника која се акумулира у току раста биљке. Циљ је да количина угљеника складиштена у дрвној маси и земљишту буде што већа, односно да емитовање угљеника у атмосферу буде што мање. Коришћење цјелокупне масе стабла у дужем временском периоду може да доведе до смањења залиха угљеника, али се истовремено смањује употреба фосилних горива, па је резултат, дугорочно гледано, позитиван. Биланс угљеника у шуми може се израчунати на више начина.

Рачунање емисије CO₂, као нулта вриједност у енергетском сектору, односи се на сагоријевање дрвне биомасе и промјену залиха у шуми због извршене сјече. Други начин је дефинисањем фактора емисије CO₂ за енергију добијену из шуме, на основу утицаја загријавања процијењеног будућег вишка угљеника или изосталог усвајања угљеника од стране биомасе. У првом случају, оквирно рачунање примјењује се у упутствима Међународног панела за климатске промјене (*The Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC), који је основа за Међународни извјештај о залихама (*National Inventory Report*, NIR) коју даје Оквирна конвенција Уједињених нација о климатским промјенама (*United Nations Framework Convention on Climate Change*, UNFCCC). Државе чланице ЕУ шаљу годишње међународне извјештаје о залихама угљеника у шуми, који је настао као резултат човјекових активности у шуми. Смањење угљеника представља емисију истог, док повећање залиха представља усвојени угљеник из атмосфере. Информације из ових извјештаја просљеђују се UNFCCC-у. Емисије усљед LULUCF (*Land Use, Land-Use Change and Forestry*) процјењују се на основу верификованих и конкретних промјена залиха угљеника.

Уколико држава чланица ЕУ премаши планирано смањење, добија кредите за испуњавање циљева. У супротном се биланс угљеника испод референтне тачке рачуна као емисија. Емисија угљен-диоксида и других гасова у атмосферу јавља се у цијелом ланцу производње дрвне биомасе за енергију. Количина емитованих гасова у појединим фазама зависи од више фактора, али је веома мала у поређењу са промјенама у билансу угљеника у шуми (Soimakallio 2014). Емисија угљеника при превозу шумске биомасе на краћим дистанцама до 200 км веома је мала, али на великим удаљеностима при увозу дрвета из иностранства је знатна.

Увоз пелета из САД до Велике Британије узрокује 30% емисије укупних гасова који се односе на употребу пелета (Dwivedi 2014). Поред транспорта, јавља се и емисија угљеника при процесима прераде биомасе. Разликује се ефикасност технологија које се користе у процесу прераде, а све више се ради на развоју технологија за ефикасну конверзију биогорива нове генерације.

17.8. Економско-тржишна анализа

Дрвна биомаса користи се у различитим облицима: комадно дрво, пелет, брикет и ивер. За потребе производње брикета и пелета углавном се користи дрвни остатак из примарне прераде дрвета и огревно дрво. Квалитет огревног дрвета дефинисан је националним, европским или интернационалним стандардима квалитета. Трговина дрвним пелетима у 2018. години износи 23,8 милиона тона или 26% више у односу на 2017. годину. Из перспективе произвођача из Сјеверне Америке, 2018. година била је једна од најбољих година за трговину дрвеним пелетима (Thran et al. 2019). Потражња за пелетом веома је изражена у САД, УК, Њемачкој, Француској, Аустрији, Данској, Шведској и Италији. Тржиште пелета у Италији има велики утицај на глобалну трговину. У 2018. години, Италија је увезла 2,3 милиона тона пелета. Ово тржиште, између осталих, веома је битно за произвођаче пелета из Републике Српске. Потрошња пелета у ЕУ за 2018. годину износи 26,1 милиона тона. Од ове количине, 60,5% односи се на производњу топлоте, а 39,5% коришћено је за производњу електричне енергије (European Pellet Council, Bioenergy Europe Pellet Report, 2019). Исте године у Европи је утрошено 7,0 милиона тона више него што је произведено, док је сјеверна Америка произвела 7,1 милиона тона више него што је потрошила.

Пелет који остаје на тржишту Републике Српске користи се за гријање. Цијене пелета доста су варијабилне и зависе од великог броја фактора, као што су квалитет пелета, вријеме испоруке, климатске прилике и др. Производне цијене такође варирају у зависности од: величине постројења, цијене улазне сировине, квалитета опреме и др. Коришћење дрвног остатка послѣ сјече намијењеног топланама и когенеративним постројењима упитно је са економског аспекта због великих трошкова производње. Ради се о дрвном материјалу малих димензија, на који се примјењује правило масе комада које гласи: „Што је мања запремина комада, то су трошкови по јединици производа већи“. Дрвни остатак за производњу енергије настаје као нуспроизвод прерађивачких капацитета и шумске производње. Потрошња дрвног остатка из дрвне индустрије ријешена је са развојем постројења за производњу пелета и брикета, док је потрошња дрвног остатка послѣ сјече

неупоредиво мања. Значајно учешће ове сировине у укупној потрошњи остварују САД, Канада, скандинавске земље, Њемачка, Јапан и др. У Републици Српској дрвни остатак послјије сјече минимално се користи и поред тога што постоји могућност да се искористи минимум 10% укупне запремине, узимајући у обзир стање састојина и орографске услове.

Развојем производних капацитета за коришћење биомасе и производњу ивера стварају се услови за запослење дијела становништва, претежно из сеоских средина. Запошљавања у биоенергетском сектору су већа у односу на друге секторе који користе обновљиве изворе енергије. У посљедње вријеме све више се говори о каскадној економији. Циљ каскадне економије је да рационализује коришћење биомасе као ресурса, односно да једном произведена биомаса може да се користи више пута. Због великих предности коришћења дрвне биомасе за енергију, многе земље су предузеле мјере којима стимулишу производњу енергије из дрвне биомасе. Мјере за стимулацију огледале су се у доношењу Закона и других правних аката којима се подстиче производња и промовише употреба биомасе. Олакшице су се односиле на субвенционисање производње кроз набавку опреме, пореске олакшице, нови начин уговарања сировине и др. (Ericsson et al. 2004, 2008).

17.9. Краткорочни и дугорочни правци развоја за побољшање стања

Коришћење дрвне биомасе за енергију у Републици Српској није на нивоу који се може оцијенити као задовољавајући и поред тога што је посљедњих година учињен велики напредак. Имајући у виду еколошке и економске користи које се остварују коришћењем дрвне биомасе, потребно је предузети мјере како би се тренутно стање побољшало. Мјере су различите, као што се разликује и временски период за њихово остварење. Будући правци развоја могу се подијелити на дугорочне и краткорочне. Дугорочни правци су стратешки и у њих се убрајају:

- повећање учешћа биоенергије у укупној производњи и потрошњи енергије у циљу смањења емисије CO₂,
- смањење енергетске зависности од употребе фосилних горива,
- повећање енергетске ефикасности,
- развој производних капацитета у циљу стварања веће додатне вриједности,
- обезбјеђење већих инвестиционих улагања у саобраћајну инфраструктуру у циљу повећања отворености шума,

- стварање предуслова за модернизацију средстава рада у шумарству и примарној преради дрвета у циљу смањења трошкова производње.

У краткорочне правце развоја убрајају се:

- стварање предуслова за набавку нове механизације и опреме (повољне кредитне линије и др.),
- обезбјеђивање инвестиција за изградњу постројења за производњу топлотне и електричне енергије,
- развој мултисекторске сарадње кроз партнерство са Привредном комором, регионалним развојним агенцијама и локалним самоуправама,
- обезбјеђивање већег учешћа локалне самоуправе у развоју пројеката који би допринијели бољем коришћењу биомасе,
- усвајање техничких стандарда и осталих прописа који се односе на одрживо коришћење биомасе.

17.10. Закључак

Република Српска се определијелила да активно ради на повећању енергије из обновљивих извора и да иста буде обезбијеђена углавном из дрвне биомасе. Потенцијали дрвне биомасе који су на располагању, до сада се користе парцијално. Огривно дрво и дрвни остатак главна су сировина намијењена постројењима за производњу пелета, брикета и постројењима за производњу комадног дрвета. Дрвни остатак из примарне и финалне прераде дрвета углавном се користи у фабрикама за производњу пелета, као енергент у сушарама и за производњу брикета. Дрвни остатак послјије сјече користи се незнатно, јер још увијек не постоји развијено тржиште за овај производ и трошкови производње са постојећим технологијама су велики. Средства рада на пословима коришћења дрвне биомасе углавном су амортизована и застарјела и увезена из западних земаља као половна. Слична ситуација је и у неким постројењима која набављају опрему из западних земаља као половну. Разлози за овакво поступање су економске природе. Набавка нових средстава исплатива је ако се максимално користи њихов капацитет и остварују реалне цијене при раду, што још увијек на тржишту Републике Српске није случај. Производи, као што су комадно дрво, брикет, пелет и угаљ, продају се на западноевропско тржиште. Дио производа остаје на тржишту Републике Српске за задовољавање сопствених потреба. Производња електричне и топлотне енергије није на задовољавајућем нивоу и поред тога што је акционим планом подржана њена производња до 2020. године.

Литература

- Acuna M (2017) Timber and Biomass Transport Optimization: A Review of Planning Issues, Solution Techniques and Decision Support Tools. *Croatian Journal of Forest Engineering* 38(2):279–290
- Acuna M, Brow M, Mirowski L (2011) Improving forestry transport efficiency through truck schedule optimization: a case study and software tool for the Australian industry. *Austro and FORMEC*, October 9-12, Graz and Rein, Austria
- Anderson N, Chung W, Loeffler D, Jones JG (2012) A productivity and cost comparison of two systems for producing biomass fuel from roadside forest treatment residues. *Forest Products Journal* 62(3):222–233
- Asikainen A, Ilvesniemi H, Sievänen R, Vapaavuori E, Muhonen T (2012) Bioenergia, ilmastonmuutos ja Suomen metsät. Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 240, pp 211, ISBN 978-951-40-2378-1
- Audy J, D'Amours S, Rönnqvist M (2012) Planning methods and decision support systems in vehicle routing problems for timber transportation: a review. Quebec, Canada, Interuniversity Research Centre on Enterprise Networks, Logistics and Transportation, pp 38–45
- Bergman R, Zerbe J (2001) Primer on Wood Biomass for Energy. *USDA Forest 1 Service, Wisconsin* pp 15
- Björheden R (2006) Drivers behind the development of forest energy in Sweden. In: Richardson J (ed) Sustainable production systems for bioenergy: impacts on forest resources and utilization of wood for energy. Proceedings of the third annual workshop of Task 31, Flagstaff, Arizona, USA, October 2003. *Biomass and Bioenergy* 30(4):289–295
- Björheden R (2017) Development of Bioenergy from Forest Biomass – a Case Study of Sweden and Finland. *Croatian Journal of Forest Engineering* 38(2):259–268
- Brady NC, Weil RR (2008) The nature and properties of soils. 14th edn. Preason Prentice Hall, Hall New York
- Васић Г (2015) Мулти-критеријумске анализе у дизајнирању енергетских политика орјентисаних ка подршци развоја обновљивих извора енергије. Докторска дисертација, Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду
- Vanguelova E, Pitman R, Luiro J, Helmisaari HS (2010) Long term effects of whole tree harvesting on soil carbon and nutrient sustainability in the UK. *Biogeochemistry* 101:43–59
- Guerrini L, Tirinnanzi A, Guasconi F, Fagarazzi C, Baldi F, Masella P, Parenti A (2019) A Plackett-Burman Design to Optimize Wood Chipper Settings. *Croatian Journal of Forest Engineering* 40(1):81–87
- Данон В, Николић М, Бајић В (1997) Биомаса шуме као значајан извор енергије. У: Ока С, Јовановић Љ, Биомаса обновљиви извор енергије. Монографија, Југословенско друштво термичара Београд, Институт за нуклеарне науке Винча, стр 29–51

- Данон Г, Бајић В (2005) Дрвна биомаса као (не)обновљиви извор енергије. Биомаса обновљиви извор енергије. Зборник радова у електронском облику, Агенције за енергетску ефикасност Републике Србије, Врњачка Бања
- Danilović M, Dedić A (2013) Wood biomass production in Serbian forests. Proceedings: IV Regional Conference Industrial Energy and Environmental Protection in South Eastern European Countries, Organization: Society of Thermal Engineers of Serbia, Divcibare, Serbia, June 26–29 2013, pp 9
- Danilović M, Gačić D (2014) Sustainable use of forest and hunting resources. Bulletin of the Faculty of Forestry, pp 25–50
- Danilović M, Grujović D, Milovanović B, Karić S (2014) Ocjena modificirane poludebljive metode listača sa dijelovima krošnje. Nova mehanizacija šumarstva 35:35–50
- Danilović M, Vorkapić A, Antonić S, Stojnić D (2014) Production of wood biomass in coniferous forests of the Republic of Serbia. Conference: Natural resources, green technology & sustainable development At: Zagreb, Croatia
- Danilović M, Milovanović B, Karić S (2012) Forest residue utilization in beech stands thinning. International Scientific Conference Forests in future –Sustainable use, risks and challenges, 4-5th October 2012, Belgrade, Republic of Serbia. Proceeding, pp 939–950
- Dwivedi P, Khanna M, Bailis R, Ghilardi A (2014) Potential greenhouse gas benefits of transatlantic wood pellet trade. Environmental Research Letters 9(2):024007
- Ericsson K, Huttenen S, Nilsson LJ, Svenningsson P (2004) Bioenergy policy and market development in Finland and Sweden. Energy Policy 32:1707e21
- Ericsson P, Cooper D (2008) The effectiveness of policy instruments in promoting bioenergy. Biomass Bioenergy 32(10):903e13
- Ericsson K, Nilsson LJ (2006) Assessment of Potential Biomass Supply in Europe Using a Resource-Focused Approach. Biomass Bioenergy 30:1–15
- European Parliament and the Council Of The European Union (2009) Directive 2009/28/Ec Of The European Parliament and of the Council
- European Pellet Council (2019) Bioenergy Europe Pellet Report
- Zamora-Cristales R, Sessions J (2016) Modeling Harvest Forest Residue Collection for Bioenergy Production. Croatian Journal of Forest Engineering 372:287–296
- Zetterberg T, Olsson B, Löfgren S, Brömssen C, Brandtberg PO (2013) The effect of harvest intensity on long-term calcium dynamics in soil and 87 soil solution at three coniferous sites in Sweden. Forest Ecology and Management 302:280–294
- Junginger M, Faaij A, Bjorheden R, Turkenburg WC (2005) Technological learning and cost reductions in wood fuel supply chains in Sweden. Biomass-and-Bioenergy 29(6):399–418
- Kanzian C, Holzleitner F, Stampfer K, Ashton S (2009) Regional energy wood logistics – optimizing local fuel supply. Silva Fennica 43(1):113–128
- Karjalainen T, Asikainen A, Ilavsky J, Zamboni R, Hotari KE, Röser D (2004) Estimation of Energy Wood Potential in Europe. Helsinki. Finnish Forest Research Institute. Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 6:41p+app2p

- Karpachev S, Zaprudnov V, Bykovskiy M, Scherbakov E (2017) Quantitative Estimation of Logging Residues by Line-Intersect Method. *Croatian Journal of Forest Engineering* 38(2):33–45
- Krapfenbauer A (1983) Von der Streunutzung zur Ganzbaumnutzung. *Centralblatt für das Gesamte Forstwesen*. *Croatian Journal of Forest Engineering* 27:143–174
- Lattimore B, Smith CT, Titus B, Stupak I, Egnell G (2013) Woodfuel Harvesting: A Review of Environmental Risks, Criteria and Indicators, and Certification Standards for Environmental Sustainability. *Journal of Sustainable Forestry* 32:58–88
- Leinonen A (2004) Harvesting Technology of Forest residues for fuel in the USA and Finland. Espoo 2004.VTT Tiedotteita. Research Notes 2229: 132p+app10p
- Laitila J, Vaatainen K(2012) Track transportation and chipping productivity of whole trees and delimbed energy wood in Finland. *Croatian Journal of Forest Engineering* 33(2):199–210
- Mihelič M, Spinelli R, Poje A, (2018) Production of Wood Chips from Logging Residue under Space-Constrained Conditions. *Croatian Journal of Forest Engineering* 39(2):223–232
- Moskalik T, Alexandru BS, Dvořák J, Ferencik M, Glushkov S, Muiste P, Lazdiņš A, Styranivsky O (2017) Timber Harvesting Methods in Eastern European Countries: a Review. *Croatian Journal of Forest Engineering* 38(2):231–241
- Николић С, Бајић В, Ђоковић П (1995) Енергетски потенцијал шума – дрво у енергетском билансу. Потенцијали шума и шумских подручја и њихов значај за развој Србије. Монографија, Београд
- Neary DG, Koestner K (2012) Forest bioenergy feedstock harvesting effects on water supply. *Wiley Energy and Environment* 1:270–284
- Ranta T, Rinne S (2006) The profitability of transporting uncomminuted raw materials in Finland. *Biomass and Bioenergy* 30(3):231–237
- Rinne S (2007) Biopolttoaineiden tuhkaa metsälannoitteeksi Finnish. [www.motiva.fi/files/3052/ Biopolttoaineiden _tuhkaa_ lannoitteeksi. pdf](http://www.motiva.fi/files/3052/Biopolttoaineiden_tuhkaa_lannoitteeksi.pdf) Accessed 20th November, 2014
- REN 21 (2007) www.ren21.net/reports/global-status-report/
- Silveira S (2001) Building sustainable energy systems – Swedish experiences. The Swedish National Energy Administration, pp 552
- Soimakallio S, Mäkinen T, Ekholm T, Pahkala K, Mikkola H, Paappanen T (2009) Greenhouse gas balances of transportation biofuels, electricity and heat generation in Finland – Dealing with the uncertainties. *Energy Policy* 37(1):80–90
- Stampfer K, Kanzian C (2006) Current state and development possibilities of wood chip supply chains in Austria. *Croatian Journal of Forest Engineering* 27(2):135–145
- Sterba H (2003) Growth after biomass removal during precommercial thinning. In: Limbeck-Lilineau B, Steinmüller Th, Stampfer K (eds) *Austro 2003: High Tech Forest Operations for Mountainous Terrain*, Institute of Forest Engineering, pp 1–9

- Thrän D, Schaubach K, Peetz D, Junginger M, Mai-Moulin T, Schipfer F, Olsson O, Lamers P (2019) The dynamics of the global wood pellet markets and trade - key regions, developments and impact factors *Biofuels Bioprod. Biorefining* 13(2):267–280
- Tamminen P, Saarsalmi A, Smolander A, Kukkola M, Helmisaari HS (2012) Effects of logging residue harvest in thinnings on amounts of soil carbon and nutrients in Scots pine and Norway spruce stands. *Forest Ecology and Management* 263:31–38
- Ukonmaanaho L, Merilä P, Nöjd, P, Nieminen T (2008) Litterfall production and nutrient return to the forest floor in Scots pine and Norway spruce stands in Finland. *Boreal Environ Res* 13:67–91
- United Nations (2015) UN Sustainable Development Summit
- FAOSTAT (2019) Data. Retrieved from FAOSTAT
- Hakkila P (2004) Developing technology for large-scale production of forest chips. Helsinki. Tekes. Technology Programme Report 6, pp 99
- Hakkila P (2006) Factors driving the development of forest energy in Finland. In: Richardson J (ed) Sustainable production systems for bioenergy: impacts on forest resources and utilization of wood for energy. Proceedings of the third annual workshop of Task 31, Flagstaff, Arizona, USA, October 2003. *Biomass and Bioenergy* 30(4):281–288
- Haavikko H, Kärhä K, Hourula M, Palander T (2019) Attitudes of Small and Medium-Sized Enterprises towards Energy Efficiency in Wood Procurement: A Case Study of Stora Enso in Finland. *Croatian Journal of Forest Engineering* 40(1):107–123
- Царић М, Солеша Д (2014) Биомаса као обновљив извор енергије и технологија за производњу биогаса – приручник за петодневни курс, стр 1–11
- Yoshida M, Sakai H (2014) Fuel Chip Supply System with Low Price Mobile Chippers. *Croatian Journal of Forest Engineering* 35(1):9–14
- Yemshanov D, McKenney DW, Fraleigh S, McConkey B, Huffman T, Smith S, (2014) Cost estimates of post harvest forest biomass supply for Canada. *Biomass and Bioenergy* 69:80–94
- WBA (2019) Global bioenergy statistics report. Stockholm, Sweden

Forestry products as renewable energy sources

Milorad Danilović, Ljupčo Nestorovski

Summary

The world's energy needs are growing, and fossil fuel resources are becoming less available, and it is certain that, in some period of time, they will disappear. In order to reduce the dependence on non-renewable energy, renewable energy has been increasingly used since the end of the last century. The most important source of renewable energy is biomass, and wood biomass is the most represented. The myth of cheap and easily available energy disappeared in the 70s of the last century after the great energy crisis. Then, it has become clear that the future could not be built on a single source of energy. The greatest success in the development of techniques and technologies for the utilization of wood biomass was achieved by the Scandinavian countries, which managed to put the traditional forestry sector in the function of biomass production for general use. Today, biomass energy production plays a key role in the strategies of many countries, with the aim of climate change mitigation.

At the Paris Climate Conference in December 2015, 196 countries adopted a binding global climate agreement. The governments of the participating countries have agreed to keep the average global temperature increase below 2 °C until 2100, compared to the pre-industrial period. Thanks to the insistence of small island countries that are the first to be hit by climate change, the agreement states that an effort will be made to limit the temperature increase to 1.5 °C (*United Nations*, UN 2015). Renewable energy consumption in the XXI century recorded a growth of 38.5%. Wood biomass for energy production is found in various forms (piece of wood, chipboard, pellets, briquettes, etc.), and about 50% of the energy produced from biomass is used in industrial plants, for heating residential and business premises, cooking, etc. A large number of EU countries will achieve the planned renewable energy quotas by 2020, and the tasks are set by 2030. They include a minimum of 40% reduction of greenhouse gas emissions, compared to level in 1990, providing a minimum of 27% of renewable energy and a minimum of 27% improvement in energy efficiency (European Pellet Council 2019).

In May 2014, the Government of the Republika Srpska published an Action Plan for the utilization of renewable energy sources. The Action Plan defines the share of renewable energy in the total final energy consumption in heating, cooling, electricity and transport. Energy production and consumption from

wood biomass are not in accordance with the potential. In order for more raw materials to be offered to the market, it is necessary to create preconditions for the application of potential, more efficient, technological solutions of wood biomass utilization in the conditions that characterize the forests of Republika Srpska. The problems that forestry faces with are related to low forest openness and outdated mechanization. Technological solutions are adapted to the utilization of technical roundwood and firewood intended for plants for mechanical and chemical wood processing. The new approach implies the application of technology that will enable the use of all categories of wood in accordance with sustainable management. New technological solutions should be technically applicable, environmentally friendly and economically profitable. There is a great variety of work technologies in the world, depending on the purpose of the forest and the orographic characteristics of the terrain.

Energy raw material from the forest is intended for heating plants, power plants, CHP plants (*Combined Heat and Power*), pellet and briquette plants. Firewood is used in power plants, heating plants, CHP plants, pellet and briquette production plants, dry distillation plants, coal production plants and small pieces of wood. In addition to firewood, there is wood residue and shrubby vegetation in the forest, which are used as raw materials for energy production. The wood residue in the forest is found in different forms and comes from different categories of wood. We can divide it into forest residue from stumps, from tree stem and from branches. The share of residue in relation to the gross volume of the tree differs for deciduous and coniferous tree species, as well as for stands of different quality. The wood residue after cutting and the bushy vegetation are intended for plants for the production of heat and electricity. The main problem when using wood residue from felling is its spatial arrangement. In such conditions, the costs of production (collection, loading and transport) are high, so the question of cost-effectiveness of use arises, given the low market value of the product.

Within forest utilization, there are several methods of making wood assortments that differ in terms of the place of production and the degree of work mechanization. The basis for distinguishing the methods are the terrain characteristics, the stand characteristics and the phase of forest care. On flat and slightly sloping terrains, there is a greater possibility of choosing the means used in the production process in relation to hilly and mountainous terrains. In hilly and mountainous areas, such as those in Republika Srpska, the use of wood residue is much more complex. The characteristics of the terrain have the greatest influence on the efficiency of work. In these conditions, it is possible to apply various methods and systems of work. Having in mind the advantages and disadvantages of all methods of making wood assortments that are known so far, none of the described methods is effective when using wood residue from

forests in hilly and mountainous conditions. The solution can be in the application of the *half-tree length method of broadleaves with crown parts*, which was developed with the aim of more efficient utilization of wood residue from deciduous forests in hilly and mountainous areas. The use of wood residue from coniferous stands in hilly and mountainous areas refers to the application of modern work technologies.

The cutting and production of wood assortments is done with chainsaws, and then the transport of whole trees by cable car, on which a crane with a harvester head is mounted. The brushwood that remains in the timber yard is used as raw material for power plants or heating plants. There is a possibility that the branches will be chipped directly at the timber yard, transported as compact to a larger timber yard, then chipped or baled, and then the bales will be transported to the energy production plant, where the chipping is performed. In addition to modern technology, there is a conventional technology that involves collecting branches and then transporting. This technology is technically applicable, but economically questionable.

The organization of work on chip production is mainly subordinated to chipping. The position of the chipper within the entire work system determines the structure of the material for transport and the independence of other means from the work of the chipper. Transportation of wood biomass from timber yard to consumers makes up half of the operating costs in the supply chain. In forestry, different modes of transport are used by trucks, railways and ships (barges). The most widespread is the transport of biomass by trucks.

The use of wood biomass from forest ecosystems is exposed to various risks, and some of them are: erosion, loss of organic matter, soil compaction, landslides, chemical pollution of soil and aquatic ecosystems, soil acidification, occurrence of insects and pathogens, etc. With the increase in energy production from wood biomass, and especially production from wood residue after felling, different opinions have emerged on the justification of utilization. The negative impact of the utilization of wood residue from the forest on the content of nutrients in the soil can occur in a shorter or longer period, and in some situations after several decades. In order to avoid the negative effects of wood residue use, especially to prevent environmental risk, the Finnish guidelines recommend the use of residue only in forests on high-quality soils, while leaving 30% of the wood mass of the branch. It is assumed that the amount of carbon emitted into the atmosphere by the combustion of wood biomass, as well as that caused by the decomposition of wood biomass, accumulates during plant growth. Using the entire mass of the tree over a longer period of time can lead to a reduction in carbon stocks, but at the same time the use of fossil fuels is reduced, so the result is positive in the long run.

The development of production capacities for the use of biomass and the production of chips provides the employment of a part of the population, mostly from rural areas. Employment opportunities in the bioenergy sector are higher, compared to other sectors that use renewable energy sources.

Having in mind the benefits of using wood biomass for energy, many countries have taken measures to stimulate the production of energy from wood biomass. Stimulation measures were reflected in the enactment of laws and other legal acts, which encourage the production and promote the use of biomass. The use of wood biomass for energy in Republika Srpska is not at a satisfactory level, despite the fact that great progress has been made in recent years.

Keywords: Forestry products, biomass, renewable energy sources