



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**  
**CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS**

**Miglė Šantaraitė**

**ŠVARIOSIOS ENERGIJOS PANAUDOJIMO KAUNO  
TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETO PASTATUOSE  
GALIMYBIŲ ANALIZĖ**

Baigiamasis magistro projektas

**Vadovas**

Prof. Linas Kliučininkas

**KAUNAS, 2016**

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**  
**CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS**

**ŠVARIOSIOS ENERGIJOS PANAUDOJIMO KAUNO  
TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETO PASTATUOSE  
GALIMYBIŲ ANALIZĖ**

Baigiamasis magistro projektas

**Aplinkosaugos inžinerija (kodas 621H17001)**

**Vadovas**

(parašas) Prof. dr. Linas Kliučininkas  
2016 06

**Recenzentas**

(parašas) Prof. dr. Gintaras Denafas  
2016 06

**Projektą atliko**

(parašas) Miglė Šantaraitė  
2016 06

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**

CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS

(Fakultetas)

**Miglė Šantaraitė**

(Studento vardas, pavardė)

**Aplinkosaugos inžinerija (Kodas 621H17001)**

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „Švariosios energijos panaudojimo Kauno technologijos universiteto pastatuose galimybių analizė“

**AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA**

20 16 m. birželio 6 d.  
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Miglės Šantaraitės**, baigiamasis projektas tema „Švariosios energijos panaudojimo Kauno technologijos universiteto pastatuose galimybių analizė“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

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

---

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

---

(parašas)

Šantaraitė, Miglė. Švariosios energijos panaudojimo Kauno technologijos universiteto pastatuose galimybių analizė. *Aplinkosaugos inžinerijos magistro* baigiamasis projektas / vadovas prof. Linas Kliučininkas; Kauno technologijos universitetas, Cheminės technologijos fakultetas, Aplinkosaugos technologijos katedra.

Mokslo sritis: Technologijos mokslai

Mokslo kryptis: Bendroji inžinerija

Reikšminiai žodžiai: *Atsinaujinanti energija, geoterminis šildymas, vėjo energija, saulės energija.*

Kaunas, 2016. 69 p.

## SANTRAUKA

Šilumos ir elektros energijos vartojimas pastatuose įneša esminį indėlį į šiltnamio dujų išsiskyrimą. Europos Sąjungoje energijos sąnaudos pastatuose sudaro 36 proc. Iki 2020 metų Lietuva įsipareigojo bendrame energijos gamybos balanse pagaminti ne mažiau kaip 23 proc. energijos iš atsinaujinančių energijos šaltinių.

*Darbo tikslas:* Įvertinti energijos, gaunamos iš atsinaujinančių energijos šaltinių, panaudojimo galimybes Kauno technologijos universiteto pastatuose, bei pagrįsti atsinaujinančios energijos gamybos įrangos pasirinkimą aplinkosauginiu ir ekonominiu požiūriais.

Darbas atliktas mokslinės literatūros analizės, pirminių ir antrinių statistinių duomenų analizės ir apdorojimo, bei atsinaujinančių energijos šaltinių technologijų įrengimo pastate galimybių analizės, atliekant modeliavimą su kompiuterine programa „RETScreen“, metodais.

Atsinaujinančios energijos panaudojimas pastatų energetiniams poreikiams užtikrinti įvertintas teoriniu aspektu. Išanalizuoti Kauno technologijos universiteto I-ųjų, IX-ųjų ir XI-ųjų rūmų pastatų energetiniai poreikiai, atlikta jų iki 2026 m. prognozė, bei įvertintos šių pastatų energetinio aprūpinimo iš atsinaujinančios energijos išteklių galimybės.

Šiluminės energijos poreikis XI-uose rūmuose iki 2026 m. turėtų siekti 1 321 MWh per metus, o elektros energijos – 1 338 MWh. Sumodeliuota kombinuota šiluminės–elektros energijos gamybos sistema, panaudojant saulės fotovoltinius modulius ir šilumos siurblius. Ši sistema yra ekonominiu ir aplinkosauginiu požiūriais palankiausia, nes kompensuotų 52 proc. pastato energijos poreikių. Šiluminės energijos poreikių kompensuotų 99 proc., o elektros energijos poreikių – 11 proc. Įrenginiai atsipirktų per 5,3 metus. Išsiskiriančių šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekis sumažėtų nuo 887,99 iki 389,79 tonų per metus.

Šantaraitė, Miglė. Feasibility Analysis of Clean Energy Use in the Buildings of Kaunas University of Technology: *Master's thesis in Environmental Engineering / supervisor assoc. prof. Linas Kliučininkas. The Faculty of Chemical Technology, Kaunas University of Technology.*

Research field: Technological Sciences

Research area: General Engineering

Key words: *Renewable energy, geothermal heating, wind energy, solar energy.*

Kaunas, 2016. 69 p.

## SUMMARY

Heat and electricity consumption in buildings brings an essential contribution to greenhouse gas emissions. European Union energy consumption in buildings accounted for 36 percent. By 2020, Lithuania has committed itself to the total energy production in the balance sheet to produce at least 23 percent. energy from renewable sources.

The aim of the work is to evaluate the energy produced from renewable energy sources usability from the Kaunas University of Technology buildings and justified renewable energy production equipment choice from environmentally and economically viewpoints.

Work carried out in the scientific literature analysis, primary and secondary statistical data analysis and processing, and renewable energy technologies in the building at feasibility analysis, the simulation with the computer program "RETScreen" methods.

The use of renewable energy to ensure the building's energy needs was evaluated from a theoretical perspective. Analyzed the Kaunas University of Technology's I-th, IX-th and XI-th palace building's energy needs prognosis until 2026 and evaluated the possibility of energy supply from renewable energy sources in these buildings.

Thermal energy needs until 2026 for XI-th palace should reach 1 321 MWh, and electricity – 1 338 MWh per year. Been modeled combined heat-power generation system which is using solar photovoltaic modules and heat pumps. This system is economically and environmentally most advantageous because it would compensate for 52 percent of the building's energy needs. Thermal energy needs would be compensate for 99 percent. and the electrical energy needs – 11 percent. The equipment payback time up to 5.3 years. The release of greenhouse gas emissions would be reduced from 887.99 to 389.79 tons per year.

## TURINYS

<b>LENTELĖS</b> .....	<b>7</b>
<b>PAVEIKSLAI</b> .....	<b>8</b>
<b>PRIEDAI</b> .....	<b>9</b>
<b>SANTRUMPOS</b> .....	<b>10</b>
<b>IŽANGA</b> .....	<b>11</b>
<b>1. LITERATŪROS APŽVALGA</b> .....	<b>13</b>
1.1. Atsinaujinančios energijos šaltinių naudojimas energetikoje .....	13
1.2. Atsinaujinančios energijos generavimo šaltiniai pastatuose.....	17
1.3. Apsirūpinimo atsinaujinančia energija teorinis pagrindimas.....	21
1.4. Atsinaujinančių išteklių pritaikymas pastatuose ir statiniuose .....	25
<b>2. METODINĖ DALIS</b> .....	<b>29</b>
2.1. Energetinių poreikių užtikrinimo pastatuose tyrimo metodologija .....	29
2.2. Švarios energijos projektų analizė kompiuterine programa „RETScreen“ .....	29
<b>3. KTU PASTATŲ ENERGETINIO APRŪPINIMO IŠ ATSINAUJINANČIŲ ENERGIJOS IŠTEKLIŲ ĮVERTINIMAS</b> .....	<b>33</b>
3.1. I-ų, IX-ų ir XI-ų rūmų energetinės charakteristikos .....	33
3.2. I-ų, IX-ų ir XI-ų rūmų energetinių poreikių įvertinimas .....	37
3.3. Prielaidos pastatų energetinių poreikių užtikrinimo modeliavimui.....	42
3.4. KTU pastatų energetinių poreikių prognozės modeliavimui.....	44
3.5. Energijos taupymo XI-uose rūmuose praktinis pagrindimas.....	49
3.6. XI-ų rūmų energetinių poreikių modeliavimas su kompiuterine programa „RETScreen“ ...	53
3.7. Energijos taupymo XI-uose rūmuose aplinkosauginių projektų ekonominis pagrindimas ...	55
<b>IŠVADOS IR PASIŪLYMAI</b> .....	<b>58</b>
<b>LITERATŪRA IR INFORMACIJOS ŠALTINIAI</b> .....	<b>59</b>
<b>PRIEDAI</b> .....	<b>64</b>

**LENTELĖS**

<b>1.1 lentelė.</b> Teršalų išlakų kiekiai įvairių kurą naudojančiose elektrinėse.....	16
<b>1.2 lentelė.</b> Vidutiniai šildymo laikotarpio rodikliai.....	17
<b>1.3 lentelė.</b> Pastatų šiluminės energijos poreikis ir šilumos nuostoliai per metus.....	22
<b>3.1 lentelė.</b> Pagrindinės KTU pastatų šiluminės charakteristikos.....	34
<b>3.2 lentelė.</b> KTU pastatams tiekiamos elektros energijos kaina 2015 m., ct/kWh.....	41
<b>3.3 lentelė.</b> Vidutinio vėjo greičio pokyčio prognozė iki 2050 m., m/s.....	43
<b>3.4 lentelė.</b> Mėnesiniai galutinio vartojimo galios poreikiai 2015 m.....	50
<b>3.5 lentelė.</b> Galutiniai vartojimo energijos ir galios poreikiai 2026 m., MWh.....	51
<b>3.6 lentelė.</b> 2 kW vėjo jėgainės pagaminamos energijos kiekis.....	53
<b>3.7 lentelė.</b> Metinės išlaidos už atmosferos taršą CO <sub>2</sub> emisijomis.....	56
<b>3.8 lentelė.</b> Ekonominis ir aplinkosauginis efektas, EUR/metus.....	57

## PAVEIKSLAI

<b>1.1 pav.</b> Atsinaujinančios energijos šaltinių klasifikavimas.....	13
<b>1.2 pav.</b> Teorinė vėjo elektrinių galios kreivė (Windpower).....	14
<b>1.3 pav.</b> Saulės energijos panaudojimo galimybės.....	18
<b>1.4 pav.</b> Namų saulės elektros sistema.....	20
<b>1.5 pav.</b> Energijos išteklių vartojimo prognozė – min scenarijus (mln. Tt naftos ekvivalento).....	26
<b>1.6 pav.</b> Energijos išteklių vartojimo prognozė – max scenarijus (mln. Tt naftos ekvivalento).....	27
<b>3.1 pav.</b> KTU I-ų rūmų planas (2D formatas).....	35
<b>3.2 pav.</b> KTU IX-ų rūmų planas (2D formatas).....	36
<b>3.3 pav.</b> KTU XI-ų rūmų planas (2D formatas).....	37
<b>3.4 pav.</b> Energetinių sąnaudų KTU I-uose rūmuose struktūra (proc.).....	38
<b>3.5 pav.</b> Energetinių sąnaudų KTU IX-uose rūmuose struktūra (proc.).....	39
<b>3.6 pav.</b> Energetinių sąnaudų KTU XI-uose rūmuose struktūra (proc.).....	40
<b>3.7 pav.</b> Vidurinės oro temperatūros Kauno regione tendencijos iki 2035 m. (°C).....	42
<b>3.8 pav.</b> Vyraujantys vėjai ir vidutinis vėjo greitis (m/s) Kaune 2026 m.....	43
<b>3.9 pav.</b> Nedarbo lygio (proc.) tendencijos Kauno m. 2011–2026 m.....	44
<b>3.10 pav.</b> KTU pastatų šilumos energijos poreikio prognozės iki 2026 m. (MWh).....	46
<b>3.11 pav.</b> KTU pastatų elektros energijos poreikio prognozės iki 2026 m. (MWh).....	47
<b>3.12 pav.</b> KTU pastatų šalto vandens sunaudojimas 2010–2015 m. (m <sup>3</sup> ).....	48



**PRIEDAI**

<b>1 priedas.</b> Atsinaujinančių energijos išteklių klasifikavimas .....	65
<b>2 priedas.</b> Duomenys KTU pastatų energetinei analizei.....	66
<b>3 priedas.</b> Apibendrinti pasiūlymai energetinei analizei.....	69

**SANTRUMPOS**

**AEI** – atsinaujinantys energijos ištekliai

**CO<sub>2</sub>** – anglies dioksidas

**EUR** – valiuta eurai

**ESO** – energijos skirstymo operatorius

**ES** – Europos Sąjunga

**HE** – hidroelektrinė

**KTU** – Kauno technologijos universitetas

**kWh** – kilovatvalandė

**MHE** – mažoji hidroelektrinė

**MSE** – mažoji saulės elektrinė

**MVE** – mažoji vėjo elektrinė

**MWh** – megavatvalandė

**PVM** – pridėtinės vertės mokestis

**VE** – vėjo energija / elektrinės

**SE** – saulės elektrinė

**ŠDL** – šildymo dienolaipsniai

**ŠESD** – šiltnamio efektą sukeliančios dujos

## IŽANGA

### Darbo aktualumas

Energija yra žmonijos ekonominės plėtros pagrindas, nuo kurio priklauso žmonių bei visuomenės gyvenimo kokybė. Tačiau, visuomenei atsiranda vis daugiau sudėtingų ir nelengvai išspendžiamų uždavinių, dėl senkančių energijos išteklių, kurie yra išgaunami iš žemės. Kita svarbi priežastis atsinaujinančiais energijos išteklių (toliau – AEI) panaudojimui yra tai, kad deginant organinį kurą, stipriai didėja aplinkos teršimas. Padidėjus energijos vartojimui, padidėja ir CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> dujų, bei kitų kenksmingų emisijų kiekiai – o tai lemia globalinį klimato atšilimą.

Jeigu nebus imtasi kardinalių priemonių padėčiai pagerinti, per artimiausius 20–30 metų Europos Sąjungos (toliau – ES) priklausomybė nuo išorinių energijos išteklių išaugs iki 70 proc., o priklausomybė nuo naftos produktų – iki 90 proc.[17] ES Atsinaujinančių energijos išteklių (toliau – AEI) taryba (EREC – *European Renewable Energy Council*, 2014 m.) prognozuoja, kad visose AEI jėgainėse energijos gamyba 2040 m. sudarys 82 proc pasaulinio elektros energijos poreikio. Likusi dalis bus pagaminta elektrinėse, kūrenamose gamtinėmis dujomis, anglimi, branduoliniu kuru ir kitais išskastiniais energijos ištekliais [3].

Energijos poreikio valdymas yra svarbi priemonė, leidžianti Europos Sąjungai daryti poveikį pasaulio energijos rinkai, taip užtikrinanti energijos tiekimą žvelgiant iš vidutinės trukmės ir ilgalaikių perspektyvų. Pastatų sektoriuje yra daug galimybių ekonomiškai efektyviai taupyti energiją. 2009 m. balandžio 23 d. Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 2009/28/EB dėl skatinimo naudoti atsinaujinančių išteklių energiją, energijos vartojimo efektyvumas skatinamas nustatant privalomą tikslą, kad atsinaujinančių išteklių energija iki 2020 m. sudarytų 20 proc. bendro ES suvartojamos energijos kiekio.

Pastatų sektorius yra pagrindinis ES šiltnamio dujų šaltinis, kuris išskiria 36 proc. visų ES emisijų, todėl jame yra daug galimybių ekonomiškai efektyviai taupyti energiją. Lietuva yra įsipareigojusi, kad 2020 metais galutiniame energijos suvartojimo balanse AEI sudarys ne mažiau kaip 23 proc. Todėl būtina imtis priemonių, kad kuo daugiau pastatų ne tik atitiktų galiojančius minimalius energinio naudingumo reikalavimus, bet ir efektyviau naudotų energiją, taip sumažinant tiek energijos vartojimą, tiek išmetamą anglies dvideginio kiekį.

### Darbo problema

Vilniuje ir Kaune suvartojama beveik 50 proc. visos centralizuotai vartotojams tiekiamos šilumos. Tačiau atsinaujinančių energijos išteklių dalis šių miestų šilumos kuro balanse yra itin nedidelė (Vilniuje ši dalis sudaro 14 proc., Kaune – vos 4 proc.). Kadangi Vilniuje ir Kaune naudojamos daugiau nei du su puse karto už vietinį biokurą brangesnės importuojamos gamtinės

dujos, šilumos kainos čia vienos didžiausių. Šiuose miestuose įgyvendinus atitinkamus žaliosios energetikos projektus – šiluma turėtų atpigti.

Galima prognozuoti, kad 2015 m. pabaigoje AEI dalis, vertinant bendrą kuro kiekį šilumos gamybai, išaugs iki 50–55 proc. O per 2016–2020 m., kai bus įgyvendinti didieji Vilniaus ir Kauno biokogeneracijos projektai, taip pat kitų katilinių modernizavimo darbai, šilumos ūkio sektorius turėtų pasiekti numatytus ES ir nacionalinius tikslus iš biokuro gaminti 80–85 proc. „žaliosios“ šilumos. Gamtinių dujų suvartojimas smuktų iki 15–10 proc. Siekiant paskatinti atsinaujinančius energijos šaltinius panaudoti modernizuojamuose pastatuose reikalingi geri pavyzdžiai ir išsami galimų projektinių konkretaus objekto sprendinių ar įgyvendintų projektų analizė.

### **Darbo hipotezė**

20-to a. antroje pusėje statytuose Kauno technologijos universiteto (toliau – KTU) pastatuose yra techninių galimybių įrengti energijos gamybą iš atsinaujinančių šaltinių.

### **Darbo tikslas:**

Įvertinti energijos, gaunamos iš AEI, panaudojimo galimybes KTU pastatuose, bei pagrįsti atsinaujinančios energijos gamybos įrangos pasirinkimą aplinkosauginiu ir ekonominiu požiūriais.

### **Darbo uždaviniai:**

1. išanalizuoti AEI panaudojimą pastatų energetiniams poreikiams tenkinti teoriniu aspektu;
2. įvertinti energijos poreikius pasirinktuose KTU pastatuose:
  - įvertinti esamus pastatų energijos poreikius;
  - įvertinti energijos poreikio pokyčius iki 2026 metų.
3. parinkti ir įvertinti tinkamiausius švarios šilumos ir elektros energijos gamybos būdus pasirinktuose KTU pastatuose;
4. pasiūlyti palankiausius techninius sprendimus švarios energijos gamybai „Santakos slėnio“ pastatuose.

### **Darbo metodai:**

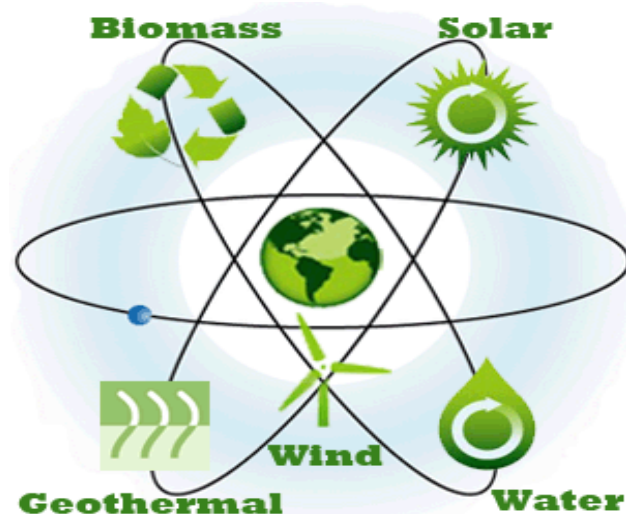
- mokslinės literatūros šaltinių analizė ir apibendrinimas;
- antrinių statistinių duomenų analizė ir apdorojimas;
- pirminių statistinių duomenų analizė ir apdorojimas;
- AEI technologijų įrengimo pastate galimybių analizė, atliekant modeliavimą su kompiuterine programa „RETScreen“.

## 1. LITERATŪROS APŽVALGA

### 1.1. Atsinaujinančios energijos šaltinių naudojimas energetikoje

*Atsinaujinančių išteklių energija* – 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 [22]. Lemiamą įtaką atsinaujinančios energijos ištekliams turi (žr. 1.1 pav) [5; 14]:

- saulės energija – saulės energijos srautas šalies teritorijai;
- geoterminė energija – geoterminės energijos srautas šalies teritorijai;
- vėjo energija – šalies teritorija, kurioje meteorologinės sąlygos (vėjo greitis) leidžia užtikrinti vėjo elektrinių darbą;
- biomasės energija – tinkamas augalijai neurbanizuotos šalies teritorijos dydis ir saulės energijos transformacijos į biomasės energiją koeficientas;
- hidroenergija – šalies meteorologinės ir geografinės sąlygos.



**1.1 pav.** Atsinaujinančios energijos šaltinių klasifikavimas

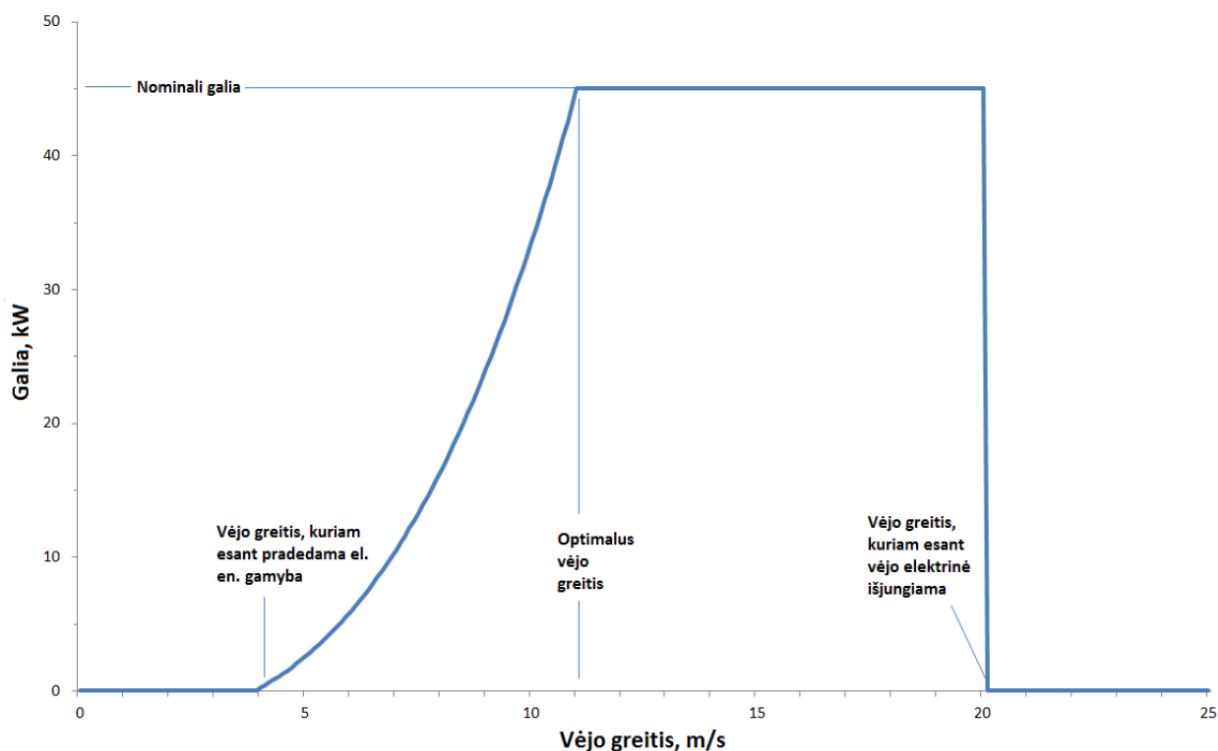
V. Bačiauskas [5] skirsto saulės energiją į saulės spindulių energiją ir aeroterminę (oro šilumos) energiją. Atsinaujinančių išteklių energetikos įstatyme [21] saulės energija skirstoma atsižvelgiant į saulės energijos panaudojimo galimybes:

- saulės šilumos energija – saulės spindulinė energija, paverčiama į šilumos energiją saulės kolektoriuose;
- saulės šviesos energija – iš saulės šviesos tiesiogiai gaunama elektros energija.

*Vėjo energija* gali būti naudojama gaminti elektrai, tačiau reikia plataus išdėstymo ant Žemės paviršiaus, jei norima pagaminti pakankamai energijos [25]. Vėjo energijos šaltiniai skirstomi į dvi rūšis: jūros ir sausumos vėją. Patraukliu rezervu laikomas jūros vėjas, nes jis turi didesnę greitį, o vėjuotų dienų skaičius jūroje yra didesnis negu sausumoje [5].

Per visą vėjo turbinų technologijos raidos istoriją buvo sukurta ir naudojama daugybė įvairių technologijų. Tačiau visa tai būtų galima priskirti vienai iš dviejų koncepcijų: turbinos su horizontaliaja ašimi ir turbinos su vertikaliaja ašimi. Didžioji dauguma šiuolaikinių vėjo turbinų yra horizontalios ašies – vėjo elektrinės (toliau – VE) su vertikaliaja ašimi privalumai neatsveria jų trūkumų.

Vėjo greitis, kurį pasiekus turbina pradeda sukstis ir gaminti elektros energiją, yra vadinamas įjungimo greičiu ir paprastai siekia nuo 3 iki 4 metrų per sekundę. Vėjo greičiui didėjant, nominalioji vėjo turbinos galia sparčiau didėja – optimaliu laikomas 12–17 metrų per sekundę greitis. Vėjui pasiekus 20 m/s greitį, vėjo turbina išjungiamas saugumo sumetimais (žr. 1.2 pav.).



**1.2 pav.** Teorinė vėjo elektrinių galios kreivė (Windpower) [52]

*Geoterminė energija* – šilumos gilesniųjų žemės sluoksnių (įskaitant karštus požeminio vandens telkinius) energija. Šios energijos panaudojimo technologijos priklauso nuo to, kokių parametrų yra pasiekiamas geoterminis vanduo. Pagal temperatūros lygį visos geoterminės energijos panaudojimo technologijos skirstomos į tris grupes [13; 14; 27]:

- aukštos temperatūros technologijos (150 °C);
- vidutinės temperatūros technologijos (100–150 °C);
- žemos temperatūros technologijos (30–100 °C).

Pagal panaudojimo sritį tos pačios technologijos skirstomos į 4 grupes:

- elektros energijai gaminti;
- tiesiogiai šildyti;
- šildymui naudojant šilumos siurblius;
- kitoms reikmėms.

S. Šliaupos teigimu, geoterminė energija, skirtingai nuo saulės, vėjo, biokuro nėra matoma ir jaučiama, todėl sunkiai „apčiuopiama“ ir suprantama visuomenei, lyginant su kitais energetiniais resursais. Tačiau, sunku net įsivaizduoti, kokie milžiniški energijos resursai gludi mums po kojomis. Tai energija, kuri stumdo milžiniškas litosferos plokštes, sukeldama žemės drebėjimus, vulkanus. Reikia nemažai pastangų, kad išmoktume naudoti šią energiją [4; 35].

Geoterminės jėgainės pagaminta elektros energija būtų daugiau nei 2 kartus brangesnė už atominėje ar dujas naudojančioje kondensacinėje jėgainėje. 2008 m., tokiose jėgainėse pagamintos elektros energijos kaina siektų 25,2 ct/kWh, kai visuminė branduolinės energijos pagaminimo kaina Europoje siekia 12 ct/kWh, o kondensacinėse jėgainėse – apie 11,2 ct/kWh [35]. Vertinant šilumos siurblių poveikį aplinkai, reikia atsižvelgti į tiesioginius ir netiesioginius teršalų išmetimus:

- tiesioginiai išmetimai yra šiltnamio dujų emisija, atsirandanti dėl šilumos siurblio darbo agento nutekėjimų ir sudėvėjusios įrangos išmontavimo;
- netiesioginiai – susiję su teršalais, išmetamais, gaminant elektros energiją. Šių teršalų išmetimai sudaro 97,8 proc. (dėl elektros energijos gamybos), o tiesioginiai – tik 2,2 proc.

Lietuvos atveju elektros energijos gamybos emisijos faktorius 2005–2007 m. yra 0,612 kg CO<sub>2</sub>/kWh, 2010–2018 m. – 0,985 kg CO<sub>2</sub>/kWh, ir po naujos atominės jėgainės atsiradimo – vėl 0,612 kg CO<sub>2</sub>/kWh [12]. Poveikis aplinkai vertinamas TEWI metodu (angl. *Total Equivalent Warming Impact*), kuris įvertina šiltnamio dujų emisiją per visą šilumos siurblio tarnavimo laiką ir yra išreiškiamas absoliutiniu CO<sub>2</sub> kiekiu.

Šilumos siurbliai, šiltnamio dujų emisijos požiūriu, yra efektyvesni tik už akmens anglį ar skystą kurą deginančią katilinę. Tačiau reikėtų atkreipti dėmesį, kad individualios katilinės teršalus išmeta žemai, t. y. 10–15 metrų aukštyje, o elektrinės – viršutiniuose atmosferos sluoksniuose (200–300 metrų aukštyje) su gerokai didesne teršalų sklaida. Dideliuose kurą deginančiuose įrenginiuose, kuriuose degimo procesas yra kur kas geriau optimizuotas, taip pat galimas įvairių valymo technologijų įdiegimas, todėl didelėse jėgainėse yra žymiai didesnės galimybės mažinti išmetamų teršalų kiekius.

*Vandens energija* (hidroenergija) – tai potencinė upių energija, kuri susidaro dėl vandens temperatūros skirtumo, ir vandenynų energija (galima panaudoti bangų, potvynių ir atoslūgių

energiją bei viršutinių ir giluminių vandens sluoksnių temperatūrų skirtumą). Hidroelektrinių įrenginiai paverčia vandens srauto energiją mechanine energija (naudojant hidraulinę turbiną), kurią po to hidrogenatorius paverčia elektros energija. Potvynių ir bangų energiją galima panaudoti panašiai, kaip ir įprastose hidroelektrinėse (toliau – HE).

Mažosiomis hidroelektrinėmis (toliau – MHE) įprasta laikyti tas HE, kurių galia neviršija 10 MW. Reikia pripažinti, kad HE bei MHE turi tam tikrą neigiamą poveikį aplinkai, tačiau jos turi ir nemažai teigiamų savybių, tarp jų ir tam tikrą teigiamą poveikį aplinkai. Naudojant HE vietoje paplitusių taršiųjų elektros gamybos būdų, galima išvengti didelių teršalų išlakų į atmosferą [3]. 1.1 lentelėje pateikti duomenys apie įvairų iškastinį kurą naudojančių elektrinių, kurių galia po 1 MW, teršalų išlakų kiekius joms dirbant po 4 500 val. per metus.

Tačiau Kanadoje atlikti matavimai parodė, kad HE tvenkiniai gali išskirti didelius kiekius šiltnamio efektą sukeliančių dujų. Skaičiavimai parodė, kad vidutiniškai, pagaminti vienai kilovatvalandei elektros išskiriama 80 g CO<sub>2</sub> ekvivalentui [50]. Nedidelė atmosferos tarša gali susidaryti dėl tam tikrų dumblių veiklos dirbtinėse patvankose, skirtose nuolatos aprūpinti HE tekančiu vandeniu.

**1.1 lentelė.** Teršalų išlakų kiekiai įvairų kurą naudojančiose elektrinėse [50]

Teršalas	Matavimo vnt.	Nafta	Anglis	G. dujos	HE ir VE
CO <sub>2</sub>	t	3 000	3 750	2 250	0
NO <sub>x</sub>	t	3,7	0,6	2,2	0
SO <sub>2</sub>	t	4,5	4,5	0,02	0

Kai kurios ES šalys [6] jau parengė nacionalines studijas vidutinėms klimato sąlygoms įvertinti, pavyzdžiui, Portugalijoje ir Ispanijoje saulės energijos sistemos tapo privalomos. Kaip parodė Beniliukso ir Skandinavijos šalių mokslininkų patirtis, norint pasiekti optimalią pastato energijos koncepciją, būtina įvertinti vietines sąlygas bei pastato charakteristikas. Kitaip tariant, kiekvienam pastatui ar jų grupei yra reikalingas individualus atsinaujinančių energetinių šaltinių įdiegimo galimybių nagrinėjimas.

*Biomasės energija* – tai energija iš medžiagų, kurias pagamina gyvieji organizmai. Energijos gamybai naudojami šaltiniai, skirstomi į pirminius ir antrinius, priklausomai nuo jų paruošimo energijos gamybai [33]:

- pirminis šaltinis – malkos, kurios tiesiogiai yra naudojamos kaip kietasis biokuras;
- antriniams šaltiniams priskiriamos žemės ūkio ir gyvūninės atliekos.

Biomasės tankis ir nehomogeniška forma netinka tiesioginiam energijos išgavimui, todėl didžioji biomasės dalis turi būti perdirbama [33]:



- biomasės terminiam perdirbimui naudojamas deginimas (karbonizacija), dujinimas ir pirolizė;
- biomasės biologiniam perdirbimui naudojamas anaerobinis pūdymas bei alkoholinis rūgimas.

Perdirbus biomasę, gaunamas skystasis (pirolizė, alkoholinis rūgimas), dujinis (dujinimas, anaerobinis pūdymas) ar antrinis kietasis (karbonizacija) biokuras, kuris gali būti naudojamas bioenergijai išgauti.

## 1.2. Atsinaujinančios energijos generavimo šaltiniai pastatuose

Energijos taupymas yra pigiausia šiltnamio efektą sukeliančių dujų (toliau – ŠESD) emisijų mažinimo priemonė, o pastatų sektoriuje glūdi didžiausias energijos taupymo bei šių dujų emisijų mažinimo potencialas [35; 11]. Skirtingos priemonės, nukreiptos į energijos taupymą pastatuose, pasižymi skirtingu efektyvumu ir rezultatyvumu, todėl atnaujinant pastatus kiekvienu atveju išsirenkama ta, kurią galima realizuoti mažiausiais kaštais.

Pastato architektūriniais bei technologiniais sprendimais, vietovės klimato sąlygomis bei vartotojų elgsena suformuojamus energijos ir gryno oro poreikius patalpų šiluminiam komfortui bei geram mikroklimatui užtikrinti padeda pastatų šildymo, vėdinimo ir vėsavimo sistemos. Šildymui sunaudotos šilumos kiekis proporcingas šildymo sezono trukmei bei vidutinei lauko temperatūrai.

1.2 lentelė. Vidutiniai šildymo laikotarpio rodikliai [15]

Vietovė	Šildymo pradžia / pabaiga (<10 °C)		Metinė vidutinė temperatūra, °C
	Vid. temperatūra, °C	Trukmė paromis	
Kaunas	0,7	219	6,3
Vilnius	0,2	225	6,7

### Saulės energijos panaudojimas

Saulės energiją, kaip alternatyvųjį išteklių pastatų energetiniam aprūpinimui, galima naudoti keliais būdais (žr. 1.3 pav.):

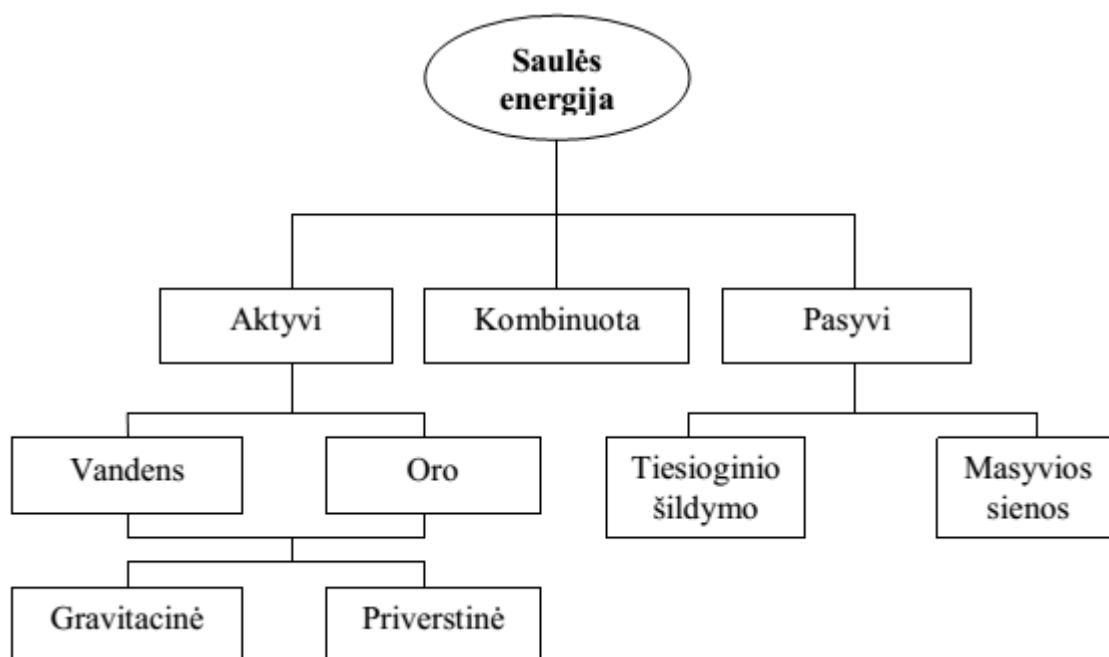
- pasyviuoju – kai saulės energija panaudojama tiesiogiai dėl vykstančių fizikinių procesų;
- aktyviuoju – kai šilumos ar elektros energijai pagaminti reikalinga speciali įranga;
- kombinuotu.

*Pasyvusis saulės energijos naudojimas* – tai būdas, kai atitinkamai suprojektuotas pastatas sugeria ir sulaiko patalpų viduje saulės spindulius, patenkančius pro pietinius langus ar įstiklintas

duris. Gerai apšiltintuose pastatuose saulės energija, gaunama per skaidrias atitvaras, orientuotas į pietus, gali kompensuoti didelę šilumos poreikių dalį [37]. Naudoti saulės energiją tiesioginiu būdu efektyvu, jei atsižvelgiama į tam tikras sąlygas [42; 3]:

- optimali pastato orientacija – išilgai ašies rytai–vakarai su galimu 30° nukrypimu nuo jos;
- 50–70 proc. pastato langų ir kitų skaidrių atitvarų projektuojama pietinėje namo pusėje, o šiaurinėje – ne daugiau nei 10 proc.;
- pastatas turi būti gerai apšiltintas ir sandarus;
- gyvenamosios patalpos išdėstomos pietinėje pusėje, pagalbinės – šiaurinėje;
- vidinėms pertvaroms ir grindims reikalingos geros akumuluojamosios savybės;
- būtini šešėlių sudarantys pastato elementai ar kitos priemonės nuo perkaitimo vasarą (tam tikru atstumu pasodinti lapuočiai, žaliuzės, stogeliai ir kt.).

Į pastatą patenkantis energijos kiekis tiesiogiai priklauso nuo pietų pusėje esančių skaidrių atitvarų ploto. Svarbu tinkamai apskaičiuoti langų plotą ir išdėstymą, šilumą akumuluojančios masės kiekį, kad būtų galima kaupti ir paskirstyti saulės energiją, tuo pat metu neperkaitinant pastato. Šilumos akumulatorius patalpų pasyviojo šildymo sistemose dieną absorbuotą Saulės šilumą išsaugo ir panaudoja vakare ir naktį. Akumulatoriaus funkciją įprastai atlieka terminė masė. Gebėjimas sukaupti energiją taip pat padeda žiemą, nes energija gali būti sukaupta sienose nuo vienos saulėtos žiemos dienos iki kitos debesuotos [22; 32].



**1.3 pav.** Saulės energijos panaudojimo galimybės

Terminė masė kaupia šilumą keisdama jos temperatūrą, kuri gaunama iš šilto kambario, ar paversdama tiesioginę saulės spinduliuotę į šilumą. Kuo daugiau šilumos srauto, tuo daugiau

šilumos gali būti sukaupiama. Mūro medžiagos, tokios kaip betonas, akmenys, plyta ir plytelė, yra dažnai naudojamos kaip terminė masė pasyviai saulės energiją naudojantiems namams. Vanduo taip pat sėkmingai naudojamas [37; 18].

*Aktyvios saulės šilumos sistemos.* Aktyviosiose sistemose naudojami įrenginiai gali būti saulės kolektorių sistema ar fotoelementai. Aktyviosios sistemos skirtos šiluminei arba elektros energijai gaminti. Investicijos į aktyvias sistemas yra didesnės ir dažnai prireikia atitinkamos valstybinės politikos, siekiant šalyje ar regione paskatinti tokių sistemų diegimą [37]. Šiose sistemose saulės energija absorbuojama kolektoriuose ir verčiama šiluma. Gauta šiluma gali būti naudojama šildymui arba karšto vandens ruošimui. Tokią sistemą sudaro: uždara cirkuliacinė grandinė, talpa šilumai akumuliuoti ir papildomas šildytuvas (elektrinis arba dujinis). Yra keletas saulės kolektorių tipų, bet dažniausiai naudojami plokšti vakuuminiai saulės kolektoriai. Sistemoje cirkuliuoja vanduo arba specialus neužšalantis skystis [12].

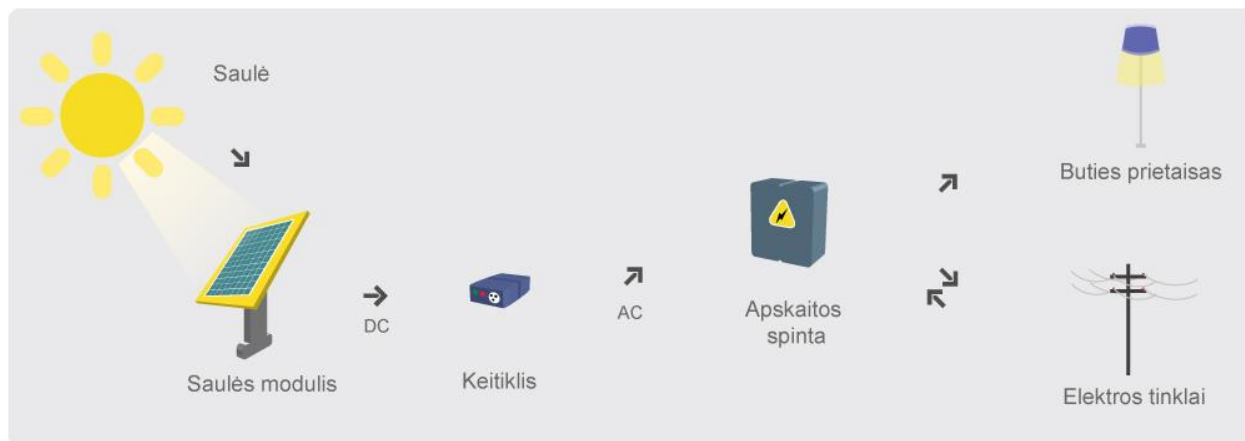
Jei naudojama sistema tiekianti tiek šilumą, tiek karštą vandenį – akumuliacinė talpa jungiama prie pastato šilumos tiekimo sistemos. Saulės kolektorių sistemose tikslinga naudoti akumuliacines talpyklas, įrengiamas išorinis arba vidinis šilumos nuvedimo kontūras. Sistemos, kuriose masės ir šilumos transportavimas atskirtas, apie 30–37 proc. efektyvesnės nei sistemos, kur šilumnešis neatskirtas. Akumuliacinei talpyklai įkrauti šilumos nuvedimo kontūras įrengiamas apatinėje talpyklos dalyje, todėl į saulės kolektorių patenka žemesnės temperatūros šilumnešis [17; 20].

Kai saulės energijos nepakanka patenkinti šilumos poreikių, naudojamas papildomas kaitinimo elementas, užtikrinantis nuolatinį karšto vandens tiekimą. Saulės šilumos sistemą galima suderinti su kitomis sistemomis, tokiomis kaip centralizuotas šildymas, biokuro sistemos, šilumos siurbliai ir pan. Saulės kolektoriai gali būti integruojami tiesiai į pastato stogą ar kitus jo išorės elementus [37].

*Saulės elektros sistemos (fotoelektra).* Šiose sistemose saulės energija (šviesa) yra verčiama elektros energija - tai viena iš greičiausiai besivystančių energijos rūšių. S. Petrikio teigimu [41], iš saulės elektrą gaminančių įrenginių gamybos savikaina per metus krinta nuo 10 iki 20 proc. Tipinio modulio, kurio plotas tarp 0,6–1,5 m<sup>2</sup> galia yra apie 100 W, tačiau tik 10–15 proc. į jį patekusios saulės energijos yra paverčiama į elektros energiją. Pagrindinė sugeriamos saulės energijos dalis paverčiama į šilumą, tačiau šylat saulės elementui mažėja jo efektyvumas.

Aušinant baterijos elementus galima padidinti jų veikimo efektyvumą ir gauti šiluminę energiją. Fotoelektros elementai taip pat gali būti integruojami į pastato išorės dizainą. Dažnai elektra iš saulės gaminama ten, kur nėra galimybės prisijungti prie elektros tinklo. Nepaisant to, kad fotoelektros potencialas nepalyginamai didesnis už kitų atsinaujinančių energijos rūšių potencialą, šiuo metu Lietuvoje fotoelektrinių jėgainių nėra. Jų plėtrą stabdo didžiausia instaliuoto vato kaina, jei lygintume su kitais galimais šaltiniais [40].

Pagal integravimo į esamą infrastruktūrą būdą 85 proc. visų saulės elektros įrenginių veikia įjungti į vietinį elektros tinklą ir tik 15 proc. dirba kaip autonominiai elektros energijos šaltiniai. Autonominis įrenginys privalo turėti elektros akumuliatorių, kad elektros imtuvai galėtų veikti tuo metu, kai saulės šviesos intensyvumas yra nepakankamas. Tačiau tokį įrenginį integruojant į vietinius skirstomuosius tinklus (žr. 1.4 pav.), investicijos į akumulatorius netikslingos. Tiesa, fotoelektros moduliai gamina nuolatinę srovę, kuri turi būti konvertuojama į kintamąją srovę [19].



*Pastabos:* AC - kintamoji srovė; DC - nuolatinė srovė

#### 1.4 pav. Namų saulės elektros sistema [19]

Saulės energijos naudojimas leidžia išvengti atmosferą teršiančių dujų, sukeliančių globalią klimato kaitą, emisijų. Lyginant saulės energiją su kitomis kuro rūšimis, aplinkosaugos požiūriu (skaičiuojant tik CO<sub>2</sub>), ji šiek tiek nusileidžia vėjo, geoterminei ir hidroenergijai. Mažesnę saulės energijos taršą aplinkosaugos požiūriu lemia ne emisijos energijos generavimo metu, o emisijos generuojančio šaltinio gaminimo ir įrengimo procese [7]. 100 W saulės energijos modulis, gamindamas elektros energiją per nustatytą savo eksploataavimo laiką, leidžia išvengti apie dviejų tonų CO<sub>2</sub> emisijų [31].

#### Vėjo energijos panaudojimas

Siekiant pastatus aprūpinti vėjo energija, dabar labiausiai prieinamos ir pigiausios yra mažosios vėjo elektrinės (toliau – MVE), kurios dar vadinamos mikroelektrinėmis. Jos gaminamos įvairiausių tipų: vienos geriau tinka vietovėms su didesniais vidutiniais metiniais vėjo greičiais, kitos – su mažesniais, trečios gerai tinka urbanizuotoms vietovėms. MVE būna autonominės arba jungiamos į elektros tinklą [4]:

- autonominėse MVE energija kaupiama į akumulatorius, o iš jų energija naudojama visada, kai jos reikia. Turint tokią pakankamos galios MVE galima nuo elektros tinklo atsijungti ir nuo jo visiškai nepriklausyti;
- antrojo tipo MVE elektros energija tiekiamą į energetikos sistemos elektros tinklą, o kai vėjo nėra, imama iš elektros tinklo.

Kombinuotuose (hibridinėse) jėgainėse elektros energija gaunama iš vėjo ir saulės energijos, sujungus abu šaltinius į vieną sistemą. Vėjo energijos potencialas yra didžiausias žiemą, o fotoelementų – vasarą, todėl šie du energijos šaltiniai, sujungti į mišrią sistemą, turi geras perspektyvas. Mišrioji sistema yra kai vėjo jėgainė, gamina energiją kartu su kitokio tipo generatoriumi, pvz. kitu atsinaujinančios energijos šaltiniu [4; 32]. Pagalbinis elektros generatorius dirba papildydamas vėjo generuojamą galią ir garantuoja, kad elektra bus tiekama nenutrūkstamai bei vėjo jėgainės techninio aptarnavimo metu.

### **Geoterminės energijos panaudojimas**

Didžiojoje pasaulio dalyje naudojama paviršiniuose žemės sluoksniuose susikaupusi Saulės energija, kurią įsisavinti padeda įrenginys, vadinamas šilumos siurbliu. Šilumos siurblys veikia kaip šaldytuvas. Šilumos siurblys ima šilumą iš aplinkos (žemės, vandens, oro) ir ją paverčia tokia temperatūra, kurios visiškai pakanka komfortiškam namo šildymui ir karšto vandens ruošimui [27]. Šilumos siurbliai yra santykinai brangi įranga, todėl, siekiant priimtinos projektų atsipirkimo trukmės, jie turėtų dirbti ištikus metus. Individualiuose pastatuose jie turėtų būti naudojami ne tik pastatams šildyti ir buitiniam karštam vandeniui ruošti, bet ir šalčio gamybai vasarą [26].

Patalpos ar vanduo šildomi šilumos siurbliu, kai Žemėje susikaupusi šiluma surenkama kolektoriais, kuris įrengiamas horizontaliai arba vertikalčiai tam tikrame gylyje (priklausomai nuo situacijos) žemėje ar vandens telkinyje. Kolektoriaus vamzdžiais cirkuliuoja neuššalantis geoterminis skystis, kuris perneša šilumą iš šilumos šaltinio į šilumos siurbli. Ši šiluma išgarina šilumos siurblyje cirkuliuojantį freoną. Jo dujų temperatūrą dar padidina įmontuotas kompresorius. Ši šiluma perduodama toliau, į namo šildymo sistemą [34].

Labai plačiai visame pasaulyje paplitę šilumos siurbliai oras / vanduo, kai nėra galimybės prie pastato atlikti žemės kasinėjimo bei gręžimo darbus. Tai idealus sprendimas miesto, senamiesčio ar pajūrio pastatams – tokios sistemos instaliavimas nesudėtingas ir greitas. Didelis privalumas yra tai, kad tokiam šilumos siurbliui nereikia kolektoriaus, šilumos šaltinis – oras. Šiuolaikiniai oras / vanduo šilumos siurbliai pasiekia beveik tokius pat našumus, kaip ir gruntas / vanduo šilumos siurbliai, tad tai tikrai puikus sprendimas, kai dėl vienu ar kitu priežasčių negalima įrengti kolektoriaus [4].

### **1.3. Apsirūpinimo atsinaujinančia energija teorinis pagrindimas**

Tarpvalstybinė klimato kaitos grupė nurodė, kad pastatų sektoriuje glūdi efektyviausias šiltnamio efektą sukeliančių dujų (toliau – ŠESD) emisijų mažinimo potencialas. Taigi, svarbiausia klimato kaitos švelninimo priemonė yra energijos efektyvumo didinimas. Didžiausias energijos taupymo potencialas, realizuojamas mažiausiais kaštais – taupant energiją pastatuose [39].

2009 m. KTU Architektūros ir statybos institutas parengė studiją apie mažai energijos naudojančius pastatus ir pateikė išvadas bei rekomendacijas, kokie reikalavimai jiems turėtų būti taikomi. Studijoje siūlomi reikalavimai tokiems pastatams atsižvelgiant į Lietuvos klimato sąlygas, statybos tradicijas, taikomas technologijas, galimybę panaudoti atsinaujinančius energijos šaltinius, jų efektyvumą ir pastate numatomas vykdyti veiklas.

Pastatuose energija naudojama, siekiant palaikyti optimalų mikroklimatą ir gyvenimo ar darbo sąlygas. Priklausomai nuo pastato tipo, šiluminės energijos poreikiai labai skiriasi. Atsirado pastatų skirstymas pagal energijos sąnaudas. Tai laipsniško perėjimo prie labai efektyvių namų statybos proceso išraiška. Pagal tai, kiek energijos pastatuose sunaudojama per metus, jie skirstomi į kelias grupes (žr. 1.3 lentelę). Mažai energijos naudojančių pastatų bendras metinis šilumos poreikis neviršija 85 kWh/m.

**1.3 lentelė.** Pastatų šiluminės energijos poreikis ir šilumos nuostoliai per metus [27]

Pastato tipas	Nuostoliai per atitvaras, kWh/m <sup>2</sup>	Energijos poreikis vandeniui šildyti, kWh/m <sup>2</sup>	Nuostoliai dėl vėdinimo, kWh/m <sup>2</sup>	Bendras metinis šilumos poreikis, kWh/m <sup>2</sup>	Energinio naudingumo klasė
Seni (pastatai)	160-300	15	50	225-365	D, E, F, G
Šiuolaikiniai (pastatai)	80	15	50	145	C
Mažai en. naudojantys	35	15	35	85	A*, B
Pasyvieji (pastatai)	10	15	5	30	A*
Energiją gaminantys	Energijos iš atsinaujinančių išteklių pastate pagaminama daugiau, nei suvartojama				A
* - kai naudojama atsinaujinančių išteklių energija					

Pagal Europos standartą EN 442 nuo 1997 m. liepos 1 d. standartinėmis sąlygomis laikoma, kai į radiatorių įtekančio vandens temperatūra yra +75 °C, ištekančio – +65 °C, o patalpos temperatūra – +20 °C. Lyginant tarybiniais laikais pagamintų radiatorių galią, standartinėmis sąlygomis laikomas +70 °C temperatūrų skirtumas tarp į šildymo prietaisą įtekančio ir ištekančio vandens temperatūrų vidurkio bei patalpos temperatūros [57; 43]. Taigi standartinės sąlygos yra kitokios, o temperatūrų skirtumas standartinėmis sąlygomis yra +50 °C.

Geriamojo vandens ir buityje naudojamo karšto vandens saugos ir kokybės reikalavimus nustato Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2003 m. liepos 23 d. įsakymu Nr. V-455 patvirtinta Lietuvos higienos norma „Geriamojo vandens saugos ir kokybės reikalavimai“ [33]. Pagal normos reikalavimus, pastato karšto vandens sistemoje vandens temperatūra turi būti +50–60

°C, sudarant technines prielaidas vandens šildytuve karšto vandens temperatūrą padidinti iki +66 °C, o vartotojų čiaupuose – iki +60 °C.

### Šilumos sąnaudų palyginimas

Įvairių vietovių pastatų ir laikotarpių šilumos sąnaudoms palyginti bei įvertinti plačiai naudojami šildymo dienolaipsniai (toliau – ŠDL). ŠDL naudojimas įgalina nustatyti energinio efektyvumo pokyčius ir įvertinti kvalifikuotos pastato energetinės vadybos rezultatus, numatyti, palyginti ir kontroliuoti kuro sąnaudas šildymo katilinėse.

ŠDL skaičiuojami remiantis vietovės klimato charakteristikomis ir bazine temperatūra. Bazinė temperatūra yra lygi balansinei pastato temperatūrai, kai pastato šilumos išsiskyrimai kompensuoja šilumos nuostolius, tada pastato nereikia nei šildyti, nei vėsinti. Šilumos pritekėjimas (iš žmonių, kompiuterinės įrangos, karšto vandentiekio sistemos ir t. t.) kompensuoja dalį šilumos nuostolių, todėl balansinė temperatūra yra žemesnė už pastato vidaus temperatūrą [16; 2].

Kai nėra šilumos išsiskyrimų, mėnesio ar kito laikotarpio šilumos sąnaudos šildymui yra lygios šilumos nuostoliams ir pastatui šildyti. E. Juodis siūlo aprašyti šia lygtimi:

$$Q = H n_{\text{ŠDL}}, \text{ kWh}; \quad (1.1)$$

čia  $H$  – pastato savitieji šilumos nuostoliai, kWh/K;

$n_{\text{ŠDL}}$  – pasirinkto laikotarpio šildymo dienolaipsnių skaičius, °C para.

Gyvenamuosiuose namuose ir komercinėse (ne gamybinėse) patalpose visada yra didesni ar mažesni šilumos pritekėjimai iš žmonių, karšto vandentiekio sistemos, kompiuterinės ir kitos įrangos, saulės spinduliuotės. Šiuo atveju šilumos sąnaudos šildymui yra mažesnės nei šilumos nuostoliai, todėl E. Juodis šilumos poreikį siūlo aprašyti šia lygtimi [16]:

$$Q = H n_{\text{ŠDL}} - Q_p; \quad (1.2)$$

čia  $Q_p$  – šilumos pritekėjimai, kWh.

Šioje priklausomybėje esantis  $n_{\text{ŠDL}}$  priklauso nuo pasirinktos bazinės temperatūros, jei matavimai vykdomi kas valandą:

$$n_{\text{ŠDL}} = \frac{\sum [(t_b - t_{\text{ex}})n]}{24}, \text{ } ^\circ\text{C para}; \quad (1.3)$$

čia  $t_{\text{ex}}$  – lauko oro temperatūra, °C;

$n$  – atitinkamos lauko oro temperatūros trukmė, h;

$t_b$  – bazinė temperatūra, °C.

Kylant pastatų energiniam efektyvumui mažėja jų šilumos nuostoliai, todėl didėja vidinių šilumos išsiskyrimų vaidmuo, žemėja balansinė temperatūra ir atitinkamai skaičiuojamoji bazinė temperatūra. Įvairiose valstybėse skiriasi gyventojų įpročiai, statybos tradicijos, todėl ŠDL apskaičiuojami pagal skirtingas bazines temperatūras [16; 4].

Vidiniai šilumos išsiskyrimai, tradiciniuose, prastai izoliuotuose namuose, pakelia temperatūrą apie +3 °C, žinant, kad gyvenamuosiuose namuose oro temperatūra turėtų būti komfortiška +20–21 °C. Bazinė temperatūra ES dažniausiai priimama +18 °C (JAV +18,3 °C, Jungtinėje Karalystėje tradiciškai vėsiau, todėl +15,5 °C) [35]. Tokiu būdu automatiškai įvertinami šilumos išsiskyrimai ir šilumos sąnaudos šildymui tampa proporcingi ŠDL. Bazinė temperatūra pastatams, kuriuose šilumos sąnaudos šildymui ir vėdinimui [16; 9]:

- yra 40 kWh/m<sup>2</sup> per metus, laikytini +8 °C, o esant sąnaudoms 75 kWh/ m<sup>2</sup> per metus – +10 °C;
- energetiškai neefektyviuose pastatuose, kurių šilumos sąnaudos didesnės kaip 150 kWh/m<sup>2</sup> per metus, bazinė temperatūra yra +18 °C.

### **Atsinaujinančios energijos kaina**

Prieš pasirenkant gaminti energiją iš vienu ar kitu atsinaujinančių išteklių, pirmiausia reikėtų įvertinti jos gamybos kainą konkrečiame regione. Pavyzdžiui, 2009 m. JAV Energetikos departamento duomenimis elektros energijos kaina buvo tokia [54; 55]:

- saulės elektrinėse – 144–287 EUR/MWh;
- saulės šiluminėse elektrinėse – 171–575 EUR/MWh;
- biomasės elektrinėse – 90–117 EUR/MWh;
- hidroelektrinėse – 54–108 EUR/MWh;
- gamtinių dujų elektrinėse – 54–126 EUR/MWh (JAV dujos yra labai pigios – keturis kartus pigesnės nei Lietuvoje).

Amerikos vėjo energetikos asociacijos duomenimis 2009 m. MVE pagamintos elektros energijos kaina, vietovėse su gerais vėjo ištekliais, kinta tarp 13–18 EUR/kWh. Todėl miestuose perspektyvesnės yra nebrangios ir techniškai efektyvesnės MVE, nekeliančios didelio triukšmo [54; 55]. Vėjo energijai vis labiau pingant, jos elektros energijos gamybos kaštai greitai gali susilyginti su atominių jėgainių.

Saulės ir vėjo jėgainių gaminamos elektros energijos kaina 2014 m. krito ypač reikšmingai. Pačios efektyviausios saulės elektrinės pagal gaminamos elektros kainą pirmą kartą gali realiai konkuruoti su iškastinio kuro elektrinėmis – jų gaminamos elektros kaina siekia 7 euro ct/kWh. Iškastinio kuro kainos, priklausomai nuo šaltinio, pasaulyje svyruoja nuo 4 iki 12 euro ct/kWh [54]. Kita vertus, Europoje pastaraisiais metais žalioji energija tapo prioritetine energijos gamybos plėtros kryptimi, kas lemia greitai didėjančią elektros energijos gamybos agregatų paklausą, o tai, žinoma, veikia jų kainą [46].



#### 1.4. Atsinaujinančių išteklių pritaikymas pastatuose ir statiniuose

Pasauliniu mastu AEI sudaro apie 16 proc. visos sunaudojamos energijos kiekio. Didžioji dalis yra biomasė, kuri naudojama kaip kuras (pvz., mediena), tačiau sparčiai auga ir saulės energijos, vėjo energijos, bangų energijos ir kitų rūšių AEI panaudojimas. 2013 m. elektros gamyboje AEI sudarė 21 proc., tarp kurių 16 proc. išgaunama iš HE, o 5 proc. – iš kitų šaltinių [55]. Šių išteklių panaudojimas sparčiai auga Šiaurės ir Pietų Amerikoje, Europoje, Azijoje – ypač greitai plečiasi vėjo ir saulės energijos sektoriai. Pagal instaliuotą galią didžiausia atsinaujinančios energetikos naudotoja Europoje yra Vokietija. Spartus AEI augimas pastebimas Italijoje, Švedijoje, Danijoje [46].

##### **Atsinaujinančių išteklių kainodara**

2014 m. atsinaujinančių energijos išteklių konkurencingumas pasaulyje labai padidėjo. Sausumos VE, HE, geoterminės elektrinės ir biokuro jėgainės dabar gamina elektrą, kurios kaina gali sėkmingai konkuruoti su iškastinio kuro elektrinėmis, skelbia Tarptautinė atsinaujinančios energetikos agentūra (*International Renewable Energy Agency, IRENA*), apibendrinusi 2014 m. duomenis [54].

2014 m. fiksuotas staigus saulės elektrinių (toliau – SE) ir VE gaminamos elektros energijos kainos kritimas. Pačios efektyviausios SE pagal gaminamos elektros kainą be papildomos finansinės paramos pirmą kartą gali realiai konkuruoti su iškastinio kuro elektrinėmis – jų gaminamos elektros kaina siekia 7 euro centus už kilovatvalandę. Iškastinio kuro elektrinėse gaminamos energijos kainos, priklausomai nuo šaltinio, pasaulyje svyruoja nuo 4 iki 12 euro ct/kWh [54].

IRENA duomenimis [54], pigiausiai elektrą, lyginant skirtingas atsinaujinančios energetikos rūšis, dabar gamina VE parkai: našiausi parkai elektrą dabar gamina vos už 4 euro ct/kWh. VE veikia visuose žemynuose ir jokiame žemyne sausumos VE gaminamos elektros vidutinė kaina neviršijo 8 euro ct/kWh. Panašų kainų lygį pasiekia ir geoterminės elektrinės bei HE, tačiau šių elektrinių specifiškai labai apriboja vietų, kur jas galima įrengti, pasirinkimą.

Mažiausia VE pagaminamos energijos kaina, lyginant skirtingus žemynus, yra Azijoje – 5 euro ct/kWh. Didžiausia – Afrikoje, 8 euro ct/kWh. Europoje ši kaina siekia 7 euro ct/kWh [55]. Šiuos skirtumus lemia tai, kad Kinijoje ir Indijoje, kur vėjo energetikos plėtra pastaruosiu metu įgavo didelį pagreitį, VE įrengti yra pigiau. AEI naudojimo skatinimas yra svarbus tiek mažinant ES šalių priklausomybę nuo energijos išteklių importo, tiek ir kovojant su pasauliniu atšilimu [46].

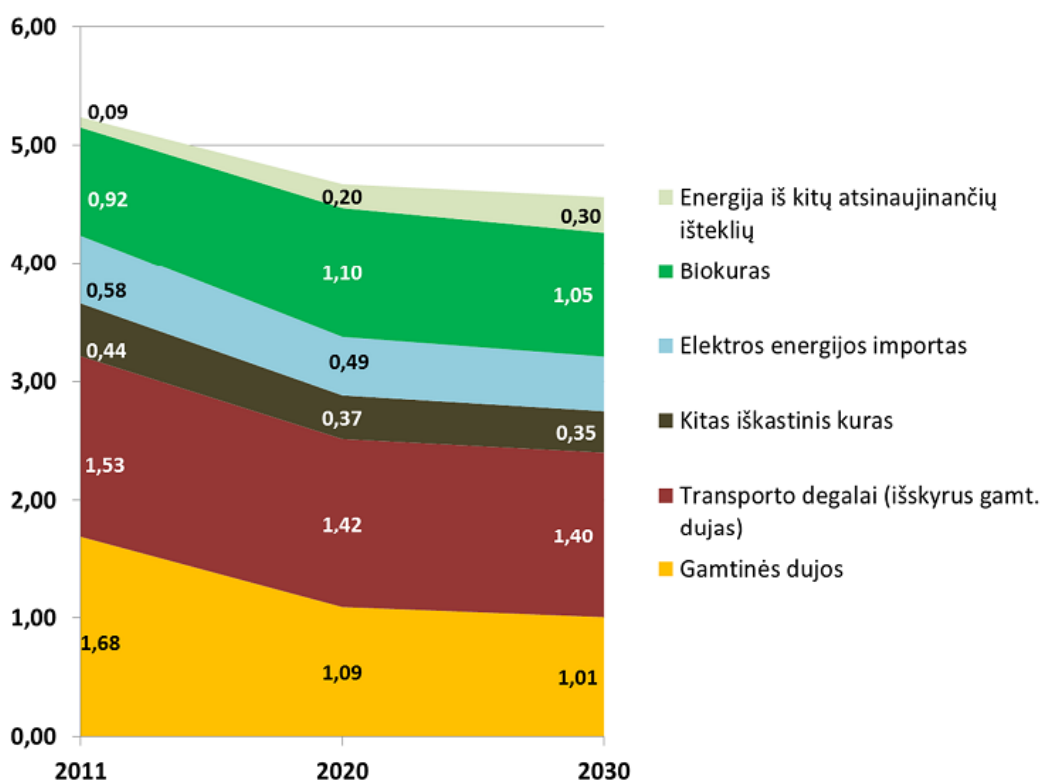
##### **Atsinaujinantys ištekliai Lietuvoje**

Lietuvos įsipareigojimas iki 2020 m. užtikrinti, kad 23 proc. energijos būtų pagaminta iš atsinaujinančių energijos šaltinių, jau pasiektas, ir iki termino pabaigos neabejotinai bus ir viršytas

[46]. Dar visai neseniai šalyje ne itin populiarai atsinaujinančioji energetika per pastarąjį dešimtmetį žengė didelį žingsnį, o naudojant biokurą, matomi akivaizdūs rezultatai. Lietuvos šilumos tiekėjų asociacijos duomenimis, 2000 m. iš biokuro Lietuvoje buvo pagaminta vos 2 proc. centralizuotos šilumos, o šiuo metu – beveik 34 proc.[46] Pavyzdžiui, per paskutinįjį dešimtmetį šalis daugiausia investavo į (žr. 1.5 ir 1.6 pav.):

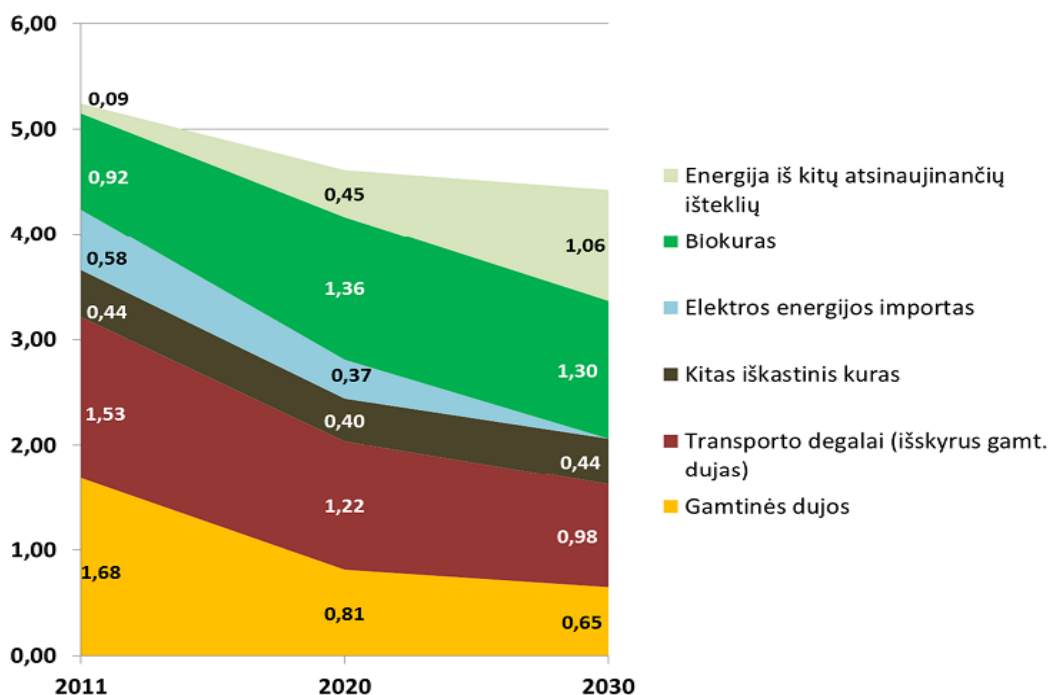
- šildymo sektoriaus pertvarkymą – vietoj iškastinio kuro naudoti biomasę;
- elektros energijos gamybos plėtrą VE parkuose;
- gamtinių dujų paskirstymo terminalą (laivą) Klaipėdoje.

Ekspertų nuomone, tokių rezultatų pasiekta ir todėl, kad įvairūs su šia sritimi susiję projektai buvo remiami ES lėšomis. Remiantis šalies Statistikos departamento duomenimis, Lietuva užsibrėžtą tikslą (iki 2020 m. pasiekti 23 proc. AEI šalies bendrajame energijos balanse) jau įgyvendino – 2013 m. AEI dalis bendrame šalies energijos balanse sudarė 22,95 proc. (lyginant su 2012 m. išaugo 1,22 proc.) [51; 15].



Šaltinis: Lietuvos atsinaujinančių išteklių energetikos konfederacija, 2014

**1.5 pav.** Energijos išteklių vartojimo prognozė – min scenarijus (mln. Tt naftos ekvivalento)



**1.6 pav.** Energijos išteklių vartojimo prognozė – max scenarijus (mln. Tt naftos ekvivalento) [46]

Pastaraisiais metais AEI srityje užsibrėžti strateginiai tikslai leido sparčiai plėtoti vietinės energijos gamybos pajėgumus ir vystyti atsinaujinančių išteklių energetiką. Nuo 2007 m. AEI dalis šalies bendrajame galutiniame energijos suvartojime padidėjo 6,25 proc. 2013 m. atsinaujinančių išteklių energijos dalis sudarė [46]:

- elektros energijos gamybos sektoriuje – 13,14 proc. (padidėjo 2,27 proc.);
- šildymo ir aušinimo sektoriuje – 37,72 proc. (padidėjo 2,27 proc.);
- transporto sektoriuje – 4,65 proc. (sumažėjo 0,14 proc.).

Atsinaujinančių išteklių energetikos įstatyme [21; 22] Lietuvos Respublika taip pat yra numačiusi ir energetikos sektoriaus ilgalaikius strateginius tikslus:

- elektros energijos, pagamintos iš AEI, dalį, lyginant su šalies bendruoju galutiniu elektros energijos suvartojimu, padidinti ne mažiau kaip iki 20 proc.;
- centralizuotai tiekiamos šilumos energijos, pagamintos iš atsinaujinančių energijos išteklių, dalį šilumos energijos balanse padidinti ne mažiau kaip iki 60 proc.;
- namų ūkiuose atsinaujinančių energijos išteklių dalį šildymui sunaudojamų energijos išteklių balanse padidinti ne mažiau kaip iki 80 proc.

Atsinaujinančių išteklių energijos sunaudojimas, energijos vartojimas ir jo dalis bendrajame galutiniame energijos suvartojime apskaičiuojamas vadovaujantis 2010 m. Lietuvos Respublikos Vyriausybės nutarimu Nr. 1314 „Dėl Ataskaitos apie pažangą skatinant ir naudojant atsinaujinančius energijos išteklius teikimo Europos Komisijai tvarkos aprašo patvirtinimo“ [24]. Remiantis šiuo nutarimu, Europos Komisijos tvarkos aprašas, nustato ataskaitas apie pažangą

skatinant ir naudojant AEI pagal 2009 m. balandžio 23 d. Europos Parlamento ir Tarybos direktyvos 2009/28/EB dėl skatinimo naudoti atsinaujinančių išteklių energiją [10].

2016 m. atliktos „Baltijos tyrimų“ apklausos duomenimis, 54 proc. šalies gyventojų pasisako už tai, kad naujoje energetikos strategijoje didžiausias dėmesys būtų skiriamas būtent elektros gamybos iš AEI didinimui. 20 proc. mano, kad būsimoje nacionalinėje energetikos strategijoje didžiausią dėmesį reikėtų skirti elektros gamybos didinimui dabartinėse šiluminėse elektrinėse, naudojančiose dujas ir biokurą. Tik 8 proc. apklausos dalyvių teigia, kad didžiausią dalį elektros energijos reikia importuoti iš užsienio, kaip tai daroma šiuo metu. Dar mažiau – vos 5 proc. – tvirtina, kad labiausiai dėmesį reikia skirti naujos atominės elektrinės statybai [45].

Trečius metus iš eilės gyventojų apklausa parodė, kad lietuviai pritaria atsinaujinančiai energetikai šalyje. Nepaisant to, kol kas neaiškus AEI vaidmuo nacionalinėje energetikos strategijoje, nežinoma, kaip ir kada bus įgyvendinama vėjo energetikos plėtra, neišspręsti ir kiti svarbūs įstatyminiai, teisiniai klausimai. Lietuvos valdžios institucijos turėtų įsiklausyti į gyventojų ir ekspertų nuomonę bei suteikti galimybę AEI sektoriui plėstis ir gaminti dar daugiau elektros iš savų šaltinių [45].

#### **Išteklių taupymas pastatuose**

Pastatuose suvartojama 40 proc. visos Sąjungos suvartojamos energijos – šis sektorius plečiasi, dėl ko padidės jo energijos vartojimas. Todėl energijos vartojimo mažinimas ir AEI naudojimas pastatų sektoriuje yra svarbios priemonės, būtinos sumažinti ES energinę priklausomybę ir ŠESD emisiją [11].

Vartojant mažiau energijos ir daugiau AEI taip pat galima labai prisidėti prie energijos tiekimo saugumo didinimo, technologijų plėtros skatinimo ir galimybių užimtumui bei regioninei plėtrai sukūrimo, ypač kaimo vietovėse. Daugiau vartojant AEI ir kartu imantis priemonių siekiant sumažinti energijos vartojimą Sąjungoje, būtų sudarytos sąlygos ES [10]:

a) įgyvendinti Jungtinių Tautų bendrosios klimato kaitos konvencijos Kioto protokolą (UNFCCC) ir Paryžiaus susitarimus (2015 m.);

b) įvykdyti ilgalaikį įsipareigojimą – užtikrinti, kad pasaulio temperatūra kiltų iki +2 °C, bei įsipareigojimą iki 2020 m. sumažinti bendrą ŠESD emisiją bent 20 proc., palyginti su 1990 m. lygiu.

## 2. METODINĖ DALIS

### 2.1. Energetinių poreikių užtikrinimo pastatuose tyrimo metodologija

Visų pirma, atliekamas energetinių išteklių sąnaudų KTU Centrinuose rūmuose (toliau – I-ieji rūmai), Statybos ir architektūros fakulteto rūmuose (toliau – IX-ieji rūmai) ir „Santakos slėnio“ rūmuose (toliau – XI-ieji rūmai) įvertinimas. Vėliau, atsižvelgiant į energetinių išteklių poreikį pastatuose, tiriamos atsinaujinančių išteklių panaudojimo galimybės juose.

Tyrimo eigos etapai:

1. Klimato rodiklių ir nedarbo lygio Kauno regione prognozės iki 2026 m. atliktos atsižvelgiant į dabartines klimato kaitos tendencijas. Tyrimas atliktas panaudojant Slankiojo vidurkio funkciją, tyrimo rezultatai (vėjingumas) pateikiami „Vėjų rožės“ pavidalu;
2. Alternatyvios energetinių išteklių poreikio prognozės atliktos logaritminės ir eksponentinės funkcijų pagalba „Microsoft Office Exel“ programoje. Prognozavimo paklaidos įvertinamos Determinacijos koef.  $R^2$  pagalba – jei  $R^2 = 0,89$ , tai prognozės gana tikslios;
3. Atsižvelgiant į pastato energijos poreikius, su jam reikalingos energijos generavimu susiję išmetami  $CO^2$  kiekiai toliau paskaičiuojami programos SunEarthTools.com pagalba.
4. Įvertinus taršos leidimų kainas rinkoje, šio projekto ekonominis pagrįstumas vertinamas visuminių kaštų metodo pagalba.

### 2.2. Švarios energijos projektų analizė kompiuterine programa „RETScreen“

Kompiuterinė programa „RETScreen“ (angl. *The RETScreen International Clean Energy Project Analysis Software*) skirta, kad:

- padeda priimti sprendimus, įgyvendinant AEI vartojimo efektyvumo projektus;
- padeda išanalizuoti projektų techninį ir finansinį gyvybingumą.

Ši programinė įranga turi produktų, kainų ir klimato duomenų bazes bei išsamų, darbui su programa skirtą, pagalbos vadovą. Visi šie darbo įrankiai gali būti parsisiunčiami anglų ir prancūzų kalbomis, o daugelis kitų įrankių – kitomis kalbomis. Branduolį sudaro integruotų standartizuotų projektų pavyzdžiai (moduliai), kurie gali būti panaudoti įvertinant energetinius projektus, skirtus AEI panaudojimui:

- gamybos kaštai, atsipirkimo trukmė, gyvavimo ciklas;
- pastato išmetamų šiltnamio dujų mažinimo galimybės.

Įvairūs ekspertai (inžinieriai, ŠESD specialistai, kainų ekspertai, klimato duomenų bazės specialistai, finansinės analizės profesionalai) iš viso pasaulio prisideda prie šios programos vystymo. Šiuo metu „RETScreen“ sudaro šie standartiniai paketai, kuriuos galima koreguoti, atsižvelgiant į savo reikmes:

- kogeneracijos paketas, skirtas įvairių energijos tiekimo kombinacijų analizėms: šildymo, šaldymo, elektros gaminimo;
- MHE programos paketas;
- vėjo energijos programos paketas;
- šildymo biomase programos paketas;
- oro šildymo saulės energija programos paketas;
- vandens šildymo saulės energija programos paketas;
- pasyvaus šildymo saulės energija programos paketas;
- šilumos siurblių programos paketas;
- arenų ir supermarketų energijos aprūpinimo tyrimo programų paketas.

### **„RETScreen“ skaičiavimai**

Kiekviename programiniame pakete yra standartinė analizė, kurią sudaro 3 „Exell“ dokumento tipo darbalaukiai:

**1. Pradžia.** Šiame darbalaukyje reikia pasirinkti, kokį projektinį tipą naudosime. Vartotojas gali pasirinkti projektinį tipą (angl. *Project type*) iš siūlomo sąrašo:

- elektra, šildymas, šaldymas;
- kombinuotas šildymas ir elektra, kombinuotas šaldymas ir elektra, kombinuotas šildymas ir šaldymas, kombinuotas šildymas, šaldymas ir elektra;
- energijos vartojimo efektyvumas.

Priklausomai nuo pasirinkto projekto tipo siūloma rinktis:

- a) kokia technologija bus generuojama energija (saulės energija, vėjo energija ar įvairios šaldymo mašinos, šildymo agregatai, šilumos siurbliai ir kt.);
- b) koks bus naudojamas elektros tinklas (centralizuoti elektros tinklai ar vietoje gaminama elektra).

Toliau atliekami kiti nustatymai: klimato duomenų vietos (šalis, miestas) pasirinkimas, kalbos pasirinkimas, metrinės ar imperinės sistemos pasirinkimas, aukštesnės ar žemesnės šiluminės vertės pasirinkimas.

Nustačius klimato duomenų vietovę (Lietuva, Kaunas, kur platumas – 54,9°, ilguma – 23,8°) programa apskaičiuoja šildymo, vėsinimo bei žemės temperatūros dienolaipsnius. Šildymo

dienolaipsniai paskaičiuojami, kai lauko temperatūra žemiau  $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , o vėsinimo – kai daugiau už  $+23\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Skaičiavimams šioje programoje galima pasinaudoti:

- „Standartiniais“ NASA (angl. *National Aeronautics and Space Administration* – Nacionalinė aeronautikos ir kosmoso administracija) duomenimis iš „RETScreen“ duomenų bazės;
- tyrimo metu gautais rezultatais (dienolaipsniai, vid. vėjo greitis ir temperatūra).

**2. Galia ir tinklas.** Programa pagal šildymo dienolaipsnius skaičiuoja pastato šilumos poreikius. Vietovės klimato sąlygos apibrėžiamos keliais programos įvestais parametrais:

- projektinės šildymo ir vėsinimo temperatūros, reikalingos galios nustatymui tiek baziniams poreikiams, tiek piko metu;
- pagal paskaičiuotus dienolaipsnius galima nustatyti ne tik šilumos ir vėsinimo poreikius, bet ir karšto vandens poreikius.

Programa leidžia vartotojui įtraukti karšto geriamojo vandens poreikį, nurodant procentinę dalį nuo bendrų šildymo poreikių. Šalto klimato šalyse tipinė karšto geriamojo vandens procentinė dalis svyruoja nuo 0 iki 25 proc., karšto vandens poreikiai išskirstomi tolygiai 12-ai mėnesių. Toliau įvedami šildymo sistemos parametrai: šildomas plotas, kuro tipas, sezoninis sistemos darbo efektyvumas, energijos (kuro) kainos. Įvedama šildymo specifinė galia – šildymui svyruoja nuo 40 iki  $120\text{ W/m}^2$ , ši vertė priklauso nuo pastato vietovės ir izoliacijos efektyvumo.

Galima įvesti vartojimo efektyvumo matą, kuris sumažina šilumos energijos poreikius svarstomoje sistemoje (angl. *Proposed case*) lyginant su keičiama (angl. *Base case*). Šis matas naudojamas tuomet, kai svarstomoje sistemoje numatoma, pavyzdžiui, pagerinti pastato izoliaciją, kuri sumažintų energijos poreikius lyginant su esama sistema. Energijos vartojimo efektyvumo matą įvedus procentine išraiška sumažinami šilumos / vėsinimo energijos poreikiai. Tipinė vertė svyruoja nuo 0 iki 25 proc priklausomai nuo įgyvendintų „pagerinimų“.

**3. Energijos modelis.** Šiame darbalaukyje parenkami svarstomos sistemos šilumos ar elektros poreikiams tenkinti naudojami energiją generuojantys įrenginiai. Pirmiausia pasirenkamas kogeneracinis įrenginys (garo turbina, vidaus degimo variklis ar kt.), kuris gamins elektrą bei šilumą. Taip pat reikia pasirinkti įrenginį (dujinį katilą, biokuro katilą, krosnį ar kt.), kuris papildomai tiesks šilumą piko metu.

Pavyzdžiui, esant padidintam elektros energijos poreikiui piko metu, jam patenkinti galima pasirinkti papildomą energijos tiekimą iš centralizuoto tinklo. Pasirinkus kogeneracinį įrenginį parenkamas šilumos atgavimo koeficientas, kurio vertės svyruoja nuo 50 iki 80 proc., priklausomai nuo šildomos temperatūros. Tuomet pasirenkamos energiją generuojančių įrenginių galios, pagal kurias apskaičiuojama pagaminama energija ir nustatomas kuro poreikis. Įvedami įrenginių

gamintojai, kuro tipai ir kainos. Įvedamos energiją generuojančių įrenginių kainos, metinės išlaidos ir nenumatyti kaštai – programa jas sumuoja ir įvertina, kai yra atliekama ekonominė analizė.

Šio modulio darbalaukyje galima atlikti ir ekonominę analizę, kurioje yra tokie suvestiniai duomenys: kuro sunaudojimas, finansiniai rodikliai, metinės pajamos, projekto kaštų ir sutaupymų suvestinės. Rezultatuose apskaičiuojamas paprastas atsipirkimo laikas, bei atsipirkimo laikas įvertinus infliaciją, bei diskonto normą. Šie rezultatai, padeda įvertinti, ar svarstomo projekto šildymo ir/ar elektros sistemos ekonominiu požiūriu yra prasmingos. Su šia kompiuterine programa atliekama ir ŠESD sumažinimo analizė (angl. *Proposed case*).



### **3. KTU PASTATŲ ENERGETINIO APRŪPINIMO IŠ ATSINAUJINANČIŲ ENERGIJOS IŠTEKLIŲ ĮVERTINIMAS**

Analizuojamos, kokios yra energetinių išteklių sąnaudos KTU I-uose, IX-tuose ir XI-tuose rūmuose. Įvertintos, kokios šiuose pastatuose yra atsinaujinančių išteklių panaudojimo galimybės. Šios prognozės atliktos kompiuterinės programos „RETScreen“ pagalba, prieš tai atlikus klimato rodiklių ir nedarbo lygio Kauno regione prognozes iki 2026 m. Alternatyvios energetinių išteklių poreikio prognozės atliktos logaritminės ir eksponentinės funkcijų pagalba „Microsoft Office Excel“ programoje.

#### **3.1. I-ų, IX-ų ir XI-ų rūmų energetinės charakteristikos**

Apsirūpinimo energetiniais ištekliais iš AEI galimybės komercinėse patalpose išanalizuoti, pasirinkti KTU priklausantys pastatai:

- I-ieji rūmai (Centriniai rūmai), esantys adresu Donelaičio g. 73, Kaunas;
- IX-ieji rūmai (Statybos ir architektūros fakulteto rūmai), esantys adresu Studentų g. 48, Kaunas;
- XI-ieji rūmai („Santakos slėnio“ rūmai (Nacionalinis inovacijų ir verslo centras)), esantys adresu K. Baršausko g. 59, Kaunas.

Universitetui priklausantiems pastatams šilumą tiekia AB „Kauno energija“, šaltą vandenį – AB „Kauno vandenys“, o elektrą ir dujas – AB „Energijos skirstymo operatorius“. Remiantis atsakingų KTU darbuotojų pateiktais duomenimis, aukščiau paminėtiems pastatams būdingos šios jų energetinę būklę atspindinčios charakteristikos:

- šių pastatų atitvarų šiluminės savybės neatitinka norminių reikalavimų;
- dėl didelių šilumos perdavimo koeficientų patiriami dideli šilumos nuostoliai;
- pastatų inžinerinių sistemų būklė taip pat prasta – jos itin nusidėvėjusios.

I-ų ir IX-ų rūmų šilumos punktai atnaujinti, šildymo sistemos atšakos nuo magistralinio vamzdyno iki įvado izoliuotos. Šilumos punktai taip pat dalinai izoliuoti, jie automatiškai reguliuoja tiekiamos šilumos kiekį pagal lauko temperatūrą. Vėdinimo sistemos iš dalies pasenusios, nusidėvėjusios ir neatitinkančios dabarties poreikių (žr. 3.1 lentelę).

3.1 lentelė. Pagrindinės KTU pastatų šiluminės charakteristikos

Pastato pavadinimas	I-ieji rūmai	IX-ieji rūmai	XI-ieji rūmai
<b>1. Bendros pastatų charakteristikos</b>			
Pastato paskirtis	Mokslo	Mokslo	Mokslo
Pastato aukštų skaičius	4	4	8
Laiptinių kiekis	4	7	2
Pastato pastatymo metai	1935	1965	2013
Pastato patalpų aukštis, m	4	2,40	2,4
<b>2. Pastato patalpų charakteristikos</b>			
Šildomų patalpų plotas, m <sup>2</sup>	5 746,5	14 686,6	11 960,26
Pastato tūris, m <sup>3</sup>	28 509	59 987	57 505
Pastato rūšio tūris, m <sup>3</sup>	4 480	3 527	4 988
Stoglangių plotas, m <sup>2</sup>	7	17	649
Pastato stogo plotas, m <sup>2</sup>	1 735	5 473	3 595
<b>3. Pastato šildymas / vėdinimas</b>			
Pastato vėdinimo sistema	Natūrali / mechaninė	Natūrali / dalis mechaninės	Natūrali / dalis mechaninės
Šilumos energijos šaltinis	Šilumos punktas	Šilumos punktas	Šilumos punktas
Šilumos paskirstymas šildymo sistemos stovuose	Apatinio	Apatinio	Apatinio
Šilumos punkto tipas	Su šilumokaičiu Sekciniai ketiniai	Su šilumokaičiu Sekciniai ketiniai,	Su šilumokaičiu Plokšti plieniniai
Vyraujantys šildymo prietaisai	radiatoriai	plokšti plieniniai	
Vidutinė patalpų temperatūra, °C	19	18	20
<b>4. Karšto vandens tiekimas</b>			
Karšto vandens ruošimo būdas	Tūriniai šildytuvai	Tūriniai šildytuvai	Tūriniai šildytuvai
Karšto vandens šilumokaitis	Tūriniai šildytuvai	Tūriniai šildytuvai	Tūriniai šildytuvai
Karšto vandens temperatūra, °C	50	70	50

Įvertinus buvo nustatyta, kad šie pastatai atitinka D energetinio naudingumo klasę.

Lauko apšvietimui naudojami pasenę žibintai, kurie suvartoja didžiąsą dalį apšvietimui skirtos elektros energijos. Pastatuose elektros energijos apskaitos prietaisai atnaujinti prieš keletą metų, o elektros instaliacija tvarkinga.

#### **I-ų rūmų charakteristikos**

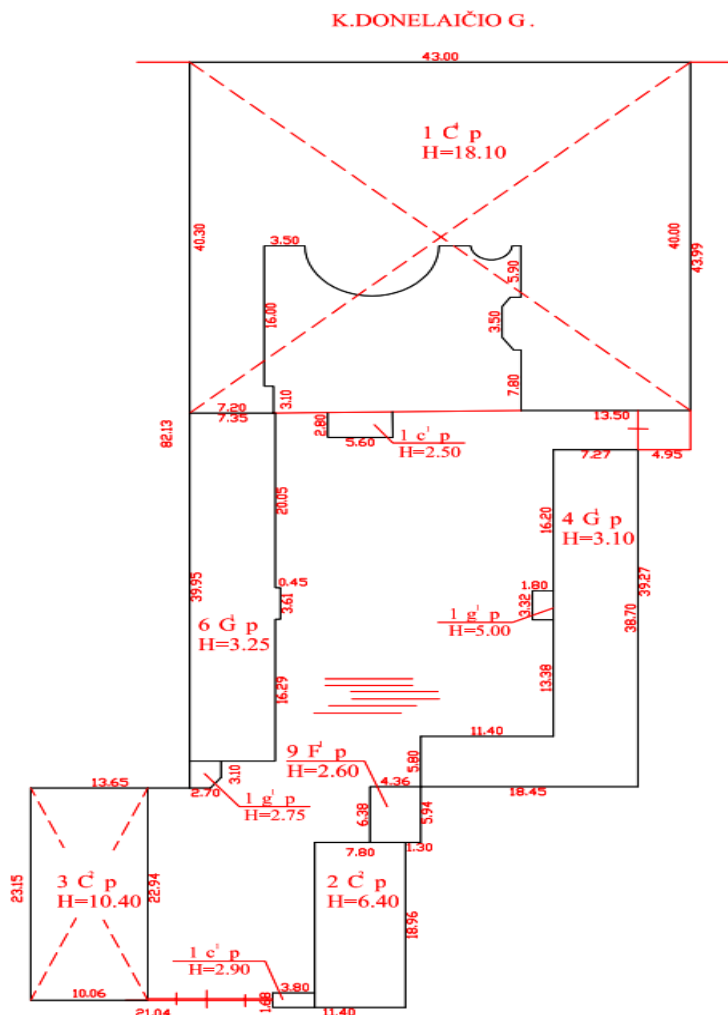
KTU Centrinuose arba I-uose rūmuose (žr. 3.1 pav.) nuo seno įsikūrusi KTU (anksčiau – Kauno politechnikos instituto) administracija. Rūmai pastatyti 1935 m., pagrindinės šio pastato charakteristikos, įtakojančios pastato energetinę būklę:

a) pagrindinis pastatas yra keturių aukštų, taip pat jame yra rūsys ir pastogė. Pastatas yra nesimetriškos formos, turi vidinį kiemą;

b) išorės sienų konstrukcija – keramzitbartonis, plytų mūras, sienos rūsyje – gelžbetonio blokai. Daugiausiai šilumos nuostolių per lauko sienas – 54 proc. visų šiluminių nuostolių, per

senus medinius langus, kuriuose įmontuoti dviejų kamerų stiklo paketai, prarandama 18 proc. šilumos energijos, arba 14 proc. visų šiluminių nuostolių;

c) pastato stogas – šlaitinis, danga – metalas. Virš 4 aukšto yra neapšiltinta palėpė, per perdangą, gaunami gana dideli šiluminiai nuostoliai (atitinkamai – 9 ir 7 proc.) [48].



3.1 pav. KTU I-ą rūmų planas (2D formatas)

### IX-ą rūmų charakteristikos

KTU IX-uose rūmuose (žr. 3.2 pav.) nuo seno įsikūrę Statybos ir architektūros bei Elektros ir valdymo inžinerijos fakultetai, pastato statybos metai yra 1965-ieji. Pagrindinės šio pastato charakteristikos, įtakojančios pastato energetinę būklę [48]:

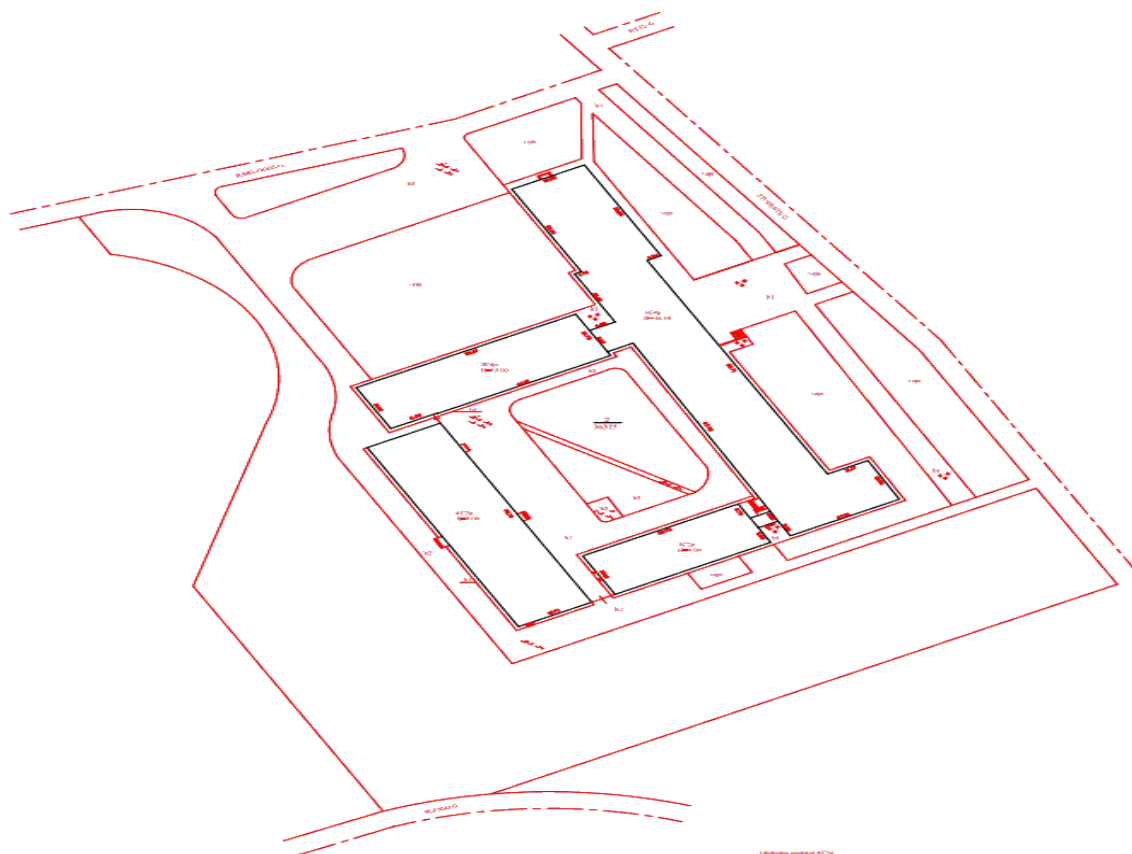
a) išorės sienų konstrukcijas sudaro gelžbetoniniai paneliai ir plytų mūras. Nors didelę dalį Statybos rūmų atitvarų ploto užima langai, tačiau daugiausia pastatas šilumos netenka per sienas, per kurias patiriama net 53 proc. savitųjų šilumos nuostolių;

b) pastato stogas – plokščias sutapdintas, apšiltintas 20 cm ir 10 cm šiluminės izoliacijos sluoksniu, su prilydoma danga. Dvidešimties centimetrų storio šilumine danga padengtas 1C4p korpuso stogas, neskaitant aktų salės dalies stogo, kitų korpusų stogai šiltinti tik 10 cm storio

izoliacija. Per pastato apšiltintą stogą prarandama tik 2 proc. šilumos nuostolių, kai palyginus su neapšiltinta stogo dalimi susidaro 12 proc. suminių šilumos nuostolių;

c) didelę dalį pastato atitvarų ploto užima langai. Seni plastikiniai (ir dar senesni mediniai langai) jau nusidėvėję ir praradę savo efektyvumą – per juos netenkama net 29 proc. pastato savitųjų ir 18 proc. suminių šilumos nuostolių. Šie nuostoliai sudaro atitinkamai 25 ir 12 proc. visų pastato šilumos nuostolių;

d) pagrindinėje pastato dalyje yra rūsys, todėl dalis (3 proc.) suminių šilumos nuostolių tenka cokoliu virš žemės.



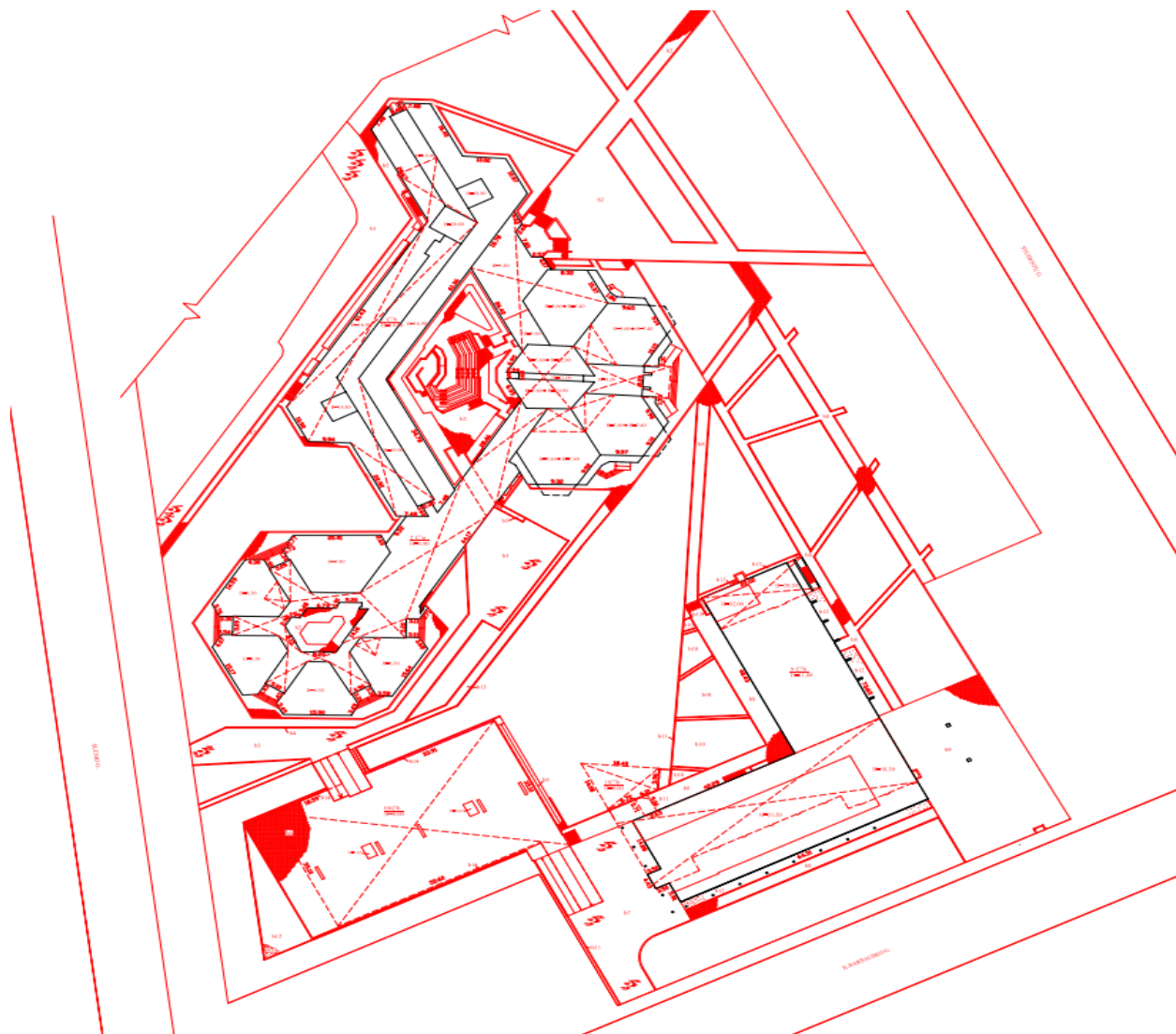
**3.2 pav.** KTU IX-ų rūmų planas (2D formatas)

### **XI-ų rūmų charakteristikos**

KTU „Santakos slėnio“ arba XI-ieji rūmai – vienas iš penkių Lietuvoje įsteigtų integruotų mokslo, studijų ir verslo centrų, kurių tikslas – konkrečiose geografinėse vietovėse sutelkti mokslinių tyrimų, studijų ir imlaus žinioms verslo potencialą, kryptingai prisidedantį prie žinių visuomenės ir žinių ekonomikos kūrimo, Lietuvos ūkio konkurencingumo stiprinimo. „Santakos slėnio“ rūmuose (žr. 3.3 pav.), kurie pastatyti 2013 m., įsikūrė Nacionalinis inovacijų ir verslo centras.

Pagrindinės XI-ų rūmų pastatų komplekso charakteristikos, įtakojančios jų energetinę būklę [49]:

- a) pagrindinis pastatas yra 8-ių aukštų, taip pat jame yra rūsys, kuriame įrengtas naujas ir modernus šilumos punktas. Pastatas yra nesimetriškos formos, turi vidinį kiemą.
- b) išorės sienų konstrukcija – gelžbetonis, plytų mūras, sienos rūsyje – gelžbetonio blokai. Daugiausiai šilumos nuostolių per lauko sienas – 54 proc. visų šiluminių nuostolių, per senus medinius langus, kuriuose įmontuoti dviejų kamerų stiklo paketai, prarandama 18 proc., šilumos energijos, arba 14 proc. visų šiluminių nuostolių
- c) pastato stogas – šlaitinis, danga – metalas.



**3.3 pav. KTU XI-ų rūmų planas (2D formatas)**

### **3.2. I-ų, IX-ų ir XI-ų rūmų energetinių poreikių įvertinimas**

#### **Išlaidų energetiniams ištekliams analizė**

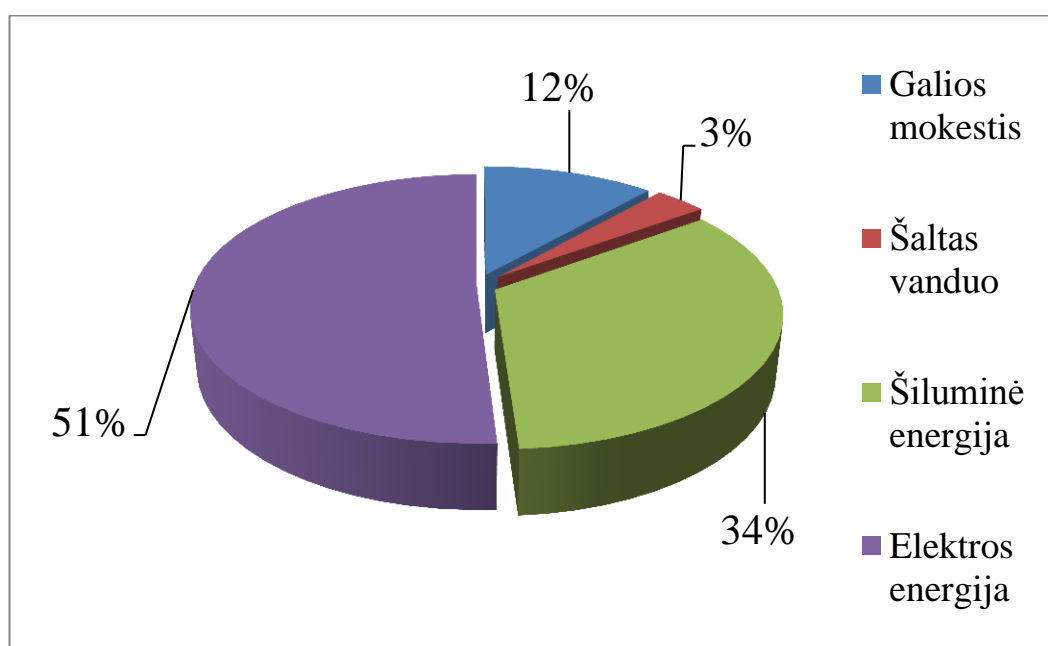
Analizuojant pastatų išlaidas energetiniams ištekliams, būtina atkreipti dėmesį į (elektros) galios dedamąją, už kurią juridiniams asmenims priskaičiuojami nemaži galios mokesčiai. Tai –

vieno leistinosios naudoti galios kilovato (kW) kaina vienam kalendoriniam mėnesiui, mokama už kiekvieną vartotojo objektą, nepriklausomai nuo suvartotos elektros energijos kiekio, elektros energijos tiekimo ir (ar) vartojimo bei elektros energijos pirkimo, pardavimo ar persiuntimo paslaugos sutarties sudarymo fakto [38].

1. 2015 m. I-ų rūmų ir juose dirbančių KTU darbuotojų energetiniams poreikiams patenkinti buvo išleista 109,07 tūkst. eurų, iš jų:

- 3,8 tūkst. eurų (įsk. PVM) centralizuotai tiekiamam šaltam vandeniui pirkti. Jis naudojamas pastato šildymo agentui papildyti bei KTU darbuotojų poreikiams patenkinti. Vidutiniškai 1 m<sup>3</sup> į šį pastatą tiekiamo vandens kainavo 1,65 eurus;
- 37,09 tūkst. eurų (įsk. PVM) centralizuotai tiekiamai šilumos energijai pirkti. Ji naudojama pastato šildymo agentui pakaitinti bei karšto vandens buitiniams poreikiams patenkinti. Vidutiniškai 1 MWh į šį pastatą tiekiamos šilumos kainavo 66,86 eurus;
- 55,58 tūkst. eurų (įsk. PVM) centralizuotai tiekiamai elektros energijai pirkti. Ji naudojama pastato apšvietimui, apsaugai bei KTU darbuotojų darbo poreikiams patenkinti. Vidutiniškai 1 kWh į šį pastatą tiekiamos energijos kainavo 0,141 eurų;
- galios (instaliuota galia – 260 kW) mokestis (be PVM) sudaro 865,8 eurus per mėnesį. Per 2015 m. buvo sumokėta 12,6 tūkst. eurų (įsk. PVM).

Didžiausia šio pastato energetinių sąnaudų dalį (žr. 3.4 pav.) 2015 m. sudarė išlaidos elektros energijai (51 proc.) bei 60 °C temperatūros karštam vandeniui – šildymo paslaugoms pirkti (34 proc.).

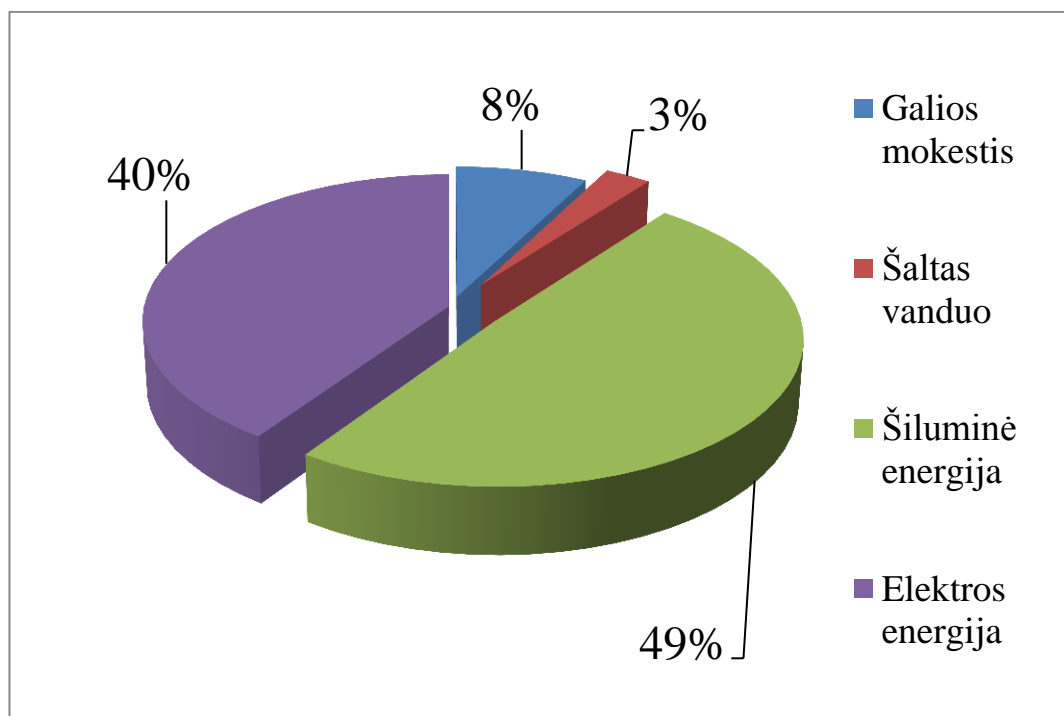


3.4 pav. Energetinių sąnaudų KTU I-uose rūmuose struktūra (proc.)

2. 2015 m. IX-ą rūmų ir juose veikla užsiimančių KTU bendruomenės narių energetiniams poreikiams patenkinti buvo išleista 128,6 tūkst. eurų, iš jų:

- 3,52 tūkst. eurų (įsk. PVM) centralizuotai tiekiamam šaltam vandeniui pirkti. Jis naudojamas pastato šildymo agentui papildyti, įvairiems KTU darbuotojų bei studentų poreikiams patenkinti. Vidutiniškai 1 m<sup>3</sup> į šį pastatą tiekiamo vandens kainavo 1,63 eurų;
- 63,34 tūkst. eurų (įsk. PVM) centralizuotai tiekiamai šilumos energijai pirkti. Ji naudojama pastato šildymo agentui pakaitinti bei karšto vandens įvairiems poreikiams patenkinti. Vidutiniškai 1 MWh į šį pastatą tiekiamos šilumos kainavo 67,29 eurų;
- 51,84 tūkst. eurų (įsk. PVM) centralizuotai tiekiamai elektros energijai pirkti. Ji naudojama pastato apšvietimui, apsaugai, įvairiems KTU darbuotojų bei studentų poreikiams patenkinti. Vidutiniškai 1 kWh į šį pastatą tiekiamos energijos kainavo 0,135 eurų;
- galios (instaliuota galia – 240 kW) mokestis (be PVM) sudaro 684 eurų per mėnesį. Per 2015 m. buvo sumokėta 9,93 tūkst eurų (įsk. PVM).

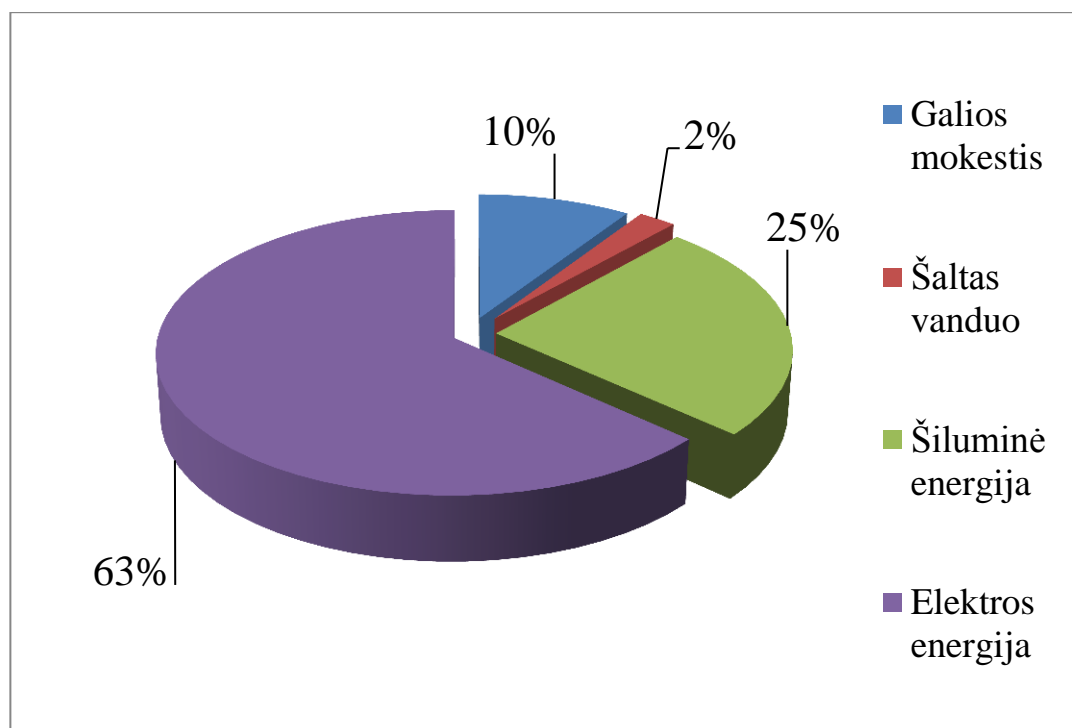
Didžiausia šio pastato energetinių sąnaudų dalį (žr. 3.5 pav.) 2015 m. sudarė išlaidos elektros energijai (40 proc.) bei 60 °C temperatūros karštam vandeniui – šildymo paslaugoms pirkti (49 proc.).



**3.5 pav.** Energetinių sąnaudų KTU IX-uose rūmuose struktūra (proc.)

3. 2015 m. XI-ą rūmų ir juose veikla užsiimančių KTU bei kitų organizacijų darbuotojų energetiniams poreikiams patenkinti buvo išleista 251,55 tūkst. eurų, iš jų:

- 5,83 tūkst. eurų (įsk. PVM) centralizuotai tiekiamam šaltam vandeniui pirkti. Jis naudojamas pastato šildymo agentui papildyti, įvairiems KTU darbuotojų bei studentų poreikiams patenkinti. Vidutiniškai 1 m<sup>3</sup> į šį pastatą tiekiamo vandens kainavo 1,75 eurų;
- 62,89 tūkst. eurų (įsk. PVM) centralizuotai tiekiamai šilumos energijai pirkti. Ji naudojama pastato šildymo agentui pakaitinti bei karšto vandens įvairiems poreikiams patenkinti. Vidutiniškai 1 MWh į šį pastatą tiekiamos šilumos kainavo 64,2 eurų;
- 159,31 tūkst. eurų (įsk. PVM) centralizuotai tiekiamai elektros energijai pirkti. Ji naudojama pastato apšvietimui, apsaugai, įvairiems KTU darbuotojų bei studentų poreikiams patenkinti. Vidutiniškai 1 kWh į šį pastatą tiekiamos energijos kainavo 1,39 eurų;
- galios (instaliuota galia – 1500 kW) mokestis (be PVM) sudaro 1 620 eurų per mėnesį. Per 2015 m. buvo sumokėta 23,52 tūkst. eurų (įsk. PVM).



**3.6 pav.** Energetinių sąnaudų KTU XI-uose rūmuose struktūra (proc.)

Didžiausia šio pastato energetinių sąnaudų dalį (žr. 2.8 pav.) 2015 m. sudarė išlaidos elektros energijai (63 proc.) bei 60 °C temperatūros karštam vandeniui – šildymo paslaugoms pirkti (25 proc.).



### Išlaidų šilumos poreikiams analizė

Atlikus KTU pastatų energetinių išteklių analizę, nustatyta, jog jų tiekimas ir paskirstymas mažiausiai kainuoja naujiems pastatams. Pavyzdžiui, 1 kWh centralizuotai tiekiamą šiluminę energiją XI-iems rūmams kainuoja vidutiniškai 4,3 proc. pigiau nei I-iems ar IX-iems rūmams. Tačiau elektros energijos tiekimas šiam pastatui dėl didesnės įrengtosios galios kainuoja iki 6,2 proc. brangiau, lyginant su senaisiais pastatais. Tiesa, instaliuotos galios dedamosios įtaka perkamos elektros energijos kainai XI-uose rūmuose mažiausia (žr 3.2 lentelę).

**3.2 lentelė.** KTU pastatams tiekiamos elektros energijos kaina 2015 m., ct/kWh

Pastato pavadinimas / statybos metai	Be galios mokesčio, ct/kWh	Su galios mokesčiu, ct/kWh	Kainos pokytis, proc.
I-ieji rūmai (1935 m.)	14,1	17,3	22,6
IX-ieji rūmai (1965 m.)	13,5	16,0	19,2
XI-ieji rūmai (2013 m.)	14,3	16,4	14,8

Atlikus KTU pastatų energetinę analizę, galima daryti išvadą, jog išlaidų jų energetiniams poreikiams patenkinti absoliutus dydis tiesiogiai priklauso nuo:

a) lauko temperatūros šaltuoju metų laikotarpiu, kuri 10-ies m. perspektyvoje šylant klimatui turėtų mažėti. Temperatūros ir vėjo greičio pokyčiai šiek tiek įtakojami ir vietinės pramonės išsivystymo lygmens – kuo geresniame lygmenyje Kauno regiono ekonomika, tuo labiau atmosfera teršiama CO<sub>2</sub> dujomis;

b) pastatų panaudojimo laipsnio, kuris tiesiogiai susijęs su Kauno regiono ekonomine būkle. Esant didesniam darbingų žmonių užimtumui, daugiau užsakoma mokslo paslaugų XI-uose rūmuose bei rinkoje jaučiamas didesnis poreikis jauniems specialistams (inžinieriams);

c) konkretaus pastato:

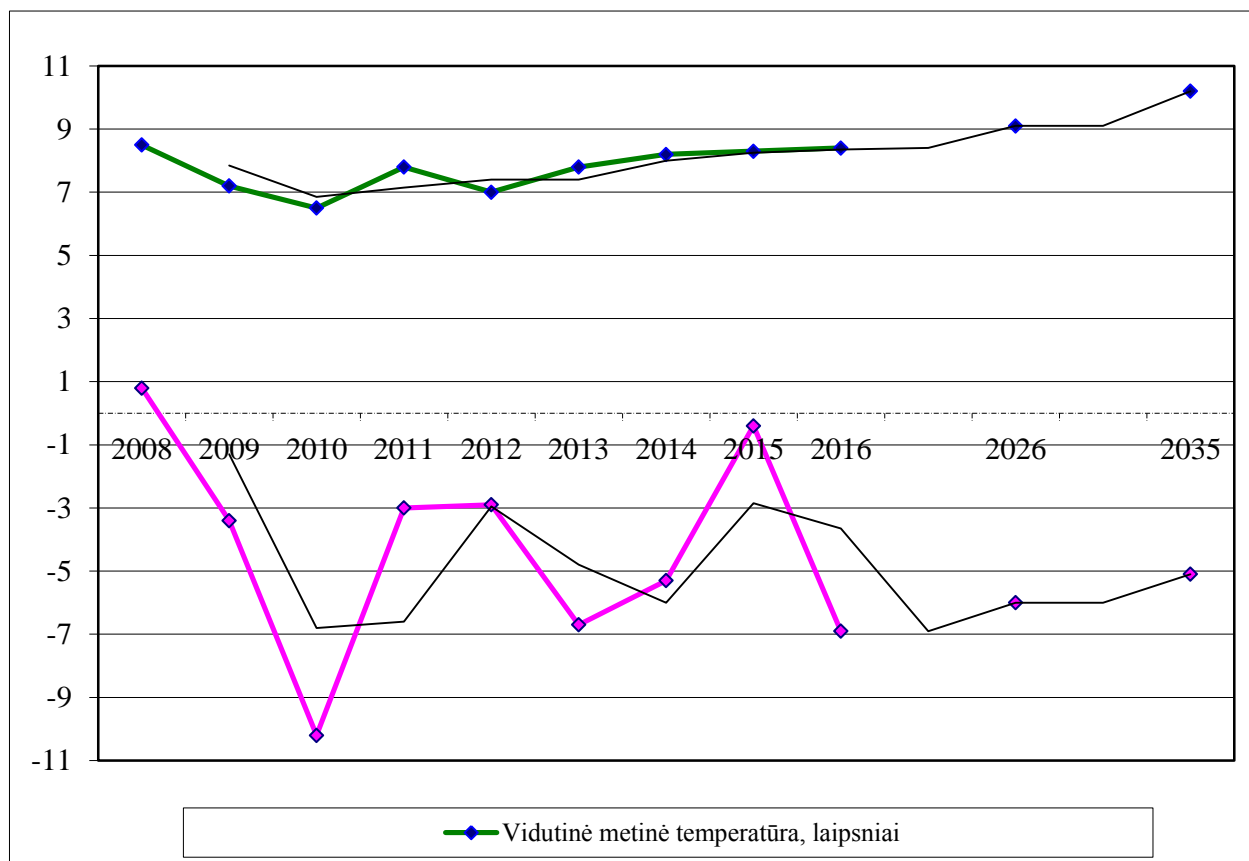
- infrastruktūros, skirtos energetiniams ištekliams paskirstyti, susidėvėjimo laipsnio;
- sienų, lubų, langų ir durų (t. y. atitvarų) susidėvėjimo laipsnio bei kitų faktorių.

Energijos sąnaudos I-uose ir IX-uose rūmuose (skirtingai nei XI-uose rūmuose) sąlyginai didelės, ypač pastatų šildymui šaltuoju metų laikotarpiu. Kiekvienais metais prastėjant pastatų būklei didėja ir išlaidos už jų eksploataciją, todėl, siekiant sutaupyti išlaidas šilumai ir elektrai bei pailginti pastatų konstrukcijų ilgaamžiškumą bei pagerinti jų šiluminės savybes:

- būtina rekonstruoti pastatų atitvaras ir inžinerinius tinklus;
- reikėtų atnaujinti šių pastatų vėdinimo sistemas;
- įvertinti alternatyvių energetinių išteklių pritaikymo galimybes.

### 3.3. Prielaidos pastatų energetinių poreikių užtikrinimo modeliavimui

Atliekant KTU priklausančių pastatų energijos suvartojimo prognozes, pirmiausia tinkamai įvertintos prielaidos, įtakojančios šias prognozes. Remiantis 2010–2015 m. duomenimis, pateikiamos oro temperatūros bei vidutinio vėjo greičio pokyčių prognozės Kauno mieste, per ateinančius 10 metų (žr. 3.7 pav. ir 2 priedo 1 lentelę).



3.7 pav. Vidurinės oro temperatūros Kauno regione tendencijos iki 2035 m. (°C)

#### Klimato rodiklių prognozė

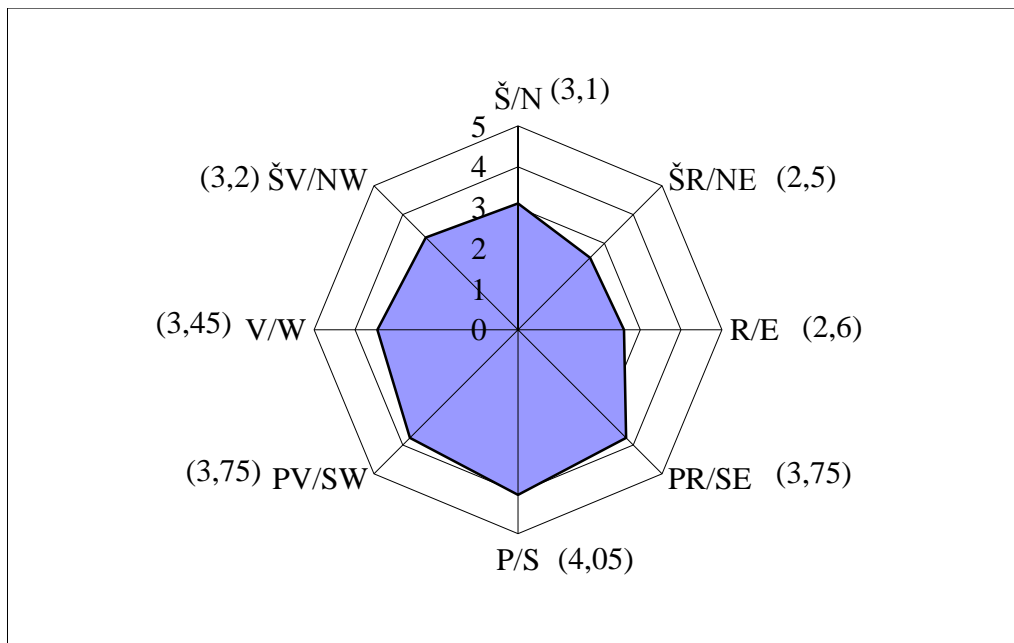
Remiantis D. Keršytės., D. Rimkaus ir J. Kažio [18] prognozuojamais klimato scenarijais, XXI a. oro temperatūra Kauno regione didės visais metų laikais. Iki 2035 m. vidutinė metinė temperatūra padidės 1,1 °C, o labiausiai turėtų padidėti šaltojo metų laikotarpio temperatūra. Vidutinis metinis kritulių kiekis iki 2035 m. turėtų išaugti 1,6–4,0 proc., jo augimas prognozuojamas spalio–birželio mėn., o liepą–rugsėįj galimas kritulių kiekio mažėjimas.

Remiantis minėtų autorių prielaidomis ir atliktomis klimato veiksnių prognozėmis:

- vidutinė (skaičiuojamoji) metinė oro temperatūra Kaune turėtų padidėti nuo 8,3 °C (2015 m.) iki 9,1 °C (2026 m.);
- vidutinė (skaičiuojamoji) oro temperatūra sausio mėn. Kaune turėtų sumažėti nuo -2,8 °C (2015 m.) iki 6,0 °C (2026 m.).

Remiantis S. Strolytės ir E. Rimkaus [32] prognozuojamais klimato scenarijais, XXI a. Kauno regione didžiausi pokyčiai numatomi žiemą (žr. 3.8 pav.):

- mažės pietvakarių (PV/SW) krypčių vėjų;
- turėtų padaugėti rytų (R/E) krypčių vėjų.



**3.8 pav.** Vyraujantys vėjai ir vidutinis vėjo greitis (m/s) Kaune 2026 m.

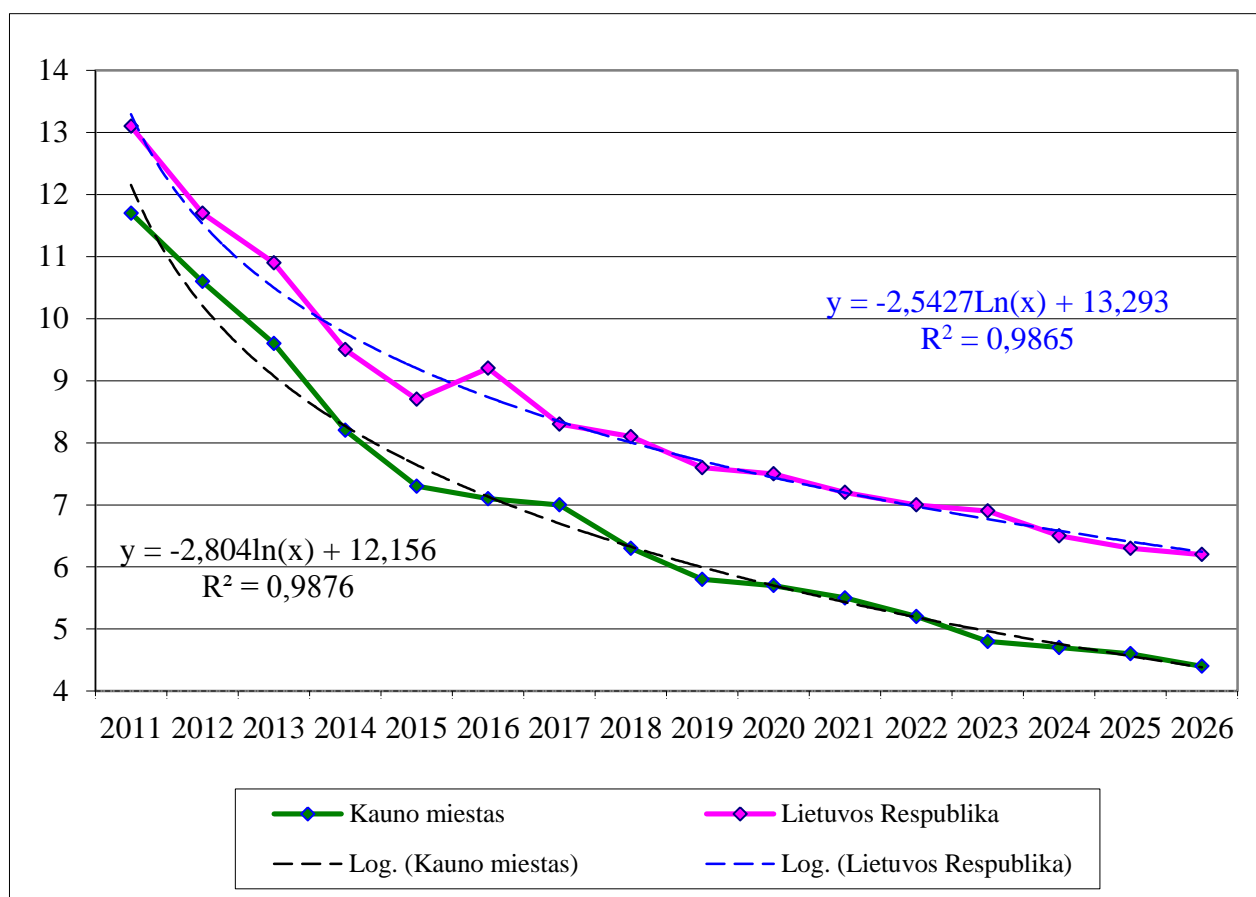
Prognozuojama, jog 2026 m. Kaune dažniausiai pasitaikys vakarinių vėjų (V/W), tačiau taip pat dažni bus pietvakarių, pietų ir pietryčių vėjai. Vidutinis vėjo greitis turėtų mažėti po 0,3 m/s [32] per dešimtmetį ir 2026 m. pasiekti vidutinį 3,6 m/s greitį (žr. 3.3 lentelę).

**3.3 lentelė.** Vidutinio vėjo greičio pokyčio prognozė iki 2050 m., m/s

Kalendoriniai metai	1971– 1990 m.	1991– 2010 m.	2011– 2030 m.	2031– 2050 m.
Vidutinis vėjo greitis, m/s	4,05	3,75	3,6	3,45
Vyraujantys vėjai:	PR, P, PV, V			

### Užimtumo Kaune prognozė

Remiantis Lietuvos darbo biržos duomenimis [52], nedarbo lygis Kauno regione turėtų tolygiai mažėti ir 2026 m. pasiekti 4,4 proc. Bendras nedarbo lygis šalyje turėtų sumažėti nuo 7,3 proc. (2015 m.) iki 6,2 proc. 2026 m. (žr. 3.9 pav. ir 2 priedo 2–3 lenteles). Nedarbo lygio mažėjimas regione pirmiausia siejamas su aukštųjų ir informacinių technologijų pramonės plėtra.



**3.9 pav.** Nedarbo lygio (proc.) tendencijos Kauno m. 2011–2026 m.

Nedarbo lygio mažėjimas siejamas su Kauno laisvosios ekonominės zonos plėtra ir naujų pramonės įmonių bei logistikos centrų steigimusi. Tačiau tai tiesiogiai įtakoja oro užterštumo lygio didėjimą (ypač CO<sub>2</sub> dujų) ir – kartu su bendru pasauliniu poveikiu – Kauno regiono klimato atšilimą (žr. 3.7 pav.).

### 3.4. KTU pastatų energetinių poreikių prognozės modeliavimui

Įvairių įmonių, į rinką tiekiančių alternatyviosios energetikos įrenginius, specialistų teigimu, šių įrenginių sudedamosios dalys tarnauja:

a) geoterminio šildymo / vėsinimo įrenginiai:

- šilumos siurblys, akumuliacinė talpa – 10 metų;
- vamzdžiai žemėje energijos paėmimui – 25 metus.

b) saulės energijos moduliai [13]:

- elektros energijai gaminti – 25 metus;
- akumuliatoriai elektros energijai – nuo 6 metų;
- šalto vandens pašildymui – 10 metų;
- modulių tvirtinimo konstrukcijos – nuo 30 metų.

Pagal Lietuvos Respublikos pelno mokesčio įstatymą [23], alternatyviosios energetikos įrenginiai turėtų būti nudėvimi per 8 metus. Remiantis aukščiau išvardintomis prielaidomis, toliau pateikiamos pastatams reikalingų energetinių išteklių poreikio iki 2026 m. prognozės:

a) I-ą ir IX-ą rūmų energetinių išteklių poreikių poreikis (žr. 3.10 pav. – 3.12 pav.) per sekančius dešimt metų numatomas, remiantis:

- 2010–2015 m. išteklių suvartojimo duomenimis;
- eksponentinės ir logaritminių funkcijų pagalba.

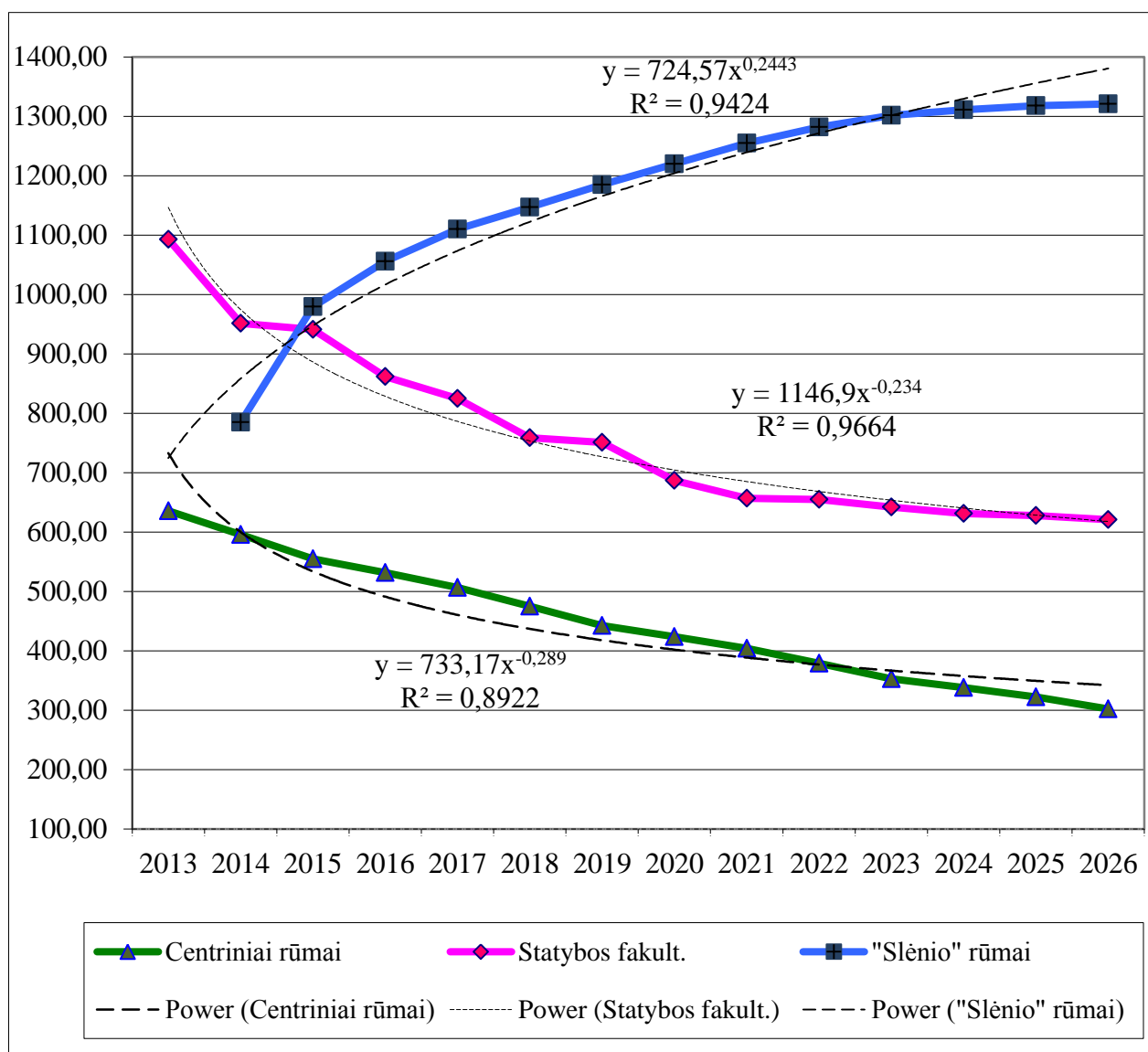
b) XI-ą rūmų energetinių išteklių poreikių poreikis (žr. 3.10 pav. – 3.12 pav.) per sekančius dešimt metų numatomas remiantis 2013–2015 m. išteklių suvartojimo duomenimis.

### **Šilumos poreikių prognozės**

2010–2011 m. žiema Kauno regione, buvo išskirtinai šalta ir šaltasis metų laikotarpis užsitęsė pakankamai ilgai. Dėl šios priežasties pastatuose buvo sunaudota labai daug šiluminės energijos (pvz. IX-uose rūmuose) ir elektros energijos papildomam laboratorijų pašildymui. Klimatui tolygiai šylant, tokių šaltų žiemų sinoptikai neprognozuoja, todėl šilumos suvartojimas ilguoju laikotarpiu (2016–2026 m.) turėtų tolygiai mažėti. Didžiausi pokyčiai būtų žiemos laikotarpiu, nes žiemos temperatūra taptų teigiama [20].

Remiantis atliktos šilumos poreikio prognozės duomenimis (žr. 3.10 pav. ir 2 Priedo 4–5 lenteles):

a) I-uose rūmuose šilumos poreikis šaltuoju laikotarpiu turėtų sumažėti nuo 554,7 MWh 2015 m. ( $97 \text{ kWh/m}^2$ ) iki 302,1 MWh 2026 m. arba 45,5 proc. Reikšmingų, šilumos nuostolius sumažinančių, priemonių įdiegimas (pvz. pastato apšiltinimas) sunkiai įmanomas, kadangi pastatas turi kultūros paveldo objekto statusą [43]. Tikėtina, jog energetinių išteklių nuostolius padės sumažinti numatomas susidėvėjusių langų, durų bei energetinių išteklių paskirstymo sistemų remontas, stogo apšiltinimas. Tokiu atveju skaičiuojamasis šilumos poreikis šaltuoju laikotarpiu siektų  $58 \text{ kWh/m}^2$  perskaičiavus jį šildomam plotui.



**3.10 pav.** KTU pastatų šilumos energijos poreikio prognozės iki 2026 m. (MWh)

b) IX-uose rūmuose šilumos poreikis šaltuoju laikotarpiu turėtų sumažėti nuo 941,3 MWh 2015 m. ( $64 \text{ kWh/m}^2$ ) iki 621,1 MWh 2026 m. arba 34 proc. Reikšmingų, šilumos nuostolius sumažinančių, priemonių (pvz. pastato apšiltinimas) įdiegimas yra realus ir tai turėtų sumažinti šilumos nuostolius iki 70 proc. Tokiu atveju šilumos poreikis 2026 m. šaltuoju laikotarpiu siektų  $42 \text{ kWh/m}^2$ , perskaičiavus jį šildomam plotui.

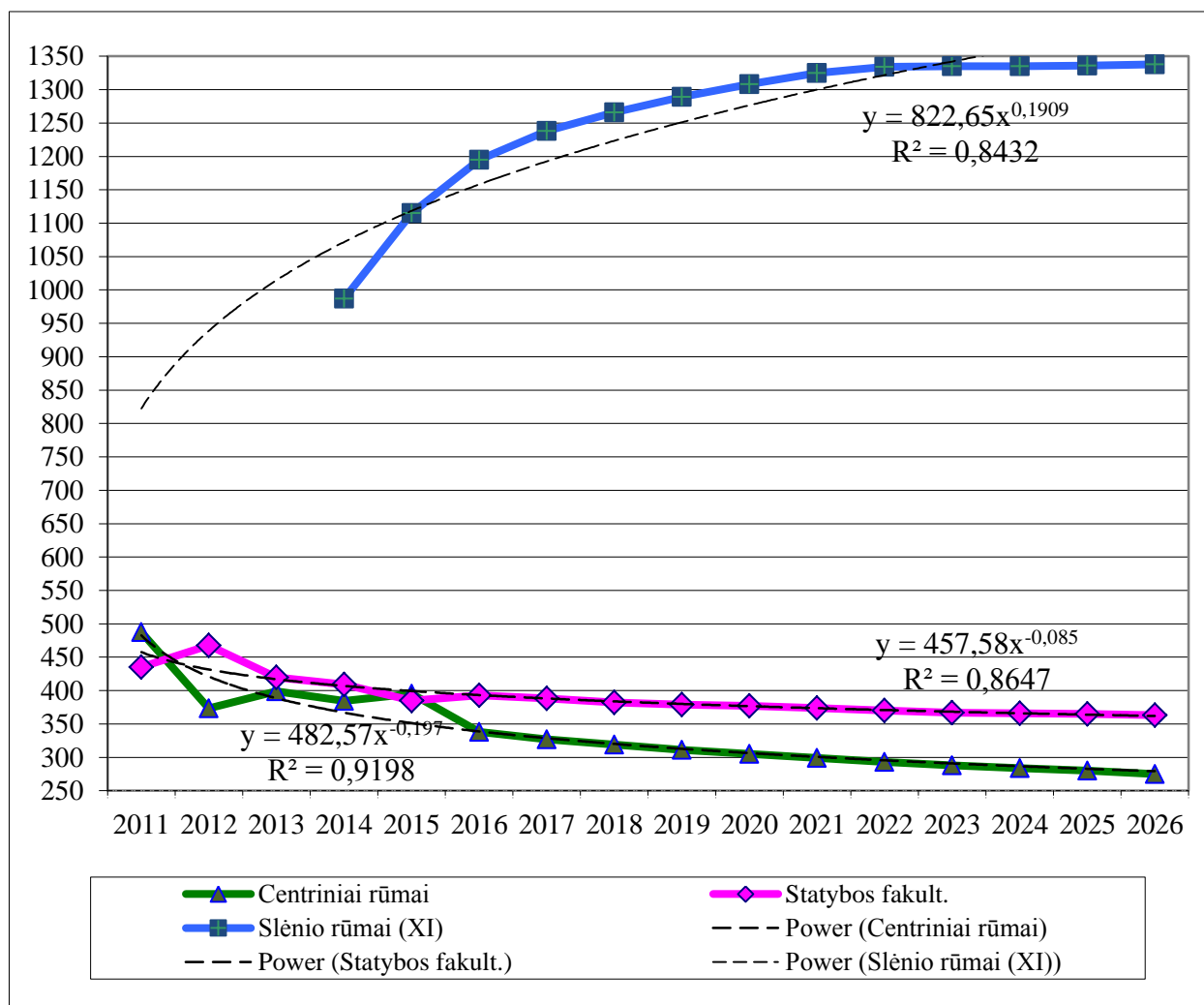
c) priešingai nei anksčiau pastatytuose KTU priklausančiuose pastatuose, XI-uose rūmuose šilumos poreikis turėtų išaugti nuo 979,5 MWh 2015 m. ( $82 \text{ kWh/m}^2$ ) iki 1321 MWh arba 34 proc. Pagrindinė energetinių išteklių poreikio prieaugio priežastis – vis didėjantis patalpų užimtumas. Nuo 2013 m. šiame pastate kuriasi KTU padaliniai, įvairūs mokslo centrai ir su jais bendradarbiaujančios verslo įmonės. Bendras skaičiuotinas šilumos poreikis 2026 m. siektų  $110 \text{ kWh/m}^2$ , perskaičiavus šildomam plotui.

### Elektros energijos poreikių prognozės

Elektros energija I-uose rūmuose naudojama administracinėms reikmėms, darbuotojų buitiniams poreikiams ir patalpų apšvietimui. Esant itin šaltai žiemai, didžiulių patalpų [43] pašildymui trumpuoju laikotarpiu naudojami elektriniai šildytuvai (pvz., 2011 m. žiemą).

Remiantis elektros energijos poreikio prognozės duomenimis (žr. 3.11 pav. ir 2 Priedo 6–7 lenteles):

a) I-uose rūmuose metinis elektros energijos poreikis turėtų sumažėti nuo 395 MWh 2015 m. iki 275 MWh 2026 m. arba 30,4 proc. Tam įtakos turės susidėvėjusių langų, durų bei energetinių išteklių paskirstymo sistemų remontas, stogo apšiltinimas, lauko šviestuvų atnaujinimas bei besikeičiantys klimatiniai veiksniai.



**3.11 pav.** KTU pastatų elektros energijos poreikio prognozės iki 2026 m. (MWh)

b) IX-uose rūmuose metinis elektros energijos poreikis dėl klimato įtakos turėtų sumažėti nuo 385 MWh 2015 m. iki 363 MWh 2026 m. arba 5,7 proc. Pastato apšiltinimo, atitvarų remonto bei

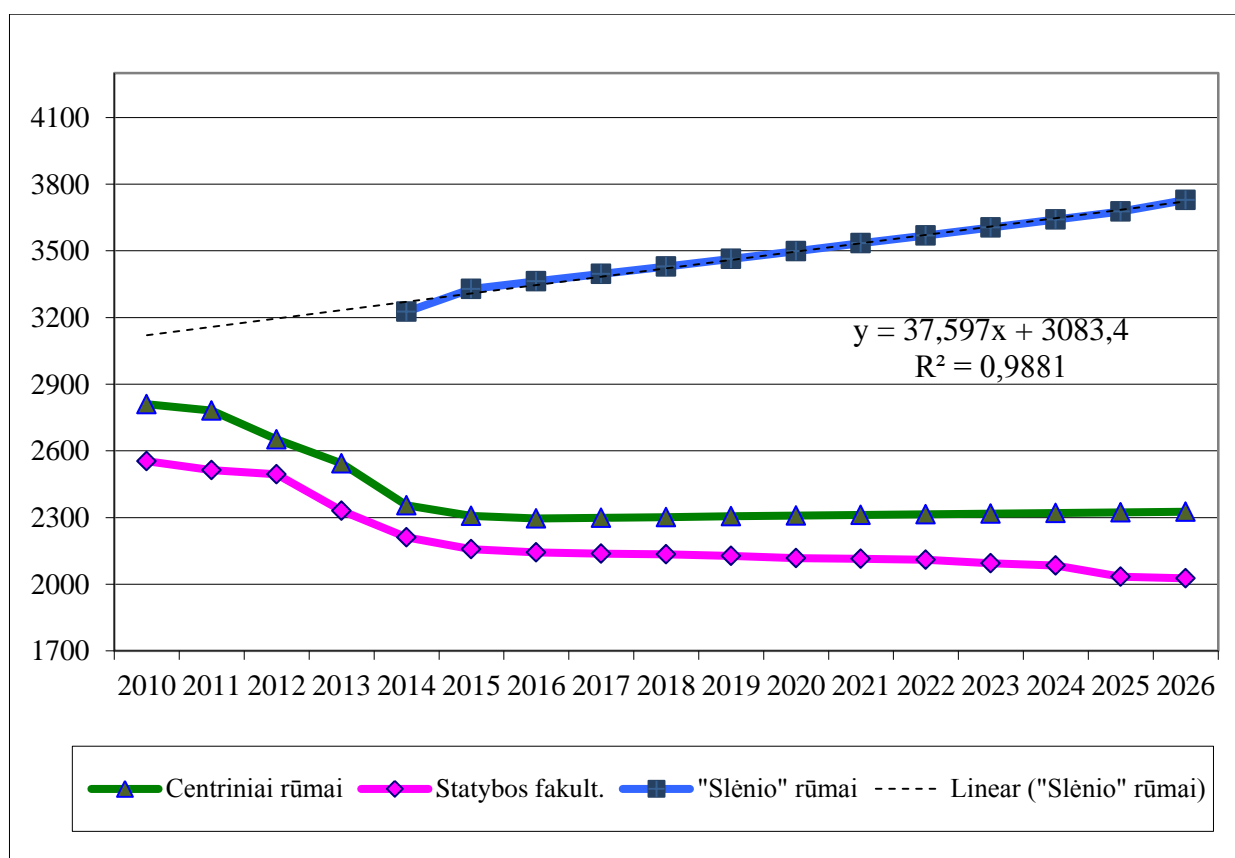
energetinių išteklių paskirstymo sistemų remontas per sekančius 10-imt metų yra realus ir tai turėtų papildomai sumažinti elektros energijos nuostolius.

c) priešingai nei anksčiau pastatytuose KTU priklausančiuose pastatuose, XI-uose rūmuose elektros energijos poreikis turėtų išaugti nuo 1 115 MWh 2015 m. iki 1 338 MWh arba 20 proc. Pagrindinė elektros poreikio prieaugio priežastis – vis aktyvėjanti mokslinė-tiriamoji technologinio pobūdžio veikla.

### Šalto vandens poreikių prognozės

Remiantis šalto vandens poreikio prognozės duomenimis (žr. 3.12 pav. ir 2 Priedo 8–9 lenteles):

- I-uose rūmuose metinis šalto vandens poreikis iki 2026 m. turėtų išlikti ganėtinai stabilus – vid. 2 311 m<sup>3</sup> per metus. Šalto vandens poreikis turėtų išaugti nuo 2 308 m<sup>3</sup> 2015 m. iki 2 326 m<sup>3</sup> 2026 m. arba 7 proc. Pastato atitvarų, sistemų remontas bei besikeičiantys klimatiniai veiksniai šių išteklių suvartojimo beveik neįtakos.
- IX-uose rūmuose metinis šalto vandens poreikis 2016–2026 m. šalto vandens poreikis turėtų sumažėti nuo 2 157 m<sup>3</sup> 2015 m. iki 2 027 m<sup>3</sup> 2026 m. arba 6 proc. Pastato atitvarų, sistemų remontas bei besikeičiantys klimatiniai veiksniai šių išteklių suvartojimo beveik neįtakos.



3.12 pav. KTU pastatų šalto vandens sunaudojimas iki 2026 m. (m<sup>3</sup>)



c) priešingai, nei anksčiau pastatytuose KTU priklausančiuose pastatuose, XI-uose rūmuose metinis šalto vandens poreikis turėtų išaugti nuo 3 329 m<sup>3</sup> 2015 m. iki 3 728 m<sup>3</sup> 2026 m. arba 12 proc. Pagrindinė vandens poreikio prieaugio priežastis – vis aktyvėjanti mokslinė-tiriamoji technologinio pobūdžio veikla ir geoterminio šildymo / vėsinimo sistemos įdiegimas.

Prognozuojama, jog per sekantį dešimtmetį, aukštųjų technologijų vystymas ir nuoseklus Kauno miesto įvaizdžio formavimas taps kertine miesto strategijos dalimi. Todėl mokslo ir studijų įstaigose gerokai išaugs įvairių mokslinių tyrimų skaičius bei ženkliai padidės energetinių išteklių suvartojimas. Siekiant sumažinti prognozuojamas sąnaudas, tikslinga įvertinti alternatyvius energijos šaltinius – elektros energiją iš saulės ir vėjo elektrinių, šilumą iš geoterminio šildymo įrenginių.

### 3.5. Energijos taupymo XI-uose rūmuose praktinis pagrindimas

Tolesnio tyrimo tikslas – su kompiuterinės programos „RETScreen“ skaičiavimo metodika patikrinti kogeneracinio įrenginio alternatyvą, aprūpinant XI-us rūmus šiluma, elektra bei karštu vandeniu. Skaičiavimų pagalba galima parodyti, koks būtų optimalus alternatyvių energetinių šaltinių derinys, atsižvelgiant į jų bendrą atsipirkimo laiką.

#### Suminiai energijos poreikiai

„RETScreen“ kompiuterinė programa su SWH (angl. *Sun, wind, hydropower*) skaičiavimo metodika pagal užsiduotą žmonių skaičių (patalpose – 60 žmonių) ir pasirinktą ruošiamo vandens temperatūrą (60 °C) bei klimatinius duomenis, parenka reikiamą šilumos pastate kiekį. Skaičiuotini lauko oro parametrai:

- standartinių metų ŠDL skaičius Kaune  $n_{\text{SDL}18} = 3\,507$ , Vilniuje (užmiestyje)  $n_{\text{SDL}18} = 3\,728$ . Pavyzdžiui, šilumos sąnaudos 2011–2012 m. žiemomis buvo 8–10 proc. didesnės nei „standartiniais metais“;
- šildymo projektinė oro temperatūra  $t = -6,0$  °C, šaldymo projektinė oro temperatūra  $t = +21,0$  °C;
- vidutinė (skaičiuojamoji) metinė oro temperatūra  $t = +6,1$  °C, vidutinis (skaičiuojamasis) vėjo greitis  $v = 3,6$  m/s.

Pastato galutinio vartojimo energijos ir galios poreikiai suvesti į 3.4 lentelę. Karšto vandens poreikis įtraukiamas į šildymo sistemos poreikius ir tolygiai paskirstomas per 12 mėnesių. Energijos poreikio ir pasiskirstymo prognozės (žr. 3.4 lentelę) atliktos remiantis KTU XI-uose rūmuose per 2015 m. sunaudotu energijos kiekiu.

**3.4 lentelė.** Mėnesiniai galutinio vartojimo galios poreikiai 2015 m.

Mėnuo	Šiluminė galia		Elektrinė galia	
	Pasiskirstymas, proc.	Galios poreikis, MW	Pasiskirstymas, proc.	Galios poreikis, MW
Sausis	19,4	32,9	7,2	128,8
Vasaris	14,7	24,9	9,4	170,0
Kovas	11,0	18,7	6,9	124,8
Balandis	6,1	10,3	6,4	115,2
Gegužė	1,5	2,5	6,7	120,2
Birželis	0,8	1,3	7,0	126,4
Liepa	0,4	0,8	8,9	160,3
Rugpjūtis	0,4	0,7	9,1	164,7
Rugsėjis	0,8	1,3	8,6	154,4
Spalis	8,4	14,3	9,3	167,9
Lapkritis	16,5	27,9	10,0	180,5
Gruodis	19,9	33,8	10,4	<u>186,9</u>
Piko galia (metų)	100	34	100	187

Galutinio vartojimo energijos ir galios poreikiai XI-uose rūmuose 2026 m. numatomi kiek didesni, atsižvelgiant į galimas prognozavimo paklaidas (žr. 3.5 lentelę). Numatytos paklaidos:

- elektros poreikiams – 8,7 proc., kai vidutiniai energijos sunaudojimo svyravimai siekia 8,7 proc. (2015 m. duomenimis);
- šilumos poreikiams – 7,4 proc., kai vidutiniai energijos sunaudojimo svyravimai siekia 7,4 proc. (2015 m. duomenimis).

Didžiausi šiluminės pastato galios poreikiai yra sausio bei gruodžio mėnesiais, o elektrinės galios poreikiai – rugpjūčio mėnesiais (dėl kondicionierių darbo). Galutinių vartojimo energijos ir galios poreikių 2026 m. prognozė, atsižvelgiant į apskaičiuotąsias paklaidas, pateikiama 3.5 lentelėje.

**3.5 lentelė.** Galutiniai vartojimo energijos ir galios poreikiai 2026 m., MWh

Energijos poreikiai	MWh	Max galios poreikiai	MWh
Remiantis teorinėmis prielaidomis			
Elektros energijai	1 454	Elektros energijai	151
Šiluminei energijai	1 419	Šiluminei energijai	285
Viso energijos poreikių	2 873	Viso galios poreikių	436

### **Komercinių pasiūlymų sąlygos**

Visi energiją generuojantys komponentai turėtų būti sujungti į vieną sistemą, tačiau kiekvienas iš jų gali veikti atskirai, nepriklausomai nuo kitų. Sistemos generatorių funkcijos:

- a) geoterminio šildymo įrenginys tieks šilumą, o karštuoju metų laiku vėsins patalpas (vietoje kondicionierių). Vidutinio klimato juostos, kuriai priskiriamas Kaunas, buitiniams ir komercinio sektoriaus vartotojams šios paslaugos yra neabejotinai reikalingos.
- b) saulės kolektoriai gamins karštą vandenį, o kai saulės energijos nepakaks, šiluma karštam vandeniui papildomai bus ruošiama iš „Kauno energijos“ gaunamos šilumos. Didžiųjų žiemos šalčių (kas mažai tikėtina) metu ši įmonė patenkins trūkstamos šilumos poreikius.
- c) elektros energijos gamyba bus vykdoma panaudojant nedideles vėjo elektrines, išdėstytas ant pastato stogo. Energijos skirstymo operatoriaus (toliau – ESO) tiekiamą elektra patenkins žiemą papildomai atsirandantį elektros energijos poreikį.

Pirminius pasiūlymus įrenginiams, skirtiems energijai iš atsinaujinančių šaltinių apsirūpinti, pirkti, pateikė UAB „Hidrogela“, UAB „Geotermis šildymas“ ir UAB "Švari Energija". Originalūs pasiūlymai ir juose pateikiamos įrangos charakteristikos bei preliminari kaina pateikiami 3 priede. Atsižvelgiant į šių įmonių šildymo / vėdinimo specialistų pasiūlymus, įranga buvo sukomplektuota su tam tikru rezervu:

a) prognozuojamas šilumos poreikis paskaičiuotas po 6 kW 100 m<sup>2</sup> pastato ir vidutiniškai 11 m<sup>3</sup> kašto vandens per dieną paruošimui. Tai užtikrintų mokslinės veiklos galimybes ir buitinius poreikius iki 400-tų šiame pastate dirbančių žmonių;

b) vadovaujantis prielaida, jog XI-uose rūmuose, esančiuose adresu Baršausko g. 59 (Kaunas), įsikūrusi pelno nesiekianti įstaiga, kuri ne konkurso tvarka galės parduoti perteklinės elektros energijos, kuri gaminama 50 kW galios įrenginyje.

### **Vėjo energijos įrenginiai**

Iš pradžių specialistai pasiūlė 10 kW saulės elektrinę su visa įranga ir montavimo darbais – pirminiais skaičiavimais prie ESO tinklo prijungta elektrinė galėtų kainuoti apie 1 200 Eur/kW. Per

metus, esant idealioms sąlygoms (8 mėn.), tokia elektrinė gali pagaminti apie 10,0 MWh elektros energijos.

Atsižvelgiant į prognozuojamą nedidelį vėjo greitį (3,45 m/s) tikslinga įrengti tik vertikalios ašies vėjo elektrinę, tačiau Lietuvoje ir artimiausiuose kaimyniniuose regionuose jų niekas negamina / neparduoda. Kaip alternatyvą, specialistai pasiūlė 2 vnt. horizontalios ašies jėgainę „Windtamer“ (4,8 kW galios), kuriomis per metus galima būtų pagaminti 5,3 MWh elektros energijos.

### **Saulės energijos įrenginiai**

Dėl ribotos vietos ant pastato stogo, karšto vandens gamybai projektui buvo pasirinkti saulės šildytuvai, o elektros energijos gamybai – saulės moduliai. Specialistų manymu, per parą minimaliai XI-uose rūmuose būtų reikalinga apie 8,5 m<sup>3</sup> karšto vandens (su rezervu – 11 m<sup>3</sup>). Tokį kiekį šilumos galėtų sugeneruoti saulės šildytuvai, jei jų būtų pastatyta 8–9 vnt. (su rezervu tikslinga ir 10 vnt.) – šie šildytuvai patenkintų karšto vandens poreikį apie 7–8 mėn. per metus. Kad, naudojant saulės energiją, būtų galima paruošti norimą kiekį karšto vandens, reikalingi preliminarūs įrenginių kiekiai:

- 1) saulės šildytuvai (45 vnt.), įrangos kaina – 31 500 EUR;
- 2) vakuuminiai saulės kolektoriai (44 vnt.) – 21 120 EUR;
- 3) plokštieji saulės kolektoriai (40–50 vnt.) – 17 377–21 700 EUR.

Alternatyvios energijos gavybos sistemą galima komplektuoti su vakuuminiais arba plokščiais saulės kolektoriais. Pirminiais duomenimis, jų kiekis galėtų būti apie 70–80 vnt. plokščiųjų saulės kolektorių, priklausomai nuo pasirinkto modelio. Tvirtinimo konstrukcijos mazgai, kabeliai ir jungtys gali būti vokiškos arba kiniškos kilmės – pagal užsakovo pageidavimus. Galima būtų įrenginėti pramoninius arba slėginius saulės kolektorius su talpomis virš jų – sumažėtų akumuliacinių talpų tūrio poreikis.

Vidutinės reikalingos įrangos kainos pateiktos be jos montavimo darbų ir medžiagų, tačiau montavimo darbams reikėtų papildomai skirtis apie 16–17 proc. nuo pasirinktos įrangos kainos. Taip pat abejoms sistemoms bet kokių atveju reikia įtraukti akumuliacines talpas, kuriose būtų galima kaupti karštą vandenį nesaulėtomis dienomis. Minimalus tokios pramoninės paskirties talpos tūris – 1 000 litrų, su rezervu – iki 1 500 litrų, tačiau ši talpa tinka ir geoterminio šildymo sistemai.

Projektui pasirinkti saulės moduliai „Solitek“, turintys polikristalinius 250 W galios modulius (specifikacija – 3 priede). Nuolatinės srovės elektros energijos pakeitimui į standartinės įtampos ir dažnio kintamosios srovės energiją, pasirinkti „Fronius“ keitikliai (angl. *inverter*). Moduliams garantija suteikiama 12 metų, o keitikliams – 7 metai, tačiau už papildomą mokestį pirkėjui gali būti suteiktas ilgesnis garantinis terminas. Pasirinktos įrangos, kurią tiekia UAB „Švari energija“ kaina (įsk. PVM) – 54,9 tūkst. eurų, tarnavimo laikas – 10 metų.

### Geoterminės energijos įrenginiai

Įvertinus prognozuojamus energijos poreikius (žr. 3.2 posk.) ir ribotą vietą ant patato stogo, specialistai vietoje saulės šildytuvų rekomendavo pramoninius šilumos siurblius „Cooper & Hunter“. Jų kainos ir galimybių santykis, lyginant analogišką įrangą pas konkuruojančius pardavėjus, šiuo metu yra vienas geriausių. Su pramoniniais šilumos siurbliais galima ne tik pasiruošti karštą vandenį, tačiau ir prisidėti prie šildymo poreikių. Visiškai poreikių patenkinti neįmanoma, nes šie siurbliai efektyvūs apie 7–8 mėn. per metus – jų geriausias efektyvumas stebimas iki maždaug -15 laipsnių šalčio. Apjungus sistemą su saulės kolektoriais, galima būtų pilnai patenkinti karšto vandens poreikį su mažiausiais kaštais.

Iš keleto komercinių pasiūlymų pasirinktas UAB „Geoterminis šildymas“ pasiūlymas su „Dimplex“ šilumos siurbliu (žr. 3 priedą). Pasirinkimą nulėmusi priežastis – pasiūlymas pateiktas perkant vokišką pramoninę įrangą su 10 metų garantija, o bendra jo kaina – 2,531 mln. eurų. Siurblio naudingumo koeficientas siekia 5 ir daugiau, palyginu su „Cooper & Hunter“, kur naudingumo koeficientas lygus 4-iems.

### 3.6. XI-tų rūmų energetinių poreikių modeliavimas su kompiuterine programa „RETScreen“

#### Vėjo elektrinė „Windtamer“

Pagal projektą galima būtų įdiegti 4 vnt. 4,8 kW galios vėjo elektrines, iš kurių viena, esant vidutiniam vėjo greičiui 3,6 m/s per metus, pagamintų 792,5 kWh per metus. Šis kiekis nustatytas remiantis V. Pupkos 2010 m. atliktais MVE efektyvumo tyrimais (žr. 3.6 lentelę).

**3.6 lentelė.** 2 kW vėjo jėgainės pagaminamos energijos kiekis

Vėjo greitis, m/s	Galia, P (W)	Greičio pasirodymo tikimybė, f (v)	kWh/metus, jei startinis vėjo greitis gamyklinis	kWh/metus, jei startinis vėjo greitis gamyklinis 2 m/s	kWh/per metus, jei startinis vėjo greitis gamyklinis 1 m/s
3	10	0,2058	18,03	173,07	474,15
4	96	0,1888	158,8	435,05	893,26

Remiantis elektros energijos poreikio prognozėmis, paskaičiuojame, reikalingam kiekiui elektros energijai pagaminti per metus, vėjo jėgainių skaičių:

$$1957 \text{ MWh} / 792,5 \text{ kWh} = 2470 \text{ vnt. vėjo jėgainių}$$

Ekonominiu požiūriu tai neįmanoma, nes siekiant tolygiai aprūpinti pastatų kompleksą elektros energija, vis tik reikėtų išlikti ESO skirstomųjų tinklų klientais, o tai per metus kainuoja 1 620 eurų. Realiai, atsižvelgiant į įrenginių matmenis, ant pastatų stogų galima būtų pastatyti 4 vėjo jėgaines, kurios per metus pagamintų 3,17 MWh elektros energijos. Remiantis programos „RETScreen“ gautais duomenimis, tokio projekto atsipirkimo laikas būtų 29,3 metai. Skaičiavimai atlikti esant šioms prielaidoms:

- galios mokestis, siekiantis 1620 eurų / metus ESO neįskaičiuojamas;
- įrengimų montavimui skiriama 17 proc. projekto vertės t. y. 87 550 eurų;
- neskaičiuojamas jėgainių nusidėvėjimas, kuris sudarytų 428 050 eurų;
- elektros srovės keitiklio ir kitos įrangos kaina būtų 16 910 eurų;
- visą įrangos kaina su montavimu ir elektros srovės keitikliu – 532 510 eurų.

#### **Saulės moduliai „Solitek“**

Pagal projektą galima būtų įdiegti 500 vnt. 0,25 kW galios saulės modulių, kurie fiziškai užimtų 800 m<sup>2</sup> vietos ant XI-ų rūmų pastatų stogų. Metinis pagaminamos elektros energijos kiekis nustatomas remiantis R. Barkauskaitės 2015 m. atliktais mažųjų saulės elektrinių (toliau – MSE) efektyvumo tyrimais yra 125 MWh;

MSE naudingumo koeficientas, priklausomai nuo metų laikotarpio, gali kisti nuo 6,9 proc. (žiemą) iki 11,6 proc. (vasarą). Remiantis kompiuterinės programos „RETScreen“ gautais duomenimis, tokio projekto atsipirkimo laikas būtų 8,8 metai. Skaičiavimai atlikti esant šioms prielaidoms:

- galios mokestis, siekiantis 1620 eurų / metus ESO įskaičiuojamas;
- įrengimų montavimui skiriama 17 proc. projekto vertės t. y. 23 790 eurų;
- neskaičiuojamas modulių nusidėvėjimas, kas sudarytų 113 710 eurų;
- elektros srovės keitiklio ir kitos įrangos kaina būtų 16 910 eurų;
- visa įrangos kaina su montavimu ir elektros srovės keitikliu – 154 400 eurų.

Vasarą, esant saulės įrenginių pagamintos elektros energijos pertekliui, ji gali būti parduodama ESO (po 0,069 EUR/kWh). Tačiau nepatenkinus XI-ų rūmų poreikių, tai būtų ekonomiškai nenaudinga, nes šiuo metu elektros energija yra perkama po 0,14 EUR/kWh, neįskaitant galios mokesčio.

Karšto vandens paruošimui specialistai rekomendavo saulės šildytuvus (45 vnt.), kurių bendra vertė yra 31 500 eurų. Tačiau įdiegus mini saulės elektrinę su moduliais „Solitek“ šie vandens šildytuvai tampa nepatrauklūs:

- užima pernelyg daug vietos;
- jų įrengimas kainuoja brangiau.

Projektiniam karšto vandens paruošimui (iki 11 m<sup>3</sup> per parą) papildomai reikėtų 45 vnt. saulės šildytuvų arba 30 vnt. saulės energijos modulių. Įrangos kainos:

- papildomų 30 vnt. saulės modulių kainuotų iki 8 300 eurų;
- 45 vnt. saulės šildytuvų kainuotų iki 31 500 eurų;
- 44 vnt. vakuuminių saulės kolektorių kainuotų iki 21 100 eurų.

Remiantis programos „RET Screen“ gautais duomenimis, tokio projekto atsipirkimo laikas būtų 9,1 metai. Saulės moduliai „Solitex“ tarnauja mažiausiai 10 metų, tad elektros energijos ir šilumos karštam vandeniui gamyba, įrengiant šiuos modulius, yra ekonomiškai prasminga.

#### **Šilumos siurblys „Dimplex“**

Pagal projektą galima būtų įdiegti 20 vnt. šilumos siurblių „Dimplex“ SI 130 TU, kurių vertikalčiai integruoti vamzdžiai fiziškai užimtų 490 m<sup>2</sup> vietos šalia XI-ų rūmų pastatų. Metinis pagaminamos šiluminės energijos kiekis nustatomas remiantis gautais duomenimis iš UAB „Geoterminis šildymas“ įmonės:

- šildymo atveju – 970 MWh;
- vėsinimo atveju – 790 MWh.

Šio „Dimplex“ modelio skaičiuojamais naudingumo koeficientas, priklausomai nuo metų laikotarpio gali kisti, vidutiniškai – 3,7. Remiantis programos „RET Screen“ gautais duomenimis, tokio projekto atsipirkimo laikas 2 m., kai skaičiavimai atlikti esant šioms prielaidoms:

- galios mokestis, siekiantis 1620 eurų / metus ESO neįskaičiuojamas;
- įrengimų montavimui skiriama 17 proc. projekto vertės t. y. 420 000 eurų;
- neskaičiuojamas modulių nusidėvėjimas, kuris sudarytų 2 111 000 eurų;
- visa kaina su montavimu – 2 531 000 eurų.

Šilumos siurblys „Dimplex“ ir įranga tarnauja mažiausiai 10 metų – tai garantuoja įrangos tiekėjas UAB „Geoterminis šildymas“. Dėl šios priežasties energijos gamyba šildymo poreikiams patenkinti, karšto vandens ruošimui ir pastato vėsinimui yra ekonomiškai prasminga.

### **3.7. Energijos taupymo XI-uose rūmuose aplinkosauginių projektų ekonominis pagrindimas**

ES apyvartinių taršos leidimų prekybos sistema ir toliau išlieka svarbiausia priemonė, skatinanti naujovių ir technologijų diegimą, tiek per anglies kainą ir tiesioginį leidimų paskirstymą, tiek panaudojant aukcionuose gautas lėšas. Anglies dioksido (toliau – CO<sub>2</sub>) kainos nustatymas yra geriausias būdas ekonomiškai efektyviai sumažinti išmetamų teršalų kiekį, motyvuoti įmones dar labiau mažinti teršalų išlakas ir skatinti naujoves, padedant patekti į rinką naujoms technologijoms.

Aplinkosauginių projektų ekonominis pagrindimas komercinėms įmonėms gali būti skaičiuojamas įvertinant apyvartinių taršos leidimų kainas. Tarptautinės, prekybos emisijomis, asociacijos narių vykdytoje apklausoje energetikos bendrovės prognozavo, kad iki 2020 m. vidutinės taršos leidimų kaina išaugs apie 50 procentų – nuo dabar vyraujančių 7,5 eurų už toną (toliau – Eur/t) iki 10,79 Eur/t, o 2020–2030 m. laikotarpyje pasieks 18,4 Eur/toną ribą (Betvers, 2015). XI-ų rūmų šildymo / vėdinimo modernizavimo atveju nauda yra AB „Kauno energijai“, kuriai reikės pagaminti mažiau šilumos, taigi ir mažesnio taršos leidimų skaičiaus.

Bendrus CO<sub>2</sub> išmetimus į atmosferą (žr. 3.7 lentelę), perkant energiją pagamintą iš tradicinių šaltinių, galima įvertinti programos „SunEarthTools“ pagalba. Ji skirta vartotojų suvartojamam saulės energijos (bendraja prasme) kiekiui paskaičiuoti.

**3.7 lentelė.** Metinės išlaidos už atmosferos taršą CO<sub>2</sub> emisijomis

Energetiniai poreikiai	Poreikis, MWh	Išmetimai, t/CO <sub>2</sub>	Taršos leidimų kaina, EUR/t CO <sub>2</sub>	Išlaidos už taršą, EUR
Šiluminei energijai:	979,5	330,49	7,5	2 478,68
Elektros energijai:	1 115	557,50	7,5	4 181,25
<b>Visi energetiniai poreikiai:</b>	<b>2 094,5</b>	<b>887,99</b>		<b>6 659,93</b>

Elektros energija gali būti gaminama naudojant skirtingus energijos šaltinius. Kiekvienam šaltiniui gali būti būdingas veiksnys, kuris rodo, kiek kilogramų CO<sub>2</sub> patenka į atmosferą, kad pagaminti 1 kWh elektros.

Energijos šaltiniai gali būti: nafta, gamtinės dujos, anglis, komunalinės atliekos (šiluminė energija), prisodrintas uranas (atominė elektrinė, vandens nuolydžiai (hidroelektrinės), šiluma iš žemės (geoterminė en.), vėjas (vėjo en.), saulė (fotoelektra, saulės šiluma), biomasė, ir t. t.

Kiekviena valstybė turi elektrines, kurios naudoja skirtingų energijos šaltinių derinius, tada g CO<sub>2</sub>/kWh vertės skirsis. Lietuvoje elektros energijai gaminti ši vertė yra 500 CO<sub>2</sub> g/kWh, o šiluminei energijai gaminti – 337,4069 CO<sub>2</sub> g/kWh. Šios vertės naudojamos apskaičiuoti CO<sub>2</sub> kiekio sumažėjimą, jei yra įdiegta enegiją taupanti įranga, gaminanti energiją iš AEI.

#### **Energijos gamyba kombinuotu būdu**

Modeliuojama, jog įdiegus kombinuotos energijos iš AEI gaminančius įrenginius, jų pagalba 2015 m. bus pagaminama 52 proc. energijos poreikio (žr. 3.8 lentelę), o 48 proc. energijos – ypač piko valandų metu – numatoma pirkti iš AB „Kauno energijos“ ir „energijos skirstymo operatoriaus“. Įrengimai gali dirbti ir kartu pajungti, ir atskirai.



**3.8 lentelė.** Ekonominis ir aplinkosauginis efektas, EUR/metus

Energetiniai poreikiai	Poreikis, MWh	Išmetimai t/CO <sub>2</sub>	Taršos leidimų kaina, EUR/t CO <sub>2</sub>	Išlaidos už taršą, EUR
<b>1. Prieš projekto įdiegimą</b>				
Šiluminei energijai:	979,5	330,49	7,5	2 478,68
Elektros energijai:	1 115	557,50	7,5	4 181,25
<b>Visi energetiniai poreikiai:</b>	<b>2 094,5</b>	<b>887,99</b>		<b>6 659,93</b>
<b>2. Po projekto įdiegimo</b>				
Šiluminei energijai:	9,5	3,2	7,5	24,00
Elektros energijai:	990	495	7,5	3 712,5
<b>Visi energetiniai poreikiai:</b>	<b>999,5</b>	<b>498,2</b>		<b>3 736,5</b>
<b>Ekonominis efektas, EUR/metus</b>				<b>2 923,43</b>

Kadangi numatomas iki 2026 m. energijos poreikių vartojimo padidėjimas, šį projektą įgyvendinti būtų tikslinga. Atsižvelgiama į tai, kad AEI įrenginių galiojimo terminas yra 10 metų.

Bendros išlaidos įrenginiams („Solitek“ ir „Dimplex“) sudarytų 2 685 400 eurų, įskaitant 533 700 eurų išlaidas įrangos įdiegimui. Aplinkosauginio projekto nauda sudarytų 2 923,43 eurus per metus. Projektas atsipirktų per 5,3 metus.

## IŠVADOS IR PASIŪLYMAI

1. Atlikus nagrinėtų Kauno technologijos universiteto pastatų energijos poreikių prognozes nustatyta, jog iki 2026 m. I-uose rūmuose šiluminės energijos poreikiai sumažės nuo 554,7 iki 302,1 MWh (45,5 proc.), elektros energijos poreikiai sumažės nuo 395 iki 275 MWh (30,4 proc.), šalto vandens poreikiai turėtų padidėti nuo 2308 iki 2326 m<sup>3</sup> (7 proc.). IX-uose rūmuose šiluminės energijos poreikiai sumažės nuo 941,3 iki 621,1 MWh (34 proc.), elektros energijos poreikiai sumažės nuo 385 iki 363 MWh (5,7 proc.), šalto vandens poreikiai turėtų sumažėti nuo 2157 iki 2027 m<sup>3</sup> (6 proc.). XI-uose rūmuose šiluminės energijos poreikiai padidės nuo 979,5 iki 1 321 MWh (34 proc.), elektros energijos poreikiai padidės nuo 1 115 iki 1 338 MWh (20 proc.), šalto vandens poreikiai turėtų padidėti nuo 3329 iki 3728 m<sup>3</sup> (12 proc.);

2. Įvertinta, jog panaudojant vėjo jėgaines „Windtamer“, būtų pagaminama 3,17 MWh elektros energijos per metus, įrenginių atsipirkimo laikas – 23,3 metų. Vėjo jėgainių įrengimas ir eksploatavimas ekonominiu požiūriu yra netikslingas;

3. Įvertinta, jog, įrengiant saulės fotovoltinius modulius „Solitek“, būtų pagaminama 125 MWh elektros energijos per metus, įrenginių atsipirkimo laikas – 8,8 metų. Saulės jėgainių įrengimas ir eksploatavimas ekonominiu požiūriu yra svarstytinas;

4. Įvertinta, jog panaudojant šilumos siurblius „Dimplex“, būtų pagaminama 970 MWh šiluminės energijos, įrenginių atsipirkimo laikas – 2 metai. Šilumos siurblių įrengimas ir eksploatavimas yra ekonomiškai tikslingas;

5. Sumodeliuota kombinuota šiluminės–elektros energijos gamybos sistema, panaudojant saulės fotovoltinius modulius ir šilumos siurblius, yra ekonominiu ir aplinkosauginiu požiūriais palankiausia, nes kompensuotų 52 proc. pastato energijos poreikių. Šiluminės energijos poreikių kompensuotų 99 proc., o elektros energijos poreikių – 11 proc. Įrenginių atsipirkimo laikas – 5,3 metų;

6. Įdiegus kombinuotą šiluminės–elektros energijos gamybos sistemą, išsiskiriančių šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekis sumažėtų nuo 887,99 iki 389,79 tonų per metus ir būtų sutaupoma 2 923,43 eurų per metus.

Atsižvelgiant į tyrimo metu gautas išvadas, Kauno technologijos universiteto XI-uose rūmuose būtų galima pasiūlyti įdiegti šias, energiją taupančias, priemones:

- Saulės modulius „Solitek“, kurie per metus pagamintų iki 125 MWh elektros energijos;
- šilumos siurblių „Dimplex“, kuris per metus pagamintų iki 970 MWh šiluminės energijos.

**LITERATŪRA IR INFORMACIJOS ŠALTINIAI**

1. 2009 m. balandžio 23 d. Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 2009/29/EB, iš dalies keičianti Direktyvą 2003/87/EB, siekiant patobulinti ir išplėsti Bendrijos šiltnamio efektą sukeliančių dujų apyvartinių taršos leidimų prekybos sistemą. *Oficialus leidinys*, 2009, L 140, p. 63–87;
2. 2010 m. gegužės 19 d. Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 2010/31/ES dėl pastatų energinio naudingumo. *Oficialus leidinys*, L 153, p. 13–35;
3. Adomavičius V., Masėnas T. Svobiškio mažosios hidroelektrinės energijos gamybos rodiklių analizė [interaktyvus]. Lietuvos taikomųjų mokslų akademija, 2010 [žiūrėta: 2015 m. balandžio 15 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.gjstudija.net/ltma/ltma-darbai/TadoMase-noStrAV.pdf>;
4. Antanavičius K. Energiją taupančių technologijų panaudojimo statyboje efektyvumo tyrimas. Magistro darbas. Vilnius: VGTU, 2010;
5. Bačiauskas V. ir kt. Atsinaujinančių energijos išteklių potencialo naudojimas Lietuvoje. Valstybinio audito ataskaita. Vilnius: Lietuvos Respublikos Valstybės kontrolė, 2011;
6. Beerepoot M., Beerepoot N. Government regulation as an impetus for innovation: Evidence from energy performance regulation in the Dutch residential building sector. *Energy Policy*, 2007, No. 35 (10), p. 4812–4825. ISSN 0301–4215;
7. Čapkauskas G. Saulės energetikos plėtra pasaulyje ir jos galimybės Lietuvoje. Magistro darbas. Kaunas: VDU, 2011;
8. Day T. ir kt. *Degreedays: theory and application*. London: The Chartered Institution of Building Services Engineers, 2006, TM:41. ISBN-10: 1-903287-76-6;
9. Drożdż J., Jurkėnaitė N. Lietuvos kaimo vietovių perspektyvos: atsinaujinančių išteklių energijos panaudojimo aspektai. *Ekonomika ir vadyba: aktualijos ir perspektyvos*, 2011, Nr. 4 (24), p. 90–101. ISSN 1648-9098;
10. Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 2009/28/EB 2009 m. balandžio 23 d. dėl skatinimo naudoti atsinaujinančių išteklių energiją, iš dalies keičianti bei vėliau panaikinanti Direktyvas 2001/77/EB ir 2003/30/EB. *Oficialus leidinys*, L 140, 5-6-2009, p. 16;
11. Europos Parlamento ir Tarybos Direktyva 2010/31/ES 2010 m. gegužės 19 d. dėl pastatų energinio naudingumo. *Oficialus leidinys*, L 153, 18-6-2010, p. 13–35;
12. Gao Y., Xie Y., Wei B., Yu Z. The study of solar energy as heating and air – conditioning sources. *The 2005 World Sustainable Building Conference*, Tokyo, 27–29 September 2005, p. 841–844;
13. Golubovski B. Alternatyvioji energija elektros gamybai [interaktyvus]. Giminiija,

2015 [žiūrėta; 2016 m. balandžio 15 d.]. Prieiga per internetą: [http://www.manoekonamai.lt/wp-content/uploads/2015/01/Alternatyvioji\\_energija\\_elektros\\_gamybai\\_Giminija.pdf](http://www.manoekonamai.lt/wp-content/uploads/2015/01/Alternatyvioji_energija_elektros_gamybai_Giminija.pdf);

14. Goosen M., Mahmoudi H., Ghaffour N. Water Desalination Using Geothermal Energy. *Energines*, 2010, No. 3, p. 1423–1442. ISSN 1996–1073;

15. Gudzinskas J., Lukoševičius V., Martinaitis V., Tuomas E. Šilumos vartotojo vadovas. Vilnius. Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija, 2011. ISBN 978-609-95258-0-8;

16. Juodis E. Šilumos sąnaudų gyvenamųjų namų šildymui palyginimo ir poreikių prognozavimo pagal šildymo dienolaipsnius taikomumo ribos. *Energetika*, 2013, T. 59, Nr. 1, p. 1–10, ISSN 0235–7208;

17. Kavolynas A., Šatiekis I., Navickas K. Inovacinės akumuliacinės talpyklos saulės kolektorių sistemoje energetinių charakteristikų tyrimas. *Energetika*, 2010, T. 56, Nr. 3–4, p. 202–209. ISSN 0235–7208;

18. Keršytė D., Rimkus D., Kažys J. Klimato rodiklių scenarijai Lietuvos teritorijoje XXI a. *Geologija. Geografija*, 2015, T. 1, Nr. 1, p. 22–35. ISSN 2351-7549;

19. Kytra S. Atsinaujinantys energijos šaltiniai. Kaunas: Technologija, 2006. ISBN-995-25-159-X;

20. Ličytė V. Lietuvos klimato ateitis: žiemos be sniego ir tropinės vasaros? [interaktyvus]. *Delfi.lt*, 2014 m. vasario 9 d. [žiūrėta: 2016 m. balandžio 15 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.delfi.lt/news/daily/lithuania/lietuvos-klimato-ateitis-ziemos-be-sniego-ir-tropines-vasaros.d?id=63970702>;

21. Lietuvos Respublikos atsinaujinančių išteklių energetikos įstatymas. *Valstybės žinios*, 2011-05-24, Nr. 62–2936;

22. Lietuvos Respublikos atsinaujinančių išteklių energetikos įstatymo Nr. XI–1375 2, 4, 6, 11, 20, 46 straipsnių pakeitimo ir Įstatymo papildymo 11–1 straipsniu įstatymas. *Teisės aktų registras*, 2016-01-05, Nr. 89;

23. Lietuvos Respublikos pelno mokesčio įstatymas. *Valstybės žinios*, 2001, Nr. 110–3992;

24. Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2010 m. rugsėjo 15 d. nutarimas Nr. 1314 „Dėl Ataskaitos apie pažangą skatinant ir naudojant atsinaujinančius energijos išteklius teikimo Europos Komisijai tvarkos aprašo patvirtinimo“. *Valstybės žinios*, 2010-09-25, Nr. 113–5757;

25. Manwel J. F, McCowan J. G., Rogers A. L. Wind energy explained: theory, desing and application. Wiltshire: CPI Antony Rowe, 2006. ISBN 978-0-470-01500-1;

26. Marcinauskas K., Bubelis E., Šilumos siurbliai individualiose sodybose Lietuvoje: prielaidos ir prognozės. *Energetika*, 2002, Nr. 3, p. 56–66. ISSN 0235–7208;

27. Milutienė E. Efektyvaus energijos vartojimo pastatuose vadovas. Kaunas: Technologija, 2008. ISBN 978-9955-751-20-5;

28. Nagevičius M. Atsinaujinančių išteklių energetikos tikslo reikalingumas ir poveikis Lietuvai. *Lietuvos atsinaujinančių išteklių energetikos konfederacija* [interaktyvus], 2014 m. vasaris. Prieiga per internetą: <http://aplinkosauga.lt/wp-content/uploads/-2014/02/AEI-M.Nagevičius.pdf>;
29. Omer A. M. Green energies and the environment. *Elsevier*, 2008, No. 12 (6), p. 1562–1587. ISBN 978-960-6865-43-5;
30. Omer A. M. Renewable building energy systems and passive human confort solutions. *Renewable & Sustainable energy reviews*, 2008, Vol. 12, Iss. 6, p. 1562–1587. ISSN: 1364–0321;
31. Ozolinčius R. Atsinaujinantys energijos ištekliai, Kaunas: VDU I-kla, 2007. ISBN 978-9955-12-280-7;
32. Strolytė S., Rimkus E. Vėjo krypties ir greičio kaita Lietuvoje 1971 – 2010 metais. *Geologija. Geografija*, 2012, T. 48, Nr. 2, p. 97–107. ISSN 2351–7549;
33. Šačkus A., Rousseau J., Rousseau C. Žalioji chemija. Vadovėlis. Kaunas: Vitae Litera, 2007. ISBN 9789955686491;
34. Šočiov P. Geoterminio šildymo įrengimas [interaktyvus]. *Asa.lt*, 2012 m. birželio 30 d. [žiūrėta: 2016 m. balandžio 15 d.]. Prieiga per internetą: <http://lt.lt.allconstructions.com/portal/categories/372/1/0/1/article/9047/geoterminio-sildymo-sistemos-irengimas>;
35. Štreimikienė D., Mikalauskiene A. Energijos veiksmingumo didinimo priemonės. *Energetika*, 2012, T. 58, Nr. 3, p. 117–130. ISSN 0235–7208;
36. Šuksteris V. Požeminės šiluminės energijos panaudojimo pastatų šildymui ir vėsinimui šalyje galimybių įvertinimas. Kaunas: AF-Terma, 2007;
37. Ustinovičius L., Ambrasas G., Alchimovienė J., Ignatavičius Č., Vidutienė T. Statinių eksploatavimas ir atnaujinimas. Vilnius: Technika, 2012, ISBN 978-609-457-350-7;
38. Valstybinės kainų ir energetikos kontrolės komisijos 2015 m. gruodžio 30 d. nutarimas Nr. O3-697 „Dėl Valstybinės kainų ir energetikos kontrolės komisijos 2015 m. lapkričio 27 d. nutarimo Nr. O3-621 „Dėl AB LESTO elektros energijos persiuntimo paslaugos kainų ir jų taikymo tvarkos bei visuomeninių elektros energijos kainų ir jų taikymo tvarkos paskelbimo“ pakeitimo“. *Teisės aktų registras*, 2015-12-31, Nr. 21154;
39. Valuntienė I., Jaraminienė E., Trutnevytė E. Energijos vartojimo efektyvumo potencialo atskiruose Lietuvos ūkio sektoriuose analizė ir rekomendacijų, atsižvelgiant į ES teisės aktų reikalavimus, dėl energijos vartojimo efektyvumo didinimo bei šio didinimo veiksmų plano projekto parengimas. Vilnius: Ekostrategija, 2006;
40. Wahlström A. ir kt., Alternatyvios energijos tiekimo sistemos naujuose pastatuose. *Intelligent Energy Europe*, 2009;

41. Zemlickas G. Atėjo metas rinkti saulės spindulius [interaktyvus]. *Mokslo Lietuva*, 2010 m. vasario 18 d., Nr. 4 (426) [žiūrėta: 2016 m. balandžio 15 d.]. Prieiga per internetą: <http://mokslasplius.lt/mokslo-lietuva/2006-2011/node/24987e91.html?page=0%2C1&%24Version=1&%24Path=/;>

42. Zubka D. Nulinės energijos pastato koncepcija ir jos pritaikymas. *14-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ 2011 metų teminės konferencijos*. Straipsnių rinkinys, 2011, p. 1–6. ISBN 978-9955-28-929-6.

Informacijos šaltiniai:

43. (1126) Kauno Žemės ūkio banko pastatas. *Kultūros paveldo registras* [interaktyvus], 2015 m. [žiūrėta: 2016 m. balandžio 16 d.]. Prieiga per internetą: <http://kvr.kpd.lt/#/static-heritage-search>;

44. 2016 metų darbo rinkos prognozė Vilnius: Lietuvos darbo birža, 2016;

45. Atsinaujinančioji energetika Lietuvoje jau nebe svetima [interaktyvus]. *2014–2020 Europos Sąjungos fondų investicijos Lietuvoje*, 2015 m. sausio 7 d. [žiūrėta: 2015 m. balandžio 15 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.esinvesticijos.lt/lt/naujienos/atsinaujinancioji-energetika-lietuvoje-jau-ne-besvetima>;

46. Atsinaujinantys energijos ištekliai Europoje: esama padėtis ir perspektyvos [interaktyvus]. *Ekspertai.eu*. 2015 m. liepos 8 d. [žiūrėta: 2016 m. balandžio 16 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.ekspertai.eu/atsinaujinantys-energijos-istekliai-europoje-esama-padėtis-ir-perspektyvos>;

47. Atsinaujinantys energijos šaltiniai [interaktyvus]. Lietuvos energetikos institutas, 2008 [žiūrėta: 2016 m. balandžio 15 d.]. Prieiga per internetą: [www.lei.lt/\\_img/\\_up/File/atvir/erlic/index.../Atsinaujinantys\\_energijos\\_saltiniai.pdf](http://www.lei.lt/_img/_up/File/atvir/erlic/index.../Atsinaujinantys_energijos_saltiniai.pdf);

48. Banionis K. ir kt. Energijos vartojimo auditas. Kauno technologijos universitetas. Centriniai rūmai. Tyrimo ataskaita. Kaunas: KTU, 2013;

49. Banionis K. ir kt. KTU IX rūmų išsamiojo energijos, energijos išteklių ir šalto vandens vartojimo audito ir energetinio naudingumo sertifikavimo ataskaita. Kaunas: KTU, 2013;

50. Environmental Integration of Small Hydropower Plants [interaktyvus]. Brussels: European Small Hydro power Association (ESHA), 2007 [žiūrėta: 2015 m. balandžio 15 d.]. Prieiga per internetą: [http://www.esha.be/fileadmin/esha\\_files/documents/publications/publications/-Brochure\\_EN.pdf](http://www.esha.be/fileadmin/esha_files/documents/publications/publications/-Brochure_EN.pdf);

51. Kuro ir energijos balansas 2013. Vilnius: Lietuvos statistikos departamentas, 2014;

52. Lietuvos darbo rinkos tendencijos 2015 m. [interaktyvus]. *Lietuvos darbo birža*,

2015, [žiūrėta: 2016 m. balandžio 25 d.]. Prieiga per internetą: [https://www.ldb.lt/Informacija/-DarboRinka/Puslapiai/Tendencijos\\_list.aspx](https://www.ldb.lt/Informacija/-DarboRinka/Puslapiai/Tendencijos_list.aspx);

53. Požeminės šiluminės energijos panaudojimo pastatų šildymui ir vėsinimui šalyje galimybių įvertinimas. Kaunas: AF-Terma, 2007;

54. Renewable power generation costs on 2014 [interaktyvus]. *IRENA*, 2015 [žiūrėta: 2016 m. balandžio 16 d.]. Prieiga per internetą: [http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA\\_RE\\_Power\\_Costs\\_2014\\_report.pdf](http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_RE_Power_Costs_2014_report.pdf);

55. Renewables 2014 Global status report [interaktyvus]. *REN21*, 2015 [žiūrėta: 2016 m. balandžio 16 d.]. Prieiga per internetą: [http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/-GSR-/2014/GSR2014\\_full%20report\\_low%20res.pdf](http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/-GSR-/2014/GSR2014_full%20report_low%20res.pdf);

56. Wind turbine power output variation with steady wind speed [interaktyvus]. *WIND-POWER program*, 2015 m. [žiūrėta: 2016 m. balandžio 16 d.]. Prieiga per internetą: [http://www.wind-power-program.com/turbine\\_characteristics.htm](http://www.wind-power-program.com/turbine_characteristics.htm);

57. Внутренние санитарно-технические устройства. Часть 1. Отопление. Москва: Стройиздатб: 1990. ISBN 5-274-00523-3.

**PRIEDAI**



## 1 priedas. Atsinaujinančių energijos išteklių klasifikavimas

1 lentelė. Atsinaujinančių energijos išteklių klasifikavimas

Klasifikacijų sintezė	Bačiauskas (2010)	LITBIOMA (208)	Katinas (2007)
<b>Saulės energija:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• fotoelektra;</li> <li>• saulės šilumos energija.</li> </ul>	<b>Saulės energija:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• saulės spindulių energija;</li> <li>• aeroterminė energija.</li> </ul>	<b>Saulės energija:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• fotoelektra;</li> <li>• saulės kolektoriai vandeniui šildyti.</li> </ul>	<b>Saulės energija:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• fotoelektra;</li> <li>• saulės šilumos energija.</li> </ul>
<b>Vėjo energija:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• vėjas sausumoje;</li> <li>• vėjas jūroje.</li> </ul>	<b>Vėjo energija:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• vėjas sausumoje;</li> <li>• vėjas jūroje.</li> </ul>	<b>Vėjo energija:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• vėjas sausumoje;</li> <li>• vėjas jūroje.</li> </ul>	<b>Vėjo energija:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• vėjas sausumoje;</li> <li>• vėjas jūroje.</li> </ul>
<b>Geoterminė energija:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• sekioji geotermija (horizontal. ir vertikalioji);</li> <li>• gilioji geotermija.</li> </ul>	<b>Geoterminė energija:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kambro geologinio periodo geotermija;</li> <li>• Devono geologinio periodo geotermija;</li> <li>• sekioji geotermija.</li> </ul>	<b>Geoterminė energija</b>	<b>Geoterminė energija</b>
<b>Bioenergija:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• medienos deg. energija;</li> <li>• šiaudų deginimo energ.;</li> <li>• energetinių augalų deginimo energija;</li> <li>• atliekų ir biodujų energija.</li> </ul>	<b>Biomosės energija:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• medienos deg. energija;</li> <li>• šiaudų deginimo energ.;</li> <li>• energetinių augalų deginimo energija.</li> </ul>	<b>Mediena:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kirtimo atliekos;</li> <li>• malkinė mediena;</li> <li>• mediena, neturinti paklausos;</li> <li>• medienos pramonės atliekos;</li> <li>• energetiniai augalai.</li> </ul>	<b>Mediena:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kirtimo atliekos;</li> <li>• malkinė mediena;</li> <li>• medienos pramonės atliekos.</li> </ul>
		<b>Žemės ūkio produktai ir atliekos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• šiaudai;</li> <li>• energetiniai augalai.</li> </ul>	<b>Šiaudai</b> <b>Energetiniai augalai</b>
		<b>Biodegalai (biodizelinas, bioetanolis)</b>	<b>Biodegalai (biodizelinas, bioetanolis, bio-ETBE)</b>
		<b>Biodujų energija:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• nuotekų ir dumblo perdurbimo dujos;</li> <li>• biologinės dujos.</li> </ul>	<b>Atliekos ir biodujos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• biodujos ir savartynų dujos;</li> <li>• komunalinės atliekos.</li> </ul>

**2 priedas. Duomenys KTU pastatų energetinei analizei****1 lentelė. Oro temperatūra Kaune 2007–2015 m. ir prognozė iki 2035 m., °C**

Kalendoriniai metai	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2026	2035
Vidutinė metinė temperatūra, °C	8,1	8,5	7,2	6,5	7,8	7	7,8	8,2	8,3	8,4	9,1	10,2
Vid. sausio mėn. temperatūra, °C	1,3	0,8	-3,4	-10,2	-3	-2,9	-6,7	-5,3	-0,4	-6,9	-6	-5,1

**2 lentelė. Darbingų žmonių užimtumas Kauno m. 2008–2015 m., proc.**

Kalendoriniai metai	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Kauno miestas	2,8	8,8	13,9	11,7	10,6	9,6	8,2	7,3
Lietuvos Respublika	3,7	10,2	15,9	13,1	11,7	10,9	9,5	8,7

**3 lentelė. Darbingų žmonių užimtumo Kaune prognozė 2016–2026 m., proc.**

Kalendoriniai metai	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Kauno miestas	7,1	7	6,3	5,8	5,7	5,5	5,2	4,8	4,7	4,6	4,4
Lietuvos Respublika	9,2	8,3	8,1	7,6	7,5	7,2	7	6,9	6,5	6,3	6,2

**4 lentelė.** Šilumos sąnaudos KTU pastatuose 2010–2015 m., MWh

Kalendoriniai metai	2010	2011	2012	2013	2014	2015
I-ieji rūmai	869,70	695,40	666,50	635,50	595,80	554,70
IX-ieji rūmai	1312,00	1072,00	1081,00	1093,00	951,40	941,30
XI-ieji rūmai					785,00	979,50

**5 lentelė.** Šilumos sąnaudų KTU pastatuose prognozė 2016–2026 m., MWh

Kalendoriniai metai	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
I-ieji rūmai	531,5	506,8	475,1	442,3	423,8	404,1	378,9	352,7	338,0	322,3	302,1
IX-ieji rūmai	862,0	825,0	759,0	751,0	687,0	657,0	655,0	642,0	631,0	628,0	621,1
XI-ieji rūmai	1056,0	1110,0	1147,0	1185,0	1220,0	1255,0	1282,0	1302,0	1311,0	1318,0	1321,0

**6 lentelė.** Elektros energijos sąnaudos KTU pastatuose 2010–2015 m., MWh

Kalendoriniai metai	2010	2011	2012	2013	2014	2015
I-ieji rūmai	870	487	373	399	385	395
IX-ieji rūmai	1312	435	468	420	409	385
XI-ieji rūmai				314	987	1115

**7 lentelė.** Elektros energijos sąnaudų KTU pastatuose prognozė 2016–2026 m., MWh

Kalendoriniai metai	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
I-iejį rūmai	338	327	319	311	305	299	293	288	284	280	275
IX-iejį rūmai	393	388	382	379	377	374	370	367	366	365	363
XI-iejį rūmai	1195	1238	1266	1289	1308	1325	1334	1335	1335	1336	1338

**8 lentelė.** Šalto vandens sąnaudos KTU pastatuose 2010–2015 m., m<sup>3</sup>

Kalendoriniai metai	2010	2011	2012	2013	2014	2015
I-iejį rūmai	2810	2781	2651	2543	2355	2308
IX-iejį rūmai	2554	2514	2495	2331	2211	2157
XI-iejį rūmai					3226	3329

**9 lentelė.** Šalto vandens sąnaudų KTU pastatuose prognozė 2016–2026 m., m<sup>3</sup>

Kalendoriniai metai	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
I-iejį rūmai	2296	2299	2302	2305	2308	2311	2314	2317	2320	2323	2326
IX-iejį rūmai	2143	2138	2135	2127	2118	2115	2110	2095	2084	2034	2027
XI-iejį rūmai	3362	3396	3430	3464	3499	3534	3569	3605	3641	3677	3728

## 3 priedas. Apibendrinti pasiūlymai energetinei analizei

10 lentelė. Įmonių pateiktų komercinių pasiūlymų suvestinė

Pasiūlymo charakteristikos	Projekto sąmata, tūkst. eurų		
	UAB „Geoterminis šildymas“	Kiti tiekėjai	UAB „Hidrogela“
Šilumos siurblys (trifazis) SI 130 TU, 20 vnt.	660,0 (33,0/vnt.)	560,0 (28,0/vnt.)	
Medžiagos vertikaliajam žemės kolektoriui: *dūjovamzdis su U formos jungtimis *neužšalantis skystis (etilenglikolis)	56,94 (22,8 euro/m) 122,0		68,365 (27,35 euro/m) Įskaičiuota
Akumuliacinė talpa su karšto vandens šildytuvu	5,0 (1250 l)	4,8 (1500 l)	
Vertikalaus žemės kolektoriaus: *paklojimas ir atvedimas į katilinę; *sujungimas su šilum. siurbliu ir šild. sistema		15,0 (ekskavatoriaus nuoma neįskaičiuota) 405,0	
Bendra mažiausia sąmata:	2531,0	1053,2	

*Pastaba.* UAB „Geoterminis šildymas“ pasiūlymas pateiktas perkant vokišką pramoninę įrangą su 10 metų garantija.