

Atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimo vertinimas

Rita Bužinskienė

Šiaulių valstybinė kolegija,
Aušros al. g. 40,
76241 Šiauliai, Lietuva
El. paštas ritabuzin@gmail.com

Straipsnyje nagrinėjama atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo Lietuvoje patirtis, tendencijos ir pateikiami galimi sprendimai, kaip sumažinti energetinę priklausomybę nuo importuojamos energetikos. Didelis dėmesys skiriamas atsinaujinančių energijos išteklių iš žemės ūkio žaliavų ir jų atliekų naudojimui. Žemės ūkio produkcijos perteklius verčia ieškoti galimybių, kaip sumažinti aplinkos taršą, o jų panaudojimu užtikrinti didėjančius energijos poreikius. Tyrimo tikslas – įvertinti atsinaujinančių energijos išteklių naudojimą Lietuvoje. Atskleisti analizės rezultatai parodė, kad padidinti energijos gamybą galima naudojant ne vien tik vėjo, saulės, vandens ar geoterminę energijas, bet perdirbant tradicinius žemės ūkio ir gyvulinės kilmės produktus, jų atliekas: šiaudus, grūdines kultūras, gyvulių ar paukščių ekskrementus ir kt. Rekomenduotina atkreipti dėmesį į netradicinių žaliavų panaudojimo galimybes, pavyzdžiui, nuotekų dumblą, spirito žliaugtus, melasą ir kt. Plačiai analizuojamas augalinės biomasės naudojimas galimai atskleidė biokuro rūšių alternatyvas, kuriomis grindžiamas skirtingų kartų biodegalų naudojimas. Biodegalų naudojimas, žvelgiant į ilgalaikę perspektyvą, turėtų prisidėti prie klimato kaitos lėtėjimo. Kitos biomasės rūšys: medienos kirtimų atliekos, organinės buitinės atliekos, energetiniai želdiniai ir kt. gali būti panaudojami šilumos ir elektros energijos gamybai. Straipsnyje naudojami tyrimo metodai apima pirminių ir antrinių informacijos šaltinių ir kiekybinių duomenų surinkimą, vėliau jie panaudojami turinio ir lyginamojoje analizėje; turinio analizės metu atrinkta reikšminga ir aktuali kokybinė duomenų informacija apie norminių (teisinių) aktų ar panašaus pobūdžio informacijos šaltinius; palyginamąją analizę siekta argumentuotai suformuluoti ir pagrįsti tyrimo išvadas; anksčiau atliktų vertinimų duomenų analizė leido išvengti tų pačių duomenų rinkimo ir vertinimo nagrinėjama tema. Straipsnis pasižymi moksliniu naujumu, nes apima itin mažai tyrinėtą mokslinę tyrimo problemą žemės ūkio energetikoje, panaudojant tradicinį ir netradicinį biomasės potencialą iš žemės ūkio išteklių.

Raktažodžiai: atsinaujinantys energijos ištekliai, žemės ūkis, klimato kaita, energetinė priklausomybė

ĮVADAS

Atsinaujinantys energijos ištekliai tampa svarbi paskata sprendžiant klimato kaitos mažinimo problemas. Tai gamtos ištekliai, kurių atsiradimą ir atsinaujinimą lemia gamtos procesai. Lietuvoje, kaip ir visoje Europos Sąjungoje (ES), diskutuojama dėl klimato kaitos poveikio mažinimo

strategijos. Tarptautinė bendruomenė sutaria, kad norint išvengti pavojingo klimato kaitos masto būtina sumažinti į atmosferą išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį. Dabartinė civilizacija daugiausia naudoja neatsinaujinančius energijos šaltinius, vadinamąjį iškasinių kurą (akmens anglį, naftą, gamtines dujas).

Todėl pagrindinės dėl žmonių veiklos išsiskiriančios šiltnamio efektą sukeliančios dujos yra anglies dioksidas. Anglies dioksidas susidaro, kai deginamas iškastinis kuras, kuris šiuo metu yra populiariausias ir pagrindinis energijos šaltinis. Per paskutinius šimtmečius energijos gamybai ir transportui naudojama didžiuliai iškastinio kuro kiekiai, todėl jie sparčiai senka. Be to, deginant iškastinių kurą į aplinką patenka įvairūs teršalai, pavyzdžiui, CO₂, kurio koncentracijos didėjimas atmosferoje skatina klimato kaitą. Siekiant sustabdyti pasaulio vidutinės temperatūros kilimą ir užtikrinti, kad vidutinės temperatūros pokytis nebūtų didesnis nei 2°C, būtina imtis veiksmingų priemonių mažinant šiltnamio dujų išmetimą. Prognozuojama, kad temperatūros kilimas iki 2100 m. gali siekti 1,8–4°C, o tai lemtų neprognozuojamus pasaulio klimato sistemos pokyčius. Jungtinių Tautų tarpvyriausybinių organizacija nurodo, kad labiausiai klimato kaitą 2016 m. lėmė elektros ir šilumos gamyba (25 %), taip pat žemės ūkis ir miškininkystė (24 %). Kiek mažesnis poveikis pasireiškė pramonėje (21 %), transporte (14 %), pastatuose (6 %) ir kt. (10 %). Kova su klimato kaita – viena iš pagrindinių ekonomikos augimo strategijos „Europa 2020“ temų. Siekiama, kad 20 % energijos būtų gaunama iš atsinaujinančių gamtos išteklių. Energijos, pagamintos iš iškastinio kuro, dalies keitimas į energiją, pagamintą iš atsinaujinančių energijos šaltinių, vienas iš esminių punktų energijos naudojimo efektyvumui užtikrinti ir taip prisidėti prie klimato kaitos mažinimo strategijos sprendimo įgyvendinimo. Šiuo metu Lietuva daugiausia orientuojasi į energijos taupymą pagal konkrečias priemones, tačiau ar tikrai išnaudotas visas energijos taupymo potencialas? Priemonės, kurios dabar yra numatytos teisiniuose aktuose, sudaro sąlygas taupyti energiją, tačiau išlieka pagrindinė problema, kuri siejama su tradicinio iškastinio kuro naudojimu. 2009 m. balandžio 23 d. direktyvoje 2009/28/EB dėl skatinimo naudoti atsinaujinančių išteklių energiją Lietuvai nustatytas teisiškai privalomas tikslas, kad 2020 m. atsinaujinančių energijos išteklių dalis sudarytų ne mažiau kaip 23 % šalies bendro galutinio energijos sunaudojimo, o atsinaujinančių energijos išteklių dalis sudarytų ne mažiau kaip 10 % transporto sektoriaus galutinio energijos sunaudojimo. Energija, pagaminta ar gauta iš gamtinių šaltinių, vadinamoji

pirminė energija, jai priskiriami visi iškastiniai kuro šaltiniai (nafta, dujos, akmens anglis) ir iš atsinaujinančių energijos išteklių gaunama energija. Atominė (branduolinė) energija irgi gali būti priskiriama pirminės energijos grupei. Deja, bet Lietuva yra viena labiausiai nuo importinio kuro priklausanti ES valstybė, nes vietiniai ištekliai labai riboti, ir tai liudija apie sudėtingą energetinio saugumo būklę. Didinant atsinaujinančios energijos gamybą, mažinama ne tik Lietuvos priklausomybė nuo energijos importo, bet ir aplinkos tarša (Matulionytė-Jarašūnė, 2011).

Mokslinėje literatūroje įvairiai interpretuojami atsinaujinantys energijos ištekliai: energijos šaltiniai gaunami iš netradicinių gamtos išteklių ir nepriklauso iškastiniam kurui (Ma et al., 2009); atsinaujinantys energijos šaltiniai, kurie nuolatos pasipildo iš gamtos (IEA, 2010); energija, gaunama iš natūralių šaltinių, tokių kaip saulė, vėjas, lietus, bangos, potvyniai, ir geoterminė energija (Lund, 2010); gamtiniai ištekliai, kurie natūraliai keičiasi per tam tikrą laikotarpį (John, 2004); energija iš atsinaujinančių neiškastinių išteklių: vėjo, saulės energija, aeroterminiai, geoterminiai, hidroterminiai ištekliai ir vandenynų energija, hidroenergija, biomasė, biodujos, įskaitant sąvartynų ir nuotekų perdirbimo įrenginių dujas, taip pat kitų atsinaujinančių neiškastinių išteklių, kurių panaudojimas technologiškai yra galimas dabar arba bus galimas ateityje, energija (*Atsinaujinančių išteklių energetikos įstatymas*, 2011); energijos šaltinis, kuris atsinaujina ir yra natūrali žemės ciklo dalis (Hagen, 2016) ir kt. Atsinaujinančių energijos išteklių (AEI) sąvokos sampratoje svarbi pozicija atitenka gamtiniams ištekliams, kurie veikiami natūralių žemės procesų atsinaujina ir yra neišsenkami. Panašus apibūdinamas pateiktas Europos Parlamento ir Tarybos priimtoje direktyvoje 2009/28/EB dėl skatinimo naudoti AEI energiją. Nurodoma, kad atsinaujinančių išteklių energija atsiranda veikiamą gamtos ar žmogaus sukurtų procesų, ją galima naudoti energijai gaminti.

Mokslinė problema. Analizuojant mokslinę literatūrą pasigendama naujesnių mokslinių tyrimų ir įžvalgų apie atsinaujinančių energijos išteklių potencialą, jų naudojimą Lietuvos energijos poreikiams užtikrinti. Dažnai diskutuojama apie saulės, vėjo, vandens, geoterminės energijos išteklius. Trūksta išsamesnės analizės apie biomasės

energijos panaudojimą energijos produktams gaminti iš vietinių žemės ūkio išteklių. Tokiu būdu galima sumažinti šalies energetinę priklausomybę nuo importuojamų energijos šaltinių ir kovoti su klimato kaita. Atskleidžiant tyrimo problemas aktualumą, suformuluota mokslinė problema: *kokia atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo Lietuvoje patirtis ir kokios potencialios galimybės didinti biomasės energijos išteklių naudojimą iš žemės ūkio žaliavų energetikos sektoriuose.*

Tyrimo tikslas – įvertinti potencialių atsinaujinančių energijos išteklių naudojimą Lietuvoje.

Mokslinis naujumas. Straipsnio mokslinis naujumas atsiskleidžia keliais aspektais: 1) analizuojant atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo energijos poreikiams tendencijas, išvelgiami tam tikri biomasės, vėjo, saulės, hidroenergijos ir geoterminės energijos išteklių specifiškumai, jų integracija į Lietuvos energetikos sistemą; 2) nagrinėjant energijos gamybą iš atsinaujinančių energijos išteklių atskleisti Lietuvoje šių išteklių naudojimo patirtis ir ateities, žvelgiant iš LR tarptautinių įsipareigojimų energetikos politikos srityje, perspektyvas; 3) vertinant atsinaujinančių energijos išteklių plėtros galimybes Lietuvoje straipsnyje siūloma energijos poreikį užtikrinti ne tik naudojant vėjo, saulės, vandens ir kt. išteklius, bet veiksmingiau naudoti biomasę iš vietinių žemės ūkio žaliavų.

TYRIMO METODIKA

Metodika – sistemingas metodų taikymas konkrečiai pažintinei veiklai (Gintalas, 2011). Vertinant atsinaujinančių energijos išteklių naudojimą energijos poreikiams pasirinkti bendrieji moksliniai tyrimo metodai – *Pirminių informacijos šaltinių analizė ir duomenų surinkimas.* Pirminiai informacijos šaltiniai apima santykinai naują, originalią mokslinę informaciją, t. y. žurnalų straipsnius, pateikiančius savitas idėjas ir mokslinius tyrimus; konferencijų medžiagą, statistinius duomenis ir kt. Kaip svarbūs pirminiai informacijos šaltiniai buvo naudojami statistiniai duomenys iš Eurostato, Lietuvos statistikos departamento ir kt. Iš jų toliau renkami visi faktiniai duomenys, reikalingi atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo energetikos poreikių vertinimui atlikti. Pirminiai informacijos šaltiniai buvo pasitelkti siekiant atlikti išsamų vertinimą, kuris leistų pa-

teikti aktualią ir argumentuotą informaciją, jų apibendrinimus, parengti pagrįstas ir objektyvias išvadas. Duomenys, surinkti iš pirminių informacijos šaltinių, vėliau naudojami turinio ir palyginamojoje analizėje. *Turinio analizės metodas* leido išgryninti informaciją ir išvengti atsitiktinės, vertinimo tikslų požiūriu nevertingos informacijos, palikti reikšmingus ir aktualius kokybinius analizės duomenis. Kaip svarbius turinio analizės šaltinius galima įvardyti Lietuvos energetikos instituto (LEI), LR Seimo, Europos Komisijos direktyvose pateiktus norminius (teisinius) aktus ir kt. panašaus pobūdžio informaciją. Šio metodo pritaikymas patvirtina atrinktų kokybinių duomenų tikslingumą, kad vėliau būtų galima suformuluoti kokybiškai argumentuotas, objektyvias ir pagrįstas išvadas. *Palyginamoji analizė* taikyta statistinių duomenų, faktų, tendencijų ir rodiklių, atitinkančių šio straipsnio tikslą, palyginimui. Šis metodas taikytas vertinimo išvadoms suformuluoti, atsižvelgiant į realią Lietuvos situaciją, kryptis, tendencijas, taikomą praktiką Lietuvos žemės ūkio energetikoje. Statistinė analizė, derinama su palyginamąja, leido nustatyti tendencijų, sąryšių ir priklausomybės ryšių pagrįstumą. *Antrinių informacijos šaltinių analizė ir duomenų surinkimas* apima pirminių informacijos šaltinių analizę ir jų interpretaciją. Tai ankstesnių tyrimų ir vertinamų duomenų analizė bei apibendrinimai, informaciniai leidiniai (biografijos, apžvalgos, bibliografijos ir kt.), knygos ir kt. Šio metodo pagalba buvo surinkta visa faktinė, kontekstinė informacija, susijusi su atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo energijos poreikiams vertinimu. Kaip svarbūs antriniai informacijos šaltiniai naudojami Atsinaujinančios energijos statistikos (*Renewable Energy Statistics*, RES) ir Lietuvos biomasės energetikos asociacijos (Litbioma) pateikti statistiniai duomenys. Surinkti duomenys toliau naudojami palyginimams ir priežastims nustatyti. *Anksčiau atliktų vertinimų duomenų analizė* pasirinkta kiekybinio pobūdžio informacijai vertinti. Tai tyrimai ir studijos, kurie apėmė įvairius laikotarpius, aktualius požiūrius, kas leido išsamiau išanalizuoti ir nustatyti vykusius pokyčius, tendencijas, tyrimuose pateiktas įvairias prognozes ir tų prognozių prielaidas, nustatyti, kiek ankstesniuose tyrimuose pateiktos išvados ir rekomendacijos yra aktualios. Tokio metodo taikymas įgalina išvengti pakartotinio vertinimo ir

tų pačių duomenų dubliavimo. Straipsnyje taikyti ir kiti bendrieji moksliniai tyrimo metodai: detalizavimas, sisteminimas, grupavimas, apibendrinimas, sintezė ir kt., kurie išgrynino tyrimo problemos aktualumą ir svarbą.

TYRIMO REZULTATAI IR DISKUSIJA

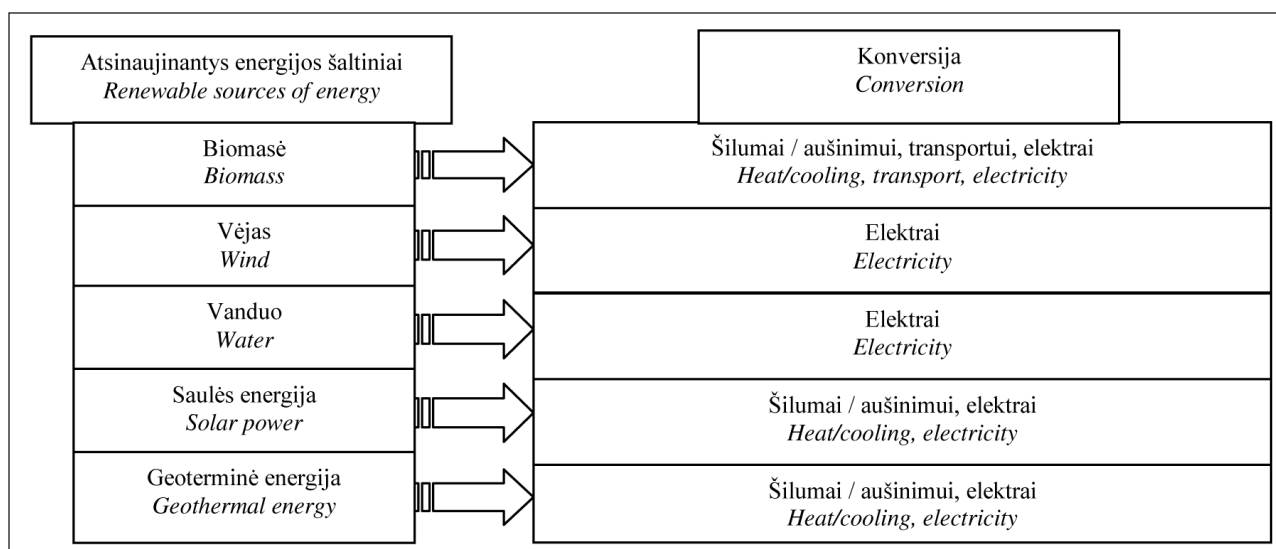
Atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo energetikos poreikiams tendencijų analizė Lietuvoje. Pagrindinis Europos Sąjungos uždavinys yra padidinti atsinaujinančių energijos šaltinių naudojimą. Atsinaujinančių energijos išteklių (AEI) naudojimo skatinimas nacionaliniu lygiu numatytas Lietuvos Respublikos atsinaujinančių išteklių energetikos įstatyme, o ilgalaikė AEI naudojimo plėtra numatyta Nacionalinėje energetikos strategijoje. Atsinaujinantys energijos išteklių, jų efektyvus naudojimas ir plėtra yra vienas iš esminių darnios nacionalinės energetikos strategijos tikslų, kurių įgyvendinimas mažina priklausomumą nuo iškastinio kuro importo, didina energijos tiekimo patikimumą ir mažina šiltnamio reiškinį sukeliančių dujų emisiją į atmosferą (Marčiukaitis ir kt., 2016). Europos Sąjunga tikslingai siekia, kad iki 2020 m. visame regione atsinaujinančių išteklių energetika sudarytų ne mažiau nei penktadalį visų energijos išteklių. Lietuvoje šis minimalus tikslas pasiektas dar 2014 metais. ES vadovai, siekdami tolimesnių strateginių tikslų, 2014 m. spalio mėn. sutarė dėl naujų 2030 m. klimato ir energetikos tikslų: 1. Šiltnamio efektą sukeliančių išmetamųjų dujų kiekį sumažinti (bent) 40 %, palyginti su 1990 m. lygiu. 2. Ne mažiau kaip 27 % visos sunaudojamos energijos gauti iš atsinaujinančių išteklių. 3. Mažiausia 27 % padidinti energijos naudojimo efektyvumą.

Energetinės nepriklausomybės strategijoje numatyta, kad 2030 m. apie 45 % viso šalies bendrojo galutinio energijos sunaudojimo sudarys atsinaujinanti energija, o 2050 m. net 80 % Lietuvai reikalingos energijos bus pagaminta iš atsinaujinančių ir netaršių šaltinių. M. Nagevičiaus teigimu (2012), Lietuvoje yra vienos palankiausių sąlygų atsinaujinančios energetikos plėtrai. Beveik visos naujos elektrinės Lietuvoje yra vėjo, saulės, biokuro, biodujų. Išmintinga valstybės politika formuoja tokią strategiją, kad kartu su atsinaujinančių energijos išteklių naudojimu spar-

čiai plėstųsi ir susijusi pramonė. Taip kuriamos naujos darbo vietos, keleriopa nauda valstybei, sprendžiamos aplinkosauginės ir klimato atšilimo problemos (Juozaitis, 2012).

Mokslinėje literatūroje minimi įvairūs gamtos išteklių: vėjo, bangų, potvynio ir atoslūgių energija, saulės energija, aeroterminiai, geoterminiai, hidroterminiai išteklių ir vandenynų energija, hidroenergija, bioenergija, biomasė, biokuro energija, sąvartynų dujos, nuotekų perdirbimo įrenginių dujos ir biologinės dujos, vandenyno ir geoterminė energija ir pan. (*Europos Parlamento ir Tarybos direktyva*, 2009; Heal, 2010; *Atsinaujinančių išteklių energetikos įstatymas*, 2011; Miškinis ir kt., 2014; *International Energy Agency*, 2015; Hagen, 2016; Marčiukaitis, 2016 ir kt.). Minėtų išteklių naudojimas energetikoje tenkina pagrindinius energetinius poreikius skirtinguose sektoriuose (1 pav.).

Dažniausiai atsinaujinančių energijos išteklių konversija vykdoma elektros energijos sektoriuje. Pagrindiniai elektros energijos šaltiniai – vėjas ir vanduo. Viena iš sparčiausiai besiplečiančių ir labiausiai aplinką tausojančių atsinaujinančių išteklių Lietuvoje yra vėjo jėgainės. Kiekvienais metais plečiasi vėjo jėgainių parkas. Bendra įrengtų jėgainių galia 2016 m. gale siekė 509 MW (2015 m. pabaigoje – 432 MW). 2016 m. vėjo jėgainės pagamino 1,1 TWh elektros energijos, arba 40,2 % daugiau nei 2015 m., ir tai sudarė 26,6 % visos šalyje pagamintos elektros energijos, arba daugiau kaip 9 % šalyje sunaudotos elektros energijos. Vandens jėgainės 2016 m. pagamino 453,9 mln. kWh elektros energijos, t. y. beveik trečdaliu daugiau nei 2015 metais. Nors Lietuvoje saulės energijos potencialas nėra didelis, tačiau į elektros tinklus patiekta 66,5 mln. kWh elektros energijos (9 % mažiau nei 2015 m.), kurių pagamino saulės jėgainės. Pastaraisiais metais vis dažniau elektros energijai gaminti panaudojamos biodujos. 2016 m. iš biodujų buvo pagaminta beveik 122,7 mln. kWh elektros energijos, t. y. 42,2 % daugiau nei 2015 m. Ateityje Lietuva visą elektrą turėtų pasigaminti pati. Dabar apie 70 % elektros yra importuojama (*Energetikos statistika...*, 2016). Transporto sektoriuje energija kaip kuras iš atsinaujinančių šaltinių gali būti gaunama iš biomasės. Biomasės energija – tai fotosintezės būdu augaluose sukaupta saulės energija (*Atsinaujinantys energijos...*, 2008). Lietuvoje šiuo



1 pav. Atsinaujinančių energijos šaltinių konversija

Fig. 1. Conversion of renewable energy

Šaltinis / Source: Matulionytė-Jarašūnė, 2011.

metu naudojamos dvi biodegalų rūšys: biodyzelinas ir bioetanolis, kurių gamybą ir naudojimą skatina tarptautiniai įsipareigojimai mažinti šiltnamio efekto dujų emisijas ir didinti transporte naudojamų biodegalų kiekį. Šilumos / aušinimo sektoriuje energijos gamyba gali būti iš biomasės, saulės energijos ir geoterminės energijos (Milčiuvienė, Tikniūtė, 2011). 2050 m. Lietuva planuoja iš atsinaujinančių energijos išteklių gauti visą šilumos ir elektros energiją, o transporte žaliosios energijos dalis turėtų siekti 50 %. Atsinaujinantys energijos ištekliai glaudžiai siejami su vietiniais ir atliekų energijos ištekliais, todėl šių išteklių naudojimą energetikoje tikslinga analizuoti kartu, apžvelgiant jų privalumus ir trūkumus (1 lentelė).

Apibendrinant atsinaujinančių energijos išteklių privalumus ir trūkumus galima teigti, kad išskirtinis biomasės energijos privalumas skiriamas biodegalų gamybos ir naudojimo galimybėms. Tai šaltinis, kuris gali pakeisti iškastinio kuro naudojimą ir didinti nepriklausomybę nuo importinio kuro. Esminis biomasės trūkumas, kad kai kurie ištekliai yra sezoniniai. Kitoms atsinaujinančių energijos išteklių rūšims dažniausiai reikia brangių technologijų, išskirtinių gamybos sąlygų. Tačiau vėjo energijos privalumas – gaminamos energijos savikaina dėl technologijų pažangos nuolat mažėja. Saulės energija – tai neišsenkantis energijos išteklis. Nors saulės galimybės yra tūkstančius kartų didesnės už kitų energijos rūšių, tačiau jos

energijos gamybai kol kas naudojama mažiausia. Hidroenergija užtikrina nepertraukiamą energijos gamybą, kuri yra pigi, palyginti su kitais energijos ištekliais. Tekančio vandens kinetinę energiją galima panaudoti tiesiogiai, tačiau ji yra menka, o įrengimai nenašūs. Todėl dažniausiai panaudojama vandens tėkmės potencialinė energija, kuri specialiu įrenginiu (turbinų) pagalba verčiama į elektros energiją. Geoterminės energijos pagaminta energija generuoja nuolatinę galią, nes jos ištekliai yra giliai po žeme. Tačiau dėl technologinių apribojimų ne visur šie ištekliai gali būti panaudoti energijai gaminti.

Lietuvos atsinaujinančių energijos išteklių plėtros analizė atskleidė, kad energijos gamyba naudojant atsinaujinančius energijos išteklis kiekvienais metais didėjo ir viršijo nustatytą ES28 vidurkį. Energijos gamyba iš atsinaujinančių energijos išteklių per dešimtmetį išaugo 8,6 procentinius punktus (toliau – p. p.), kai 28-ųjų Europos Sąjungos (toliau EU28) valstybių narių vidurkis padidėjo 8,2 p. p. Tokie rezultatai rodo gerėjančią atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimo energijos gamybai situaciją Lietuvoje. Atsinaujinančių energijos išteklių (AEI) gamyba labiausiai didėjo 2015 metais. Lyginant su 2014 m., šis pokytis išaugo 2,2 p. p. Iš AEI gaminamos energijos dalis bendrame energijos balanse 2004 m. siekė 17,2 %, o per dešimtmetį išaugo 1,5 karto (2 pav.).

1 lentelė. Pagrindinių atsinaujinančių energijos išteklių privalumai ir trūkumai

Table 1. Advantages and disadvantages of renewable energy resources

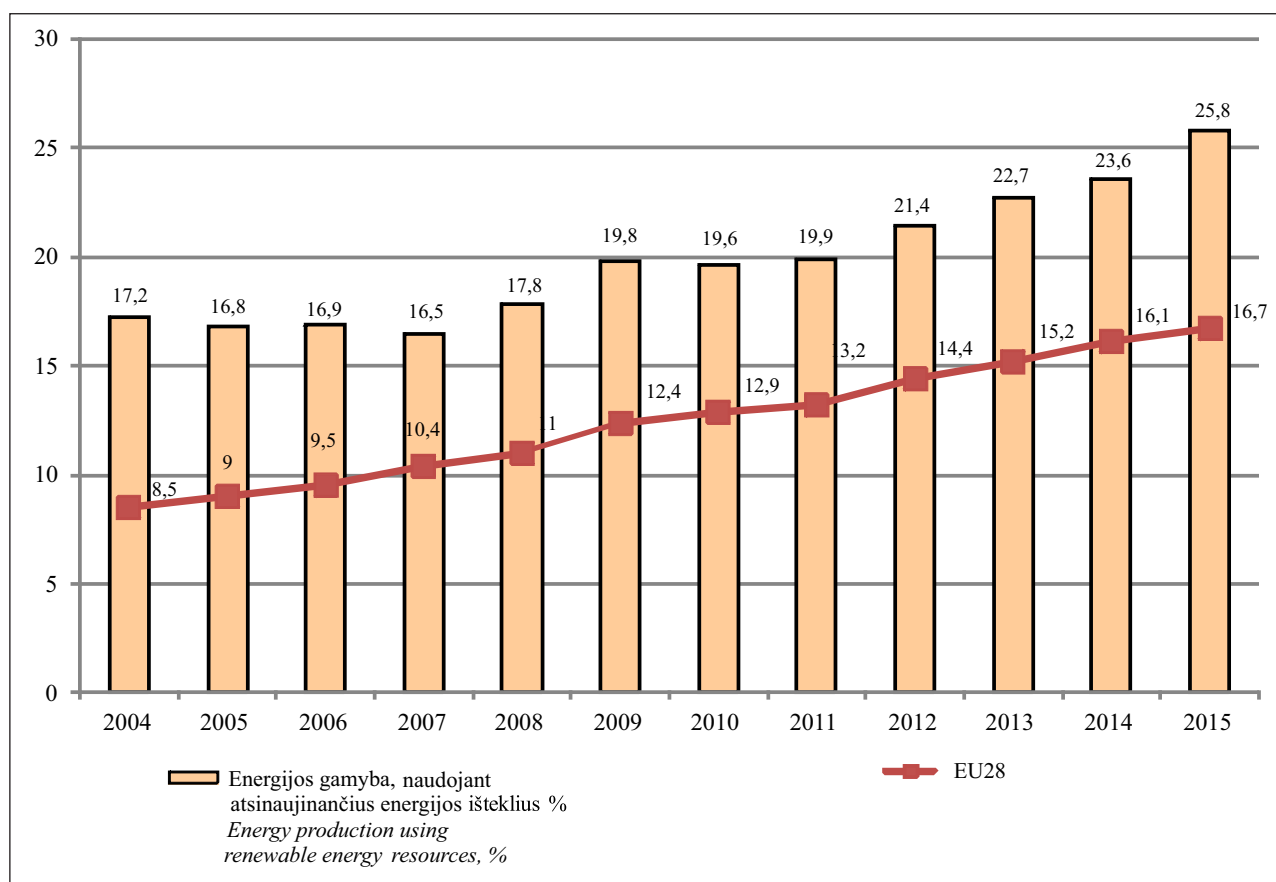
Pavadinimas Title	Privalumai / Advantages	Trūkumai / Disadvantages
Biomasės energija <i>Biomass energy</i>	Biomasės kuras yra santykinai pigesnis už iškastinį kurą; nenutrūkstanti energijos gamyba; vietiniai biomasės kuro išteklių gali pakeisti iškastinį kurą; biomasės kuro gamybai gali būti panaudojamos įvairios organinės kilmės atliekos. <i>Biomass fuels are relatively cheaper than fossil fuels; constant energy production; local biomass fuels can replace fossil fuels; various organic waste can be used to produce biomass fuels.</i>	Biomasės kuro paruošimas (auginimas, atliekų transportavimas, smulkinimas) reikalauja nemažai energijos; kai kurie biomasės išteklių yra sezoniniai. Tiriant biokuro ir jo mišinių su agrokultūromis savybes nustatyta, kad iš agromasės pagamintas kuras pasižymi didesniu peleningumu ir šarminių metalų kiekiu nei mediena. Didžiausias pelenų kiekis – iš šiaudų. <i>The preparation of biomass fuels (growing, transporting waste, crushing) requires a lot of energy; some biomass resources are seasonal. When analyzing the properties of biofuel and its compounds with agro-crops, it has been found that fuel from agromasses is characterized by higher ash content and alkaline metal content than wood. The maximum amount of ash is determined in straw.</i>
Vėjo energija <i>Wind energy</i>	Vėjo išteklių yra neišsenkantys; vėjo jėgainės yra ekologiškos, gamina „švarią“ energiją, neišskirdamos į aplinką kenksmingų medžiagų; gaminamos vis efektyvesnės vėjo turbinos, o elektros energijos gamybos savikaina nuolat mažėja. <i>Wind resources are inexhaustible; wind power plants are environment-friendly, produce “clean” energy without isolating environmentally harmful substances; wind turbines are becoming more efficient, and the cost of electricity production is constantly decreasing.</i>	Vėjo energija yra kintanti, priklauso nuo vėjo greičio ir krypties svyravimų. Taip pat arti jėgainių gyvenantiems žmonėms neigiamą poveikį gali turėti jėgainių sklaidžiamas triukšmas ir sparnų šešėlių mirgėjimas. Be to, jėgainių pastatymas ir prijungimas prie elektros tinklo yra brangus, reikalauja didelių investicijų. <i>Wind power is volatile, depending on wind speed and direction fluctuations. Also, people living in power stations can be negatively affected by noise from the power plants and the flickering of the wing shadows. In addition, the installation of power plants is expensive and requires substantial investment.</i>
Saulės energija <i>Solar power</i>	Nemokamas, palankus aplinkai ir neišsenkantis energijos šaltinis; naudinga vietovėse, neprijungtose prie elektros tinklo. <i>It is a free, environment-friendly and energy-efficient source of energy; useful in areas not connected to the mains.</i>	Saulės energija yra besikeičianti, nes priklauso nuo meteorologinių sąlygų ir paros laiko; technologijos yra brangios, jų efektyvumas mažas, todėl jos reikalauja didelio ploto. <i>Solar energy is volatile because it depends on meteorological conditions and daytime; the technology is expensive, its efficiency is low, so it requires a lot of space.</i>
Hidroenergija <i>Hydropower</i>	Vandens išteklių yra nemokami; pigi elektros energijos gamyba; ekologiška energetika, neteršianti aplinkos ir neskatanti klimato kaitos; užtikrinamas nepatraukiamas tam tikras elektros energijos gamybos kiekis; energijos tiekimo patikimumas. <i>Water resources are free; cheap electricity generation; green energy, environment-friendly and climate-friendly; ensuring a certain amount of electricity production continuously; energy supply reliability.</i>	Poveikis vandens ekosistemoms; hidroelektrinių statybai dažnai reikalingas papildomas žemės plotų užtvindymas siekiant padidinti šaltinio hidrogalią; energijos gamybos priklausomybė nuo klimato (per sausras vandens kiekis sumažėja). <i>Impact on aquatic ecosystems; the construction of hydroelectric powerplaces often requires additional flooding of land, in order to increase the source hydrocarbons; dependence of energy production on climate (decreases in the amount of drought).</i>

1 lentelė (tęsinys).

Table 1 (continued).

Pavadinimas Title	Privalumai / Advantages	Trūkumai / Disadvantages
Geoterminė energija <i>Geothermal energy</i>	Ištekliai yra atsinaujinantys ir neišsenkantys; gaminant energiją neteršiama aplinka; generuojama nuolatinė galia. <i>Resources are renewable and inexhaustible; energy is not polluted by the environment; constant power is generated.</i>	Ne visose vietovėse šie ištekliai yra prieinami, reikalingos didelės investicijos į technologijas. Be to, šios energijos išgavimą riboja techninės problemos, susijusios su jėgainių eksploatavimu. <i>These resources are not available in all areas, requiring significant investment in technology. In addition, the extraction of this energy is limited by a number of technical problems related to the operation of the power plants.</i>

Šaltinis / Source: remtasi Lietuvos energetikos instituto duomenimis; MTEP, 2016 / made by the author based on the data of the Lithuanian Energy Institute; MTEP, 2016.



2 pav. Energijos gamyba naudojant atsinaujinančius energijos išteklius Lietuvoje %

Fig. 2. Energy production using renewable energy resources in Lithuania, %

Šaltinis / Source: Eurostatas / Eurostat.

2014 m. Lietuva pasiekė numatytą tikslą, šis rodiklis sudarė 23,6 %. Naujoje Lietuvos energetikos strategijoje numatyta, kad 2020 m. galutiniame energijos sunaudojimo balanse AEI dalis siektų 30 %, 2030 m. – 45 %, o 2050 m. – 80 %.

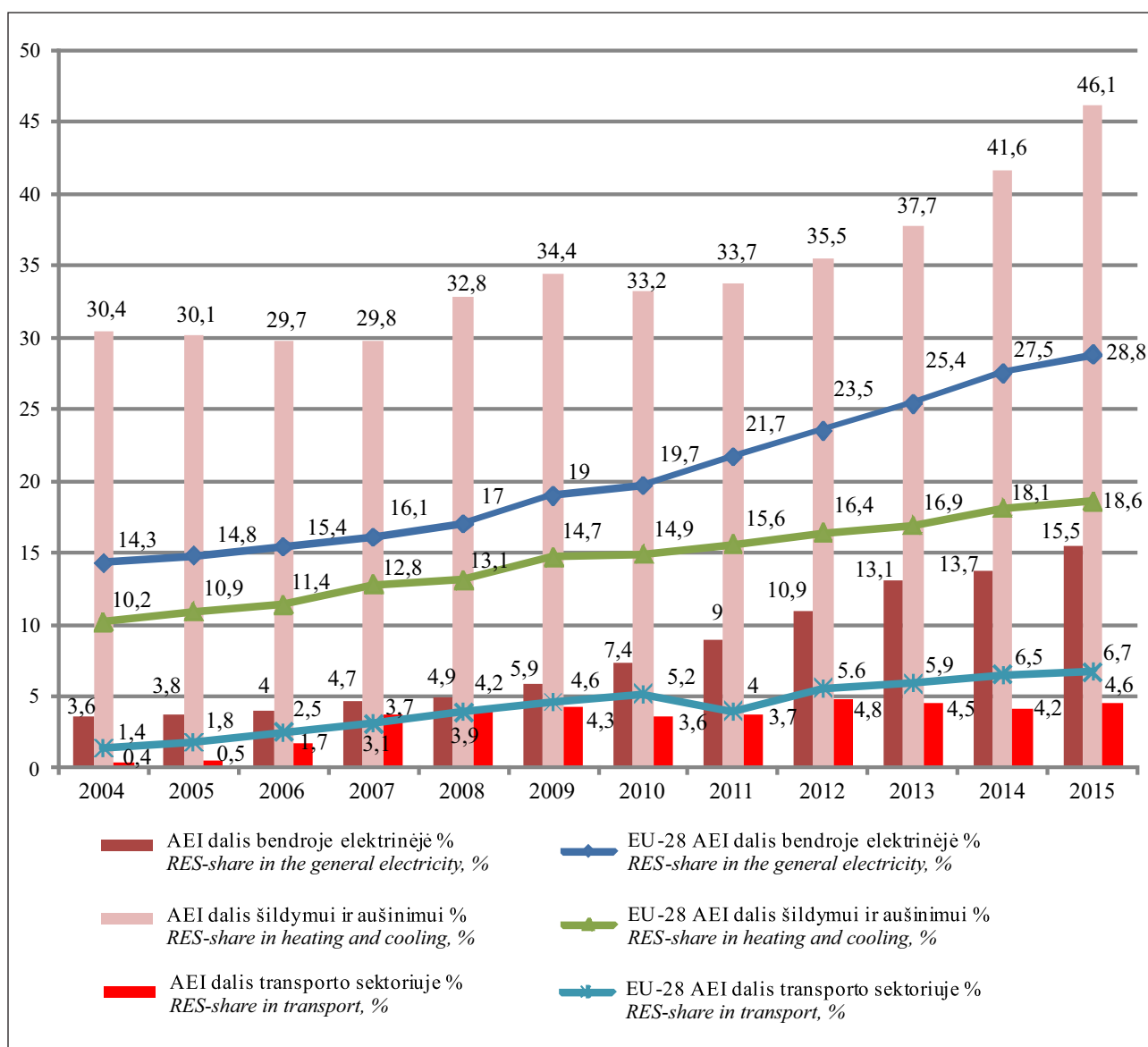
Analizuojant atsinaujinančių energijos išteklių kaitos tendencijas skirtinguose energetikos sektoriuose nustatyta, kad energijos dalis iš atsinaujinančių išteklių bendrame galutiniame šalies energijos naudojimo balanse turėjo tendenciją

didėti iki 2015 metų (3 pav.). Sparčiausiai AEI dalis augo šildymo / aušinimo energijos sektoriuje (15,7 p. p.), kiek mažiau elektros energijos sektoriuje (11,9 p. p.), mažiausia – transporto sektoriuje (4,2 p. p.). AEI dalis šildymo / aušinimo energijos sektoriuje gerokai viršijo nustatytą EU28 vidurkį (27,5 p. p., 2015 m.), tačiau elektros energijos (13,3 p. p., 2015 m.) ir transporto sektoriuose (2,1 p. p., 2015 m.) Lietuva vis dar atsilieka nuo Europos Sąjungos pasiektų rezultatų.

Energijos sunaudojimo augimas skirtinguose energetikos sektoriuose priklauso ne tik nuo Lietuvos BVP augimo, bet ir nuo gyventojų skai-

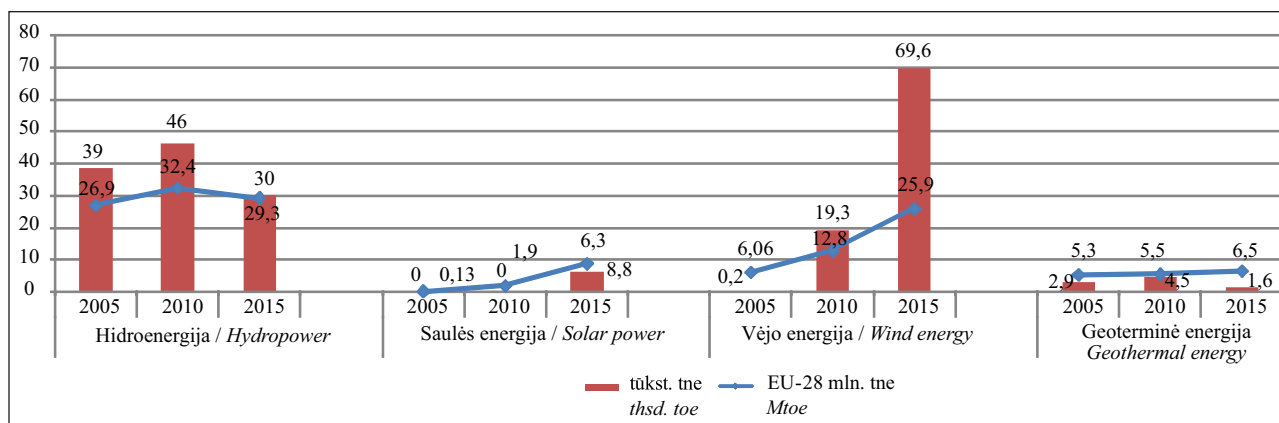
čiaus kitimo (Nagevičius, 2012; Gaigalis, Škėma, 2017). Lietuvoje vienam BVP vienetui sukurti energijos sunaudojama kelis kartus daugiau nei išsivysčiusiose šalyse, tokiu būdu grindžiamas didelis energijos taupymo potencialas (Miškinis ir kt., 2014). Anksčiau buvo minėta, kad Lietuvoje populiariausia žaliosios energijos rūšis – vėjo energija (4 pav.).

Energijos gamyba pagaminta iš vėjo per dešimtmetį Lietuvoje išaugo daugiau nei 100 kartų, t. y. 69,6 tūkst. tne 2015 m. (EU28 – 25,9 mln. tne, 2015 m.), kiek mažiau – saulės energija – 6,3 tūkst. tne 2015 m. (EU28 – 8,8 mln. tne,



3 pav. Atsinaujinančių energijos išteklių (AEI) naudojimo dalis skirtinguose energetikos sektoriuose Lietuvoje
Fig. 3. Renewable energy source (RES) consumption in different energy sectors in Lithuania

Šaltinis / Source: statistika apie atsinaujinančią energiją / Renewable energy statistics.



4 pav. Energijos gamyba iš atsinaujančių energijos išteklių Lietuvoje tūkst. tne

Fig. 4. Energy production from renewable energy sources in Lithuania, thsd. toe

Šaltinis / Source: Eurostatas / Eurostat.

2015 m.). Didesne atsinaujančių energijos išteklių dalimi pasižymėjo hidroenergija – 30 tūkst. tne 2015 m. (EU28 – 29,3 mln. tne, 2015 m.), tačiau per dešimtmetį šios energijos pagaminta energetinė produkcija Lietuvoje sumažėjo apie 23 %. Geoterminė energija kol kas Lietuvoje naudojama mažiausia – 1,6 tūkst. tne 2015 m. (EU28 – 6,5 mln. tne, 2015 m.), o per pastarąjį dešimtmetį sumažėjo apie 45 %. Lietuva gerokai atsilieka nuo EU28 vidurkio. 2015 m. energijos gamyba naudojant vėjo energiją sudarė apie 0,3 %, hidroenergiją – 0,1 %, saulės energiją – 0,14 %, geoterminę energiją – 0,02 %, palyginti su visa pagaminta energija Europos Sąjungoje.

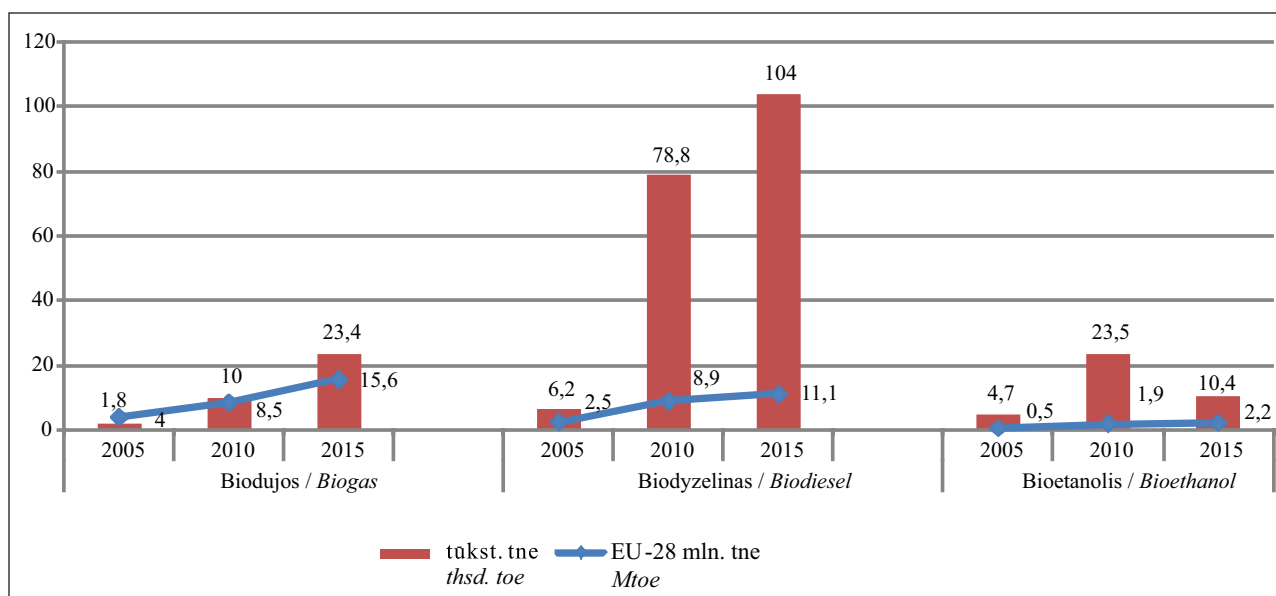
Lietuvoje didžiausią energijos ateitį turi biomasė, iš kurios gaminamas biokuras. Biomasės naudojimas 2015 m. sudarė apie 64 % visos pagaminamos pirminės atsinaujančios energijos kiekio ES28 šalyse. Pagal kainos ir kokybės santykį bei indėlį į energetikos balansą, biokuro naudojimas turi didelių galimybių ateityje (Lukoševičius, 2010; Milčiuvienė, Tikniūtė, 2011). Iš biokuro pagaminti biodegalai tinka naudoti vidaus degimo varikliuose kaip degalai, taip mažinama aplinkos tarša. Pagrindinės Lietuvoje naudojamos biodegalų rūšys: bioetanolis, gaminamas iš cukraus (cukranendrių, cukrinių runkelių) ir krakmolo (bulvių, grūdų) turinčių žaliavų, ir biodyzelinas, gaminamas iš augalinio aliejaus (rapsų, linų, sojos, rugių, kviečių, kvietrugių, saulėgrąžų). Biodyzelinas gali būti naudojamas kaip degalai įprastuose dyzeliniuose varikliuose. Bioetanolis naudojamas vidaus degimo varikliuose,

juo pakeičiama dalis benzino, tačiau pastaruoju metu imta domėtis bioetanolio panaudojimo dyzeliniame variklyje galimybėmis. Taip siekiama praplėsti žaliavų bazę, o dyzeliniuose degaluose padidinti atsinaujančios energijos kiekį (Katinas, Savickas, 2012). Biologiškai skaidžios augalinės ir gyvulinės kilmės atliekos, susidarancios žemės ūkyje ir maisto pramonėje, gali būti efektyviai panaudotos biodujoms gaminti. Biodujos susidaro dėl organinių medžiagų, pavyzdžiui, nuotekų, mėšlo, organinių buitinių atliekų ir augalinių kultūrų skilimo (*Atsinaujančių išteklių naudojimo...*, 2016). Pasirinkti reikia pagal susiklosčiusią padėtį energetikoje, klimatinės ir gamtines sąlygas.

Biomasės naudojimo sritis, kuri netgi nedidina energijos kainos galutiniams vartotojams, turėtų būti plėtojama pirmiausia (5 pav.). 2015 m. Lietuvoje buvo sunaudota 104 tūkst. tne biodyzelino (EU28 – 11,1 mln. tne) ir 10,4 tūkst. tne bioetanolio (EU28 – 2,2 mln. tne), t. y. biodegalų sunaudojimas per dešimtmetį padidėjo 103,4 tūkst. tne (EU28 – 10,3 mln. tne). Pastaraisiais metais vis dažniau energijai gaminti naudojamos biodujos.

2015 m. iš biodujų buvo pagaminta beveik 23,4 tūkst. tne energijos (EU28 – 15,6 mln. tne), t. y. 13 kartų daugiau nei 2005 m. (EU28 – 4 kartus). Lyginant su EU28 vidurkiu, 2015 m. Europos Sąjungoje biodujų gamyba sudarė 0,15 %, biodyzelino – 0,94 %, bioetanolio – 0,47 %.

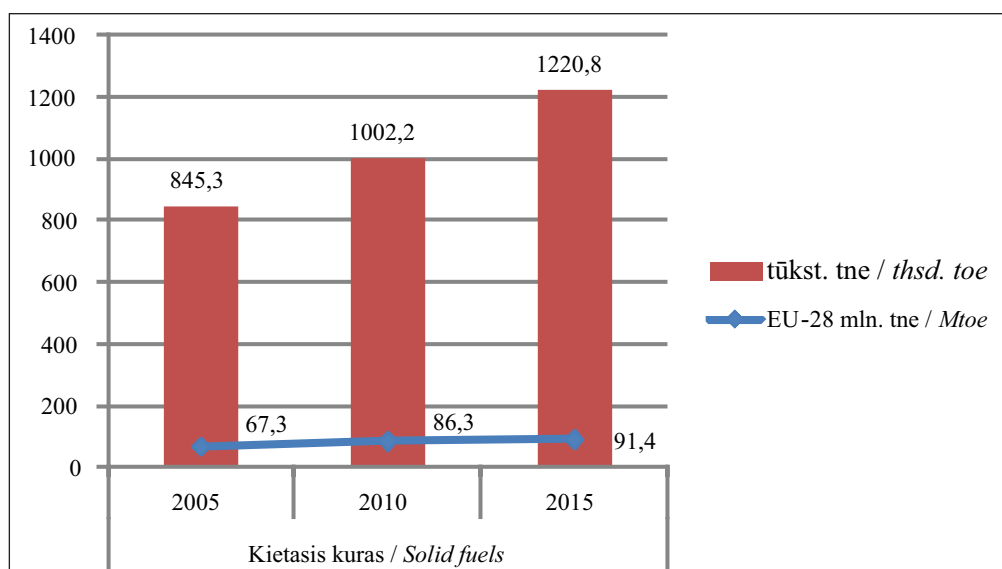
Didžiausių atsinaujančios energijos perspektyvų turi kietasis kuras (6 pav.).



5 pav. Biodegalų gamyba Lietuvoje tūkst. tne

Fig. 5. Production of biofuels in Lithuania, thsd. toe

Šaltinis / Source: Eurostatas / Eurostat.



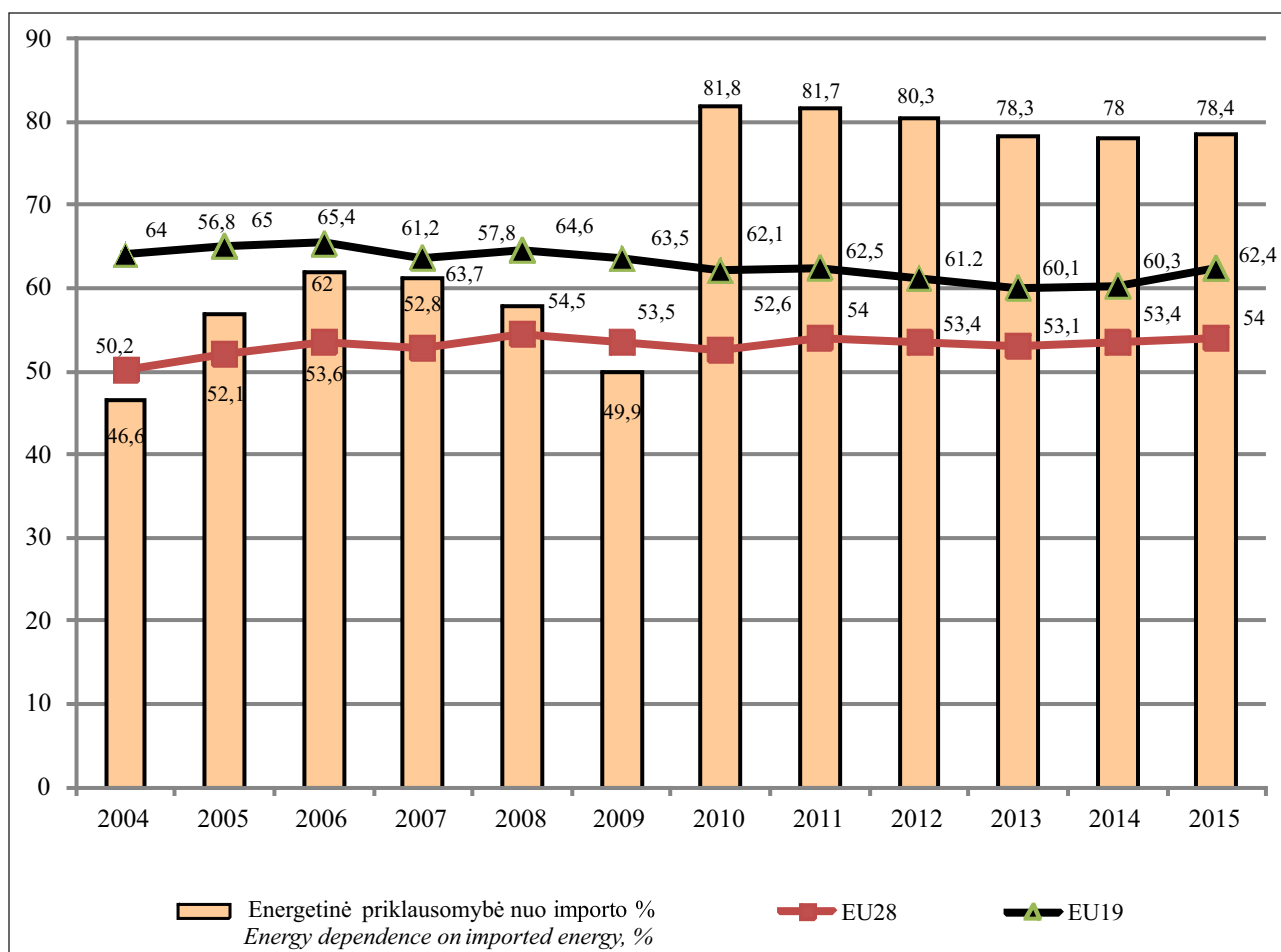
6 pav. Kietojo kuro gamyba Lietuvoje tūkst. tne

Fig. 6. Production of solid fuels in Lithuania, thsd. toe

Šaltinis / Source: Eurostatas / Eurostat.

Kietojo kuro gamyba augo ir tenkino didėjančius energetinius poreikius, kurie per dešimtmetį išaugo apie 375,5 tūkst. tne (EU28 – 24,1 mln. tne). Didžiausias kietojo kuro kiekis buvo pagamintas 2015 m. – 1 220,8 tūkst. tne (EU28 – 91,4 mln. tne). Lyginant su EU28 vidurkiu, 2015 m. kietojo kuro gamyba iš biomasės sudarė apie 1,3 %. Lietuvoje nėra didelių iškastinio kuro išteklių (akmens anglies, gam-

tinių dujų ar naftos), galinčių patenkinti šalies energetinius poreikius, šias iškasenas tenka importuoti. Lietuvai didžiausią išorės grėsmę kelia energetinė priklausomybė nuo importinės energijos, nes tai turi įtakos nacionaliniam saugumui. Lietuva, tenkindama energetinius poreikius, yra pernelyg priklausoma nuo importuojamo organinio kuro, palyginti su kitomis ES valstybėmis (7 pav.).



7 pav. Energetinė priklausomybė nuo importuojamos energetikos Lietuvoje %

Fig. 7. Energy dependence on imported energy in Lithuania, %

Šaltinis / Source: Eurostatas / Eurostat.

Lietuvos energetinė priklausomybė nuo importo per dešimtmetį išaugo 31,9 p. p. Didžiausias importinio iškastinio kuro poreikis buvo 2010 m. (81,8 %) ir išliko gana aukštas 2010–2015 m. (vidutiniškai apie 80 %). ES28 valstybių narių atžvilgiu Lietuva ženkliai viršija vidutinį rodiklį (24,4 p. p., 2015, o ES19 – 16 p. p., 2015). Energetinės priklausomybės koeficiento augimas liudija, kad Lietuva išgyvena sudėtingą energetinio saugumo situaciją. Didinant energetinę nepriklausomybę būtina parengti darnios energetinės sistemos plėtros siekius ilgalaikėje perspektyvoje. Energetinė sistema sudaryta iš daug mažesnių objektų yra saugesnė, negu pagrįsta vieno ar kelių didžiulių objektų veikimu. Lietuvos priklausomybės nuo importuojamos energijos mažinimas skatina vietinių išteklių naudojimą energetiniams poreikiams. Verta paminėti, kad Lietuvoje labai svarbūs yra žemės ūkio produktai ir jų atliekos.

Siekiant įvertinti žemės ūkyje auginamos augalinės biomasės energetikos poreikiams perspektyvas, būtina atsižvelgti į naudojamų žemės ūkio naudmenų plotus. Žemės ūkio naudmenos – tai žemės plotai, naudojami arba galimi naudoti žemės ūkio produkcijai išauginti (Aleknavičius ir kt., 2010). Moksliniai tyrimai rodo, kad norint pagaminti 6 mlrd. kWh elektros energijos Lietuvos ūkiuose reikėtų užauginti ir paruošti apie 15 mln. tonų energetinių augalų biomasės. Tokiam derliui gauti reikėtų apie 400 t ha⁻¹ žemės ūkio naudmenų. Lietuvos statistikos departamento duomenimis, didžiausias Lietuvoje naudojamų žemės ūkio naudmenų plotas sudaro daugiau negu 50 ha, kuris per dešimtmetį išaugo iki 52 %. Mažesni naudojamų žemės ūkio naudmenų plotai per dešimtmetį sumažėjo vidutiniškai iki 25 %. Nepaisant to, Lietuvoje yra didelės galimybės ir perspektyvos auginti augalinę biomasę energetiniams

poreikiams. Pritaikant atsinaujinančius energijos išteklius iš žemės ūkio žaliavų, būtų užtikrintas energetikos poreikis elektros, šilumos / aušinimo ir transporto sektoriuose.

Biomasės naudojimo energijos gamybai potencialas: žemės ūkio energetika. Mokslinių tyrimų srityje didelis dėmesys skiriamas biomasės plėtrai iš žemės ūkio išteklių. Tai augalinė biomasė: 1) medienos ir jos ruošos bei apdirbimo metu gaunamos atliekos; 2) šiaudai, rapsai ar kviečiai, kurie žemės ūkyje yra įvardijami kaip atliekos; 3) gyvulininkystės atliekos – tai paukščių ir gyvulių ekskrementai; 4) organinės atliekos, gaunamos maisto pramonėje; 5) organinės medžiagos, susikaupusios nutekamųjų vandenų dumblė; 6) atrinktos organinės atliekos iš gaunamų komunalinių atliekų ir t. t. (*Lietuvos atsinaujinančių...*, 2008). Jų naudojimas gali pakeisti ar iš dalies papildyti tradicines energetikos rūšis bei vandens ir vėjo energijos išteklius (*Atsinaujinančių išteklių naudojimo...*, 2016). Biomasės platus naudojimas turėtų būti pirmumo prioritetas, nes tai ne tik ekonomiškai naudinga, bet ir užtikrina realią pirminių energijos išteklių tiekimo nepriklausomybę. Paminėtina ir tai, kad biomasės naudojimas energetikoje skatina vietinės ekonomikos augimą, kadangi didėja vietinių energetinių išteklių paklausa ir sukuriama papildoma darbo vieta. Be to, naudojant daugiau žemės ūkio išteklių mažėja iškastinio kuro poreikis. Užsienio šalių praktika rodo, kad cheminė energija, išgauta iš biomasės gamybos procese, sukuria šilumą, elektros energiją ir biokuro energetinius produktus. Pagrindinis šilumos ir elektros energijos šaltinis yra mediena ir sąvartyno atliekos. Tačiau biomasę galima paversti ir kitokia naudinga energijos forma, t. y. metano dujomis (biodujos) arba transporto degalais, pavyzdžiui, etanolis ir biodyzelinis. Kukurūzai ir cukranendrės gali būti fermentuojami gaminant transporto degalus ir etanolį. Biodyzelinis ir kitas transporto kuras gali būti pagamintas iš kai kurių maisto produktų, pavyzdžiui, augalinių aliejų ir gyvūninių riebalų. Manytina, kad nedidelio masto biokuro gamybai pakanka naudoti apie 70 % žemės ūkio išteklių (Ulgiati, 2001; Pimentel, Patzek, 2005; Chel, Kaushik, 2010; Fami et al., 2010; Ortega et al., 2014; Solovyev et al., 2017). S. T. N. Soltanpanahi ir kt. pažymi (2013), kad naudojant 28,8 t cukrinių runkelių vidutiniškai

per metus galima pagaminti apie 50,63 kJ energijos. A. Mathuras nustatė (2014), kad biodyzelino gamybai ypač tinkamos kanapės, krapažoliniai augalai ir jų sėklos (*Jatropha*), riešutai (*Sesame*), aliejinė moringa (*Moringa oleifera*) ir įvairūs daržovių mišiniai. E. Ortega ir kt. (2005), remdamiesi *Emergy Accounting* metodu, įrodė, kad biokuro gamybai iš sojos pupelių pakanka naudoti apie 25 % atsinaujinančių energijos išteklių; etanolio gamybai iš kukurūzų – apie 9 %, o kai biokuras gaminamas iš cukranendrių, atsinaujinantys energijos ištekliai padidėja iki 30 %. Lietuvoje bioenergijos generavimui gali būti naudojamos įvairios medžiagos ir gaunami skirtingi energetiniai produktai (2 lentelė).

Lietuvoje slypi neišnaudotas žemės ūkio augalinės ir gyvūninės kilmės žaliavų ir jų atliekų biomasės potencialas. Šiuo metu daug diskusijų vyksta dėl antros kartos biokuro gamybos. Biokuro gamyboje perdirbama žemės ūkio produkcija ir jų atliekos, o iš jų pagaminti degūs dujiniai, skystieji ir kietieji produktai tampa energetinių poreikių užtikrinimo garantu. Biodegalai – tai kuras, gaminamas iš atsinaujinančios augalinės žaliavos, įmaišomas į įprastus degalus, skirtus transportui, naudoti buityje ir pramonėje. Tai vienintelis atsinaujinančių išteklių šaltinis, kuris keičia iškastinio kuro naudojimą transporto sektoriuje. Šiuo metu Lietuvoje iš maistinių ar pašarinių augalų gaminami tik pirmos kartos biodegalai. Į benzina įmaišomas bioetanolis, pagamintas iš kvietrugių, rugių, o į dyzeliną – biodegalai, pagaminti iš įvairių augalų aliejų (rapsų grūdų, rapsų aliejaus, kitų augalinių aliejų). LR ministro įsakyme Nr. 1-170, 2017 m. nurodyta, kad žaliavos, kurių dalis laikoma du kartus didesnė už jų energetinę vertę, yra: 1) dumbliai, jeigu jie auginami sausumoje esančiuose vandens telkiniuose; 2) šiaudai; 3) gyvulių mėšlas ir nuotekų šlammas (dumblas); 4) burbuolių kotai, nuo kurių pašalintos kukurūzų sėklos ir kt. Panašu, kad ateitis priklauso ir antros kartos biodegalams, kurie yra gaminami iš žemės ūkio ir kitų atliekų, pavyzdžiui, šiaudų, mėšlo ir nuotekų žaliavos (Miežys, 2016). Lyginant pirmos ir antros kartos biodegalus, pastarųjų iš biomasės galima pagaminti ženkliai daugiau (3 lentelė).

Sparčiai tobulėjant technologijoms keičiasi vietinių žaliavų panaudojimo biodegalų gamybai poreikis ir tampa neatsiejamu Lietuvos energetinės priklausomybės mažinimo atributu.

2 lentelė. **Biomosės naudojimo energijos poreikiams potencialas**Table 2. *The use of biomass energy potential*

Pavadinimas <i>Title</i>	Regeneracija <i>Regeneration</i>	Didinimo potencialas <i>Increasing potential</i>
Biomosės energija <i>Biomass energy</i>	<ol style="list-style-type: none"> Iš atliekų srautų gauti produktų pavyzdžiai yra atliekų alyvos, konvertuotos į biodyzeliną. Gyvulių mėšlas ir organinės buitinės atliekos – į biodujas. Augalų ar augalų atliekų produktai – į biodegalus. Medienos kirtimų ir pramonės įmonių bei statybų atliekos, žemės ūkio atliekos (šiaudai) ir energetiniai želdiniai konvertuojami į kietosios masės medžiagas: briketus, granules, skiedras, pjuvenas, medienos atliekas ir kt. <p>1. <i>Examples of products from waste streams is the conversion of waste oil into biodiesel.</i></p> <p>2. <i>Manure of cattle and waste of organic household are converted into biogas.</i></p> <p>3. <i>Plant or waste of plant products are converted into biofuels.</i></p> <p>4. <i>Waste of wood conversion and waste of industrial enterprises and construction, agricultural waste (straw) and plant energy conversion into solid mass materials: briquettes, granules, chips, sawdust, wood waste, etc.</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> Medienos kuro išteklių gali būti papildyti įveisiant specialių greitai augančių medžių ar krūmų (energetinių želdinių) plantacijas. Biodegalų gamybai ieškoma potencialių aliejingų augalų šaltinių, pavyzdžiui, šiuo metu tiriamos judrų ir balžų galimybės. Ruošiamos naujosios biojėgainės, kurios medžio skiedras, pjuvenas, žemės ūkio, komunalines atliekas ar kitą biomasę ne degins, o vers dujomis, iš kurių galima bus gaminti, pavyzdžiui: žiemą – šilumą ir elektrą, vasarą – skystus angliavandenilius, kuriuos galima perdirbti į biodegalus automobiliams. <p>1. <i>Resources of wood fuel can be supplemented by the introduction of special fast-growing trees or shrubs (energy plantations).</i></p> <p>2. <i>Looking for potential oilseed sources for the production of biofuels, for example, at the moment mossy and balmy plants are being studied.</i></p> <p>3. <i>Construction of new biopower, whose wood chips, sawdust, agricultural, municipal waste or other biomass will not burn, but will produce gas, such as: for winter – heat and electricity, for summer – liquid hydrocarbons that can be recycled into biofuel for cars.</i></p>

Šaltinis / Source: remtasi Lietuvos energetikos instituto duomenimis; Litbioma; MTEP, 2016 / made by the author based on the data of the Lithuanian Energy Institute, Litbioma, MTEP, 2016.

3 lentelė. **Antros kartos biodegalų žaliavos potencialas ir jo realizavimas Lietuvoje**Table 3. *The realization of potential of the second-generation biofuel in Lithuania*

Žaliava <i>Raw material</i>	Biodegalų rūšis <i>Type of biofuels</i>	Panaudojimas <i>Usage</i>	Biodegalų potencialas tūkst. tne <i>Biofuel potential, thsd. toe</i>	
			Maksimalus <i>Maximum</i>	Nepanaudotas <i>Not used</i>
Šiaudai <i>Straw</i>	Bioetanolis ir biodyzelinas <i>Bioethanol and biodiesel</i>	Ūkinei veiklai (dirvai, pašarams, kraikui), biokurui <i>Farm activities (soil, feed, litter), biofuel</i>	~810	~630
Mėšlas <i>Manure</i>	Biometanas <i>Biomethane</i>	Natūrali trąša, biodujų gamybai <i>Natural fertilizers for biogas production</i>	~250	~220
Užliejamų pievų ir peraugusi žolė <i>The overgrown grass and grass of flooded meadows</i>	Bioetanolis ir biodyzelinas <i>Bioethanol and biodiesel</i>	Nenaudojama <i>Not used</i>	~75	~75
Medienos atliekos (žievės, šakos, pjuvenos) <i>Wood waste (bark, branches, sawdust)</i>	Bioetanolis ir biodyzelinas <i>Bioethanol and biodiesel</i>	Biokurui <i>For biofuel production</i>	~62	~9

3 lentelė (tęsinys).

Table 3 (continued).

Žaliava Raw material	Biodegalų rūšis Type of biofuels	Panaudojimas Usage	Biodegalų potencialas tūkst. tne Biofuel potential, thsd. toe	
			Maksimalus Maximum	Nepanaudotas Not used
Nuotekų dumblas Wastewater sludge	Biodyzelinas ir biodujos Biodiesel and biogas	Biodujų gamybai, trąša For biogas production	~54	~3
Spirito žlaugtai Dregs	Biometanas Biomethane	Biodujų gamybai For biogas production	~7	~3
Skerdyklų atliekos Slaughterhouse waste	Biometanas Biomethane	Pašarų ir biodujų gamybai Feed production, biogas production	~6	n. d.
Burbuolių kotai Cobs	Bioetanolis ir biodyzelinas Bioethanol and biodiesel	Biokurui For biofuel production	~2	~2
Naudotas kepimo aliejus Used baking oil	Biodyzelinas Biodiesel	Biodyzelino gamybai Biodiesel production	~2	~2
Melasa Molasses	Bioetanolis Bioethanol	Pašarams For feeds	~5	<1
Išspaudos (cukraus) Oilcake of sugar	Bioetanolis Bioethanol	Pašarams For feeds	~5	<1
Palmių aliejaus gamyklų atliekos, cukranendrių išspaudos, riešutų kevalai, išaižos, kitos lignozeliuliozės medžiagos Waste of olive oil factories, cane cakes, nut shells, husks, other ligno-cellulosic material	Bioetanolis ir biodyzelinas Bioethanol and biodiesel	Įvairus Varied	<5	<1
Energetiniais tikslais auginami dumbliai, bakterijos Algae and bacteria are grown for energetic purposes	Bioetanolis ir biodyzelinas Bioethanol and biodiesel	Nenaudojama Not used	0	0

Šaltinis / Source: Tyrimų ir konsultavimo aljansas, 2016 / Research and Consulting Alliance, 2016.

Didžiausias antros kartos biodegalų potencialas Lietuvoje – šiaudai (apie 810 tūkst. tne). Šiaudai yra perspektyvi žaliava bioenergetikoje, energetikos tikslams per metus jų galima skirti 400–500 tūkst. tonų. Šiaudai įvairiais būdais gali būti paruošti deginimui: šiaudų ryšuliai ir ritiniai, briketai ir granulės. Šiaudų granulinių tankis yra 4–5 kartus didesnis negu šiaudų ritinių ir ryšulių, siekia apie 450–850 kg/m³ (Raila, Zvicevičius, 2015). Kitas naudingas antros kartos bio-

degalų šaltinis yra mėšlas (apie 250 tūkst. tne), kiek mažiau – pievos (apie 75 tūkst. tne), mediena (apie 62 tūkst. tne), komunalinės atliekos (apie 70 tūkst. tne) ir nuotekų dumblas (apie 54 tūkst. tne). Tačiau nepaisant sparčiai tobulėjančių technologijų, Lietuvoje žaliavų potencialas biodegalų gamybai nėra tinkamai išnaudotas. Didžiausias neišnaudotas žaliavų potencialas slypi šiauduose (apie 630 tūkst. tne), mėšle (apie 220 tūkst. tne), pievose (apie 75 tūkst. tne) ir

komunalinėse atliekose (apie 50 tūkst. tne). Moksliniai tyrimai rodo, kad naudojant gryną iš atsinaujinančių šaltinių pagamintą dyzeliną šiltnamio efektą sukeliančių išmetamųjų dujų emisijos būna 60–85 % mažesnės, nei naudojant tradicinį dyzeliną. Kietųjų dalelių emisijos sumažėja 30–40 %, o azoto oksidų – 10 %. Įsigaliojusi Europos Parlamento ir Tarybos direktyva (ES) 2015/1513 įpareigoja valstybes nares siekti, kad būtų sunaudotas bent minimalus antros kartos biodegalų kiekis (0,5 %), o išgautas pirmos kartos biokuras – ne daugiau kaip 7 %. Taip bus mažinama ne tik aplinkos tarša ir šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijos transporto sektoriuje, bet ir žemės paskirties keitimo rizika, kai derlinguose žemės plotuose auginami ne maistiniai, bet energetinių išteklių gamybai skirti augalai. Įstatymo pakeitimai leis lengviau iki 2020 m. pasiekti 10 % atsinaujinančių energijos išteklių dalį transporto sektoriuje, o biometanas, kaip antros kartos biodegalai, yra ekonomiškai efektyviausia priemonė tam tikslui pasiekti. Netolimoje ateityje biodegalų gamintojai planuoja įvesti trečios ir ketvirtos kartos biodegalus (Janda et al., 2012; Mohr, Raman, 2013; Aleknevičienė, Bendoraitytė, 2014). Trečios kartos biodegalų gamybai pasirinkta žaliava iš aliejingų augalų, tik šiek tiek reikia patobulinti atskirų augalų genus. Ketvirtos kartos biodegalų gamybai naudoti skirta žaliava iš genetiškai modifikuotų augalų. B. Kniūkšta (2017) pažymi, kad biodegalų gamyboje daugiausia įtakos turi naudojama biodegalų gamybos žaliava. Lietuvoje biodegalų gamyba užsiima šios įmonės: UAB „Kurna“ ir UAB „Biofuture“ (gamina bioetanoli), UAB „Mestilla“ ir UAB „Rapsoila“ (gami-

na biodyzeliną); gamybos pajėgumai siekia nuo 60 tūkst. iki 140 tūkst. tonų. Bioetanolio gamybai vertėtų rinktis cukrinius runkelius, o biodyzelino gamybai – saulėgrąžas. Tačiau Lietuvos agroklimatinės sąlygos nulemia rapsų, kaip biodyzelino žaliavos, populiarumą. Įvairūs tyrimai rodo, kad pirmos kartos biodegalų gamyba iš rapsų ir cukrinių runkelių efektyvesnė nei iš kviečių. Pagaminti toną biodyzelino vidutiniškai ES šalyse prireikia apie 2,5 t rapsų sėklų (Katinas, Savickas, 2012). Rapsų aliejus buvo ir iki šiol išlieka pagrindine biodyzelino gamybai naudojama žaliava Lietuvoje (4 lentelė).

Rapsų derliaus sumažėjimą 5,4 tūkst. tonų Lietuvoje lėmė 3,2 % (2017) sumenkęs derlingumas. Nors derlingumas dėl gamtinių sąlygų sumažėjo iki 3,0 t ha⁻¹, biodyzelino gamyba ir naudojimas auga kiekvienais metais (4 pav.). Vertinant 2018 m. žieminių rapsų pasėlių plotus, tikėtina, kad derlius Lietuvoje sudarys apie 419,7 tūkst. tonų ir bus galima pagaminti apie 167,9 tūkst. tonų biodyzelino. Nors biokuro poreikis auga, tačiau biodyzelino Lietuvoje sunaudojama mažiau, negu siūlo žemės ūkio sektorius. Tai verčia manyti, kad padidinti AEI dalį transporto sektoriuje iki 10 % trukdo per menkas biodyzelino sunaudojimas (1 pav.), todėl nemažėja priklausomybė nuo importuojamo iškastinio kuro. Lietuvoje bioetanolio gamybai dažniausiai auginami ir naudojami kviečiai. Žieminių kviečių derlius per trejus metus sumažėjo 2,8 %, o vasarinių kviečių – 36,6 % (5 lentelė).

Nors Lietuvoje vyrauja kviečiai, tačiau bioetanolio gamybai tinka ir visos kitos grūdinės kultūros: miežiai, rugiai, kvietrugiai ir kt. Tačiau juntama

4 lentelė. Žaliavų biodyzelino gamybai auginimo plotai ir derlius Lietuvoje

Table 4. Areas of raw materials and harvest for production of biodiesel in Lithuania

Žaliavų rūšis Type of raw material	Pasėlių plotas tūkst. t The area of the crop, thsd. t			Derlingumas t ha ⁻¹ Yield, t ha ⁻¹			Derlius tūkst. t Harvest, thsd. t		
	2016	2017	2018	2015	2016	2017	2015	2016	2017
Rapsai Oilseed rape	155,9	185,3		3,1	2,6	3,0	512,2	399,4	506,8
Žieminiai rapsai Winter oilseed rape	125	159,8	149,9	3,5	2,8	3,2	433,6	348,8	460,8
Vasariniai rapsai Spring oilseed rape	30,9	25,5		1,9	1,7	2,0	78,6	50,6	46

Šaltinis / Source: remtasi Lietuvos statistikos departamento duomenimis / made by the author based on the data of the Lithuanian Department of Statistics.

5 lentelė. Žaliavų bioetanolio gamybai auginimo plotai ir derlius Lietuvoje

Table 5. Areas of raw materials and harvest for production of bioethanol in Lithuania

Žaliavų rūšis Type of raw material	Pasėlių plotas tūkst. t The area of the crop, thsd. t			Derlingumas t ha ⁻¹ Yield, t ha ⁻¹			Derlius tūkst. t Harvest, thsd. t		
	2016	2017	2018	2015	2016	2017	2015	2016	2017
Žieminiai javai Winter cereals	755	738,6	562,9	5,3	4,5	5,0	3 772,7	3 370,6	3 496,8
Žieminiai kviečiai Winter wheat	630,7	634,5	485,1	5,7	4,8	5,3	3 271,7	2 982,6	3 180
Žieminiai kvietrugiai Winter triticale	86,8	69,7	47,8	4,1	3,4	3,6	379,1	292,1	223,2
Žieminiai rugiai Winter rye	32,7	27,1	22,1	2,8	2,4	2,5	106,6	76,4	65
Žieminiai miežiai Winter barley	4,8	7,3	7,9	4,4	4,1	4,4	15,3	19,5	28,6
Vasariniai javai Spring cereals	584	534,2		3,7	3,0	3,2	2 294	1 750,2	1 427,6
Vasariniai kviečiai Spring wheat	254,4	205,3		4,2	3,4	3,8	1 108,6	861,9	703
Vasariniai miežiai Spring barley	170,1	141,3		4,0	3,1	3,5	796,2	525,7	434
Vasariniai kvietrugiai Spring triticale	15,5	11,7		3,1	2,6	3,4	89,4	39,3	35
Vasariniai rugiai Spring rye	0,4	0,2		2,3	2,4	2,5	1,2	1,1	0,5
Cukriniai runkeliai Sugar beet	15,4	18,6		50,6	61,2	55,0	619,5	933,5	1 023

Šaltinis / Source: remtasi Lietuvos statistikos departamento duomenimis / made by the author based on the data of the Lithuanian Department of Statistics.

šių grūdinių augalų mažėjimo tendencija. Daugiausia sumažėjo vasarinių kvietrugių (61 %, 2017 m.), tačiau žymiai išaugo žieminių miežių derlingumas (87 %, 2017 m.). Plačiai naudojamos žaliavos, ypač Europoje, cukrinių runkelių Lietuvoje padaugėjo apie 65 %. Pagal ES direktyvą 2015/1513, Lietuvoje numatyta skatinti dujinių biodegalų – biometano – naudojimą, visų pirma viešajame transporte. Didinant biodujų gamybą veiksmingiausias būdas yra perdirbti organines atliekas: karvių, kiaulių ir paukščių mėšlą. Biodujos – tai dujos, kurios gaminasi skaidantis anaerobinėms, gyvulinės kilmės atliekomis ir žemės ūkio produktų deriniams, jos gali būti naudojamos kaip kuras dujiniam varikliams kogeneracinėse jėgainėse (*Energy solutions*, 2015). Biodujų jėgainėse galima išgauti apie 140 mln. m³ biodujų per metus, taip 2020 m. būtų pagaminta 700 MWh energijos, iš jos 300 MWh elektros energijos ir

400 MWh šiluminės energijos (*Energetikos statistika...*, 2016). Vertinant realias biodujų gamybos perspektyvas, svarbiausias rodiklis yra biodujų išeiga iš tonos atliekų (6 lentelė).

Biodujų išeigos apdorojant organines atliekas daugiausia išgaunama iš grūdų (560 m³ t⁻¹), nupjautos žolės (500 m³ t⁻¹) ir kukurūzų siloso (400 m³ t⁻¹). Apdorojant žaliavas biodujų daugiausia išsiskiria iš taukų (1300 m³ t⁻¹), kiek mažiau iš techninio glicerino (500 m³ t⁻¹), šakniavaisių (400 m³ t⁻¹) ir skerdienos bei žuvų perdirbimo atliekų (300 m³ t⁻¹). R. Čiutelytės teigimu (2013), biodujų jėgainėse perdirbus apie 30 % gyvulių ir paukščių mėšlo galima pagaminti apie 50 mln. m³ biodujų, kurių energetinė vertė siekia apie 300 GWh/3488 tne. Biodujų gamybai panaudojus 10 t ha⁻¹ pievų, per vieną sezoną galima išgauti apie 30 mln. m³ biodujų, turinčių 190 GWh/2210 tne. Biodujų jėgainėse perdirbus

6 lentelė. Biodujų išeiga iš įvairių atliekų

Table 6. The output of biogas from various wastes

Atliekos / Waste	Biodujų išeiga m ³ t ⁻¹ Biogas output, m ³ t ⁻¹	Žaliava / Raw material	Biodujų išeiga m ³ t ⁻¹ Biogas output, m ³ t ⁻¹
Nuotekų dumblas Wastewater sludge	60	Melasa Molasses	430
Galvijų mėšlas Cattle manure	60	Grūdų žliaugtai Dregs of grain	70
Kiaulių mėšlas Pig manure	65	Melastos žliaugtai Dregs of molasses	50
Paukščių mėšlas Bird manure	130	Alaus pramonės išspaudos Oilcake of brewing industry	160
Kukurūzų silosas Corn silage	400	Taukai Lard	1 300
Nupjauta žolė Grass cut down	500	Skerdienos atliekos Slaughter wastes	300
Grūdai Grain	560	Šakniavaisiai Root crops	400
Vaisių išspaudos Oilcake of fruits	70	Techninis glicerolis Technical glycerin	500
Cukrinių runkelių išspaudos Oilcake of sugar beet	50	Žuvų perdirbimo atliekos Fish processing waste	300

Šaltinis / Source: Čiutelytė, 2013.

60 tūkst. tonų gyvūninės kilmės atliekų, galima išgauti apie 12 mln. m³ biodujų (energetinė vertė 70 gWh/814 tne) (*Energetikos statistika...*, 2016). Prognozuoti biodujų kiekį iš gaunamų atliekų (mėšlo) prasminga tik didesniuose gyvulių ar paukščių kompleksuose, kitu atveju – nėra prasmės. Biodujų jėginei reikalingas pakankamas ir patikimas žaliavų šaltinis. Be to, esminė Lietuvos problema – biojėginių statybų nepakankamas finansavimas. Bankai yra sugriežtinę paskolų sąlygas, todėl finansavimo išteklių biodujų jėginių statyboms ieškoma per 2014–2020 m. Europos Sąjungos investicinius fondus. Skaičiuojama, kad vienam kilovatui reikia investicijų nuo 3 iki 6 tūkst. EUR (100 kW galios biodujų jėgainės pastatymas kainuoja apie 290 tūkst. EUR, pagaminta energija gali aprūpinti bendruomenę elektra ir šiluma). Šiuo metu Lietuvoje žemės ūkio sektoriuje veikia 12 biojėginių: Kauno, Vilniaus, Klaipėdos, Panevėžio, Utenos, Marijampolės ir kt. apskrityse, kurių elektrinės galia siekia 13,3 MW (*Energetikos statistika...*, 2016).

Apibendrinant galima teigti, kad Lietuvoje yra didelis biomasės gamybos žaliavų potencialas. Biomasės nepanaudoti išteklių kaupiasi ne tik

žemės ūkyje, bet ir miškuose, energetiniuose augaluose, komunalinėse atliekose ir kt. Biomasės resursų panaudojimas energijos poreikiams gali iš esmės pakeisti iš iškastinių išteklių pagamintus gaminius į bioenergetinius ir ekonomiškiausiais būdais sustiprinti Lietuvos energetinį saugumą.

IŠVADOS

Tyrimo rezultatų analizė parodė, kad vėjo energetika išlieka didžiausia elektros energijos generuotoja Lietuvoje. Vanduo gaminant elektrą lieka ne visiškai panaudotas, nes techniškai sudėtinga išspręsti įrenginių problemą. Nors saulės energija ir pasižymi neišsenkančia energija, tačiau šis išteklius panaudojamas mažiausiai šilumos / aušinimo sektoriuje. Geoterminės energijos išgavimą stabdo pernelyg sudėtingi technologiniai apribojimai. Lietuvoje perspektyvus atsinaujinančios energijos išteklius – biomasė. Atliktas tyrimas atskleidė, kad pagrindinis biomasės energijos potencialas yra didėjantis žemės ūkio augalinės ir gyvūninės kilmės žaliavų ir jų atliekų perdirbimas ir panaudojimas energijos produktams gaminti. Biomasės specifiškumas išryškėja gaminant visas

energijos rūšis – šilumą, elektrą ir kurą. Išskirtinė savybė yra ta, kad iš vietinių žaliavų pagaminta energija yra santykinai pigesnė ir iš dalies gali pakeisti kuro naudojimą iš iškastinės naftos šaltinių į ekologinį kurą transporto sektoriuje. Atlikti palyginimai iliustruoja, kaip augalinė biomasė gaminant kietąjį ir skystąjį kurą gali tenkinti nuolatos didėjančius ekologiško kuro poreikius. Kietasis kuras intensyviai panaudojamas šilumos ir elektros energijos gamybai, jo mastai nuolatos auga. Skystojo kuro (biodyzelino, bioetanolio ir biodujų) perspektyvos kol kas ateityje. Kitų atsinaujinančių energijos išteklių, kuriuos būtų galima panaudoti elektros, šilumos / aušinimo ir transporto sektoriuose, kol kas nėra. Vėjo, saulės, hidroenergijos ir geoterminės energijos išskirtinumas – neišsenkantis energijos šaltiniai, kurių atsinaujinimas priklauso nuo gamtoje vykstančių reiškinų ir jų pokyčių. Pažangiausios technologijos skatina naudoti ne tik tradicinius, bet ir iš naujo atrasti alternatyvius energijos išteklius, kurių efektyvesnis panaudojimas prisidėtų prie energijos gamybos didinimo ir šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekio mažinimo. Tokiu būdu kartu būtų skatinama ir vietinių energijos išteklių gamyba. Gauti tyrimo rezultatai didina informacijos sklaidą visuomenėje apie atsinaujinančių energijos išteklių didinimo ir naudojimo efektyvumą, veiksnius, turinčius įtakos energijos gamybai ir vartojimo plėtrai, jų didinimo svarbą skirtingose energetikos sektoriuose. Tolimesnė tyrimo kryptis gali būti sutelkta ties diskusija apie konfliktą, kylantį tarp biomasės auginimo biodegalams ir maisto produktams. Tikėtina, kad biomasės auginimo ir panaudojimo galimybės biodegalų gamybai gali turėti įtakos maisto produktų kainų kilimui Lietuvoje.

Gauta 2018 01 14
Priimta 2018 03 26

LITERATŪRA

- Aleknavičius A., Aleknavičius P. 2010. Žemės ūkio naudmenų ploto pokyčių perspektyvos Lietuvoje. *Mokslo darbai*. Nr. 86(39). P. 28–36.
- Aleknevičienė V., Bendoraitytė A. 2014. Biodegalų gamybos skatinimo poveikis žemės ūkio ir maisto produktų kainoms: teorinė analizė. Iš: *Darnus vystymasis: teorija ir praktika*. Kolektyvinė monografija. P. 90–112 Vilnius: VU [žiūrėta 2018-01-30]. Prieiga per internetą: http://www.knf.vu.lt/dokumentai/failai/soctyri/Darnus_Lietuvos_vystymasis_2014.pdf
- Atsinaujinančių išteklių naudojimo efektyviai energijos gamybai ir poveikio aplinkai tyrimas*. Mokslinių tyrimų ir eksperimentinės plėtos (MTEP) programų projektas, 2016 [žiūrėta 2017-12-30]. Prieiga per internetą: <http://www.lei.lt/main.php?m=448&k=1>
- Atsinaujinantys energijos šaltiniai*. 2008. Lietuvos energetikos institutas [žiūrėta 2018-01-10]. Prieiga per internetą: <http://www.lei.lt/main.php?m=365&k=1>
- Biodegalai*. 2010. Lietuvos energetikos institutas (LEI) [žiūrėta 2017-12-30]. Prieiga per internetą: http://www.lei.lt/_img/_up/File/atvir/bioenerlt/index_files/Biodegalai_galut.pdf
- Chel A., Kaushik G. 2010. Renewable energy for sustainable agriculture. *Agronomy for Sustainable Development*. Vol. 31. P. 91–118.
- European Biomass Industry Association* [žiūrėta 2018-01-04]. Prieiga per internetą: <http://ec.europa.eu/eurostat/web/environmental-data-centre-on-natural-resources/natural-resources/energy-resources/energy-from-biomass>
- Direktyvos (ES) 2015/1513 nuostatų perkėlimo į nacionalinę teisę ir įgyvendinimo Lietuvoje galimybių ir alternatyvų analizė bei poveikio vertinimas*. 2016 [žiūrėta 2018-01-06]. Prieiga per internetą: https://enmin.lrv.lt/uploads/enmin/documents/files/20160831_biodegalai_AEI.pdf
- Fami H. S., Ghasemi J., Malekipoor R., Rashidi P., Nazari S., Mirzaee A. 2010. Renewable energy use in smallholder farming systems: a case study in Tafresh Township of Iran. *Sustainability*. Vol. 2. P. 702–716 [žiūrėta 2018-03-19]. Prieiga per internetą: <http://www.mdpi.com/2071-1050/2/3/702>
- Gintalas A. 2011. Metodologijos ir metodo samprata. *Socialinių mokslų studija*. Nr. 3(93). P. 983–996 [žiūrėta 2018-01-29]. Prieiga per internetą: http://www.mruni.eu/upload/iblock/104/12_Gintalas.pdf
- Graželis A. 2014–2020 m. ES parama: šiluma ir biokuras [žiūrėta 2018-01-06]. Prieiga per internetą: <http://apzvalga.eu/2014-2020-m-es-parama-siluma-ir-biokuras.html>
- Gaigalis V., Škėma R. 2017. Kuro ir energijos naudojimo Lietuvoje ir jos pramonėje 2010–2015 m. analizė. *Energetika*. T. 63. Nr. 1. P. 23–37.
- Gross Inland Consumption of Renewable Energy EU-28*. 2005, 2015 [žiūrėta 2018-01-06]. Prieiga per internetą: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Grossinland_consumption_of_renewable_energy,_EU-28,_2005_and_2015.png
- Hagen K. D. 2016. *Introduction to Renewable Energy for Engineers*. Weber State University.
- Heal G. 2010. Reflections – the economics of renewable energy in the United States. *Review of Environmental Economics and Policy (Winter)*. Vol. 4(1). P. 139–154.

16. International Energy Agency. 2015. *Energy and Climate Change*. IEA Publications. Paris: Cedex. P. 446 [žiūrėta 2018-01-10]. Prieiga per internetą: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2015SpecialReportonEnergyandClimateChange.pdf>
17. John S. 2004. *Sustainable Biomass: A Systems View*. USDOE/NASULGC Biomass and Solar Energy Workshops.
18. Janda A. K., Kristoufek L., Zilberman D. 2012. Biofuels: policies and impacts. *Agricultural Economics*. Vol. 58. P. 372–386 [žiūrėta 2018-01-30]. Prieiga per internetą: <http://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/71534.pdf>
19. Konstantinavičiūtė I., Mišknis V., Navickas A. 2010. *Energijos poreikių kaita ir jų prognozavimo metodai*: monografija. Kaunas: Technologija. 146 p.
20. Kniūkšta B. 2017. Biodegalų gamybos ir vartojimo modeliai Baltijos šalyse. *Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development*. T. 39. Nr. 2. P. 178–202 [žiūrėta 2018-01-10]. Prieiga per internetą: <http://mts.asu.lt/mtsrbid/article/viewFile/1039/1055>
21. *Kogeneracijos panaudojimas žemės ūkyje*. 2015. ENVIJA [žiūrėta 2018-01-07]. Prieiga per internetą: <http://www.envija.lt/naujienos/kogeneracijos-panaudojimas-zemes-ukyje/>
22. Lund H. 2010. *Renewable Energy Systems: The Choice and Modeling of 100% Renewable Solutions*. Amsterdam, Boston (Mass.): Elsevier. P. 275.
23. Lukoševičius V. 2010. Biokuras ir Lietuvos energetika. *Šiluminė technika*. Nr. 2(43). P. 5–7.
24. *Energetikos statistika 2016 metais*. Lietuvos biomasės energetikos asociacija (Litbioma) [žiūrėta 2018-01-08]. Prieiga per internetą: <http://www.biokuras.lt/energetikos-statistika-metais>
25. *Lietuvos atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo skatinimo veiksmų planas 2010–2020 m.* Mokslinis tyrimas. 2008. Lietuvos biomasės energetikos asociacija (Litbioma) [žiūrėta 2018-01-10]. Prieiga per internetą: http://www.ena.lt/doc_atsi/Atsi_EI.pdf
26. Lietuvos Respublikos atsinaujinančių išteklių energetikos įstatymas. Lietuvos Respublikos Seimas, 2011 m. gegužės 12 d. Nr. XI-1375 [žiūrėta 2018-01-08]. Prieiga per internetą: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.FC7AB69BE291/pPkMVHzker>
27. Ma L., Li Z., Fu F., Zhang X., Ni W. 2009. Alternative energy development strategies for China towards 2030. *Frontiers of Energy and Power Engineering in China*. Vol. 3. No. 1. P. 2–10.
28. Marčiukaitis M., Dzenajavičienė E. F., Kveselis V., Savickas J., Perednis E., Lisauskas A., Markevičius A., Marcinauskas K., Gecevičius G., Erlickytė-Marčiukaitienė R. 2016. Atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo Lietuvoje patirtis, reikšmė ir siekiai. *Energetika*. T. 62. Nr. 4. P. 247–267.
29. Matulionytė-Jarašūnė E. 2011. Atsinaujinančių energijos išteklių vystymas energetinio saugumo kontekste. Iš: *Darnaust vystymosi strategija ir praktika. Mokslo darbai*. P. 76–92 [žiūrėta 2018-01-11]. Prieiga per internetą: <https://www3.mruni.eu/ojs/sustainable-development-strategy/article/view/337/333>
30. Mathur A. 2014. Renewable energy sources from *Moringa Oleifera* seed oil: a rich source of oil for bio diesel. *International Journal of Computer Applications (0975 – 8887)*. P. 5–7 [žiūrėta 2018-03-20]. Prieiga per internetą: <http://research.ijca-online.org/nciret/number1/NCIRET1903.pdf>
31. Mohr A., Raman S. 2013. Lessons from first generation biofuels and implications for the sustainability appraisal of second generation biofuels. *Energy Policy*. No. 63. P. 114–122.
32. Miežys A. 2016. *Pirmos ir antros kartos biodegalai: kam priklauso ateitis* [žiūrėta 2018-01-08]. Prieiga per internetą: <https://verslas.lrytas.lt/izvalgos-ir-nuomones/2016/10/24/news/pirmos-ir-antros-kartos-biodegalai-kam-priklauso-ateitis--893257/>
33. Milčiuvienė S., Tinkūnaitė A. 2011. Atsinaujinančių išteklių energijos skatinimas. *Lietuvos ir ES teisinių instrumentų apžvalga. Energetinio saugumo aspektai*. Nr. 3. P. 5–8.
34. Miškinis V., Galinis A., Konstantinavičiūtė I., Lekavičius V. 2014. Energijos vartojimo Lietuvoje ir ES šalyse tendencijos. *Energetika*. T. 60. Nr. 2. P. 96–112.
35. Nagevičius M. 2011. Atsinaujinančios energetikos plėtra Lietuvoje skaičiais. *Apskrito stalo diskusija „Lietuvos ambicijos ir galimybės atsinaujinančios energetikos srityje“* [žiūrėta 2018-01-09]. Prieiga per internetą: http://www.lsta.lt/files/seminarai/2011-09-23_LRS/1_A.Darulis.pdf
36. Nagevičius M. 2012. Lietuvos energetikos perspektyvos. *Energijos erdvė*. Nr. 4(15). P. 4–7.
37. *Nacionalinė energetinės nepriklausomybės strategija*. LR Seimas, 2017-06-25-XI-2133.
38. Ortega E., Cavalett O., Pereira C., Agostinho F., Storfer J. 2005. Are biofuels renewable energy sources? [žiūrėta 2018-03-20]. Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/publication/242210680_ARE_BIOFUELS_RENEWABLE_ENERGY_SOURCES
39. Pimentel D., Patzek T. W. 2005. Ethanol production using corn, switchgrass, and wood; biodiesel production using soybean and sunflower. *Natural Resources Research*. Vol. 14(1). P. 65–75.
40. *Renewable Energy Statistics. Primary Production of Energy from Renewable Sources* [žiūrėta 2018-01-05]. Prieiga per internetą: <http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/>
41. Katinas V., Savickas J. 2012. Biodegalų gamybos ir vartojimo plėtros Lietuvoje įvertinimas. *Energetika*. T. 58. Nr. 2. P. 77–85.

42. *Dėl atsinaujinančių energijos išteklių dalies, palyginti su bendruoju galutiniu energijos suvartojimu, apskaičiavimo metodikos patvirtinimo*. LR Energetikos ministerija. Įsakymas Nr. 1–170, 2017 [žiūrėta 2018-01-09]. Prieiga per internetą: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/77b002d05bed11e79198ffdb108a3753>
43. Raila A., Zvicevičius E. 2015. *Šiaudai kaip atsinaujinantis vietinis kuras* [žiūrėta 2018-01-08]. Prieiga per internetą: http://biokuras.lt/uploads/new_assigned_files/6.%20Egidijus%20Zvicevicius.%20Sekcija%20A.pdf
44. Ulgiati S. 2001. A comprehensive energy and economic assessment of biofuels: when “green” is not enough. *Critical Reviews in Plant Sciences*. Vol. 20(1). P. 71–106.
45. Soltanpanahi S. T. N., Kammardi P., Hamed Ghaederzadeh H. 2013. Analysis of input-output energy use in sugar beet production in Iran. *World Applied Sciences Journal*. Vol. 28(9). P. 1252–1261 [žiūrėta 2018-03-20]. Prieiga per internetą: [https://www.idosi.org/wasj/wasj28\(9\)13/11.pdf](https://www.idosi.org/wasj/wasj28(9)13/11.pdf)
46. Solovyev A., Andrey Pustovgar A., Adamtsevich A., Shilova L., Degtyarev K., Dmitry Solovyev D. 2017. Power engineering: nuclear power plants and renewable energy sources. *Journal of Applied Engineering Science*. Vol. 15(3). P. 454, 356–366 [žiūrėta 2018-03-20]. Prieiga per internetą: <http://scindeks-clanci.ceon.rs/data/pdf/1451-4117/2017/1451-41171703356S.pdf>

Rita Bužinskienė

THE EVALUATION OF THE USE OF RENEWABLE ENERGY RESOURCES

Summary

There have been many discussions in Lithuania about a strategy for reducing the impact of climate change. Members of the international community agree that reducing greenhouse gas emissions to the atmosphere is necessary to avoid dangerous climate change. The main greenhouse gas emissions from human activity are carbon dioxide. Carbon dioxide is mainly produced by combustion of fossil fuels, which are currently used: natural gas, coal, oil, peat, etc. Fossil fuels are still the main source of energy. The amount of energy produced and consumption from renewable energy sources (RES) is increasing both in Lithuania and in Europe. According to the Directive (2009/28/EU) Lithuania has a legally binding target in the year 2020. The share of renewable energy would account for at least 23% of the to-

tal final energy consumption of the country. The share of renewable energy would account for at least 10% of the final energy consumption in the transport sector. Lithuania achieved its target and this indicator was 23.9% in 2014. According to the Eurostat data, the share of RES produced from renewable energy sources in the total energy balance is increasing annually. In 2007 this indicator was only 4.7% and it has grown 4 times in 2016. The production of electricity from renewable energy sources satisfied the country's energy demand by 18.9% in Lithuania. This is the best index so far. Wind energy is the most popular type of green energy, which has been growing at a rate of 5 times in this period. Promotion of the use of renewable resources is provided in the Republic of Lithuania Law on Renewable Energy and the long-term development of the use of renewable resources is provided for in the National Energy Strategy. At this moment Lithuania is a fuel importing country, but in the future Lithuania should produce about 70% of electricity itself. It is forecasted that in 2020 electricity generation in the country should make up 35% of the demand, in 2030 it should be 70%, and in 2050 it should reach 100%. From renewables we should receive a large, almost 80% share of energy. And gas will be a transitional fuel by 2050. The project of strategy states that energy from renewable sources will become a major component of all sectors: electricity, heat, cooling and transport. The objective is to achieve a 30% share of renewables in the final energy consumption balance in 2020, 45% in 2030, and 80% in 2050. The renewables should produce all heat energy and the share of green energy in transport should reach 50% at the end of 2050.

The article focuses on the use of the potential of renewable energy sources from agricultural raw materials and their waste. The surplus of agricultural production makes it necessary to look for opportunities to reduce environmental pollution. *The aim of the article is to assess the use of potential of renewable energy sources in Lithuania.* The results of the analysis showed that increasing energy production is possible not only using wind, solar, water or geothermal energy, but by processing traditional agricultural and animal products and their waste: straw, grain crops, livestock or bird's excrement, etc. It is recommended to look at the unconventional potential of raw materials, such as sewage sludge, spirits, molasses, etc. The use of biomass has potentially revealed alternatives to biofuels that underpin the use of different generations of biofuels. The use of biofuels in the long term should contribute to the slowdown in climate change.

Keywords: renewable energy resources, agriculture, climate change, energy dependence