

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**

**APLINKOS INŽINERIJOS INSTITUTAS**

**Laurynas Virbickas**

**MIŠKO KIRTIMO ATLIEKŲ PANAUDOJIMAS BIOKURO  
GAMYBOJE**

Baigiamasis magistro projektas

**Vadovas**

Doc. dr. Jolanta Dvarionienė

**KAUNAS, 2016**

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**

**APLINKOS INŽINERIJOS INSTITUTAS**

**MIŠKO KIRTIMO ATLIEKŲ PANAUDOJIMAS BIOKURO  
GAMYBOJE**

Baigiamasis magistro projektas

Aplinkos apsaugos vadyba ir švaresnė gamyba

(kodas 621H17002)

**Vadovas**

Doc. dr. Jolanta Dvarionienė

**Recenzentas**

Prof. dr. Jolita Kruopienė

**KAUNAS, 2016**



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**

Aplinkos inžinerijos institutas

---

(Fakultetas)

Laurynas Virbickas

---

(Studento vardas, pavardė)

Aplinkos apsaugos vadyba ir švaresnė gamyba, 621H17002

---

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Baigiamojo projekto pavadinimas“

**AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA**

20 \_\_\_\_\_ m. \_\_\_\_\_ .

Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Lauryno Virbicko**, baigiamasis projektas tema „Miško kirtimo atliekų panaudojimas biokuro gamyboje“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

---

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

---

(parašas)

Virbickas, Laurynas. Miško kirtimo atliekų panaudojimas biokuro gamyboje. Magistro baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Jolanta Dvarionienė; Kauno technologijos universitetas, Aplinkos inžinerijos institutas.

Mokslų kryptis ir sritis: Technologijos mokslai, bendroji inžinerija.

Reikšminiai žodžiai: atsinaujinantys energijos ištekliai, biokuras, miško kirtimo atliekos.

Kaunas, 2016. 54 p.

## SANTRAUKA

Lietuvai didinant energijos gamybą iš atsinaujinančių energijos išteklių, pirmąją biomasės, t.y. kietojo kuro gamybą. Darbe apžvelgiama esama situacija Lietuvoje, užsienio šalių patirtis, galimas potencialas ir šios energetikos šakos vystymas darnaus vystymosi kontekste.

Analizuojama įmonės, kuri gamina biokurą Kauno apskrityje veikla. Skaičiuojama ar tikrai atsinaujinančioji, biokuro rinka yra tokia „žalia“ aplinkai, kaip teigia ankstesni tyrimai, teigiantys, kad deginant medieną į aplinką išsiskiria šiltnamio efektą sukeliančių junginių kiekiai, kurie yra sugeriami augalams augant. Viso to pasekoje pamirštama, kiek energijos suvartojama biokuro apdirbimui ir gabenimui, tuo labiau miško kirtimo atliekų panaudojimą biokurui, kurių apdirbimo kaštai yra sudėtingesni, gaunama mažiau energijos ją deginant.

Vykdyta mokslinės literatūros, teisinių dokumentų, statistinių duomenų analizės, taikyta švaresnės gamybos, kokybinio poveikio aplinkai vertinimo, emisijų iš mobilių taršos šaltinių metodai. Apskaičiuota, kokia aplinkos tarša gaunama gaminant biokurą iš malkinės medienos, miško kirtimo atliekų. Siūloma, kaip pagerinti įmonės veiklą. Svarstomi miško kirtimo atliekų panaudojimo biokuro gamyboje teigiami ir neigiami aspektai.

Apbendrinus tyrimo rezultatus matyti, kad norint turėti kuo mažesnę poveikį aplinkai ir pelningai vykdyti veiklą, biokuro gamyba iš miško kirtimo atliekų, turi būti gerai pasverta ir organizuota, galbūt net papildomai remiama ar persvarstyta miško kirtimo atliekų panaudojimo strategija Lietuvoje.

Virbickas, Laurynas. Forest Residues As A Biomass For Energy Production: Master's thesis. Supervisor assoc. prof. Jolanta Dvarionienė. Institute of Environmental Engineering, Kaunas University of Technology.

Research area and field: Technological Sciences, General Engineering.

Key words: renewable energy, biomass, biofuel, forest residues, logging waste, sustainability.

Kaunas, 2016. 54 p.

## SUMMARY

Lithuania is trying to increase energy production from renewable energy sources. Biomass takes first place in Lithuania's efforts to increase energy production from renewable energy sources, especially solid fuel. The paper provides an overview of the current situation in Lithuania, foreign experience, potential, and sustainable development in this kind of energy production.

The survey is about company activity, which produces biofuel in Kaunas county. Calculating does the renewable source – biofuel is truly "green" for environment as the previous studies, claiming that burning biomass release the same amounts of greenhouse gas emissions to an atmosphere that are absorbed while plants grow. As a result, it is forget how much energy is used in biofuel processing and transportation, even more biofuel from forest residues, which processing costs are more complex and less energy is obtained by burning.

Conducted of scientific literature, legal documents, statistical analysis, applied cleaner production, a qualitative assessment of the environmental impact of emissions from mobile sources of pollution methods. It is estimated the environmental pollution from the production of biofuels from firewood, forest residues. It is proposed to improve the company's performance. Considered about forest residues in biofuel production positive and negative aspects.

Review of all came to the conclusion that in order to have a minimal impact on the environment and to operate profitably, the production of biofuels from forest residues, must be well-balanced and organized, perhaps even additionally supported or revised about using forest residues for energy in Lithuania.

## TURINYS

|  |    |
|--|----|
| LENTELIŲ SĄRAŠAS .....   | 8  |
| PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS .....  | 9  |
| ĮVADAS .....   | 10 |
| 1. BOKURO SITUACIJOS ANALIZĖ.....                                  | 11 |
| 1.1. Europos sąjungos tikslai .....                                | 11 |
| 1.2. Teisės aktai reglamentuojantys biokuro gamybą Lietuvoje ..... | 12 |
| 1.3. Biokuro strategija Lietuvoje .....                            | 13 |
| 1.4. Biokuro skatinimas Lietuvoje.....                             | 14 |
| 1.5. Baltpool – Lietuvos biokuro birža.....                        | 15 |
| 1.6. Biokuro, miško kirtimo atliekų potencialas Lietuvoje .....    | 15 |
| 1.7. Biokuro, miško kirtimo atliekų naudojimas Lietuvoje .....     | 18 |
| 1.8. Kauno regiono pramonė ir biokuro panaudojimas .....           | 18 |
| 1.9. Darni plėtra.....   | 20 |
| 1.10. Biokuro rūšys.....   | 20 |
| 1.11. Kirtimo atliekų ruošos technologijos.....                    | 23 |
| 1.12. Medienos skiedrų gamyba.....                                 | 24 |
| 1.13. Biokuro lyginimas su iškastiniu kuru .....                   | 27 |
| 1.14. Biokuro panaudojimas darnaus vystymosi kontekste.....        | 29 |
| 1.15. Miško kirtimo atliekų panaudojimo neigiami aspektai .....    | 30 |
| 2. TYRIMO METODIKA .....   | 32 |
| 3. TIRIAMOJI DALIS.....  | 35 |
| 3.1. Apie įmonę .....  | 35 |
| 3.2. Technika .....  | 35 |
| 3.3. Finansiniai rodikliai.....                                    | 35 |
| 3.4. Pradinis aplinkosauginis įvertinimas .....                    | 37 |
| 3.5. Energijos kiekiai.....  | 40 |
| 3.6. Biokuro ištraukimas iš kirtaviečių.....                       | 41 |

|  |    |
|--|----|
| 3.7. Skiedrų gamybos procesas .....                    | 43 |
| 3.8. Transportavimas .....                             | 44 |
| 3.9. Sprendimų prioritizavimas .....                   | 45 |
| 3.10. Biokuro gamyba darnaus vystymosi kontekste ..... | 46 |
| IŠVADOS.....   | 48 |
| LITERATŪROS SĄRAŠAS .....                              | 49 |
| TEISĖS AKTŲ SĄRAŠAS .....                              | 54 |

**LENTELIŲ SĄRAŠAS**

|  |           |
|--|-----------|
| <i>1 lentelė. Miško kirtimų ir susidarančių atliekų kiekio prognozė (Dzenajavičienė ir kt. 2013).....</i>                              | <i>17</i> |
| <i>2 lentelė. Tyrimo metodikos seka .....</i>  | <i>32</i> |
| <i>3 lentelė. Įmonės metinės išlaidos .....</i>  | <i>37</i> |
| <i>4 lentelė. Miško kirtimo atliekų rinkimo efektyvumas su skirtingomis manipulatoriaus galvutėmis (GENERALINĖ MIŠKŲ URĖDIJA).....</i> | <i>43</i> |
| <i>5 lentelė. Esamo ir siūlomo įrenginio palyginimas.....</i>  | <i>44</i> |
| <i>6 lentelė. Sprendimų prioritizavimo matrica.....</i>  | <i>45</i> |
| <i>7 lentelė. Miško kirtimo atliekų ir malkinės medienos gamybos palyginimas aplinkosauginiu požiūriu. ..</i>                          | <i>47</i> |



## PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

|   |    |
|---|----|
| <i>1.1 pav. Nelikvidinių atliekų dalis, nuo viso tūrio (DZENAJAVIČIENĖ ir kt. 2013)</i> .....   | 17 |
| <i>1.2 pav. Kauno rajono savivaldybės valstybinės reikšmės miškų plotų schema (LIETUVOS RESPUBLIKOS VYRIAUSYBĖ 2002)</i> .....              | 19 |
| <i>1.3 pav. Darnaus vystymosi koncepcijos pagrindas</i> .....   | 20 |
| <i>1.4 pav. Medienos kuro rūšys</i> .....   | 21 |
| <i>1.5 pav. Medienos skiedrų kategorijos Lietuvoje (AB „GRIGEO GRIGIŠKĖS“)</i> .....  | 22 |
| <i>1.6 pav. Poveikis aplinkai gaminant biokurą skirtingų gamintojų technika (PRADA ir kt. 2015)</i> . ....                                  | 25 |
| <i>1.7 pav. Diskinis medienos smulkintuvas (JASINSKAS 2005)</i> . ....  | 26 |
| <i>1.8 pav. Būgninis medienos smulkintuvas JASINSKAS 2005)</i> . ....   | 26 |
| <i>1.9 pav. Sraigtinis medienos smulkintuvas (JASINSKAS 2005)</i> .....   | 26 |
| <i>1.10 pav. Plaktukinis trupintuvas (VARES 2007)</i> .....   | 27 |
| <i>1.11 pav. Būvio ciklo vertinimo principas šiltnamio efektą sukeliančių dujų balanso skaičiavimui (NAVICKAS, VENSLAUSKAS 2012)</i> . .... | 28 |
| <i>1.12 pav. Supaprastintas iškastinio ir biokuro būvio ciklo palyginimas (NAVICKAS, VENSLAUSKAS 2012)</i> . ....                           | 29 |
| <i>2.1 pav. Švaresnės gamybos apibrėžimas(KRIAUČIONIENĖ, STANIŠKIS 2012)</i> . ....   | 33 |
| <i>3.1 pav. Biokuro kainos kitimas 2015 metais (BALTPPOOL )</i> .....   | 36 |
| <i>3.2 pav. Biokuro gamybos iš miško kirtimo atliekų medžiagų ir energijos srautų diagrama</i> .....  | 38 |
| <i>3.3 pav. Biokuro gamybos proceso iš miško kirtimo atliekų medžiagų ir energijos balansas</i> .....                                       | 40 |
| <i>3.4 pav. Biokuro gamybos proceso iš malkinės medienos medžiagų ir energijos balansas</i> .....   | 40 |
| <i>3.5 pav. Biokuro apatinis šilumingumas, priklausomai nuo drėgnumo (VARES ir kt. 2007)</i> . ....   | 41 |

## IVADAS

**Temos aktualumas:** Iškastinių energijos šaltinių kaina, energetinės priklausomybės nuo kitų šalių ir tarša deginant iškastinį kurą, į aplinką išskiriant daug šiltnamio efektą sukeliančių dujų, didėjantis energijos poreikis pasaulyje, žemės ūkio produkcijos perteklius ir aplinkos tarša verčia ieškoti būdų, kaip geriau panaudoti vietinius atsinaujinančius energijos išteklius.

Augalinė biomasė, yra vienas svarbiausių atsinaujinančios energijos šaltinių Lietuvoje, sudaro didelę vietinio kuro dalį. Ankstesniais tyrimais teigta, kad biokuro naudojimas neišskiria į aplinką jokių papildomų šiltnamio efektą sukeliančių dujų, nes tokį patį jų kiekį augalai sugeria vegetacijos metu, augant. Deja, buvo pamirštas poveikis aplinkai jo gamybos metu. Miško kirtimo atliekos gali būti paliekamos natūraliai suirti miške, arba būti panaudojamos energijos gamybai, todėl reikia išsiaiškinti kuris būdas yra geresnis tiek aplinkosauginiu, tiek socialiniu ir ekonominiu požiūriais.

**Darbo objektas** – Miško kirtimo atliekų apdorojimas.

**Darbo tikslas** – Įvertinti miško kirtimo atliekų panaudojimo galimybes biokuro gamybai darnaus vystymosi kontekste.

### **Darbo uždaviniai:**

1. Atlikti biokuro gamybą reglamentuojančių teisės aktų analizę.
2. Atlikti miško kirtimo atliekų tvarkymo praktikos analizę.
3. Įvertinti biokuro, gauto apdorojant miško kirtimo atliekas, poveikį aplinkai gamybos metu.
4. Pateikti siūlymus darniam miško kirtimo atliekų naudojimui.

## 1. BOKURO SITUACIJOS ANALIZĖ

### 1.1. Europos sąjungos tikslai

Pagrindinis Europos Sąjungos teisės aktas reglamentuojantis atsinaujinančių išteklių naudojimą yra Europos Parlamento ir Tarybos 2009 m. balandžio 23 d. direktyva 2009/28/EB dėl skatinimo naudoti atsinaujinančių išteklių energiją. Direktyva 2009/28/EB numato atsinaujinančių energijos išteklių rinkos plėtros sąlygas, tarpusavyje sujungiant didesnę energijos vartojimo efektyvumą su atsinaujinančių energijos išteklių naudojimu. Ši direktyva įpareigoja numatyti centralizuoto šilumos tiekimo mechanizmus, skatinančius naudoti atsinaujinančių išteklių energiją. Joje taip pat nustatomi privalomi planiniai rodikliai, kuriais apibrėžiama, kokią bendro galutinio energijos suvartojimo dalį turi sudaryti atsinaujinančių išteklių energija. Lietuvai pagal šią direktyvą numatytas atsinaujinančių išteklių energijos dalies iš bendro galutinio suvartojamos energijos kiekio planinis rodiklis 2020 metais yra 23 procentai (Europos Parlamentas ir Europos Sąjungos Taryba 2009).

Po šios direktyvos buvo išleisti komunikatai, skirti rodyti gaires, kaip vykdyti užbrėžtus tikslus. Europos Komisijos komunikate „2020 m. konkurencingos, darnios ir saugios energetikos strategija (COM(2010)639)“, išleistu 2010 metais, nurodomos pagrindinės konkurencijos skatinimo, klimato kaitos, energetinės nepriklausomybės siekimo kryptys, kurių numatoma laikytis siekiant didinti energinį efektyvumą, stiprinti vartotojų teisių apsaugą bei pasiekti aukštą energijos tiekimo saugumo ir patikimumo lygį. Numatyta, kad Europos Sąjungos valstybės narės iki 2020 metų turi 20 procentų sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį, 20 procentų padidinti naudojamų atsinaujinančių energijos išteklių dalį ir 20 procentų padidinti energijos vartojimo efektyvumą. Siekiant didinti bendrą valstybės energijos vartojimo efektyvumo rodiklį, numatoma didinti pastatų energinį naudingumą (senų pastatų renovacija, reikalavimai naujai statomiems pastatams), transporto ir pramonės sektorių, energijos tiekimo ir gamybos sistemų energijos vartojimo efektyvumą (Europos Komisijos komunikatas Europos Parlamentui 2010). Kitais metais po šio komunikato išleistas papildomas dokumentas - „Energetikos veiksmų planas iki 2050 m. (COM(2011)0885)“. Šiame komunikate toliau plėtojami ankstesniuose dokumentuose įvardinti ES strateginiai tikslai (skatinti energijos vartojimo efektyvumą, plėtoti atsinaujinančių išteklių energetiką, diegti anglies dioksido išmetimą mažinančias priemones), tuo pačiu atsižvelgiant į ekonominius šalies rodiklius: tobulinti vidaus rinkos reguliavimo bei struktūrizavimo priemones, atsižvelgiant į vidaus rinkos plėtros tikslus, ir kainodaros mechanizmus, kainas grindžiant investicijų sąnaudomis, užtikrinti energetikos sektoriaus saugumą ir patikimumą, mažinti valstybių narių priklausomybę nuo įvairių rūšių kuro importo (Europos Komisijos komunikatas 2011). Šiuo metu vėliausiai išleistas Europos sąjungos dokumentas 2009 metų direktyvos tęstinumui užtikrinti yra komunikatas COM(2014) 0015, „klimato ir energetikos politikos strategija 2030 m.“, kuris yra sukurtas tęsti ir vykdyti užsibrėžtus tikslus dėl 2050 metų, nuo 2020 metų iki 2030 metų. Jos tikslas, kad būtų ir toliau efektyviai

didinama energija iš atsinaujinančių energijos išteklių, atsiribojimas nuo energijos importo šalyse, mažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį (Europos Komisijos komunikatas 2014).

2013 m. lapkričio 20 d. Europos Parlamento ir Tarybos sprendime Nr. 1386/2013/ES dėl bendrosios Sąjungos aplinkosaugos veiksmų programos iki 2020 metų „Gyventi gerai pagal mūsų planetos išgales“ numatyta siekti, kad ES ekonomika būtų konkurencinga ir taptų efektyviaus išteklių naudojimo, žaliaja ir mažo anglies dioksido kiekio technologijų ekonomika. Todėl turi būti užtikrinama, kad ne vėliau kaip 2020 metais visoje Europos sąjungoje būtų įgyvendinti užsibrėžti tikslai 2020 metams klimato ir energetikos srityje. Pasiekus šiuos tikslus nesustoti ir toliau tobulėti, siekiant, kad ne vėliau kaip 2050 metais išmetamųjų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekis sumažėtų 80–95 procentais, palyginti su 1990 metų lygiu (Europos Parlamentas ir Taryba 2013).

Tyrimais nustatyta, kad dauguma Europos Sąjungos šalių gali turėti daugiau nei pakankamai žaliavų 2020 metais patenkinti ILUC direktyvos planą. Be neigiamos įtakos aplinkai ir neeliminuojančios produkcijos iš kitų rinkų, ši lygį galima pasiekti tvariai naudojant žemės ūkio, miškų ūkio ir kitas biogenines atliekas (namuose susidarantis bioskaidžias atliekas). Per visą Europos Sąjungą, būtų galima sukurti dešimtis tūkstančių darbo vietų, kurios būtų susijusios su kuru iš įvairių tinkamų atliekų (įskaitant ir miško kirtimo atliekas) (SEARLE, MALINS 2016).

## **1.2. Teisės aktai reglamentuojantys biokuro gamybą Lietuvoje**

Pagrindinis teisės aktas nustatantis Lietuvos atsinaujinančią energetiką yra Lietuvos Respublikos atsinaujinančių išteklių energetikos įstatymas. Šis įstatymas nustato Lietuvos Respublikos atsinaujinančių išteklių energetikos sektoriaus valstybinio valdymo, reglamentavimo, priežiūros ir kontrolės bei veiklos atsinaujinančių išteklių energetikos sektoriuje organizavimo teisinius pagrindus, taip pat nustato energetikos tinklų operatorių, energijos iš atsinaujinančių išteklių gamintojų veiklos valstybinį reglamentavimą, priežiūrą ir jų santykius su kontrolę vykdančiomis institucijomis (Lietuvos Respublikos Seimas 2011).

Šio įstatymo tikslas – užtikrinti darnią atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo plėtrą, skatinant tolesnį naujų technologijų vystymąsi ir diegimą bei pagamintos energijos vartojimą. Laikytis visų Lietuvos Respublikos tarptautinių įsipareigojimų, aplinkos apsaugos, iškastinių energijos išteklių tausojimo, priklausomybės nuo iškastinių energijos išteklių ir energijos importo mažinimo bei kitus valstybės energetikos politikos tikslų. Atsižvelgti į energijos tiekimo saugumo ir patikimumo reikalavimus, taip pat į vartotojų teisių ir teisėtų interesų į atsinaujinančių energijos išteklių prieinamumą, tinkamumą ir pakankamumą, apsaugos užtikrinimo principus (Lietuvos Respublikos Seimas 2011).

Pagrindinis šio įstatymo uždavinys – užtikrinti, kad atsinaujinančių išteklių energijos dalis, palyginti su šalies bendruoju galutiniu energijos suvartojimu, 2020 metais sudarytų ne mažiau kaip 23 procentus. Siekiama, kad ši dalis toliau būtų didinama, nes to reikalauja Europos sąjungos aktai. Šį tikslą norima pasiekti panaudojant naujausias ir veiksmingiausias atsinaujinančių energijos išteklių technologijas ir skatinant energijos vartojimo efektyvumą (Lietuvos Respublikos Seimas 2011).

Kiti, su atsinaujinančia energetika susiję Lietuvos Respublikos teisės aktai:

- Lietuvos Respublikos atsinaujinančių išteklių energetikos įstatymas;
- Lietuvos Respublikos Energetikos įstatymas;
- Lietuvos Respublikos elektros energetikos įstatymas ;
- Lietuvos Respublikos Vyriausybės nutarimas 2012 m. liepos 4 d. Nr. 827 „Dėl atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo energijai gaminti skatinimo tvarkos aprašo patvirtinimo“;
- Lietuvos Respublikos energetikos ministro įsakymas 2013 m. spalio 22 d. Nr. 1–212 „Dėl veiklos elektros energetikos sektoriuje leidimų išdavimo taisyklių patvirtinimo“;
- Lietuvos Respublikos energetikos ministro įsakymas 2013 m. vasario 19 d. Nr. 1–33 „Dėl energijos iš atsinaujinančių išteklių gamintojo prievolių įvykdymo užtikrinimo pateikimo ir panaudojimo sąlygų ir tvarkos aprašo patvirtinimo“;
- Lietuvos Respublikos Vyriausybės nutarimas 2010 m. birželio 21 d. Nr. 789 „Dėl nacionalinės atsinaujinančių energijos išteklių plėtros strategijos patvirtinimo“;
- Atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo energijai gaminti skatinimo tvarkos aprašas;
- Veiklos elektros energetikos sektoriuje leidimų išdavimo taisyklės;
- Energijos iš atsinaujinančių išteklių gamintojo prievolių įvykdymo užtikrinimo pateikimo ir panaudojimo sąlygų ir tvarkos aprašas;
- Nacionalinė atsinaujinančių energijos išteklių plėtros strategija;
- Nacionalinis atsinaujinančių išteklių energijos veiksmų planas;
- Elektros energijos, pagamintos naudojant atsinaujinančius energijos išteklius, kilmės garantijų teikimo taisyklės.

### **1.3. Biokuro strategija Lietuvoje**

Lietuva yra įsipareigojusi ir išsikėlusį tikslus susijusius su atsinaujinančia energetika. Nacionalinės energetikos strategijoje dėl biokuro iškelti tikslai (Lietuvos Respublikos Energetikos Ministerija 2016):

- Naudoti visą ekonomiškai pateisinamą miško kirtimo atliekų potencialą;
- išnaudoti šiaudų potencialą;
- įveisti energetinių želdinių plantacijas ir nuolat plėsti jų plotus;
- organizuoti komunalinių atliekų rūšiavimą ir pastatyti šių atliekų deginimo įrenginius;
- didinti biodegalų naudojimą.

Lietuvos Respublikos atsinaujinančių išteklių energetikos įstatyme Lietuva taip pat yra numačiusi ir sektorinius tikslus – elektros energijos, pagamintos iš AEI, dalį, palyginti su šalies bendruoju galutiniu elektros energijos suvartojimu, padidinti ne mažiau kaip iki 20 proc., centralizuotai tiekiamos šilumos energijos, pagamintos iš AEI, dalį šilumos energijos balanse padidinti ne mažiau kaip iki 60 proc., o namų ūkiuose atsinaujinančių energijos išteklių dalį šildymui sunaudojamų energijos išteklių balanse padidinti ne mažiau kaip iki 80 proc. (Lietuvos Respublikos Energetikos Ministerija 2016).

Remiantis Lietuvos statistikos departamento paskelbtais duomenimis, užsibrėžtą 23 proc. tikslą Lietuva jau pasiekė – 2014 m. AEI dalis bendrame šalies energijos balanse viršijo penktadalį ir sudarė 23,86 proc. (padidėjo 0,91 p.p. lyginant su 2013 m.) (Lietuvos Respublikos Energetikos Ministerija 2016).

#### **1.4. Biokuro skatinimas Lietuvoje**

Lietuvos nacionalinėje šilumos ūkio programoje numatoma, kad pagrindinė kuro rūšis centralizuotai tiekiamos šilumos gamyboje turėtų būti biokuras. Iš jo pagaminta centralizuotai tiekama šiluma sudarytų apie 60 procentų 2017 metais, 2021 metai apie 70 procentų. Gamtinės dujos turėtų likti antroji pagal svarbą kuro rūšis centralizuoto šilumos tiekimo sistemose. Teikiant pirmenybę atitinkamos rūšies kurui, visais atvejais privaloma nuolat stebėti vietinių ir atsinaujinančių energijos išteklių potencialo tvarumą ir kainos kitimą. Pagal tai reikėtų planuoti konkrečias investicijas į šilumos energijos gamybą ir taip siekti užtikrinti mažiausiomis sąnaudomis pagrįstą šilumos kainą vartotojams (Lietuvos Respublikos Vyriausybė 2015).

Lietuvos Respublikos Vyriausybė yra nutarusi, kad siekiant patenkinti bazinius šilumos poreikius pirmenybę reikėtų teikti komunalines atliekas (kietąjį atgautąjį kurą) naudojančioms kogeneracinėms elektrinėms, biokurą ir biodujas naudojančioms kogeneracinėms elektrinėms ir tik galiausiai rinktis biokuro vandens šildymo katilus. Komunalinių atliekų (kietojo atgautojo kuro) ir biokuro kogeneraciniai įrenginiai visur, kur techniškai gali būti įrengiami, turi padengti bazinius ir iš dalies šildymo sezono poreikius, biokuro vandens šildymo katilus vis labiau išstumdami link pikinių apkrovų zonos. (Lietuvos Respublikos Vyriausybė 2015).

Lietuvos nacionalinės šilumos ūkio plėtros programos tikslai ir uždaviniai (Lietuvos Respublikos Vyriausybė 2015):

1. Mažinti šilumos energijos kainas ir aplinkos taršą, šilumos energijai gaminti naudojamo kuro balanse teikiant prioritetą atsinaujinantiems ir (ar) vietiniams energijos ištekliams;
2. Didinti vietinės konkurencingos elektros energijos gamybos apimtį, skatinant didelio naudingumo kogeneraciją;
3. Mažinti šilumos gamybos įrenginių taršą ir užtikrinti atsinaujinančius energijos išteklius naudojančių technologijų plėtrą;
4. Sumažinti šilumos perdavimo nuostolius.

Mažoms įmonėms yra teikiama parama Lietuvos kaimo plėtros 2014-2020 metų programoje, investicijai į miškininkystės technologijas. Šioje programoje gali dalyvauti labai mažos ir mažos įmonės, privačių miškų

turėtojai, savivaldybės. Remiama veikla šiuo atveju susijusi su biokuru yra: miškų ūkio modernizavimas, miško kirtimo, apvaliosios medienos ir medienos biokuro ruošos technologijų diegimas, paslaugų miškų sektoriuje teikimas (Europos Komisija 2016).

### **1.5. Baltpool – Lietuvos biokuro birža**

Siekiant pašalinti korupciją, suteikti lygias sąlygas prekybai biokuru tiek stambioms tiek mažoms įmonėms, buvo nuspręsta sukurti biokuro pirkimo/pardavimo biržą – Baltpool. Baltpool prioritinės veiklos kryptys – tai biokuro biržos veiklos vystymas ir viešuosius interesus atitinkančių paslaugų lėšų administravimas. Biržoje sandoriai vyksta internetu, todėl yra viešai prieinami visiems norintiems ir besidomintiems. Bendrovė įsteigta 2009 m. gruodžio 10 d., įgyvendinant 2009 m. liepos 7 d. LR Vyriausybės patvirtintą Elektros rinkos plėtros planą. „Baltpool“ yra Lietuvos energijos išteklių biržos operatorius, turintis teisę organizuoti prekybą biokuro produktais (BALTPOOL 2016).

„Baltpool“ akcininkai yra dvi stambios energetikos įmonės – Lietuvos perdavimo sistemos operatorius AB „Litgrid“ ir AB „Klaipėdos nafta“. Didžioji dalis akcijų priklauso valstybei. Vienas biržos operatoriaus valdybos narys yra Lietuvos Respublikos Energetikos ministerijos atstovas. Todėl „Baltpool“ uždaviniai tiesiogiai atspindi ir valstybės tikslą – didinti konkurenciją energijos išteklių rinkoje (BALTPOOL 2016).

Vykdamas energijos išteklių operatoriaus veiklą BALTPOOL siekia šių tikslų:

- Didinti biokuro sektoriaus skaidrumą ir patikimumą;
- skatinti konkurenciją ir rinkos vystymąsi;
- didinti biokuro sektoriaus standartizaciją, sukuriant aiškias taisykles, pagal kurias vienodomis sąlygomis konkuruotų visi rinkos dalyviai;
- didinti žaliavų prekybos efektyvumą;
- efektyvų, skaidrų ir teisingą viešuosius interesus atitinkančių paslaugų lėšų administravimą (BALTPOOL 2016).

### **1.6. Biokuro, miško kirtimo atliekų potencialas Lietuvoje**

2013 metais Lietuvoje iš viso biokuro buvo panaudota per 1 mln. tne. Prognozuojama, kad biomasės naudojimas šilumos tiekimo sektoriuje augs ir toliau. Iki 2021 metų pagrįstas vietinis potencialas Lietuvoje gali siekti iki 1,8 mln. tne. Šį potencialą sudaro apie 350 tūkst. tne malkinės medienos, 240 tūkst. tne kirtimo atliekų, 320 tūkst. tne medienos apdirbimo atliekų, 170 tūkst. tne medienos iš baltalksnynų kirtimų, 78 tūkst. tne – iš jaunuolynų ugdymo, 190 tūkst. tne – iš trumpos apyvartos energinių plantacijų ir 440 tūkst. tne šiaudų kuro (Lietuvos Respublikos Vyriausybė 2015).

2003 m., LEI-EREC parengė Europos Komisijos Altener programą, apie atsinaujinančios energetikos politiką Lietuvoje (RENEWABLE ENERGY POLICY REVIEW: LITHUANIA 2004), joje medienos kuro potencialas 2020 m., kaip ir Danijos ekspertų studijoje, įvertintas 9,8 TWh/metus.

Nors kasmet susidaro apie 2,5 mln. m<sup>3</sup> kirtimo atliekų, tačiau realiai biokurui galima panaudoti ne daugiau kaip 1 mln. m<sup>3</sup>, teigia Aleksandro Stulginsko Universiteto mokslininkai (ARMOLAITIS ir kt. 2008).

Kiekvienai metais planuodamos miško kirtimus, miškų urėdijos, biokuro gamybai numato paruošti optimalų kiekį miško kirtimo atliekų. Biokuro gamybai Lietuvoje sunaudojama mažiau negu pusė miško kirtimo atliekų. Kita dalis sunaudojama miško kirtimo metu valksmoms suformuoti, o taip pat paliekama dirvožemio derlingumui pagerinti. Taip pat ne visuose kirtimuose tikslinga panaudoti kirtimo atliekas biokuro gamybai, dėl mažo jų kiekio ar transportavimo ypatumų, ko pasekoje išauga jų ruošos kaštai. Valstybinės urėdijos neretai biokurui gaminti naudoja smulkius medelius ir krūmus, augančius pakelėse, melioracijos griovių pakraščiuose, bei miško kirtimo atliekas: medžių viršūnes, šakas, įvairias nuopjovas, smulkių medelių (skersmuo 1,3 m aukštyje < 5cm) stiebus, kitas atliekas (VĮ KAZLŲ RŪDOS MOKOMOJI MIŠKŲ URĖDIJA 2015). Galima dalyti prielaidą, kad daugiausia miško kirtimų atliekų biokuro gamybai būtų galima gauti turtingesniuose medynuose su spygliuočių poūkiais, nes blogesniuose medynuose nemaža dalis kirtimo atliekų paliekama biržėje dirvožemio praturtinimui (VĮ KAZLŲ RŪDOS MOKOMOJI MIŠKŲ URĖDIJA 2015).

1999–2000 m. buvo vykdytas bendras Lietuvos – Švedijos projektas „Medienos panaudojimo kurui plėtra Lietuvoje“ jame dalyvavo ir miškininkų atstovai – Rokiškio urėdija. Buvo nustatyta, kad bendras medienos atliekų, tinkamų energijos gamybai, tūris yra 2,7 mln. m<sup>3</sup>. (4,17 TWh/metus), iš kurių apie 0,8 mln. m<sup>3</sup> (1,67 TWh/metus) yra kirtimų atliekos, apie 0,8 mln. m<sup>3</sup> (1,67 TWh/metus) – medienos pramonės pjuvenos ir drožlės. Likusi dalis, apie 1,1 mln. m<sup>3</sup> (2,29 TWh/ metus), – malkos (ANDERSON, BUDRYS 2003). Į potencialą buvo įtraukta tiek malkos, tiek likvidinės medienos gamybos atliekos.

Per artimiausią dešimtmetį turėtų išlikti laipsniško paruošiamos medienos kiekių didėjimo tendencijos ir vidutinis per vienus metus visuose Lietuvos miškuose paruošiamas medienos kiekis turėtų pasiekti 7,5-8 mln. m<sup>3</sup> likvidinės medienos. Pažymėtina, kad apimtys yra vadinamos likvidinės (kartais dar vadinamos prekine) medienos kiekiais. Per metus ruošiant 7,5-8 mln. m<sup>3</sup> likvidinės medienos, nelikvidinis stiebų tūris siektų 1,3–1,4 mln. m<sup>3</sup> šakų tūris – 1,4-1,5 mln. m<sup>3</sup>, po žeme esančių kelmų dalies ir šaknų tūris – 1,85-2,0 mln. m<sup>3</sup>, o bendras nelikvidinių medžių dalių tūris – 4,6-4,9 mln. m<sup>3</sup>. Be to, papildomi nelikvidinės medienos kiekiai gaunami vykdant jaunuolynų ugdymo (iki 20 m. amžiaus medynuose) kirtimus, juose kertant smulkius medelius. Likvidinės medienos kiekiai šiuose kirtimuose labai maži, o nelikvidinės medienos kiekiai paprastai gaunami apie 15 kartų didesni (LITBIOMA 2013).

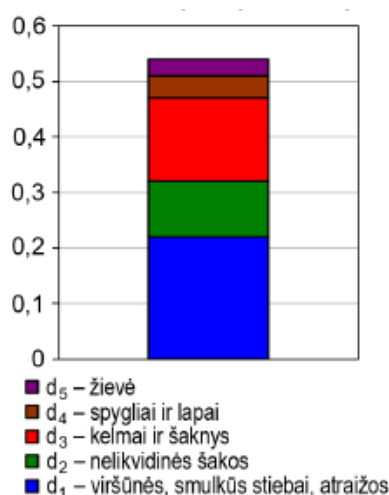
Potencialiai galimi panaudoti miško kirtimo atliekų kiekiai Lietuvoje parodyti 1 lentelėje:



1 lentelė. Miško kirtimų ir susidarančių atliekų kiekio prognozė (Dzenajavičienė ir kt. 2013)

| Laikotarpis | Kirtimų apimtis mln. m <sup>3</sup> /metus | Susidarančių kirtimo atliekų kiekis mln. m <sup>3</sup> /metus | Atliekų energinė vertė TWh/metus |
|-------------|--|--|----------------------------------|
| 2001–2010   | 6,3  | 0,975  | 3,03                             |
| 2011–2020   | 7,5  | 1,125  | 2,35                             |
| 2021–2030   | 8,3  | 1,245  | 2,6                              |

Esančių tyrimų duomenų nepakanka, kad būtų galima išsamiau nagrinėti nelikvidinių atliekų struktūrą. Orientaciniam vertinimui galima priimti, kad viršūnės, smulkūs stiebai, atraižos sudaro apie 34,3 % miško kirtimų atliekų, nelikvidinės šakos – 28 %, kelmai – 14,9 %, spygliai ir lapai – 1,4 % bei 11,4 % – padarinės medienos žievė (DZENAJAVIČIENĖ ir kt. 2013):



1.1 pav. Nelikvidinių atliekų dalis, nuo viso tūrio (DZENAJAVIČIENĖ ir kt. 2013)

Skirtinguose, tiek Lietuvos, tiek užsienio šaltiniuose, apie spyglių panaudojimą biokuro gamyboje, nebuvo pripažinta bendra nuomonė, tačiau apibendrinant autorių (MORIANA ir kt. 2015) tyrimus, matyti, jog jų darbuose pušies spygliai ir šakos laikomi puikia biomose, tinkama naudoti kietajam kurui (MORIANA ir kt. 2015). Apibendrinus visas rūšis - kietmedžių (ažuolo, skroblo) likučiai, kaip negyva mediena turi didesnę biologinę vertę, nei spygliuočių (eglės, pušies) likučiai (LASSAUCE ir kt. 2012).

Priėmus prielaidą, kad biokurą sudaro miško kirtimo atliekos, malkinė mediena, o nesant kitos paklausos arba esant tinkamai kainai kurui galima panaudoti ir popiermalkes bei plokščių gamybai tinkamą medieną, taip pat priėmus įvairių ekspertų pateiktas bendras (valstybinių ir privačių miškų) kirtimo apimtis, modelio pagalba atliktais tyrimais įvertinta, kad biokurui pastaraisiais metais, kai kirtimų kiekiai stabilizavosi, kurui būtų galima panaudoti: apie 780 tūkst. m<sup>3</sup> per metus kirtimo atliekų, 1 660 tūkst. m<sup>3</sup> per metus malkinės medienos, 1 230 tūkst. m<sup>3</sup> per metus popiermalkių ir 600 tūkst. m<sup>3</sup> per metus plokščių medienos. Iš viso tai sudarytų apie 4 250 tūkst. m<sup>3</sup> per metus biokuro (DZENAJAVIČIENĖ ir kt. 2013).

### **1.7. Biokuro, miško kirtimo atliekų naudojimas Lietuvoje**

Lietuvos biomasės energetikos asociacija teigia, kad kasmet energetikai Lietuvoje sunaudojama 4,4 - 4,8 mln. m<sup>3</sup> malkų ir kurui skirtų medienos atliekų, didžioji dalis – namų ūkiuose ( apie 3 mln. m<sup>3</sup>. ) (LITBIOMA 2013).

Pagal aplinkos ministro patvirtintą miško kirtimo apimtį, 2014–2018 m. valstybinius miškus valdančios urėdijos kasmet privalo pagaminti apie 300 tūkst. m<sup>3</sup> kirtimo atliekų. Dalis jų parduodama pagal ilgalaikes sutartis, dalis – pagal pusmečio susitarimus ar pavieniais fizinių asmenų pirkimais. Išaugus biokuro paklausai, urėdijos įpareigosios daugiau kirtimo atliekų rezervuoti skiedrų gamybai.

Centralizuotai šilumos gamybai 2013 metais buvo sunaudota apie 546 tūkst. tne gamtinių dujų, 42 tūkst. tne mazuto, 310 tūkst. tne atsinaujinančių energijos išteklių (medienos biokuras ir kita) ir apie 13 tūkst. tne kito kuro. Lietuvoje įrengta apie 260 mažų centralizuoto šilumos tiekimo sistemų, kurių duomenys oficialiojoje statistikoje nedetalizuojami, jų suvartoto kuro kiekis siekia iki 40 tūkst. tne. Iš viso centralizuotai tiekiamos šilumos gamybai buvo sunaudota 860–900 tūkst. tne kuro, atsinaujinančių energijos išteklių dalis sudarė apie 34 procentus. Kogeneraciniuose įrenginiuose elektros energijai gaminti sunaudota daugiau kaip 165 tūkst. tne kuro, iš kurio daugiau kaip 82 procentai – neatsinaujinantys energijos ištekliai (Lietuvos Respublikos Vyriausybė 2015).

Pagal atsinaujinančių išteklių energetikos įstatymą (Lietuvos Respublikos Seimas 2011), Lietuvos savivaldybės yra įpareigojamos parengti ir, suderinus su Vyriausybe ar jos įgaliota institucija, tvirtinti bei įgyvendinti atsinaujinančiųjų išteklių energijos naudojimo plėtros veiksmų planus, kuriuose turi būti naudojamas biokuras.

Pagal Lietuvių autorių atliktus tyrimus buvo sukurta biokuro gamybos potencialo ir gamybos vertinimo metodika bei atitinkamas modelis. Modeliavimas parodė, kad skiedros gamybą būtų galima padidinti 1 mln. m<sup>3</sup> per metus ir pagaminti dvigubai daugiau biokuro nei gaminama 2013m. panaudojant 10 % šiuo metu miške paliekamų kirtimų ir miško tvarkymo atliekų. Straipsnyje parodyta, kad visas potencialas sudarytų apie 4 250 tūkst. m<sup>3</sup> per metus biokuro (DZENAJAVIČIENĖ ir kt. 2013).

Kauno miškų ir aplinkos inžinerijos kolegijos specialistai yra sukūrę miško kirtimo atliekų kiekio įvertinimo metodiką ir nustatę, kad kasmet visose Lietuvos urėdijose bendras kirtimo atliekų tūris, kurį galima panaudoti nedarant žalos gamtai, gali siekti iki 0,78 mln. m<sup>3</sup> (TEBĖRA 2007).

### **1.8. Kauno regiono pramonė ir biokuro panaudojimas**

Kauno regione yra sėkmingai plėtojama ekonominė aplinka. Kauno regionas pažymimas kaip vienas tų, kuriuose sukurta gera investicinė aplinka, veikia daug pramonės įmonių, o ekonominiai rodikliai yra vieni geriausių.

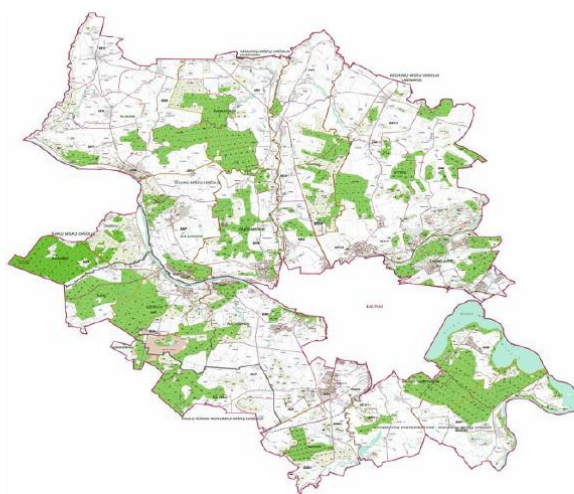
Sėkmingai Kauno rajono ekonominei plėtrai didelę reikšmę turi esami žmogiškieji ištekliai ir jų naudojimas darbo rinkoje – tai skatina spartesnę ekonominę rajono plėtrą. Taip pat pramonės plėtrą lemia didelis šalies verslininkų aktyvumas, įstojus į Europos Sąjungą, pagerėjusios eksporto sąlygos bei didėjanti ES

fondų parama. Didžiausias Kauno rajono išskirtinumas – tai viena palankiausių šalyje mokesčių aplinka. Savivaldybė taiko vienus mažiausių nekilnojamojo turto, žemės mokesčio ir verslo liudijimų tarifų. Tai prisideda prie sėkmingo investicijų, ypač materialinių, pritraukimo. Remiantis Lietuvos statistikos departamento duomenimis 2012 m. Kauno rajonui teko 166,46 mln. litų tiesioginių užsienio investicijų. Tačiau brangstanti darbo jėga, kylančios žaliavų kainos netrukus panaikins vieną pagrindinių Kauno rajono pramonės įmonių pranašumų – nedidelę darbų savikainą, todėl pagrindinis dėmesys turėtų būti skiriamas inovacijoms ir modernizavimui (LIETUVOS LAISVOSIOS RINKOS INSTITUTAS 2014).

Kauno rajono pramonė yra svarbi Kauno apskrīčiai, nes šiame rajone veikia 11,5 proc. visų Kauno apskrities pramonės subjektų. Pagrindinės pramonės veiklos sritys, plėtojamose Kauno rajone, yra žemės ūkio ir medienos produktų perdirbimas, durpių pramonė, mėsos ir pieno perdirbimas, baldų gamyba. Kitos svarbios veiklos rūšys yra statybinių medžiagų gamyba, žemės ūkio mašinų gamyba ir aptarnavimas, drabužių siuvimas. Atsižvelgiant į veiklos perspektyvumą ir pramonės specializaciją šiuo metu Kauno rajone reikėtų skatinti medienos ir medinių dirbinių gamybą, baldų gamybą ir kt. (LIETUVOS LAISVOSIOS RINKOS INSTITUTAS 2014).

Kauno rajone išskirtini tokie pagrindiniai stacionarūs taršos šaltiniai: rajoninės katilinės, pramonės įmonės, ligoninės ir mokyklos. Kauno rajone labiausiai atmosferos oras yra teršiamas iš rajoninių katilinių. Pastaraisiais metais katilinių išmetimai sudarė daugiau nei pusę visos oro taršos iš stacionarių taršos šaltinių. Aplinkos apsaugos agentūros duomenimis, Kauno rajone esančių katilinių, pramonės įmonių bei kitų stacionarių taršos šaltinių išmetimai nustatytų normatyvų didžiausios leistinos taršos (DLT) neviršija.

Kadangi Kauno rajonas yra pakankamai miškingas, todėl geografiškai yra palanku vykdyti veiklas, susijusias su miškininkyste bei medienos verslu. Kauno rajone yra daug miškų: miškais apaugę 32,8 proc. rajono žemių, tai prilygsta vidutiniam Lietuvos miškingumui (33,3 proc.). Rajonas yra tarp dviejų didelių miškų masyvų: vakaruose - Kazlų Rūdos miškai, o rytuose - Pravieniškių ir Būdų miškai. Miškingiausia yra vakarinė rajono dalis. Kauno rajono savivaldybės valstybinės reikšmės miškų plotai yra pateikti 1.2 paveiksle.



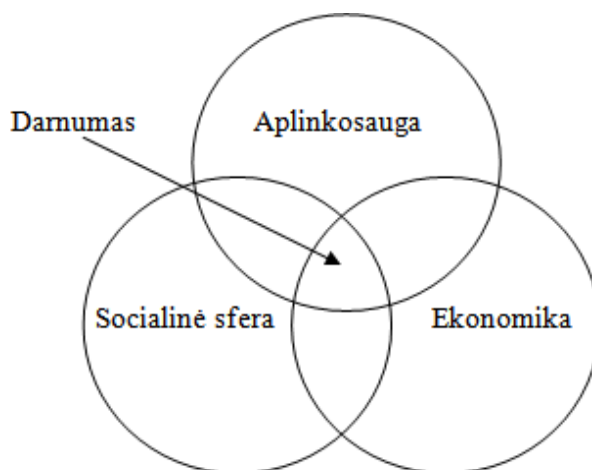
1.2 pav. Kauno rajono savivaldybės valstybinės reikšmės miškų plotų schema (LIETUVOS RESPUBLIKOS VYRIAUSYBĖ 2002)

Apibendrinant galima teigti, kad Kauno rajonas tampa vis labiau svarbus Lietuvos ūkio gyvenime - tai penkta pagal sukuriama šalies bendro vidaus produkto dydį savivaldybė, čia kasmet daugėja verslo subjektų, santykinai mažėja nedarbas, taip pat Pakaunėje daugėja gamyba užsiimančių įmonių. Kauno rajonas tai perspektyvi vieta steigti įvairioms gamybos įmonėms, plėtoti jau esamas gamybos šakas. Augant pramonei, kyla energijos suvartojimas, todėl jai patenkinti reikalinga biokuro pramonės šaka.

### 1.9. Darni plėtra

Problemos, su kuriomis susiduria šiuolaikinis pasaulis, paskatino sukurti naują visuomenės vystymosi koncepciją.

Darni plėtra (DP) – tai plėtra, kuri tenkina dabartinių kartų poreikius, išsaugodama galimybes būsimoms kartoms saugoti savuosius. Darni ir subalansuota plėtra gali būti apibrėžta, kaip žmonijos poreikių patenkinimas, darant kuo mažesnę neigiamą poveikį aplinkai. Siekiant užtikrinti subalansuotą ir darnią plėtrą, svarbu ne tik kiekybinė gerovė, bet ir kokybinė. Paprastai darnios plėtros apibrėžimai liečia socialinius, ekonominius ir ekologinius aspektus. Darnaus vystymosi koncepcijos pavaizdavimas parodytas 1.3 paveiksle.



1.3 pav. Darnaus vystymosi koncepcijos pagrindas

Koks bebūtų apibrėžimas, reikia visuomet klausti tris klausimus: (1) kas, kokioje formoje bei kokiame kontekste turėtų būti išlaikoma; (2) kokių laiku; ir (3) kokių socialinių procesų metu bei ko atsisakant. (KRIAUČIONIENĖ, STANIŠKIS 2012).

### 1.10. Biokuro rūšys

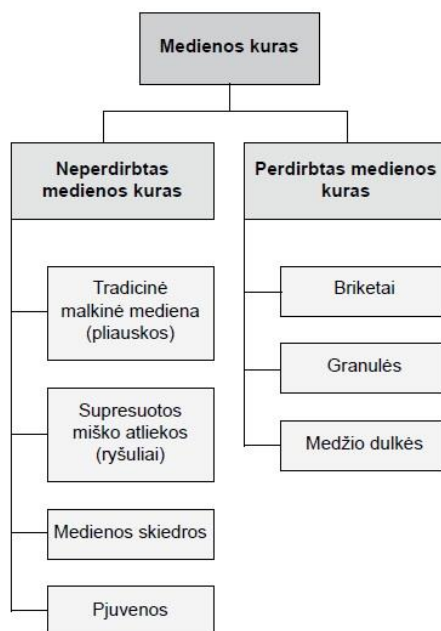
Biokuras – iš biomasės pagaminti degūs dujiniai, skystieji ir kietieji produktai, naudojami energijai gaminti.

Biokuro sąvoką apimančios medžiagos:

- miškų ūkio pramonės paruošta mediena;
- specialiai auginami energiniai augalai, iš jų gaminami pjuvenų briketai;

- biologiškai skaidžios atliekos – bet kokios atliekos, kurios gali būti suskaidytos aerobiniu ar anaerobiniu būdu, pvz., sodo atliekos, popierius ar kartonas;
- komunalinės atliekos;
- gamybinės (cukraus gamybos, grūdų, mėsos, žuvies, pieno perdirbimo, viešojo maitinimo ir kt.) atliekos;
- žemės ūkio (gyvulininkystės ir augalininkystės) atliekos;
- nuotekų valymo dumblas;
- sodų, parkų ir želdynų priežiūros atliekos.

Šiuo atveju, darbe tyrinėjame kietąjį biokurą, gaminamą iš medienos, galimos jo rūšys parodytos 1.4 paveiksle:



1.4 pav. Medienos kuro rūšys

Pagal žaliavos kilmę medienos kuras gali būti skirstomas ( žr. 1.4 pav. Medienos kuro rūšys) į kurą iš miškų, iš greitai augančių (energetinių) miškų bei pakartotinai panaudojamos medienos iš pramonės. Kuro rūšys, gautos iš miškų bei iš energetinių plantacijų, gali būti laikomos ekologiškai priimtinais, tačiau to negalima pasakyti apie pakartotinai naudojamą medieną. Paprastai tokia mediena būna impregnuota ir dažyta, joje būna įvairių priemaišų (metalo, stiklo, plastmasių ir t. t.), todėl tokios medienos apdorojimas yra sudėtingas. Dėl šių priemaišų vietoj medienos smulkintuvų turi būti naudojami specialūs trupintuvai, o deginimo technologijai bei emisijoms keliami griežtesni reikalavimai. Pakartotinai panaudotos medienos vartojimą greičiau jau galima būtų laikyti atliekų utilizavimu.

Kita galimybė – klasifikuoti medienos kurą priklausomai nuo to, ar kuras perdirbtas, ar ne. Neperdirbtu kuru laikomas kuras, kuris apdorojimo metu buvo tik supjaustytas arba supakuotas, tačiau jo mechaninės savybės išliko nepakitusios. Neperdirbtas kuras – tai tradicinė malkinė mediena, skiedros, supresuotos

medienos atliekos bei medienos perdirbimo atliekos (pjuvenos ir drožlės). Medžio briketai ir granulės yra priskiriamos perdirbtos medienos kuro rūšims.

Vykdamt skaičiavimus Italijoje, visoje biokuro energijos tiekimo grandinėje gauta, kad mažiausią neigiamą poveikį aplinkai turi malkos ir skiedros. Nustatyta, kad granulės turi didesnę neigiamą įtaką, dėl gamybos metu sunaudojamos elektros (GIUNTOLI ir kt. 2015). Žiūrint iš anglies neutralumo pusės, efektyviausias miškų valdymo būdas yra tas, kuris minimaliai išpildo reikalavimus, kitais žodžiais tariant, tas, kuris parodo lygius ar vos didesnius anglies atsargų kiekius lyginant su kirtimo atliekų nenaudojimo režimu (REPO ir kt. 2015).

Pasak Jean-Franc-ois Van Belle autoriaus (VAN BELLE 2006), gaminant medienos skiedras, labai svarbu yra frakcijos dydis, kuo didesnė frakcija, tuo mažesnis neigiamas poveikis aplinkai, kuro suvartojimas gaminant skiedras, didesnis išsiskiriantis energijos kiekis deginant.”

Atlikus tyrimus Airijoje gauta, kad palyginus šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį ir energiją reikalingą biokuro gamybai trumpos rotacijos želdiniuose, su biokuro gamyba iš miško kirtimo atliekų, pastarasis būdas yra mažiau neigiamas aplinkai (MURPHY ir kt. 2014).

Biokuro rūšių klasifikacija Lietuvoje pagal šiuo metu galiojančią „Prekybos biokuro produktais“ taisyklių redakciją skiria pagrindines medienos skiedrių kategorijas nurodytas 1.5 paveiksle.:

| Biokuro rūšis    | Kodas | Drėgnis, % nuo naudojamosios masės |       | Peleningumas, % nuo sausosios masės | Frakcijos dydis (ilgis-plotis-storis), mm |                        | Vidutinio leistino frakcijos dydžio dalis biokure. Ne mažiau nei (%) | Smulkiųjų frakcijos dydžio dalis biokure, ne daugiau nei (%) | Dominuojanti pirminė žaliava <sup>1</sup> |
|------------------|-------|------------------------------------|-------|-------------------------------------|---|------------------------|--|--|---|
|                  |       | Min.                               | Maks. | Maks.                               | Vid.                                      | Maks.                  |  |  |   |
| Medienos skiedra | SM1   | 20                                 | 45    | 2                                   | 50-50-20                                  | 150-60-20              | 90   | iki 1  | 1   |
| Medienos skiedra | SM2   | 35                                 | 55    | 3                                   | 50-50-20                                  | 150-60-20              | 80   | 5  | 2   |
| Medienos skiedra | SM3S  | 30                                 | 55    | 5                                   | 15-15-15                                  | 45 <sup>2</sup>        | 90   | 10   | 3   |
| Medienos skiedra | SM3S  | 35                                 | 60    | 5                                   | 50-50-20                                  | 150-60-20 <sup>3</sup> | 80   | 10   | 3   |

1.5 pav. Medienos skiedrų kategorijos Lietuvoje (AB „GRIGEO GRIGIŠKĖS“)

Kategorijos skirstomos į 3 grupes:

SM1 - padžiovinata malkinė mediena, medienos atraižos. Leidžiamos tik gamybos metu susidariusios smulkios dalelės.

SM2 - padžiovinata malkinė mediena, medienos atraižos, gamybos metu susidariusios smulkios dalelės ir medienos pramonės įmonių atliekos, sausų spyglių, lapų kiekis neturi viršyti 5 %. (papildomai prie smulkiųjų frakcijos)

SM3 - Padžiovinata malkinė mediena, medienos atraižos, gamybos metu susidariusios smulkios dalelės ir medienos pramonės įmonių atliekos sausų spyglių, lapų kiekis neturi viršyti 5 %. (papildomai prie smulkiųjų

frakcijos) ir papildomai miško kirtimo atliekos, kurias gali sudaryti žievė, miško kirtimo atliekos, pjuvenos, smulkinta mediena, medžio gabaliukai, taip pat leidžiami šiaudai ir rapsai. Pjuvenų ir augalinės biomasės neturi būti daugiau kaip 10 proc., žievės -30 % (AB „GRIGEO GRIGIŠKĖS).

### 1.11. Kirtimo atliekų ruošos technologijos

Ruošiant skiedras iš miško kirtimo atliekų, pagrindinės ruošos operacijos yra:

- kirtimo atliekų, ar smulkių medelių ugdymo kirtimuose, sukrovimas į krūvas prie valksmų;
- ištraukimas į miško sandėlį (aikštelę);
- smulkinimas mobiliu smulkintuvu;
- transportavimas į katilinę.

Priklausomai nuo to, kur atliekamas medienos smulkinimas, skiriamos 4 miško skiedrų ruošos sistemos:

1. Smulkinimas miške (medyne) mobiliu smulkintuvu su priekaba. Skiedros smulkintuvu išvežamos į miško aikšteles ir perkraunamos į skiedrovežius, kuriais vežamos galutiniam vartotojui. Jeigu atstumas labai nedidelis, skiedros gali būti transportuojamos smulkintuvo priekaboje.

2. Smulkinimas miško aikštelėje mobiliu smulkintuvu (skiedros vežamos skiedrovežiais galutiniam vartotojui).

3. Smulkinimas tarpinėse aikštelėse (terminaluose) (nesmulkinta mediena vežama į tarpines aikšteles, ir ten smulkinama, o skiedros vežamos skiedrovežiais galutiniam naudotojui).

4. Smulkinimas galutinio naudotojo kieme (nesmulkinta mediena atvežama į galutinio naudotojo aikšteles ir ten susmulkinama).

Lietuvoje dažniausiai taikoma smulkinimo miško aikštelėse sistema, nes nesusmulkintos medienos (kirtimo atliekų) pervežimas yra brangus dėl mažo jų glaudumo koeficiento.

Kirtimo atliekų ištraukimui iš biržės į smulkinimo aikšteles dažniausiai naudojama ta pati ištraukimo technika kaip ir apvalios medienos ištraukimui: medvežės (forwarderiai) arba miško traktoriai su savikrovėmis priekabomis. Siekiant didesnio kirtimo atliekų ištraukimo našumo, rekomenduojama naudoti specialias priekabas ir griebtuvus, pritaikytus kirtimo atliekų ištraukimui. Pvz. į savikrovę priekabą Patu 8T buvo pakrauta tik 3 m<sup>3</sup> kirtimo atliekų, kai apvalių sortimentų – 9,8 m<sup>3</sup> (MIZARAS 2006). Padidinti reiso krūvį galima bandyti didinant priekabos matmenis (prailginant, praplantinant, uždedant aukštesnius rungus) arba suspaudžiant kirtimo atliekas.

Tiek pagal atliktus tyrimus, tiek ir pagal įmonių strategijas matoma, kad medienos atliekų (žabų) savikaina (ZRK) skiedros gamybos aikštelėje labiausiai priklauso nuo miško ploto vienetė susidarančių atliekų kiekio (tankio) (AT) ir vidutinio atstumo iki smulkinimo aikštelės (ISA). Pasitelkus miškininkų tyrimų rezultatus, naudojamus atliekų ištraukimo iš miško atstumus (SADAUSKIENĖ 2009) pakankamu tikslumu galima aprašyti tiesine lygtimi:

$$\text{ZRK} = 60,18 - 0,0545 \cdot \text{AT} + 0,0218 \cdot \text{ISA};$$

čia AT – 1 ha plote susidarančių atliekų tūris m<sup>3</sup>;

ISA – vidutinis atstumas iki smulkinimo aikštelės m.

Lietuvoje nebuvo atlikta detalių studijų, kokia technika yra naudojama kirtimo atliekų išvežimui ar smulkinimui. Skiedrų gamintojai informuoja, kad kirtimo atliekų ištraukimui iš kirtaviečių į miško aikšteles dažniausiai naudojama ta pati technika kaip ir apvalios medienos ištraukimui: traktoriai su savikrovėmis priekabomis, medvežės. Medvežės naudoja daugiau kuro, todėl ištraukimo darbų savikaina išauga. Optimaliausiais lieka traktoriai su savikrovėmis priekabomis.

Šakas reikia krauti į kuo didesnes krūvas, kad iki jų deginimo spėtų pradžiūti. Tinkamiausia vieta kirtimo atliekų krūvose džiovinimui yra atvira, vėjuota vieta.

### **1.12. Medienos skiedrų gamyba**

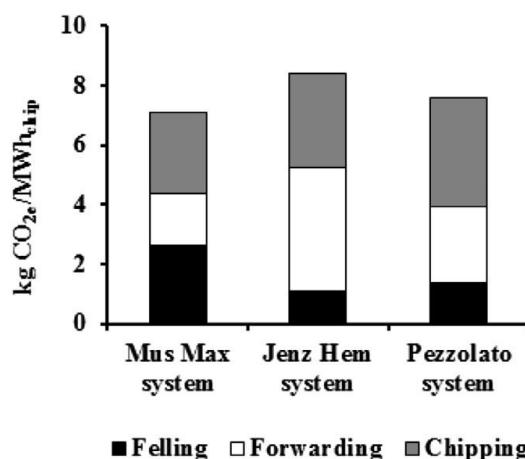
Energijai, gaunami iš miško pradžios, labai svarbus aspektas yra logistika. Dėl šios priežasties tinkamas medienos smulkinimas yra labai svarbus produkcijos gabenimo aspektas. Nuo jo priklauso dalelių dydis, tankumas, jų glaudumo koeficientas, tuo pačiu pervežimo mastai – logistika. Priklausomai nuo aplinkos sąlygų, yra manoma, kad būtent smulkinimas yra brangiausias ir tuo pačiu didžiausią neigiamą ekologinį efektą turintis veiksnys visoje medienos tiekimo grandinėje (SPINELLI 2011).

Smulkintuvų efektyvumą riboja mechaniniai, smulkintuvo operatoriaus ir organizaciniai veiksniai eikvojant laiką ir mašinos darbo/laiko efektyvumą (SPINELLI 2009). Kiti labiau specifiniai aspektai tokie kaip: kuro sąnaudos, medienos sąvybės, rūšys drėgmė, taip pat turi didelės įtakos skiedrų gamybos procese (SPINELLI 2011). Kita nemažiau svarbi dedamoji dalis yra smulkinamo medžio dalis (ASSIRELLI 2013).

Medienos skiedrų gamybos grandinės palyginimas su gamybos metu atsirandančiomis emisijomis yra būtina sąlyga norint apskaičiuoti šios energijos rūšies aplinkosauginį poveikį. Dėl šios priežasties reikalinga atlikti tyrimus, nustatant ribas ir emisijas iš kiekvienos gamybos grandies. Todėl vienas didžiausių miškininkystės uždavinių yra pasirinkti energijos gavybos technologiją labiausiai tinkančią vietovių, klimato, reljefo ir rūšių sąlygas. Daugiausia šioje srityje nuveikta šiaurinėje Europoje, kur yra geriau prieinamos medienos atsargos ir gerai išvystyta miškininkystės sistema (EERO 2010).

Ispanijoje atlikti tyrimai, dėl poveikio aplinkai gaminant biokurą, su skirtingomis ruošimo mašinomis pavaizduoti 1.6 paveiksle. Šių gamintojų technika vienos populiariausių ir Lietuvoje. Iš šių tyrimų duomenų matyti, kad mažiausias emisijas į aplinkos orą gamybos metu išskiria Mus Max firmos technika.





1.6 pav. Poveikis aplinkai gaminant biokurą skirtingų gamintojų technika (PRADA ir kt. 2015).

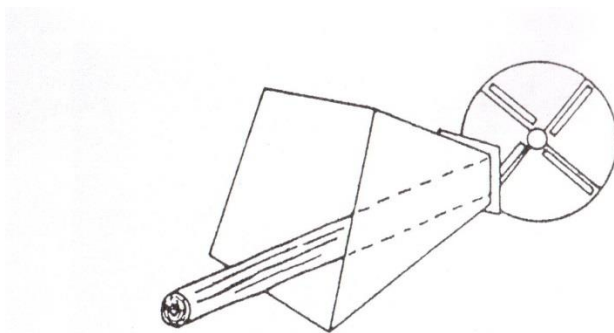
Tyrimais nustatyta, kad svarbu yra atsižvelgti į organizuotumą ir miškininkystės planavimą, o ne vien tik variklio galingumą, norint pasiekti aukštą produktyvumo lygį. Kadangi šiltnamio efekto dujų išsiskyrimas proporcingai didėja didėjant variklio galingumui, reikia orientuotis ne į variklio galingumą, bet į organizuotumą ir rasti optimalų variantą. Tik gerinant produktyvumą bus išleidžiama mažiau šiltnamio efektą sukeliančių dujų per funkcinį vienetą pagamintos medžiagos (PRADA ir kt. 2015).

Kanadoje atlikti tyrimai parodė, jog norint kuo efektyviau išgauti skirtingas energijos rūšis (šilumos gamyba, elektros gamyba) ir kuo mažiau į aplinką išleisti šiltnamio efektą sukeliančių dujų, atitinkamai turi būti naudojamos skirtingos medienos biokuro rūšys (lentpjūvių atliekos, miško kirtimo atliekos) derinant jas su skirtingomis deginimo ir energijos gamybos įrenginiais (CAMBERO ir kt. 2015).

Skiedrų gamybos įrenginiai sudaryti iš medienos tiekimo mechanizmo ir smulkintuvo. Medienos tiekimo mechanizme būna įtaisyti bunkeris ir hidraulinės sistemos varomi ritiniai, traukiantys medžius į smulkintuvą.

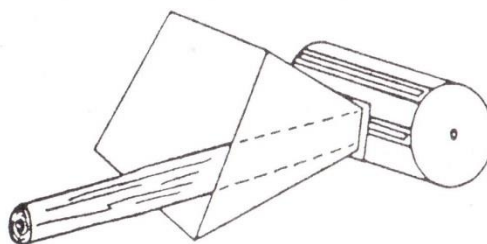
Medienai smulkinti naudojami trupintuvai ir trijų tipų smulkintuvai: diskiniai, būgniniai ir sraigtiniai. Jie skiriasi pačio smulkinimo mechanizmo konstrukcija. Tiekimo mechanizmai juose panašūs.

Diskinis smulkintuvas sudarytas iš besisukančio sunkaus disko, kurio išpjautuose, pailguose plyšiuose įtaisyti peiliai, išdėstyti radialiai nuo disko veleno ašies. 1.7 paveiksle. Dažniausiai kurui gaminti naudojamuose diskiniuose smulkintuvuose įtaisoma 2–4 peiliukai. Diskui sukantis, peiliukai praeina šalia nejudamai įtvirtinto priešpeilio plokštelės ir atpjauna tam tikro stambumo skiedrą. Pjaunamos drožlės storis reguliuojamas keičiant tarpą tarp peiliukų ir priešpeilio bei keičiant disko sūkių dažnį (JASINSKAS 2005).



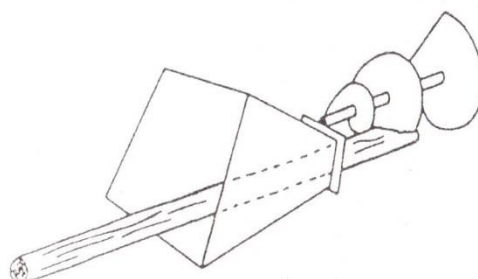
1.7 pav. Diskinis medienos smulkintuvas (JASINSKAS 2005).

Būgniniai smulkintuvai sudaryti iš besisukančio būgno, kuriame per visą plotį išpjautuose grioveliuose įtaisyti 2–4 peiliai. Procesas panašus, kaip ir diskinio smulkintuvo, besisukant būgnui, peiliukai praeina šalia nejudamai įtvirtinto priešpeilio plokštelės ir atpjauna nustatyto stambumo frakcijos skiedrą. 1.8 paveiksle frakcijos stambumas reguliuojamas taip pat kaip ir diskiniuose smulkintuvuose. Būgninio smulkintuvo pjaunamos drožlės frakcijos matmenys ne tokie tikslūs, kaip pjaunant būgniniu smulkintuvu, nes būgno peiliukams judant apskritimu, pjovimo kampas priklauso nuo medienos tiekimo krypties ir nuo stiebo skersmens (JASINSKAS 2005).



1.8 pav. Būgninis medienos smulkintuvas JASINSKAS 2005).

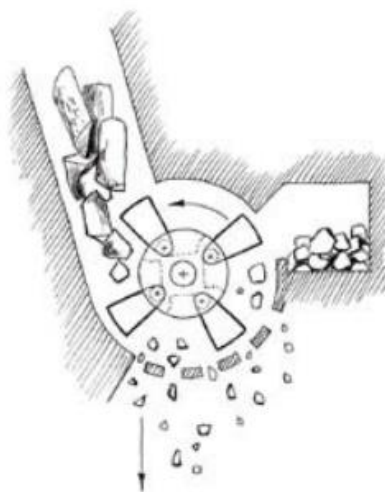
Trečio tipo smulkintuvai vadinami sraigtiniais. Šio tipo smulkintuve, kūginis sraigtas su užgaląsta išorine briauna pjauna skiedrą. Medieną palaipsniui drožia besisukantis sraigtas, kurio aštri išorinė briauna įsirežia į medieną. Technologijai taip pat būtini medienos tiekimo ritinėliai (JASINSKAS 2005).



1.9 pav. Sraigtinis medienos smulkintuvas (JASINSKAS 2005).

Lyginant skirtingus smulkintuvų tipus, sraigtiniai smulkintuvai gali pjauti ilgesnes skiedras, nei diskiniai ar būgniniai. Kai kurie jų, pjauna net 150 mm ilgio drožlę.

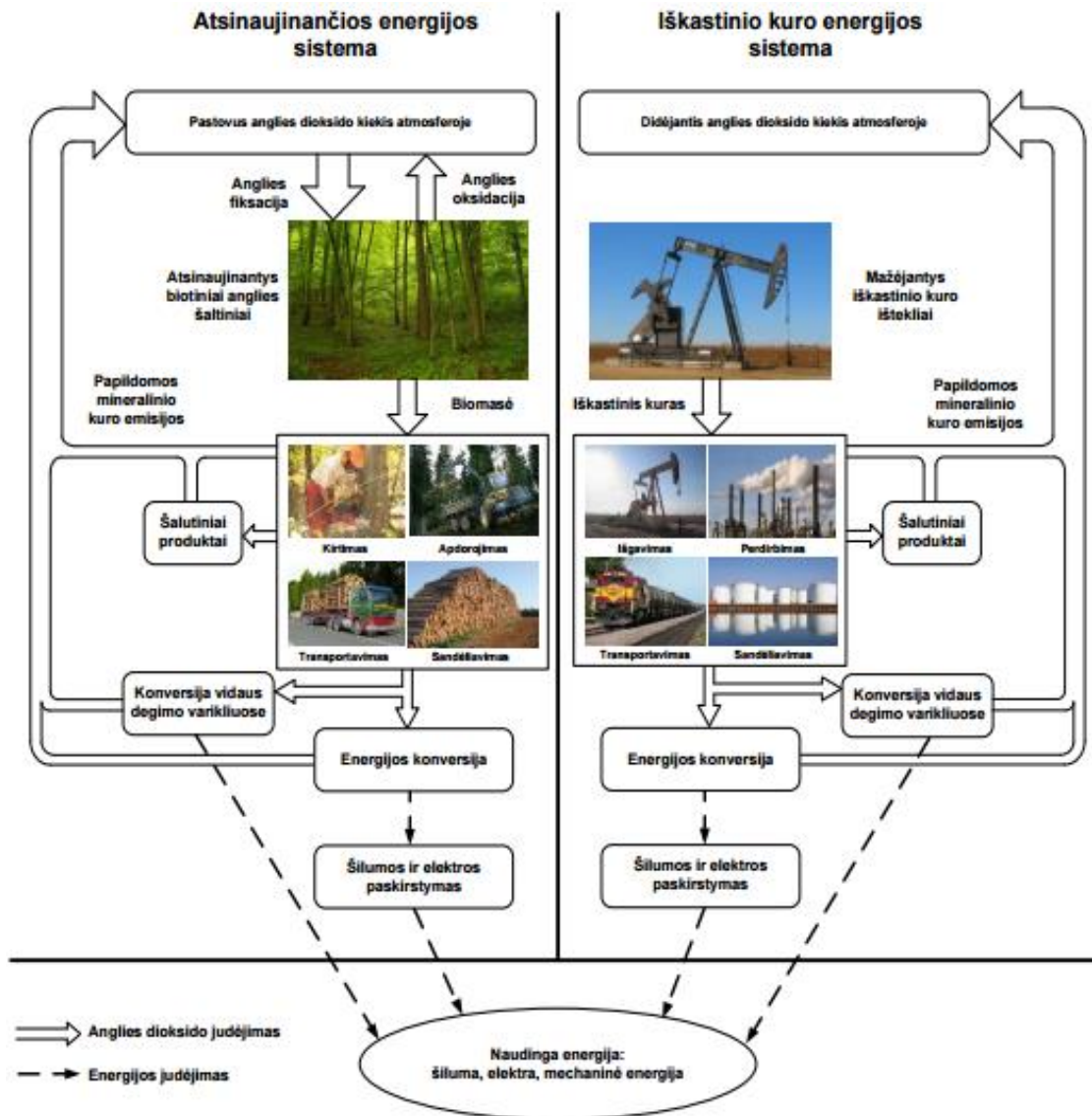
Taip pat, medienai smulkinti naudojami ir trupintuvai. Populiariausi yra plaktukiniai trupintuvai. 1.10 pav. Kitaip nei smulkintuvai, šie įrenginiai gamina traiškytą nevienodo dydžio ir formos medienos masę. Įrenginiai yra galingi ir brangūs, todėl ekonomiškai atsiperka tik masinėje medienos gamyboje. Šie įrenginiai naudojami, kai smulkinamoje medienoje yra priemaišų (dirvožemio, metalo, švirgždo), tai gali būti griautinė pastatų mediena, pramoniniai padėklai, miško kirtimo atliekos (VARES ir kt. 2009).



1.10 pav. Plaktukinis trupintuvas (VARES 2007)

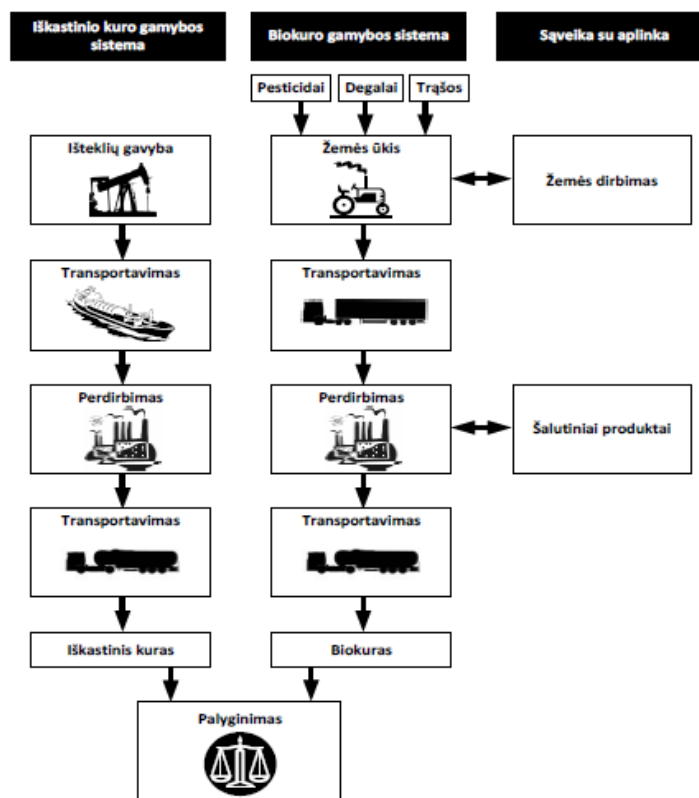
### 1.13. Biokuro lyginimas su iškastiniu kuru

Šiltnamio efektas įtakojamas biokuro, vertinamas jo anglies ciklo analize. Sekamas anglies kelias nuo to momento, kai jis fotosintezės būdu tampa biomase, iki to momento, kai kuras sudeginamas ir anglis  $\text{CO}_2$  pavidalu grįžta į atmosferą. Atsižvelgiant į tai, kad mineralinio kuro ir biokuro anglies srautų dinamika yra skirtinga, biomasės anglis skaičiuojama atskirai nuo mineralinių išteklių anglies. Didžiausias  $\text{CO}_2$  kiekis, išskiriamas į atmosferą, susijęs su kuro degimo procesu. Lyginant kuro poveikį aplinkai pagal deginiuose randamą anglies dvidegino kiekį, iš biomasės gauta anglies dalis iš skaičiavimų eliminuojama, nes išskirtas  $\text{CO}_2$  galiausiai suvartojamas naujos biomasės auginimui (NAVICKAS, VENSĻAUSKAS 2012). Iškastinio kuro ir atsinaujinančios energijos būvio ciklo vertinimo principas pavaizduotas 1.11 paveiksle:



1.11 pav. Būvio ciklo vertinimo principas šiltnamio efektą sukeliančių dujų balanso skaičiavimui (NAVICKAS, VENSLAUSKAS 2012).

Iškastinio kuro gavyba pasaulyje yra koncentruota ir išgautas kuras būna transportuojamas dideliais atstumais, taip papildomai veikiant aplinką. Biokuro naudojimas paremtas vietinių išteklių naudojimu, negabenant dideliais atstumais, o naudojant vietoje. Tai alternatyva šalims, kurios neturi iškastinių kuro rūšių. Būvio ciklo požiūris reikalauja išnagrinėti gaminio poveikį aplinkai nuo jo fizinio atsiradimo iki išnykimo. Supaprastintas biokuro ir iškastinio kuro būvio ciklo palyginimas 1.12 paveiksle:



1.12 pav. Supaprastintas iškastinio ir biokuro būvio ciklo palyginimas (NAVICKAS, VENSLOUSKAS 2012).

Švedijos mokslininkų teigimu, didžiausia pirminė nauda kalbant apie energiją ir klimato išsaugojimą yra tada, kai iškastinis kuras keičiamas biokuru, ir naudojamas elektros gamybai, šilumai ir transportui.

#### 1.14. Biokuro panaudojimas darnaus vystymosi kontekste

Biokuras, kaip ir kitos energijos rūšys turi įvairų poveikį aplinkai dėl jo savitumo. Klimato kaitos, aplinkosauginiu požiūriu, biomasė turi skirtingą poveikį. Klimato kaitą biomasė veikia 3 būdais:

1. Iš biomasės gaminama bioenergija gali pakeisti mineralinį kurą, tiesiogiai sumažinant emisijas;
2. Biomasė gali sukaupti anglį ir būti kaip saugykla;
3. Biomasės produktai gali pakeisti daugiau energijai imlius produktus, taip sumažinant jiems pagaminti naudojamus energijos kiekius, tuo pačiu viso jų būvio ciklo metu išsiskiriančius junginius, taip padidėtų anglies atsargos statybinėse konstrukcijose.

Darnumo kontekste privalo atsišpindėti ne tik aplinkosauginis, tačiau ir ekonominiai, socialiniai aspektai. Naudojant biokurą galima išskirti tokias ekonomines ir socialines naudas:

- Energetinis saugumas – biokuras mažina priklausomybę nuo kuro ir elektros importo;
- įgyvendinami Lietuvos įsipareigojimai atsinaujinančios energijos plėtrai - taupomi finansiniai šalies ištekliai, nes biokuro kaina mažesnė nei importuojamo iškastinio kuro;
- pinigai, sumokėti už kurą, pasilieka valstybės viduje – priešingai nei naudojant gamtines dujas ar importuojant elektrą;

- mokesčiai pasilieka savivaldybių ir valstybės biudžetuose, o ne iškeliauja į kitos šalies biudžetą;
- kuriamos papildomos darbo vietos tiek biokuro ruošimui, tiek biokurą naudojančios įrangos gamybai - papildomos pajamos valstybei;
- skatinamas mokslas, investicijos, specialistų ugdymas;
- didėja eksporto galimybės – tuo pačiu ir valstybės pajamos.

### **1.15. Miško kirtimo atliekų panaudojimo neigiami aspektai**

Neretai, dėl neapskaičiuotų ir nepagalvotų biokuro gamybos planų, jo ruoša būna nuostolinga ir neigiamai paveikianti vietinę ekosistemą – papildomai žalojama miško paklotė, keliai, medžiaga nekokybiška ir negaunamos numatytos pajamos.

Skirtingų tyrimų duomenimis teigiama, kad žemės paviršiaus temperatūros kilimas, biokurą naudojant vietoje gamtinių dujų, priklauso nuo kirtimo atliekų irimo greičio, laiko, energijos gavybos strategijos. Investuojant į ilgalaikę biomasės produkciją iš lėtai yrančios medienos (mažiau nei 2,7%/metus) nebus jokios įtakos klimato kaitos mažinimui iki 2100 metų, lyginant su dujų naudojimu. Pabrėžiama, kad viskas priklauso nuo biomasės irimo greičio ir biokuro naudojimo strategijos formavimo (GIUNTIOLI ir kt. 2015).

Medienos gavyba iš miškų popieriaus, baldų energijos gamybai generuoja didžiulius kiekius miško kirtimo atliekų, tai medžių viršūnės, šakos, žievė, kita neprekinė mediena. Šios medžių dalys paliekamos krūvose ar pasklidos, sukelia ir negiamą poveikį aplinkai (SIQUEIRA ir kt. 2010) ir kelia riziką kenkėjų atsiradimui, gaisrams, ypač šiltuoju periodu (THAKUR, SINGHA 2011). Kirtimo atliekų paėmimas iš kirtaviečių gali turėti pasekmių aplinkai, pavyzdžiui, pasikeitę dirvožemio maistingųjų medžiagų ciklai (LATTIMORE ir kt. 2009), dirvos erozija, išeklių, miško biologinės įvairovės, gyvūnų, grybų, kerpių, samanų buveinių sumažėjimus. (ASTROM 2005).

Sąsajos tarp negyvos medienos ir joje gyvenančių rūšių gausumo atrodo yra mažesnis vidutinio klimato juostos miškuose (Lietuvoje) lyginant su taigos miškais (LASSAUCE ir kt. 2011).

Mediena iš jaunuolynų ugdymo kirtimų nėra naudojama biokurui. Iškirta mediena yra paliekama supūti paskleista ugdomame plote. Pagrindinė priežastis, kodėl ši mediena nėra naudojama, yra ekonominė – ruošos savikaina yra didesnė nei galima kaina.

2006 metais Lietuvos miškų instituto atliktais tyrimais buvo gauta išvada, kad žaliavos skiedroms ruošos kaštai viršija jos kainas: ruošiant kirtimų atliekas – 9-21 Lt/m<sup>3</sup> (2,61-6,08 Euro/ m<sup>3</sup>), ugdant jaunuolynus – 8-41 Lt/m<sup>3</sup> (2,32-11,87 Euro/ m<sup>3</sup>), kertant nebrandžius baltalksnynus –10-19 Lt/m<sup>3</sup>(2,90-5,50 Euro/ m<sup>3</sup>). Tad, žaliavos katilinių skiedroms ruoša, daugumoje atvejų, yra nuostolinga (Lietuvos Miškų Institutas 2006).

Miško medžių kelmų mediena kuriai taip pat nėra naudojama. Iki šiol nebuvo paklausos šiems ištekliams, jų ruoša yra sudėtinga, reikalinga speciali technika, o ruošos savikaina yra didesnė nei galima kaina. Taip pat yra daug ekologinių bei socialinių priežasčių, dėl ko kelmų rovimas miške nėra pageidautinas.

Kelmų rovimas sukelia dirvožemio pažeidimus, todėl ekologiniu požiūriu tai nėra rekomenduotina praktika. Vienintelė Europos šalis, intensyviai (apie 1 mln. m<sup>3</sup> per metus ) naudojanti kelmų medieną, yra Suomija. Jeigu kelmų rovimas būtų pradėtas Lietuvoje pramoniniams tikslams, tikėtina, kad būtų keliami papildomi ribojimai jų ruošai. Mūsų šalyje nėra tokio darbo patirties. Reikalinga nauja technika: kelmarovės, specialūs traiškytuvai (brangūs ir galingi). Ilgas laikas nuo kelmų išrovimo iki jų sukūrenimo, ruošos išlaidos padengiamos tik maždaug po metų laiko. Neigiamas visuomenės požiūris į kelmų rovimą. Didelis priemaišų kiekis medienoje, sudegus lieka daug pelenų. Kyla jų utilizavimo problemų. Sezoniškumo įtaka: kelmų rovimas – nesant įšalo, medienos paklausa mažesnė ne šildymo sezonu.

Kartu su kirtimo atliekomis dažnai paimama ir žemė bei akmenys. Žemės buvimas apsunkina degimo procesą katilinėje, padaugėja pelenų kiekis, o į smulkintuvą patekę akmenys sulaužo smulkintuvų peilius.

Reikalinga padidinti leidžiamą didžiausią transporto priemonių svorį, nes nepilnai pakrovus skiedrovežius ar medienvežius didėja pervežimo kaštai, neigiamas poveikis aplinkai.

## 2. TYRIMO METODIKA

***Eksperimentui parinktas objektas*** – miško kirtimo atliekų panaudojimo biokuro gamybos procesas. Remiamasi UAB „XXX“ įmonės duomenimis ir ankstesniais moksliniais tyrimais. Įmonė užsiima medienos skiedrų smulkinimu ir pardavimu katilinėms Kauno regione. Metodinės analizės metu didesnis dėmesys bus skiriamas emisijoms gamybos metu tirti, gamybos efektyvumui didinti, mažinti sunaudojamų degalų kiekį, poveikį aplinkai.

***Tyrimo metodika*** sudaryta su tikslu palyginti daromą neigiamą poveikį aplinkai biokuro gamybos metu, naudojant miško kirtimo atliekas ir malkinę medieną, atskleisti galimybes diegti naujus įrenginius, siekiant mažinti poveikį aplinkai ir didinti gamybos efektyvumą.

***Tyrimo ribos*** – tiriamas biokuro gamybos procesas apima miško kirtimo atliekų ištraukimą, smulkinimą ir gabenimą į katilinę. Kirtimo atliekų susidarymas kirtavietėje yra įtraukiamas į miško kirtimo procesą ir biokuro gamyboje, taip pat šiame tyrime nėra skaičiuojamas. Ataskaitiniai metai – 2015.


Tyrimo duomenys gauti bendraujant su įmonės valdyba, darbuotojais, lietuvių ir užsienio mokslininkų straipsniais bei tyrimais, kitų Lietuvos įmonių atstovų apklausa.

Skiedros gamybos ilgalaikių ribinių sąnaudų analizei panaudoti miškininkų paskelbti duomenys. Skaičiavimai atlikti 20 tūkst. kub.m./metus kapotinės skiedros gamybos vienetui (įmonei). Tokios įmonės pagrindiniai techniniai ir ekonominiai rodikliai buvo išsamiai analizuoti Švedijos nacionalinės miškų ūkio valdybos bei Miškų ir saugomų teritorijų departamento prie LR Aplinkos ministerijos dvišaliame projekte „Medienos panaudojimo kurui plėtra Lietuvoje“ (BALTRUŠAITIS, ANDERSSON 2000).

### ***Tyrimui naudojamos metodikos ir metodai:***

2 lentelė. Tyrimo metodikos seka

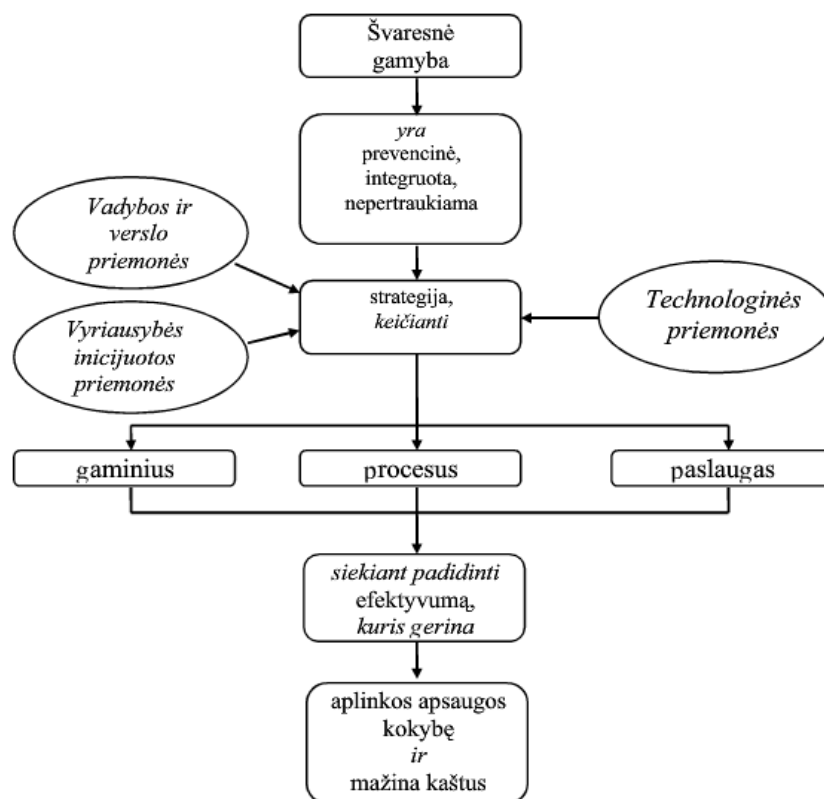
|   |
|---|
| Įmonės apžvalga, naudojama technika   |
| Įmonės finansiniai rodikliai  |
| Pradinis aplinkosauginis vertinimas – medžiagų ir energijos srautų diagrama   |
| Medžiagų ir energijos balansas gamybos metu ir išskirtinai kiekvienam gamybos procesui  |
| Teršiančių medžiagų, išmetamų į atmosferą iš mašinų su vidaus degimo varikliais vertinimas miško kirtimo atliekų ir malkinės medienos gamybos metu ir išskirtinai kiekvienam gamybos procesui |
| Šiltnamio efektą sukeliančių dujų – CO <sub>2</sub> apskaičiavimas biokuro gamybos metu   |
| Medienos šilumingumo skaičiavimas   |
| Švaresnės gamybos taikymas biokuro ištraukimui iš kirtaviečių, biokuro smulkinimo procesuose  |
| Sprendimų prioritizavimas taikant sprendimų prioritizavimo matricą  |





Švaresnė gamyba yra nuolatinis integruotas prevencinės aplinkos apsaugos strategijos taikymas gamybiniais procesais, produktams viso jų gyvavimo ciklo metu, siekiant padidinti gamybos efektyvumą ir sumažinti neigiamą poveikį žmonėms ir mus supančiai aplinkai. Šis terminas yra visapusiškas, t.y. apima procesus, produkciją, paslaugas; jų poveikius aplinkai bei žaliavų ir energijos suvartojimą.

Švaresnė gamyba šiuo metu plačiai taikoma daugelyje skirtingų pramonės šakų įmonėse. Taikant šią aplinkos apsaugos vadybos strategiją gamybiniais procesais sutaupoma žaliavų, vandens bei energijos sąnaudų, mažinamos ir teršalų, emisijų susidarymo galimybės, o taikant šią strategiją gaminio kūrimo stadijoje, įvertinus jo būvio ciklą, galima išvengti ar bent sumažinti neigiamą poveikį aplinkai. Vis daugiau įmonių šiuo metu investuoja į švaresnės gamybos projektus, siekdamos sumažinti resursų sąnaudas, susidarančių teršalų kiekį, taip efektyviai panaudodamos savo kapitalą technologinių procesų optimizavimui ir produktų gerinimui, o ne augantiems mokesčiams ir baudoms už aplinkos taršą apmokėti. Taikant švaresnės gamybos metodus padidėja įmonių gamybos efektyvumas, našumas, sumažėja tiesioginiai ir netiesioginiai gamybos kaštai, gamybos sąnaudos, produkcijos savikaina, padidėja pelningumas. Vizualiai švaresnės gamybos apibrėžimas pavaizduotas 2.1 pav.



2.1 pav. Švaresnės gamybos apibrėžimas (KRIAUCIONIENĖ, STANIŠKIS 2012).

Šiame darbe švaresnės gamybos galimybių vertinimas vykdomas biokuro prekyba užsiimančios įmonės veiklai apskaičiuoti. Įmonė įsikūrusi Kaune, vykdo veiklą Kauno regione. Pagrindinės biokuro prekybos veiklos yra biomasės (miško kirtimo atliekų, medienos) ištraukimas iš kirtaviečių, biomasės smulkinimas į

vilkikus ir biokuro pristatymas kliento katilinėms. Šios veiklos sritys, kaip daromą neigiamą poveikį aplinkai, bus tiriamos išsamiau.

Įmonės aplinkosauginis vertinimas atliekamas paruošiant medžiagų ir energijos balansus. Tai visuma rodiklių, kuriais išreiškiama kiekybinė lygybė tarp energijos, žaliavų, papildomų į įrenginį ar atskiriems procesams tiekiamų medžiagų sąnaudų bei pagamintos produkcijos, nuostolių, susidariusių atliekų, nuotekų, su nuotekomis ar į aplinkos orą išmetamų teršalų ir kt. Procesuose sunaudotų žaliavų, papildomų medžiagų, energijos ir susidariusių atliekų balansas naudojamas masės ir energijos srautams įrenginio arba atskiro proceso pradžioje ir pabaigoje kokybiškai ir kiekybiškai įvertinti.

Emisijos gamybos metu skaičiuojamos pagal Lietuvos Respublikos Ministerijos patvirtintą metodiką dėl teršiančių medžiagų, išmetamų į atmosferą iš mašinų su vidaus degimo varikliais, vertinimo. Pagal šią metodiką galima nustatyti mašinų ir kitų įrenginių, turinčių vidaus degimo variklius, išmetamų į atmosferą teršalų kiekį. Apskaičiuojama anglies monoksido (CO), angliavandenilių (CH), azoto oksidų (NO<sub>x</sub>), sieros dioksido (SO<sub>2</sub>) ir kietų dalelių (k. d.) masė sudegus dyzeliniam kurui, vidaus degimo varikliuose (Lietuvos Respublikos Aplinkos Ministerija 2009).

Šiltnamio efektą sukeliančių dujų – CO<sub>2</sub> vertinimas biokuro gamybos metu, skaičiuojamas pagal Europos aplinkos agentūros į atmosferą išmetamų teršalų apskaitos metodikos CORINAIR (*anglų kalba* – EMEP/CORINAIR Atmospheric emission inventory guidebook) duomenis (EMEP/EEA 2013).

Kad galima būtų palyginti skirtingų kategorijų procesų metu poveikius, jiems suteikiami statistinėmis vertėmis pagrįsti svoriai (VARŽINSKAS 2008). Tarp daugelio įvertinimo metodų, kaip vienu pagrindiniu ir labiausiai tinkamu šiame darbe pasirinktas kokybinis metodas (specifinis kiekvienam atvejui, pagrįstas ekspertiniu vertinimu), todėl naudojama sprendimų prioritizavimo matrica.

### 3. TIRIAMOJI DALIS

#### 3.1. Apie įmonę

Tyrimo objektu buvo pasirinkta UAB „XXX“ įmonė. Vidutiniškai įmonė susmulkina 108000 erdmetrių biokuro kasmet, skiedros glaudumo koeficientas kubinio metro atžvilgiu – 0,4, t.y. 43200 m<sup>3</sup> biokuro. Dirba 12 darbuotojų: direktorius, buhalterė, vadybininkas, 5 vairuotojai, 3 smulkinimo operatoriai, 1 traktorininkas.

Biokuro ištraukimui iš miško naudojamas 1995 m. gamybos, Belarus traktorius MTZ-82. Įmonėje naudojami 2 smulkintuvai: itališkas, 2003 metų gamybos, peilinio tipo Pezzolato PTH 900/1000 ir vokiškas, 1998 metų gamybos, plaktukinio tipo Doppstadt ak 421. Skiedras vežioja penkiais vilkikais Volvo FH 12, 1999-2006 metų gamybos.

Įmonė biokurą ruošai naudoja maksimaliu 50 kilometrų spindulio atstumu. Minimalus biokuro kiekis privalo būti bent 3 - 4 vilkikai t.y. 108 m<sup>3</sup>., kad pakaktų darbo dienai ir nereiktų pervežinėti technikos.

#### 3.2. Technika

Traktorius „MTZ-82“ naudojamas medienos, miško kirtimo atliekų ištraukimui iš kirtaviečių iki laikino medienos sandėlio (prie privažiuojamo kelio). Bendrais skaičiavimais nustatyta, kad 1m<sup>3</sup> miško kirtimo atliekų ištraukti traktorius vidutiniškai sunaudoja 2,29 litro dyzelinio kuro (žiūrėti: DZENAJAVIČIENĖ ir kt. 2013). Šakas traukia tik iš artimų atstumų, iš ne didesnio nei 1 kilometro atstumo iki laikino sandėlio dėl apsimokamumo, kaip ir siūlo mokslininkai.

Peilinis smulkintuvas „Pezzolato PTH 900/1000“ susmulkina 21600 m<sup>3</sup> medienos per metus. Gamina SM-1, SM-2, SM-3 stambumo frakcijas, tiek iš medienos, tiek iš atraizų ar šakų, tačiau labiausiai tinkamas yra malkinės medienos smulkinimui. Dirba 1 darbuotojas. Susmulkinti malkinės medienos biokuro (SM1), vienai vilkiko priekabai (36m<sup>3</sup>), vidutiniškai užtrunka 40 min., šakų (SM3) 120 – 150 min.. Vidutiniškai 1 m<sup>3</sup> medienos susmulkinti sunaudoja 1,5 litrus dyzelinio kuro.

Plaktukinis smulkintuvas „Doppstadt ak 421“ 1998 metų gamybos, 421 arklio galios. Per metus susmulkina vienodą kiekį biokuro – 21600 m<sup>3</sup>. Gamina tik SM-3 frakcijos skiedras, 36 kub.m. vidutiniškai užtrunka 60 min.. Dirba 2 darbuotojai. Vidutiniškai 1 m<sup>3</sup> biokuro pagaminti sunaudoja 1,58 litrus dyzelinio kuro.

5 Vilkikai „Volvo FH 12“ su specialiomis hidraulinėmis priekabomis, kuriose telpa 36 m<sup>3</sup> biokuro naudojami jo pervežimui iš miško sandėlio į klientų katilines. Važinėjama ne didesniais nei 50 km atstumais į vieną pusę. Vidutiniškai sunaudojama 40 litrų dyzelinio kuro 100 kilometrų važiavimo atstumo.

#### 3.3. Finansiniai rodikliai

Įmonės teigimu biokuro kainos dalis pasiskirsto taip:

- Medienos žaliava – 60-70 % ;

- Perdirbimo kaštai – 10-20 %;
- Transportavimas iki katilinės – 10-20 %;
- Pelnas – 5-10 %.

Norima pabrėžti, kad šie skaičiai varijuoja priklausomai nuo medienos rūšies, atstumų, rinkos kainos. Medienos žaliavos procentinė išraiška rodoma be traukimo, t.y. kaina sandėlyje.

Įmonė per metus pristato 21 600 m<sup>3</sup> malkinės medienos SM-1 biokuro skiedrų ir toki patį kiekį – 21600 m<sup>3</sup> miško kirtimo atliekų SM-3 biokuro skiedrų. Vilkike telpant 36 m<sup>3</sup> skiedros vidutiniškai ji sveria 28 tonas ir už tai malkinės medienos biokuro gaunama vidutiniškai 5,7 tonų naftos ekvivalento, miško kirtimo atliekų – 5,1 tonų naftos ekvivalento energijos.

Pagal Baltpool rinkos duomenis, Vidutinė biokuro kainos kaita 2015 metais Kauno apskrityje pavaizduota 3.1. pav:



3.1 pav. Biokuro kainos kitimas 2015 metais (BALTPPOOL )

Matyti, kad biokuro kainą lemia sezoniškumas, todėl pagal Baltpool rinkos sandorių duomenis, skaičiuojame bendrą 2015 metų vidurkį Kauno apskrityje. SM-1 klasės skiedra : 138,5 euro/tne., SM-3 klasės skiedra: 112,9 euro/tne.

Skaičiuojame įmonės pajamas iš malkinės medienos biokuro 2015 metais:

$$600 \times 5,7 \times 138,5 = 473670 \text{ eurų (be PVM);}$$

Iš miško kirtimo atliekų biokuro:

$$600 \times 5,1 \times 112,9 = 345474 \text{ eurų (be PVM);}$$

Pajamos už miško kirtimo atliekų traukimą:

$21600 \times 5,5 = 118800$  eurų (be PVM).

Viso įmonės pajamos iš biokuro 2015 metais – 1134912 eurų su PVM.

Įmonės išlaidos per metus eurais pavaizduotos lentelėje:

3 lentelė. Įmonės metinės išlaidos

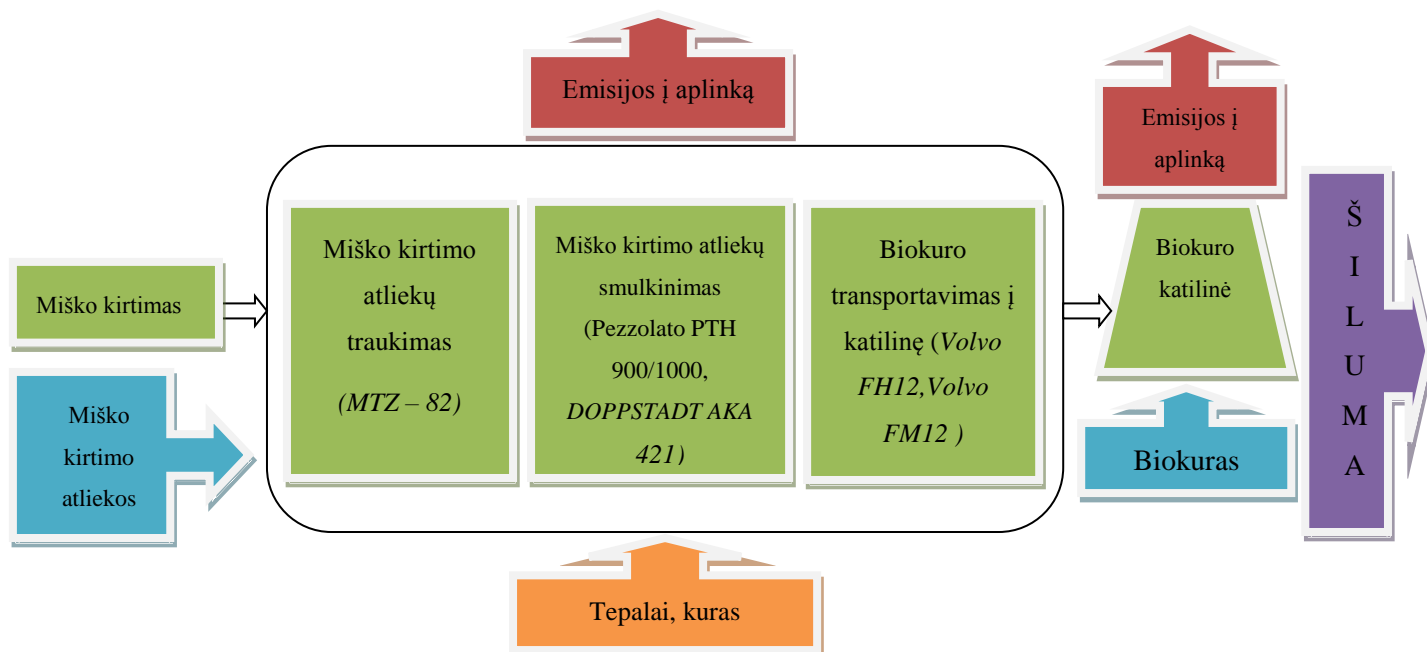
|                          |         |
|--------------------------|---------|
| Žaliavos kaina           | 604800  |
| Atlyginimai darbuotojams | 177800  |
| Dyzelinis kuras          | 272372  |
| Technikos remontas       | 24000   |
| Kitos išlaidos           | 13200   |
| Viso                     | 1092172 |

Įmonė per 2015 metus gavo 42740 eurų pelną. Kaip matome, jei nebūtų atliekama miško kirtimo atliekų ištraukimo paslauga, įmonės balansas būtų beveik neigiamas, dėl didesnių išlaidų miško kirtimo atliekų gamybai ir mažesnių pajamų iš jų pardavimo.

### 3.4. Pradinis aplinkosauginis įvertinimas

Priklausomai nuo gaminio sudėtingumo ar prigimties, poveikis aplinkai ir aplinkos apsaugos aspektai galimi įvairiuose gaminio būvio ciklo etapuose. Pagrindiniai gaminio būvio ciklo aplinkosauginiai aspektai remiasi „įvediniais“ ir „išvediniais“, kurie gali būti nustatomi apskaičiuojant medžiagų ir energijos sąnaudas, emisijas, gaminio transportavimą ir pan (VARŽINSKAS, USELYTĖ 2006).

Pradinio aplinkos apsaugos įvertinimo metu susisteminama informacija apie įmonės veiklos daromą poveikį aplinkai. Šiam tikslui geriausia taikyti medžiagų ir energijos balanso metodiką. Medžiagų ir energijos srautų diagrama pateikta 3.2 pav.:



3.2 pav. Biokuro gamybos iš miško kirtimo atliekų medžiagų ir energijos srautų diagrama

Kirtimo atliekų sukrovimo į krūvas darbai, jų kaštai priskiriami prie apvaliosios medienos ruošos kaštų. Išlajos iš mobilių taršos šaltinių miško kirtimo atliekų gamybai biokurui apskaičiuotos remiantis „Teršiančių medžiagų, išmetamų į atmosferą iš mašinų su vidaus degimo varikliais vertinimo metodika“. 1 litras dyzelinio kuro prilyginamas 0,9 kg.

$$\text{CO} = 138,136 \text{ t/m} \cdot 130 \text{ kg/1000} = 17,96 \text{ t/m.}$$

$$\text{SO}_2 = 138,136 \text{ t/m} \cdot 10 \text{ kg/1000} = 1,38 \text{ t/m.}$$

$$\text{C}_n\text{H}_m = 138,136 \text{ t/m} \cdot 40,7 \text{ kg/1000} = 5,62 \text{ t/m.}$$

$$\text{NO}_x = 138,136 \text{ t/m} \cdot 31,3 \text{ kg/1000} = 4,32 \text{ t/m.}$$

$$\text{KD} = 138,136 \text{ t/m} \cdot 4,3 \text{ kg/1000} = 0,59 \text{ t/m.}$$

Išlajos iš mobilių taršos šaltinių, malkinės medienos gamybai biokurui taip pat apskaičiuotos remiantis „Teršiančių medžiagų, išmetamų į atmosferą iš mašinų su vidaus degimo varikliais vertinimo metodika“ 1 litras dyzelinio kuro prilyginamas 0,9 kg.

$$\text{CO} = 106,999 \text{ t/m} \cdot 130 \text{ kg/1000} = 13,91 \text{ t/m.}$$

$$\text{SO}_2 = 106,999 \text{ t/m} \cdot 10 \text{ kg/1000} = 1,07 \text{ t/m.}$$

$$\text{C}_n\text{H}_m = 106,999 \text{ t/m} \cdot 40,7 \text{ kg/1000} = 4,35 \text{ t/m.}$$

$$\text{NO}_x = 106,999 \text{ t/m} \cdot 31,3 \text{ kg/1000} = 3,35 \text{ t/m.}$$

$$\text{KD} = 106,999 \text{ t/m} \cdot 4,3 \text{ kg/1000} = 0,46 \text{ t/m.}$$

Šiltnamio efektą sukeliančių dujų – CO<sub>2</sub> vertinimas biokuro gamybos metu skaičiuojamas pagal Europos aplinkos agentūros į atmosferą išmetamų teršalų apskaitos metodiką CORINAIR. EMEP/EEA

inventorizacijos vadove emisijos iš transporto skaičiuojamos priklausomai nuo sudeginto kuro rūšies ir jo kiekio. CO<sub>2</sub> emisijų faktorius sudegus 1 kilogramui dyzelinio kuro lygus 3,14 (EMEP/EEA 2013).

Skaičiuojame susidarancias CO<sub>2</sub> emisijas, sudegus dyzeliniam kurui, miško kirtimo atliekų gamybos metu įmonėje per metus:

$$\text{CO}_2 = 138136 \text{ kg/m} \cdot 3,14 = 433747 \text{ kg.}$$

Susidarancias CO<sub>2</sub> emisijos, sudegus dyzeliniam kurui, malkinės medienos gamybos metu įmonėje per metus:

$$\text{CO}_2 = 106999 \text{ kg/m} \cdot 3,14 = 335977 \text{ kg.}$$

Iš kurą naudojančių transporto priemonių CO<sub>2</sub> išsiskiria ir dėl naudojamos alyvos, tepalų. Pagal Europos Aplinkos Agentūros pateikiamus duomenis, sudegus 1 kilogramui dyzelinio kuro sunkiosios technikos transporto priemonėse į atmosferą išsiskiria 2,54 gramo CO<sub>2</sub> (EMEP/EEA 2013). Skaičiuojamos papildomos emisijos iš alyvos miško kirtimo atliekų gamybos metu įmonėje per metus:

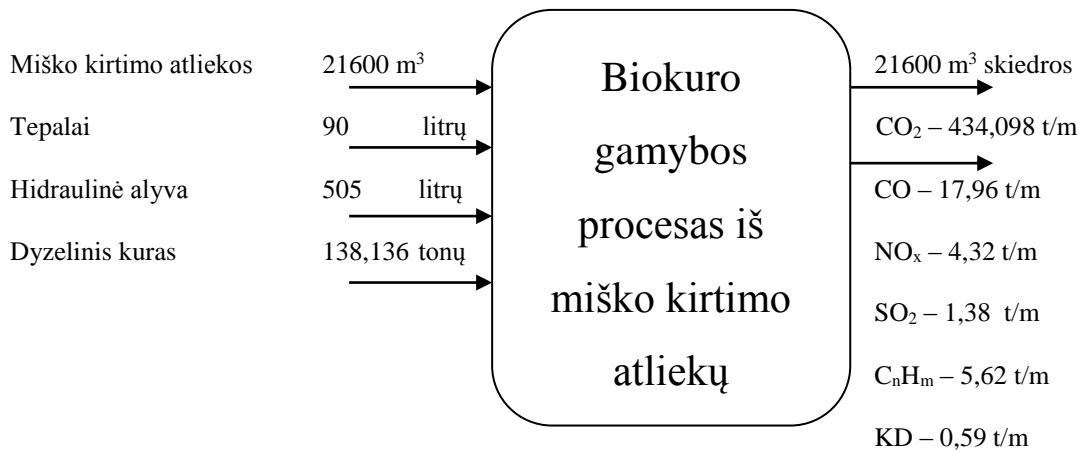
$$\text{CO}_2 = 138136 \text{ kg/m} \cdot 2,54/1000 = 351 \text{ kg.}$$

Susidarancias papildomos CO<sub>2</sub> emisijos iš alyvos, malkinės medienos gamybos metu įmonėje per metus:

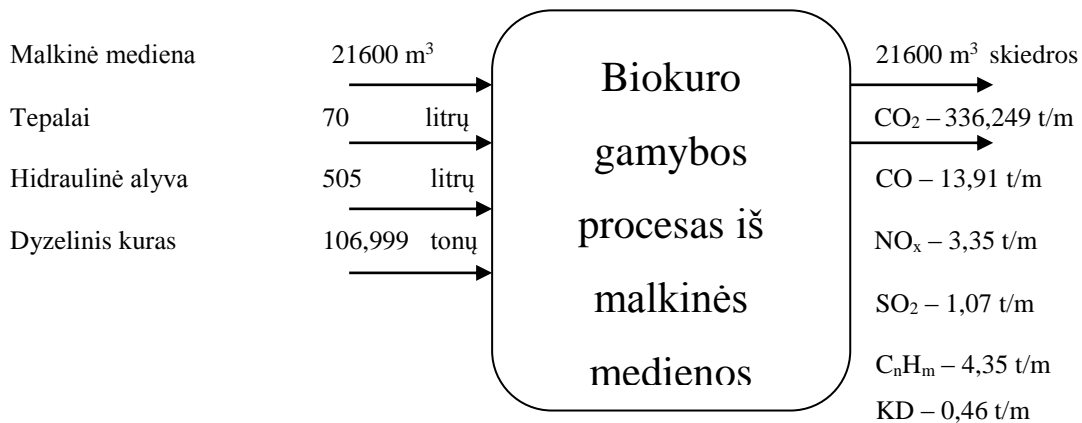
$$\text{CO}_2 = 106999 \text{ kg/m} \cdot 2,54/1000 = 272 \text{ kg.}$$

Srautai įėjime

Srautai išėjime



3.3 pav. Biokuro gamybos proceso iš miško kirtimo atliekų medžiagų ir energijos balansas



3.4 pav. Biokuro gamybos proceso iš malkinės medienos medžiagų ir energijos balansas

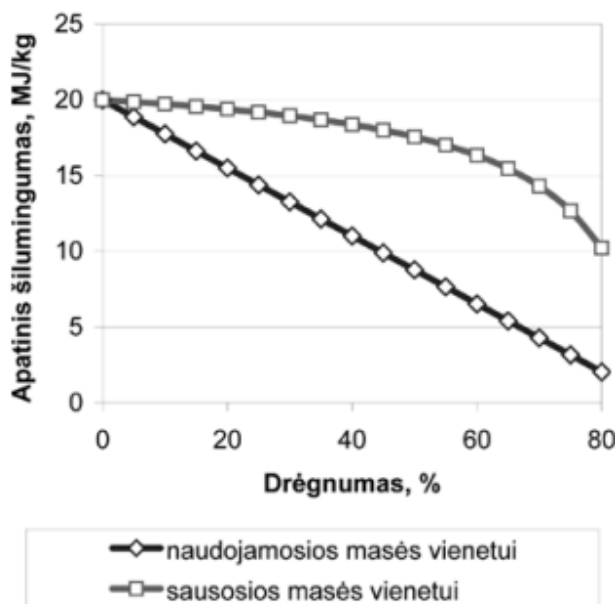
### 3.5. Energijos kiekiai

Deginant skirtingas kuro rūšis išsiskiria skirtingas kiekis šiluminės energijos. Medienos, malkinio biokuro vieno kubinio metro kaloringumas Lietuvoje įvertintas 0,196 tne. Miško kirtimo atliekų šiluminingumo kiekiu remiamės įmonės pateiktais rezultatais, kad vidutiniškai 1 kilogramas 42 % jų pristatyto miško kirtimo atliekų biokuro, pagal katilinių tyrimus generuoja 2100 kcal., 1 kilogramas 42 % medienos – 2300 kcal. Vidutiniškai viename įmonės vilkike telpa 36 m<sup>3</sup> skiedros, kuri vidutiniškai sveria 28 tonas ir priklausomai nuo žaliavos – miško kirtimo atliekų biokuras ir malkinės medienos biokuras, atitinkamai vidutiniškai generuoja 5,1 ir 5,7 tonų naftos ekvivalento. Taip yra todėl, kad malkinės medienos



biokuras yra smulkinamas jau spėjęs geriau pradžiūti (SM-1 skiedros klasės drėgmės diapozonas yra 20 - 45 %, o SM-3 klasės – 35 - 60 %.).

Pastaruoju metu įmonė dažniausiai smulkina neseniai ištrauktas miško kirtimo atliekas, kurios nėra pilnai išdžiūvę, dėl ko juntami energijos nuostoliai ją deginant, taip pat patiriami ekonominiai nuostoliai. Medienos apatinis šilumingumas priklausomai nuo drėgmės kiekio, pateikiamas 3.5. pav.:



3.5 pav. Biokuro apatinis šilumingumas, priklausomai nuo drėgnumo (VARES ir kt. 2007).

Iš diagramos matyti, kad įmonė turėtų leisti ilgiau džiūti miško kirtimo atliekoms prieš jas smulkinant, kad jos netektų daugiau drėgmės, tankio ir užpildžius jų skiedromis vilkiką gautų didesnės pajamas dėl energijos, kadangi katilinės moka, ne už tūrį ar svorį, bet vėliau iš gautos produkcijos generuotą energiją.

### 3.6. Biokuro ištraukimas iš kirtaviečių

*Problema:* Pagal anksčiau atliktų tyrimų duomenis nustatyta, kad biokuro ištraukimas iš kirtaviečių sudaro didžiausią energijos sąnaudų dalį bendrame gamybos proceso cikle, todėl šis gamybos etapas turi didžiausią neigiamą poveikį aplinkai.

Įmonė naudoja traktorių MTZ-82 su tokia pačia savikrove priekaba, kuri naudojama ir medienos sortimentų traukimui. Ištraukti 1 m<sup>3</sup> kirtimo atliekų sunaudoja 2,29 litrus dyzelinio kuro, tuo tarpu 1 m<sup>3</sup> malkinės medienos 0,57 litro dyzelinio kuro. Šis didelis skirtumas atsiranda iš to, kad į tokią priekabą malkinės medienos galima pakrauti iki 4 kartų didesnę kiekį, skaičiuojant kietmetriais, nei miško kirtimo atliekų. To pasekoje, traktoriui reikia net keletą kartų važiuoti į kirtavietę traukti miško kirtimo atliekų, kad ištraukti tokį patį jų kiekį, kaip ir malkinės medienos.

Kadangi, senieji tokio tipo traktoriai yra labai paprastos struktūros, juose nėra primontuotų naujausių technologijų (kondicionierius, elektronikos variklio sistemoje), kaip į kitų gamintojų vakarietiškus traktorius (Valtra, John Deere, New Holland), Belarus firmos traktoriai yra labai ekonomiškai kuro suvartojimo, remonto

atžvilgiu. Pasiteiravus tokio pačio tipo naujos gamybos traktoriaus kaina parduotuvėje siekia 18 500 eurų, o pats variklis ir techninės charakteristikos nesiskiria, todėl atnaujinti traukimo techniką nėra siūloma, dėl ilgo įrangos atsipirkimo ir negaunamos papildomos finansinės naudos.

Keisti priekabą taip pat būtų sudėtinga. Specialios miško kirtimo atliekoms skirtos priekabos yra didesnės, sunkesnės, dėl ko papildomai ardomas dirvožemis, su tokiais priekabomis nebūtų galima dirbti neplynuose kirtimuose, dėl paliekamų per siaurų valksmų. Dėl šų priekabų svorio ir hidraulikos presuojant miško kirtimo atliekas, dar padidėtų suvartojamas dyzelinio kuro kiekis, reikėtų galingesnio traktoriaus. Taipogi, reikėtų papildomai ją atsivežti, todėl nuspręsta naujos specialios priekabos nepirkti. Įmonės darbuotojai galėtų savo jėgomis, pabandyti praplėsti turimą priekabą, pridedant papildomų rungų ir padidinant jos talpą.

Lietuvos energetikos institutas, 2013 metais parengė Miško biokuro išteklių potencialo ir gamybos modeliavimą (DŽENAJAVIČIENĖ ir kt. 2013). Iš jų atliktų tyrimų apskaičiuojame degalų kiekį reikalingą miško kirtimo atliekų ištraukimui, kadangi tiek įmonėje tiek tyrime naudojami tie patys traktoriai.

Ištraukti 21 600 m<sup>3</sup> miško kirtimo atliekų per metus sunaudojama 49464 litrai dyzelinio kuro. Skaičiuojame gamybos proceso metu daromą poveikį aplinkai per metus, pagal emisijas iš mobilių taršos šaltinių (1 litras dyzelio prilyginamas 0,9kg):

$$\text{CO} = 44,518 \text{ t/m} \cdot 130 \text{ kg/1000} = 5,79 \text{ t/m.}$$

$$\text{SO}_2 = 44,518 \text{ t/m} \cdot 10 \text{ kg/1000} = 0,45 \text{ t/m.}$$

$$\text{C}_n\text{H}_m = 44,518 \text{ t/m} \cdot 40,7 \text{ kg/1000} = 1,81 \text{ t/m.}$$

$$\text{NO}_x = 44,518 \text{ t/m} \cdot 31,3 \text{ kg/1000} = 1,39 \text{ t/m.}$$

$$\text{KD} = 44,518 \text{ t/m} \cdot 4,3 \text{ kg/1000} = 0,19 \text{ t/m.}$$

$$\text{Viso: } 9,63 \text{ t/m.}$$

$$\text{CO}_2 = 44,518 \text{ t/m} \cdot 3,14 = 139,787 \text{ t/m.}$$

*Sprendimas:* Siūloma keisti manipulatoriaus krovimo galvutę. Pagal generalinės miškų urėdijos teikiamus duomenis, matyti, kad pakeitus manipulatoriaus galvutę galima iki 45 procentų efektyviau surinkti miško kirtimo atliekas. Žr. 4 lentelę. Tuo pačiu, su specialia galvute paimama mažiau žemių, priemaišų, kas palengvina apdirbimo procesą, smulkinimo mašinų remonto sąnaudas, pelną parduodant biokurą, kadangi jame mažiau priemaišų.

4 lentelė. Miško kirtimo atliekų rinkimo efektyvumas su skirtingomis manipulatoriaus galvutėmis (GENERALINĖ MIŠKŲ URĖDIJA).

|                           | Pakrovimas | Iškrovimas |
|---------------------------|------------|------------|
| Kirtimo atliekų galvutė   | 0,32       | 0,38       |
| Apvalios medienos galvutė | 0,22       | 0,26       |

Tokios kirtimo atliekų galvutės kaina rinkoje 500 Eurų. Imame prielaidą, kad įmonės apimtys nemažės, o išliks tokios pačios t.y. 21600 m<sup>3</sup> miško kirtimo atliekų per metus. Pasiteiravus kitų įmonių atstovų, kaip jų gamybos metu pasikeitė gamybos sąnaudos, pakeitus manipulatoriaus galvutę, informavo, jog pagerėjo darbo efektyvumas. Ekonomiškai, tai apytiksliai padidėtų – 5 %. Skaičiuojame atsiperkamumo trukmę (AT):

$$AT = \frac{\text{kaina(eur.)}}{\text{sutaupymas(eur / metus)}} = \frac{500}{5940} = 0.08 \text{ metų}$$

Apskaičiavus atsiperkimo trukmę, matome, kad tai yra nebrangi investicija, kuri greitai atsiperka ir yra tikrai naudinga įmonei.

### 3.7. Skiedrų gamybos procesas

Biokuro skiedrų gamybai įmonė naudoja 2 galingus, senus smulkintuvus: Pezzolato ir Doppstadt. Pastarasis yra skirtas miško kirtimo atliekoms, SM-3 biokuro frakcijai gaminti. Norint pagerinti darbo efektyvumą ir sąnaudas, reikia tinkamai parinkti naudojamą įrangą. Kaip jau minėta literatūros apžvalgoje, pagal užsienio šalių mokslininkų teigimus, svarbiausia yra ne įrangos galia, tačiau optimalumas tarp galios, energijos suvartojimo ir darbo spartos.

Norima įmonei pasiūlyti pakeisti senąjį Doppstadt firmos smulkintuvą į naujesnį, taip sumažinant energijos sąnaudas ir optimizuojant veiklą. Užsienyje atliktais tyrimais matyti, kad Mus Max įmonės smulkintuvai yra ekonomiškai dyzelinio kuroatžvilgiu, tam pačiam žaliavos kiekiui pagaminti (PRADA ir kt. 2015). Įmonei siūloma įsigyti „Mus Max Wood-Terminator 7 LZ „, smulkintuvą.

Skaičiuojame gamybos proceso metu daromą poveikį aplinkai per metus, pagal emisijas iš mobilių taršos šaltinių (1 litras dyzelio prilyginamas 0,9kg):

$$CO = 30,715 \text{ t/m} \cdot 130 \text{ kg/1000} = 3,99 \text{ t/m.}$$

$$SO_2 = 30,715 \text{ t/m} \cdot 10 \text{ kg/1000} = 0,31 \text{ t/m.}$$

$$C_nH_m = 30,715 \text{ t/m} \cdot 40,7 \text{ kg/1000} = 1,25 \text{ t/m.}$$

$$NO_x = 30,715 \text{ t/m} \cdot 31,3 \text{ kg/1000} = 0,96 \text{ t/m.}$$

$$KD = 30,715 \text{ t/m} \cdot 4,3 \text{ kg/1000} = 0,13 \text{ t/m.}$$

$$\text{Viso: } 6,64 \text{ t/m.}$$

$$CO_2 = 30,715 \text{ t/m} \cdot 3,14 = 96,45 \text{ t/m.}$$

Apibendrinti techninių pajėgumų duomenys parodyti 5 lentelėje.

5 lentelė. Esamo ir siūlomo įrenginio palyginimas

| Duomenys \ Įrenginys  | Doppstadt AK 421 | Mus Max Wood-Terminator 7 LZ |
|---|------------------|------------------------------|
| Biokuro frakcija  | SM-3             | SM-3                         |
| Sunaudojamas kuro kiekis per metus                            | 34128            | 26568                        |
| Sunaudojamas dyzelinio kuro kiekis per darbo valandą (litrai) | 57               | 16                           |
| Pagaminto biokuro kiekis per valandą (kubiniais metrais)      | 36               | 13                           |
| Kuro kiekis reikalingas 1 m <sup>3</sup> biokuro pagaminti    | 1,58             | 1,23                         |
| Reikalinga darbuotojų   | 2                | 1                            |

Senasis įmonės Doppstadt AK 421 smulkintuvas yra kur kas galingesnis, tačiau tuo pačiu sunaudoja daugiau dyzelinio kuro. Naudojant naują įrenginį, jo aptarnavimui užtektų 1 darbuotojo, vietoje šiuo metu dirbančių dvejų, sumažėtų kuro sąnaudos, tačiau pailgėtų gamybos laikas.

Atsižvelgiant į dideles įmonės gamybos apimtis, ganėtinai nežymius kuro suvartojimo skirtumus ir didžią gamybos laiko skirtumą, naujas įrenginys nėra siūlomas.

### 3.8. Transportavimas

Apytikriai, per metus, kiekvienas iš įmonės vilkikų Volvo FH 12 nuvažiuoja po 70 000 km. Kadangi įmonė vienodą kiekį biokuro smulkina malkinės medienos ir vienodą kiekį miško kirtimo atliekų, teigiame, kad kiekviena mašina pusė savo kelio skiria miško kirtimo atliekų biokuro pervežimui. Skaičiuojame emisijas į aplinką iš transporto transportuojant miško kirtimo atliekų biokurą:

$$CO = 63,000 \text{ t/m} \cdot 130 \text{ kg/1000} = 8,19 \text{ t/m.}$$

$$SO_2 = 63,000 \text{ t/m} \cdot 10 \text{ kg/1000} = 0,63 \text{ t/m.}$$

$$C_nH_m = 63,000 \text{ t/m} \cdot 40,7 \text{ kg/1000} = 2,56 \text{ t/m.}$$

$$NO_x = 63,000 \text{ t/m} \cdot 31,3 \text{ kg/1000} = 1,97 \text{ t/m.}$$

$$KD = 63,000 \text{ t/m} \cdot 4,3 \text{ kg/1000} = 0,27 \text{ t/m.}$$

Viso: 13,62 t/m.

$CO_2 = 63,000 \text{ t/m} \cdot 3,14 = 197,82 \text{ t/m}$ .

### 3.9. Sprendimų prioritizavimas

Norint nuspręsti, kokią strategiją naudoti, naudojant miško kirtimo atliekas, patogų naudoti sprendimų prioritizavimo matricą. Joje įrašomi visi galimi variantai, jų poveikiai aplinkosauginiais, ekonominiais rodikliais ir susumavus teigiamus ir neigiamus aspektus galima priimti sprendimą kokia kryptimi dirbti, kad būtų pasiekiamas naudingiausias efektas. Sprendimų prioritizavimo lentelė pateikiama apačioje:

1 variantas. Visos miško kirtimo atliekos paliekamos kirtavietėse.

2 variantas. Visos miško kirtimo atliekos ištraukiamos iš kirtaviečių ir smulkinamos.

3 variantas. Miško kirtimo atliekos paliekamos/ištraukiamos iš kirtaviečių priklausomai nuo augaviečių, miško kirtimo atliekų susidarymo tankio, rūšies, kirtavietės atstumo iki tarpinio medienos sandėlio ir iškart smulkinamos.

4 variantas. Miško kirtimo atliekos paliekamos/ištraukiamos iš kirtaviečių priklausomai nuo augaviečių, miško kirtimo atliekų susidarymo tankio, rūšies, kirtavietės atstumo iki tarpinio medienos sandėlio ir smulkinamos tik išsausėjusios.

6 lentelė. Sprendimų prioritizavimo matrica

| Strategija  | Aplinkosauginiai |              |                          | Socialiniai          |                        |                     | Ekonominiai |                  |        | Suma |
|-------------|------------------|--------------|--------------------------|----------------------|------------------------|---------------------|-------------|------------------|--------|------|
|             | Dirvožemiui      | Biojvairovei | Sanitarinei miškų būklei | Darbuotojų užimtumas | Darbuotojų atlyginimas | Rekreacinis vaizdas | Techniniai  | Gamybos sąnaudos | Pelnas |      |
| 1 variantas | 2                | 2            | -1                       | -2                   | 0                      | -2                  | 0           | 0                | 0      | -1   |
| 2 variantas | -2               | -2           | 1                        | 2                    | 0                      | -1                  | -2          | -2               | -1     | -7   |
| 3 variantas | -1               | -1           | 1                        | 2                    | 1                      | 1                   | 1           | 1                | 1      | +6   |
| 4 variantas | -1               | -1           | 1                        | 2                    | 2                      | 1                   | 2           | 1                | 2      | +9   |

2 = Labai teigiamas rezultatas / lengvai pritaikoma

1 = Teigiamas rezultatas/pritaikoma

0 = Jokios naudos

-1 = Neigiamas rezultatas / beveik nepritaikoma

-2 = Labai neigiamas rezultatas / beveik nepritaikoma

Įvertinus gautus sprendimų prioritizavimo duomenis nustatyta, kad blogiausias variantas yra -, kai ištraukiamos miško kirtimo atliekos (2variantas), neatsižvelgiant į būtinąsias sąlygas, tokias kaip augavietės tipas, atstumas, susidaręs miško kirtimo atliekų kiekis (-7). Geriausias metodas tiek aplinkosauginiu, tiek ekonominiu, tiek socialiniu aspektais, yra 4 variantas, kai miško kirtimo atliekos paliekamos/ištraukiamos iš kirtaviečių priklausomai nuo augaviečių, miško kirtimo atliekų susidarymo tankio, rūšies, kirtavietės atstumo iki tarpinio medienos sandėlio ir smulkinamos tik išsausėjusios (+9).

### **3.10. Biokuro gamyba darnaus vystymosi kontekste**

Biokuro, kaip energijos šaltinio, potencialas Lietuvoje yra pakankamas mūsų šalies energijos poreikiams ir jo gavybą galima plėsti. Tačiau didėjant pasiūlai, krinta biokuro kaina ir daliai gamintojų tai tampa nebepatrauklus verslas, todėl reikia išlaikyti konkurencingą lygį ne tik tarp energijos gamintojų, bet ir biokuro gamintojų, tiekėjų. Europos Sąjungos iškeltą tikslą – 23 % energijos gaminti iš atsinaujinančių energijos išteklių Lietuva jau pasiekė 2014 metais.

Apžvelgiant įmonės ekonominius, socialinius ir aplinkosauginius aspektus matome, kad biokuro ruoša nėra labai pelningas verslas su didele marža. Esamomis paramomis didelės biokuro gamyba užsiimančios įmonės negali pasinaudoti ir taip efektyvinti savo darbus.

Dėl socialinių aspektų biokuro gamyba neabejotinai yra teigiamas dalykas valstybei, tai ir papildomos darbo vietos, pigesnė energija, konkurencingumas ir nepriklausomybė nuo energijos žaliavų importo iš kitų šalių. Norvegijoje atlikti tyrimai, konsultuojantis su miško savininkais parodė, kad miško savininkai turi teigiamą nuomonę apie biokuro gavybą iš miško kirtimo atliekų. Savininkams patinka tai, kad tai yra tvarus ir teigiamas būdas galintis duoti pelno, taip pat draugiškas aplinkai (BROUGH ir kt. 2013). Taip pat savininkai teigia, jog šioje srityje reikia bendradarbiauti su kitais savininkais, dėl pigesnio gabenimo ir efektyvumo, kas didina žmonių visuomeniškumą.

Biokuras nėra tik deginamas, tačiau jo ruošai, kelionei nuo miško iki katilinės išskiriamas didelis kiekis emisijų iš mobilių taršos šaltinių, ko pasekoje „žalioji“ energijos žaliava nebetampa tokia jau žalia, kaip atrodo visuomenei. Aplinkosauginiu požiūriu, būtina įvertinti gamybos proceso metu išsiskiriančias emisijas. 7 lentelėje pateikiamas miško kirtimo atliekų palyginimas su malkinės medienos poveikiu aplinkai gamybos procesų metu.

7 lentelė. Miško kirtimo atliekų ir malkinės medienos gamybos palyginimas aplinkosauginiu požiūriu.

|  | Miško kirtimo atliekos | Malkinė mediena |
|--|------------------------|-----------------|
| Pagaminta biokuro per metus (m <sup>3</sup> )  | 21600                  | 21600           |
| Šiltnamio efektą sukeliančių dujų – CO <sub>2</sub> emisijos į orą gamybos metu per metus (t)  | 434,098                | 336,249         |
| CO, NO <sub>x</sub> , C <sub>n</sub> H <sub>m</sub> , SO <sub>2</sub> , KD - Emisijos į orą gamybos metu per metus (t)   | 29,87                  | 23,14           |
| Sudeginus biokurą gauta energijos (tne)  | 3060                   | 3420            |
| Šiltnamio efektą sukeliančių dujų – CO <sub>2</sub> emisijos į orą (kg) pagaminti biokuro, kurio degimo metu išskirta energija lygi 1 tne                          | 141,86                 | 98,32           |
| CO, NO <sub>x</sub> , C <sub>n</sub> H <sub>m</sub> , SO <sub>2</sub> , KD - Emisijos į orą (kg) pagaminti biokuro, kurio degimo metu išskirta energija lygi 1 tne | 9,8                    | 6,8             |

Apskaičiavus emisijas pagamintos produkcijos kiekiui matyti, kad malkinės medienos gamybos biokurui metu į aplinką išskiriama mažiau emisijų nei biokurą gaminant iš miško kirtimo atliekų. Miško kirtimo atliekų gamybos metu išskiriama net 44 % daugiau emisijų nei gaminant malkinės medienos biokurą.

Dėl šių aspektų, reikėtų detaliau išnagrinėti miško kirtimo atliekų panaudojimo galimybes Lietuvoje, ar tikrai tai yra darnus pasirinkimas visais darnaus vystymosi aspektais.

## IŠVADOS

1. Atlikus biokuro gamybą reglamentuojančių teisės aktų analizę, nustatyta, kad iki 2020 metų iš atsinaujinančių energijos išteklių pagaminta energija Lietuvoje turi sudaryti 23 proc. bendro šalies suvartojimo, šį rodiklį Lietuva jau pasiekė 2014 metais.

2. Atlikus miško kirtimo atliekų tvarkymo praktikos analizę nustatyta, kad Lietuvoje yra didžiulis potencialas gaminti biokurą iš miško kirtimo atliekų – 180 000 tne. Įvertinus skirtingas miško kirtimo atliekų apdorojimui taikomas technologijas nustatyta, kad miško kirtimo atliekų traukimui dažniausiai naudojama technika, kaip ir kitos medienos traukimui iš kirtaviečių. Smulkinti miško kirtimo atliekas labiausiai tinkamas plaktukinio tipo smulkintuvas. Pervežimui didieji vilkikai su specialiomis hidraulinėmis priekabomis pasižymintys didžiausia talpa ir efektyvumu.

3. Įvertinus biokuro poveikį aplinkai gamybos metu nustatyta, kad gaminant biokurą iš malkinės medienos, išsiskiria 98,32 kilogramų CO<sub>2</sub> ir 6,8 kilogramų (CO, NO<sub>x</sub>, C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>, SO<sub>2</sub>, KD) emisijų iš transporto, pagaminti 1 tne biokuro. Gaminant biokurą iš miško kirtimo atliekų, išsiskiria net 141,86 kilogramų CO<sub>2</sub> ir 9,8 kilogramų (CO, NO<sub>x</sub>, C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>, SO<sub>2</sub>, KD) emisijų į aplinką iš transporto pagaminti 1 tne biokuro. Miško kirtimo atliekų gamybos metu lyginant su malkinės medienos gamybos biokurui metu į aplinką išskiriama 44 % daugiau emisijų iš mobilių taršos šaltinių.

4. Darniam miško kirtimo atliekų naudojimui privaloma atsižvelgti į ekologines sąlygas miško kirtimo vietoje – t.y. ar ištraukus miško kirtimo atliekas, ar nebus sugadintas dirvožemis, nesumažės biologinė įvairovė. Netinkamai įvertinus miško kirtimo atliekų panaudojimą kirtavietėje gali būti gauti neigiami rezultatai tiek ekonominiu tiek aplinkosauginiu požiūriais. Socialiniu aspektu miško kirtimo atliekų panaudojimas, taip didinant biokuro naudojimą yra teigiamas aspektas dėl papildomų darbo vietų kūrimo šalyje.

### Rekomendacijos:

1. Ekonominiu požiūriu privaloma įvertinti miško kirtimo atliekų susidarymo kiekį kirtavietėje, paskaičiuoti ar verta traukti miško kirtimo atliekas iš kirtaviečių, kurios nesiriboja su tarpiniais medienos sandėliais, keliais, jei taip - palikti jas išdžiūti.

2. Biokuro gamybos metu svarbiau yra darbo organizuotumas, nei technikos galia. Reikia rasti optimalų įrenginių galios ir energijos sąnaudų variantą, optimizuoti darbus ir atlikti detalią miško kirtimo atliekų panaudojimo būvio ciklo analizę.



## LITERATŪROS SĄRAŠAS

AB „Grigero Grigiškės“. *Kokybiniai reikalavimai biokurui*. [interaktyvus] [žiūrėta 2016-05-16]. Prieiga per: [http://www.grigeo.lt/src/Frontend/Files/userfiles/files/Biokuro%20techniniai%20reikalavimai\(1\).pdf](http://www.grigeo.lt/src/Frontend/Files/userfiles/files/Biokuro%20techniniai%20reikalavimai(1).pdf)

ALGIRDAS JASINSKAS, V.L. *Energetinių Augalų Auginimo Ir Naudojimo Kurui Technologijos*. LŽŪU Žemės ūkio inžinerijos institutas, 2005 ISBN 9986-732-26-3.

ALGIRDAS JASINSKAS, V.S. *Augalų Biomasės Nuėmimo Ir Ruošimo Kurui Technologijos Ir jų Vertinimas*. LŽŪU Žemės ūkio inžinerijos institutas, 2008 ISBN 978-9986-732-48-8.

ANDERSON L., BUDRYS R. *Miško kuro ruošos integravimas į miškų ūkį. Miškininkystės, technologijų ir miško kuro ruošos ekonominių tyrimų Lietuvoje rezultatai. Lietuvos-Švedijos projekto ataskaita* [interaktyvus]. 2013 [žiūrėta 2016-05-05]. Prieiga per: [www.baltic-ecoregion.eu/downloads/Report\\_Phase\\_II\\_Lithuanian.pdf](http://www.baltic-ecoregion.eu/downloads/Report_Phase_II_Lithuanian.pdf)

ARMOLAITIS K., GEDMINAS A., SALADIS V. 2008. *Miško kirtimų atliekų išteklių ir jų paėmimo iš miško ekologinės rizikos įvertinimas ir rekomendacijų parengimas. Mokslinio tiriamojo darbo ataskaita*.

ASSIRELLI, A., CIVITARESE, V., FANIGLIULO, R., PARI, L., POCHI, D., SANTANGELO, E., SPINELLI, R. *Effect of piece size and tree part on chipper performance*. Biomass. Bioenerg. 54, 77-82. [interaktyvus] 2013. [žiūrėta 2016-03-19]. Prieiga per: Science direct.

ASTROM, M., DYNESIUS, M., HYLANDER, K., NILSSON, C. *Effects of slash harvest on bryophytes and vascular plants in Southern Boreal forest clear-cuts*. J. Appl. Ecol. 42, 1194–1202. [interaktyvus] 2005. [žiūrėta 2016-05-25]. Prieiga per: Science direct.

*Baltpool: Energijos išteklių birža* [interaktyvus]. 2016 [žiūrėta 2016-03-03]. Prieiga per: <http://www.baltpool.lt/lt/veikla/>

BALTRUŠAITIS, A., ANDERSON, L. *Biokuro panaudojimo Lietuvoje galimybės. Lietuvos-Švedijos bendro projekto galutinė ataskaita*. Vilnius, 2000. 132 p.

BROUGH, P., RØRSTAD, P.K., BRELAND, T.A. and TRØMBORG, E. *Exploring Norwegian Forest Owner's Intentions to Provide Harvest Residues for Bioenergy*. Biomass and Bioenergy, 10, 2013, vol. 57. pp. 57-67 ISSN 0961-9534.

CAMBERO, C., HANS ALEXANDRE, M. and SOWLATI, T. *Life Cycle Greenhouse Gas Analysis of Bioenergy Generation Alternatives using Forest and Wood Residues in Remote Locations: A Case Study in British Columbia, Canada*. Resources, Conservation and Recycling, 12, 2015, vol. 105, Part A. pp. 59-72 ISSN 0921-3449.

DZENA JAVIČIENĖ E.F., KVESELIS V., TAMONIS M. *Miško biokuro išteklių potencialo ir gamybos modeliavimas* [interaktyvus] 2013. [žiūrėta 2016-04-19]. Prieiga per: [www.lmaleidykla.lt/ojs/index.php/energetika/article/download/2705/1537](http://www.lmaleidykla.lt/ojs/index.php/energetika/article/download/2705/1537)

- EERO, J., OLLI-JUSSI, K., JUHA, L., TAPIO, R. *Greenhousegas emissions of forest bioenergy supply and utilization in Finland*. *Renew. Sustain. Energy. Rev.* 29, 369-382. [interaktyvus] 2014. [žiūrėta 2016-04-25]. Prieiga per: Science direct.
- EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook – 2013. [interaktyvus] 2013. [žiūrėta 2016-04-15]. Prieiga per: <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013/#>.
- ENCYCLOPEDIA OF ENERGY 2004. Elsevier Science, Vol 1-Vol 6. 2004. – 5376 p. ISBN: 978-0121764807.
- ERIKKSON, L., GUSTAVSSON, L. *Comparative analysis of wood chips and bundles e costs, carbon dioxide emissions, dry-matter losses and allergic reactions*. *Biomass. Bioenerg.* 34, 82-90. [interaktyvus] 2014. [žiūrėta 2016-04-19]. Prieiga per: Science direct.
- EUROPOS KOMISIJA. *Lietuvos kaimo plėtros 2014–2020 m. programa 2016 vasario 10d. Nr. C(2016)923*. [interaktyvus] [žiūrėta 2016-05-03]. Prieiga per: <https://www.nma.lt/index.php/parama/lietuvos-kaimo-pletros-20142020-m-programa/apie-programa/4911>
- GENERALINĖ MIŠKŲ URĖDIJA. [interaktyvus] 2016. [žiūrėta 2016-05-12]. Prieiga per: <http://www.gmu.lt/ziniasklaida/nid.4808/?action=spausdinti>
- GIUNTIOLI, J., CASERINI, S., MARELLI, L., BAXTER, D., AGOSTINI, A., *Domestic heating from forest logging residues: environmental risks and benefits*. *Journal of Cleaner Production* 99 2015. 206-216. [Interaktyvus]. 2015. [žiūrėta 2016-03-14]. Prieiga per: Science direct.
- GIUNTOLI, J., et al. *Domestic Heating from Forest Logging Residues: Environmental Risks and Benefits*. *Journal of Cleaner Production*, 7/15, 2015, vol. 99. pp. 206-216 ISSN 0959-6526.
- GUSTAVSSON, L., et al. *Climate Effects of Bioenergy from Forest Residues in Comparison to Fossil Energy*. *Applied Energy*, 1/15, 2015, vol. 138. pp. 36-50 ISSN 0306-2619.
- GUSTAVSSON, L., et al. Corrigendum to “*Climate Effects of Bioenergy from Forest Residues in Comparison to Fossil Energy*” [*Appl. Energy* 138 (2015) 36–50]. *Applied Energy*, 5/15, 2016, vol. 170. pp. 490-493 ISSN 0306-2619.
- KRIAUCIONIENĖ M., STANIŠKIS J. K. *Darni plėtra:mokomoji knyga*. 2012. ISBN 978-609-02-0479-5 Prieiga per: [doi:10.5755/c01.9786090204795](https://doi.org/10.5755/c01.9786090204795)
- LASSAUCE, A., LIEUTIER, F. and BOUGET, C. *Woodfuel Harvesting and Biodiversity Conservation in Temperate Forests: Effects of Logging Residue Characteristics on Saproxylic Beetle Assemblages*. [interaktyvus] *Biological Conservation*, 3, 2012, vol. 147, no. 1. pp.[žiūrėta 2016-03-14]. 204-212 ISSN 0006-3207.
- LASSAUCE, A., PAILLET, Y., JACTEL, H., BOUGET, C. *Deadwood as a surrogate for forest biodiversity: meta-analysis of correlations between deadwood volume and species richness of saproxylic organisms*. *Ecol. Indic.* 11, 1027–1039. [interaktyvus] 2011. [žiūrėta 2016-05-25]. Prieiga per: Science direct.

LATTIMORE, B., SMITH, C.T., TITUS, B.D., STUPAK, I., EGNELL, G. *Environmental factors in woodfuel production: opportunities, risks, and criteria and indicators for sustainable practices*. Biomass Bioenergy 33, 1321–1342. [interaktyvus] 2009. [žiūrėta 2016-05-23]. Prieiga per: Science direct.

LI, Q. and HU, G. *Techno-Economic Analysis of Biofuel Production Considering Logistic Configurations*. Bioresource Technology, 4, 2016, vol. 206. pp. 195-203 ISSN 0960-8524.

LIETUVOS AGRARINIŲ IR MIŠKŲ MOKSLŲ CENTRO FILIALAS, MIŠKŲ INSTITUTAS. *Medienos biokuro išteklių, jų panaudojimo kurui ekonominių bei socialinių veiksnių įvertinimas ir prognozės* [interaktyvus] 2013. [žiūrėta 2016-04-19]. Prieiga per: [http://www.lsta.lt/files/studijos/2013%20met%C5%B3/2Priedas\\_ATASKAITA\\_Litbioma\\_2013\\_05\\_03.pdf](http://www.lsta.lt/files/studijos/2013%20met%C5%B3/2Priedas_ATASKAITA_Litbioma_2013_05_03.pdf)

Lietuvos energetika 2011. Energetikos statistikos leidinys. ISSN 1822-5268. Lietuvos energetikos institutas, 2012.

LIETUVOS LAISVOSIOS RINKOS INSTITUTAS. *Kauno rajono savivaldybė sėkmingai plėtoja ekonominę aplinką*. [interaktyvus]. 2014. [žiūrėta 2016-03-15]. Prieiga per: <http://sa.lt/kauno-r-savivaldybe-sekmingai-igyvendina-prioritetus/>

LIETUVOS MIŠKŲ INSTITUTAS. *Miško kirtimo atliekų naudojimo kurui ekonominio skatinimo poreikių ir galimybių įvertinimas bei pasiūlymų parengimas*. [interaktyvus] 2006. [žiūrėta 2016-05-25]. Prieiga per: [http://enmin.lrv.lt/uploads/enmin/documents/files/Veikla/Veiklos%20sritys/Atsinaujinantys%20energijos%20%C5%A1altiniai/Moksliniai-tiriamieji%20darbai/Misko\\_atliekos\\_kurui.pdf](http://enmin.lrv.lt/uploads/enmin/documents/files/Veikla/Veiklos%20sritys/Atsinaujinantys%20energijos%20%C5%A1altiniai/Moksliniai-tiriamieji%20darbai/Misko_atliekos_kurui.pdf)

Lietuvos miškų ūkio statistika 2012. Valstybinė miškotvarkos tarnyba. Kaunas, [interaktyvus] 2013. [žiūrėta 2016-04-10] Prieiga per: <http://www.amvmt.lt/index.php/leidiniai/misku-ukio-statistika>

LIETUVOS RESPUBLIKOS ENERGETIKOS MINISTERIJA. *Atsinaujinančių išteklių energetikos tikslai ir esama padėtis*. [interaktyvus] [žiūrėta 2016-03-14]. Prieiga per: <http://enmin.lrv.lt/lt/veiklos-sritys-3/atsinaujinantys-energijos-istekliai>

*Miško kirtimo atliekos – biokuro gamybai* [interaktyvus] 2015. [žiūrėta 2016-05-17]. Prieiga per: <http://www.krmmu.lt/index.php/component/content/article/308-miskokirtimoatliekos-biokurogamybai>

MIZARAS S., SADAUSKIENĖ L. *Žaliavos skiedroms ruoša baltalksnyuose: darbo laiko sąnaudos, savikaina ir pelningumas*. Miškininkystė, 2006, Nr.2 (60), p.54-61.

MORIANA, R., VILAPLANA, F. *Forest residues as renewable resources for bio-based polymeric materials and bioenergy: chemical composition, structure and thermal properties*. Prieiga per: doi 10.1007/s10570-015-0738-4.

MURPHY, F., DEVLIN, G. and MCDONNELL, K. *Forest Biomass Supply Chains in Ireland: A Life Cycle Assessment of GHG Emissions and Primary Energy Balances*. Applied Energy, 3/1, 2014, vol. 116. pp. 1-8 ISSN 0306-2619.

- Mus Max High-tech mobile chopping machines. [interaktyvus] 2015 [žiūrėta 2016-04-24]. Prieiga per: [http://www.mus-max.at/index.php?option=com\\_content&view=article&id=74&Itemid=54&lang=en](http://www.mus-max.at/index.php?option=com_content&view=article&id=74&Itemid=54&lang=en)
- NAVICKAS, K., VENSLAUSKAS, K. *Biomases būvio ciklo analizė: mokomoji knyga* [interaktyvus] 2012. [žiūrėta 2016-04-08]. Prieiga per: [http://www.esparama.lt/es\\_parama\\_pletra/failai/ESFproduktai/2012\\_Biomases\\_buvio\\_ciklo\\_analize\\_mokomoji\\_knyga.pdf](http://www.esparama.lt/es_parama_pletra/failai/ESFproduktai/2012_Biomases_buvio_ciklo_analize_mokomoji_knyga.pdf)
- PRADA, M., MARTÍNEZ-ALONSO, C., SÁNCHEZ-GARCÍA, S. and CANGA, E. Analysis of Three Forest Chippers: Productivity, Costs and GHG Emissions in Northern Spain. *Journal of Cleaner Production*, 8/15, 2015, vol. 101. pp. 238-244 ISSN 0959-6526.
- Renewable Energy Policy Review: Lithuania. EC Altener Programme. lei – ereC, May 2004.* [interaktyvus] [žiūrėta 2016-03-18]. Prieiga per: [www.lmaleidykla.lt/ojs/index.php/energetika/article/download/2705/1537](http://www.lmaleidykla.lt/ojs/index.php/energetika/article/download/2705/1537)
- REPO, A., AHTIKOSKI, A. and LISKI, J. Cost of Turning Forest Residue Bioenergy to Carbon Neutral. *Forest Policy and Economics*, 8, 2015, vol. 57. pp. 12-21 ISSN 1389-9341.
- SADAUSKIENĖ L., MIZARAS S., MIZARAITĖ D., ALEINIKOVAS M. *Medienos kuras: ištekliai, ruošos sąnaudos ir naudojimo katilinėse efektyvumas.* Miškininkystė. 2009. Nr. 2(66).
- SEARLE, S.Y. and MALINS, C.J. Waste and Residue Availability for Advanced Biofuel Production in EU Member States. *Biomass and Bioenergy* [interaktyvus]. Elsevier, 2016, [žiūrėta 2016-04-23], ISSN 0961-9534. Prieiga per: Science Direct.
- SIQUEIRA, G., ABDILLAHI, H., BRAS, J., DUFRESNE, A. *High reinforcing capability cellulose nanocrystals extracted from Syngonanthus nitens (Capim Dourado).* *Cellulose*17(2):289–298 [interaktyvus] 2010. [žiūrėta 2016-04-25]. Prieiga per: Science direct.
- SOWLATI, T. Biomass Supply Chains for Bioenergy and Biorefining J.B. HOLM-NIELSEN, and E.A. EHIMEN eds., Woodhead Publishing, 2016 8 - Modeling of Forest and Wood Residues Supply Chains for Bioenergy and Biofuel Production, pp. 167-190 ISBN 9781782423669.
- SPINELLI, R., MAGAGNOTTI, N., PALETTO, G., PRETI, C., Determining the impact of some wood characteristics on the performance of a mobile chipper. *Silva. Fenn* [interaktyvus]. 2011, 45 (1), 85-95 [žiūrėta 2016-04-23]. Prieiga per: Science Direct.
- SPINELLI, R., VISSER, R. *Analyzing and estimating delays in wood chipping operations.* *Biomass. Bioenerg.* 33, 429-433. [interaktyvus] 2019. [žiūrėta 2016-05-03]. Prieiga per: Science direct.
- TEBĖRA A. *Medienos naudotinos kurui ištekliai ir jų apskaita. INTERREG III B projekto BBN seminaro pranešimas. LŽŪU, 2007.*
- THAKUR, VK., SINGHA, AS. *Physiochemical and mechanical behaviour of cellulosic pine needle-based biocomposites.* *Int J Polym Anal Charact* 16:390–398. [interaktyvus] 2011. [žiūrėta 2016-04-25]. Prieiga per: Science direct.

VAN BELLE, J. A Model to Estimate Fossil CO<sub>2</sub> Emissions during the Harvesting of Forest Residues for energy—with an Application on the Case of Chipping. *Biomass and Bioenergy*, 12, 2006, vol. 30, no. 12. pp. 1067-1075 ISSN 0961-9534.

VARES, V., KASK, Ü., MUISTE, P. PIHU, T. SOOSAAR, S. *Biokuro naudotojo žinynas, 2007*. ISBN 978-9986-34-180-2.

VARŽINSKAS, V. 2008. *Dynamic Model for Product Eco-design;. Technological Sciences, Institute of Environmental Engineering, Kaunas University of Technology. Doctoral thesis.*

VARŽINSKAS, V., USELYTĖ, R. *Gaminių ekologinio projektavimo vadovas*. Kaunas, Technologija, 2006. 144p. ISBN 9955-25-030-5.

**TEISĖS AKTŲ SĄRAŠAS**

EUROPOS KOMISIJOS KOMUNIKATAS EUROPOS PARLAMENTUI. *Energetika 2020 - konkurencingos, darnios ir saugios energetikos strategija*“ (KOM(2010) 639 galutinis, 2010 11 10 [interaktyvus] [žiūrėta 2016-04-15]. Prieiga per: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/?uri=URISERV%3Aen0024>

EUROPOS KOMISIJOS KOMUNIKATAS. *2030m. Klimato ir energijos politikos strategija (COM(2014) 0015)*. 2014. [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-05-02]. Prieiga per: <http://www.consilium.europa.eu/lt/policies/climate-change/2030-climate-and-energy-framework/>

EUROPOS KOMISIJOS KOMUNIKATAS. *Energetikos veiksmų planas iki 2050 m. MEMO/11/914* [interaktyvus] [žiūrėta 2016-04-15]. Prieiga per: [http://europa.eu/rapid/press-release\\_MEMO-11-914\\_en.htm?locale=en](http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-11-914_en.htm?locale=en)

EUROPOS PARLAMENTAS IR EUROPOS SĄJUNGOS TARYBA. *Europos parlamento ir tarybos direktyva 2009/28/EB, 2009 m. balandžio 23 d., dėl skatinimo naudoti atsinaujinančių išteklių energiją, iš dalies keičianti bei vėliau panaikinanti Direktyvas 2001/77/EB ir 2003/30/EB* [interaktyvus] [žiūrėta 2016-04-15]. Prieiga per: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/?uri=CELEX%3A02009L0028-20130701>

EUROPOS PARLAMENTAS IR TARYBA. *Europos Parlamento ir Tarybos sprendimas Nr. 1386/2013/ES dėl bendrosios Sąjungos aplinkosaugos veiksmų programos iki 2020 m. „Gyventi gerai pagal mūsų planetos išgales“* [interaktyvus] [žiūrėta 2016-04-15]. Prieiga per: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/?uri=CELEX%3A32013D1386>

LIETUVOS RESPUBLIKOS APLINKOS MINISTERIJA. *Įsakymas dėl teršiančių medžiagų, išmetamų į atmosferą iš mašinų su vidaus degimo varikliais, vertinimo metodikos patvirtinimo 1998 m. liepos 13 d. Nr. 125*. [interaktyvus] [žiūrėta 2016-04-23]. Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.2DA942FA6CFD>

LIETUVOS RESPUBLIKOS SEIMAS. *Lietuvos Respublikos atsinaujinančių išteklių energetikos įstatymas: 2011 gegužės 12 d. Nr. XI-1375* [interaktyvus] [žiūrėta 2016-04-23]. Prieiga per: [http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc\\_1?p\\_id=398874](http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_1?p_id=398874)

LIETUVOS RESPUBLIKOS VYRIAUSYBĖ. *Dėl nacionalinės šilumos ūkio plėtros 2015-2021 metų programos patvirtinimo 2015 m. kovo 18 d. Nr. 284*. [interaktyvus] [žiūrėta 2016-04-05]. Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/a1484c20d3c711e4bcd1a882e9a189f1>

LIETUVOS RESPUBLIKOS VYRIAUSYBĖ. *Dėl valstybinės reikšmės miškų plotų patvirtinim*. [interaktyvus]. 2002 [žiūrėta 2016-04-15]. Prieiga per: <http://www.infolex.lt/lite/ta/38994>.

STATISTIKOS DEPARTAMENTO PRIE LIETUVOS RESPUBLIKOS VYRIAUSYBĖS GENERALINIS DIREKTORIUS. *Įsakymas Dėl kuro ir energijos balanso sudarymo metodikos patvirtinimo 2004 m. lapkričio 24 d. Nr. DĮ-228*. [interaktyvus] [žiūrėta 2016-04-23]. Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.55F2081A61B9>