

Atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo Lietuvoje patirtis, reikšmė ir siekiai

Mantas Marčiukaitis,

Eugenija Farida Dzenajavičienė,

Vaclovas Kveselis,

Juozas Savickas,

Eugenijus Perednis,

Aurimas Lisauskas,

Antanas Markevičius,

Kazys Marcinauskas,

Giedrius Gecevičius

Regina Erlickytė-Marčiukaitienė

*Lietuvos energetikos institutas,
Atsinaujinančių išteklių ir efektyvios energetikos
laboratorija, Breslaujos g. 3, LT-44403 Kaunas
El. paštas Mantas.Marciukaitis@lei.lt*

Atsinaujinantys energijos ištekliai (AEI), 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 reiškinių sukeliančių dujų emisiją į atmosferą. Šių išteklių naudojimas gali mažinti energijos gamybos sąnaudas, gerina gyvenamosios aplinkos kokybę, sukuria darbo vietas, taip pat didina užimtumą regionuose ir mažina socialinę atskirtį. Straipsnyje pateikta AEI rūšių naudojimo Lietuvoje apžvalga, šio energetikos sektoriaus būklė, darnumo aspektai – ekonominiai, aplinkosauginiai ir socialiniai, apsvaistytos ateities plėtros kryptys bei perspektyvos.

Raktažodžiai: atsinaujinantys energijos ištekliai, klimato kaitos prevencija, energijos tiekimo patikimumas, ekonominė ir socialinė nauda

ĮVADAS

Pasauliniu mastu darnios energetikos plėtrai itin svarbūs trys pagrindiniai aspektai: energijos prieinamumas, efektyvus energijos naudojimas ir iškastinio kuro pakeitimas atsinaujinančiais energijos ištekliais. Pastarieji du aspektai ne mažiau svarbūs ir Lietuvai. Taigi atsinaujinančių energijos išteklių (AEI) naudojimas yra vienas pagrindinių darnios energetikos plėtros aspektų.

Europos komisija išsikėlė klimato ir energetikos sričių tikslus, kuriuos privalu pasiekti iki 2020 m. [1]:

- Europos Sąjungoje (ES) sumažinti šiltnamio reiškinių sukeliančių dujų kiekį bent 20 %, palyginti su 1990 m. lygiu;

- AEI dalis 2020 m. turi sudaryti bent 20 % bendro galutinio ES energijos naudojimo;

- efektyviau naudoti energiją ir pasiekti, kad pirminės energijos būtų sunaudojama 20 % mažiau, palyginti su numatomu lygiu.

ES iki 2020 m. ketina sumažinti išmetamą teršalų kiekį ne 20 %, o net 30 %, jei kitos ekonomiškai stipriausios šalys įsipareigojęs sąžiningai prisidėti prie visuotinių pastangų. ES vadovai 2014 m. spalį susitarė [2] dėl naujų 2030 m. klimato ir energetikos tikslų: išmetamą šiltnamio reiškinių sukeliančių dujų kiekį sumažinti 40 %, palyginti su 1990 m. lygiu; ne mažiau kaip 27 % visos sunaudojamos energijos gauti iš atsinaujinančių išteklių; mažiausia 27 % padidinti energijos naudojimo efektyvumą.

Lietuva, vykdydama savo energetikos strategijos nuostatus ir tarptautinius įsipareigojimus, kuria ir tobulina teisinę bazę, kuri skatintų darnią energetikos raidą. Pagrindiniai LR teisės aktai, reglamentuojantys AEI naudojimą ir plėtrą, yra [3]:

- LR atsinaujinančių išteklių energetikos įstatymas;
- LR energetikos įstatymas;
- LR žemės gelmių įstatymas;
- LR elektros energetikos įstatymas;
- LR saugomų teritorijų įstatymas;
- LR planuojamos ūkinės veiklos poveikio aplinkai vertinimo įstatymas;
- Nacionalinė atsinaujinančių energijos išteklių plėtros strategija;
- Nacionalinis atsinaujinančių išteklių energijos veiksmų planas;
- Elektros energijos, pagamintos naudojant atsinaujinančius energijos išteklius, kilmės garantijų teikimo taisyklės.

Darni AEI plėtra yra svarbi priemonė siekiant mažinti priklausomumą nuo importuojamo kuro. Pastaraisiais metais AEI srityje užsibrėžti strateginiai tikslai leido sparčiai plėtoti vietinės energijos gamybos pajėgumus ir atsinaujinančių išteklių energetiką Lietuvoje.

ATSINAUJINANČIŲ IŠTEKLIŲ ENERGETIKOS PLĖTROS APŽVALGA

Pagal Europos Parlamento ir Tarybos direktyvą 2009/28/EB dėl skatinimo naudoti AEI energiją, Lietuva yra įsipareigojusi iki 2020 m. padidinti

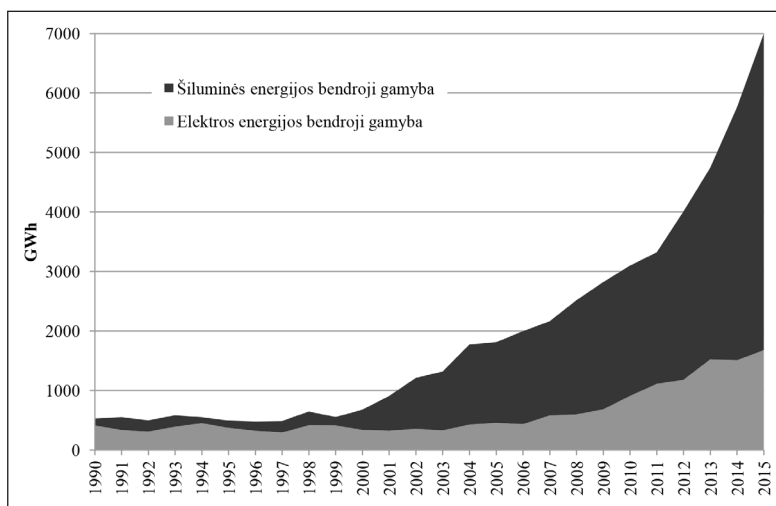
AEI dalį bendrame galutiniame šalies energijos naudojime iki 23 %, o AEI dalį, palyginti su transporto sektoriaus galutiniu energijos naudojimu, visų rūšių transporte – ne mažiau kaip iki 10 %. Pagal Lietuvos statistikos departamento paskelbtus duomenis, užsibrėžtą 23 % tikslą Lietuva pasiekė jau 2014 m. AEI dalis bendrame šalies energijos balanse viršijo penktadalį ir sudarė 23,86 %.

2014 m. AEI dalis elektros energijos sektoriuje sudarė 12,6 % (2020 m. planuojama 20 %), šildymo ir aušinimo sektoriuje – 41,61 % (2020 m. planuojama 60 %) ir transporto sektoriuje – 4,19 % (2020 m. planuojama 10 %) [4]. 2016 m. gegužės 31 d. LR energetikos ministerijos [3] duomenimis, Lietuvoje yra instaliuotos 2 435 elektrinės, turinčios leidimus gaminti elektros energiją iš AEI. Šių elektrinių bendra suminė įrengtoji galia siekia 674,4 MW:

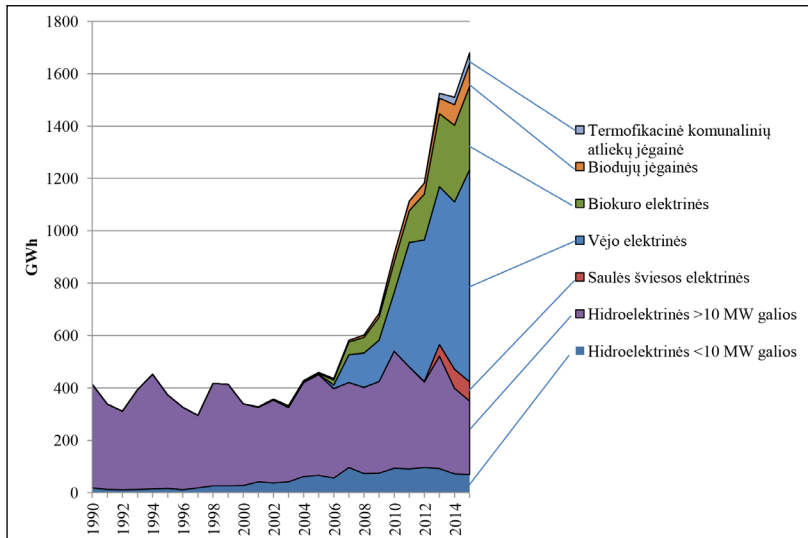
- 2 145 saulės elektrinės (71,5 MW);
- 305 vėjo elektrinės (423,7 MW);
- 10 kietosios biomasės elektrinių (54,96 MW);
- 36 biodujų elektrinės (32,7 MW);
- 98 hidroelektrinės (127,8 MW).

Lietuvos statistikos departamento duomenimis, 2014 m. elektrinėse, naudojančiose AEI, iš viso buvo pagaminta 1,510 TWh elektros energijos. Tai sudarė 12,6 % bendro šalyje suvartoto elektros energijos kiekio ir 34,3 % viso 2014 m. šalyje pagaminto elektros energijos kiekio, kuris siekė 4,397 TWh [3].

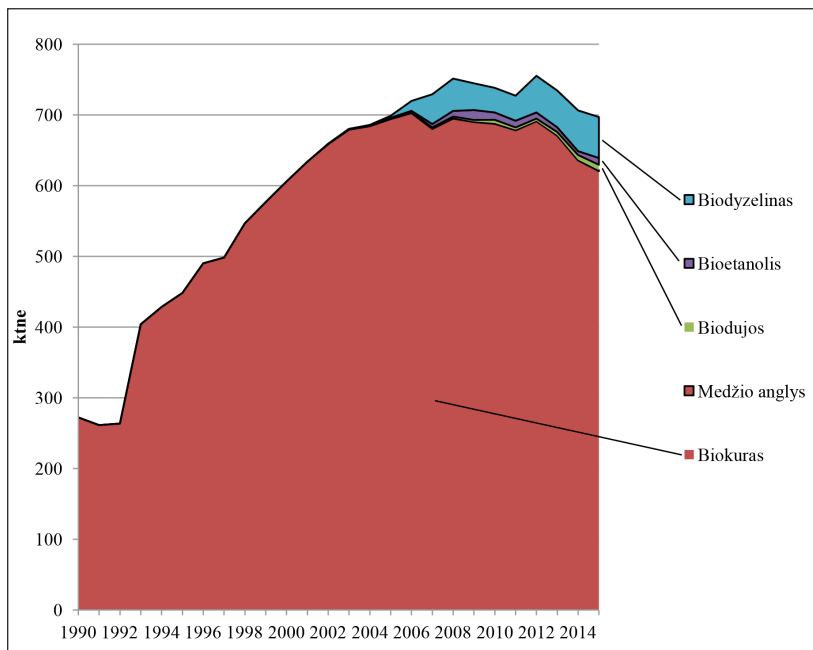
Statistinė informacija apie atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo dinamiką nuo 1990 m. pateikta 1–3 pav. [4].



1 pav. Energijos bendrosios gamybos iš atsinaujinančių išteklių dinamika



2 pav. Elektros energijos gamybos iš atsinaujinančių energijos išteklių dinamika Lietuvoje



3 pav. Atsinaujinančių energijos išteklių galutinis sunaudojimas Lietuvoje

AEI naudojimas ir plėtra yra tiesiogiai susijusi su darnia energetika, todėl vertinant kiekvieną sektorių būtina atlikti ekonominio, aplinkosaukinio ir socialinio plėtros poveikio vertinimą. Kiekvieno išteklių panaudojimas turi būti ekonomiškai efektyvus, prisidėti prie šiltnamio reiškinį sukeliančių dujų emisijos mažinimo, žmogaus ir gamtinės aplinkos gerinimo, o kartu padėtų spręsti socialines problemas – kurtų naujas darbo vietas, prisidėtų prie regionų plėtros ir mažintų gyventojų socialinę atskirtį.

Socialinius aspektus įvertinti turbūt sunkiausia, nes teikiama finansinė parama nekelia reikalavimo įgyvendinti konkrečius socialinius rodik-

lius, bet sukurtų darbo vietų skaičius yra labai svarbus AEI plėtrai. EurObserv'ER 2012–2014 m. duomenimis, 2014 m. plėtojant AEI naudojimą Lietuvoje buvo sukurta 4 400 darbo vietų. Biokuro sektoriaus plėtra buvo sparčiausia, indėlis šiuo atžvilgiu buvo didžiausias (1 lentelė).

BIOMASĖS ENERGETIKA

Energijai gaminti iš biomasės gali būti naudojama daug technologijų, pradedant nuo kietos biomasės deginimo pastatų šildymo sistemose iki biodujų gamybos įrenginių ir didelių biomasės dujųofikavimo jėgainių. Biomasės energetikos

1 lentelė. Sukurtos darbo vietos diegiant AEI 2012–2014 m. [5]

	Iš viso darbo vietų	Vėjo energetika	Kietasis biokuras	Saulės šviesos	Biodegalai	Šilumos siurbliai	Biodujos	Mažosios hidroelektrinės	Saulės šiluminė	Atliekų energetika	Geoterminė energetika
2012	4 715	400	2 975	100	840	<50	<50	150	<50	n.a	<100 i
2013	5 250	400	3 100	700	800	100	<50	150	<50	<50	<100
2014	4 400	100	3 350	150	300	100	150	<50	<50	<50	<100

reikšmė tolydžiai auga didėjant susirūpinimui dėl klimato kaitą skatinančių emisijų į atmosferą. Biomasės naudojimas šilumai gaminti jau dabar yra ekonomiškai pagrįstas, tačiau vis dar reikia priemonių, skatinančių naudoti biomasę gaminant elektrą. Toks skatinimas pagrįstas aplinkosaugos, energijos tiekimo patikimumo ir socialine nauda.

Iš biomasės gaminamas biokuras skirstomas į kietąjį biokurą, biodujas ir biodegalus.

Kietasis biokuras

Plėtros istorija Lietuvoje ir esama situacija.

Kietasis biokuras – iš biomasės pagamintas kietasis kuras, naudojamas energijai gaminti. Ši kuro rūšis gaminama iš miško kirtimo ir tvarkymo, medienos apdorojimo atliekų, specialiai auginamų augalų (medžių ir žolių), miestų, parkų, pakelių tvarkymo, komunalinių ir augalininkystės atliekų.

Alternatyvių energijos išteklių, įskaitant kietojo biokuro, tyrimus Atsinaujinančių išteklių ir efektyvios energetikos laboratorijos darbuotojai pradėjo nuo Nepriklausomybės atkūrimo ir prasidėjusios energetinės blokados – formavo sąvokas, analizavo technologines galimybes, kartu su Lietuvos bei užsienio partneriais dalyvavo vertinant šio išteklių techninį ir ekonominį potencialą. Drauge su miškų ir žemės ūkio specialistais kūrė metodikas tokiam potencialui vertinti, vieni pirmųjų įvedė darnios plėtros biokuro gamyboje sąvokas, formavo pagrindinius vertinimo kriterijus ir rodiklius, kurių pagrindu atliko kietojo biokuro naudojimo ekonominio veiksmingumo, aplinkosauginės bei socialinės naudos vertinimus. Laboratorijos darbuotojai, bendradarbiaudami su šilumos tiekėjais ir biokuro gamintojais, prisidėjo prie šio sektoriaus plėtros šilumos ūkyje, paramos priemonių pagrindimo ir veiksmingumo įvertinimo. Lygiagrečiai atski-

ruose projektuose buvo vertinamas ir kai kurios netradicinių kuro rūšių tinkamumas bei potencialas, formuojama centralizuoto šilumos tiekimo sistemų efektyvumo didinimo ir perėjimo prie kietojo biokuro strategija.

Apie 80 % individualių namų šiuo metu šilumai gaminti naudoja biokurą. Tai daugiausia malkos, bet deginama ir dalis medienos bei žemės ūkio produkcijos atliekų, granulės ir briketai. Daugeliu atvejų biokuro katilai pakeitė sovietmečiu populiarių skystąjį krosnių kurą. Kietąjį biokurą taip pat naudoja individualios katilinės, šildančios kaimo ir mažų miestelių mokyklas, darželius, administracinius pastatus, nedidelius daugiabučius gyvenamuosius namus, kur biokuras pakeitė skysto kuro ir anglių katilus.

Lietuvos biomasės energetikos asociacijos „Litbioma“ duomenimis, biokurui gaminti tinkamos biomasės metinį potencialą sudaro: malkinė mediena (0,505 mln. tne*), medžio pramonės atliekos (0,28 mln. tne), miško kirtimo atliekos (0,185 mln. tne), želdynų, sodų, pakelių, pagriovių tvarkymo atliekos (0,16 mln. tne), kelmiai (~0,1 mln. tne), energetiniai augalai (~0,014 mln. tne), šiaudai (0,81 mln. tne) ir komunalinės atliekos (0,09 mln. tne). Tai sudaro apie ~2 mln. tne arba ~24 TWh [6].

Lietuvos miškų statistikos 2014 m. duomenimis, galutinis malkų ir medienos atliekų naudojimas kuro ir energijos gamybai buvo 1078,7 ktne, iš kurių energetikos įmonės sunaudojo 446 ktne, pramonė – 79,2 ktne, statybos sektorius – 2,35 ktne, žemės ūkis – apie 10,4 ktne, paslaugų sektorius – 32,4 ir namų ūkiai – 509 ktne. 2014 m. Lietuvos urėdijos pardavė 104,3 ktne malkinės medienos, iš kurių 44,5 ktne eksportuota ir 7,62 ktne importuota [7]. Kapotinės medienos (skiedros) gamyba miško statistikoje nėra išskirta.

* tne – tona naftos ekvivalento – energijos matavimo vienetas, lygus 11,63 MWh, arba 41,84 GJ.

Didžiausi kietojo biokuro vartotojai yra namų ūkiai ir centralizuoto šilumos tiekimo (CŠT) įmonės. Pramoninė biokuro naudojimo plėtra Lietuvoje prasidėjo 1994 m., kai buvo įrengtos pirmosios katilinės, kūrenamos kapotinė medienos skiedra ar pjuvenomis. Šios veiklos pradininkais reikėtų laikyti Biržų ir Molėtų CŠT, kur pirmuoju atveju su švedų, o antruoju su danų pagalba buvo įrengtos pirmosios biokurą deginančios katilinės. Galutinai ši pramonės šaka įsitvirtino 1999 m.

Tolesnei biokuro naudojimo CŠT sistemose plėtrai daugiausia įtakos turėjo padidėję aplinkosauginiai reikalavimai [8], išaugusios gamtinių dujų ir mazuto kainos, šilumos rinkos atvėrimas nepriklausomiems gamintojams [9], biokuro gamybos sektoriaus plėtra bei biokuro biržos sukūrimas. Svarbus indėlis AEI srityje teko dirbantiems mokslininkams ir biokuro įrangos gamintojams, jos naudotojų lobistinei veiklai.

Valstybinės kainų ir energetikos kontrolės komisijos duomenimis [10], 2016 m. I ketv. šilumos gamybos rinkoje veikė 40 nepriklausomų šilumos gamintojų: 23 reguliuojami ir 17 nereguliuojamų. 2016 m. I ketv. nepriklausomi šilumos gamintojai pardavė 1 106,5 tūkst. MWh šilumos, kurios 75,3 % pagaminta naudojant atsinaujinančius energijos išteklius.

Lygiagrečiai su biokuro gamybos sektoriumi plėtėsi ir pirmoji Europoje biokuro birža, veikianti kaip internetinė prekybos aikštelė. Čia anonimiškai susitikę biokuro pardavėjai ir pirkėjai gali greitai ir paprastai sudaryti sandorius. Taip skatinama konkurencija biokuro rinkoje, užtikrinamos sąlygos susiformuoti skaidriai, objektyviai ir ekonomiškai pagrįstai biokuro kainai [11]. Vidutinė svertinė biokuro kaina per 2015 m. šildymo sezoną sumažėjo apie 13 %, palyginti su 2014 m., ir siekė 147,78 €/tne. Kartu auga ir prekybos biokuru apimtys – biokuro pirkėjai vis dažniau renkasi ne dvišalius sandorius, bet prekybą biržoje [12].

Lietuvos šilumos tiekėjų asociacijos duomenimis, 2014 m. šilumos sektoriaus katilinėse instaliuota biokuro katilų galia siekė 1 181 MW, iš kurių 749 MW – šilumos tiekimo įmonėse ir 432 MW – nepriklausomų gamintojų šilumos šaltiniuose. Iki 2020 m. planuojama pasiekti 2 548 MW suminę biokuro įrenginių galia.

Bendrame šilumai gaminti sunaudojamo kuro balanse 2014 m. biokuro dalis viršijo 45 %, o įgyvendinus Vilniaus ir Kauno biokogeneracijos projektus 2020 m. ši dalis turėtų siekti net 80 %. Šiuo metu veikia 8 biokogeneracinės jėgainės, su instaliuota 132,2 MW_g šilumos ir 40,26 MW_e elektros galia [13].

Augant šilumos generavimo iš biokuro galioms, auga ir tokio biokuro paklausa. Praktiškai pusė reikalingo kuro yra importuojama iš kaimyninių valstybių. Siekiant geriau išnaudoti vietinius išteklius, diversifikuoti kuro šaltinius ir užtikrinti tiekimo patikimumą, kilo poreikis įvertinti kitus kurui tinkamos biomasės išteklius. Vienas jų yra šiaudai, kurie tampa konkurencingu kuru katilinėse. Šiuo metu 4 stambiausiose šiaudų deginimo katilinėse instaliuota galia yra 4,29 MW. Lietuvoje biokurui ruošti per metus surenkama apie 130–140 tūkst. t šiaudų, kurių didžioji dalis panaudojama granulėms gaminti. Lietuvoje 2012 m. veikė per 20 šiaudų granuliu gamintojų [6]. Beveik visos šalyje pagamintos šiaudų granulės yra eksportuojamos į užsienį, nes Lietuvoje šis kuras per brangus. Nustatyta, kad dabar Lietuvoje eksploatuojami medžio pjuvenų granuliu katilai nėra tinkami efektyviai deginti šiaudų granules. Dabartinė situacija įpareigoja konstruoti ne pramonei skirtų šiaudų granules deginančius katilus ir užtikrinti, kad visi šiaudų granuliu gamintojai tiektų savo produkciją, atitinkančią Lietuvoje galiojantį standartą LST EN 14961-6:2012. Kadangi šiaudų naudojimo didinimas reikalauja papildomų investicijų, Vyriausybei reikėtų apsvarstyti ūkininkų ir šio kuro gamintojų skatinimo mechanizmus.

Klaipėdoje 2013 m. pradėjo veikti pirmoji biokurą ir komunalines atliekas deginanti kogeneracinė jėgainė. Jėgainės šilumos galia – 50 MW, elektros – 20 MW. Įmonės duomenimis, 2015 m. iš atsinaujinančių energijos išteklių pagaminta 193,685 GWh šilumos [14]. Dar dvi tokį kurą deginančios kogeneracinės jėgainės projektuojamos Kaune ir Vilniuje.

Lietuvoje esama ir netradicinio biokuro deginimo pavyzdžių. Vienas jų – grikių kruopų gamybos ir fasavimo atliekos, kai pritaikius unikalią deginimo technologiją yra deginami grikių lukštai. Įvertintas šio kuro potencialas ir panaudojimo perspektyvos, taip pat atlikta jų efektyvaus

panaudojimo analizė. Kiti produktai – rapsų išspaudos, naudojamos granulėms gaminti; aliejaus pramonės gamybos atliekos – saulėgrąžų lukštai, iš kurių gaminamos granulės ir briketai, pastaraisiais šiuo metu prekiaujama rinkoje [15, 16]; vienoje iš Lietuvos katilinių deginami išaižyti spygliuočių kankorėžiai.

Viena iš kietojo biokuro rūšių yra greitai augantys želdiniai: medžiai – gluosniai, tuopos, bei energetinės žolės, iš kurių geriausiai žinomi ir taikytini – nendriniai eraičinai, paprastosios šunažolės ir nendrinis dryžutis [17]. Ši biokuro rūšis kol kas naudojama labai ribotai dėl aukštų gamybos kainų ir nepakankamai įsisavintų technologijų.

Ekonominiai aspektai. Biokuro gamyba iš medienos ir žemės ūkio atliekų tampa vis svarbesnė ūkio šaka, kurioje auga gamybos apimtys, sukuriama pridėtinė vertė ir didėja dirbančiųjų skaičius. Didelė dalis pagaminto aukštos kokybės biokuro (granulių, briketų) yra eksportuojama, ir tai gerina šalies užsienio prekybos balansą. Apskaičiuota, kad biokuro (smulkintos medienos) naudojimo šilumai gaminti projektų atsipirkimo laikas be ES paramos yra 6–7 metai, esant gamtinių dujų ir biokuro kainų skirtumui 10,8 €/MWh. Mažesnis kuro kainų skirtumas prailgintų atsipirkimo laiką projektams, pradėtiems 2012–2014 m. Šiaudų vidutinė kaina 2011–2014 m. padidėjo nuo 153 iki 159 €/tne, o šiaudų granulių (8 % drėgnumo) kaina yra apie 260–320 €/tne. Ekonominiu požiūriu rekomenduojamas maksimalus žaliavos gabenimo atstumas yra iki 60 km [6].

Ekologiniai aspektai. Taršos integruotos prevencijos ir kontrolės (TIPK) direktyva (2010/75/ES) sugriežtino teršalų, išmetamų iš didelių (>50 MW) kurų deginančių įrenginių, maksimalias normas po 2016 m. TIPK direktyvos įgyvendinimas ne tik pareikalaus naujų degiklių esamuose katiluose, bet reikės įdiegti ir gana brangias dūmų valymo technologijas mazutą ir gamtines dujas deginančiuose energetikos objektuose. Jeigu CŠT sektoriuje ir toliau išliktų esami šilumos generavimo įrenginiai ir būtų naudojamas tas pats kuras, tai apskaičiuotas bendras investicijų poreikis, užtikrinant TIPK direktyvos reikalavimus, yra vertinamas apie 573 mln. € [18]. Dideliuose katiluose patenkinti aplinkosaugos reikalavimus yra papras-

čiau, nes jau dabar tokie įrenginiai turi kietųjų dalelių filtrus, o išmetami dūmai „praplaukami“ kondensaciniuose ekonomazeriuose. Pavyzdžiui, UAB „Fortum Klaipėda“ jėgainėje teršalų koncentracija išeinančiuose dūmuose yra keletą ar net keliasdešimt kartų mažesnė, nei numatyta ES ir Lietuvos norminiuose dokumentuose.

2007–2013 m. įdiegti biomasės deginimo įrenginiai Lietuvos šilumos ūkyje kasmet sumažins CO₂ išmetimą į aplinką iki 0,78 mln. t, gamtinių dujų sunaudojimas sumažės 3 500 GWh. Vertinant gamtinių dujų ir biomasės kainų skirtumą 2015 m., finansinis sutaupymas kiekvienais metais siektų iki 38,3 mln. €, tačiau dėl itin griežtų aplinkosauginių reikalavimų įmonėms, gerokai padidinusioms naudojamą biokuro kiekius, kilo rimta problema – pelenų sutvarkymas. Šiuo metu katilinėse susikaupė dideli pelenų kiekiai, kurių dėl aplinkosauginių reikalavimų negalima vežti į nepavojingų atliekų sąvartynus [19].

Socialiniai aspektai. Naujų darbo vietų sukūrimas vertintinas kaip socialinė nauda. Per 10 metų (2004–2014) dėl biokuro gamybos ir naudojimo plėtros darbo rinkoje sukurta 6,5 tūkstančiai darbo vietų. Įgyvendinus visus planuojamus biokuro energetikos projektus, iki 2020 m. šiame sektoriuje darbo vietų skaičius išaugs iki 10 tūkst. [6]. Vidutinė su ES paramos priemonių įgyvendinimu susijusios darbo vietos sukūrimo kaina yra 30–35 tūkst. €, o investuojant į infrastruktūrą siekė apie 33,6 tūkst. €. Mažiausia kainavo darbo vieta investuojant į žmogiškąjį kapitalą – vidutiniškai apie 30 tūkst. €. Investicijos į infrastruktūrą pasižymėjo stipresniu multiplikavimo efektu, todėl vidutinė vienos ilgalaikės darbo vietos kaina čia buvo truputį mažesnė, palyginti su kitais lėšų paskirstymo tipais [20].

Ateities plėtros tikslai ir perspektyvos. Biokuro rinka pastaraisiais metais sparčiai augo didėjant šio kuro paklausai ne tik Lietuvos, bet ir užsienio rinkose. Šio energijos išteklių gamybos plėtrą pirmiausia gali riboti šalyje esantis biomasės potencialas, kuris šiuo metu rengiamos Nacionalinės energetikos strategijos projekte įvertintas iki 8 mln. m³ (1 568 ktne) per metus. Tolesnė tarptautinės prekybos plėtra šiame sektoriuje tikėtina didins konkurenciją ir gali sukurti nepalankias ekonomines sąlygas Lietuvos biokuro gamintojams. Biokuro naudojimo plėtra tokiose didelėse šalyse kaip Vokietija, Jungtinė Karalystė, Skandinavijos

valstybės jau dabar daro spaudimą Lietuvos biokuro vartotojams dėl aukštesnių supirkimo kainų.

Nacionalinės energetikos strategijos projekte kietajam biokurui numatomas svarbus vaidmuo įgyvendinant energetikos ir aplinkosaugos tikslus, ypač šilumos gamyboje. Biokuro naudojimas iki 2020 m. CŠT turėtų pasiekti 372,2 ktne kietojo biokuro. Bendras kietojo biokuro poreikis šilumos energijos gamybai sieks 1 104,8 ktne arba 67 % jo bendro prognozuojamo potencialo [21]. Įvertinant tai, kad medienos biomasės potencialas yra ribotas, biokuro gamybos plėtra turėtų būti orientuota ir į kitos biomasės, visų pirma žemės ūkio ir komunalinių atliekų, naudojimą.

Neigiamos biokuro gamybos ir naudojimo pasekmės siejamos su atmosferos tarša jo gamybos ir transportavimo metu bei naudojimu individualių namų šildymo sistemose, neturinčiose dūmų valymo įtaisų. Šiuo metu taip pat dar nėra visiškai išspręstos ir pelenų tvarkymo problemos.

Biodujos

Plėtros istorija Lietuvoje ir esama situacija.

Biodujų gamybos iš organinių atliekų galimybių tyrimai Lietuvos energetikos institute buvo pradėti susidarius šalyje atitinkamai ekonominei situacijai ir dėl kelių konkrečių priežasčių: 1) siekiant įvertinti energijos gamybos iš atsinaujinančių energijos išteklių galimybes; 2) klimato kaitą skatinančių dujų emisijos mažinimo galimybių tyrimo; 3) paviršinio ir gruntinio vandens išteklių teršimo skystomis pramonės gamybinėmis nuotekomis mažinimo galimybių įvertinimo; 4) socialinių bei ekonominių problemų sprendimų paieškos.

Laboratorijoje daugelį metų buvo atliekami tiriamieji darbai biodujų gamybos bei jų racionalaus panaudojimo efektyvumo didinimo temomis, pateiktos atitinkamos išvados ir rekomendacijos. Šių darbų rezultatai paskatino šalies verslininkus plačiau diegti anaerobinio organinių atliekų apdorojimo technologijas praktikoje. Be to, svarbus aspektas šioje srityje buvo Lietuvos įstojimas į Europos Sąjungą, kai tapo privalu griežčiau laikytis aplinkos apsaugos reikalavimų, nustatytų atitinkamomis ES ir Tarybos direktyvomis.

Idėja realiai gaminti biodujas iš organinių atliekų mūsų šalyje pirmą kartą kilo apie 1981–1983 m. Šių technologijų efektyvumą praktiškai

išbandyti buvo planuojama viename iš 31 tuo metu veikusių kiaulininkystės kompleksų, apdorojant jame susidarančio skysto mėšlo kiekius. Latvijoje toks projektas tuo metu jau veikė kiaulininkystės komplekse prie Ogrės. Eksperimentas parodė, kad technologiniu požiūriu anaerobinis organinių atliekų apdorojimas yra įmanomas, biodujos išsiskiria ir gerai dega komplekso katilinėje, o mėšlas mineralizuojasi daug geriau nei laikant mėšlidėje ar kūdroje.

Anaerobiškai apdorojant skystą mėšlą, kaip ir kitas organines atliekas, biodujų gamybos technologija vertinama kaip efektyvi, galinti išspręsti daugybę uždavinių ir problemų. Iki Nepriklausomybės atgavimo Lietuvoje veikė 33 kiaulininkystės kompleksai, kuriuose buvo įrengtos hidraulinės mėšlo šalinimo sistemos. Kiekvieno komplekso potenciali organinių atliekų tarša prilygintina 3–5 mln. gyventojų miesto nuotekų taršai, todėl buvo planuojama prie šių kompleksų pradėti anaerobinio organinių atliekų apdorojimo technologijų diegimą.

Praktiškai įgyvendinti šią idėją kartu su užsienio specialistais Lietuvos mokslininkai pabandė kaip alternatyvą tada pradėtoms naudoti skystųjų organinių atliekų valymo technologijoms, kurios buvo itin brangios ir nepakankamai efektyvios. Tačiau daug pažangesnes anaerobinio organinių atliekų apdorojimo technologijas reikėjo iširti ir tobulinti. Tyrimų poreikį lėmė didelė žala aplinkai darančių kiaulininkystės kompleksų sparti plėtra bei praktiškai beveik nevalomos miestų ir miestelių nuotekos.

Padedant Danijos atsinaujinančių energijos šaltinių centro specialistams ir gavus Danijos Vyriausybės finansavimą buvo pastatyta pirmoji Lietuvoje demonstracinė biodujų jėgainė Kauno rajone. Šio projekto įgyvendinime aktyviai dalyvavo ir laboratorijos specialistai. Jėgainės bioreaktorių tūris sudarė 900 m³. Siekiant iširti biodujų išėigos priklausomumą nuo įvairių priedų, buvo įrengti trys horizontalūs bioreaktoriai. Energetikos sektorių sudarė du kogeneraciniai blokai (bendra elektrinė galia 110 kW) ir du vandens šildymo katilai. Laboratorijos iniciatyva biojėgainėje buvo įrengtas eksperimentinių tyrimų centras, kuriame atliekami biodujų kokybės tyrimai, kurių pagrindu buvo rengiami straipsniai, skaitomi pranešimai šalies ir užsienio konferencijose. Pagrindinis vykdomų darbų tikslas – parengti tobulesnes biodujų

gamybos ir panaudojimo technologijas, sumažinti investicijas naujoms biodujų jėgainėms statyti, pagerinti jų energetinį ir ekonominį efektyvumą. Tirtas biodujoms gaminti naudotinių organinių medžiagų energetinis potencialas, techninės ir technologinės jų panaudojimo galimybės, energetinis, ekonominis ir gamtosauginis jų perdirbimo efektyvumas. Nagrinėjamos biodujų gamybos iš žaliosios augalų masės galimybės, atliekamas biodujų surinkimo ir jų utilizavimo sistemų įrengimo pagrindimas stambiausiems Lietuvos sąvartynams.

Šiuo metu Lietuvoje veikia 28 biodujų ir 8 sąvartynų dujų jėgainės, kuriose instaliuota 9,481 MW šiluminė ir 32,7 MW elektrinė galia [22].

Vienu iš šiuo metu pavyzdinių projektų laikytina Pasvalyje veikianti biodujų ir biodegalų gamybos jėgainė „Kurana“, kurioje per metus pagaminama apie 25 mln. Nm³ biodujų iš bioetanolio gamybos atliekų ir kitų organinių priedų. Pagamintos biodujos deginamos termofikacinės elektrinės kogeneratoriuose ir garo katiluose. Bendras elektros ir šilumos galingumas siekia 16,5 MW. Dalis pagamintos šiluminės bei elektros energijos sunaudojama savo poreikiams technologiniame procese, perteklinė dalis elektros energijos parduodama elektros tinklams, o šilumos energija – AB „Panevėžio energija“ Pasvalio rajono katilinei.

Viena biodujų jėgainė, neutralizuojanti kiaulinkystės kompleksų kvapus, įrengta šalia Kelmės rajone esančio „Idavang“ kiaulinkystės komplekso „Sajas“, kita – prie komplekso „Pasodėlė“, esančio Panevėžio rajone. Šiose biodujų jėgainėse apdorotas kiaulinkystės kompleksuose susidarantis skystas mėšlas tampa kokybiškomis trąšomis, o jo apdoravimo metu susidaranti biodujos sunaudojamos elektrai ir šiluminei energijai gaminti.

Daug dėmesio skiriama sąvartynų dujų panaudojimui. Kai Lietuvoje vietoj didelio skaičiaus išsklaidytų sąvartynų buvo sukurta 10 regioninių atliekų tvarkymo centrų, atsirado galimybių didžiausiuose jų statyti ir sąvartynų dujomis veikiančias jėgaines, gaminančias ir fiksuotu tarifu parduodančias elektros energiją nacionaliniam operatoriui. Šiuo metu yra 8 tokios jėgainės, kurių bendra instaliuota galia 8,57 MW_{el}. 2015 m. jos pagamino 24,3 GWh elektros energijos. Išskirtiniu atveju galima laikyti Lapių sąvartyno projektą, kur dujos nutiestu vamzdynu tiekiamos į Domeikavos katilinę ir ten pakeičia dalį gamtinių dujų šilumos gamyboje.

Biodujų gamyba šalyje yra remiama ir skatinama. Pagrindinė biodujų gamybos ir naudojimo Lietuvoje skatinimo priemonė yra fiksuotas elektros energijos, pagamintos iš biodujų ir sąvartynų dujų, supirkimo tarifas. Taip pat skirta parama ūkininkams žemės ūkio ministro 2007 m. gegužės 5 d. įsakymu Nr. 3D-223 „Dėl paramos už energetinius augalus, skirtus biokuro gamybai, administravimo ir kontrolės taisyklių patvirtinimo“, kuriame numatoma parama ir jos dydis ūkininkams, auginantiems augalus biodegalams gaminti.

Pagal Lietuvoje veikiančių bei veikusių biodujų jėgainių veiklos rezultatus ir užsienio šaltinius [23–25] nustatyta, kad taikant anaerobinio organinių atliekų apdorojimo technologijas yra sprendžiamos aplinkosauginės, energetinės, socialinės bei agrokultūrinės problemos.

Aplinkosauginiu atžvilgiu biodujų gamybos ir naudojimo privalumas yra tai, kad anaerobinėmis sąlygomis bioreaktoriuose efektyviai (iki 40–60 %) suskaidomos organinės medžiagos, taip sumažinamas apdorotų nuotekų neigiamas poveikis aplinkai.

Energetinio efektyvumo esmę sudaro tai, kad pagamintos biodujos vertinamos kaip vietiniai, atsinaujinantys energijos ištekliai, kurie, atsižvelgiant į konkrečias sąlygas, yra naudojami kaip kuras katilinėje ar stacionariose kogeneracinėse jėgainėse šiluminei ir elektros energijai gaminti.

Socialinės problemos sprendimas pasireiškia kuriant papildomas darbo vietas (1 lentelė), nes plečiant gamybos veiklos sritis ir darbų apimtį reikia naujų, specifinių specialybių darbuotojų.

Agrokultūrinis efektyvumas biodujų gamybos pramonėje pasiekiamas organizavus organinių trąšų gamybą. Apdorojant atliekas bioreaktoriuje dėl technologinio proceso ypatumų pagerėja fermentacijos proceso atliekų (substrato) savybės.

Ateities plėtros tikslai ir perspektyvos. Pastaraisiais metais nagrinėjamos biodujų gamybos galimybės iš įvairesnių organinių medžiagų (šiaudų, žolės, karklų ir pan.) [26]. Tačiau ši kryptis reikalauja atskiro sprendimo, nes prioritetas bus teikiamas energetikos, o ne aplinkosaugos sričiai, kai svarbiausia tampa biodujų kaip energijos išteklių gamyba. Šiuo atveju reikia įvertinti papildomas išlaidas žaliavoms auginti, paruošti, po to apdorotam (degazuotam) substratui sutvarkyti. Šios išlaidos papildomai padidins gaminamos

energijos, kurios gamyba ir taip visose šalyse yra dotuojama, savikainą.

Smulkiuose ir vidutiniuose ūkiuose susidarantių skystos organinės kilmės atliekų neigiamam poveikiui aplinkai sumažinti rekomenduojama įrengti mažo tūrio bioreaktorius, parenkamus atsižvelgiant į turimų gyvulių rūšį ir skaičių. Tokiuose ūkiuose susidaranti organinės atliekos priskiriamos išsklaidytos aplinkos taršos šaltiniams, kurios užteršia didelius žemės plotus ir gali užteršti nitratais bei sunkiaisiais metalais paviršinio bei gruntinio vandens išteklius. Visais atvejais rekomenduojama įvertinti galimybę steigti kolektyvines, didesnio tūrio biodujų jėgaines, į kurias srutos suvežamos specialiu transportu, o ekologiškų trąšų gamybos organizavimas prie jų, sukurdamas papildomas darbo vietas, dar padidina organinių atliekų panaudojimo efektyvumą.

Menkas šilumos sunaudojimas savo poreikiams gaminant elektros energiją iš biodujų lėmė įstatymo pakeitimą dėl trečiosios pusės prisijungimo prie eksploatuojamų gamtinių dujų tinklų [27]. Tai suteikė biodujų gamintojams dar vieną perspektyvią galimybę – tiekti biodujas į gamtinių dujų tinklus (ten, kur tokių tinklų esama), tačiau tiekiamų biodujų kokybė privalo atitikti gamtinių dujų kokybę, o biodujų valymo technologijos yra brangios.

Biodegalai

Plėtos istorija Lietuvoje ir esama situacija. Alternatyvių degalų sąvoka pradėta plačiau vartoti Lietuvai atgavus nepriklausomybę, kai sugriuvus Lietuvoje didžiosioms šalies pramonės įmonėms didžiausia aplinkos tarša teko sparčiai besiplečiančiam transporto sektoriui. Lietuvoje transporto priemonės lemia apie 70 % visos atmosferos taršos, todėl buvo svarbu mineralinius degalus pakeisti alternatyviais degalais, pavyzdžiui, biodegalais. Taip intensyviau pradėta ieškoti būdų aplinkos taršai šalies transporte mažinti. Lietuvos Respublikos Vyriausybė patvirtino Biokuro gamybos ir naudojimo skatinimo 2004–2010 m. programą [28], kurioje buvo numatomos priemonės ir atskirų institucijų atsakomybė plečiant biodegalų gamybą ir naudojimą. Mažinti aplinkos teršimą skatino ir įpareigojo privalomais tapę EK direktyvos ir nutarimai.

Ieškant galimybių įvykdyti ES iškeltus strateginius tikslus – padvigubinti biodegalų dalį ES ener-

gijos balanse 2010 m. nuo 6 iki 12 %, šiam sektoriui buvo skirta daug dėmesio. Pagaminti iš biomasės biodegalai yra tiesioginis iškastinio kuro pakaitalas transporto priemonėse, juos galima lengvai integruoti į kuro tiekimo sistemas. Tačiau bioetanolis sunkiau skynėsi kelią į rinką, todėl laboratorijos mokslininkams reikėjo realiomis sąlygomis atlikti nemažai eksperimentinių tyrimų, praktiškai naudojant įvairios bioetanolio koncentracijos mišinius. Taip pat buvo atliekami eksperimentiniai bandymai tiriant biodegalų poveikį guminėms variklių detalėms, jų sukietėjimui, tirpumui, t. y. ilgaamžiškumui [29]. Be to, bioetanolio naudojimą labai riboja biodegalų išsisluoksniavimo reiškinys, kurį taip pat tyrė LEI Atsinaujinančių išteklių ir efektyvios energetikos laboratorijos mokslininkai. Galiausiai buvo pateikti variklių techninių charakteristikų bandymų rezultatai naudojant įvairios koncentracijos (5; 7,5; 10; 15; 20 ir 30 %) bioetanolio ir benzino mišinius.

Alternatyviems degalams priskiriami:

- bioetanolis, kaip alternatyva benzinui ar jo priedas;
- biodyzelinas, kaip alternatyva dyzelinui ar jo priedas;
- sintetiniai degalai (BtL);
- dujiniai degalai, kuriuos sudaro:
 - suskystintos naftos dujos;
 - suspaustos gamtinės dujos;
 - biodujos;
 - biometanas;
 - hytanas (biometano ir vandenilio mišinys);
 - vandenilis.

Populiariausi ir perspektyviausi iš šių degalų tuo laikotarpiu šalyje tapo pirmos kartos biodegalai – biodyzelinas ir bioetanolis bei įvairios koncentracijos jų mišiniai, todėl praktikoje jų gamybos ir naudojimo galimybių tyrimams buvo skiriama daugiausia dėmesio. Besikuriant biodegalų pramonei, laboratorijoje buvo išnagrinėti ir praktiniu požiūriu įvertinti Lietuvoje atsinaujinančių energijos išteklių naudojimą skatinantys ES ir LR teisės aktai bei norminiai dokumentai, reglamentuojantys biodegalų gamybą, iširtas šalies biodegalų išteklių potencialas, surinkti duomenys apie gamybinius pajėgumus šalies įmonėse, pateikti atsakymai į racionalaus sprendimo reikalaujančius biodegalų gamybos klausimus.

Pagrindinis juridinis pretekstas biodegalams gaminti buvo 1992 m. priimta Jungtinių Tautų

klimato kaitos konvencija [30], reglamentuojanti šiltnamio reiškinį sukeliančių teršalų emisiją, ir 1998 m. Kioto mieste (Japonija) pasirašytas susitarimas iki 2010 m. klimato atšilimą sukeliančių dujų emisiją sumažinti 5,2 % (ES šis įsipareigojimas – 8 %, palyginti su 1990 m. lygiu).

2006 m. Europos Komisija paskelbė komunikatą „ES biodegalų strategija“ [31], kuriame nurodė strategines biodegalų gamybos ir naudojimo kryptis. Svarbiausia strateginė kryptis buvo pirmosios kartos biodegalų žaliavų bazės plėtra ir gamybos technologijų tobulinimas, siekiant mažinti biodegalų savikainą ir neigiamą poveikį aplinkai bei dėl konkurencijos su maisto sektoriumi biodegalams gaminti naudoti maistui netinkamas žaliavas.

Vykdydamas ES direktyvą LR Seimas 2007 m. sausio 18 d. nutarimu Nr. X-1046 patvirtino Nacionalinę energetikos strategiją, kurioje numatyta, kad iki 2020 m. biodegalai turėtų sudaryti 15 %, o iki 2025 m. – 20 % bendro transportui skirto degalų kiekio. Iš pakankamai plačios biodegalų gamos Lietuvoje gaminamas ir naudojamas biodyzelinas ir bioetanolis, kuris paklausus ir bioetiltretbutiletario (bio-ETBE) gamyboje. Ilgą laiką Lietuvoje veikė viena biodyzelino ir viena bioetanolio gamybos įmonė. Didinant biodegalų gamybą buvo siekiama sukurti jų naudojimo skatinimo politiką, nes kitu atveju artimiausioje ateityje strigs ir jų gamyba. Skirtingai nuo pakankamai sėkmingos biodegalų gamybos, jų naudojimą stabdo daugelis priežasčių. Viena jų yra absoliučiai techninė, nes negalima įprastiniuose varikliuose naudoti biodegalų mišinius su daugiau kaip 5 % biodegalų, nes kitu atveju transporto priemonėms netaikomos automobilių gamintojų garantijos. Specialiai biodegalams naudoti pritaikytų ar pagamintų automobilių šalyje praktiškai nėra (VĮ Regitra duomenimis, 2016 m. registruoti tik 2 etanolio varomi lengvieji automobiliai).

Ši problema aktuali ne tik Lietuvos biodegalų pramonei, dabar apie tai kalbama ir tarptautiniu mastu (dalis Vokietijos biodyzelino gamybos įmonių priverstos mažinti jo gamybos apimtį, nes nėra pakankamos realizavimo rinkos). Todėl Lietuvoje atsinaujinančių energijos išteklių naudojimą skatina LR Akcizų įstatymas, LR Mokesčio už aplinkos teršimą įstatymas ir parama ūkininkams už energetinių augalų nustatymą.

Lietuvoje biodegalų gamybą lemia tos pačios problemos, kaip ir visoje ES. LR Žemės ūkio mi-

nisterijos duomenimis, iš gana gausaus gamintojų rato šiandien išliko trys modernūs biodegalų gamintojai: bioetanolį gamina UAB „Kurana“ (pajėgumai 40 tūkst. t/metus); biodyzeliną – UAB „Mestilla“ (110 tūkst. t/metus) ir UAB „Vaizga“ (30 tūkst. t/metus).

Nepaisant ankstesnių biodyzelino naudojimo augimo prognozių, šiuo metu daugelyje šalių grynas biodyzelinas nenaudojamas – tik 5 % dalis naudojama mišinyje su mineraliniu dyzelinu, nes grynam biodyzelinui (RME) turi būti pritaikyti varikliai. Tai numato mineralinio dyzelino kokybę apibrėžiantis standartas LST EN 590. Išaugus biodyzelino gamybos apimtims, mūsų šalyje didžioji pagaminto biodyzelino dalis, nesunaudojama mišiniams gaminti, yra eksportuojama.

Analizuojant literatūros šaltinius bei eksperimentinius duomenis patvirtinta, kad *aplinkosauginiu* ir *ekonominiu* požiūriais labai svarbu racionaliai panaudoti biodyzelino gamybos procese susidarančius šalutinius produktus ir atliekas, ypač glicerolį. Siekiant sumažinti biodyzelino gamybos savikainą, būtina ieškoti racionalių glicerolio fazės panaudojimo būdų, pavyzdžiui, glicerolio panaudojimas energetinėms reikmėms (kietojo ar skystojo kuro gamyboje) ar kitų nemaistinių produktų gamyboje [32].

Ateities plėtros tikslai ir perspektyvos. Praktikoje pastaruoju metu prioritetas alternatyvių degalų srityje teikiamas dujiniais degalais: suspaustoms gamtinėms dujoms, suskystintoms naftos dujoms, vandeniliui ir jų mišiniams. Šiuo metu keičiasi ir ES politika biodegalų atžvilgiu. 2015 m. priimta nauja Europos Parlamento ir Tarybos direktyva (ES) 2015/1513, kuria iš dalies keičiamos direktyva 98/70/EB dėl benzino ir dyzelinių degalų (dyzelino) kokybės ir direktyva 2009/28/EB dėl skatinimo naudoti atsinaujinančių išteklių energiją, skatinti perėjimą nuo biodegalų, gaminamų iš maistinių žaliavų, prie pažangiųjų (II kartos) biodegalų, gaminamų iš atliekinių žaliavų, gamybos ir naudojimo. Šiai plėtros kryptčiai Lietuvoje iškyla daug keblumų, todėl atsiveria naujos veiklos galimybės mokslo institucijoms.

Saulės energetika

Plėtros istorija Lietuvoje ir esama situacija. Pagrindinės saulės energijos panaudojimo rūšys pasaulyje, taip pat ir Lietuvoje, yra saulės šilumos ir saulės šviesos energija.

Saulės šilumos energija – saulės spindulinė energija, paverčiama į šilumos energiją saulės kolektoriuose. Duomenys apie šios energijos panaudojimą Lietuvoje nėra išsamūs, nėra institucijos, renkančios šią informaciją. Pagal Europos saulės šilumos pramonės federacijos duomenis [33], 2014 m. Lietuvoje buvo instaliuota 10 400 m² (7 280 kW) saulės karšto vandens ruošimo sistemų (SKVRS), o ES mastu – 31,8 GW.

Viena pirmųjų SKVRS sumontuota Kačerginės miestelio vaikų sanatorijoje. Šį projektą įgyvendino Švedijos energetikos agentūra (STEM), pasitelkusi savo šalies investicinę klimato programą (SICIP), skirtą energetikos sektoriui tobulinti ir mažinti į aplinką išmetamų šiltnamio reiškinį sukeliančių dujų kiekį. Nuo 2002 m. rudens 78 m² (55 kW) sistema tiekia šilumą sanatorijos reikmėms. Pademonstruotas integruotas sprendimo variantas – bioenerģijos ir saulės energijos kombinacija, kuri, kaip parodė kelių metų eksploataavimo patirtis, yra patikima tiek techniniu požiūriu, tiek ir ekonomine prasme. Ši sistema papildomai per metus gali tiekti 15–20 % viso reikiamo karšto vandens kiekio (vasaros metu – 25–30 %). Vidutinis metinis pagaminamos šilumos kiekis kolektoriaus ploto atžvilgiu yra 400 kWh/m². Laboratorijos darbuotojai sekė šios sistemos veiklą nuo eksploataavimo pradžios ir pateikė išsamius ekonominius vertinimus [34–36].

Per pastaruosius keletą metų instaliuotos šios stambesnės saulės karšto vandens kolektorinės sistemos:

- Kruonio hidroakumuliacinėje elektrinėje – 79,8 kW (114 m² saulės kolektorių);
- Anykščių miesto ligoninėje – 109,2 kW (156 m² saulės kolektorių);
- Anykščių miesto baseine „Bangenis“ – 116,2 kW (166 m² saulės kolektorių);
- Plungės rajono savivaldybės ligoninėje – 142,8 kW (204 m² saulės kolektorių).

Vienas svarbiausių etapų įrengiant saulės kolektorių sistemą – komponentų parinkimas, t. y. saulės kolektoriai ir jų tvirtinimas, vandens talpos, vamzdynai ir jų izoliavimas, siurblių bloškai, automatika. Reikėtų rinktis pasaulyje jau žinomų įmonių produkciją, kuriai suteikiamos ilgalaikės gamintojo, o ne pardavėjo garantijos. Įsigyjant saulės kolektorių būtina įsitikinti, kad jis turi akredituotos laboratorijos išduotą Solar Keymark sertifikatą pagal EN 12975 reikalavi-

mus – sertifikuotų kolektorių sąrašas pateikiamas [37]. Tai pagrindinis techninis dokumentas, rodantis pagrindines kolektoriaus šiluminės ir hidraulinės charakteristikas, ir jų reikšmių palyginimai suteikia galimybę pasirinkti tinkamą variantą.

Pastate įrengti saulės kolektoriai tiekia karštą vandenį, bet pastatas taip pat gauna didelę dalį energijos iš saulės per jo skaidrias ir nepermatomas atitvaras. Būtina skaičiuoti šilumos pritekėjimus iš išorės į pastatą, įvertinus saulės ir dangaus skliauto ilgabangę spinduliuotę. Taip pat vasaros metu gyvenimo komfortui užtikrinti reikia vertinti ir vėsinimo klausimus. Aplinkos ministerijos Statybos produkcijos sertifikavimo centras (SPSS) išdavė instituto darbuotojams licencijas pastatų energinio naudingumo modeliavimo programoms (NRG 3), galinčioms modeliuoti AEI (saulės, biomasės, vėjo ir šilumos siurblių) panaudojimo galimybes įvairios paskirties pastatuose.

Saulės šviesos energija – iš saulės šviesos tiesiogiai gaunama elektros energija. Šią energiją Lietuvoje pradėta intensyviai įsisavinti nuo 2012 m., kai gerokai padidinus supirkimo tarifą elektrinių galia 2012–2014 m. išaugo nuo 0,525 iki 69 MW, o gaminamos elektros energijos kiekis – atitinkamai nuo 0,584 iki 73 GWh. Lietuvoje veikiančios didžiausios saulės elektrinės: Sitkūnų saulės energijos parkas (2,56 MW), Brizgų saulės fotoelektrinių parkas (1,99 MW), Daušiškių saulės fotoelektrinių parkas (1,96 MW), „Solar LT“ saulės elektrinė (1,48 MW).

Populiariausias ekonominės veiklos skatinimo būdas – supirkimo tarifas, jei jis pakankamai laiku padengia jėgainės statytojo investicijas ir leidžia šiek tiek uždirbti. Tik tuo atveju rinkos dalyviai rizikuoja savo lėšas investuodami į saulės elektrines. Jei skatinimas per menkas, tai procesas vos juda, bet jei skatinimas didelis, investuojama daug lėšų – vyksta saulės elektrinių instaliuotos galios šuolis. 2015 m. šalyje jau buvo 1 968 elektrinės su 70,2 MW instaliuota galia ir 73,34 GWh metine elektros energijos gamyba. Daugiausia tokių elektrinių atsirado Mažeikių rajono (>240 vnt.) ir Vilniaus miesto savivaldybėse (>130 vnt.). Pagrindinę dalį (~85 %) Lietuvoje įrengtų saulės elektrinių sudaro polikristaliniai, o likusią dalį – monokristaliniai fotomoduliai.

Ekonominiai aspektai. Požiūris į saulės energetiką kiekvienais metais gerėja, ir gyventojai vis daugiau domisi saulės kolektorių sistemomis bei jų teikiama nauda, bet spartesnę plėtrą stabdo santykinai didelė šių sistemų kaina ir ilgas atsipirkimo laikas. Nevertinant valstybės paramos, vidutinis saulės sistemų atsipirkimo laikas daugia-butyje yra apie 10 metų ir priklauso nuo daugelio veiksnių – įrengtos sistemos tipo, centralizuotai tiekiamos šilumos kainos, tinkamos sistemos eksploatacijos. Gyventojai, renovuojantys pastatus ir norintys įsidiesti alternatyvius energijos išteklius, turėtų pateikti papildomus reikalavimus investicinių planų rengėjams.

Jau keletą metų Lietuvos aplinkos apsaugos investicijų fondas teikia paramą saulės sistemoms įrengti. Individualiuose gyvenamosios paskirties pastatuose teikiama 30 % kompensacinė išmoka, o visuomeninės paskirties pastatuose (mokyklos, ligoninės, sanatorijos ir kt.) skiriama 50–100 % subsidija. Instituto mokslininkai analizavo įvairių dydžių saulės sistemas, skaičiavo jų atsipirkimo laikus, pagamintos energijos kiekius, CO₂ emisijų mažinimo mastus ir pateikė nemažai išvadų bei rekomendacijų [38–42].

Laboratorijos darbuotojai taip pat tyrinėjo saulės šilumos panaudojimą CŠT sistemo-se. Skaičiavimuose, atliktuose poros nedidelių Lietuvos miestų pavyzdžiu, buvo vertinamas saulės kolektorių sistemų ekonominis tikslin-gumas. Šiluma gaminama ir teikiama tiesiai į tinklus ar naudojant šilumos talpyklas vasarą, o žiemą – deginant biokurą. Analizė parodė, kad tik vasarą su šilumos talpykla įmanoma visiškai patenkinti šilumos poreikius, o kitais sezonais reikėtų papildomai gaminti šilumą naudojant biokuro deginimo technologiją. 2014 m. atlikti ekonominiai skaičiavimai atskleidė, kad viduti-niai šilumos gamybos kaštai su kapitalo kaštais investicijoms yra 23,5–24,8 €/MWh, o tai dau-giau nei šilumos gamybos kaina įmonėje [43]. Net 10 % sumažinus investicijų dydį į sistemą, gaunami šilumos gamybos kaštai siekia 23,3–24,1 €/MWh, todėl laikoma, kad investicijos nėra ekonomiškai naudingos be paramos. Ta-čiau, jei biokuro kaina ateityje augs, ilgalaikėje perspektyvoje saulės šildymo sistema galiausiai gali pasirodyti esanti ekonomiškai sprendimas, nes iš gamybos kainos iškrinta kuro dedamoji. Pasaulinis biokuro poreikis gali priversti augti

biokuro kainas ateityje, o tada bus ekonomiškai pakeisti dalį biokuro į saulės šilumą, taip pat eksportuoti dalį biokuro į kitas šalis.

Ateities plėtros tikslai ir perspektyvos. Nuo 2015 m. šios srities elektros energijos gamybos plėtra praktiškai sustojusi, nors galimybių jai yra, pakanka ir technologinių sprendimų rinkoje. Įgyvendinant ES direktyvą 2010/31/ES dėl pastatų energinio naudingumo, pagal LR teisės aktus bus reikalaujama, kad nuo 2016 m. lapkričio 1 d. visi naujai statomi pastatai atitiktų A energinio nau-dingumo klasę. Tai suteiks papildomą paskatą naudoti mažos galios saulės elektrines urbanizuo-toje aplinkoje. Šiuo metu Vyriausybės nustatyta tvarka ir sąlygomis ne didesnės nei 10 kW įreng-tosios galios elektrinėse pagaminta perteklinė elektros energija superkama už nustatytą fiksuotą tarifą.

Nuo 2015 m. Lietuvoje pradėjo veikti elektros energijos dvipusės apskaitos sistema. Tai skirsto-mojo elektros tinklo operatoriaus administruoja-ma sistema, kurios privalumais gali naudotis tik gaminantys vartotojai, kurių namų valdos priei-gose yra įrengtos ne didesnės kaip 10 kW galios, o biudžetinių ir viešųjų įstaigų statiniuose – ne di-desnės kaip 50 kW galios jėgainės – saulės šviesos energijos elektrinės. Straipsnio autorių skaičiavi-mais, įvertinus nustatytą elektros tinklų naudoji-mosi kainą, iki 10 kW galios jėgainė atsipirktų per 11–12 metų. Kainai didėjant, atitinkamai išaugtų ir atsipirkimo laikas.

Saulės šilumos naudojimas centralizuotai ši-lumos gamybai palaipsniui skverbiasi į Europos miestuose išvystytus centralizuoto šilumos tie-kimo tinklus, kur yra vietos sumontuoti didelį plotą užimančius saulės kolektorius ir šilumos saugyklas. Ši sistema jau dabar patraukli ir plėto-jama Danijoje, Vokietijoje, Švedijoje, kur yra di-deli valstybiniai iškastinio kuro mokesčiai. Pati saulės kolektorių sistema nėra konkurencinga be sezoninės talpyklos, tačiau pastaroji itin kil-smeli investicijų poreikį. Lietuva, panaudojusi ES paramą biomasės katilams ir įrenginiams keis-ti, gamina gana pigią šiluminę energiją. Saulės kolektorių su sezoninėmis talpyklomis sistemos CŠT tinkluose pareikalautų didelių investicijų ir valstybės subsidijų, bet jos būtų perspektyvios tik padidėjus gamtinių dujų ir biomasės kainai bei sugriežtėjus aplinkosauginiams reikalavi-mams.

Vėjo energetika

Plėtros istorija Lietuvoje ir esama situacija. Lietuvai atgavus nepriklausomybę, elektros energijos gamyba buvo perteklinė ir nebuvo planuojami nauji generatoriai, taip pat ir vėjo elektrinės (VE). Apsiribota tik vėjo energijos techninio potencialo tyrimais šalyje [44–49]. Vykdamas Jungtinių Tautų plėtros programos (UNDP) Baltijos šalių vėjo energetikos plėtros programos rengimo darbus 2000 m. buvo įvertintas Lietuvos vėjo energijos potencialas [50]. Šio energetikos sektoriaus skatinimo sistemos sukūrimas bei prioritetinių zonų jos plėtrai įteisinimas paskatino vėjo energetikos spartų šuolį [51–53].

Pirmoji moderni 630 kW galios vėjo elektrinė pastatyta Vydmantuose (2004). 2006 m. įrengtas pirmasis VE parkas, susidedantis iš penkiolikos 2 MW galios elektrinių. Iki 2015 m. pabaigos buvo įrengta 17 VE parkų, kurių galia sudarė 424 MW.

KTU mokslininkų atliktoje „Atsinaujinančius energijos išteklius naudojančių elektrinių prijungimo prie 330–110 kV elektros perdavimo tinklo iki 2030 m. galimybių“ studijoje [54] buvo vertinti vėjo energetikos plėtros scenarijai. Planuojant vėjo elektrinių plėtrą, pagrindiniame plėtros scenarijuje numatyta 500 MW galia, tarpiniame scenarijuje – iki 670 MW, ambicingame – iki 840 MW. Vėjo elektrinių parkuose pagaminta elektros energija 2015 m. sudarė apie 6,8 % visos Lietuvoje sunaudojamos elektros energijos. Pagrindinio plėtros scenarijaus atveju vėjo energetikos dalis galutiniame elektros energijos sunaudojime sudarytų apie 10 %.

Vėjo elektrinių įtaka aplinkai. Vėjo energija pakeičia organinį kurą, naudojamą elektros energijai gaminti. Vėjo elektrinių poveikis aplinkai yra santykinai nedidelis, palyginti su kitomis tradicinėmis jėgainėmis. Vėjo elektrinėse pagaminta 1 kWh elektros energijos leidžia išvengti: CO₂ – 850,0 g, SO₂ – 2,9 g, NO_x – 2,6 g, dulkių – 0,1 g, šlako ir lakiųjų pelenų – 550 g.

Pagrindinis poveikis aplinkai arba vėjo energetikos priimtumas vertinamas atsižvelgiant į šiuos veiksnius: triukšmą, vizualųjį (estetinį) poveikį, įtaką gyvūnijai, augalijai ir gamtinėms buveinėms, elektromagnetinius trikdžius, aplinkos teršimą, reljefo formos suardymą (eroziją), šešėliavimą ir šviesos atspindėjimą.

Vėjo energijos ekonominiai ir socialiniai aspektai. Vėjo energetikos projektų ekonominių

gyvybingumą nusako pagamintos elektros energijos gamybos kaštai, kurie yra kintantis dydis. Juos veikia keletas svarbiausių parametru: vėjo parametrai elektrinės įrengimo vietoje, kapitalinės investicijos vėjo elektrinei įrengti dydis, kapitalo palūkanos, vėjo elektrinės efektyvumas, elektrinės eksploatacijos kaštai. Investicijos vėjo elektrinei įsigyti sudaro apie 80 % visos projekto investicijos. Vėjo energijos lyginamųjų kaštų sumažėjimui esminės įtakos turi spartus kapitalinių išlaidų elektrinių gamybai mažėjimas per pastaruosius dešimtmečius. Per 10 metų šie kaštai sumažėjo 50 % (2 lentelė).

2 lentelė. Vėjo energetikos pagrindinių ekonominių rodiklių raida ir prognozė iki 2020 m. [5]

Metai	Investicijos, €/kW	Energijos kaštai, EURct/kWh
2003	823	3,88
2005	746	3,61
2010	623	2,93
2020	497	2,34

Europos Komisijos ExternE projekto tyrimų duomenimis, vėjo energijos panaudojimas reikalauja beveik tokių pačių kapitalo investicijų, kaip ir branduolinės energijos, tačiau nereikia jokių kuro sąnaudų. Pagal gamybinių kaštų lygį vėjo elektrinių energija konkurencinga įprastiniu būdu pagamintai elektros energijai. Tačiau, įvertinus išorinius kaštus, ji akivaizdžiai pranašesnė prieš kitus jos gamybos būdus. Tad Europos vėjo energijos asociacijos ir Greenpeace paskelbtame bendrame dokumente prognozuojamas tolesnis spartus vėjo pramonės augimas, lyginamųjų investicijų mažėjimas, vėjo elektros kainos mažėjimas ir spartus naujų darbo vietų augimas vėjo pramonėje.

Ateities plėtros tikslai ir perspektyvos. LR Energetikos ministerija Seimui yra pateikusi Atsinaujinančių išteklių energetikos įstatymo pakeitimo projektą, kuriame numatyta vėjo elektrinių bendrą įrengtąją galią iki 2020 m. padidinti iki 750 MW. Sprendžiant iš AB „Litgrid“ sudaryto perdavimo tinklo laisvų prijungimo galių žemėlapiu, geriausios vėjo energetikos plėtrai vietos, t. y. pajūrio zona, praktiškai yra išnaudotos, todėl ateityje turi būti numatytos naujos teritorijos arba plečiamas ir stiprinamas perdavimo tinklas.

2016 m. Lietuvos kariuomenės vado įsakymu buvo patvirtintas vėjo elektrinių projektavimo ir statybos darbus ribojantis žemėlapis, lemiantis didesnes investicijas rengiant projektus ir dar labiau apsunkinantis tolesnę vėjo energetikos plėtrą Lietuvoje.

Nepaisant šių apribojimų skaičiavimai rodo, kad vėjo elektrinių parkuose gaminama elektros energija yra pigiausia (be Kauno hidroelektrinės gaminamos energijos), palyginti su visomis kitomis naujomis elektrinėmis, todėl siekiant įgyvendinti planuojamus AIE plėtros rodiklius tolesnė elektros energijos gamybos iš AIE technologijų plėtra siejama su vėjo energetika sausumoje ir jūroje.

Aeroterminė, geoterminė, hidroterminė ir liekamoji energija

Plėtros istorija Lietuvoje ir esama padėtis. Pastaraisiais dešimtmečiais institute vykdyti energijos pernešimo procesų šilumos siurbliuose teoriniai ir eksperimentiniai tyrimai, Stirlingo ciklu veikiančių šilumos siurblių projektavimo ir konstravimo darbai, šilumos siurblių, naudojančių grunto, vandens ir oro šilumą diegimo galimybių tyrimai, parašytos ir apgintos kelios disertacijos šilumos siurblių tema [55–64].

Aeroterminė energija – šilumos energija, susikaupusi ore. Aplinkos ore esančios šilumos išteklių neišsemiami, tačiau Lietuvoje dėl įvairių objektyvių priežasčių jie nebuvo plačiai naudojami. Tik pastarąjį dešimtmetį, kai įvairios užsienio firmos pateikė į rinką naujos kartos šilumos siurblius, veikiančius Lorentco ciklu ir kaip darbo agentą naudojančius R744 (CO₂ dujas), Lietuvoje imta sparčiau plėtoti aeroterminės energijos panaudojimą.

Geoterminė energija – šilumos energija, susikaupusi žemiau žemės paviršiaus. Geoterminės energijos išteklių pasiskirstę visoje Lietuvos teritorijoje, tačiau didžiausias jų potencialas, leidžiantis statyti keliolikos MW šiluminės galios jėgaines, yra Vakarų Lietuvoje. 1989 m. pirmieji geoterminiai gręžiniai Lietuvoje išgręžti Vydmantuose, jų gylis daugiau kaip du kilometrai. Gręžiniai išbandyti 1993–1994 m., pasiekta geoterminio vandens temperatūra 74 °C, tačiau bankrutavus Vydmantų daržininkystės ūkiui – pagrindiniam šilumos vartotojui – jėgainė nebuvo pastatyta.

1991 m. siekiant plėtoti geoterminės energijos gamybos tyrimus, Žemės gelmių šilumos išteklių tyrimą, tobulinti jos išgavimo technologijas bei visapusiškai ir kompleksiskai panaudoti žmogaus ūkinėje veikloje, buvo įkurta įmonė „Geoterma“. 1995 m. gruodžio 22 d. LR Vyriausybės nutarimu Nr. 1609 įsteigtai UAB „Geoterma“ pavesta statyti Klaipėdos pavyzdinę geoterminę jėgainę ir tiekti šilumą Klaipėdos miesto šilumos tinklams. Tik 2004 m. birželį Klaipėdos geoterminė jėgainė pripažinta tinkama naudoti 35 MW galią: 13,6 MW šilumos iš geoterminio vandens ir 21,4 MW iš vandens šildymo katilų, kuriuose deginamos gamtinės dujos, karšto vandens (absorbicinių šilumos siurblių varomoji energija).

Ši įmonė buvo geras mokslo tyrimų rezultatų taikymo šilumos energetikoje pavyzdys, tačiau ilgainiui jėgainės ekonominis naudingumas nebuvo užtikrintas. Bendrovės užsakymu tęsiami moksliniai tyrimai panaudojant iš žemės gelmių išgautą geoterminį ir mineralinį vandenį šildymo, rekreacijos objektų kūrimo ir kitiems tikslams.

Hidroterminė energija – šilumos energija, susikaupusi paviršiniuose vandenyse. Tai upių, ežerų, dirbtinių tvenkinių vandenyje sukaupti šilumos išteklių. Jų panaudojimą lemia įvairios priežastys, pavyzdžiui, kad žiemos metu vandens temperatūra po ledu tėra tik ~+1 °C. Instituto darbuotojų straipsnyje [65] pateikti išsamūs Lietuvos upių šilumos išteklių ir jų daugiamečių kaitos tyrimų rezultatai.

Liekamoji energija – technologinio proceso metu išsiskirianti energija, kuri nepanaudojama tame procese. 1995–2011 m. ši energija teisės aktuose vadinta įvairiai: nuo 1995 m. – antriniai energijos išteklių; nuo 1997 m. – šalutiniai energijos išteklių; nuo 1998 m. – atliekiniai energijos išteklių; nuo 2011 m. – liekamoji energija.

1991–2002 m. institute atlikta daug tiriamųjų darbų, kuriuose analizuota informacija apie Lietuvos pramonės ir energetikos įmonėse susidariusius liekamosios energijos išteklius, įvertintos miestų nuotėkų valymo įmonių nuotėkų šilumos pasisavinimo šilumos siurbliais ir jos perdavimo į tų miestų centralizuoto šilumos tiekimo tinklus galimybes [64].

Šių tyrimų apibendrinti rezultatai pateikti Nacionalinėje energijos naudojimo efektyvumo didinimo 2006–2010 m. programoje [67]. Joje nurodyta, kad bendras liekamosios energijos potencialas

šalies pramonės, energetikos ir nuotėkų valymo įmonėse – apie 7,5–10,5 TWh per metus. Šių išteklių panaudojimo techninis potencialas – apie 5–6,5 TWh per metus. Liekamosios energijos išteklių panaudojimo ekonominis potencialas – apie 4 TWh per metus.

Geriausias liekamosios energijos panaudojimo pavyzdys – AB „Lifosa“, kuri nuo 1998 m. rudens, panaudodama sieros rūgšties gamybos cecho liekamosios energijos išteklius, tiekia šilumą Kėdainių miestui, praktiškai patenkindama miesto centralizuotos šilumos poreikį. Nuo 2000 m. naudodama liekamosios energijos išteklius įmonė savoms reikmėms gamina elektros energiją, o perteklių parduoda.

Šilumos siurblių naudojimas. Lengviausiai Lietuvoje įsisavinami arti Žemės paviršiaus esantys, vadinamieji seklieji geoterminiai ištekliai, kurie vartotojui tiekiami šilumos siurbliais. Šilumos siurblių panaudojami šilumos ištekliai glūdi iki 100–150 m gylyje ir jų potencialas didžiulis. Daugeliu atvejų šilumos siurbliai naudojami individualiuose pastatuose, tačiau yra ir daugiabučių namų, kuriuose dalis karšto vandens poreikių patenkinama naudojant geoterminę energiją.

3 lentelėje parodytas šilumos siurblių sektoriaus rinkos augimas Lietuvoje ir visose ES šalyse 2005–2014 m. [66].

Šilumos siurbliai sėkmingai naudojami ir komerciniuose objektuose – paslaugų bei pramonės įmonėse. Druskininkų sveikatingumo ir poilsio komplekse „Grand SPA Lietuva“ 2010 m. įdiegtos energetikos ir šildymo sistemos su šilumos siurbliais, naudojančiais giluminių gręžinių (iš viso 200 m gylio 147 gręžiniai) geoterminę šilumą, aplinkos oro šilumą ir nuotėkų iš mineralinio vandens vonių šilumą. Geoterminio šildymo sistemos, projektuotos ir įrengtos UAB „TENKO Baltic“, šiluminė galia 1,79 MW. Šio geoterminio šildymo projekto vertė – 1,74 mln. €.

Kompanijų grupės „BOD group“ aukštųjų mokyklų tyrimų centras nuo 2013 m. veikia Vissorių informacinių technologijų parke Vilniuje.

4 aukštų pastato bendras plotas 28 833,71 m², o šildomas plotas – 21 994 m². Pastate su naujausios kartos vokiška SINGULUS įranga vykdoma lietuviškų saulės elementų gamyba ir technologiniai tyrimai. Pastate įrengta viena didžiausių geoterminio šildymo ir vėsinimo sistemų Lietuvoje (0,8 MW). Saulės elementų gamybos linijoms vėsinti geoterminė energija naudojama ištisu metus. Po pastatu išgręžti šimtas devyni 150 m gylio gręžiniai, įrengta 12 Stiebel Eltron WPF 66 (70 kW) šilumos siurblių. Veiksmingai naudojant geoterminę šilumą suprojektuotas ir instaliuotas žemos temperatūros grindinis šildymas (vandens temperatūra iki 40 °C). Siurbliams reikalingą elektros energiją tiekia ant stogo įrengti saulės šviesos elementai. Geoterminė energija sudaro apie 43 % visos per metus sunaudojamos šiluminės energijos, kita dalis gaunama iš Vilniaus miesto šilumos tinklų.

Ekonominiai aspektai. 2012 m. išaugusi centralizuotai tiekiamos šilumos kaina paskatino atlikti šilumos siurblio, naudojančio geoterminę gręžinių šilumos energiją, diegimo daugiabutyje gyvenamajame name galimybių techninį-ekonominį vertinimą. Pasirinktas 5 aukštų, 70 butų, 1981 m. statybos blokinis gyvenamasis namas Sukilėlių pr. 82, Kaune, kurio šildomas plotas – 3383,55 m². Pastatas iš dalies atnaujintas. Šilumos sąnaudos pastatui šildyti: 2011 m. – 98,14 kWh/m²/šild. sez.; 2012 m. – 104,7 kWh/m²/šild. sez.

Pasirinktas švedų firmos „NIBE Energy Systems“ gamybos NIBE™ F1345-60 šilumos siurblys, naudojantis šilumą iš geoterminių gręžinių. Bendras aktyvus gręžinių ilgis 1068 m. Skaičiavimai parodė, kad įrengus šilumos siurblių, per metus jis pagamintų 65 % visos reikalingos šilumos energijos ir atsipirktų per 3,3 metų (2012 m. vertinimu). Mažėjant centralizuotai tiekiamos šilumos kainai, šilumos siurblio atsipirkimo rodikliai prastėja: 2014 m. vertinimu atsipirkimo laikotarpis siektų 5,9 metų.

Ateities plėtros tikslai ir perspektyvos. Šilumos siurblių diegimo skatinimas numatytas

3 lentelė. Šilumos siurblių sektoriaus rinkos augimas Lietuvoje ir ES šalyse 2005–2014, vnt.

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Lietuva	0	0	0	0	554	517	597	645	719	1 095
Iš viso ES šalyse	406 652	532 218	584 596	800 793	734 282	800 388	808 591	750 436	769 878	795 562

LR atsinaujinančių išteklių energetikos įstatyme Nr. XI-1375 ir Klimato kaitos specialiosios programos lėšų naudojimo tvarkos apraše, patvirtintame LR aplinkos ministro 2010 m. balandžio 6 d. įsakymu Nr. D1-275 (Žin., 2010, Nr. 42-2040).

Pastaraisiais metais įgyvendinta nemažai projektų daugiabučiuose namuose, kurių metu įdiegtos geoterminės energijos panaudojimo patalpoms šildyti ir karštam vandeniui ruošti sistemos.

Aeroterminė energija taip pat vis plačiau naudojama visuomeninės paskirties pastatų šildymo-vėdinimo sistemose. Tikėtina, kad tokios plėtros tendencijos išliks ir ateityje.

Hydroenergija

Plėtros istorija Lietuvoje ir esama situacija. Pirmosios hidroelektrinės nepriklausomoje Lietuvoje buvo pastatytos 1919, 1922 ir 1924 m., o 1922 m. profesorius S. Kolupaila apskaičiavo svarbesnių Lietuvos upių vidutinę galią – 199,5 MW. Inžinierius J. Smilgevičius 1929 m. pateikė siūlymą statyti hidroelektrines prie 20 upių, įskaitant Nemuną ir Nerį. Iš viso buvo siūloma statyti 86 HE, kurių bendroji galia siektų 113,4 MW ir 773 GWh elektros energijos gamybos per metus. Bėgant metams, mažosios hidroelektrinės taip pat nebuvo užmirštos, 1935 m. jų buvo 96, o bendroji galia siekė 1932,2 kW, metinis elektros energijos išdirbis – 0,836 mln. kWh, tai sudarė tik 0,11 % visos šalyje pagaminamos elektros energijos [68].

Antrojo pasaulinio karo metu dauguma HE Lietuvoje buvo sunaikintos, tačiau po karo Lietuvos hidroenergetikai skirtas dėmesys, apskaičiuota mažų ir vidutinių Lietuvos upių hidroenergijos galia – 56 MW (1946) ir 118 MW (1950). 1951 m. pateiktas hidroelektrinių ant Nemuno projektas, 1955 m. rugsėjį šis projektas buvo pradėtas įgyvendinti (prie Kauno). Tuo pačiu metu buvo atstatomos ir senosios per karą sugriautos mažosios HE, o kartu prasidėjo naujų statyba, 1958 m. jau veikė 104 hidroelektrinės. Kauno hidroelektrinės statyba baigta 1960 m., instaliuota galia siekė 90 MW.

Instituto darbuotojai J. Jablonskis ir M. Lasinskas 1962 m. parengė leidinį [69], kuriame pateiktė Lietuvos upių nuolydžių, vidutinių daugiamečių debitų, galingumų, hidroenergetinių rodiklių duomenis.

Nuo 1954 m. Lietuvos elektrifikavimas buvo pradėtas per šalies elektros tinklus, daug mažųjų

elektrinių tapo neekonomiškos, dauguma jų buvo uždarytos 1959–1981 m., tačiau Kauno HE veikė visą šį laiką, o jos galia buvo padidinta iki 101 MW.

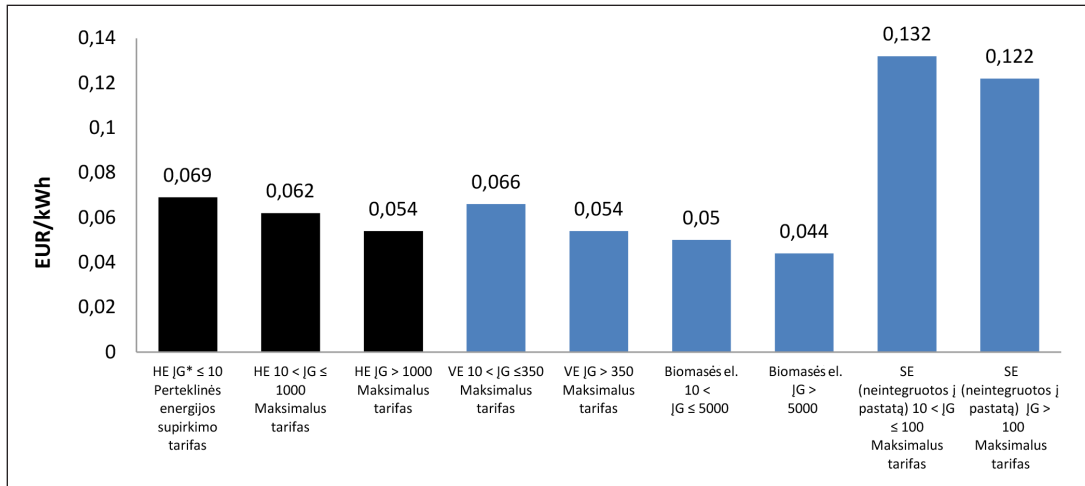
Atkūrus Lietuvos nepriklausomybę, hidroenergetikai skirta daugiau dėmesio, HE svarba buvo populiarinama spaudoje, televizijoje, įvairiuose susirinkimuose. 1997 m. jau veikė 18, 1999 m. – 30, o 2004 m. – net 77 mažosios HE, jų bendra galia siekė 21,3 MW. Po 2004 m. HE statybų sparta pamažu sumenko, 2010 m. veikė 89 mažosios HE. Šiuo metu Lietuvoje veikia 98 mažosios HE, kurių bendra galia sudaro 26,73 MW. 2011 m. LR Atsinaujinančių išteklių energetikos įstatyme nurodoma, kad bendrą hidroelektrinių galią (įskaitant Kauno A. Brazausko HE) iki 2020 m. planuojama padidinti iki 141 MW [67].

Lietuvoje yra tik viena didelės galios (>10 MW) hidroelektrinė – Kaune, kuri pagamina 300–400 GWh elektros energijos per metus, tai sudaro apie 4–6 % visos sunaudojamos elektros energijos Lietuvoje, tačiau atsižvelgiant į technines-ekonominės galimybes šalyje yra panaudota apie 25–35 % vandens išteklių [69]. Be elektros energijos gamybos, Kauno HE atlieka kitą svarbų vaidmenį – apsaugo Kauno miestą nuo potvynių. Be to, Kauno marios (ežeras, susidaręs dėl HE patvankos) yra itin populiarus rekreacijos ir traukos objektas.

Mažosios hidroelektrinės pagamina vidutiniškai 60–80 GWh elektros energijos per metus, tai sudaro mažiau kaip 1 % visos sunaudojamos elektros energijos šalyje.

Hidroelektrinių instaliuota galia Lietuvoje pastarąjį dešimtmetį mažai kito, didžiosios hidroelektrinės (>10 MW) sudarė 101 MW, mažesnės galios (<10 MW) – apie 27 MW per pastarąjį dešimtmetį (1 pav.).

Ekonominiai aspektai. Hidroenergetika yra vienas seniausių ir pigiausių elektros energijos gamybos būdų. Vertinant hidroelektrines ekonominiu aspektu pagal fiksuotą supirkimo tarifą, jos skirstomos į grupes pagal įrengtąją galią: ≤10 kW, 10–1000 kW ir >1000 kW. Suteikiamas fiksuotas elektros energijos supirkimo tarifas atitinkamai 0,069, 0,062 ir 0,054 €/kWh. Palyginus su kitoms AEI technologijoms suteikiamu tarifu, žemesnis tarifas yra suteikiamas tik biomasės jėgainėms (ekspluatuojamos elektrinės rekonstrukcija), toks pats tarifas suteikiamas energijai, pagamintai didelėse vėjo elektrinėse (4 pav.). Sąlyginai pigią hidroelektrinėse pagaminamos energijos kainą lemia tai,



Šaltinis: www.regula.lt

4 pav. Elektros energijos, generuojamos iš atsinaujinančių išteklių, fiksuotas supirkimo tarifas 2016 m. II ketv.

kad hidroelektrinių technologijos yra pakankamai seniai ištobulintos ir nesudėtingos, tačiau reikalaujančios užlieti pakankamai didelius žemės plotus.

Vertinant hidroelektrines socialiniu-ekonominiu požiūriu, svarbu vertinti sukuriamas darbo vietas. 2013 ir 2014 m. duomenimis, mažosios HE sukūrė <50 tiesioginių ir netiesioginių darbo vietų. Didelės galios hidroelektrinės (Kauno A. Brazauskos HE) sukuria apie 60 darbo vietų Lietuvoje.

Mažųjų HE apyvarta 2014 m. sudarė <5 mln. € [5]. Nepaisant ekonominės naudos, tiek moksliniu, tiek ekonominiu požiūriu įrodyta, kad vandens panaudojimas siejamas ne tik su energetika, bet ir su kompleksinėmis paslaugomis, pavyzdžiui, apsauga nuo potvynių, upių vandeningumo padidinimu sausmečio metu, laivyba, vandens turizmu, rekreacijos plėtojimu ar kitais papildomais verslais [71, 72]. Šios paslaugos daugiausia siejamos su didelės galios hidroelektrinėmis. Vis dėlto hidroenergetika turi ir neigiamų pusių. Pagrindinis neigiamas poveikis aplinkai siejamas su didelių sausumos plotų užliejimu, upių ekologinės pusiausvyros sutrikdymu, biologinės įvairovės pokyčiais, krantų erozija ir kt.

Ateities plėtros tikslai ir perspektyvos. Apibendrinant galima teigti, kad hidroenergetika Lietuvoje nėra itin plačiai naudojama dėl šalyje nepalankių topografinių sąlygų vandens energetikos plėtrai. Tai reiškia, kad atsinaujinančių energijos išteklių plėtra turi būti pagrįsta ekologinio efektyvumo principu – pirmenybė turi būti teikiama kuo mažesnę neigiamą poveikį turinčioms technologi-

joms. Atlikus skaičiavimus nurodoma, kad viena šiuolaikiška vėjo elektrinė gali pagaminti tiek pat elektros energijos, kiek šešios vidutinės galios hidroelektrinės, kurios užtvindytų apie 360 ha plotą. Tokiame pat plote sodinant trumpos rotacijos energetinius želdinius būtų galima gauti beveik dvigubai daugiau energijos nei užliejant didelius žemės plotus [73]. Nors didžiosios hidroelektrinės yra gerokai efektyvesnės už mažąsias, tačiau pagaminamas energijos kiekis nėra adekvatus paveikiamiems žemės plotams, palyginti su kitomis technologijomis. Tai rodo, kad Lietuvoje hidroelektrinės nėra perspektyvios nei ekologine, nei ekonomine prasme. Vis dėlto tokio tipo energetika, kaip ir visi energijos generavimo įrenginiai, turi ir papildomų teigiamų pusių, pavyzdžiui, kompleksinis upės tvenkinio panaudojimas laivybai, rekreacijai ir kt. Atsižvelgiant į pagrindinius argumentus už ir prieš bei vertinant ateities perspektyvas galima teigti, kad intensyviau plėtoti hidroenergetikos Lietuvoje nėra numatoma.

IŠVADOS

1. Kietasis biokuras šiuo metu yra Lietuvoje vyraujantis atsinaujinantis energijos išteklius ir numatomas tolesnis jo naudojimo apimčių didėjimas, visų pirma šilumos energetikos sektoriuje. Elektros gamyboje kietojo biokuro naudojimas vis dar turi būti remiamas dėl žemų elektros rinkos kainų ir palyginti didelių investicijų į biokogeneracijos technologijas.

2. Siekiant plačiau diegti anaerobinio organinių atliekų apdorojimo technologijas šalies kiaušinių kompleksuose ir miestų nuotekų valymo įmonėse, kartu mažinant biodujų pramonei skiriamą subsidijavimą, mokslininkų bei verslininkų svarbiausias uždavinys yra ieškoti racionalių būdų, kaip didinti biodujų gamybos efektyvumą.

3. Įvertinant pastarųjų metų biodegalų pramonės sukūrimo ir plėtros patirtį, artimiausioje ateityje būtina atlikti išsamią veiksmų, nulėmusių susidariusią gamybos ir naudojimo rinkoje padėtį, analizę bei įvertinti biodegalų gamybos iš ne maistui skirtų žaliavų prielaidas – antros ir trečios kartos biodegalų gamybos galimybes, perspektyvas, potencialą bei tikslingumą.

4. Dabartiniu metu saulės šilumos ir saulės elektros energijos gamybos plėtra gyvuoja tik šalies piliečių entuziazmo dėka. Reikalingi valdžios politiniai sprendimai dėl paramos. Galimybių plėtrai ir technologinių sprendimų rinkoje yra pakankamai.

5. Vėjo energetika Lietuvoje generuoja daugiausia elektros energijos, palyginti su kitais AEI, ir yra perspektyviausias plėtros šaltinis iki 2030 m. pagal generuojamą galią (iki 840 MW). Tikėtina, kad mažėjant investicijų kainai ir energijos kaštams ateityje vėjo energetika taps konkurencinga elektros energijos rinkoje ir nebebus remiama.

6. Geoterminės energijos išteklių pasiskirstę visoje Lietuvos teritorijoje, tačiau didžiausias jų potencialas yra Vakarų Lietuvoje. Nuo 1992 m. geoterminė energija naudota daugiausia individualiuose gyvenamuose namuose, tik pastaraisiais metais imta naudoti daugiabučiuose ir visuomeninės paskirties pastatuose. Perspektyvios yra karšto vandens ruošimo ir elektros energijos gamybos hibridinės sistemos, naudojančios geoterminius, hidroterminius, aeroterminius ir saulės energijos išteklius.

7. Tolesnė didžiųjų ir mažųjų hidroelektrinių plėtra Lietuvoje nėra numatoma dėl menko ekologinio efektyvumo. Tai reiškia, kad norint pagaminti energijos vienetą, esant Lietuvos topografinėms sąlygoms, būtų paveikti gerokai didesni žemės plotai nei naudojant kitas atsinaujinančių energijos išteklių technologijas. Tad nei ekonomine, nei aplinkosaugine prasme hidroenergetika Lietuvoje nėra perspektyvi.

8. Atlikus AEI panaudojimo šalies energetikoje analizę galima teigti, kad dėl objektyvių ar subjektyvių priežasčių dauguma AEI buvo plėtojami

neefektyviai. Tam įtakos galėjo turėti ir valdžios institucijų požiūris į teisinių dokumentų rengimą, kai rezultatai dažnai palankūs atskiroms verslo ar politinėms grupėms, neatitinka visuomenės interesų, kas iš dalies menkino ir komplikavo AEI idėją ir jos įgyvendinimą. Ateityje yra tikslinga išanalizuoti priežastis, įvertinti padarytas klaidas ir numatyti priemones, lemiančias tolygesnę bei efektyvesnę AEI plėtrą. Viena iš priemonių būtų nuolatinis glaudus AIE verslo ir mokslo institucijų bendradarbiavimas, užtikrinantis atvirą prieigą prie techninių-ekonominių veiklos rodiklių.

Gauta 2016 06 30
Priimta 2016 10 20

Literatūra

1. *EU 2020 Climate & Energy Package*. 2009.
2. *EU 2030 Energy Strategy*. 2014.
3. LR Energetikos ministerija. <http://enmin.lrv.lt/lt/veiklos-sritys-3/atsinaujinantys-energijos-istekliai>
4. Lietuvos statistikos departamentas. <http://osp.stat.gov.lt/>
5. *Barometer prepared by Observ'ER (FR) in the frame of the "EurObserv'ER 2013–2016"*.
6. *Biokuro potencialo šalyje vertinimas, biokuro kainų prognozė, biokuro panaudojimo socialinės naudos įvertinimas ir biokuro panaudojimo plėtrai reikalingų valstybės intervencijų pasiūlymai: baigiamoji ataskaita*. Vilnius, 2013.
7. *Lietuvos miškų ūkio statistika 2015*. Aplinkos ministerija, Valstybinė miškų tarnyba.
8. Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 2008/1/EB 2008 m. sausio 15 d. dėl taršos integruotos prevencijos ir kontrolės.
9. *Šilumos supirkimo iš nepriklausomų gamintojų tvarkos ir sąlygų aprašas. Nutarimas dėl šilumos supirkimo iš nepriklausomų šilumos gamintojų tvarkos ir sąlygų aprašo patvirtinimo*. 2010 m. spalio 4 d. Nr. O3-202, Vilnius.
10. *Nepriklausomų šilumos gamintojų gaminamos šilumos rinkos apžvalga už 2016 metų I ketv*. Valsybinė kainų ir energetikos kontrolės komisija. Vilnius, 2016.
11. Biokuro birža. <http://www.baltpool.lt/lt/kaip-veikia-biokuro-birza/>

12. 2015 m. šildymo sezonas. Biokuro biržos „Balt-pool“ prekybos apžvalga.
13. Stasiūnas V. Centralizuoto šilumos ūkio sektoriaus padėtis ir ekspertų atlikti darbai 2014 m. bei uždaviniai 2015 metams. *Energetikos ekspertų pasitarimas 2015 m. šilumos ūkio sektoriaus uždaviniams aptarti*. 2015 m. sausio 12 d.
14. Fortum grupės internetinis portalas Lietuvoje. <http://www.fortum.com/countries/lt/pages/default.aspx>
15. Hinge J., Perednis E., Faber A., Martikainen A., Nibbi L., Aho M. *Unexploited biomass resources – availability and combustion properties*. D5.1, May 2011, EUBIONET III report. P. 77.
16. Hinge J., Nikolaisen L., Perednis E., Faber A., Martikainen A., Nibbi L., Alakangas E., Aho M. *Agroindustrial residues-availability and combustion characteristics. The 19th European Biomass Conference and Exhibition, June 6–10, 2011, Berlin, Germany*. P. 299–301.
17. Tilvikienė V., Venslauskas K., Navickas K., Kadžiulienė Ž. The biomass and biogas productivity of perennial grasses. *Žemdirbystė*. 2012. Vol. 99. No. 1. P. 17–22.
18. Energetikos ministerija. (2009). *Šalies savivaldybėse esamų atsinaujinančių energijos išteklių (biokuro, hidroenergijos, saulės energijos, geoterminės energijos) ir komunalinių atliekų panaudojimas energijai gaminti*: galutinė ataskaita. LEI.
19. Buinevičius K. Biokuras Lietuvos energetikoje. UAB „Enerstena“ Mokslinių tyrimų ir vystymo centro pranešimas seminare „Biokuras Lietuvos energetikoje: kur plėtros ribos“. Vilnius: Lietuvos mokslų akademija. 2015 10 29.
20. BPD vertinimų apžvalga. LR finansų ministerija ir UAB „Ekonominės konsultacijos ir tyrimai“, 2010.
21. Verbickas D., Juknys R., Kleišmantas A. Kietojo biokuro naudojimas Lietuvos šilumos gamybos sektoriuje, tolesnės perspektyvos ir poveikis aplinkai. *Energetika*. 2013. T. 59. Nr. 3. P. 144–152.
22. *Kilmės garantijų ataskaitos apie elektros energiją, kurios gamybai naudojami atsinaujinantys energijos ištekliai*. Elektros perdavimo sistemos operatorius LITGRID, 2016.
23. *Proceedings of the UNESCO – University of Tsukuba International Seminar on Traditional Technology for Environmental Conservation and Sustainable Development in the Asian-Pacific Region*. Tsukuba Science City, Japan, 11–14 December, 1995.
24. *Biogas production in Germany. SPIN background paper*. Umwelt Bundes Amt. 2010.
25. Žemės ūkio informacijos ir kaimo verslo centras, statistinė informacija.
26. Kryževičienė A., Navickas K., Župerka V. *Daugiametės žolės biodujų gamybai. LŽŪU mokslo darbai*. 2005. Nr. 69(22). P. 76–82.
27. *Naujų gamtinių dujų sistemų, tiesioginių vamzdynų ir biodujų gamybos įrenginių prijungimo prie veikiančių gamtinių dujų perdavimo ar skirstymo sistemų tvarkos ir sąlygų aprašas*. LR energetikos ministro 2012 m. birželio 18 d. įsakymas Nr. 1-115.
28. *Biokuro gamybos ir naudojimo skatinimo 2004–2010 m. programa*.
29. *Mokslinio darbo ataskaita „Degalų su bioetanolio priedais vartojimo vidaus degimo varikliuose tyrimas“*, 2007. LEI.
30. *Jungtinių Tautų Bendroji klimato kaitos konvencija*, 1992.
31. *The EU Strategy on Biofuels: from field to fuel*. Volume I: Report. House of Lords, EU Committee. London. 2006.
32. Janulis P., Padgurskas J., Jankauskas V., Makarevičienė V., Sendžikienė E. *Kompleksinis aliejaus ir riebalų perdirbimas į biodyzeliną ir bioalyvas. Rapsų panaudojimo galimybės. 4 tarptautinė mokslinė gamybinė konferencija*. 2007. P. 51–60.
33. *Solar Thermal Markets in Europe. Trends and Market Statistics 2014*. June 2015. http://www.estif.org/fileadmin/estif/content/market_data/downloads/2014_solar_thermal_markets_LR.pdf
34. Katinas V., Karbauskaitė J., Perednis E., Valančius R. Efficiency analysis of combined biomass and solar energy in Lithuania. *Clean Technologies and Environmental Policy*. 2013. Vol. 15. No. 4. P. 667–676.
35. Šuksteris V., Perednis E. Monitoring operation of renovated heat production, distribution and consumption systems at Kacergine children sanatorium. *The 10th International Conference on Solar Energy at High Latitudes NORTH'SUN 2005*. May 25, 2005, Vilnius, Lithuania. P. 1–4.

36. Karbauskaitė J., Perednis E. Kačerginės vaikų sanatorijos šilumos energijos vartojimo mažinimo galimybės. *Energetika*. 2011. T. 57. Nr. 1. P. 20–25.
37. *The Solar Keymark*. CEN Keymark Scheme – Serifikavimo internetinis portalas <http://www.estif.org/solarkeymarknew/index.php>
38. Perednis E. Plokščiojo saulės kolektoriaus šiluminės ir hidrodinaminės charakteristikos. *Energetika*. 2004. Nr. 3. P. 60–65.
39. Perednis E., Kavaliauskas A. Saulės energijos naudojimo šilumai gaminti Lietuvoje tyrimai. *Energetika*. 2005. Nr. 4. P. 49–53.
40. Perednis E., Kavaliauskas A., Plikšnienė V. Karšto vandens ruošimo naudojant saulės kolektorių efektyvumo tyrimai. *Energetika*. 2007. Nr. 1. P. 34–38.
41. Klevas V., Murauskaitė L., Klevienė A., Perednis E. Measures for increasing demand of solar energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2013. Vol. 27. P. 55–64.
42. Valančius R., Jurelionis A., Jonynas R., Katinas V., Perednis E. Analysis of medium-scale solar thermal systems and its potential in Lithuania. *Energies*. 2015. Vol. 8. No. 6. P. 5725–5737.
43. *Saulės skaičiavimai Raseinių ir Radviliškio centralizuoto šilumos tiekimo įmonėms*. Europos Sąjungos programos IEE projekto „SDHplus“ veikloje atliktos galimybių studijos. Vykdytojas „PlanEnergi“, 2014.
44. Jarmokas R., Katinas V. The possible usage of wind energy in Lithuania. *Wind Energy in Baltic International Conference*. Riga. 1996.
45. *Regional Baltic Wind Energy Programme. Final Report*. Prepared by Renewable Energy Laboratory, Lithuanian Energy Institute. Kaunas, 2000.
46. Markevičius A., Katinas V. Vėjo energetikos plėtros tendencijos. *Energetika*. 2003. Nr. 1. P. 2–27.
47. Adomavičius V., Linkevičius Ž., Steponavičienė E. Vėjo elektrinės energetinio ir ekonominio efektyvumo priklausomybė nuo bokšto aukščio. *Konferencijos „Elektros energetika ir technologijos“ pranešimų medžiaga*. Kauno technologijos universitetas, 2005. P. 242–247.
48. Neverdauskas E. V., Šulga D. Tolesnės vėjo energetikos skverbties įtaka perdavimo tinklo režimų saugai. *Konferencijos „Elektros energetika ir technologijos“ pranešimų medžiaga*. Kauno technologijos universitetas. 2005. P. 248–251.
49. Katinas V., Markevičius A., Burlakovas A. Vėjo energetika ir jos artimiausia perspektyva Lietuvoje. *Energetika*. 2006. Nr. 3. P. 67–76.
50. *WindPower Development in Baltic States, United Nations Development Programme*. www.undp.lt
51. *Elektros energijos, kuriai gaminti naudojami atsinaujinantys ir atliekiniai energijos ištekliai, gamybos ir pirkimo skatinimo tvarka*. Patvirtinta LR Vyriausybės 2001 m. gruodžio 5 d. nutarimu Nr. 1474 (LR Vyriausybės 2004 m. sausio 13 d. nutarimo Nr. 25 redakcija). 2004 m. sausis.
52. *LR ūkio ministro įsakymas Nr. 4-102 „Dėl vėjo elektrinių prijungimo prie Lietuvos elektros energetikos sistemos techninių taisyklių patvirtinimo“*. Vilnius, 2004 m. balandis.
53. Markevičius A., Burlakovas A., Tamašauskienė M. Vėjo energetikos plėtra iki 2010 metų. *Konferencijos „Šilumos energetika ir technologijos“ pranešimų medžiaga*. Kaunas, 2005 m. vasario 3–4 d.
54. *Atsinaujinančius energijos išteklius naudojančių elektrinių prijungimo prie 330–110 kV elektros perdavimo tinklo iki 2030 m. galimybių studija*. KTU. 2014.
55. Бубялис Э., Макарявичюс В. *Процессы энергопереноса в тепловых насосах / ИФТПЭ*. Вильнюс: Мокслас, 1990. 186 с. (Теплофизика 22).
56. Aleksandravičius T. A., Klementavičius A., Krauskas M. *Šilumos siurblių panaudojimo galimybės Lietuvoje*. Vilnius: Voruta, 1996. 40 p.
57. Marcinauskas K., Bubelis E. Šilumos siurbliai individualiose sodybose Lietuvoje: prielaidos ir prognozės. *Energetika*. 2002. Nr. 3. P. 56–66.
58. Вишняускас В.-П. П. *Теплообмен и эффективность энергопереноса во внутреннем контуре теплового насоса, работающего по регенеративному циклу*: автореферат дис. на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.14.05. Науч. рук. д.т.н. В. Ю. Макарявичюс. Каунас, 1989. 16 с.
59. Александравичюс Т.-А. П. *Разработка узлов двигателя для высокоэффективной теплонасосной установки Стирлинга*: автореферат дис. на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.14.04. Науч. рук. к.т.н. С. С. Нарбутас. Каунас, 1990. 16 с.
60. Нарбутас С. С. *Теплообмен и эффективность энергопереноса в элементах теплонасосной*

- установки Стирлинга: автореферат дис. на соискание ученой степени габ. д-ра технических наук: 05.14.05. Каунас, 1991. 75 с.
61. Стасюкинас А.-В. В. *Исследование энергопереноса при отборе тепла тепловыми насосами от трансформаторов подстанций: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук в форме научно-го доклада: 05.14.04. Каунас, 1992. 33 с.*
 62. Makarevičius R. *Nestacionarių pernešimo procesų regeneracinio šilumos siurblio mainų elementuose tyrimas: daktaro disertacija. Kaunas: KTU, 1997. 134 p.*
 63. Marcinauskas K, Bubelis E. Kėdainių m. centralizuoto šilumos tiekimo pertvarkymo galimybės ir jo techninis įvertinimas. *Energetika*. 1995. Nr. 4. P. 41–48.
 64. Marcinauskas K. Atliekiniai energijos ištekliai – pirminių energijos išteklių taupymo rezervas (1991–2002 m. atliktų tiriamųjų darbų apžvalga). *Energetika*. 2003. Nr. 1. P. 11–21.
 65. Jablonskis J., Jurgelėnaitė A., Tomkevičienė A. Lietuvos upių šilumos ištekliai ir jų daugiametė kaita. *Energetika*. 2013. T. 59. Nr. 4. P. 203–210.
 66. Gaigalis V., Skema R., Marcinauskas K., Korsakienė I. A review on heat pumps implementation in Lithuania on compliance with the National Energy Strategy and EU policy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016. Vol. 53. P. 841–858.
 67. *Nacionalinė energijos vartojimo didinimo 2006–2010 m. programa. Patvirtinta LR Vyriausybės 2006 m. gegužės 11 d. nutarimu Nr. 443 (Žin., 2006, Nr. 54-1956).*
 68. *Lietuvos hidroenergetika – 15 metų veikla 1996–2011. Lietuvos hidroenergetikų asociacijos leidinys, 2012.*
 69. Jablonskis J., Lasinskas M. *Lietuvos TSR upių kadastras, III dalis (Debitai, nuolydžiai, galingumas)*. Vilnius: LTSR MA Energetikos ir elektrotechnikos institutas, 1962. 638 p.; J. Jablonskis. *Lietuvos TSR upių kadastras, III dalies VI priedas (Kadastriniai grafikai)*. Vilnius, 1962. 191 p.
 70. Žaliosios energetikos centras. <http://www.zec.lt/energetikos-rusys/hidro-energija>
 71. Punys P., Ruplys B. Šalies hidroenergetika: išblėsusios perspektyvos. *Energijos erdvė*. 2011. Nr. 3(10). P. 4–11.
 72. Jablonskis J., Jurgelėnaitė A., Tomkevičienė A. Hidroenergetika aplinkos apsaugos kontekste. *Energetika*. 2007. T. 53. Nr. 3. P. 48–56.
 73. Juknys R. ir kt. Antropogeninių aplinkos pokyčių ir klimato poveikis ekosistemoms. *VDU mokslo klasteriai*, 3 dalis. 2010.
- Mantas Marčiukaitis,**
Eugenija Farida Dzenajavičienė, Vaclovas Kveselis,
Juozas Savickas, Eugenijus Perednis,
Aurimas Lisauskas, Antanas Markevičius,
Kazys Marcinauskas, Giedrius Gecevičius,
Regina Erlickytė–Marčiukaitienė
- EXPERIENCE, IMPLICATIONS AND PROSPECTS OF THE USE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN LITHUANIA**
- Summary*
- Renewable energy sources, their efficient use and development are among the strategic goals of sustainable national energy strategy, and implementation of these goals reduces dependence on fossil fuel import, increases security of heat supply and reduces emissions of greenhouse gases into the atmosphere. The use of the above-mentioned resources can also reduce energy generation, improve the quality of the living environment, create jobs with simultaneous improvement of employment and reduction of social exclusion in the regions. The article provides an overview of the use of all renewable energy in Lithuania, including current status, sustainability aspects – economic, environmental and social – as well as discussion of future development trends and prospective.
- Keywords:** renewable energy sources, climate change prevention, security of heat supply, economic and social benefit