

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS

Kristina Virmauskaitė

KAUNO KLINIKŲ ŠILUMOS ŪKIO MODERNIZAVIMAS

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas
Doc. Juozas Gudzinskas

KAUNAS, 2015

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS
ŠILUMOS IR ATOMO ENERGETIKOS KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas
(parašas) Doc. Egidijus Puida
(data)

KAUNO KLINIKŲ ŠILUMOS ŪKIO MODERNIZAVIMAS

Baigiamasis magistro projektas

Termoinžinerija

(kodas 621E30001)

Vadovas
(parašas) Doc. Juozas Gudzinskas
(data)

Recenzentas
(parašas) Doc. Arvydas Adomavičius
(data)

Projektą atliko
(parašas) Kristina Virmauskaitė
(data)

KAUNAS, 2015

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS**

Tvirtinu: _____

Šilumos ir atomo energetikos (parašas, data)
katedros vedėjas doc. E. Puida
(vardas, pavardė)

**MAGISTRANTŪROS UNIVERSITETINIŲ STUDIJŲ BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS
Studijų programa TERMOINŽINERIJA**

Magistrantūros studijų, kurias baigus įgyjamas magistro kvalifikacinis laipsnis, baigiamasis darbas yra mokslinio tiriamojo arba taikomojo pobūdžio darbas (projektas). Jam atlikti ir apginti skiriama 30 kreditų. Šiuo darbu studentas parodo, kad yra pagilinęs ir papildęs pagrindinėse studijose įgytas žinias, turi pakankamai gebėjimų formuluoti ir spręsti aktualią problemą, turėdamas ribotą ir (arba) prieštaringą informaciją, geba savarankiškai atlikti mokslinius ar taikomuosius tyrimus ir tinkamai interpretuoti duomenis. Taip pat jis parodo, kad yra kūrybingas, geba taikyti fundamentines mokslo žinias, išmano socialinės bei komercinės aplinkos, teisės aktų ir finansines galimybes, turi informacijos šaltinių paieškos ir kvalifikuotos jų analizės, skaičiuojamųjų metodų ir specializuotos programinės įrangos bei bendrosios paskirties informacinių technologijų naudojimo, taisyklingos kalbos vartosenos įgūdžių, geba tinkamai formuluoti išvadas.

1. Darbo tema **Kauno klinikų šilumos ūkio modernizavimas**.....
Modernization of Kaunas Clinics heat supply system
Patvirtinta 200 m. _____ mėn. ____ d. dekanų įsakymu Nr. _____
2. Darbo tikslas: **Susipažinti su Kauno klinikų šilumos ūkiu, identifikuoti problemas, pateikti rekomendacijas šilumos ūkio modernizavimui.**
3. Darbo struktūra
 1. Įvadas
 2. *Esama situacija Kauno klinikų šilumos ūkyje*
 - 2.1. *Esama situacija šilumos vartotojų sektoriuje;*
 - 2.2 *Esama situacija šilumos tiekimo sektoriuje – šilumos, karšto buitinio vandens ir garo tiekimo sistemų vamzdynai.*
 - 2.3. *Esama situacija šilumos ir karšto vandens gamybos sektoriuje.*
 3. *Techniniai ekonominiai šilumos ūkio darbo aspektai.*
 4. *Galimų priemonių šilumos ūkio darbo efektyvumui gerinti analizė, jų techninis – ekonominis įvertinimas.*
4. Reikalavimai ir sąlygos: **rengiant baigiamąjį darbą prisilaikyti Lietuvos Respublikos norminių aktų reikalavimų bei magistro baigiamojo darbo apiforminimo reikalavimų.**

5. Užbaigto darbo pateikimo terminas: 2015 m. gegužės mėn. 30 d.

6. Ši užduotis yra neatskiriama baigiamojo darbo dalis.

Išduota studentui: Kristinai Virmauskaitė

Užduotį gavau Kristina Virmauskaitė _____
(studento vardas, pavardė) (data)

2014.02.02
(parašas)

Vadovas doc. Juozas Gudzinskas _____
(pareigos, vardas, pavardė) (data)

2014.02.02
(parašas)



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS

(Fakultetas)

KRISTINA VIRMAUSKAITĖ

(Studento vardas, pavardė)

TERMOINŽINERIJA (kodas 621E30001)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamasis projektas „Kauno klinikų šilumos ūkio modernizavimas“

AKADEMINIO SAŽINGUMO DEKLARACIJA

2015 _____ . _____ d
Kaunas

Patvirtinu, kad mano **Kristinos Virmauskaitės** baigiamasis projektas, tema „**Kauno klinikų šilumos ūkio modernizavimas**“, yra parašytas visiškai savarankiškai, o 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)

Virmauskaitė, K. Modernization of Kaunas Clinics heat supply system. Master's final project / supervisor doc. Juozas Gudzinskas; Kaunas University of Technology, Faculty of Mechanical engineering and design, Department of Thermal and Nuclear Energy.

Kaunas, 2015. 79 page.

SUMMARY

The aim of this study is to increase the efficiency of Lithuanian University of Health sciences Clinics' heating system. During the time of this study the existing heat consumption and operating conditions of the existing boiler house of the Clinics' were analysed, thus showing that the heating system is not working optimally.

In this final study the market analysis was done in order to review the existing and possible heat energy sources. This showed that the price of the main fuel – natural gas – is estimated to rise in the future, whereas the price of the heat in the Kaunas central district heating (CDH) network is due to decrease. In order to properly evaluate the impact of these price deviations to the final heat price for the Clinics' a calculational model was introduced, which took into account different proportions of natural gas and CDH network in the making of the required heat amount. This model has enabled the evaluation of different scenarios. The end results indicated that in order to decrease the end price of the heat the most rational decision would be to take the most of the heat required from the CDH network, and only prepare the necessary steam in the existing boiler house.

Taking into consideration of the prevailing trends, the heat sources from renewables was also accounted for making a share of the Clinic's need for heat. As the existing and available renewable energy sources were identified, the solar energy collectors and a heat pump soil – water was opted as best options. Both systems were selected to produce two thirds of the annual heat required for preparation of hot water during the warm season. After a technical and economic analysis was done, the results emerged, that the heat pumps were able to produce more energy than solar collectors would. This is influenced by the annual number of clear days on different months. However, after some optimisation was introduced to the study, the results showed that a better option is to install solar collectors on top of the Clinic's array of buildings. This makes a more dramatic decline in heat price and makes way for a faster return of investment.

An interaction in various proportions of the existing heat energy sources with the renewable energy sources has also been done in search for the most optimal alternative to the existing heat system. This showed that pricewise, the best effect is to supply all of the Lithuanian University of Health sciences Clinics' required heat from the Kaunas CDH network.

Keywords:

Heating price, district heating, natural gas, biofuels, domestic hot water, local renewable energy sources

TURINYS

| | |
|---|----|
| 1. ĮVADAS | 9 |
| 2. ESAMA SITUACIJA KAUNO KLINIKŲ ŠILUMOS ŪKYJE..... | 11 |
| 2.1 Esama situacija šilumos vartotojų sektoriuje | 13 |
| 2.2 Esama situacija šilumos tiekimo sektoriuje – šilumos, karšto buitinio vandens ir garo tiekimo sistemų vamzdynai | 21 |
| 2.3 Esama situacija šilumos ir karšto vandens gamybos sektoriuje | 23 |
| 3. TECHNINIAI-EKONOMINIAI ŠILUMOS ŪKIO DARBO ASPEKTAI | 29 |
| 3.1 Gamtinės dujos | 29 |
| 3.2 CŠT iš AB „Kauno energija“ | 31 |
| 3.3 Kauno klinikų šilumos kainos analizė | 33 |
| 4. GALIMŲ PRIEMONIŲ ŠILUMOS ŪKIO DARBO EFEKTYVUMUI ANALIZĖ, JŲ TECHNINIS-EKONOMINIS ĮVERTINIMAS | 39 |
| 4.1 Saulės energija..... | 40 |
| 4.1.1 Saulės energijos panaudojimas centralizuotai šilumos gamybai..... | 42 |
| 4.1.2 Saulės energijos panaudojimas karšto buitinio vandens ruošimui | 43 |
| 4.1.3 Saulės kolektorių sistemos skaičiavimas..... | 46 |
| 4.2 Geoterminė energija | 52 |
| 4.2.1 Gruntas - vanduo geoterminis šildymas | 56 |
| 4.2.2 Oras - vanduo geoterminis šildymas | 58 |
| 4.2.3 Šilumos siurblio parinkimas..... | 59 |
| 4.3 Techninis – ekonominis sistemų įvertinimas | 67 |
| 5. IŠVADOS..... | 76 |
| 6. LITERATŪRA | 78 |
| 7. PRIEDAI | 80 |
| 7.1 PRIEDAS. Žemų parametrų termofikacinio vandens vamzdynų schema..... | 81 |
| 7.2 PRIEDAS. Aukštų parametrų termofikacinio vandens vamzdynų schema. | 82 |
| 7.3 PRIEDAS. Garo vamzdynų schema..... | 83 |
| 7.4 PRIEDAS. Rekomendacijos Kauno klinikų katilinės darbui gerinti..... | 84 |
| 7.5 PRIEDAS. Esamų šilumos energijos šaltinių analizė. 2 var. skaičiavimo rezultatai. | 85 |
| 7.6 PRIEDAS. Esamų šilumos energijos šaltinių analizė. 6 var. skaičiavimo rezultatai. | 86 |
| 7.7 PRIEDAS. Vietinių AEI analizė. Saulės kolektorių be paramos skaičiavimo rezultatai. | 87 |
| 7.8 PRIEDAS. Vietinių AEI analizė. Šilumos siurblio be paramos skaičiavimo rezultatai. | 88 |

LENTELIŲ SĄRAŠAS

- 2.1 lentelė.** Kauno klinikų projektinės galios šiluminei energijai ir garui.
- 2.2 lentelė.** Kauno miesto klimatologiniai duomenys nagrinėjamu laikotarpiui.
- 2.3 lentelė.** Kauno klinikų katilinės gamtinių dujų sąnaudos skirtingų metų atskirais mėnesiais.
- 2.4 lentelė.** Kauno klinikų katilinėje pagamintos šilumos kiekis skirtingų metų atskirais mėnesiais.
- 2.5 lentelė.** Šilumos sąnaudos Kauno klinikų pastatų šildymui, MWh/mėn .
- 2.6 lentelė.** Kauno klinikų pirktos šilumos kiekiai atskirais šildymo sezonais.
- 2.7 lentelė.** Suminės šilumos sąnaudos šildymo tikslams atskirais šildymo laikotarpio mėnesiais.
- 2.8 lentelė.** Perskaičiuota Kauno klinikų vartotojų maksimali galia šildymui.
- 2.9 lentelė.** Kauno klinikų žemų parametrų vamzdynų duomenys.
- 2.10 lentelė.** Kauno klinikų aukštų parametrų termofikacinio vandens vamzdynų duomenys.
- 2.11 lentelė.** Kauno klinikų garotiekio vamzdynų duomenys.
- 2.12 lentelė.** Katilinėje instaliuotų katilų techniniai rodikliai.
- 3.1 lentelė.** Kauno klinikų katilinės eksploataciniai ekonominiai duomenys 2012 - 2013 metais.
- 3.2 lentelė.** Nagrinėtų Kauno klinikų šilumos kainos dinamikos variantų, nekeičiant esamų energijos šaltinių, pagrindinės charakteristikos.
- 4.1 lentelė.** Pastatai, ant kurių tikslinga įrengti saulės kolektorius.
- 4.2 lentelė.** Saulės kolektorių sistemos skaičiavimų rezultatai, panaudojant visą galimą naudingą pastatų stogų plotą.
- 4.3 lentelė.** Nagrinėtų variantų saulės kolektorių sistemų pagaminami šiluminės energijos kiekiai.
- 4.4 lentelė.** Nagrinėtų saulės sistemų palyginimas.
- 4.5 lentelė.** Šaldymo agento R134a darbo kreivių charakteringų taškų temperatūros ir entalpijos.
- 4.6 lentelė.** Šaldymo agento R407C darbo kreivių charakteringų taškų temperatūros ir entalpijos.
- 4.7 lentelė.** Šaldymo agento R410A darbo kreivių charakteringų taškų temperatūros ir entalpijos
- 4.8 lentelė.** Šilumos siurblio sistemų pagrindiniai duomenys ir skaičiavimų rezultatai.
- 4.9 lentelė.** Saulės kolektorių ir šilumos siurblio sistemų energetinių resursų karštam buitiniam vandeniui ruošti palyginimas.

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

- 2.1 pav.** Kauno klinikų ansamblis.
- 2.2 pav.** Katilinės išorinis fasadas.
- 2.3 pav.** Šilumos sąnaudos Kauno klinikų pastatų šilumos poreikiams tenkinti skirtingų metų atskirais mėnesiais.
- 2.4 pav.** Kauno klinikų pastatų šilumos poreikis šildymui atskirais mėnesiais šildymo sezonų metu.
- 2.5 pav.** Katilinės ir centrinio šilumos punkto esama principinė schema.
- 2.6 pav.** Kauno klinikų katilinės galia 2012-2013 metų šildymo sezono metu.

- 2.7 pav.** Katilinės apkrovimo grafikas 2013 – 2014 šildymo sezono metu.
- 2.8 pav.** Katilinės apkrovimo grafikas vasaros metu paros bėgyje.
- 2.9 pav.** Kauno klinikų katilinės apkrovimo grafikas projektiniais metais.
- 3.1 pav.** Gamtinių dujų ir biokuro kaina ir jų tarpusavio santykinio rodiklis kaina.
- 3.2 pav.** Gamtinių dujų kainų kitimo dinamikos prognozės.
- 3.3 pav.** Prognozuojamos šilumos kainos vartotojams Kauno CŠT tinkle [7].
- 3.4 pav.** Kauno klinikose naudojamos šilumos kainos kitimo dinamika.
- 4.1 pav.** Saulėtų valandų skaičius Europos miestuose per metus.
- 4.2 pav.** Saulės švietimo laiko (val./metus) Lietuvoje žemėlapis.
- 4.3 pav.** Centralizuota saulės šiluminė jėgainė su sezoniniu šilumos akumuliacija [13].
- 4.4 pav.** Paskirstyta saulės šiluminė jėgainė [13].
- 4.5 pav.** Saulės kolektorių principinė schema. [14].
- 4.6 pav.** Plokščiojo saulės kolektorių konstrukcija [15].
- 4.7 pav.** Saulės kolektorių galimas pagaminti šilumos kiekis, kai išnaudojamas visas galimas pastatų stogų plotas.
- 4.8 pav.** Saulės kolektoriais galimas pagaminti šiluminės energijos kiekis nagrinėtais atvejais.
- 4.9 pav.** Principinė šilumos siurblio schema su išoriniu ir vidiniu kontūrais.
- 4.10 pav.** Vidutinė mėnesio grunto ir aplinkos oro temperatūra Kauno zonoje 2001-2002 metais.
- 4.11 pav.** Plokščio kolektoriaus schema šilumos siurbliui.
- 4.12 pav.** Standartinio 100 m gylio geoterminio gręžinio su zonu schema.
- 4.13 pav.** Oras – vanduo šilumos siurblio lauko išpildymas.
- 4.14 pav.** Nagrinėjamo šilumos siurblio schema (a) ir darbo kreivė $p-h$ diagramoje (b).
- 4.15 pav.** Nagrinėjamos grunto – vanduo šildymo sistemos principinė schema.
- 4.16 pav.** Darbo agento R134a ciklas [22].
- 4.17 pav.** Šilumos siurblio transformacijos koeficiento E priklausomybė nuo darbo agento kondensacijos temperatūros.
- 4.18 pav.** Šilumos gamybos balansas Kauno klinikose integruvus į šilumos ūkį saulės kolektorių sistemą, skirtą karštam buitiniam vandeniui ruošti.
- 4.19 pav.** Šilumos gamybos balansas Kauno klinikose integruvus į šilumos ūkį šilumos siurblių sistemą, skirtą karštam buitiniam vandeniui.
- 4.20 pav.** Nagrinėjamų AEI variantų metinių išlaidų pasiskirstymas.
- 4.21 pav.** Kauno klinikose naudojamos šilumos kainos kitimo dinamika integruvus į šilumos ūkį atsinaujinančios energijos išteklių technologijas.

1. ĮVADAS

Pastaruoju metu Europoje labai skatinama darnios energetikos plėtra: diegiamos inovacijos ir modernios technologijos, didinant šilumos tiekimo sistemų efektyvumą, mažinant energijos nuostolius, skatinant vietinių ir atsinaujinančių energijos išteklių vartojimą, mažinant neigiamą poveikį aplinkai ir žmonių sveikatai. Todėl projektuojant naujus ar modernizuojant esamus energetinius objektus šiuo metu dominuoja įvairios biokuro rūšys, vis dažniau pasirenkamas geoterminis šildymas, ant namų stogų įrengiami saulės kolektoriai karštam buitiniam vandeniui ruošti ir pan.

Šilumos tiekimo sistemų efektyvumo didinimas yra vienas iš svarbiausių energetikos uždavinių, nes jis turi didelę įtaką šilumos energijos kainai, t.y. didėjant efektyvumui, šilumos savikaina mažėja. Pasiiekti geresnį sistemos našumą stengiamasi įvairiais būdais:

- parenkant šilumos generavimo įrenginį su aukštu naudingo veiksmo koeficientu;
- naudojant kokybišką kurą;
- naudojant atliekinės šilumos utilizavimo įrenginius;
- stengiamasi naudoti vietinius energijos išteklius;
- mažinant šilumos nuostolius vamzdyne (gera vamzdžių šiluminė izoliacija, tiekiamo vandens temperatūros reguliavimas priklausomai nuo oro temperatūros);
- pastatų renovacija – sienų apšiltinimas, langų, durų pakeitimas ir kt.

Lietuvoje ypač didelis dėmesys yra skiriamas visuomeninės paskirties objektų šilumos aprūpinimo sistemų modernizavimui pritaikant jose šiluminės energijos gamybai naudoti vietinius atsinaujinančius energijos išteklius (AEI). Atsižvelgiant į šias tendencijas, šiame magistro darbe yra nagrinėjamas Kauno klinikų miestelio šiluminio ūkio reorganizavimas. Objektas pasirinktas dėl išskirtinės šiluminio ūkio struktūros bei dėl pastaruoju metu Kauno mieste stipriai besikeičiančios šilumos tiekimo politikos: mieste daugėja nepriklausomų šilumos tiekėjų, kurie savo katilinėse degina biokurą, AB „Kauno energija“ (KE) taip pat savo katilinėse įsirengė biokurą naudojančius katilus - todėl rinkos konkurencijos dėsnis tampa labai svarbiu veiksniu, sąlygojančiu šilumos kainą Kauno mieste.

Darbe atliktas detalus esamo Kauno klinikų šilumos ūkio įvertimas: apskaičiuoti šilumos vartotojų poreikiai, išnagrinėtos esamos vietinės katilinės eksploatacinės sąlygos. Tai parodė, kad esamo šilumos ūkio darbas nėra optimalus.

Magistriniame darbe buvo atlikta esamų energijos šaltinių apžvalgos analizė. Ji parodė, jog yra numatomas vietinėje kalinėje naudojamo kuro – gamtinių dujų – kainų augimas, o tuo tarpu Kauno miesto CŠT tiekėjo parduodamos šilumos kaina turėtų sumažėti lyginat su dabartine. Siekiant įvertinti šių šilumos šaltinių kainų dinamikos poveikį galutinei šilumos kainai Kauno klinikose, parengta skaičiuoklė, kurioje keičiant šilumos šaltinio dalį bendrame suvartojamos šiluminės energijos balanse, išnagrinėti įvairūs galimi variantai. Gauti rezultatai parodė, jog norint mažinti išlaidas šilumai,

racionalus sprendimas būtų didžiąją dalį šiluminės energijos pirkti iš miesto tinklo, o savoje katilinėje pagaminta šiluma tenkinti tik garo poreikį.

Be kitų klausimų, šiame darbe analizuojamos galimybės pačiam vartotojui kaip galima plačiau naudoti vietinius AEI, juo labiau, kad tam yra palankios prielaidos – Kauno klinikos ištisus metus vartoja karštą buitinį vandenį, jų teritorijoje yra daug laisvos vietos, kur būtų galima įrengti AEI sistemas šiluminei energijai gaminti. Įvertinus vietinius AEI, analizei pasirinkti saulės kolektoriai ir šilumos siurblys gruntas – vanduo. Abiejų sistemų galios parinktos, kad patenkinti 2/3 šilumos sąnaudų karštam buitiniam vandeniui ruošti nešildymo sezono metu. Atlikta techninė-ekonominė analizė parodė, jog vietinių AEI panaudojimas Kauno klinikose yra patrauklus sprendimas siekiant atnaujinti sistema bei sumažinti vartojamos šilumos kainą. Tarpusavyje lyginant nagrinėtas saulės kolektorių ir šilumos siurblio sistemas matyti, jog tiek ekonomiškai, tiek techniškai patrauklesnis variantas yra sumontuoti saulės kolektorių sistemas ant pastatų stogų. Šiuo atveju pastebimas ryškesnis šilumos kainos sumažėjimas bei greitesnis sistemos atsipirkimo laikas. Tačiau apibendrinant visus darbo rezultatus akivaizdu, jog didžiausias šilumos kainos sumažėjimo efektas Kauno klinikose būtų gaunamas, jei pagrindiniu šilumos šaltiniu taptų importuojama šiluminė energija iš Kauno miesto CŠT tinklo.

Šio darbo tikslas – išanalizuoti Lietuvos sveikatos mokslų universiteto ligoninės (toliau – Kauno klinikų) šilumos ūkį ir surasti patraukliausią jo modernizacijos sprendimą tiek ekonominiu, tiek darnios energetikos aspektais atsižvelgiant į dabartinės energetikos plėtros tendencijas bei vykdomą politiką šiame sektoriuje.

Siekiant šio tikslo darbe sprendžiami tokie uždaviniai:

1. apžvelgti esamo šilumos ūkio padėtį bei esamus šilumos vartotojus;
2. įvertinti realias Kauno klinikų šiluminės energijos sąnaudas;
3. įvertinti esamos vietinės katilinės eksploatavimo sąlygas;
4. atlikti esamų šilumos šaltinių kainų dinamikos analizę ir įvertinti jų poveikį galutinei suvartojamos šilumos kainai Kauno klinikose;
5. techniniu ir ekonominiu požiūriais įvertinti vietinių atsinaujinančių energijos šaltinių panaudojimo galimybes Kauno klinikų miestelyje.
6. nustatyti patraukliausią Kauno klinikų šilumos ūkio modernizacijos kryptį siekiant kuo mažesnių išlaidų suvartojamai energijai bei darnumo su aplinka.

2. ESAMA SITUACIJA KAUNO KLINIKŲ ŠILUMOS ŪKYJE

Kauno klinikos - didžiausia gydymo įstaiga Lietuvoje. Ši viešoji įstaiga yra įsikūrusi Kauno mieste, ant Neries upės kairiojo kranto. Gydymo įstaigoje šiuo metu dirba per tūkstantį aukštos kvalifikacijos gydytojų ir daugiau negu du tūkstančiai slaugos personalo specialistų. Klinikų stacionare vienu metu gali būti gydoma iki 2000 pacientų.

Kauno klinikos savo veiklą vykdo 32,8 ha teritorijoje išsidėsčiusiame pastatų komplekse (virš 20 pastatų). Bendras analizuojamų pastatų plotas yra apie 140 tūkst. m². Komplexo branduolį sudaro 1937 – 1940 metais pastatyti korpusai: Centriniai rūmai, Poliklinikos korpusas, Vaikų ligų, Nervų ligų klinikų ir Patologinės anatomijos korpusai. Vėliau pastatyti Akušerijos ir Ginekologijos (1972m.), Kardiologijos (1976 m.), Akių ligų (1974 m.), Endokrinologijos (1988m.) ir Neurochirurgijos (1982 m.) korpusai. Neseniai baigtas įrenginėti Kardiochirurgijos korpusas (pradėtas statyti 1989m.). Paskutinį dešimtmetį, gavus finansavimą, vykdoma sparti Kauno klinikų plėtra: pastatytas Radiologijos korpusas, naujas ūkio pastas, Vaikų ligų korpuso priestatas, Poliklinikos priestatas. Šiuo metu baigiamas įrenginėti Skubios pagalbos ligoninės korpusas bei vyksta naujo Laboratorijos korpuso statyba. Taip pat Kauno klinikų teritorijoje 2006 m. pastatyta Lietuvos sveikatos mokslų universiteto biblioteka ir informacijos centras bei 2014 m. modernus „Santakos“ slėnio Naujausių farmacijos ir sveikatos technologijų centras.

Universiteto klinikų statinių ansamblis paminkloauginiu požiūriu yra vertingas objektas, visiškai išlikęs ir nepakeitęs pagrindinės gydymo įstaigos funkcijos. 2003 m. Kauno klinikų kompleksas



2.1 pav. Kauno klinikų ansamblis.

įrašytas į Lietuvos Respublikos nekilnojamųjų kultūros vertybių registrą. 2008 m. Lietuvos Respublikos Vyriausybės nutarimu klinikų statinių kompleksas paskelbtas kultūros paminklu.

Šildymo sistemos vamzdynai, dalis elektros tiekimo kabelių ir kitų inžinerinių sistemų yra išvedžioti techninėse galerijose, kurios eina lygiagrečiai galerijų, kuriomis vyksta pėsčiųjų eismas. Kita dalis inžinerinių tinklų paklota grunte ar virš jo. Kauno klinikų šilumos ūkio renovacijos darbai didesne apimtimi pradėti vykdyti nuo 1999 m., atliekant dalies pastatų šiluminę renovaciją (atlikti atskirų pastatų energetinis auditas, apšiltinti Akių ligų korpuso atitvariniai paviršiai, pakeista didelė dalis langų ir durų sovietinės statybos pastatuose, izoliuota dalis šilumos tinklų vamzdynų ir kt.).

Efektyvesniam pirminės energijos panaudojimui problemą kelia tiek „paveldo“ statusą turinčių pastatų renovacija, tiek ir pats gana įvairus energetikos ūkis (atskiri jį sudarantys komponentai instaliuoti atskirais laikmečiais).

Kauno klinikų pastatų kompleksui šiluminė energija (termofikacinio vandens ir garo pavidalu) yra tiekama centralizuotai iš jų teritorijoje esančios vietinės katilinės, kuri buvo pastatyta ir pradėta eksploatuoti 1939 m. (žr. 2.2 paveikslą).

1940 m. įrengta centralizuoto šildymo sistema buvo pirmoji tokio tipo sistema Lietuvoje. Plečiantis klinikoms, siekiant aprūpinti šilumine energija naujuosius korpusus, šildymo sistema buvo plečiama, tačiau išliko centralizuota. Plečiant katilinę, buvo montuojami nauji įrenginiai ir paliekama



2.2 pav. Katilinės išorinis fasadas.

dalis senųjų, todėl šiuo metu esanti jos komponentų visuma labai įvairi - yra išlikusių eksploatuojamų įrenginių net nuo 1939 m., pavyzdžiui, 1939 m. sumontuota Belgiška krosnis, kuri paskutiniaisiais duomenimis yra vis dar veikianti (!).

Šiuo metu katilinėje naudojamas kuras – gamtinės dujos. Tokio kuro šildymo sistemų eksploatacija ir priežiūra yra paprasta, tačiau pagamintos energijos savikaina yra palyginti didelė, nes gamtinės dujos šiuo metu yra viena brangiausių kuro rūšių.

Siekiant užtikrinti gydymo įstaigos šildymą vietinės sistemos gedimo atveju, yra palikta galimybė Kauno klinikas prijungti prie miesto šilumos tinklų. Pastaraisiais metais, padidėjus šiluminės energijos vartojimui (paprastai pikų ar šalčio atakų metu), trūkstamas šilumos kiekis yra perkamas iš UAB „Kauno energija“.

2.1 Esama situacija šilumos vartotojų sektoriuje

Kauno klinikų katilinėje pagaminta šiluminė energija vamzdynais yra tiekama beveik visiems Kauno klinikų teritorijoje esantiems pastatams (išskyrus neseniai pastatytus Lietuvos sveikatos mokslų universitetui priklausančius pastatus – Biblioteka ir informacijos centras, Kardiologijos institutas, mokomasis laboratorinis korpusas bei Santakos“ slėnio Naujausių farmacijos ir sveikatos technologijų centras, kurie yra prijungti prie Kauno miesto centralizuoto šilumos tiekimo (CŠT) tinklo). Šie šilumos vartotojai vietinėje katilinėje generuojamą šiluminę energiją naudoja patalpų šildymui šaltuoju metų laikotarpiu, vėdinimui, karšto buitinio vandens ruošimui, maisto ruošimui bei kitoms specialioms procedūroms.

Visų Kauno klinikų komplekso pastatų (išskyrus tuos, kurie prijungti prie miesto CŠT tinklo) apšildomas plotas, projektinės galios šildymui, vėdinimui, karšto vandens ruošimui bei garo poreikiui yra pateiktos 2.1. lentelėje (žr. sekantį psl.).

Iš 2.1 lentelėje pateiktų duomenų matyti, jog šiuo metu visų prie vietinio Kauno klinikų CŠT tinklo prijungtų pastatų suminė projektinė galia šildymui, vėdinimui ir karštam vandeniui yra apie 16,3 MW (prijungus dabar statomus ir įrengiamus naujus pastatus – 19,84 MW), o bendras garo poreikis yra apie 4,46 MW. Suprantama, dabartiniu metu bendri pastatų šiluminės energijos poreikiai yra pasikeitę. Tam įtakos turėjo:

- nuolatinis Kauno klinikų plėtimasis, t.y. naujų vartotojų atsiradimas;
- atliekamos pastatų renovacijos: šiuo metu daugumoje pastatų pakeisti langai, durys, taip pat yra pastatų su apšiltintomis sienomis, perdengtais stogais;
- šiuo metu įrengtos vėdinimo sistemos ne visuose pastatuose pilnai atstatytos (operacinių patalpose ventiliacinės sistemos atstatytos apie 50-60 %, kitose patalpose – mažesnė dalis);
- daugumoje naujesnių pastatų, kur įrengtos vėdinimo sistemos, numatyta tiekiamą į patalpą orą ruošti išpurškiant garą, tačiau ši technologiją beveik nenaudojama (galbūt nepasiteisino, vyr. inžinieriaus pastaba).

Išvardytos pastatų renovacijos Kauno klinikose yra vykdomos stambiais mastais. Šios renovacijos yra pagrindinė priežastis, kodėl žymiai pagerėja Kauno klinikų miestelio pastatų šiluminės charakteristikos, o to pasekoje kartu mažėja ir šilumos sąnaudos šildymui ir vėdinimui. Suprantama, jog dėl to pastatų buvusios projektinės maksimalios galios šildymui taip pat sumažėjo.

Siekiant įvertinti esamas realias Kauno klinikų pastatų šilumines galias bei jas palyginti su projektinėmis, šiame darbe yra atliekami skaičiavimai naudojantis statistiniais duomenimis apie tikrąsias šilumos sąnaudas pastatų šildymui.

Skaičiavimų metu yra analizuojamos šiluminės energijos sąnaudos šildymui 2012.01 – 2014.03 laikotarpiu Kauno klinikų miestelyje.

2.1 lentelė. Kauno klinikų projektinės galios šiluminei energijai ir garui.

| Eil. Nr. | Pastatas | Apšildomas plotas, m² | Galia šiluminei energijai *, kW | Garų poreikis, kg/h |
|---|---|---|--|----------------------------|
| 1. | Ligoninės centrinis korpusas | 25 549,55 | 1 799 | - |
| 2. | Ligoninės centrinis korpusas (1D6/p) | 25 549,55 | 1 799 | - |
| 3. | Akušerinis-ginekologinis korpusas (2D5/p) | 15 213,72 | 1 150 | 300 |
| 4. | Vaikų ligų korpusas (3D3/p) | 5 226,73 | 531 | - |
| 5. | Neurochirurgijos ir nervų ligų korpusai (47D4/p, 4D5/p, 46D4/p) | 13 596,64 | 1 684 | - |
| 6. | Vaikų ligų korpuso priestatas | 4 419,15 | 567 | - |
| 7. | Akių ligoninės korpusas (5D5/p) | 13 006,09 | 1 665 | - |
| 8. | Endokrinologijos korpusas (33D4/p) | 8251,15 | 1 047 | - |
| 9. | Radiologinės diagnostikos centras (78D2/p) | 2 966,97 | 554 | - |
| 10. | Kardiologinis korpusas (6D5/p, 75D5/p) | 20 420,65 | 2 943 | 840 |
| 11. | Patologinės anatomijos korpusas (8D2/p) | 994,46 | 157 | - |
| 12. | Reanimacinis-operacinis korpusas (32D4/p) | 6056,9 | 662 | 1 050 |
| 13. | Poliklinikos korpusas (7D3/p) | 4 511,05 | 387 | 150 |
| 14. | Valgyklos-parduotuvės korpusas (10M3/p) | 5 188,67 | 400 | - |
| 15. | Administracinis korpusas (9D3/p) | 7 342,15 | 954 | 1 120 |
| 16. | Maisto sandėlis (13F1/p) | 775,8 | 50 | - |
| 17. | Garažai (11G1/p, 76G1/p) | 1 621,9 | 180 | - |
| 18. | Skubios pagalbos ligoninės korpusas (dar pilnai neeksploatuojamas) | 15 612,24 | 2 621 | - |
| 19. | Laboratorinis korpusas (statomas) | 2785 | 913 | - |
| 20. | Ūkio pastatas (77H2/p) | 8 701,05 | 928 | 945 |
| 21. | Buitinis pastas (26F2/p) | 611,35 | 60 | - |
| Viso: | | 16 3462,57 | 19 835 | 4 405 |
| Viso be naujai įrengiamų skubios pagalbos ir laboratorinių korpusų: | | 14 5065,33 | 16 301 | 4 405 |

* Galia šiluminei energijai apima pastato poreikius tiek šildymui, tiek vėdinimui, tiek karšto buitinio vandens ruošimui.

Pastaba: duomenys pateikti Kauno klinikų vyr. inžinieriaus.

Šilumos sąnaudos pastatų šildymui priklauso nuo aplinkos temperatūros, todėl visų pirma yra atliekama Kauno miesto klimatologinių duomenų analizė. Be to, šildymo sezonai atskirais metais prasideda ir baigiasi skirtingu laiku priklausomai ar pereinamasis metų laikotarpis yra šiltesnis ar šaltesnis. Įvertinant tai, šiluminės energijos sąnaudas šildymui analizuojame tik “pilnais” šildymo

2.2 lentelė. Kauno miesto klimatologiniai duomenys nagrinėjamu laikotarpiui.

| Eil. Nr. | Mėnuo | Vidutinė mėnesio temperatūra, °C | | |
|-----------------------------------|-----------|----------------------------------|----------------|----------------|
| | | 2011/2012 m.m. | 2012/2013 m.m. | 2013/2014 m.m. |
| 1. | Lapkritis | 0,00 | 1,8 | 5 |
| 2. | Gruodis | 0,00 | -4,3 | 1,7 |
| 3. | Sausis | -2,9 | -6,7 | -6,7 |
| 4. | Vasaris | -9,1 | -1 | -1 |
| 5. | Kovas | 1,9 | -3,8 | -3,8 |
| Vidutinė laikotarpio temperatūra: | | -2,02 | -2,8 | -0,96 |

mėnesiais – lapkričio, gruodžio, sausio, vasario ir kovo mėnesiais. 2.2 lentelėje yra pateikti pasirinkto nagrinėjamo laikotarpio mėnesių vidutinės lauko oro temperatūros ir vidutinės laikotarpio temperatūros.

2.2 lentelėje pateikti duomenys bus panaudoti, apskaičiuojant tikrąsias šilumos sąnaudas pastatų šildymui lentelėje nurodytais mėnesiais bei nustatant Kauno klinikų realią galią šildymui.

Atliekant skaičiavimus laikome, kad Kauno klinikų nupirkta gamtinių dujų kiekis sunaudojamas katilinėje šilumos gamybai tiek šildymo tikslams, tiek karšto vandens gamybai, tiek technologijai. Remiantis gamtinių dujų katilų gamintojų pateikiamomis charakteristikomis priimame, jog Kauno klinikų katilinės vidutinis naudingo veiksmo koeficientas (n.v.k) lygus 87 %. Gamtinių dujų suvartojimas 20012 – 2014 metų mėnesiais yra pateiktas 2.3 lentelėje.

2.3 lentelė. Kauno klinikų katilinės gamtinių dujų sąnaudos skirtingų metų atskirais mėnesiais.

| Eil. Nr. | Mėnuo | Gamtinių dujų sąnaudos, nm ³ | | |
|----------|-----------|---|-----------|-----------|
| | | 2012 m. | 2013 m. | 2014 m. |
| 1. | Sausis | 483 720 | 527 500 | 573 917 |
| 2. | Vasaris | 561 750 | 429 020 | 413 878 |
| 3. | Kovas | 424 057 | 503 870 | 354 659 |
| 4. | Balandis | 226 210 | 265 920 | - |
| 5. | Gegužė | 99 580 | 109 210 | - |
| 6. | Birželis | 129 781 | 77 540 | - |
| 7. | Liepa | 77 890 | 77 800 | - |
| 8. | Rugpjūtis | 77 530 | 74 660 | - |
| 9. | Rugsėjis | 85 400 | 90 153 | - |
| 10. | Spalis | 247 960 | 268 170 | - |
| 11. | Lapkritis | 448 747 | 338 540 | - |
| 12. | Gruodis | 685 871 | 434 750 | - |
| Viso: | | 3 548 496 | 3 197 133 | 1 342 454 |

Vietinėje katilinėje sunaudotą gamtinių dujų kiekį perskaičiuojame į pagamintos šiluminės energijos kiekį pagal lygtį:

$$Q = \frac{0,87 \cdot B_{g.d} \cdot Q_{zem} \cdot 4,19 \cdot 10^{-3}}{3600}, \quad (2.1)$$

čia: Q – katilinėje pagamintas šiluminės energijos kiekis, MWh;

Q_{zem} – kuro kaloringumas, kJ/nm³;

$B_{g.d.}$ - sudegintas gamtinių dujų kiekis, nm³.

Skaičiavimuose priimame, jog katilinėje deginamų gamtinių dujų kaloringumas lygus $Q_{zem}=8000 \text{ kcal/nm}^3 = 33488 \text{ kJ/nm}^3$;

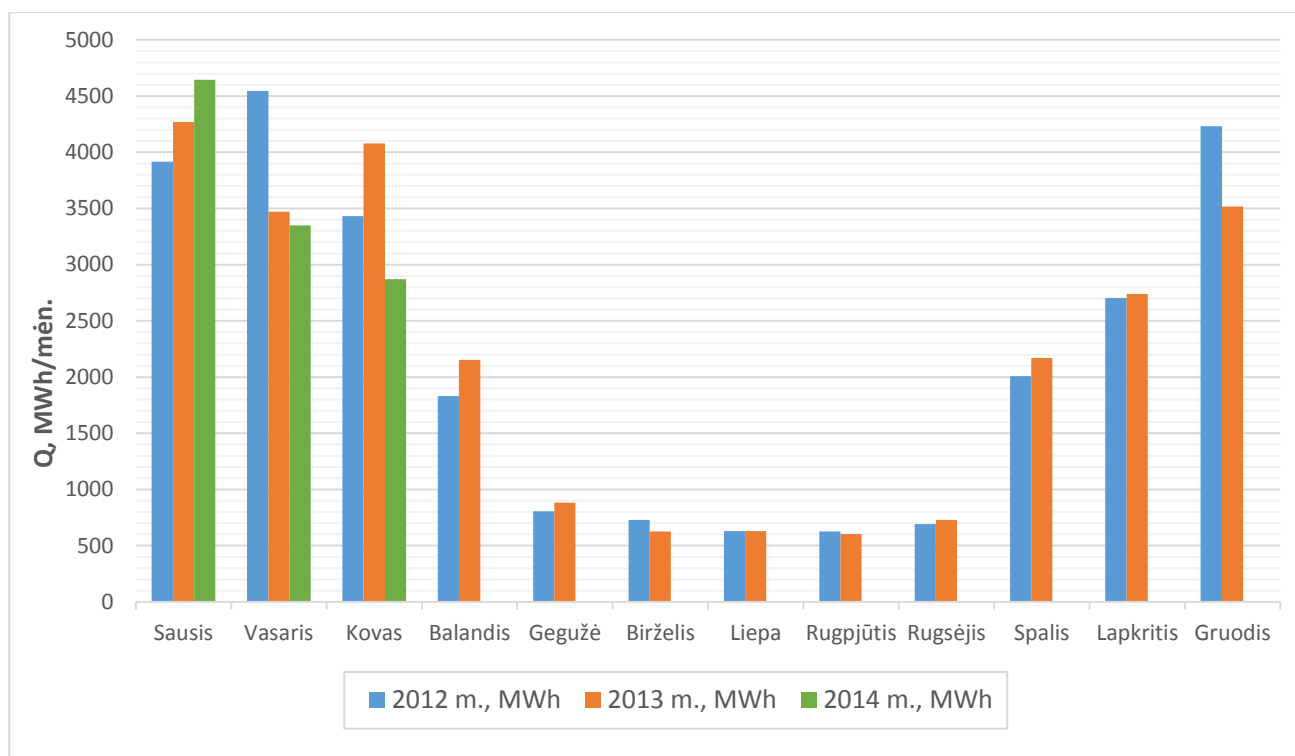
Taip perskaičiuota Kauno klinikų katilinėje pagaminta ir vartotojams patiekta šiluma atskirais metų mėnesiais parodyta 2.4 lentelėje bei grafikas pateiktas 2.3 paveiksle (žr. sekantį psl.).

2.4 lentelė. Kauno klinikų katilinėje pagamintos šilumos kiekis skirtingų metų atskirais mėnesiais.

| Eil. Nr. | Mėnuo | Pagamintos šiluminės energijos kiekis, MWh | | |
|--------------|-----------|--|------------------|-----------|
| | | 2012 m. | 2013 m. | 2014 m. |
| 1. | Sausis | 4 546,21 | 4 269,02 | 4 644,67 |
| 2. | Vasaris | 4 546,21 | 3 472,03 | 3 349,49 |
| 3. | Kovas | 3 431,87 | 4 077,79 | 2 870,23 |
| 4. | Balandis | 1 830,70 | 2 152,07 | - |
| 5. | Gegužė | 805,89 | 883,83 | - |
| 6. | Birželis | 729,82 | 627,53 | - |
| 7. | Liepa | 630,36 | 629,63 | - |
| 8. | Rugpjūtis | 627,45 | 604,22 | - |
| 9. | Rugsėjis | 691,14 | 729,60 | - |
| 10. | Spalis | 2 006,72 | 2 170,28 | - |
| 11. | Lapkritis | 2 702,72 | 2 739,78 | - |
| 12. | Gruodis | 4 232,69 | 3 518,40 | - |
| Viso: | | 26 781,76 | 25 874,18 | 10 864,39 |

Iš 2.3 ir 2.4 lentelėse pateiktų skaičiavimo rezultatų matyti, jog pastaraisiais metais Kauno klinikų katilinėje vidutiniškai sudeginama 3,37 mln. nm³ gamtinių dujų. Toks pirminės energijos kiekis leidžia pagaminti vidutiniškai apie 26 328 MWh šiluminės energijos per metus.

2.3 paveiksle matyti, kad gegužės – rugsėjo mėnesiais katilinės apkrovimas yra beveik pastovus ir nekinta skirtingais metais. Šiuo šiltuoju laikotarpiu nėra poreikio pastatų šildymui bei nereikia šildyti į patalpas paduodamo oro vėdinimo sistemose. Taip pat lyginant su kitais pastatų šiluminiais poreikiais, garo suvartojimas yra sąlyginai mažas dydis. Todėl priimame, jog gegužės – rugsėjo mėnesiais katilinėje generuojama šilumos energija naudojama tik karštam buitiniam vandeniui ruošti.



2.3 pav. Šilumos sąnaudos Kauno klinikų pastatų šilumos poreikiams tenkinti skirtingų metų atskirais mėnesiais

Iš 2.3 paveikslo grafiko matyti, jog vidutinės šiluminės energijos sąnaudos karšto buitinio vandens ruošimui vasaros metu sudaro apie 630 MWh per mėnesį. Tolimesniuose skaičiavimuose priimame, kad tiek šilumos karšto vandens gamybai sunaudojama ir šildymo sezono metu. Tuomet šilumos kiekiai, pagaminti Kauno klinikų katilinėje ir suvartoti tik pastatų šildymui, bus tokie, kaip kad pateikta 2.5 lentelėje.

2.5 lentelė. Šilumos sąnaudos Kauno klinikų pastatų šildymui, MWh/mėn .

| Eil. Nr. | Mėnuo | Šilumos sąnaudos šildymui, MWh | | |
|----------|-----------|--------------------------------|----------------|----------------|
| | | 2011/2012 m.m. | 2012/2013 m.m. | 2013/2014 m.m. |
| 1. | Lapkritis | - | 2 72,72 | 2 109,78 |
| 2. | Gruodis | - | 3 602,69 | 2 888,40 |
| 3. | Sausis | 3 916,21 | 3 639,02 | 4 014,67 |
| 4. | Vasaris | 3 916,21 | 2 842,03 | 2 719,49 |
| 5. | Kovas | 2 801,87 | 3 447,79 | 2 240,23 |
| Viso: | | 10 634,28 | 15 604,24 | 13 972,58 |

Pastaba: Reikalingas šilumos poreikis vėdinimui ir garui lyginant su šilumos kiekiu šildymui bei karštam buitiniam vandeniui, Kauno klinikų vyr. inžinieriaus teigimu, yra palyginti sąlyginai mažas dydis. Atsižvelgiant į tai, skaičiavimuose daroma prielaida, jog per šildymo sezoną Kauno klinikose šiluminė energija naudoja tik pastatų šildymui ir karštam buitiniam vandeniui ruošti.

Kauno klinikos šildymo sezono metu taip pat pirko šilumos energiją iš AB „Kauno energijos”. Skirtingų metų atskirais mėnesiais nupirkto šilumos kiekiai yra pateikiami 2.6 lentelėje.

2.6 lentelė. Kauno klinikų pirktos šilumos kiekiai atskirais šildymo sezonais.

| Eil. Nr. | Mėnuo | Pirktos šilumos kiekis, MWh | | |
|----------|-----------|-----------------------------|----------------|----------------|
| | | 2011/2012 m.m. | 2012/2013 m.m. | 2013/2014 m.m. |
| 1. | Lapkritis | - | 0,04 | 0,09 |
| 2. | Gruodis | - | 44,82 | 0,87 |
| 3. | Sausis | 1,4 | 331,4 | 7,14 |
| 4. | Vasaris | 3,07 | 2,08 | 22,27 |
| 5. | Kovas | 1,63 | 2,54 | 1,11 |
| Viso: | | 6,1 | 380,88 | 31,48 |

Tiek pagamintos nuosavoje katilinėje, tiek nupirkto šilumos iš AB „Kauno energija” suminiai kiekiai pateikti 2.7 lentelėje. 2.4 paveiksle (žr. sekantį psl.) pateikiami nagrinėjamo laikotarpio šildymo sezonų šilumos poreikis šildymui atskirais mėnesiais.

2.7 lentelė. Suminės šilumos sąnaudos šildymo tikslams atskirais šildymo laikotarpio mėnesiais.

| Eil. Nr. | Mėnuo | Suminės šilumos sąnaudos, MWh | | |
|----------|-----------|-------------------------------|----------------|----------------|
| | | 2011/2012 m.m. | 2012/2013 m.m. | 2013/2014 m.m. |
| 1. | Lapkritis | 0,00 | 2 072,76 | 2 109,87 |
| 2. | Gruodis | 0,00 | 3 647,51 | 2 889,27 |
| 3. | Sausis | 3 917,61 | 3 970,42 | 4 021,81 |
| 4. | Vasaris | 3 919,28 | 2 844,11 | 2 741,76 |
| 5. | Kovas | 2 803,50 | 3 450,33 | 2 241,34 |
| Viso: | | 10 640,39 | 15 604,24 | 13 972,58 |

Per nagrinėjamą laikotarpį klinikose suvartotos šilumos pastatų šildymo tikslams kiekius galima apskaičiuoti pagal lygtį:

$$Q = N_{\max} \frac{(t_{kamb.reali} - t_{orovid.})}{(t_{kamb.norm} - t_{oro min})} \cdot n \cdot 24, \quad (2.2)$$

čia: Q – šilumos sąnaudos šildymui, MWh;

N_{\max} – maksimali galia šildymui, MW;

$t_{kamb.reali}$ – realiai palaikoma temperatūra kambariuose šildymo sezono metu, °C;

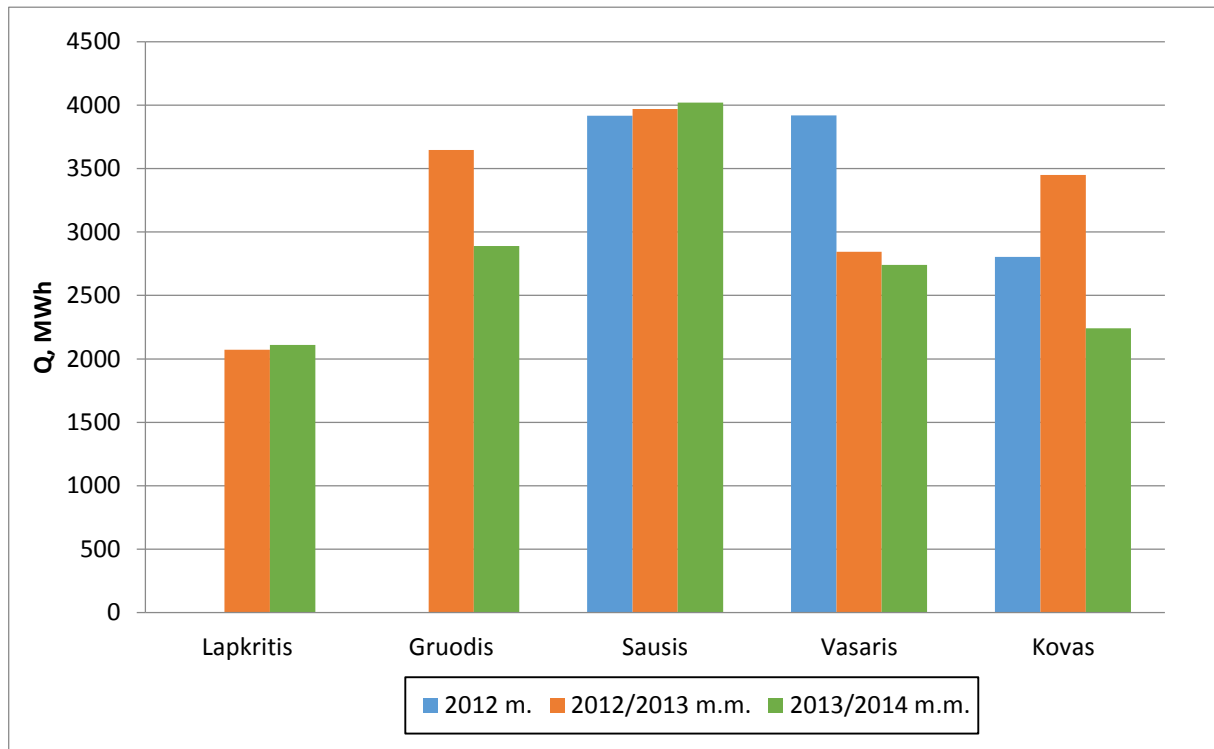
t_{orovid} – vidutinė aplinkos oro temperatūra nagrinėjamu laikotarpiu, °C;

$t_{kamb.norm}$ -, normatyvinė kambario temperatūra šildymo sezono metu;

$t_{oro min}$ - projektinė minimali aplinkos oro temperatūra šildymo sezono metu;

n – dienų skaičius nagrinėjamu laikotarpiu (šildymo sezono metu);

24 – valandų skaičius paroje.



2.4 pav. Kauno klinikų pastatų šilumos poreikis šildymui atskirais mėnesiais šildymo sezonų metu.

Arba, žinant realias šilumos sąnaudas klinikų šildymui, galima apskaičiuoti realią maksimalią galią šildymui:

$$N_{\max} = Q \cdot \frac{(t_{kamb.norm} - t_{oro.min})}{(t_{kamb.reali} - t_{orovid.}) \cdot n \cdot 24} \quad (2.3)$$

Skaičiavimuose priimame, jog:

$$t_{kamb.norm.} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C},$$

$$t_{oro.min.} = -22 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Pavyzdžiui, 2012/2013 metų šildymo sezono metu (lapkričio - kovo mėnesiais) vien šildymui buvo sunaudota 10640,38 MWh šilumos. Taigi laikant, kad pastatų viduje buvo palaikoma +20 °C temperatūra (norminė temperatūra gydymo įstaigose), o vidutinė aplinkos oro temperatūra šiuo laikotarpiu buvo (-2,8) °C, lapkričio – kovo mėnesiai turėjo 151 dieną, galima rasti perskaičiuotą, t.y. realią, maksimalią Kauno klinikų vartotojų galią 2012/2013 šildymo sezono metų šildymo tikslams:

$$N_{\max} = 10640,38 \cdot \frac{(20 - (-22))}{(20 - (-2,8))} \cdot \frac{1}{151 \cdot 24} = 5,41 \text{ (MW)}.$$

Jeigu patalpose buvo palaikoma +18 °C temperatūra, tuomet perskaičiuota galia būtų tokia:

$$N_{\max} = 10640,38 \cdot \frac{(20 - (-22))}{(18 - (-2,8))} \cdot \frac{1}{151 \cdot 24} = 5,92 \text{ (MW)}.$$

Jeigu patalpose buvo palaikoma +16 °C temperatūra, tuomet perskaičiuota galia būtų tokia:

$$N_{\max} = 10640,38 \cdot \frac{(20 - (-22))}{(16 - (-2,8))} \cdot \frac{1}{151 \cdot 24} = 6,56 \text{ (MW)}.$$

Analogiškai atlikti skaičiavimai ir kitų metų šildymo sezonams. Gauti skaičiavimų rezultatai pateikiami 2.8 lentelėje.

2.8 lentelė. Perskaičiuota Kauno klinikų vartotojų maksimali galia šildymui.

| Eil. Nr. | Rodiklis | Matavimo vienetai | Šildymo sezonas | | |
|----------|---|-------------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| | | | 2011/2012 m.m. | 2012/2013 m.m. | 2013/2014 m.m. |
| 1. | Nagrinėjami mėnesiai | | 2012 01-03 | 2012 11 – 2013 03 | 2013 11 – 2014 03 |
| 2. | Dienų skaičius šiuo laikotarpiu | | 91 | 151 | 151 |
| 3. | Vidutinė lauko oro temperatūra šiuo laikotarpiu | °C | -2,02 | -2,8 | -0,96 |
| 4. | Sunaudotos šilumos kiekis per šį laikotarpį | MWh | 10 634,28 | 15 604,24 | 13 972,58 |
| 5. | Pastatų perskaičiuota maksimali galia šildymui (laikant, jog patalpose buvo palaikoma +16 °C temperatūra) | MW | 11,35 | 6,56 | 9,55 |
| 6. | Pastatų perskaičiuota maksimali galia šildymui (laikant, jog patalpose buvo palaikoma +18 °C temperatūra) | MW | 10,215 | 5,92 | 8,54 |
| 7. | Pastatų perskaičiuota maksimali galia šildymui (laikant, jog patalpose buvo palaikoma +20 °C temperatūra) | MW | 9,29 | 5,41 | 7,72 |

Remiantis atliktais skaičiavimais galima teigti, kad šiuo metu realus maksimalus Kauno klinikų komplekso pastatų poreikis šildymui ir vėdinimui yra apie 11 MW. Kaip jau buvo aptarta, eksploatuojamų pastatų projektinė šiluminė galia yra apie 16,3 MW. Taigi šiuo metu esama eksploatuojamų Kauno klinikų pastatų šiluminė galia yra apie 32,5% mažesnė nei projektinė.

Ši maksimali projektinė Kauno klinikų miestelio pastatų galia (šildymui ir vėdinimui) nebuvo pasiekama dėl pasikeitusios padėties lyginant su projektinėmis sąlygomis. Ta lėmė keletas priežasčių. Visų pirma, vėdinimo sistemos pastatuose nėra pilnai atkurtos, todėl ir suprojektuota maksimali pastatų šiluminė galia nepasiekama. Be to, pastatuose (išskyrus naujai pastatytus) nėra įrengta jokių šilumos vartojimą reguliuojančios įrangos, taigi maksimali šiluminė galia negali būti pasiekama ir dėl nevienodo atskirų pastatų bei to pačio pastato atskirų patalpų šildymo. Taip pat, kaip jau kelis kartus buvo minėta, pastatų renovacija ryškiai sumažina šiluminės energijos vartojimą. Žinoma, įtakos gali turėti ir taupus šiluminės energijos vartojimas.

2.2 Esama situacija šilumos tiekimo sektoriuje – šilumos, karšto buitinio vandens ir garo tiekimo sistemų vamzdynai

Kauno klinikų pastatų komplekso šiluminės energijos poreikiams, tenkinti vietinėje katilinėje bei centriniame šilumos punkte yra ruošiamas :

- žemų parametrų termofikacinis vanduo;
- aukštų parametrų termofikacinis vanduo;
- garas;
- karštas vanduo.

Atitinkamai kiekvienas skirtingų parametrų fluidas turi savo vamzdyną.

Žemų parametrų termofikacinis vanduo yra naudojamas tiesiogiai pastatų šildymui, t.y. termofikacinis vanduo iš katilinės tiesiogiai (be tarpinio šilumokaičio) yra tiekiamas į pastato patalpose įrengtus šilumos prietaisus. Toks šildymo būdas vis dar yra naudojamas senesniuose pastatuose, pvz. Centriniame korpuse, Poliklinikos korpuse. Kauno klinikų žemų parametrų termofikacinio vandens vamzdynų duomenys pateikti 2.9 lentelėje, vamzdynų schema pateikta 7.1 priede.

2.9 lentelė. Kauno klinikų žemų parametrų vamzdynų duomenys.

| DN, mm | 50 | 70 | 80 | 100 | 125 | 150 | 200 | 250 | Viso, m |
|-----------------|-------|------|------|-------|------|-----|-------|------|----------------|
| Ilgis, m | 124,9 | 80,5 | 29,2 | 530,9 | 97,5 | 367 | 209,2 | 33,1 | 1472,3 |

Aukštų parametrų termofikacinis vanduo yra naudojamas pastatų šildymui, vėdinimui bei karšto vandens ruošimui. Tuo tikslu pastatuose turi būti įrengti šilumos punktai, kuriuose yra sumontuoti skiriamieji šilumokaičiai atskirai pastato šildymo, vėdinimo bei karšto vandens sistemos. Šilumos punktai jau yra įrengti praktiškai visuose Klinikų ansamblio pastatuose, tačiau vien tik aukštų parametrų termofikacinis vanduo yra naudojamas tik per pastaruosius kelerius metus įrengtuose pastatuose, pvz., Skubios pagalbos ligoninės korpuse. Universiteto klinikų aukštų parametrų termofikacinio vandens vamzdynų duomenys pateikti 2.10 lentelėj, vamzdynų schema pateikta 7.2 priede.

2.10 lentelė. Kauno klinikų aukštų parametrų termofikacinio vandens vamzdynų duomenys.

| DN, mm | 32 | 50 | 80 | 100 | 125 | 150 | 200 | Viso, m |
|-----------------|------|-------|-----|--------|-------|-------|-------|----------------|
| Ilgis, m | 48,8 | 267,3 | 285 | 465,33 | 445,9 | 442,7 | 294,4 | 2249,43 |

Daugumoje klinikų pastatų kartu naudojamas tiek aukštų, tiek žemų parametrų termofikacinis vanduo. Tai priklauso nuo paties pastato bei pastato šilumos punkto renovacijos lygio, esamos šilumos prietaisų sistemos, pvz., daugumoje pastatų yra įrengta dvivamzdė patalpų šildymo sistema, tad jei naudojamas žemų parametrų termofikacinis vanduo, vyr. inžinieriaus teigimu, tolimesniuose taškuose esančiuose objektuose nepakanka spaudimo vamzdyne ir dėl to šilumos prietaisai nešyla.

Absoliuti dauguma termofikacinio vandens vamzdynų yra pakloti prieš kelis dešimtmečius. Personalo vertinimu, jų būklė patenkinama. Tiek aukštų parametru, tiek žemų parametru vamzdynų avarijos nėra dažnos. Tačiau šių vamzdynų izoliacija atitinka prieš kelis dešimtmečius galiojančius reikalavimus, ir yra apie 2,3 karto blogesnių savybių, nei dabartinių iš anksto izoliuotų vamzdžių.

Naujai klojami termofikacinio vandens vamzdiniai į statomus naujus pastatus yra pakloti bekanaliu būdu. Šių vamzdynų šiluminės izoliacijos kokybė atitinka dabartinius reikalavimus.

Pagamintas katilinėje garas naudojamas tiek karštam buitiniam vandeniui gaminti, tiek technologinėms reikmėms tenkinti: maisto ruošimui, skalbykloje, sterilizacijai, dezinfekcijai ir kt. Vartotojams garas yra tiekimas garotiekiu $p=4\text{bar(g)}$, neperkaitintas. Pas vartotojus garas redukuojamas iki $2,7 \div 3 \text{ bar(g)}$. Valgykloje slėgis redukuojamas iki $0,2 \text{ bar(g)}$. S

Susidaręs garas gražinamas kondensato gražinimo vamzdynais. Kondensatas gražinamas praktiškai iš visų vartotojų. Kondensato talpos naujos, kondensato talpų automatika sena, nauja tik Akušerijos korpuse. Kauno klinikų garotiekių vamzdynų duomenys pateikti 2.11 lentelėje, vamzdynų schema pateikta 7.3 priede.

2.11 lentelė. Kauno klinikų garotiekių vamzdynų duomenys.

| DN, mm | 40 | 50 | 70 | 80 | 100 | Viso, m |
|-----------------|----|-----|-----|-----|-----|----------------|
| Ilgis, m | 65 | 170 | 189 | 207 | 192 | 823 |

Kauno klinikų centriniame šilumos punkte ruošiamas karštas butinis vanduo karšto vandens vamzdynais tiekiamas vartotojams taip sakant tiesiai į čiaupą. Pastaraisiais metais daugumoje pastatų stengiamasi karštą butinį vandenį ruošti vietiniu būdu pastate esančiame šilumos punkte, nes toks būdas yra ekonomiškėsnis. Tačiau vyr. inžinieriaus teigimu, yra skundų iš Kauno klinikų darbuotojų, jog tik karštą vandenį ruošiant šilumos punkte, jo nepakanka pikiniams poreikiams patenkinti arba jis taip sakant atbėga per lėtai. Dėl šių priežasčių daugumoje pastatų šalia vietinio karšto butinio vandens ruošimo yra palikta galimybė tiekti karštą vandenį ir iš centrinio punkto bei yra įrengti lokaliniai elektriniai vandens šildytuvai (boileriai).

Taigi šiuo metu Kauno klinikų šilumos ūkis pasižymi vamzdynų gausa – yra aukštų parametru termofikacinio vandens vamzdynas, žemų parametru termofikacinio vandens vamzdynas, karšto butinio vandens tiekimo vamzdynas, garo tiekimo ir kondensato gražinimo vamzdynas. Moderniose centralizuoto šilumos tiekimo sistemose būtų tik du vamzdiniai – aukštų parametru vamzdynas ir garo tiekimo su kondensato gražinimu vamzdynas. Pastatuose įrengtuose šilumos punktuose būtų ruošiamas karštas butinis vanduo bei šildomas pastatų šildymo bei vėdinimo sistemų vanduo. Toks šilumos tiekimas pastatams (naudojant tik aukštų parametru vamzdyną) pasižymi tuo, kad išvengiami papildomi šilumos nuostoliai nuo kitų vamzdynų. Kauno klinikų atveju būtų išvengta šilumos nuostolių nuo dabartinių aukštų parametru vamzdynų bei nuo karšto butinio vandens vamzdynų.

2.3 Esama situacija šilumos ir karšto vandens gamybos sektoriuje

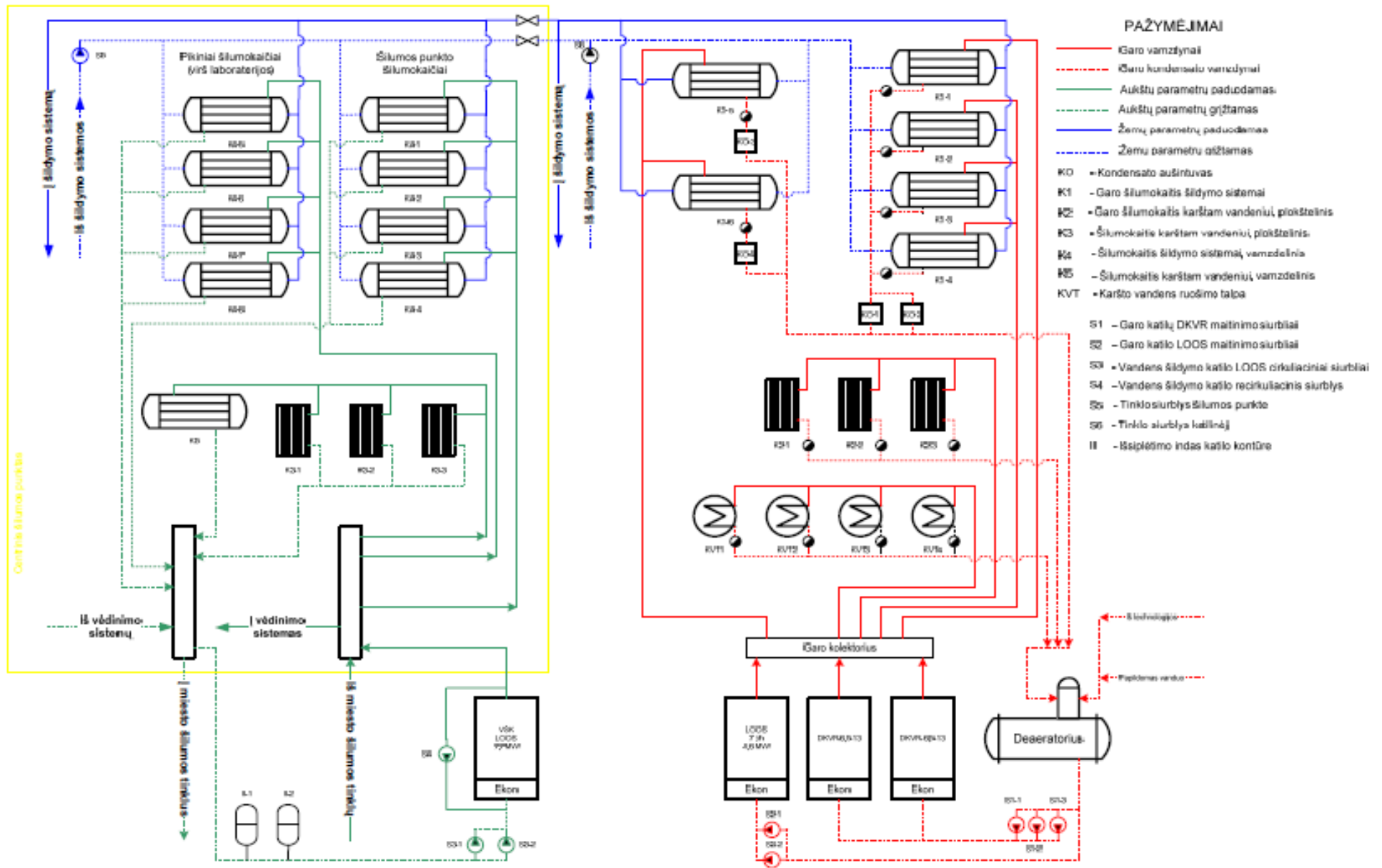
Kauno klinikose šiluminė energija šildymui ir vėdinimui, karštas buitinis vanduo ir garas technologijai yra gaminami vietinėje katilinėje, kuri eksploatuojama nuo 1939 m. Kaip minėta anksčiau, siekiant užtikrinti gydymo įstaigos šildymą vietinės sistemos gedimo metu, palikta galimybė Kauno klinikas prijungti prie Kauno miesto CŠT tinklą. Katilinės ir pagal Vokietijos firmos J.S.Fries Sohn apskaičiavimus katilams reikalingo 75 m aukščio kamino statyba buvo pradėta 1938 m. Tais pačiais metais Gebrueded Wagner Dampf kessel fabrike buvo pagaminti Kauno klinikų katilinei skirti durpėmis ir anglimi kūrenami 4 garo katilai Bobcock – Wilcox, kurie 1939 m. pavasarį buvo sumontuoti ir išbandyti. Vienas iš 4 katilų veikė ir nešildymo sezono metu. Praėjusio amžiaus 7-ajame dešimtmetyje katilinė buvo dujofikuota, netrukus po to Bobcock - Wilcox katilai pakeisti DKVR-6,5-13 markės katilais. 1975 m. įrengtas centrinis šilumos punktas. 1999 m., atlikus dalinę katilinės rekonstrukciją, sumontuoti 7,7 MW šiluminės galios LOOS vandens šildymo katilas ir 4,6 MW šiluminės galios LOSS garo katilas. Be to, rezerve palikti du garo katilai DKVR-6,5-13, kurių degikliai yra tiek fiziškai, tiek morališkai pasenę, degiklių automatika – primityvi. Išlikęs garo katilas Bobcock – Wilcox pagal paskirtį nenaudojamas (jo eksploatacija uždrausta 1976 m.). Taigi suminė realiai naudojama katilų galia yra 7,7+4,6=12,3 MW. Pagrindiniai duomenys apie katilus pateikti 2.12 lentelėje.

Katilinės bei visos šildymo sistemos darbo temperatūrinis režimas turėtų būti apie 110/70 °C, tiekiant šilumą aukštais parametrais, bei apie 85/60 °C, tiekiant šilumą žemais parametrais. Personalo teigimu, tokios maksimalios temperatūros praktiškai nėra pasiekiamos netgi šalčių metu. Šiuo metu šildymo sistemų srauto parametrai reguliuojami rankiniu būdu per tarpinius šilumokaičius, esančius centriniame šilumos punkte, atskyrus katilinės ir šildymo sistemos kontūrus. Kontūrų atskyrimui naudojami šilumokaičiai susidėvėję, dalis vamzdelių užaklinta.

2.5 paveiksle pateikta Kauno klinikų katilinės ir centrinio šilumos punkto esamos padėties principinė schema.

2.12 lentelė. Katilinėje instaliuotų katilų techniniai rodikliai.

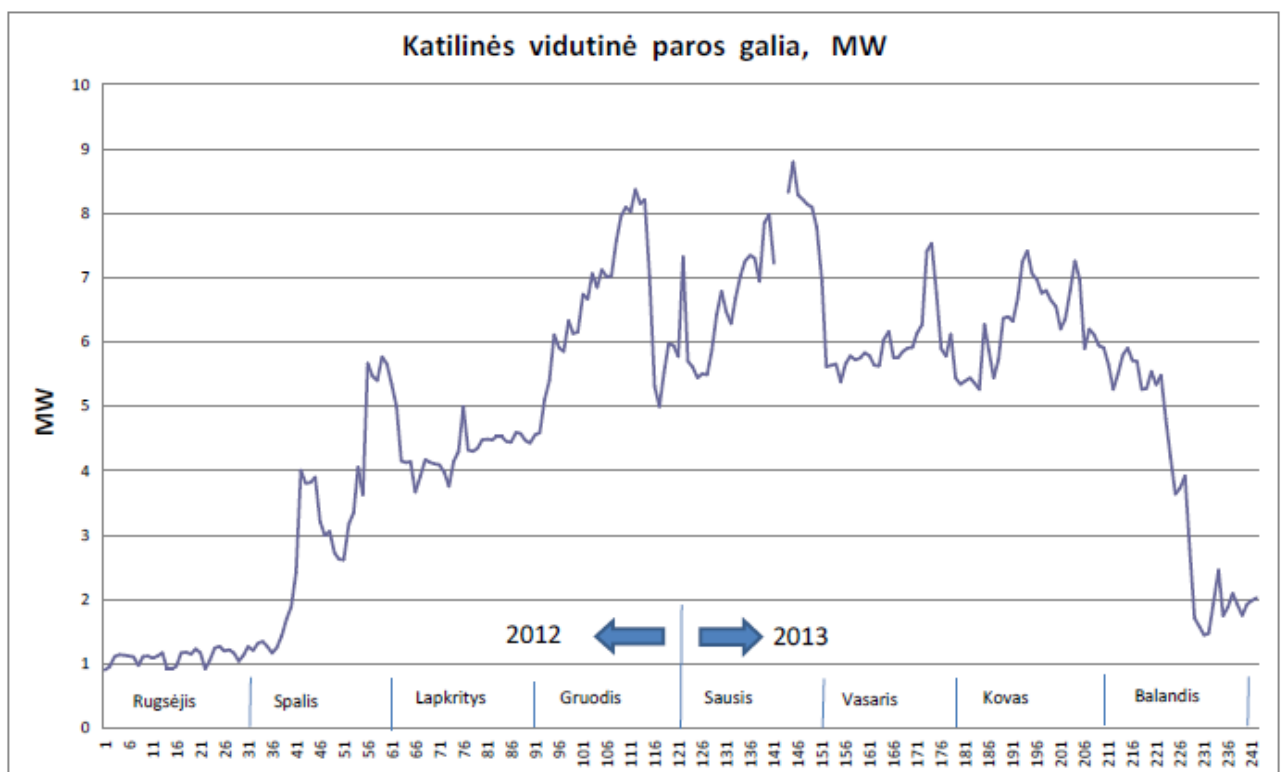
| Eil. Nr. | Katilas | Tipas | Našumas | Slėgis, bar(g), temp., °C | Kuras | Statutas | Instaliavimo metai | Kapitalinis remontas, metai |
|----------|------------------|-------------|-------------------|---------------------------|----------------|-------------------|--------------------|---------------------------------|
| 1. | LOSS UNIMAT UT-H | Vand. šild. | 7,7 MW | 10 | Gamtinės dujos | Pagrindinis | 1999 | Nedarytas |
| 2. | LOSS UL-S | Garas | ≈4,6 MW 7 t/h | 10/182 | Gamtinės dujos | Pagrindinis | 1999 | Nedarytas |
| 3. | DKVR-6,5-13 | Garas | ≈5,26 MW 8 t/h | 13/195 | Gamtinės dujos | Rezervinis | XX a. 7 deš. | |
| 4. | DVKR-6,5-13 | Garas | ≈5,26 MW 8 t/h | 13/195 | Gamtinės dujos | Rezervinis | XX a. 7 deš. | |
| 5. | Bobcock-Wilcox | Garas | 4 t/h | | Kietas kuras | Neeksploatuojamas | 1939 | Eksploatacija uždrausta 1976 m. |



2.5 pav. Katilinės ir centrinio šilumos punkto esama principinė schema

Katilinė eksploatuojama prisilaikant visų saugos reikalavimų. Tačiau katilų eksploatacija vykdoma ne visai prisilaikant eksploatacinių normų – neatliekamas degiklių derinimas, katilai neturi atnaujintų režiminių kortelių. Todėl personalas eksploatuoja katilus nežinodamas, ar degimas vyksta prie optimalaus oro pertekliaus koeficiento. Tai savo ruožtu gali iššaukti neekonomišką gamtinių dujų deginimą arba aplinkosauginius pažeidimus (esant pernelyg dideliame oro pertekliaus koeficientui, katilas dirba neefektyviai, o esant pernelyg mažam oro pertekliaus koeficientui - trūksta degimui reikalingo deguonies, ir degimo produktuose atsiranda nevisiško sudegimo produktų – anglies monoksido).

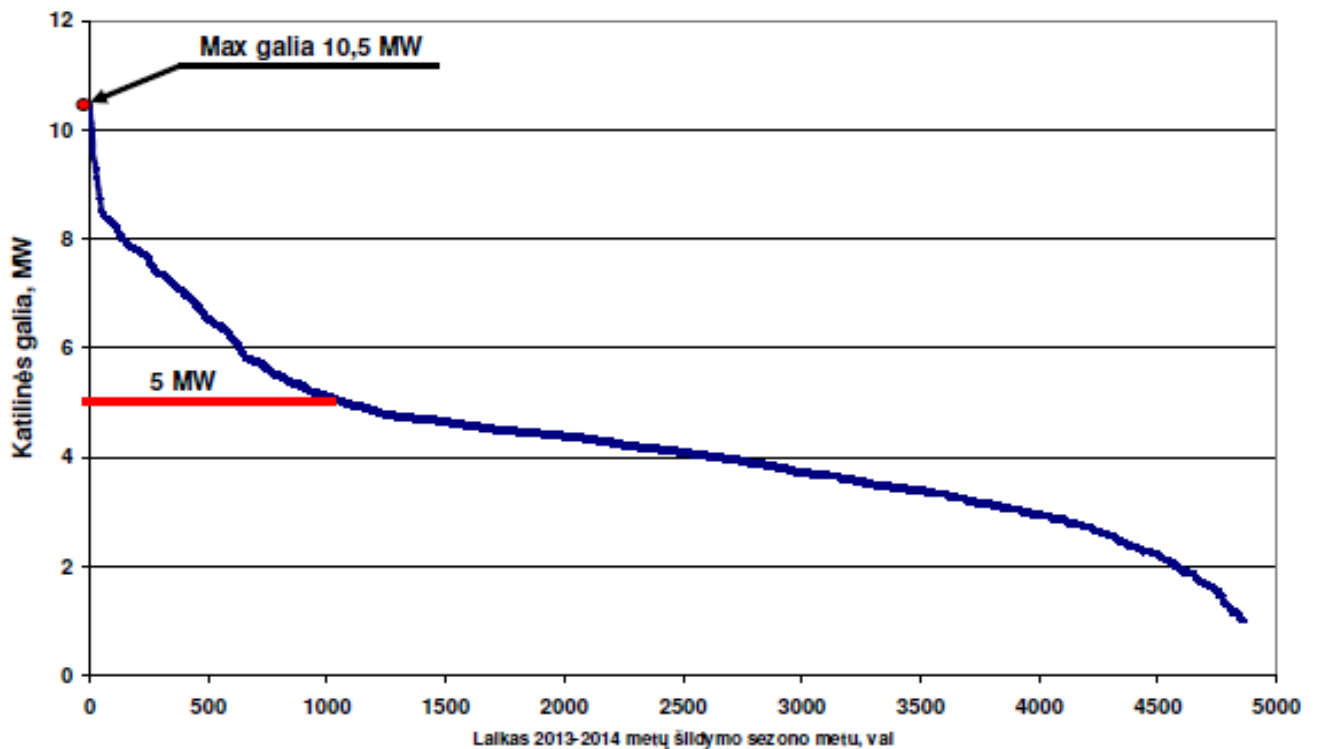
Siekiant įvertinti esamą realią situaciją Kauno klinikų šilumos ir karšto buitinio vandens gamybos sektoriuje, šiame darbe yra atliekama vietinės katilinės eksploatacinių rodiklių analizė. Analizuojamas laikotarpis – 2012/2013 m.m. ir 2013/2014 m.m šildymo sezonai.



2.6 pav. Kauno klinikų katilinės galia 2012-2013 metų šildymo sezono metu

Realus Kauno klinikų miestelio vietinės katilinės vidutinė paros galia 2012 – 2013 metų šildymo sezono metu pateikta 2.6 paveiksle. Iš grafiko matyti, jog maksimali vidutinė paros galia siekė apie 9 MW (gruodžio – sausio mėnesiais). Tai galima paaiškinti tuo, kad tais metais žiemos metu aplinkos oro temperatūra nesiekė projektinių temperatūrų, t.y. palyginus buvo šilta žiema.

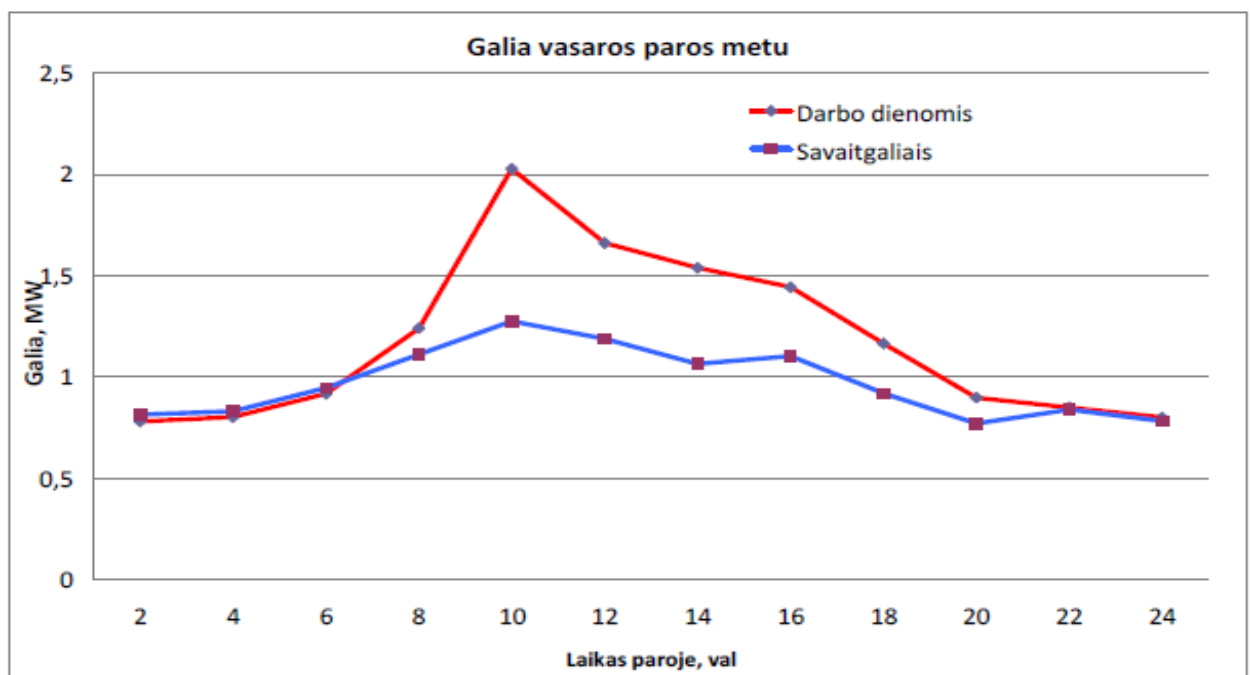
Realus katilinės apkrovimo grafikas 2013 – 2014 šildymo sezono metu pateiktas 2.7 paveiksle. Iš jo matyti, kad kaip ir prieš tai buvusiam šildymo sezono metu, dėl palankių aplinkos sąlygų maksimali katilinės galia siekė apie 10,5 MW. Taigi, nagrinėtu laikotarpiu esamų katilų galios pilnai pakako šilumos vartotojų poreikiams patenkinti.



2.7 pav. Katilinės apkrovimo grafikas 2013 – 2014 šildymo sezono metu

Tikslūs duomenis apie karšto vandens suvartojimą visuose Kauno klinikų miestelio pastatuose yra sunku įvertinti, todėl šiluminės energijos poreikius karšto vandens ruošimui bei tiekimui patikimiau ir pakankamai tiksliai galime įvertinti pagal vietinės katilinės gamtinių dujų suvartojimą vasaros metu.

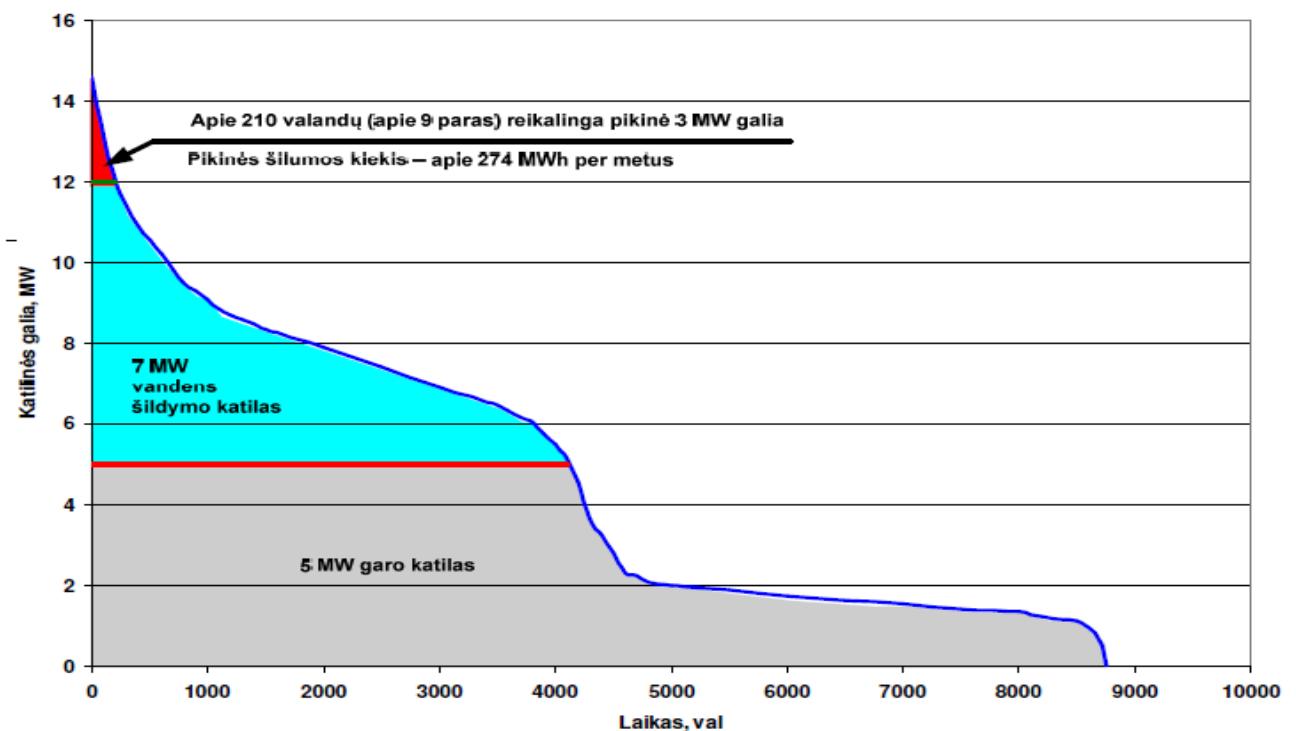
Karštas buitinis vanduo yra naudojamas labai netolygiai, ne tik per parą, bet ir savaitę, taip pat metus. Buitiniams reikalams karšto vandens suvartojama daugiausia tomis pačiomis valandomis



2.8 pav. Katilinės apkrovimo grafikas vasaros metu paros bėgyje

kaip šalto, pvz., gyvenamuosiuose namuose – vakare, o gamybiniuose pastatuose – pasibaigus pamainai. Dėl to ir šilumos poreikiai jam sušildyti nuolat kinta. Naudojantis Kauno klinikų valandiniais suvartojamais gamtinių dujų kiekiais vasaros laikotarpiu, nustatomas katilinės apkrovimas dienos bėgyje. Skaičiavimų rezultatai pateikiami 2.8 paveiksle.

Iš 2.8 paveiksle pateiktų duomenų galima spręsti, jog tiek karšto buitinio vandens poreikiai, tiek technologijos reikmėms skirto garo poreikiai yra apie 1,25 MW. Nakties metu, kai nenaudojamas karštas buitinis vanduo ir garas technologijai, šiluminė energija yra reikalinga šilumos nuostoliams padengti nuo karšto buitinio vandens vamzdyno (tiekimo ir cirkuliacinio), garotiekio bei nuo katilinės vidaus įrenginių (vamzdynų, šilumokaičių, dearatoriaus ir kt.). Iš grafiko matyti, jog šios šilumos sąnaudos siekia apie 0,8 MW.



2.9 pav. Kauno klinikų katilinės apkrovimo grafikas projekciniais metais

2.9 paveiksle pateiktas perspektyvinis Kauno klinikų katilinės apkrovimo grafikas. Matyti, kad šie esami katilai projekciniais (standartiniais) metais negalės užtikrinti šilumos vartotojų poreikių pačiomis šalčiausiomis dienomis. Per metus tai sudarytų apie 9 ar 10 parų. Šiam galios trūkumui kompensuoti yra būtinas pikinis 3 MW šilumos gamybos šaltinis – arba papildomas pikinis katilas, arba Kauno miesto šilumos tinklai.

Atliekant esamos padėties apžvalgą bei atsižvelgiant į katilinės personalo pateikta informaciją nustatytos techninės problemos, įtakančios katilinės darbą. Tai per mažas instaliuotų išsiplėtimo indų tūris, netinkamai parinkti vandens šildymo katilo cirkuliacijos ir recirkuliacijos siurbliai ir kt. Dėl šių priežasčių katilinės įrenginiai dirba sunkiomis sąlygomis, trumpėja jų tarnavimo laikas,

patikimumas bei mažėja ekonominiai rodikliai. Akivaizdu, kad šias katilinės technines problemas būtina eliminuoti.

Katilinė eksploatuojama nuo 1939 m. Nuo to laiko personalu teigimu pats katilinės pastatatas mažai tvarkytas. Apsilankymų metu pastebėta, kad katilinės fasadas aptrupėjas, daug kur langai įtrūkę ar visai jų nėra (jų vietoje įstatytą karkasia plokštė), katilinėje neišlaikomos šių dienų normos. Akivaizdu, jog reikėtų ir patį katilinės pastatą renovuoti.

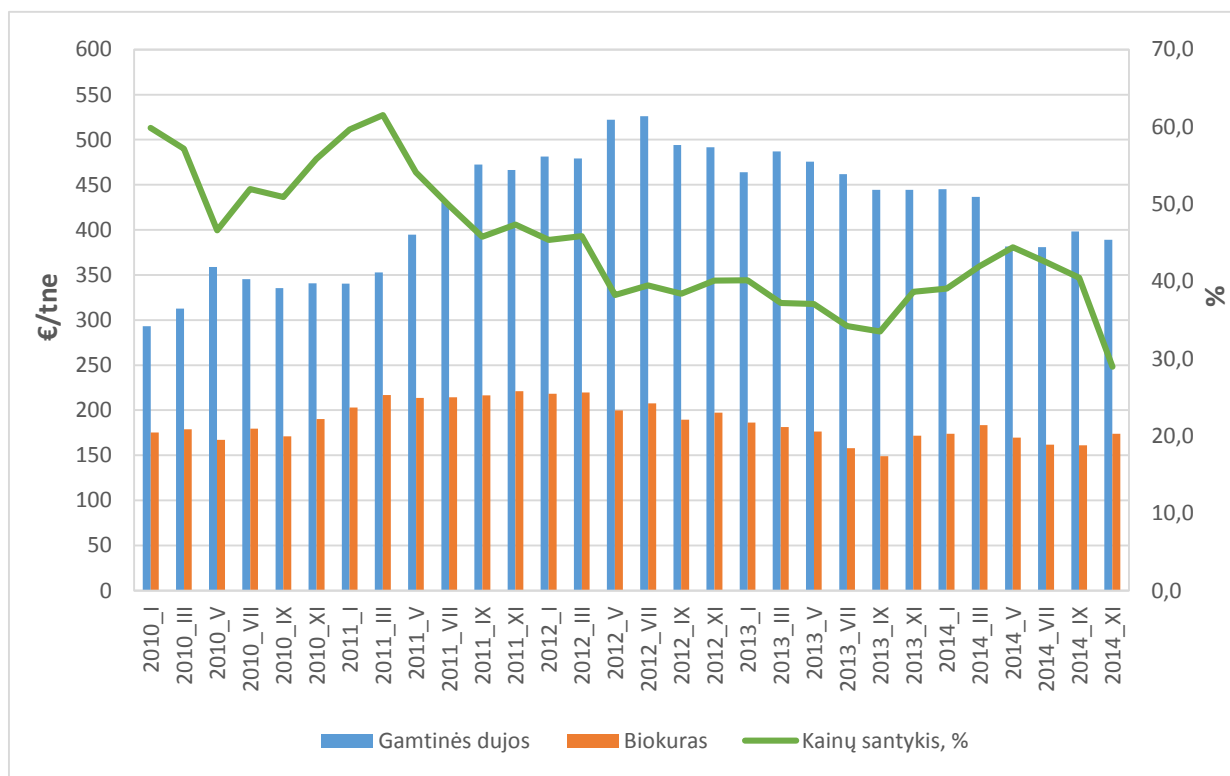
Rekomenduojamos investicijos, kurios yra būtinos atlikti siekiant pagerinti Kauno klinikų šilumos generavimo sistemos darbą bei užtikrinti sistemos patikimumą ir saugumą, yra pateiktos 7.4 priede. Remiantis esama praktika, pateikti preliminarūs šių investicijų kaštai.

3. TECHNINIAI-EKONOMINIAI ŠILUMOS ŪKIO DARBO ASPEKTAI

Ieškant būdų kaip pagerinti nagrinėjamo objekto esamo šilumos ūkio funkcionavimą, pirmiausia būtina išanalizuoti sistemos techninius ir ekonominius aspektus. Taip pat yra būtina įvertinti šilumos generavimo įrenginyje naudojamą kurą, nes jis turi didelę įtaką šilumos savikainai. Šiame skyriuje apžvelgiami esami Kauno klinikų šiluminės energijos šaltiniai, atliekama jų rinkos prognozių apžvalga bei įvertintas jų kainos dinamikos poveikis nagrinėjamo objekto naudojamos šilumos galutiniai kainai.

3.1 Gamtinės dujos

Kauno klinikose šilumos energijos generavimui yra naudojamas iškastinis kuras – gamtinės dujos. Tai sąlyginai švarus kuras bei tokių katilinių eksploatavimas yra paprastas ir patogus, nereikalaujantis didelio prižiūrinčio personalo. Tačiau, lyginant su kitomis kuro rūšimis – tai brangus energijos šaltinis. Iš Valstybinės kainų ir energetikos kontrolės komisijos [3] pateikiamų duomenų matyti, kad gamtinių dujų kaina yra $\sim 1,7 \div 2,4$ karto didesnė nei šiuo metu plačiausiai Lietuvoje šilumos gamybai naudojamų kietojo biokuro rūšių – skiedrų, medienos atliekų ir biokuro mišinio – kainos. 3.1 paveiksle pateikta vidutinių gamtinių dujų ir biokuro kainų, kurias skelbia Valstybinė kainų ir energetikos kontrolės komisija, kaita 2010-2014 metais ir vietinio kuro patrauklumą apibūdinantis kainų santykio rodiklis. Paveiksle pateikta biokuro kaina atitinka vidutinę medienos kilmės kuro kainą pas šilumos gamintoją, įvertinant biokuro žaliavos ir transportavimo išlaidas, o gamtinių dujų kaina – tik žaliavos kaštus.



3.2 pav. Gamtinių dujų ir biokuro kaina ir jų tarpusavio santykinio rodiklio kaita [21]

Dėl aukštos gamtinių dujų kainos, Kauno klinikų vietinėje katilinėje gaminamos šilumos savikainos didžiausia dedamoji ir yra kuro kaina. Sekančiuose skyriuose atliekamuose skaičiavimuose daryta prielaida, kad ilgainiui gamtinių dujų kainos perdavimo ir paskirstymo dedamosios išliks tokios, kokios buvo taikomos 2014 metais. Taip pat, skaičiavimuose yra įvertinamas ir šiuo metu taikomas suskystintų gamtinių dujų importo terminalo statybos ir išlaikymo mokestis, kurio dedamoji šilumos kainoje yra gan ženkli.

Sunkiausiai prognozuojama gamtinių dujų kainos dedamoji yra dujų importo (pirkimo) dalis, kurią lemia daug veiksnių. Šiuo metu gamtinių dujų rinkos pasaulyje vystosi itin spėriai ir dinamiškai, beje Lietuva 2014 metų pabaigoje jau pradėjo naudoti ir jūra atgabentas suskystintas gamtines dujas, - taigi yra labai sudėtinga prognozuoti šio kuro kainų tendencijas tiek ir tolimoje, tiek ir artimoje ateityje. Tad akivaizdu, jog visų galimų gamtinių dujų kainų kitimo scenarijų šiame darbe nėra galimybės išnagrinėti.

Modeliuojant Kauno klinikose naudojamos šilumos kainos raidos kryptis, gamtinių dujų importo kainos dinamikos analizei pasirinkti du galimi scenarijai, kurie naudojami Lietuvos energetikos instituto rengtoje Nacionalinės energetikos strategijos atnaujintoje versijoje 2014 m. [4]:

- 1) aukštų kainų scenarijus;
- 2) nuosaikaus kainų augimo scenarijus.

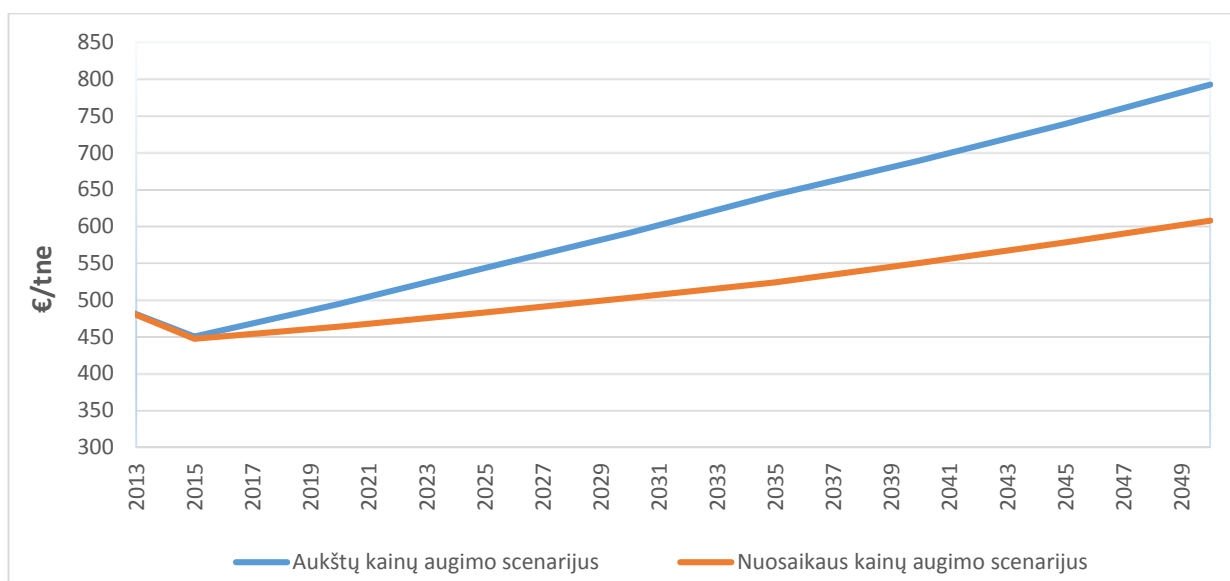
Ilgalaikės kuro kainų prognozės aukštų kainų scenarijuje remiasi JAV vyriausybės Energetikos informacijos administracijos tarnybos parengtos ataskaitos „Metinė energetikos perspektyva-2013“ (Energetikos informacijos administracija, 2013) pagrindiniame scenarijuje numatyta naftos ir naftos produktų kainų trendu laikotarpio iki 2040 metų bei jų tarpusavio ryšiais ir susiejant gamtinių dujų kainą pagal galiojančią formulę su mazuto ir dyzelino kainomis.

Naujausioje Tarptautinės energetikos agentūros ekspertų parengtoje „Pasaulio energetikos perspektyva – 2013“ (Tarptautinė energetikos agentūra, 2013) analizuojamas gerokai lėtesnio naftos produktų ir ypač gamtinių dujų kainų augimo scenarijus. Tokias tendencijas didele dalimi gali lemti laukiami ženklūs pokyčiai pasaulio suskystintų gamtinių dujų rinkose:

- nežiūrint numatomo tolimesno gamtinių dujų poreikio augimo, laukiamas ženklus suskystintų gamtinių dujų eksportas iš JAV, kurį paskatins labai dideli šio kuro kainų skirtumai JAV, Europos ir Japonijos rinkose, o tai turės labai didelę įtaką tradiciniam gamtinių dujų kainos susiejimo su nafta mechanizmui ir globalios rinkos integracijai;
- specialistai prognozuoja, jog labai svarbia pasaulinės energetikos rinkos žaidėja ir didžiausia suskystintų gamtinių dujų eksportuotoja pasaulyje taps Australija, kuri ženkliai sumažins suskystintų gamtinių dujų pasiūlos – paklausos balansą Azijos regione;
- naujausios technologijos gerokai sumažins dujų transportavimo sąnaudas.

Nuosaikų gamtinių dujų kainų augimą (vidutiniškai 1 % per metus) laikotarpiu iki 2035 metų savo 2013 metais parengtose studijose prognozuoja ir Danijos ekspertai. Šie pokyčiai pasaulio energijos rinkose ir suskystintų gamtinių dujų terminalo Klaipėdoje racionalus eksploatavimas gali būti labai svarbūs ir biokuro kainos lėtesniam augimui, nes žemesnės gamtinių dujų kainos mažins biokuro konkurencingumą. Biokuro kainos gali didėti tik tol, ko jas naudojantys energijos gamybos įrenginiai išliks konkurencingi lyginant su gamtines dujas naudojančiais įrenginiais. Visa tai turės įtakos Kauno CŠT tiekiamos šilumos kainoms.

Skaičiavimuose naudojamų aukštų kuro kainų ir nuosaikų kuro kainų augimo scenarijų atvejų gamtinių dujų importo kainos dinamiką apibūdina 3.2 paveiksle pateikti duomenys.



3.2 pav. Gamtinių dujų kainų kitimo dinamikos prognozės

Kitas faktorius, darantis ženklią įtaką Kauno klinikose vartojamų gamtinių dujų kainai yra suvartojamų dujų kiekis per metus. Skaičiavimuose daryta prielaida, kad Klinikų katilinei perkamų dujų kiekis gali svyruoti nuo 0,1 iki 5 mln. m³/metus, kaip numatyta Valstybinės kainų ir energetikos kontrolės komisijos nustatytoje tvarkoje.

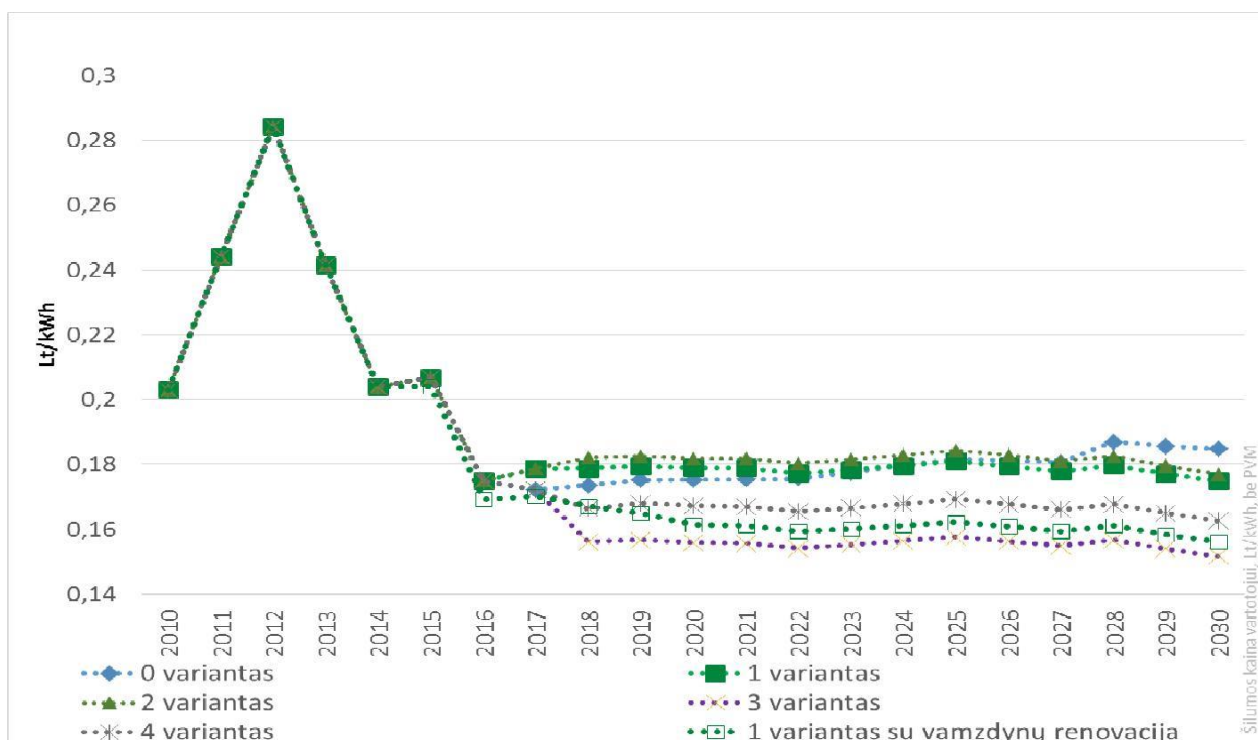
3.2 CŠT iš AB „Kauno energija“

Siekiant užtikrinti gydymo įstaigos šildymą vietinės sistemos gedimo atveju, yra palikta galimybė Kauno klinikas prijungti prie miesto šilumos tinklų. Pastaraisiais metais, padidėjus šiluminės energijos vartojimui (paprastai pikų ar šalčio atakų metu), trūkstamas šilumos kiekis yra perkamas iš UAB „Kauno energija“.

Kadangi Klinikų miestelio šilumos tiekimas galimas tiek iš savo katilinės, tiek iš Kauno miesto CŠT tinklo, tolimesniuose skaičiavimuose daroma prielaida, kad atitinkamai techniškai pertvarkius įvadinių kolektorių, didžiąją reikalingos šilumos dalį galima tiekti tiek iš vieno, tiek iš kito šaltinio.

Priežastis, kodėl Klinikų miestelis, susiklosčius palankioms šilumos kainoms Kauno miesto CŠT sistemoje, negali viso šilumos kiekio nupirkti iš AB „Kauno energija“ yra ta, kad miesto tinklas šilumą tiekia karšto termofikacinio vandens pavidalu. Tuo tarpu dalis Kauno klinikų šilumos vartotojų naudoja garą (maisto ruošimui, dezinfekcijai). Todėl bent dalis šilumos Kauno klinikų miestelio reikmėms privalo būti gaminama vietinėje katilinėje, net jei tai būtų brangiau nei pirkti iš Kauno miesto CŠT tinklo. Iš kitos pusės, toks dviejų nuolatinių šaltinių turėjimas labai padidina šilumos tiekimo patikimumą, kas tokiam specifiniam šilumos vartotojui kaip Kauno klinikos tai yra labai svarbus faktorius.

Visose pastaraisiais metais atliktose studijose, kuriose yra nagrinėjamos Kauno šilumos rinkos perspektyvos [7], [4] numatoma, jog Kauno CŠT sistemoje iki 2020 metų vyks esminiai gamintojų struktūros pokyčiai (tam didelę įtaką turi didėjantis skaičius nepriklausomų šilumos gamintojų). Planuojama, kad turėtų būti pastatytos bent dvi stambios termofikacinės elektrinės, kūrenančios rūšiuotas buitines bei pramonines atliekas ir biokurą, o tai pat eilė smulkių biokuro katilinių. Tokiu būdu konkurencija tarp šilumos gamintojų stiprės, o būtent konkurencija yra šilumos kainas žemyn spaudžiantis veiksnys. Prie to taip pat turėtų prisidėti ir kintantys šilumai gaminti naudojamo kuro struktūros pokyčiai – numatoma, jog bus naudojamos bent trys kuro rūšys, tad šilumos gamintojų konkurencija bus dar aštresnė. Manoma, kad turėtų keistis ir pati prekybos šiluma tvarka – pirmu etapu bus įvedami vienpusiai aukcionai šilumos gamintojams (t.y. AB „Kauno energija“ per aukcioną pirsks šilumą iš gamintojų), vėlesniame etape turėtų būti sudarytos galimybės stambiams vartotojams (pvz., prekybos centrams, sporto arenoms, ligoninėms) pirkti šiluminę energiją tiesiogiai iš gamintojų ir pasinaudoti tinklo perdavimo paslauga.



3.3 pav. Prognozuojamos šilumos kainos vartotojams Kauno CŠT tinkle [7]

Atsižvelgiant į dabartinę situaciją Kauno mieste, akivaizdu, jog prognozuoti 2020 metais turėję įvykti esminiai gamintojų struktūros pokyčiai jau yra įvykę. Tam didžiausią įtaką turėjo Kauno miesto centralizuoto šilumos tinklo eksploatuotojai AB „Kauno energija“ priklausančių katilinių rekonstrukcija, pritaikant jose naudoti kietąjį biokurą – bendra instaliuota naujų šiluminių įrenginių galia yra 72 MW). Taip pat per paskutinius metus prie Kauno integruoto šilumos ūkio prisijungė naujų nepriklausomų šilumos gamintojų, kurių šiluminė galia siekia beveik 90 MW. Visa tai lėmė, kad šiuo metu Kauno integruotame šilumos tiekimo tinkle visi vartotojams tiekiami šiluminė energija yra pagaminta iš biokuro, o šilumos kaina tėra 4,71 euro ct/kWh (16,26 ct/kWh), kai 2014 m. tuo pačiu metu (gegužės mėn.) buvo 6,36 euro ct/kWh (21,97 ct/kWh). Tačiau šios darbo rėmuose nėra galimybės atlikti išsamios Kauno miesto CŠT sistemos perspektyvinių kainų kitimo analizės, todėl analizei darbe yra naudojami kitų studijų duomenys [7].

3.3 paveiksle pateikta labiausiai tikėtina Kauno miesto centralizuoto šilumos tiekimo sistemos perspektyvinė šilumos kaina vartotojams. Kreivės atspindi kelis scenarijus besiskiriančius naujų šilumos šaltinių struktūra, įvedimo į eksploataciją laiku, numatomų darbų kiekiais ir apimtimi gerinant esamų perdavimo tinklų būklę ir Europos Sąjungos struktūrinių fondų paramos apimtimi. Kaip matyti paveiksle, visais atvejais kainos galutiniam vartotojui svyruoja 4,49 ÷ 5,36 euro ct/kWh (15,5 – 18,5 ct/kWh) intervale, kas gan atitinka realią padėtį šiuo metu Kauno miesto CŠT.

Kauno klinikų naudojamos šilumos kainos analizei pasirinkti galimi 2 ir 4 scenarijai [7]. Šie scenarijų variantai atspindinti kraštines galimas situacijas: 2 variantas – prognozuojamą galimą didžiausią šilumos kainą Kauno mieste, 4 variantas – atitinkamai mažiausią.

3.3 Kauno klinikų šilumos kainos analizė

Šilumos gamybos ir patiekimo vartotojui sąnaudas sąlyginai galima skirstyti į kintamąsias ir pastoviasias. Kintamąsias sąnaudas sudaro kuro, pirktos šilumos, elektros ir vandens technologijai sąnaudos, kurios kinta priklausomai nuo reikiamo pagaminti ir patiekti į šilumos perdavimo tinklus šilumos kiekio. Kuro dedamoji šilumos kainoje sudaro nuo 40 % iki 80% visos kainos, priklausomai nuo deginamos kuro rūšies. Pastoviosios sąnaudos – tai tokios sąnaudos, kurias įmonės patiria nepriklausomai nuo pagaminto ir vartotojams patiekto šilumos kiekio. Jas sudaro nusidėvėjimas (amortizacija), darbo užmokestis ir socialinio draudimo įmokos, remonto ir kitos paslaugos, mokesčiai, palūkanos ir t.t. [8]

Metinės išlaidos kurui gamtines dujas naudojančiuose šiluminės energijos gamybos įmonėse apskaičiuojamos iš formulės:

$$MK = \check{Z}K + PK + SK + MVG + SGDT; \quad (3.1)$$

čia: MK – metinės išlaidos kurui – gamtinėms dujoms [€/metus];

$\check{Z}K$ – išlaidos gamtinių dujų žaliavai, [€/metus]; apskaičiuojamos:

$$\check{Z}K = K \cdot M \quad (3.2)$$

čia: K – gamtinių dujų pardavimo kaina [€/tne arba €/1000m³];

M – sunaudotas gamtinių dujų kiekis per metus [tne/metus arba 1000m³/metus];

PK – išlaidos už gamtinių dujų perdavimo paslaugas [€/metus];

SK – išlaidos už gamtinių dujų skirstymo paslaugas [€/metus];

MGV – metinis mokestis už gamtinių dujų vartojimo galią [€/metus];

SGDT – išlaidos suskystintų gamtinių dujų terminalo statybos ir išlaikymo mokesčiams [€/metus].

Remiantis Kauno klinikų vyr. inžinieriaus pateiktais katilinės eksploatacijos ekonominiais duomenimis, apskaičiuota, jog pastarųjų kelių metų Kauno klinikose suvartojamos šilumos kaina yra maždaug 6,0 €/ct/kWh (20,69 ct/kWh). Lyginant su dabartine šilumos kaina Kauno mieste (2015 m. gegužės mėnesį - 4,71 euro ct/kWh (16,26 ct/kWh)), ši kaina yra gan aukšta. Apibendrinti Kauno klinikų katilinės eksploataciniai ekonominiai rodikliai 2012 -2013 metais pateikti 3.1 lentelėje.

3.1 lentelė. Kauno klinikų katilinės eksploataciniai ekonominiai duomenys 2012 - 2013 metais.

| Eil. Nr. | Rodiklis | Matavimo vienetai | 2012 m. | 2013 m. |
|----------|--|-------------------|-----------------|-----------------|
| 1. | Suvertotas šilumos kiekis | GWh | 27,832 | 26,12 |
| 2. | Išlaidos | tūkst. € | 1 622,23 | 1 606,96 |
| | | tūkst. Lt | 5 601,25 | 5 548,5 |
| 2.1. | Išlaidos gamtinėms dujoms | tūkst. € | 1 493,21 | 1 452,94 |
| | | tūkst. Lt | 5 155,77 | 5 016,7 |
| 2.2 | Išlaidos perkamai šilumai iš miesto ČŠT | tūkst. € | 4,34 | 27,77 |
| | | tūkst. Lt | 14,98 | 95,90 |
| 2.3 | Išlaidos darbuotojų atlyginimams | tūkst. € | 36,2 | 38,23 |
| | | tūkst. Lt | 125 | 132 |
| 2.4 | Išlaidos elektrai, vandeniui, remontams ir kt. | tūkst. € | 88,48 | 87,15 |
| | | tūkst. Lt | 305,5 | 300,9 |
| 3. | Vidutinė šilumos savikaina savoje katilinėje | €/kWh | 5,82 | 6,15 |
| | | ct/kWh | 20,13 | 21,24 |

Atliekant Kauno klinikų miestelio techninę-ekonominę analizę nekeičiant esamų energijos šaltinių, parengta galimų variantų nagrinėjimo skaičiuoklė. Joje atspindėtos visos aukščiau išvardytos šilumos kainos dedamosios. Darbe nagrinėti šilumos kainos kitimo dinamikos atvejai:

- 1 var. – pagrindiniu energijos šaltiniu išlieka gamtinės dujos. Gamtinių dujų kaina kinta pagal aukštų kainų scenarijų, o Kauno miesto integruoto šilumos tiekimo tinkle – pagal 2 variantą, kai prognozuojama galimai didžiausia šilumos kaina Kauno mieste;

- 2 var. – pagrindiniu energijos šaltiniu išlieka gamtinės dujos. Gamtinių dujų kaina kinta pagal nuosaikų kainų augimo scenarijų, o Kauno miesto integruoto šilumos tiekimo tinkle – pagal 4 variantą, kai prognozuojama galimai mažiausią šilumos kaina Kauno mieste;
- 3 var. – pagrindiniu energijos šaltiniu tampa iš Kauno miesto CŠT tiekiamą šiluminę energiją, o gamtinės dujos vietinėje katilinėje naudojamos tik garo gamybai. Gamtinių dujų kaina kinta pagal aukštų kainų scenarijų, o Kauno miesto integruoto šilumos tiekimo tinkle – pagal 2 variantą, kai prognozuojama galimai didžiausia šilumos kaina Kauno mieste;
- 4 var. – pagrindiniu energijos šaltiniu tampa iš Kauno miesto CŠT tiekiamą šiluminę energiją, o gamtinės dujos vietinėje katilinėje naudojamos tik garo gamybai. Gamtinių dujų kaina kinta pagal nuosaikų kainų augimo scenarijų, o Kauno miesto integruoto šilumos tiekimo tinkle – pagal 4 variantą, kai prognozuojama galimai mažiausią šilumos kaina Kauno mieste;
- 5 var. – abu dabar naudojami šilumos šaltiniai yra lygiaverčiai, t.y. 50 % šilumos pasigaminama iš gamtinių dujų savoje katilinėje ir 50 % - importuojama iš miesto tinklo. Gamtinių dujų kaina kinta pagal nuosaikų kainų augimo scenarijų, o Kauno miesto integruoto šilumos tiekimo tinkle – pagal 2 variantą, kai prognozuojama galimai mažiausią šilumos kaina Kauno mieste;
- 6 var. - pagrindiniu energijos šaltiniu tampa iš Kauno miesto CŠT tiekiamą šiluminę energiją, o gamtinės dujos vietinėje katilinėje naudojamos tik garo gamybai. Gamtinių dujų kaina kinta pagal nuosaikų kainų augimo scenarijų, o Kauno miesto integruoto šilumos tiekimo tinkle – pagal 2 variantą, kai prognozuojama galimai didžiausia šilumos kaina Kauno mieste.

Analizuojant pasirinktus variantus, skaičiavimuose daroma prielaida, kad gamtinių dujų perdavimo, skirstymo, galios ir SGGT išlaidos 1 kWh šilumos pagaminti Kauno klinikų katilinėje per nagrinėjamą laikotarpį, kai pagrindiniu šiluminės energijos šaltiniu išlieka šiuos metu gamtinės dujos, yra pastovios ir lygios 2013- 2014 metų vidutiniai vertei, o kai pasikeičia energijos balansas, šios išlaidos proporcingai sumažėja gamtinių dujų suvartojimui. Taip pat priimama, jog išlaidos elektrai, technologijai reikalingam vandeniui, remontams, darbuotojų atlyginimams yra nekintančios ir lygios 2013 metų metinėms išlaidoms, o išlaidos eksploatavimui kinta proporcingai gamtinių dujų suvartojimo sumažėjimui.

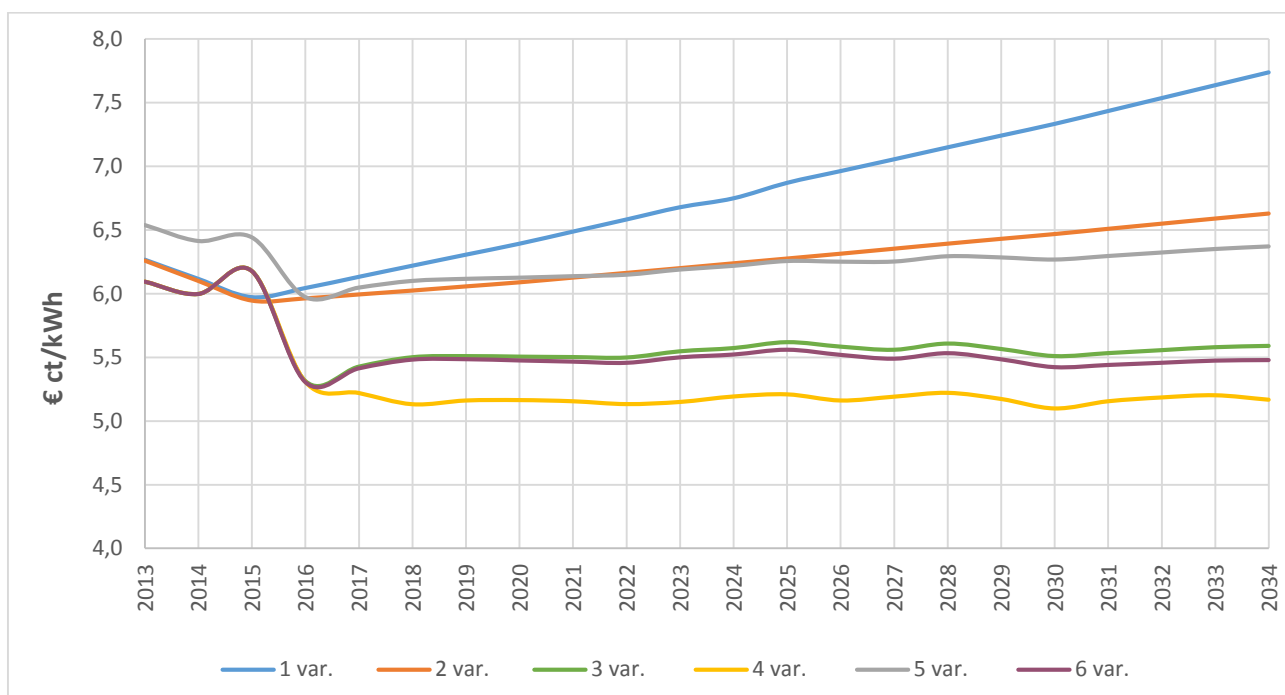
3.2 lentelėje pateikiami pagrindiniai nagrinėjamų Kauno klinikų šilumos kainos kitimo variantų duomenys.

3.2 lentelė. Nagrinėtų Kauno klinikų šilumos kainos dinamikos variantų, nekeičiant esamų energijos šaltinių, pagrindinės charakteristikos.

| Variantas | Pagrindinis šilumos šaltinis | Gamtinių dujų kainos | Gamtinių dujų kaina €/1000 nm ³ | | Miesto CŠT šilumos kainos | Miesto CŠT šilumos kaina, €ct.kWh | | Šilumos savikaina savoje katilinėje, €ct.kWh | | Galutinė suvartojamos šilumos kaina, €ct.kWh | |
|-----------|--|----------------------|--|---------|---------------------------|-----------------------------------|---------|--|---------|--|---------|
| | | | 2015 m. | 2025 m. | | 2015 m. | 2025 m. | 2015 m. | 2025 m. | 2015 m. | 2025 m. |
| 1 var. | Gamtinės dujos | Aukštos | 360,3 | 434,9 | 2 var. | 6,04 | 5,32 | 5,96 | 6,89 | 5,97 | 6,87 |
| 2 var. | Gamtinės dujos | Nuosaikus augimas | 357,9 | 386,5 | 4 var. | 6,04 | 4,92 | 5,94 | 6,29 | 5,94 | 6,27 |
| 3 var. | Importas iš miesto CŠT | Aukštos | 360,3 | 434,9 | 2 var. | 6,04 | 5,32 | 7,25 | 8,17 | 6,18 | 5,62 |
| 4 var. | Importas iš miesto CŠT | Nuosaikus augimas | 357,9 | 386,5 | 4 var. | 60,4 | 4,92 | 7,22 | 7,57 | 6,18 | 5,21 |
| 5 var. | 50% gamtinės dujos ir 50% importas iš miesto CŠT | Nuosaikus augimas | 357,9 | 386,5 | 2 var. | 6,04 | 5,32 | 6,04 | 6,39 | 6,44 | 6,26 |
| 6 var. | Importas iš miesto CŠT | Nuosaikus augimas | 357,9 | 386,5 | 2 var. | 6,04 | 5,32 | 7,22 | 7,57 | 5,52 | 5,56 |

Pastabos: Lentelėje pateikta gamtinių dujų kaina yra tik kuro (žaliavos) kaina rinkoje, o šilumos kaina Kauno miesto CŠT – galutinė vartotojo mokama kaina už suvartotą šiluminę energiją. Nagrinėjant Kauno klinikų šilumos gamybos savikainą savoje katilinėje įvertinti mokesčiai ir už gamtinių dujų perdavimo, skirstymo, galios ir SGDT (suskystintino gamtinių dujų terminalo statybos ir išlaikymo). Jie pateikti 7.5-7.6 priedų lentelėse. Taip pat šiuose prieduose pateiktos ir kitos šilumos ūkio eksploatavimo išlaidos.

Gauti analizės rezultatai (kelių variantų) pateikiami 7.5 ir 7.6 priedų lentelėse. 3.4 paveiksle parodytas gautų skaičiavimų rezultatų kreivių palyginimas.



3.4 pav. Kauno klinikose naudojamos šilumos kainos kitimo dinamika

Iš grafiko matyti, jog jei toliau Kauno klinikose pagrindiniu šilumos šaltiniu liks gamtinės dujos, galutinė suvartojamos šilumos kaina didės (1 ir 2 var.). Pavyzdžiui, lyginant su dabartine kaina, 2025 m. šilumos kaina jau būtų 12,67 % didesnė 1 var. atveju ir 4,3% didesnė 2 var. atveju nei šiuo metu ir toliau didėtų. Tad žiūrint į grafiką akivaizdu, jog Kauno klinikoms ateityje geresnis šilumos apsirūpinimo variantas būtų pagrindinį šilumos kiekį pirkti iš Kauno miesto integruoto šilumos tinklo (3,4 ir 6 var.). Šiuo atveju prognozuojamas šilumos kainos Kauno klinikų miestelyje sumažėjimas, kuris būtų priklausomai nuo šilumos kainos Kauno mieste apie 6,3 ÷ 13,2 % lyginant su dabartine šilumos kaina Kauno klinikose.

Tačiau iš Valstybinės kainų ir energetikos kontrolės komisijos pateikiamų duomenų [3] yra žinoma, jog gamtinių dujų (taip pat ir suskystintų dujų) kaina rinkoje šiuo metu yra ženkliai nukritusi. Taigi dabar gamtinių dujų kaina yra žymiai mažesnė nei tokiu pat laikotarpiu prognozuojama analizei pasirinktuose scenarijuose. Nėra aišku, kiek šis gamtinių dujų kainų kritimas išsilaikys kuro rinkoje, ar šios žaliavos kaina vėl staigiai išaugs, o gal po kiek laiko vėl nukris ir pan. Tam didelę įtaką turi šiuo metu Rytuose vykstantys geopolitiniai įvykiai, kurie yra nuspėjami. Taip pat prie gamtinių dujų kainos sumažėjimo labai prisidėjo ir pradėjęs šiais metais Klaipėdoje veikti suskystintų gamtinių dujų terminalas. Atitinkamai į gamtinių dujų kainos pokyčius reaguoja ir biokuro rinka. Akivaizdu, jog biokuro pardavėjai norėdami išlikti konkurencingi, biokuro kainą išlaikys mažesnę už iškastinio kuro, tačiau šis kainų skirtumas ateityje gali tapti ir labai nedidelis.

Iš atliktos esamų energijos šaltinių analizės matyti, kad kuro rinka yra dinamiška bei ganėtinai nenuspėjama. Pavyzdžiui, gamtinių dujų kaina Lietuvoje bei pasaulyje šiuo metu yra ženkliai nukritusi, nors šis nuosmukis žemyn nebuvo numatytas jokiose studijose, skelbtose prognozėse ar kituose šaltiniuose. Tam įtakos turėjo susiklosčiusi tiek geopolitinė padėtis, tiek naujų konkurencingų energijos šaltinių įsisavinimas bei kiti faktoriai. Taigi yra sunku tiksliai prognozuoti Kauno klinikų vartojamos šilumos kainos kitimo tendencijas ateityje.

Šiuo metu pagrindinis kuro rinkos dinamiškumą bei kuro kainą lemiantis veiksnys yra rinkos konkurencijos dėsnis. Todėl norint Kauno klinikose turėti vartojamos šilumos kainą pastovesnę ir labiau prognozuojamą, reikia naudoti tokį šilumos šaltinį, kuris nėra veikiamas išvardintų veiksnių. Galimas variantas būtų naudoti energiją, kuri kaip žaliava nieko nekainuoja, t.y. energiją gamintis iš atsinaujinančių energijos šaltinių. Kauno klinikose yra daug vietos, reikia ir žemesnių parametrų šiluminės energijos, be to šiomis dienomis populiari tokiose įstaigose įrengti šiuolaikines ir pažangias atsinaujinančios energijos šaltinių technologijas.

Taigi toliau darbe įvertinsime atsinaujinančių energijos šaltinių panaudojimo galimybes Kauno klinikų miestelyje.

4. GALIMŲ PRIEMONIŲ ŠILUMOS ŪKIO DARBO EFEKTYVUMUI ANALIZĖ, JŲ TECHNINIS-EKONOMINIS ĮVERTINIMAS

Šiomis dienomis pasaulyje labai aktualus ir opus klausimas yra aplinkos tarša: ieškoma būdų kaip apsaugoti žemę nuo didėjančio šiltnamio dujų kiekio (ypač CO₂) ore ir kitų taršalų. To pasekoje, yra reglamentuojami išmetamų teršalų kiekiai iš energetinio objekto, o viršijus leidžiamas normas yra skiriamos didelės baudos. Taip pat labai intensyviai ieškoma naujų būdų, kaip sumažinti pirminio kuro vartojimą energijos gamybai. Dėl šių bei eilės kitų faktorių paskutiniaisiais dešimtmečiais labai išaugo susidomėjimas įvairiais atsinaujinančios energijos šaltiniais, ieškoma vis naujų jų panaudojimo galimybių. Dauguma atsinaujinančių energijos šaltinių nieko nekainuoja, t.y. nereikia jų pirkti kaip žaliavos, o kainuoja tik įranga skirta atsinaujinančią energiją paversti mums reikiamos rūšies energija – elektros bei šilumine energija. Šios įrangos kaštai vis dar yra dideli ir tai yra pagrindinis faktorius lėtinantis atsinaujinančių energijos šaltinių įsisavinimą. Atsižvelgiant į tai, siekdamas skatinti atsinaujinančios energijos vartojimą valstybės bei tarptautinės organizacijos skiria dideles paramas investicijoms į šios svarios energijos panaudojimą. To pasekoje, „žalia“ energija eilėje šalių užima svarią poziciją bendrame energijos gamybos balanse.

Didinant ekologinį bei ekonominį mūsų šalies stabilumą, ypač svarbus yra vietinių atsinaujinančios energetikos išteklių įsisavinimas. Įvairiose teisės aktuose deklaruojamos skatinimo priemonės atsinaujinančios energijos išteklių platesniam panaudojimui: 2009 metais priimta direktyva 2009/28/EB „Atsinaujinančių išteklių energijos naudojimo skatinimas“ [9], Nacionalinė energetikos strategija [10], Nacionalinis atsinaujinančių išteklių energijos veiksmų planas [11]. Siekiant įgyvendinti šių teisės aktų tikslus, atsinaujinančių energijos išteklių įsisavinimo projektams Lietuvoje pastaraisiais metais yra skiriama didelė parama tiek iš įvairių tarptautinių, tiek valstybinių bei privačių fondų.

Lietuvoje šilumos gamybai iš atsinaujinančių energijos rūšių plačiausiai naudojamas yra biokuras. Gavus didelį paramą iš Europos Sąjungos struktūrinių fondų ir kitų paramos fondų, per kelis paskutinius metus šio tipo katilinių įrengta beveik visuose centralizuoto šilumos tiekimo tinkluose ir dar ruošiamasi įgyvendinti ne vieną projektą. Tokį „bumą“ lėmė palyginti su iškastiniu kuru maža biokuro kaina bei skirta parama šių katilinių statybai (pačios biokuro technologijos instaliavimo kaštai yra dideli lyginant su gamtinėmis dujomis ir pan.). Šio tipo katilinės užima gan didelį plotą (turi būti pakankamai vietos autotransportu apsisukti, reikalingas kuro saugojimo sandėlis/aikštelė, kuro tiekimo ir pelenų šalinimo sistemos ir kt.), joms prižiūrėti reikalingas didelis aptarnaujantis personalas, jos yra gan triukšmingos. Atsižvelgiant į tai, šiluminės energijos gamybos galimybė ir biokuro šiame darbe nebus nagrinėjama.

Vis plačiau šiluminei energijai generuoti yra naudojama saulės šiluminė ir geoterminė energijos rūšys. Europoje skatinama šiuos energijos šaltinius naudoti karšto vandens ruošimui ir

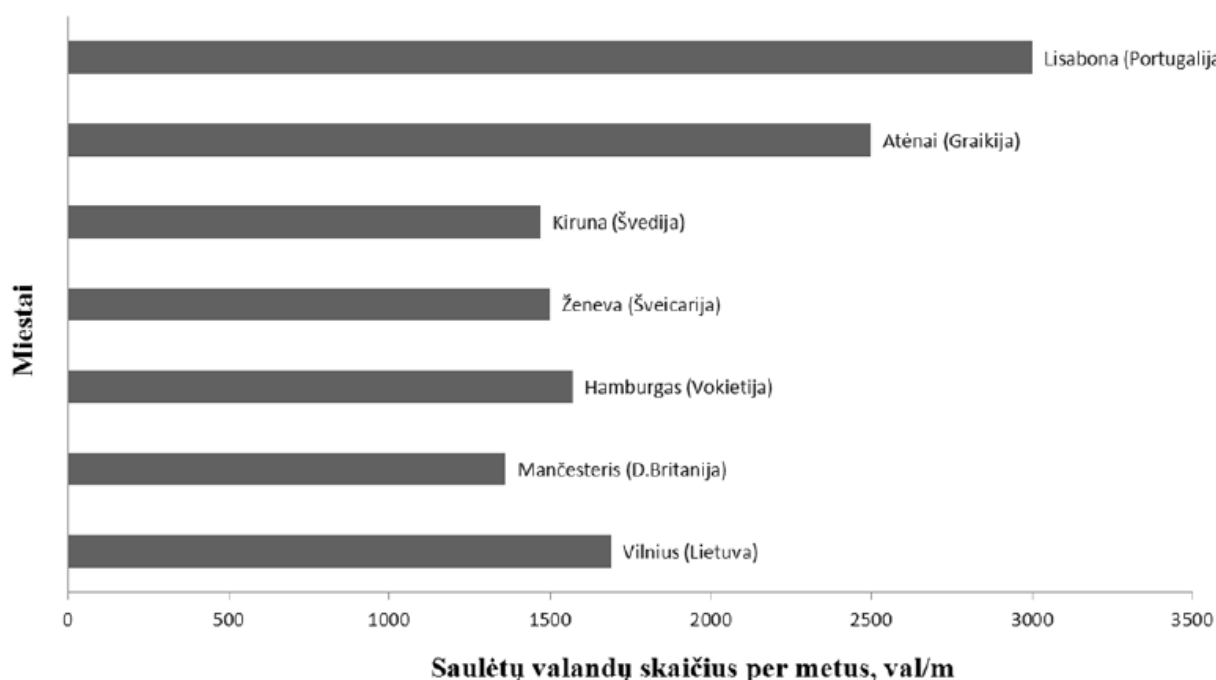
pastatų šildymui. Skaičiuota, jog šioje geografinėje zonoje (taip pat ir Lietuvoje) naudojant saulės kolektorių sistemas galima padengti iki 50% šiluminės energijos, reikalingos karšto vandens šildymui. Šio tipo sistemos užima nedaug vietos, yra pilnai automatizuotos, nereikalingas nuolatinis personalas, dirba tyliai, neturi jokių išmetamųjų atliekų. Žinoma, norint įrengti saulės ar geoterminę energiją naudojančias sistemas reikalingos nemažos investicijos. Tačiau kaip rodo patirtis, tinkamai suprojektuotos ir sumontuotos, šios atsinaujinančios energijos šaltinių sistemos atsiperka dar nepasibaigus sistemos amortizacijos laikui.

Toliau savo darbe detaliau išnagrinėsiu saulės ir geoterminės energijų panaudojimo galimybes Kauno klinikose.

4.1 Saulės energija

Dažnai manoma, kad Lietuvoje Saulės energijos naudojimas yra neperspektyvus ir Saulės energijos ištekliai yra maži. Tačiau palyginus, saulėtų valandų skaičių per metus Vilniuje (žiūrėti 4.1 paveikslą), kuris vidutiniškai yra 1690 val./m, su kai kurių perspektyviai saulės energiją naudojančių Europos miestų duomenimis, pvz., Hamburgas (Vokietija) – 1570 val./m, Ženeva (Šveicarija) -1500 val./m, Mančesteris (D. Britanija) – 1360 val./m, matome, kad Lietuvoje Saulės energijos išteklių yra pakankamai ir juos panaudoti galima tiek aktyviau (elektrai bei šilumai gaminti), tiek ir pasyviau (saulės architektūra, skaidrios sienų dangos ir kt.) būdais. Žinoma, Lietuvoje Saulės energijos ištekliai mažesni nei pietinėse Europos šalyse, pvz., Graikijoje ar Portugalijoje (2 500–3 000 val./m).

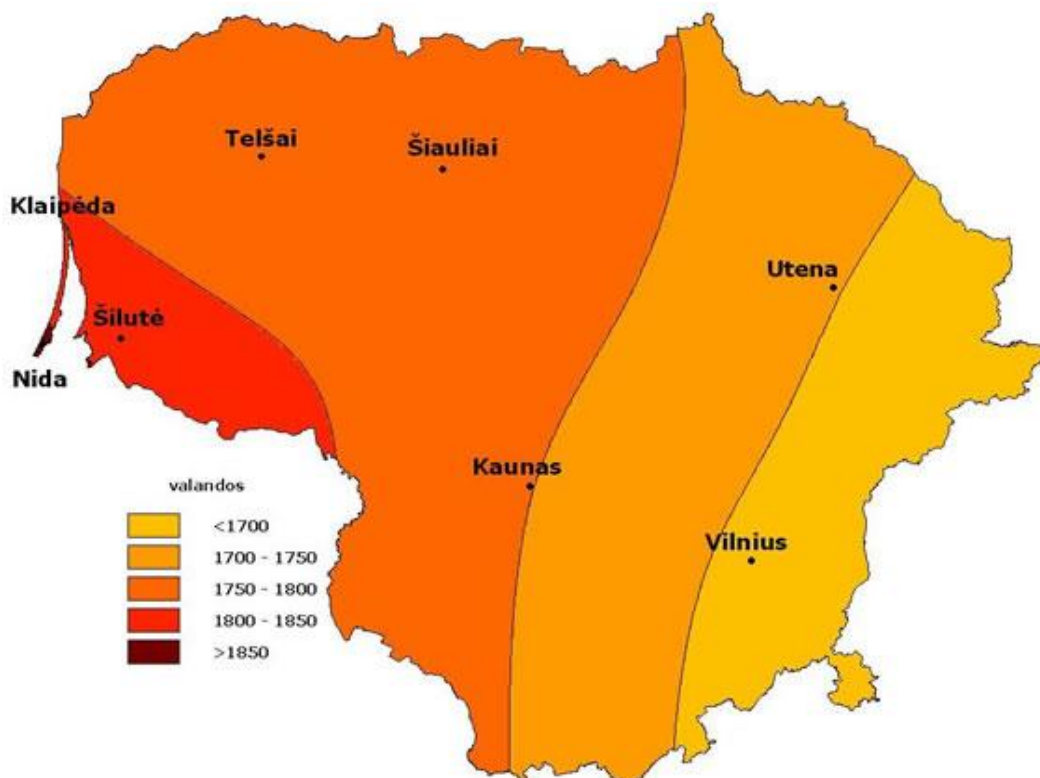
Lietuvoje saulė vidutiniškai šviečia 1800 valandų per metus, o vidutinis suminis energijos potencialas yra 1000 kWh/m². Kaip matyti iš 5.2 paveiksle pateikto saulės švietimo laiko žemėlapio,



4.1 pav. Saulėtų valandų skaičius Europos miestuose per metus

Lietuvoje Saulės švietimo laikas yra ilgiausias pajūryje, o trumpiausias rytinėje šalies dalyje. Vidutiniškai saulėtų valandų skaičius pajūryje siekia 1840-1900 val. kasmet, o šalies rytiniame pakraštyje jis neviršija 1700 val./m. Taigi Lietuvą pasiekiantis saulės energijos kiekis yra pakankamas, kad būtų galima gaminti šiluminę energiją bei taikyti saulės architektūros principus naujiems ir renovuojamiems statiniams.

Kaunas yra juostoje, kurioje saulėtų valandų skaičius yra 1700-1800 val./m. Daugiametė vidutinė pilnutinė saulės ekspozicija kWh/m², tenkanti įvairiai pakreiptiems paviršiams kiekvieną mėnesį Kauno mieste yra artima Lietuvos vidurkiui.



4.2 pav. Saulės švietimo laiko (val./metus) Lietuvoje žemėlapis

Siekiant panaudoti saulės energiją šiluminės energijos gamybai yra naudojami kolektoriai: juose Saulės spindulių energija transformuojama į šilumą, kurią į šildymo sistemą perneša šilumos nešėjas. Šilumos nešėju – agentu gali būti oras, vanduo ar kitas skystis. Saulės šilumą galima panaudoti karštam buitiniam vandeniui ruošti, baseinams ar patalpoms šildyti bei kt.. Šios sistemos pagaminamas šilumos kiekis priklauso nuo Saulės švietimo trukmės, tad akivaizdu jog skirtingais metų mėnesiais ši sistema generuoja nevienodus šilumos kiekius. Taigi saulės kolektoriai skirtingais metų laikais negali pilnai patenkinti energijos poreikių. Atsižvelgiant į tai, dažniausiai šie įrenginiai yra kombinuojami su kitomis sistemomis, pvz., kartu įrengiami šilumos siurbliai ar dujinis katilas, kurie padengia šiluminės energijos trūkumą. Pažymėtina, kad net esant debesuotam orui, saulės kolektoriai kaupia šilumą. Skirtumas tik tas, kad debesys išsklaido tiesioginius saulės spindulius, taigi ir kolektoriai surenka mažiau energijos nei saulėtą dieną.

4.1.1 Saulės energijos panaudojimas centralizuotai šilumos gamybai

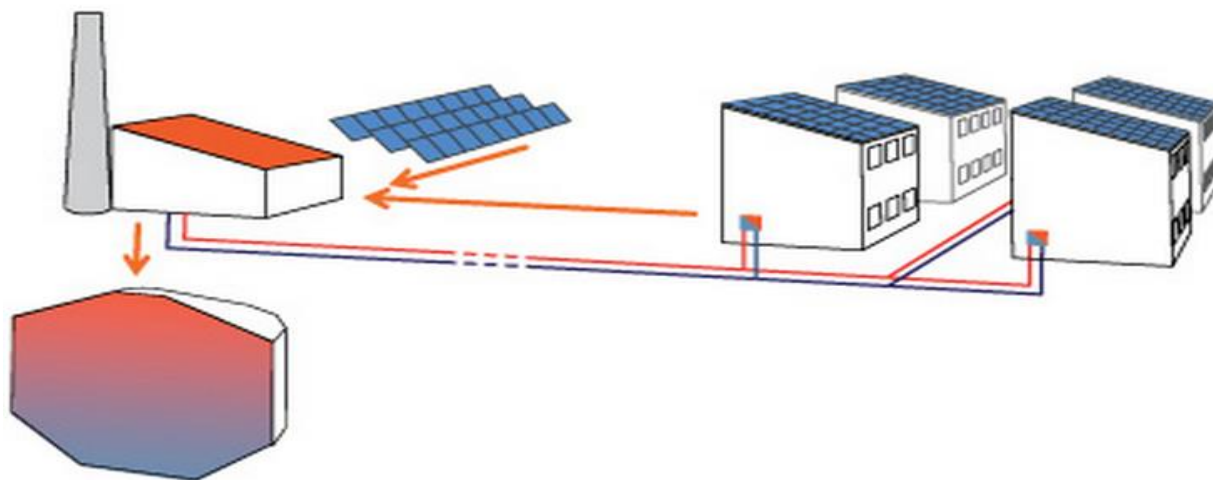
Saulės kolektorių panaudojimas centralizuotai šilumos gamybai yra ankstyvoje rinkos plėtros stadijoje. Plataus masto saulės kolektorių lauko panaudojimas centralizuotai šilumos gamybai sudaro tik apie 1% instaliuotos galios saulės kolektorių sistemų, nepaisant konkurencingos kainos. Ilgalaikėje perspektyvoje numatoma, jog saulės energijos panaudojimas centralizuoto šilumos tiekimo sistemose turėtų didėti.

Skirtingose šalyse plėtojamos skirtingos centralizuoto šildymo naudojant saulės kolektorius koncepcijos. Pagrindiniai du kintamieji:

- Saulės kolektorių prijungimas prie centralizuoto šilumos tiekimo tinklo (paskirstytas ar centralizuotas);
- Šilumos tinklo dydis, prie kurio prijungta saulės energija gaminama šiluma. Mažas tinklas tiekia šilumą keliems pastatams, sistemos tiekia šilumą naujos statybos vietovėse ar kaimuose, saulės kolektorių prijungimas prie didelių centralizuoto šilumos tiekimo tinklų aprūpina didelius miestus.

Centralizuota saulės šiluminė jėgainė (žžiūrėti 4.3 paveikslą). Saulės kolektoriai centralizuotai tiekia šilumą į pagrindinius šilumos tiekimo tinklus. Saulės šiluminė jėgainės su didelėmis sezoninėmis šilumos akumuliacijos talpomis gali padengti daugiau nei 50 proc. šilumos paklausos.

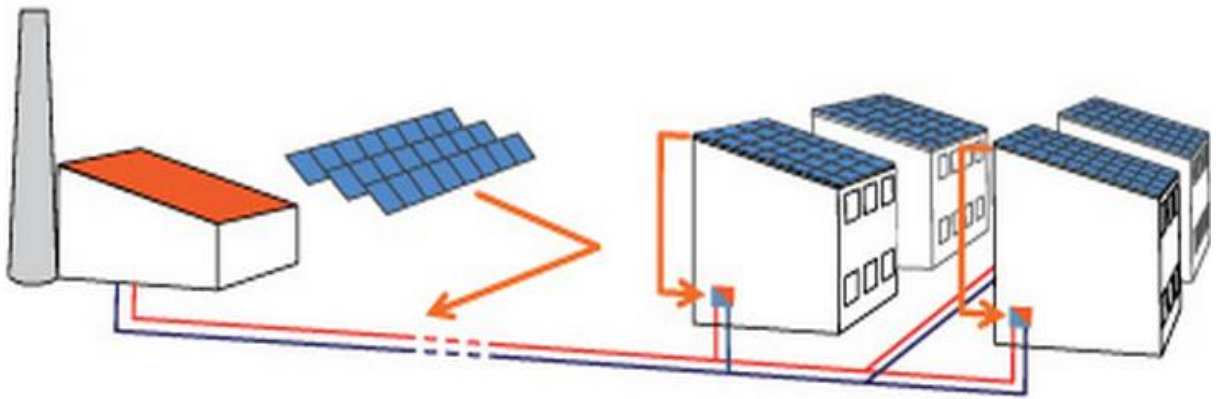
Paskirstyta saulės šiluminė jėgainė (žžiūrėti 4.4 paveikslą). Saulės kolektoriai statomi



4.3 pav. Centralizuota saulės šiluminė jėgainė su sezoniniu šilumos akumuliacija [13]

tinkamose vietose ir jungiami tiesiai į centralizuoto šilumos tiekimo pirminį kontūrą. Dažniausiai tokios jėgainės naudoja centralizuoto šilumos tiekimo tinklą kaip akumuliacinę talpą.

Saulės kolektorių panaudojimas centralizuoto šilumos tiekimo įmonėje ar panašiam pastatų komplekse kaip Kauno klinikos, turinčios gana didelį savo vietinį centralizuotą šilumos tiekimo tinklą, Lietuvoje dar nėra įgyvendintas nei viename mieste. Tačiau Europoje tokia technologija naudojama dar nuo XX a. pabaigos, 2013 m. priskaičiuojama daugiau nei 100 plataus



4.4 pav. Paskirstyta saulės šiluminė jėgainė [13]

masto saulės kolektorių laukų. Daugiausia patirties sukaupusi Danija, kurioje 2013 m. I pusmetį buvo eksploatuojama 40 plataus masto saulės kolektorių laukų, kurių nominali galia viršija 700 kW. 2010-2012 m. laikotarpiu Danijoje įrengta 18 plataus masto saulės kolektorių laukų, kurių bendra galia sudaro 120 MW. Dauguma jų veikia kartu su kogeneracinėmis jėgainėmis ir buvo įrengtos be jokių rėmimo priemonių. Saulės kolektorių panaudojimą Danijoje galima stebėti kiekvieną dieną tiesiogiai. Danijoje daugiausia naudojami plokštieji saulės kolektoriai, kaip ir kitose Europos šalyse: Švedijoje, Austrijoje, Vokietijoje ir kt. Vakuuminiai saulės kolektoriai nėra paplitę plataus masto CŠT saulės kolektorių laukuose, įgyvendinti 2 tokie projektai Vokietijoje (Hamburgo ir Eslingeno miestuose), vienas projektas Austrijoje (Velso mieste) ir 1 projektas Olandijoje (Groningeno mieste).

Atsižvelgiant į tai, kad Lietuvoje saulės intensyvumas ženkliai kinta metų bėgyje ir laike yra nesutampantis su didžiausiu šilumos poreikiu, saulės kolektorių panaudojimas centralizuotai šilumos gamybai Kauno klinikose nėra racionalus variantas.

4.1.2 Saulės energijos panaudojimas karšto buitinio vandens ruošimui

Lietuvoje saulės kolektoriai plačiausiai naudojami karšto buitinio vandens ruošimui tiek gyvenamuosiuose namuose, daugiabučiuose, tiek ir visuomeninės paskirties pastatuose. Paprasčiausią vandens šildymo saulės kolektoriais sistemą sudaro (žiūrėti 4.5 paveikslą.):

- Saulės kolektorius – tai saulės energiją absorbuojantis įrenginys. Tinkamiausia vieta jam įrengti yra pastato stogas. Saulės kolektorius paprastai orientuojamas pietų kryptimi. Optimalus kolektoriaus polinkio į horizontą kampas yra 30 - 45°.
- Akumuliacinis vandens šildytuvas (su 2 kaitinimo spiralėmis). Karšto vandens šildytuvas - skirtas karštam vandeniui ruošti ir kaupti.
- Išsiplėtimo indas. Išsiplėtimo indas – kompensuoja neužšalancio skysčio plėtimąsi verdant.
- Šilumnešis. Juo užpildoma sistema.

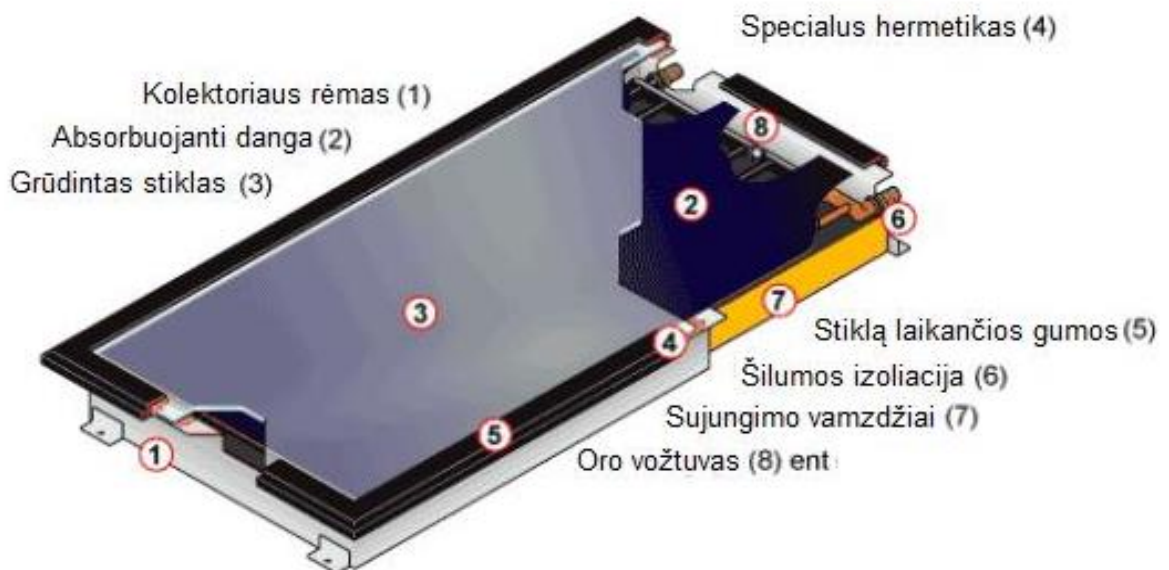
Saulės kolektoriai yra klasifikuojami pagal veikimo principą, pasiekiamą temperatūrą ir kitus faktorius. Pagal veikimo principą skiriami plokštieji, vakuuminiai, fokusuojantys, tūriniai saulės kolektoriai. Visi jie turi bendrą elementą - šilumą sugeriančią plokštę - absorberį arba tūrinį šilumos kaupiklį. Plačiausiai naudojami yra plokštieji ir vakuuminiai saulės kolektoriai. Tolimesniems skaičiavimams šiame darbe pasirenkami plokštieji saulės kolektoriai dėl paprastesnės eksploatacijos ir mažesnių investicijų.

Plokštieji saulės kolektoriai.

Plokštieji saulės kolektoriai yra gan paprastos konstrukcijos (žiūrėti 4.6 paveikslą). Jo pagrindiniai elementai:

- absorberis - sugeria saulės spinduliuotės energiją ir perduoda ją cirkuliuojančiam šilumnešiui;
- skaidri danga - apsaugo kolektorių nuo išorinio poveikio; ji pralaidi saulės spinduliams, ir taip pat sumažina nuostolius tarp aplinkos ir absorberio;
- Šiluminė izoliacija - sumažina kolektoriaus šiluminius nuostolius.
- korpusas - skirtas absorberiui, skaidriai dangai ir šiluminei izoliacijai sumontuoti ir kuo paprastesniam kolektoriaus tvirtinimui prie statybinių konstrukcijų.

Plokštieji saulės kolektoriai naudojami mažose, vidutinėse ir didelėse saulės kolektorių sistemose. Jie jungiami su šiluminę energiją akumuliuojančiomis įvairių dydžių talpomis. Naudojamos tiek priverstinės, tiek ir natūralios cirkuliacijos sistemos. Tai daugiausiai naudojamas įrenginys, skirtas saulės energijos pavertimui į šiluminę energiją. Vakarų ir vidurio Europoje iš visų naudojamų saulės kolektorių net 90% sudaro plokštieji kolektoriai. Jie yra sąlyginai pigūs, nereikalaujantys priežiūros, ilgaamžiai ir ir pakankamai geri jų energetiniai rodikliai.



4.6 pav. Plokščiojo saulės kolektoriaus konstrukcija [15]

4.1.3 Saulės kolektorių sistemos skaičiavimas

Iš 2 skyriuje atliktos esamos padėties apžvalgos yra žinoma, kad karšto vandens poreikis yra maždaug vienodas visus metus nepriklausomai nuo sezono. Jis kinta tik paros bėgyje. Atsižvelgiant į vyraujančias tendencijas, Kauno klinikų miestelyje būtų tikslinga įrengti saulės kolektorių sistemas karštam vandeniui ruošti. Darbe analizuojamas atvejis, kai ši sistema įrengiama ne bendrai visam pastatų kompleksui (tokiu atveju sistema turi tik vieną bendrą akumuliacinį vandens šildytuvą), bet kiekvienam pastatui atskirai sumontuojama individuali karšto vandens ruošimo saulės kolektoariais sistema. Taip pat įrengus šias sistemas, šiltuoju metų laiku (nešildymo sezonu) nereikėtų tiekti į pastatų šilumos punktus aukštų parametrų termofikacinio vandens skirtu reikiamų parametrų vandeniui ruošti. Akivaizdu, jog tai sumažintų šilumos nuostolius šilumos tiekimo vamzdynuose bei palengvintų viso Klinikų šilumos ūkio eksploatavimą.

Šiame skyriuje išnagrinėsiu galimybes įsirengti ant klinikų pastatų stogų plokščiuosius saulės kolektorius bei įvertinsiu kokį šiluminės energijos kiekį jais būtų galima pagaminti.

Kauno klinikų kompleksą sudarančių pastatų amžius yra labai įvairus: seniausi yra pastatyti dar 1937m. (pvz., Centriniai rūmai, Poliklinikos korpusas), o kiti dar vis statomi (pvz., Laboratorinis korpusas). Patys seniausi pastatai yra paskelbti kultūros paveldu ir jų fasado keitimas yra negalimas. Taip pat saulės kolektorius tikslingiausia įrengti ant tų pastatų, kuriuose yra karšto vandens poreikis (pagalbinės paskirties pastatai atmetami).

4.1 lentelėje pateikiami Kauno klinikų pastatai ir jų charakteristikos, ant kurių būtų galima įrengti saulės kolektorius

Kaip matyti iš 4.1 lentelėje pateiktų duomenų, Kauno klinikų komplekse Saulės energijos absorbavimui galima potencialiai panaudoti 23 000 m² pastatų stogų paviršiaus ploto. Tačiau akivaizdu, jog visas šis plotas negali būti panaudotas saulės kolektorių įrengimui: ant pastatų stogų yra įrengtos vėdinimo išėjimo angos bei kitų inžinerinių tinklų atitinkamos dalys, kurioms reikalingas aptarnavimas, taip pat pagal montavimo taisykles tarp saulės kolektorių turi būti paliekami nustatyti atstumai bei jiems taip pat reikalingas aptarnavimas. Atsižvelgiant į tai, priimame, jog saulės kolektoriams maksimaliai galime uždengti apie pusę pasirinktų pastatų stogų ploto. Tuomet naudingas saulės kolektorių plotas bus:

$$A_{n.kol} = 23\,089 \cdot 0,53 = 12\,157 \text{ (m}^2\text{)} \approx 12\,000 \text{ (m}^2\text{)}. \quad (4.1)$$

4.1 lentelėje pateiktos pastatų galios karštam vandeniui yra projektinės, t.y. jos paskaičiuotos prie karštinių sąlygų (pikinių apkrovimų).. Iš 2 skyriuje atliktos apžvalgos yra žinoma, jog karšto vandens vartojimo pikai klinikose yra ryte (8–10 val.) bei po pietų (13-17 val.). Saulės kolektoriams ruošiamas vanduo yra laikomas akumuliacinėje talpoje. Dėl šios priežasties pikų metu šiai sistemai nereikia pasiekti vartotojo pikinės galios karštam vandeniui. Tokios sistemos apkrovimas vartojimo

atžvilgiu yra tolygesnis nei ruošiant karštą vandenį aukštų parametrų termofikatu, kai nėra įrengta akumuliacinių talpų. Saulės kolektorių sistemos apkrovimas žymiai priklauso nuo spinduliavimo intensyvumo (paros, metų laiko, meteorologinių sąlygų).

4.1 lentelė. Pastatai, ant kurių tikslinga įrengti saulės kolektorius.

| Eil. Nr. | Korpusas | Galia karštam vandeniui, kW | Stogo plotas, m ² |
|----------|---|-----------------------------|------------------------------|
| 1. | Endokrinologinis korpusas | 323 | 2 448 |
| 2. | Radialoginės diagnostikos centras | 57 | 1 776 |
| 3. | Akių ligų korpusas | 223 | 3 698 |
| 4. | Kardialoginis korpusas | 227 | 4 959 |
| 5. | Akušerijos – ginekologijos korpusas | 221 | 2 294 |
| 6. | Nervų ligų ir neurochirurgijos korpusas | 175 | 2 244 |
| 7. | Skubios pagalbos korpusas | 256 | 3 783 |
| 8. | Labaratorinis korpusas | 35 | 1 200 |
| 9. | Valgyklos korpusas | 349 | 688 |
| | Viso: | 1 459 | 23 089 |

Saulės kolektorių sistemos dydis paprastai yra parenkamas pagal suvartojamą šiluminės energijos kiekį kWh per mėnesį. Kauno klinikų bendros šiluminės energijos sąnaudos vasaros laikotarpiu per parą vidutiniškai yra 22, 15 MWh, o per mėnesį – 664,43 MWh (vidutinė galia maždaug 0,922 MW). Suprantama, šios šilumos sąnaudos vasaros metu pasiskirsto tiek karšto vandens gamybai, tiek garo, skirto technologijai, gamybai, tiek šilumos nuostoliams garo ir karšto vandens vamzdynuose kompensuoti. Iš Kauno klinikų personalo pateiktų duomenų yra žinoma, jog daugumoje pastatų yra įrengtas lokalinis karšto vandens paruošimas, t.y. vanduo ruošiamas elektriniais boileriais. Atsižvelgiant į tai, skaičiavimuose daroma prielaida, jog visa vasaros metu katilinėje pagaminta šiluminė energija naudojama tik karštam vandeniui ruošti.

4.1 lentelėje pateikti pastatai sudaro apie 2/3 karšto vandens vartotojų Kauno klinikų miestelyje. Taip pat priimama prielaida, jog mėnesinis šiluminės energijos poreikis karštam vandeniui per metus yra pastovus dydis. Taigi, patenkinti pasirinktų analizei pastatų poreikį karštam vandeniui, per mėnesį reikia 443 MWh šiluminės energijos.

Šilumos energijos kiekis, kurį pagamina saulės kolektorius per mėnesį, apskaičiuojamas sekančiais:

$$Q = I_s \cdot \eta \cdot A_{n.kol}; \quad (4.2)$$

čia: Q – saulės kolektoriais pagaminamas šilumos kiekis per mėnesį, [kWh];

I_s – daugiametė vidutinė saulės ekspozicija (spinduliavimo intensyvumas), [kWh/m²]; skaičiavimuose priimu, jog saulės kolektoriai bus orientuojami pietryčių kryptimi 45° kampu į horizontą;

η – saulės kolektorių metinis efektyvumas, priimu $\eta = 0,5$;

$A_{n.kol}$ - naudingas saulės kolektorių plotas, [m²].

Skaičiavimo rezultatai, kai saulės kolektoriais padengiamas visas galimas Kauno klinikų pastatų stogų plotas, pateikiami 4.2 lentelėje, o jų grafinis apdorojimas – 4.7 paveiksle.

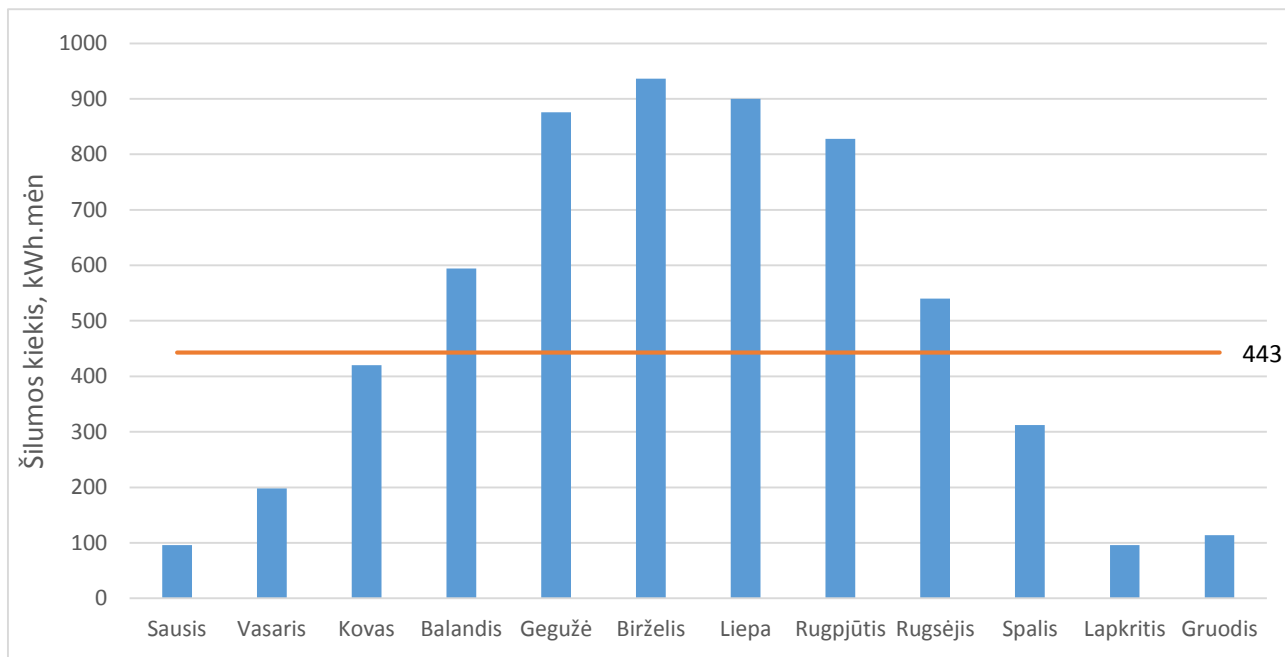
4.2 lentelė. Saulės kolektorių sistemos skaičiavimų rezultatai, panaudojant visą galimą naudingą pastatų stogų plotą.

| Eil. Nr. | Mėnesis | Vidutinis saulės spinduliavimo intensyvumas, kWh/m ² | Saulės kolektoriais pagamintos energijos kiekis, MWh | Vidutinis valandos apkrovimas*, MW | Šilumos kiekis, kuris būtų panaudotas, MWh |
|----------|--------------------|---|--|------------------------------------|--|
| 1. | Sausis | 16 | 96 | 0,27 | 96 |
| 2. | Vasaris | 33 | 198 | 0,55 | 198 |
| 3. | Kovas | 70 | 420 | 1,17 | 420 |
| 4. | Balandis | 99 | 594 | 1,65 | 443 |
| 5. | Gegužė | 146 | 876 | 2,43 | 443 |
| 6. | Birželis | 156 | 936 | 2,60 | 443 |
| 7. | Liepa | 150 | 900 | 2,50 | 443 |
| 8. | Rugpjūtis | 138 | 828 | 2,30 | 443 |
| 9. | Rugsėjis | 90 | 540 | 1,50 | 443 |
| 10. | Spalis | 52 | 312 | 0,87 | 312 |
| 11. | Lapkritis | 16 | 96 | 0,27 | 96 |
| 12. | Gruodis | 19 | 114 | 0,32 | 114 |
| | Iš viso per metus: | 985 | 5 910 | 1,35** | 3 894 |

* - daroma prielaida, jog saulės kolektorius šiluminę energiją gamina 12 val. per parą.

** - saulės kolektoriaus vidutinis valandos apkrovimas per metus, MW.

Iš gautų rezultatų matyti, jog saulės kolektoriais pagaminamas šilumos kiekis metų bėgyje pasiskirsto labai netolygiai. Mažiausias energijos kiekis yra generuojamas žiemos metu (vos apie 100 MWh/mėn.,) o didžiausias – vasarą (maždaug 800÷930 MWh/mėn.). Žiemą atsirandantį šiluminės energijos kiekį galime nesunkiai padengti vietinės katilinės gaminama šiluma. Vasaros metu gauname labai didelį saulės kolektoriais gaminamos šiluminės energijos perteklių – birželį



4.7 pav. Saulės kolektorių galimas pagaminti šilumos kiekis, kai išnaudojamas visas galimas pastatų stogų plotas

pagaminama net daugiau nei 2 kartus šilumos nei yra jos poreikis. Šio energijos kiekio Kauno klinikose šiltuoju metų laiku nėra kur naudingai panaudoti, tad turint tokį energijos perteklių yra labai didelė jų perkaitimo galimybė. Saulės kolektorių sistemos yra šiuolaikinės, kuriose yra įdirgtos įvairios apsaugos nuo perkaitimo: įrengiami šalto vandens į akumuliacinę talpą pamašymo mazgai, aušinimo ventiliatoriai, ant pačių kolektorių įrengiamos žaliuzės ir pan. Tačiau tokiam dideliame kolektorių kiekiui, šių apsaugų įrengimas žymiai išbrangintų ir taip nepigios sistemos įrengimo kaštus bei pati sistema taptų sudėtinga ir didelė (kuo daugiau elementų – tuo didesnė gedimų tikimybė). Taigi akivaizdu, jog padengti saulės kolektoriais visą galimą naudingą Kauno klinikų pastatų stogų plotą yra neracionalu nei techniniu, nei ekonominiu požiūriu.

Ieškant optimaliausio sprendimo, toliau darbe buvo nagrinėti ir lyginti šie galimi variantai:

- I variantas – saulės kolektoriais padengiamas visas galimas naudingas pastatų stogų plotas (maksimalus variantas);
- II variantas – saulės kolektoriais padengiamas toks pastatų stogų plotas, jog būtų patenkintas šiluminės energijos poreikis rugsėjo mėnesį, t.y. nešildymo sezono metu, kai saulės kolektoriais yra pagaminamas mažiausias šilumos kiekis;
- III variantas - saulės kolektoriais padengiamas toks pastatų stogų plotas, jog būtų patenkintas šiluminės energijos poreikis birželio mėnesį, t.y. nešildymo sezono metu, kai saulės kolektoriais yra pagaminamas didžiausias šilumos kiekis;
- IV variantas - saulės kolektoriais padengiamas toks pastatų stogų plotas, jog būtų patenkintas šiluminės energijos poreikis rugpjūtį mėnesį, t.y. nešildymo sezono metu, kai saulės kolektoriais yra pagaminamas vidutinis šilumos kiekis.

Skaičiavimų rezultatai pateikiami 4.3 ir 4.4 lentelėse, o jų grafinis apdorojimas – 4.8 paveiksle.

4.3 lentelė. Nagrinėtų variantų saulės kolektorių sistemų pagaminami šiluminės energijos kiekiai.

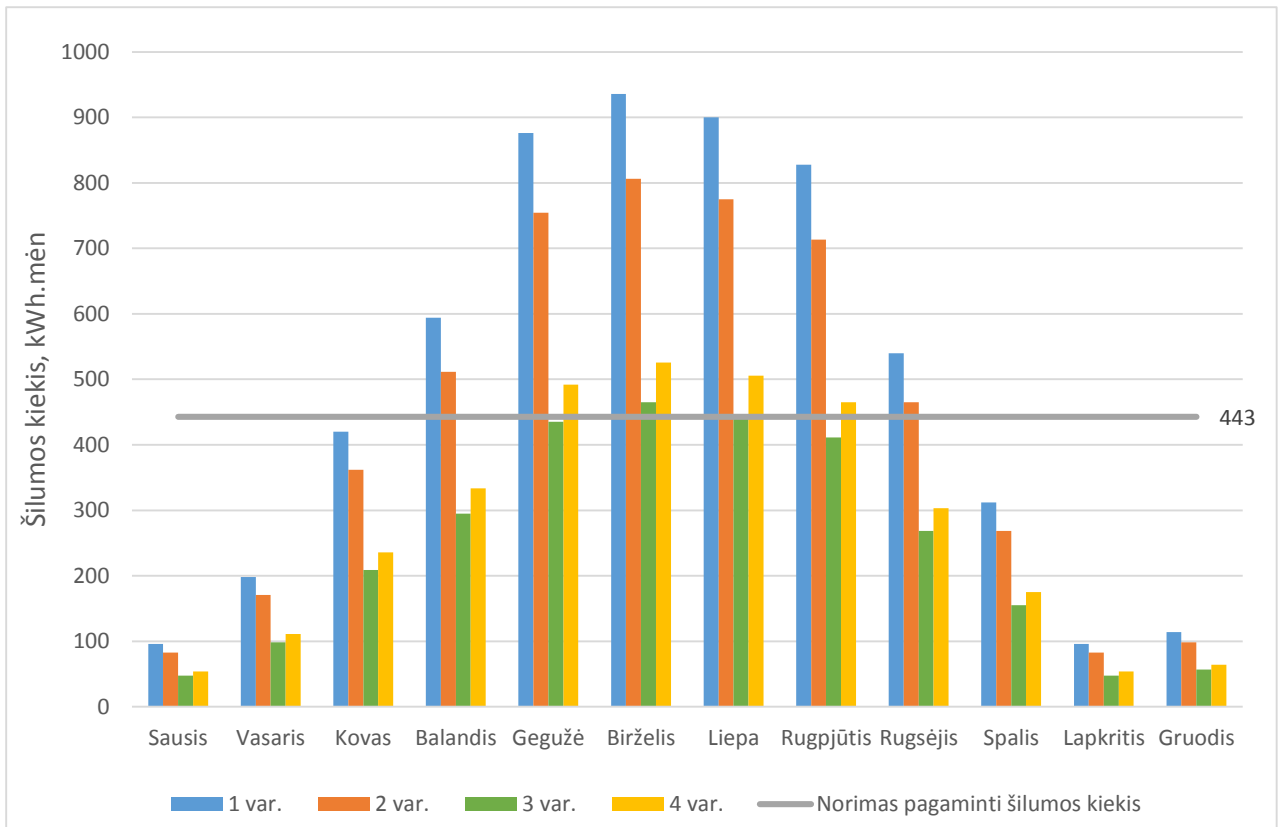
| Eil. Nr. | Mėnesis | Vidutinis saulės spinduliavimo intensyvumas, kWh/m ² | Saulės kolektoriais pagamintos energijos kiekis, MWh | | | |
|----------|--------------------|---|--|----------|----------|----------|
| | | | I | II | III | IV |
| 1. | Sausis | 16 | 96 | 82,68 | 47,69 | 53,92 |
| 2. | Vasaris | 33 | 198 | 170,54 | 98,37 | 111,22 |
| 3. | Kovas | 70 | 420 | 361,74 | 208,65 | 235,92 |
| 4. | Balandis | 99 | 594 | 511,61 | 295,10 | 333,66 |
| 5. | Gegužė | 146 | 876 | 754,50 | 435,19 | 492,06 |
| 6. | Birželis | 156 | 936 | 806,17 | 465,00 | 525,77 |
| 7. | Liepa | 150 | 900 | 775,17 | 447,12 | 505,54 |
| 8. | Rugpjūtis | 138 | 828 | 713,15 | 411,35 | 465,10 |
| 9. | Rugsėjis | 90 | 540 | 465,10 | 268,27 | 303,33 |
| 10. | Spalis | 52 | 312 | 268,72 | 155,00 | 175,26 |
| 11. | Lapkritis | 16 | 96 | 82,68 | 47,69 | 53,92 |
| 12. | Gruodis | 19 | 114 | 98,19 | 56,63 | 64,04 |
| | Iš viso per metus: | 985 | 5 910 | 5 090,26 | 2 936,06 | 3 319,74 |

4.4 lentelė. Nagrinėtų saulės sistemų palyginimas.

| Variantas | Saulės kolektorių naudingas plotas | Kolektorių skaičius* | Pagaminamos energijos kiekis per metus | Naudingai panaudojamos energijos kiekis per metus | Naudingai panaudota energijos dalis per metus | Pagamintos energijos dalis bendrame balanse** |
|-----------|------------------------------------|----------------------|--|---|---|---|
| | m ² | vnt | MWh | MWh | % | % |
| I | 12 000 | 2 790 | 5 910 | 3 894 | 65,89 | 73,25 |
| II | 10 336 | 2 404 | 5 090 | 3 723 | 73,14 | 70,03 |
| III | 5 962 | 1 386 | 2 936 | 2 910 | 99,11 | 54,74 |
| IV | 6 740 | 1 568 | 3 320 | 3 103 | 93,46 | 58,37 |

*-vieno kolektoriaus naudingas plotas priimamas lygus 4,3 m² [16]

**-priimama, jog per metus nagrinėjamiems pastatams reikalinga 5316 MWh šiluminės energijos karšto buitinio vandens poreikiui patenkinti.



4.8 pav. Saulės kolektoriais galimas pagaminti šiluminės energijos kiekis nagrinėtais atvejais

Iš atliktų variantų matyti, jog siekiant saulės kolektoriais pagaminamos energijos maksimalaus naudingo panaudojimo priimtinausias būtų III variantas, kai saulės kolektorių plotas parenkamas pagal tai, kad karšto vandens poreikis pilnai būtų patenkintas saulėčiausią mėnesį birželį. Šiuo atveju beveik 100% būtų išnaudota iš saulės energijos pagaminta šiluma, tačiau bendrame reikalingos šiluminės energijos balanse šiuo atveju padengiama tik 54,74% reikalingos energijos – tai mažiausia dalis iš nagrinėtų variantų. Saulės kolektoriais pagaminta energija bendrame balanse didžiausią dalį užima I atveju, tačiau šiuo atveju prasčiausiais pagamintos energijos išnaudojimo rodiklis.

Patraukliausias sprendimas būtų IV variantas, kai saulės sistemos dydis parenkamas nešildymo sezono mėnesį, kai pagaminamas energijos kiekis artimas šio sezono vidurkiui. Šiuo atveju turime aukštą pagamintos energijos išnaudojimo rodiklį (93,46 %) bei saulės energija padengiame daugiau nei pusę (58,37%) metinio šilumos poreikio karštam vandeniui ruošti nagrinėjamaais pastatams.

Taigi, iš 4.8 paveiksle pateikto grafiko matyti, jog pasirinktu variantu, saulės kolektoriais pagaminamos energijos karštam vandeniui ruošti neužteks rugsėjo – balandžio mėnesiais, t.y. šaltesniais metų mėnesiais. Šį trūkumą galima padengti iš katilinės tiekiamu aukštų parametru termofikaciniu vandeniui, kuris šiuo metu yra reikalingas ir pastatų šildymui arba garu, kuris nuolat yra reikalingas specifinėms reikmėms. Kitais mėnesiais saulės kolektoriais generuojamos energijos pilnai užteks nagrinėjamų pastatų karšto vandens poreikiams patenkinti.

Pastaba: norint optimizuoti reikiamą saulės kolektorių kiekį, juos skaičiuoti reikia kiekvienam pastatui atskirai.

4.2 Geoterminė energija

Geoterminis šildymas – pastatų šildymo sistema, naudojanti aplinkoje (paviršiniuose žemės sluoksniuose, vandens telkiniuose, ore) sukauptą Saulės energiją. Geoterminės energijos pagrindinis privalumas yra tas, kad ji, palyginus su kitais energijos gavybos būdais, yra švari ir saugi. Šios energijos rūšies gavybai nereikalingos ypatingos ar besikeičiančios klimatinės sąlygos. Energijos gavyba gali vykti visą parą.

Šio tipo šildymo sistemos pagrindinis elementas yra šilumos siurblys. Tai įrenginys, kuris ima pirminę šilumos energiją iš aplinkos (grunto, gruntinio vandens, oro, ventiliatorinių išmetimų, kanalizacijos nuotekų, technologinių procesų ir t.t.), t.y. žemo potencialo šilumos šaltinio, ir paverčia ją šiluma, kurią naudojame pastatų šildymui ar buitinio karšto vandens ruošimui. Tai pažangi, technologiškai švari šilumos gamybos technologija. Šiuolaikiniai šilumos siurbliai yra pakankamai efektyvūs, turintys transformacijos koeficientą 3÷5. Transformacijos koeficientas - tai elektros energijos, suvartotos šilumos siurblio elektros varikliui sukurti, santykis su jo atiduotos šilumos kiekiu. Gauta 30÷60 °C temperatūros šiluma perduodama vartotojui. Vartotojas pasinaudoja šilumos energija ir vėl išmeta ją į aplinką. Šilumos siurblys panašus į buitinio šaldytuvo įrangą, tik veikia atvirkštiniu ciklu ir yra kur kas galingesnis.

Šiuo metu gaminami šilumos siurbliai yra didelio galingumo diapazono (3 kW-30 000 kW) ir naudoja įvairius šilumos šaltinius: gruntinį ir požeminį vandenį, gruntą, orą, paviršinius vandens telkinius, atliekų šilumą ir kt.

Lietuvoje įrengta šimtai šilumos siurblių tiek gyvenamuosiuose, tiek visuomeninės paskirties pastatuose. Pvz., prieš kelis metus tokia šildymo sistema kartu su integruotais saulės kolektoriais sumontuota VI „Alytaus kolegija“. Taip pat panašios sistemos sėkmingai taikomos ir užsienio mokymo įstaigose.

Dažniausiai pasitaikantys pastatų šildymui pritaikyti šilumos siurbliai veikia garo kompresijos principu. Šie šilumos siurbliai yra sudaryti iš 4 pagrindinių elementų: kompresoriaus, išsiplėtimo vožtuvo ir dviejų šilumokaičių (garintuvo ir kondensatoriaus). Visi šie elementai yra sujungti į uždarą žiedą, kuriuo cirkuliuoja lakus skystis – šaldymo agentas. Tokio siurblio principinė schema pateikta 4.9 paveiksle.

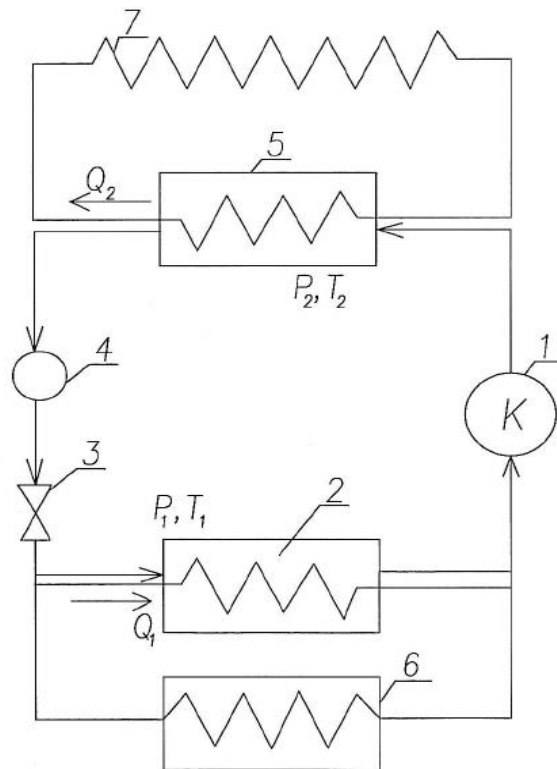
Proceso aprašymas. Šaltnešis užverda dėl slėgių skirtumo garintuve 2 ir kondensatoriuje 5.

Garintuve (2) šaldymo agento temperatūra yra palaikoma žemesne už aplinkos, todėl šiluma yra paimama iš aplinkos, o šaldymo agentas išgaruoja. Garintuvas (2) šilumą paima iš upės vandens, grunto ar kito žemo šilumos potencialo šaltinio.

Tam tikslui žemėje, upėje ar ežere montuojamas šilumokaitis (6) ir pripildomas neužšąlančio šilumnešio, kuris paima šilumą iš žemės ar vandens ir perduoda ją šaltnešiui, esančiam garintuve (2). Kadangi šaltnešis garintuve (2) virdamas garuoja, tai garavimui reikalingą šilumą paima iš

šilumokaityje (6) cirkuliuojančio šilumnešio. Kondensatoriuje (1) atiduotas šilumos kiekis Q_2 yra didesnis už garintuve (2) paimtą šilumos kiekį Q_1 .

Garavimas vyksta dėl darbo medžiagos virimo, o virimas – dėl pažemėjusio slėgio P_1 . Slėgis P_1 priklauso nuo konkrečios šilumos siurblio įrenginio paskirties ir darbo sąlygų. Darbo medžiagos virimo temperatūra parenkama tokia, kad ji būtų žemesnė už oro ar vandens, apiplaunančio garintuvą, temperatūrą. Iš garintuvo (2) darbo medžiagos garai patenka į kompresorių (1), čia jie suspaudžiami iki slėgio P_2 , pakyla jų temperatūra ir toliau jie patenka į kondensatorių (5). Čia darbo agento garai atiduodami sukauptą šilumą kondensuojasi ir vėl virsta skysčiu. Kondensacijos metu darbo medžiagos išskiriama šilumą energija ir naudojama karšto buitinio vandens ruošimui, namo šildymo sistemos vandens arba kambario oro (jei šildymo sistema yra orinė) pašildymui iki reikiamų parametrų. Skystas, susikondensavęs šaltnešis surenkamas resiveryje (4).



4.9 pav. Principinė šilumos siurblio schema su išoriniu ir vidiniu kontūrais: 1 – kompresorius; 2 – garintuvas (žemos temperatūros šilumokaitis); 3 – reguliavimo vožtuvas; 4 – resiveris (skysčio surinktuvas); 5 – kondensatorius (aukštos temperatūros šilumokaitis); 6 – šilumos siurblio išorinio kontūro šilumokaitis, esantis žemėje arba vandenyje; 7 – namo šildymo sistemos šilumokaitis; P_1, T_1 – slėgis ir temperatūra garintuve; P_2, T_2 – slėgis ir temperatūra kondensatoriuje; Q_1, Q_2 – šilumos srautai ($Q_2 > Q_1$) [17]

Kompresoriaus (1) paskirtis yra sudaryti ir palaikyti slėgių skirtumą tarp kondensatoriaus (5) ir garintuvo (2), kad garavimo procesas vyktų žemoje temperatūroje (pvz., nuo $-20\text{ }^\circ\text{C}$ iki $+10\text{ }^\circ\text{C}$) ir šaltnešis kondensuotųsi esant aukštai temperatūrai, reikalingai namui šildyti, priklausomai nuo to, ar šildymo sistema orinė ar vandeninė.

Kompresorius (1) yra svarbiausias šilumos siurblio elementas. Jo dėka ir vyksta visas anksčiau aprašytas šilumos siurblio procesas, t.y. kompresorius atlieka visą šilumos siurblio darbą. Slėgis kondensatoriuje (5) palaikomas toks, kad temperatūra būtų didesnė nei namo šildymo sistemos temperatūra, dažniausiai apie 35 °C oriniams šilumos siurbliams ir apie 85-60 °C vandeniniams šilumos siurbliams. Temperatūra šilumos siurblio šilumokaičiuose priklauso nuo slėgio. Slėgio reguliavimą konkrečiam šilumos siurbliui atlieka aukštos kvalifikacijos specialistai gamykloje. Tačiau šilumos siurblio pase yra nurodyta, kaip reguliuoti temperatūrą pačiam šilumos siurblio savininkui, bet tik gamintojo nustatytose ribose. Temperatūrų skirtumas garintuve (2) ir kondensatoriuje (5) yra nustatomas prieš eksploatuojant šilumos siurblių, priklausomai nuo to, kokios temperatūros yra žemos temperatūros šilumos šaltinis ir kokią temperatūrą reikia palaikyti šildomoje patalpoje.

Reguliavimo vožtuvo (3) paskirtis – sudaryti pasipriešinimą skystam šaltnešiui (droseliuoti kanalą), priklausomai nuo temperatūros, tuo pačiu sumažinant jo garų (skysčio) slėgį iki slėgio, reikalingo garintuve (2), normuoti šaldalo kiekį paduodamą į garintuvą. Į kompresorių (2) patekęs skystas šaltnešis jį sugadina. Kad skystis nepatektų į kompresorių (2), yra naudojami specialūs vožtuvai, vadinami selenoidiniais vožtuvais. Jie automatiškai uždaromi, sustojus kompresoriui (2) ir atidaromi jo paleidimo metu. Kai garintuvo (5) temperatūra yra mažesnė už gamtinio šaltinio temperatūrą, šiluma pradeda tekėti iš gamtinio šaltinio ar dirbtinio mažos temperatūros šilumos šaltinio į šilumos siurblio šilumokaitį.

Šilumos siurblių sudaro keletas darbo kontūrų, tačiau dažniausiai naudojami du kontūrai – vidinis ir išorinis. Vidiniu kontūru cirkuliuoja specialiomis savybėmis pasižymintys skysčiai arba dujos, t.y. šaltnešiai. Išoriniu kontūru yra vadinama šilumokaičių, ventiliatorių ar siurblių sistema, kuri užtikrinanta žemos temperatūros (žemo potencialo šilumos šaltinio) ir aukštos temperatūros (aukšto potencialo šilumos vartotojo) skysto arba dujinio šilumnešių cirkuliaciją.

Šilumos mainai su šilumos šaltiniu gali vykti tiesiogiai ir netiesiogiai – per tarpinius šilumokaičius. Tiesioginiai šilumos mainai vyksta tada, kai per kondensatorių (aukštos temperatūros šilumokaitį) ar garintuvą cirkuliuoja vanduo, esantis kambario radiatoriuose.

Netiesiogiai šilumos mainai vyksta tada, kai daromi tarpiniai šilumokaičiai tarp šaltojo (garintuvo) arba (ir) karštojo (kondensatoriaus) šilumokaičių. Netiesioginio šildymo efektyvumas mažesnis, kadangi dalis šilumos prarandama šilumokaičiuose, tačiau apsaugomi nuo teršimo šilumos siurblio šilumokaičiai. Be to, reikalingi papildomi vandens (šilumnešio) cirkuliaciniai siurbliai jo cirkuliacijai tarp šilumokaičių vykdyti. Tačiau jei naudojami tarpiniai šilumokaičiai, netiesioginio šildymo atveju šilumos siurblio įrengimas darosi sudėtingas ir brangus. Taip įrengtą šilumos siurblių kartais vadina šilumos siurblio stotimi.

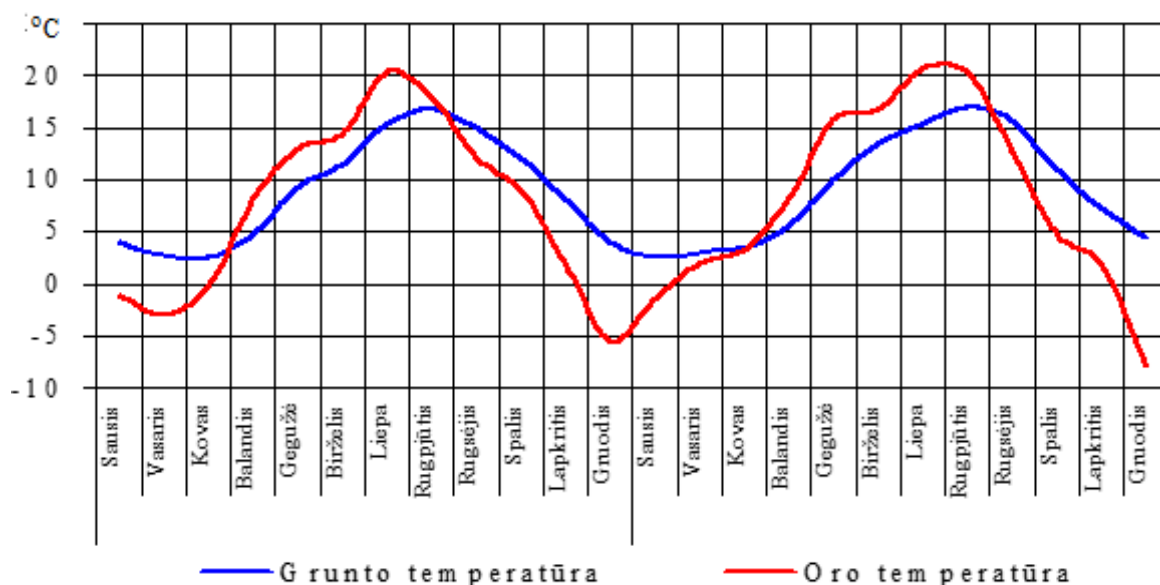
Šilumos siurbliose naudojamos darbo medžiagos. Skysčiai, skysčių garai arba dujos, cirkuliuojantys šilumos siurblio kompresoriuje ir šilumokaičiuose, vadinami šaltnešiais (arba darbo

medžiaga). Šaltnešis yra medžiaga, kuri atšalusi šilumą paima iš vieno šilumokaičio ir perduoda kitam, jada nuo išorinio šilumos šaltinio į patalpą, o aušinimo atveju – priešinga kryptimi. Labai efektyvi darbo medžiaga yra amoniakas (NH_3), kuris anksčiau plačiai buvo naudojamas stambiose šaldymo stotyse. Tačiau dėl toksiškumo, degumo ir sprogstamumo, taip pat dėl aktyvios spalvotojų metalų korozijos jis beveik išstumtas ir rinkos kitų darbo medžiagų. Paskutiniu metu šilumos siurbliuose sistemos užpildymui naudojami įvairūs cheminiai junginiai, kurie yra prisotinti angliavandenilių, metano CH_4 , etano C_2H_6 , propano C_3H_8 ir butano C_4H_{10} . Jie gaunami vandenilio atomus pakeitus fluoro, bromo ir chloro atomais. Šiuo metu yra žinomos kelios dešimtys įvairių darbo agentų. Jie yra arba skysčiai, arba dujos, neturintys nei kvapo, nei spalvos. Žemo potencialo šilumos technikoje dabar plačiausiai yra naudojami šie šaltnešiai: R404a, R134 a ir R407 C. Jie yra ekologiškai švarūs.

Darbo agentai netoksiški, tačiau jeigu virinant šilumos siurblio vamzdelius, kuriuose yra likusio darbo agento, jie pakliūva į suvirinimo degiklio liepsną, susidaro chloro vandenilis, fluoro vandenilis ir ypač pavojingos sveikatai fosteno dujos. Kai kurių neekologiškų darbo medžiagų negalima išleisti į atmosferą, nes jie ardo ozono sluoksnį, saugantį gyvybę žemėje nuo ultravioletinio saulės spinduliavimo.

Tepalai, naudojami šilumos siurbliuose. Tepalas šilumos siurblyje būtinas kompresorių judančioms dalims tepti ir dažniausiai sąveikauja su darbo agentais. Naudojami yra mineraliniai ir sintetiniai tepalai. Sintetiniai tepalai geriau dera su darbo agentais. Tačiau maišyti sintetinių tepalų su mineraliniais negalima, nes jie vieni su kitais reaguoja ir sudaro klampią masę, kuri netirpsta darbo agente.

Šilumos siurblio efektyvumas labai priklauso nuo temperatūrų skirtumu garintuve ir kondensatoriuje – kuo jis didesnis, tuo efektyvumas įrenginio mažesnis. Taip yra dėlto, kad kuo didesnis temperatūrų skirtumas tarp šilumokaičių, tuo didesnę darbą reikia atlikti kompresoriui. Taigi



4.10 pav. Vidutinė mėnesio grunto ir aplinkos oro temperatūra Kauno zonoje

vienai kilovatvalandei šilumos pagaminti reikia daugiau elektros energijos sunaudoti. Iš praktikos yra žinoma, jog lauko oro temperatūrai žiemos sezono metu nukritus žemiau nei $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (tai būdinga Lietuvos klimatinei zonai) labai pablogėja šilumos siurblio transformacijos koeficientas. Metinis vidutinės lauko oro temperatūros svyravimas atskirais mėnesiais Kauno zonoje pavaizduotas 4.10 paveiksle. Matyti, jog nepalankiausias šilumos siurbliui darbo sąlygos yra šaltuoju metų laiku, kuomet yra didžiausias šiluminės energijos poreikis. Kituose Lietuvos zonose metinis temperatūros svyravimas yra skirtingas. Įrengiant šilumos siurblių bei pasirenkant jo tipą, tai reikia įvertinti.[18]

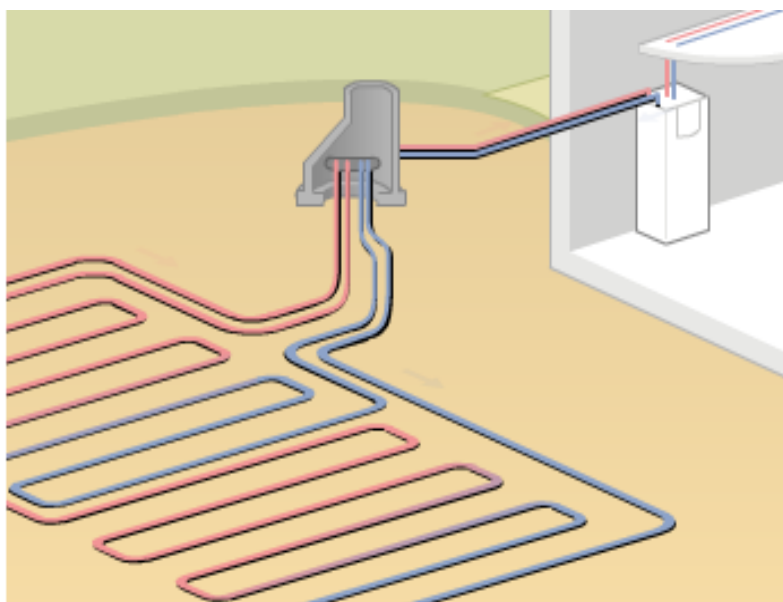
Įvairių valstybių gamybos šilumos siurbliai skiriasi, tačiau jie visi turi pagrindinius aukščiau išvardintus elementus ir atlieka tas pačias funkcijas. Šilumos siurbliai yra skirstomi pagal tai, koks šilumnešis teka per jų šilumokaičius. Jie yra:

- oro – oro, kai pro abu šilumokaičius cirkuliuoja oras;
- vandens – oro, kai pro vieną šilumokaitį cirkuliuoja oras, o pro kitą – skystis;
- vandens – vandens, kai abiejuose šilumokaičiuose cirkuliuoja skystas šilumnešis;
- tiesioginio garinimo – kuomet šaltnešis išgaruoja žemėje įrengtame kolektoriuje;
- su tarpiniu šilumnešiu – kai šaltnešį, šilumos siurblio garintuve, išgarina iš žemos temperatūros šaltinio atitekėjęs šilumnešis (vandens ir neužšalancio skysčio tirpalas).

Pagal žemo potencialo šilumos šaltinį, šilumos siurbliai gali būti gruntas – vanduo, oras – vanduo, vanduo – vanduo ir pan. Toliau trumpai aptariami tie šilumos siurblio variantai, kurie yra tinkamiausi nagrinėjamai situacijai.

4.2.1 Gruntas - vanduo geoterminis šildymas

Šiuo atveju šilumos šaltinis yra žemės grunto arba ir grunte esančio vandens šiluma. Žemės grunte yra sukaupiama iki 98 % spinduliuojamos saulės energijos. Net ir šalčiausiu žiemos metu grunte yra susikaupę pakankamai saulės energijos, kurią galima panaudoti optimaliam šilumos siurblio darbui. Šio tipo siurblių efektyvumas mažai kinta metų bėgyje, nes pirminės energijos panaudojimui iš žemės išgaunama beveik pastovi temperatūra (didesni temperatūros pokyčiai yra tik paviršiniuose grunto sluoksniuose). Taip pat šių šilumos siurblių efektyvumas labai priklauso nuo grunto. Prieš projektuojant



4.11 pav. Plokščio kolektoriaus schema šilumos siurbliui.

geoterminio šildymo sistemą būtina atlikti grunto tyrimus, kad galima būtų įvertinti ar siurblys veiks ekonomiškai.

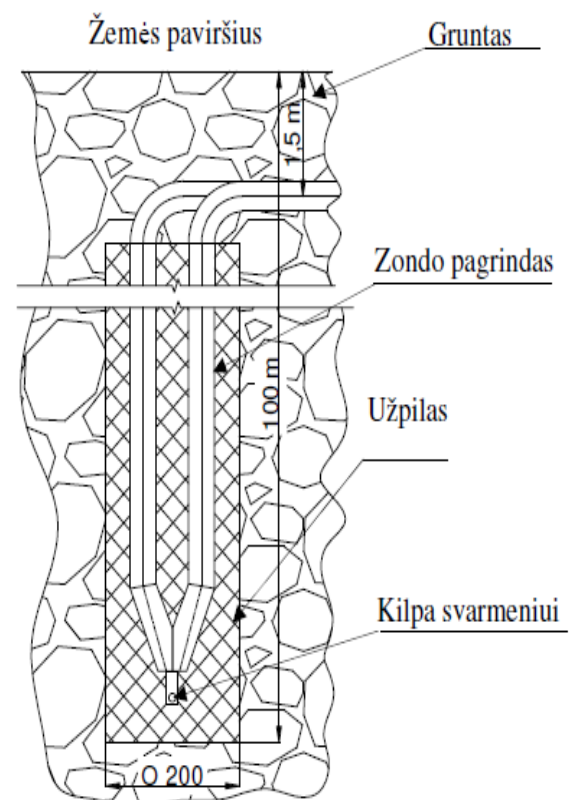
Gruntas – vanduo geoterminėje šildymo sistemoje šilumos paėmimas iš grunto paprastai vyksta tarpinio šilumnešio pagalba (paprastai etilenglikolio-vandens mišinys): plastikiniame vamzdyje cirkuliuoja agentas, kurį vėliau sušildo gruntas arba jame esantis vanduo. Skystis sušyla ir per tarpinį šilumokaitį (garintuvą) atiduoda sukauptą šilumą sistemoje esančiam šaldymo agentui, kuris tokiu būdu išgarinamas. Toliau procesas vyksta kaip aprašyta 4.2 skyrelyje.

Gali būti naudojami plokščias kolektorius (4.11 paveikslas) arba gręžiniai (4.12 paveikslas). Tiek gręžinio gylis, tiek plokščio kolektoriaus užimamas grunto plotas priklauso nuo pastato šilumos poreikio bei grunto struktūros.

Naudojant plokščią kolektorių, jo vamzdynas išvedžiojimas grunte 1,5 – 2 m gylyje nuo žemės paviršiaus. Šiuo atveju reikalingas gan didelis neužstatytos žemės paviršiaus plotas ir įrengimo metu yra labai pažeidžiamas aplinkos gerbūvis, kurio atstatymo kaštai ženkliai padidina šilumos siurblio instaliavimo kaštus.

Šilumai paimti iš grunto naudojant gręžinius, į juos įleidžiama vamzdžių sistema – paprastai 100 m gylio gręžinyje patalpinamas vertikalus geoterminis zondas susidedantis iš zondo pagrindo ir dviejų zondo vamzdžių. Įstūmus zondą į gręžinį turi būti užtikrintas geras vamzdžių kontaktas su gruntu. Tam tikslui ertmė nuo zondo pagrindo iki paviršiaus pilnai užpildoma užpildu be oro tarpu. Užpilo suspensija turi būti tinkama darbinėms temperatūroms. Paprastai naudojamos - bentonito (gamtinis molingas mineralas)/ aukštakrosniu cemento (LST EN197-1 CEM III/B 32,5 N)/ vandens arba bentonito/aukštakrosniu cemento (LST EN 197-1 CEM III/B 32,5 N)/smėlio/vandens suspensijos. Tarp gretimų gręžinių turi būti išlaikomas tam tikras atstumas (maždaug minimaliai 5 m), jog sistema dirbtų efektyviai. Šiuo atveju reikalingas mažesnis žemės paviršiaus plotas, bet dideli gręžinių gręžimo kaštai. Be to, tokios sistemos patikimos eksploatacijos ir maksimalaus išgaunamo įrenginių būtina efektyvumo sąlyga - teisingas zondo įmontavimas ir kruopštus ertmės tarp zondo ir gręžinio sienelės užpildymas.

Lyginant šias dvi gruntas – vanduo geoterminio šildymo sistemas, gręžinių sistema yra brangesnė už horizontalų kolektorių, tačiau kaip minėta, pastarajam įrengti reikia didesnio žemės



4.12 pav. Standartinio 100 m gylio geoterminio gręžinio su zonu schema.

ploto, ant kurio niekas negali būti statoma, nepageidaujama ir automobilių statymo aikštelė. Dėl to nagrinėjamo objekto šilumos poreikiams patenkinti, parenkant šilumos, geriau būtų įrengti gręžinius, nes jiems reikia mažesnio žemės ploto, įrengiant tokią šilumos paėmimo sistemą. Gręžiniams vieta gali būti išnaudota automobilių stovėjimo aikštelė arba žalia zona prie pastatų.

Įrengiant tokią sistemą pastato šildymo sistemą rekomenduojama daryti grindinę, kad būtų gautas didesnis ekonominis efektas, nes tuomet šilumnešio parametrai mažesni, efektyvumo koeficientas didesnis ir geriau įsisavinama grunte sukaupta šiluminė energija. Tačiau grindinio šildymo sumontavimas yra brangus ir analizuojamiems pastatams to daryti neapsimoka. Šalia šio šilumos tiekimo būdo būtina turėti ir rezervinį, kaip gamtinės dujos, skystas kuras ar suskystintos dujos, kad patenkinti šilumos poreikį piko metu ar jeigu sugestų šilumos siurblio sistemos kažkuri dalis ar užšaltų žemės kolektorinė sistema.

4.2.2 Oras - vanduo geoterminis šildymas

Gruntinį vandenį ar žemės gruntą ne visur yra įmanoma panaudoti kaip šilumos šaltinį. Tokiu atveju geriausiai tinka žemo potencialo šilumos šaltinis yra aplinkos oras, kurį galima naudoti bet kur. Pastaruoju metu jis gan plačiai naudojamas ir Lietuvoje, pvz., toks šildymas įrengtas prieš kelis



4.13 pav. Oras – vanduo šilumos siurblio lauko išpildymas

metus keliose Druskininkų sanatorijose, visuomeninės paskirties pastatuose bei Alytaus mieste ir kt. Tačiau oras nėra tinkamas stambesniems šilumos siurbliams

Ši šildymo sistema funkcionuoja šilumos perkėlimo principu - aušinamas lauko oras, o šiluma gauta kaip aušinimo proceso produktas perduodama per šilumokaitį skysčiui, kuris panaudojamas pastato šildymui ar karšto buitinio vandens ruošimui. Kad toks šildymo būdas būtų efektyvus, pastatų šildymas turėtų būti orinis ir integruotas į vėdinimo sistemą, kurioje turėtų būti įmontuota šilumos siurblio naudojamo agento kondensatoriaus sekcija arba būti naudojamas tarpinis šilumos nešėjas, vandens šilumokaitis ir atitinkamai instaliuoti kiti šilumos siurblio agregatai

Orinis šilumos siurblys dirba, kai aplinkos temperatūra yra aukščiau kaip $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Šilumos siurblys, naudojantis šilumos šaltinį - orą, susideda iš dviejų įrenginių: įrenginio kuris stovi namo katilinėje, bei garintuvo, kuris įrengiamas lauke, po atviru dangumi. [19]

Skirtingai nuo tradicinių populiarių geoterminių gruntinių ir vandens telkinių sistemų, orinio šilumos siurblio įrengimas yra žymiai paprastesnis ir įmanomas net minimaliomis sąlygomis: atkrenta

žemės ir gręžinio kasinėjimo darbų, vamzdyno klojimo bei jiems atlikti reikiamo dydžio žemės sklypo būtinybė; lieka išsaugoti ir nepažeisti aplinkotvarkos elementai - veja, alpinariumas, gėlynai, terasos (4.13 paveikslas) Taip pat orinio šilumos siurblio įrengimas pasiteisina, kai nepalankios sklypo grunto sąlygos (itin akmenuotas gruntas, drėgnas molis), dėl kurių kasinėjimas kartais tampa neįmanomas. Tačiau šio tipo šilumos siurblio efektyvumas kur kas mažesnis nei tradicinių geoterminių šilumos siurblių (žemė-vanduo ir vanduo-vanduo). Tą įtakoja kur kas mažesnis oro šilumos atidavimo koeficientas už vandens.

Vertinant Lietuvos regionus klimatinio atžvilgiu, palankiausias ir idealios sąlygos orinių šilumos siurblių įrengimui yra pajūryje. Šilumos sistemos oras-vanduo yra populiarios Skandinavijos šalyse (pvz., švedų gamybos „NIBE“ - vieni iš populiariausių), masiškai naudojamos Estijoje, kurioje itin akmenuotas daugumos regionų gruntas apsunkina žemės kolektorių įrengimą. Jei lauko šilumokaitis apledėja, ledas pašalinamas naudojant karštas šilumokaičio skleidžiamos šilumos dujas, nukreiptas atgal į jį, automatiškai suveikus atitirpinimo funkcijai. [19]

4.2.3 Šilumos siurblio parinkimas

Kauno klinikų miestelio teritorijoje esantys pastatai yra išdėstyti gan erdvei bei čia gausu žalių zonų, kuriose gali pasivaikščioti ir atsigauti ligoninės pacientai. Taigi akivaizdu, kad Kauno klinikų teritorijoje yra daug laisvos (neužstatytos) vietos, kurią būtų galima panaudoti geoterminiam pastatų šildymui. Atsižvelgiant į tai, darbe analizei šilumos šaltiniu pasirenkamas gruntas.

Pigesnis ir paprastesnis sistemos montavimo atžvilgiu variantas būtų plokščio arba susukto kolektoriaus panaudojimas šiluminei energijai generuoti. Kaip minėta anksčiau, tokiai sistemai reikia didelio laisvo žemės ploto. Nors Kauno klinikų teritorijoje yra daug laisvos vietos, ji ne visa tinkamai šiai sistemai įrengti, po žeme gausu įvairių inžinerinių tinklų ir komunikacijų, kurie dar ir reikalauja tam tikro atstumo aplink save, kuriame negali būti įrengti jokie kiti tinklai. Tad akivaizdu, kad šiuo atveju nebūtų galima įrengti didelės galios šilumos siurblių sistemos. Norint gauti juntamą ekonominę geoterminio šildymo naudą tokiam dideliame šilumos vartotojui kaip Kauno klinikos, jose kaip tik reikia įrengti pakankamai didelės galios sistemą. Be to, įrengiant plokščio ar susukto kolektoriaus sistemą, yra labai pažeidžiamas aplinkos gerbūvis: sugadinama veja, išformuojamas sklypo paviršius ir kt. Nors po montavimo viskas yra sutvarkoma, aplinkos atsistatymas (vejos bei kitų augalų) atsistatymas užtrunka dar kelis metus. Tokio tipo visuomeninės paskirties pastatuose, tai yra nepageidautinas veiksnys. Tad plokščio kolektoriaus geoterminio šildymo sistema paprastai yra renkamasis įrengti individualiuose namuose, o visuomeninės paskirties pastatuose – gręžinių sistema. Taip pat gręžinių sistemos šilumos siurblio efektyvumas yra didesnis nei plokščio kolektoriaus atveju. Tą lemia šiuo atveju esanti aukštesnė žemo potencialo šilumos šaltinio temperatūra - gilesniuose žemės sluoksniuose esančio grunto temperatūra yra aukštesnė nei sluoksniuose arti žemės paviršiaus (apie 1 – 2 m gylyje) ir beveik pastovi metų bėgyje.

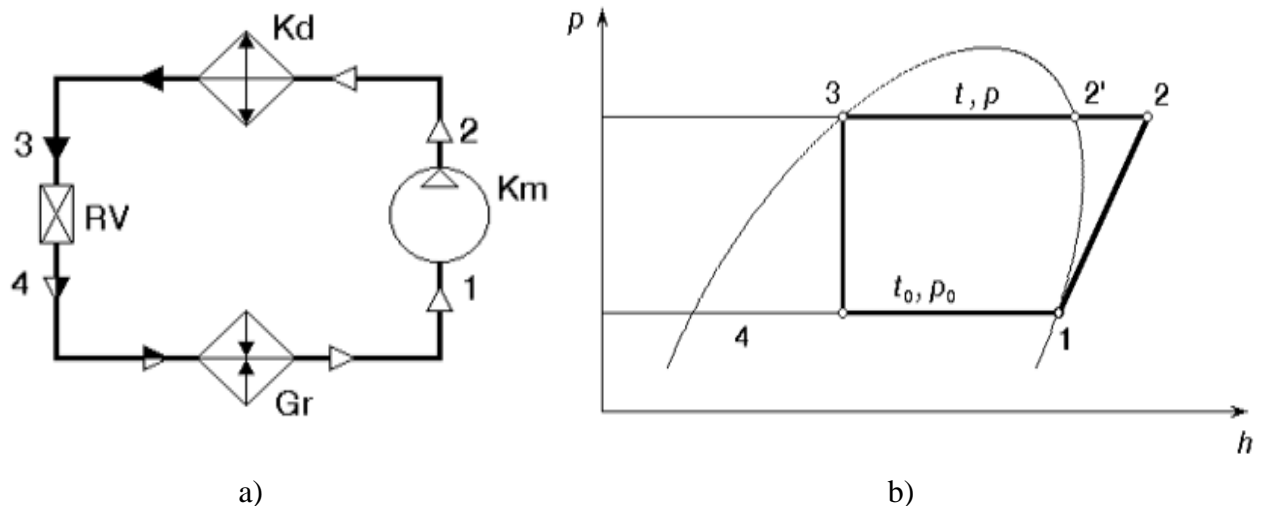
Atsižvelgiant į išdėstytus argumentus, toliau darbe nagrinėjama gręžinių sistemos geoterminio šildymo variantas.

Siekiant gauti didžiausią ekonominį efektą, geoterminio šildymo sistemas patartina įrengti, kai pastatų šildymas yra grindinis arba orinis. Kauno klinikose yra įrengtas orinio šildymo galimybė pasinaudojant vėdinimo sistemomis pastatuose. Tačiau vėdinimo sistemos pilnai yra atstatytos tik kai kuriuose pastatuose bei jų galia yra maža., tad jų panaudojimo galimybė nebus nagrinėjama. Taigi geoterminį šildymą Kauno klinikose galima pritaikyti karštam buitiniam vandeniui ruošti arba pastatų šildymui. Be to, priklausomai nuo lauko oro temperatūros, kinta ir paduodamo termofikacinio vandens vartotojams temperatūra – tad analizei pasirenkami keli termofikacinio vandens paruošimo režimai.

Šilumos siurblio parinkimo skaičiavimo metodas CoolPack 1.5 programa. [22]

Atliekamai analizei pasirenkama paprasčiausia vienpakopio šilumos siurblio schema su išoriniu ir vidiniu kontūrais. Jos principinė schema bei darbo kreivė $p-h$ diagramoje pateikiama 4.14 paveiksle. Šioje scheme vyksta šie procesai :

- proceso 1-2 metu turime garų įsiurbimą į kompresorių (Km);
- proceso 2-2' metu garai ataušta ir taške 2' tampa sausu sočiu garu;
- proceso 2'-3 metu vyksta darbo agento garų kondensacija kondensatoriuje (Kd);
- proceso 3-4 metu vykdomas droseliavimas droseliavimo vožtuve (RV);
- proceso 4-1 metu darbo agentas pašildomas iki virimo temperatūros ir išgarinamas garintuve (Gr).



4.14 pav. Nagrinėjamo šilumos siurblio schema (a) ir darbo kreivė $p-h$ diagramoje (b). 1 - kompresorius, 2 - kondensatorius, 3 – droseliavimo vožtuvas, 4 – garintuvas [17].

Šių procesų metu galime apskaičiuoti reikalingus parametrus, tokius kaip kompresoriaus darbą, savitąjį šalčio našumą, savitąjį šilumos našumą bei šilumos siurblio transformacijos koeficientą.[1]

Atliekant skaičiavimus priimama, kad:

- vidutinė grunto temperatūra yra $+7\text{ }^{\circ}\text{C}$ [17];
- temperatūrų skirtumas tarp žemėje esančiuose vamzdeliuose cirkuliuojančio šaltnešio (toliau – tirpalo) ir grunto paprastai yra palaikomas $5\text{ }^{\circ}\text{C}$, tuomet žemėje į gręžinius patalpintuose vamzdeliuose grįžtančio į garintuvą tirpalo temperatūra bus $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- tirpalo temperatūros kritimas garintuve paprastai sudaro $3\div 6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Šios analizės skaičiavimams priimame $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tuomet iš garintuvo išeinančio ir vėl į žemėje esančius vamzdelius grįžtančio tirpalo temperatūra bus $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- garintuve vyksta šilumos mainai tarp tirpalo ir šaldymo agento. Šiems mainams užtikrinti yra būtinas temperatūros skirtumas, kurio mažiausia rekomenduojama vertė turi būti $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kai kurių gamintojų šiuolaikiniai šilumos siurbliai gali efektyviai dirbti ir su mažesniu temperatūrų skirtumu garintuve tarp tirpalo ir sistemos vidiniame kontūre cirkuliuojančio darbo agento. Taigi, šiuo atveju šaldymo agento virimo temperatūra priimama lygi $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- šaldymo agento garai prieš kompresorių dėl veikiančių pasipriešinimo jėgų įsiurbimo linijoje, pašyla, t.y. darbo agento sotūs garai yra perkaitinami. Šį pokytį priimame lygų $5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tuomet šaldymo agentų garų temperatūra prieš pat kompresorių šiuo atveju bus lygi $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Toliau šilumos mainai vyksta tarp kondensatoriuje besikondensuojančio šaldymo agento ir šildymo sistemoje cirkuliuojančio vandens. Šiems mainams užtikrinti yra būtinas temperatūros skirtumas, kurio mažiausia rekomenduojama vertė turi būti $5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Darbo agento kondensacijos temperatūra priklauso nuo to, kokios temperatūros termofikacinį ar buitinį vandenį turime tiekti vartotojui.

Skaičiavimuose yra išskiriami trys atvejai:

I atvejis – karšto buitinio vandens ruošimas:

- Tiekiamo buitinio vandens iš vandentiekio sistemos į šilumos siurblio kondensatorių temperatūra priimama $T_1 = +10\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- vartotojui tiekiamo karšto buitinio vandens temperatūra dėl higienos normų reikalavimų turi būti nemažiau kaip $T_2 = +55\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- darbo agento kondensacijos temperatūra šiuo atveju priimama lygi $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$.

II atvejis – pastatų šildymas režimas Nr.1:

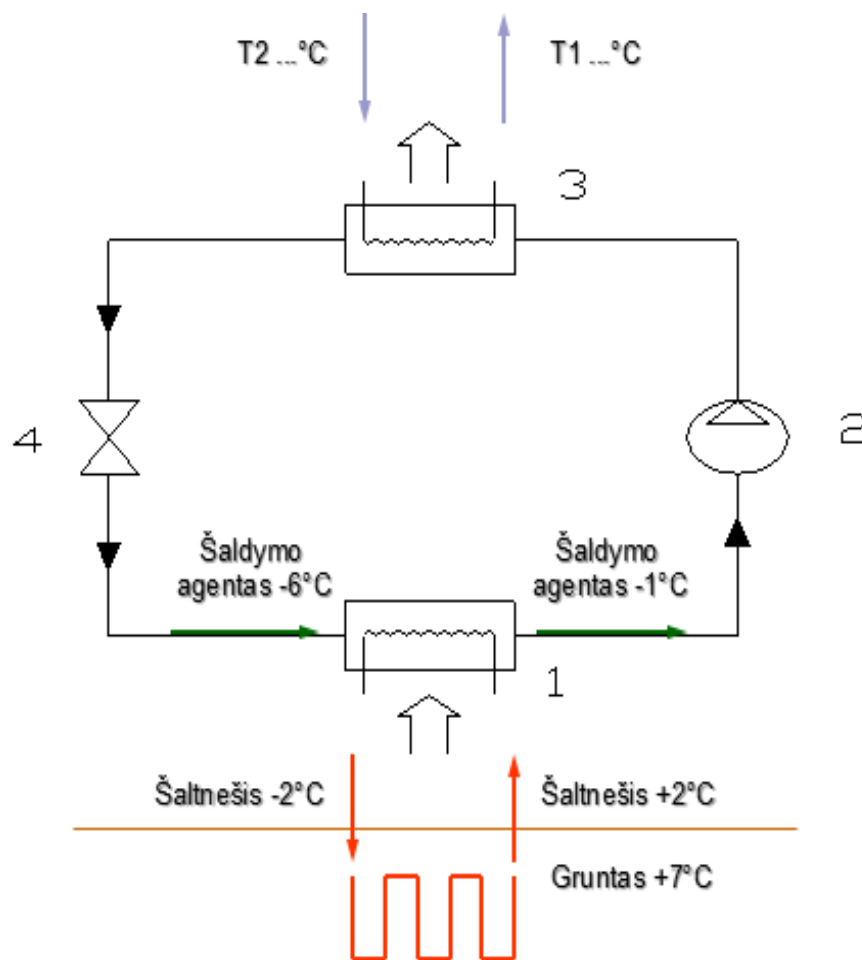
- tiekiamo vartotojui termofikacinio vandens temperatūra $T_2 = 65\text{ }^{\circ}\text{C}$,
- Grįžtančio iš vartotojo termofikacinio vandens temperatūra $T_1 = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$,
- šaldymo agento kondensacijos temperatūra $70\text{ }^{\circ}\text{C}$.

III atvejis – pastatų šildymas režimas Nr.2:

- tiekiamo vartotojui termofikacinio vandens temperatūra $T_2 = 80\text{ }^\circ\text{C}$,
- Grįžtančio iš vartotojo termofikacinio vandens temperatūra $T_1 = 60\text{ }^\circ\text{C}$,
- šaldymo agento kondensacijos temperatūra $85\text{ }^\circ\text{C}$.

4.15 paveiksle pateikta nagrinėjama geoterminio šildymo sistemos principinė schema. Joje nurodytos sistemos darbą užtikrinančių fluidų judėjimo kryptys ir temperatūros.

Šilumos siurblio efektyvumas taip pat priklauso ir nuo šaldymo agento, kuriuo užpildoma sistema. Pastaruoju metu dažniausiai šilumos siurbliams naudojami šaldymo agentai yra R407C, R134a ir R410A. Siekiant parinkti kuo optimalesnį šilumos darbo režimą, prie užsiduotų pradinių sąlygų prie užsiduotų pradinių sąlygų darbe papildomai analizuojama, kuris agentas dirbs naudingiau ir jis bus pasirenkamas sistemos užpildymui.



4.15 pav. Nagrinėjamos gruntas – vanduo šildymo sistemos principinė schema.

1 – garintuvas, 2 – kompresorius, 3 – kondensatorius,
4 – droseliavimo vožtuvas.

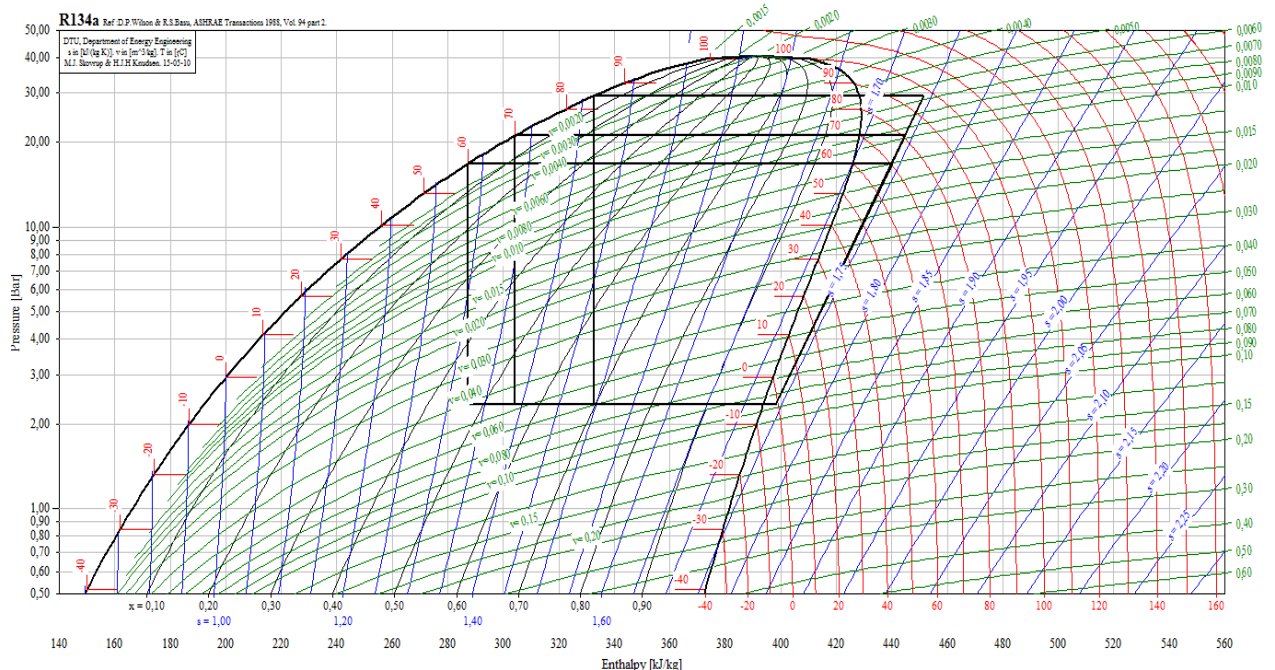
Šilumos siurblio, užpildyto agentu R134a, skaičiavimas:

Naudojantis programa CoolPack versija 1.5 (Danija), iš agento R134a $p-h$ diagramos randamos šio agento darbo kreivių charakteringų taškų entalpijos reikšmės nagrinėjamais atvejais.

4.16 paveiksle agento p-h diagrama su darbo ciklais pateikta, o 4.5 lentelėje – darbo kreivių charakteringų taškų pagrindiniai parametrai.

4.5 lentelė. Šaldymo agento R134a darbo kreivių charakteringų taškų temperatūros ir entalpijos.

| Anali- zuoja- mas atvejis | Taškas 1' | | Taškas 1 | | Taškas 2 | | Taškas 3 | | Taškas 4 | |
|------------------------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | t _{1'} | h _{1'} | t ₁ | h ₁ | t ₂ | h ₂ | t ₃ | h ₃ | t ₄ | h ₄ |
| | °C | kJ/kg | °C | kJ/kg | °C | kJ/kg | °C | kJ/kg | °C | kJ/kg |
| I | -6 | 393,60 | -1 | 398,14 | 70,4 | 440,08 | 60 | 287,39 | -6 | 287,39 |
| II | -6 | 393,60 | -1 | 398,14 | 80,9 | 444,87 | 70 | 304,31 | -6 | 304,31 |
| III | -6 | 393,60 | -1 | 398,14 | 97,1 | 451,39 | 85 | 332,71 | -6 | 332,71 |



4.16 pav. Darbo agento R134a ciklas [22]

Apskaičiuojami ciklo parametrai sekančiai (kaip skaičiavimų pavyzdys naudojamas I atvejis su darbo agentu R134a :

- ciklo savitasis šalčio našumas:

$$q_0 = h_1' - h_4 = 393,6 - 287,39 = 106,21 \text{ (kJ/kg)} ; \quad (4.3)$$

čia: q_0 - ciklo savitasis šalčio našumas, [kJ/kg];

h_1' ir h_4 - darbo agento entalpija taškuose 1' ir 4, [kJ/kg];

- ciklo savitasis šilumos našumas:

$$q = h_2 - h_3 = 440,08 - 287,39 = 152,69 \text{ (kJ/kg)} ; \quad (4.4)$$

čia: q_0 - ciklo savitasis šalčio našumas, [kJ/kg];

h_2 ir h_3 - darbo agento entalpija taškuose 2 ir 3, [kJ/kg];

- kompresoriuje sunaudojamas darbas:

$$l = h_2 - h_1 = 440,08 - 393,6 = 46,48 \text{ (kJ/kg)} ; \quad (4.5)$$

čia: l - kompresoriuje atliktas darbas, [kJ/kg];

h_2 ir h_1 - darbo agento entalpija taškuose 2 ir 1, [kJ/kg];

- taigi šilumos siurblio energijos transformacijos koeficientas E :

$$E = \frac{q}{l} = \frac{152,69}{46,48} = 3,29 . \quad (4.6)$$

II ir II atvejo skaičiavimai atliekami analogiškai. Visų šildymo sistemų skaičiavimų rezultatai pateikiami 4.8 lentelėje.

Sistemų skaičiavimai su darbo agentais R407C ir R140A atliekami analogiškai aprašytam su agentu R134a. Šių šaldymo agentų darbo kreivių charakteringų taškų pagrindiniai parametrai pateikiami 4.6 ir 4.7 lentelėse.

4.6 lentelė. Šaldymo agento R407C darbo kreivių charakteringų taškų temperatūros ir entalpijos.

| Anali- zuoja- mas atvejis | Taškas 1' | | Taškas 1 | | Taškas 2 | | Taškas 3 | | Taškas 4 | |
|------------------------------------|-----------|----------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|
| | $t_{1'}$ | $h_{1'}$ | t_1 | h_1 | t_2 | h_2 | t_3 | h_3 | t_4 | h_4 |
| | °C | kJ/kg | °C | kJ/kg | °C | kJ/kg | °C | kJ/kg | °C | kJ/kg |
| I | -6 | 409,93 | -1 | 414,06 | 82,3 | 463,03 | 60 | 304,6 | -6 | 304,6 |
| II | -6 | 409,93 | -1 | 414,06 | 94,9 | 468,89 | 70 | 331,75 | -6 | 331,75 |
| III | -6 | 409,93 | -1 | 414,06 | 113,8 | 477,09 | 85 | 375,78 | -6 | 375,78 |

4.7 lentelė. Šaldymo agento R410A darbo kreivių charakteringų taškų temperatūros ir entalpijos.

| Anali- zuoja- mas atvejis | Taškas 1' | | Taškas 1 | | Taškas 2 | | Taškas 3 | | Taškas 4 | |
|------------------------------------|-----------|----------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|
| | $t_{1'}$ | $h_{1'}$ | t_1 | h_1 | t_2 | h_2 | t_3 | h_3 | t_4 | h_4 |
| | °C | kJ/kg | °C | kJ/kg | °C | kJ/kg | °C | kJ/kg | °C | kJ/kg |
| I | -6 | 403,55 | -1 | 407,52 | 83,3 | 454,98 | 60 | 282,94 | -6 | 282,94 |
| II | -6 | 403,55 | -1 | 414,06 | 95,5 | 460,79 | 70 | 298,91 | -6 | 298,91 |
| III | -6 | 403,55 | -1 | 414,06 | 114,1 | 468,90 | 85 | 325,78 | -6 | 325,78 |

Visi skaičiavimų rezultatai pateikiami 4.8 lentelėje bei 4.17 paveiksle.

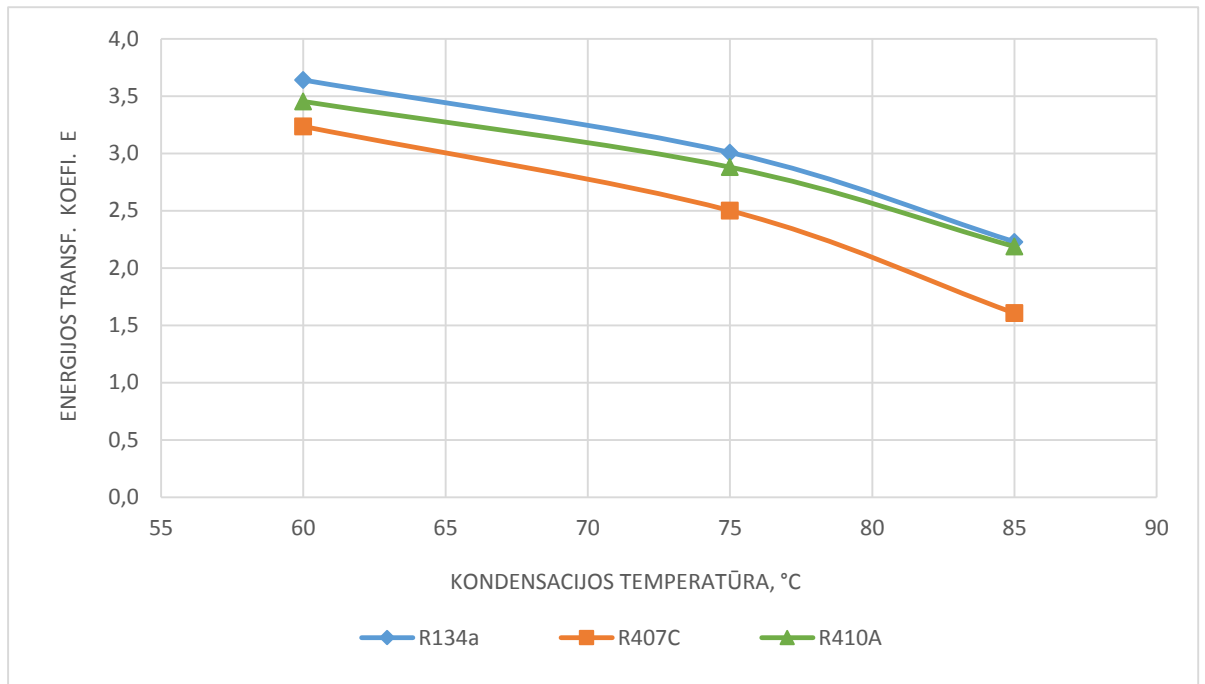
4.8 lentelė. Šilumos siurblio sistemų pagrindiniai duomenys ir skaičiavimų rezultatai.

| Eil. Nr. | Parametro pavadinimas | Matavimo vienetai | R134a | | | R407C | | | R410A | | |
|----------|---|-------------------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | | I | II | III | I | II | III | I | II | III |
| 1. | Darbo agento garavimo temperatūra | °C | -6 | -6 | -6 | -6 | -6 | -6 | -6 | -6 | -6 |
| 2. | Darbo agento garų temperatūra po suslėgimo | °C | 70,4 | 80,9 | 97,1 | 82,3 | 94,9 | 113,8 | 83,3 | 95,5 | 114,1 |
| 3. | Darbo agento kondensacijos temperatūra | °C | 60 | 70 | 85 | 60 | 70 | 85 | 60 | 70 | 85 |
| 4. | Savitasis šalčio našumas q_0 | kJ/kg | 106,21 | 89,29 | 60,89 | 105,33 | 78,18 | 34,15 | 110,61 | 94,64 | 67,77 |
| 5. | Savitasis šilumos našumas q | kJ/kg | 152,69 | 140,56 | 118,68 | 158,43 | 137,14 | 101,31 | 162,04 | 151,88 | 133,12 |
| 6. | Kompresoriuje sunaudojamas darbas l | kJ/kg | 41,94 | 46,73 | 53,25 | 48,97 | 54,83 | 63,03 | 46,92 | 52,73 | 60,84 |
| 7. | Šilumos siurblio energijos transformacijos koeficientas E | - | 3,64 | 3,01 | 2,23 | 3,24 | 2,50 | 1,61 | 3,45 | 2,88 | 2,19 |
| 8. | Šilumos siurbliu generuojamos šilumos savikaina*,** | €/kWh | 3,54 | 4,29 | 5,79 | 3,99 | 5,16 | 8,03 | 3,74 | 4,48 | 5,90 |
| | | ct/kWh | 12,23 | 14,81 | 19,98 | 13,77 | 17,81 | 27,71 | 12,90 | 15,46 | 20,36 |

*-Lentelėje pateikta šilumos siurbliu generuojamos šilumos savikaina įvertinant tik elektros sąnaudas.

** -Skaičiavimuose naudojama 2015 m. gegužės mėn elektros kaina, kuri lygi 12,9 € ct/kWh (44,54 ct/kWh) [23]

Pažymėjimai: I – atvejis, kai ruošiame karšta buitinį vandenį; II – atvejis, kai ruošiame termofikacinį vandenį šildymui $T_2/T_1=40/60$ °C, kai ruošiame termofikacinį vandenį šildymui $T_2/T_1=60/80$ °



4.17 pav. Šilumos siurblio transformacijos koeficiento E priklausomybė nuo darbo agento kondensacijos temperatūros.

Atlikus skaičiavimus, įsitikinome, jog priėmus šilumos siurblio darbo agento garavimo temperatūrą pastovia (const.) ir didinant šaltnešio kondensacijos temperatūrą, t.y. didėjant temperatūrų skirtumui tarp garintuvo ir kondensatoriaus, ženkliai sumažėja šilumos siurblio efektyvumas. Nagrinėtais atvejais, atskiriems darbo agentams, padidinus kondensacijos temperatūrą 25 °C, matomas šilumos siurblio energijos transformacijos koeficientas E sumažėja apie 1,5 ÷ 2 karto. Iš 5.12 paveiksle pateikto grafiko matyti, jog šilumos siurblio energijos transformacijos koeficientas priklausomybė nuo temperatūros skirtumo tarp garintuvo ir kondensatoriaus yra beveik tiesinė (atvirkščiai proporcingi). Taip yra todėl, jog esant aukštesnei kondensacijos temperatūrai, kompresoriuje reikia atlikti didesnę darbą, t.y. suslėgti iki didesnio slėgio, kad pasiekti reikiamą temperatūrą.

Lyginant tarpusavyje nagrinėtus darbo agentus, iš 4.6 lentelėje pateiktų duomenų bei 5.12 paveikslo matyti, kad didžiausią šilumos siurblio efektyvumą gauname, jei jo sistemą užpildome agentu R134a. Akivaizdu, jog tai lemia pačio agento savybės bei cheminė sudėtis.

Atsižvelgiant į gautus rezultatus, tolimesnei analizei pasirenkama šilumos siurblio sistemą užpildyti darbo agentu R134a bei geoterminius gręžinius naudoti karšto buitinio vandens ruošimui. Šiuo atveju šilumos siurblio energijos transformacijos koeficientas yra 3,54. Šiuo atveju šiluminės energijos savikaina, įvertinant tik elektros sąnaudas, tėra 3,54 €/kWh (12,23 ct/kWh) – ženkliai mažesnė nei šiuo metu Kauno klinikų katilinėje gaminamos šilumos savikaina. Be to, pasirinkus geoterminę energiją panaudoti karšto vandens ruošimui, šilumos siurbliais generuoja šiluminę energiją Kauno klinikose bus panaudojama ištisus metus.

Kaip minėta ankstesniuose skyriuose, Kauno klinikų katilinės vidutinė galia vasaros metu yra maždaug 0,922 MW (per mėnesį vidutiniškai pagaminama 664,43 MWh šilumos). Šios šilumos sąnaudos pasiskirsto tiek karšto buitinio vandens, garo gamybai, tiek šilumos nuostoliams garo ir karšto vandens vamzdinyuose kompensuoti. Įvertinus garo gamybos pajėgumus bei nuostolius, Kauno klinikose būtų tikslinga įrengti 615 kW šiluminės galios šilumos siurblių gruntas – vanduo sistemą.

4.3 Techninis – ekonominis sistemų įvertinimas

Ieškant būdų kaip pagerinti šilumos sistemos funkcionavimą bei padidinti jos gaminamos šiluminės energijos konkurencingumą, parenkant alternatyvą esamai padėčiai labai svarbu atlikti jos techninę – ekonominę analizę, t.y. įvertinti, reikiamų investicijų poveikį šilumos kainai ateityje. Energetikoje paprastai įgyvendinami tik tie projektai, kurie finansiškai yra patrauklūs bei nedidina ar labai neženkliai didina šilumos kainą vartotojui.

Šiame skyriuje įvertinamas saulės kolektorių ir šilumos siurblio sistemų įrengimo poveikis galutinei šilumos kainai Kauno klinikose. Ši atliekama ekonominė analizė yra paremta metodiškai teisingai atliktu galimų energijos sutaupų įvertinimu.

Siekiant įvertinti planuojamų integruoti į Kauno klinikų šilumos ūkį atsinaujinančių energijos šaltinių ekonominį efektyvumą, tikslinga naudoti tradicinius ekonominius efektyvumo kriterijus [27]:

- 1) paprastasis atsipirkimo laikas PAL – tai metų skaičius, per kuriuos dėl energijos taupymo priemonių ar priemonių paketo sutaupyta lėšos turi padengti pradines investicijas. Kai metinė sutaupyta suma per projekto laikotarpį išlieka tokia, paprastasis atsipirkimo laikas gali būti apskaičiuojamas taip:

$$PAL = \frac{I}{S}; \quad (4.8)$$

čia: *PAL* – atsipirkimo laikotarpis, metais;

I - planuojamos įdiegti priemonių investicijos, €;

S - planuojami metiniai sutaupymai įdiegtus gerinimo priemones, €.

Paprastasis atsipirkimo laikas yra vienas dažniausiai taikomų ir lengviausiai suprantamų rodiklių. Tačiau pažymėtina, kad atskiros energijos taupymo priemonės ar paprastasis jų paketo atsipirkimo laikas tinka labai paviršutiniškam ekonominio efektyvumo įvertinimui. Didžiausi jo ribotumai yra tie, kad visiškai neatsižvelgiama į energijos taupymo priemonės gyvavimo laiką ir į pinigų skolinimosi kainą. Tad lyginant tarpusavyje skirtingas sistemas būtina atsižvelgti į paminėtus faktorius, kad nebūtų priimtas klaidingas sprendimas;

- 2) diskontuotas investicijos poveikis – šis rodiklis parodo palūkanų normą ne pagal pradines investicijas į objekto darbą gerinančias priemones, bet pagal susigrąžinamą vertę, t. y.,

yra įvertinama ar įdiegtų priemonių sutaupyto lėšų pakaks paskolos palūkanoms padengti. Atliekant energetinių objektų vertinimą, paprastai diskonto norma yra priimama lygi rinkos palūkanų kainai;

- 3) grynoji dabartinė vertė GDV – šis ekonominis rodiklis tokiuose skaičiavimuose apskaičiuojamas, kaip priemonių ar jų paketo metinių investicijų ir sutaupytos energijos per tam tikrą laikotarpį dabartinių (diskontuotų) verčių suma:

$$GDV = DP - DI ; \quad (4.9)$$

čia: GDV – grynoji dabartinė vertė, €;

DP – diskontuotų pajamų suma per nagrinėjamą laikotarpį, €;

DI - diskontuotų išlaidų suma per nagrinėjamą laikotarpį, €;

Siekiant palyginti kelių energijos taupymo priemonių ar jų paketo ekonominį efektyvumą, turi būti nustatyta vienoda diskonto norma, kuri paprastai nusako pinigų skolinimosi kainą, ir vienodas vertinamasis laikotarpis. Skirtingų energijos taupymo priemonių gyvavimo trukmė skiriasi, todėl skaičiuojant turi būti įvertintos ir diskontuotos į esamą vertę būtinos reinvesticijos ir investicijų likutinė vertė (vertinamojo laikotarpio pabaigoje). Atskiros priemonės ar jų paketas yra ekonomiškai patrauklus tuomet, kai jų GDV vertė yra lygi arba didesnė už nulį. Lyginant kelias priemones ar jų paketus, priimtinausia yra ta priemonė ar priemonių paketas, kurio GDV yra didžiausia;

- 4) vidinė grąžos norma VGN – šis ekonominio efektyvumo rodiklis parodo investicijų pelningumo normą. VGN yra lygi tokiai diskonto normai, kuriai esant ateityje sutaupyto kiekių grynoji dabartinė vertė yra lygi pradinių investicijų vertei. Kitais žodžiais, VGN yra tokia diskonto norma, kuriai esant energijos taupymo priemonės ar priemonių paketo GDV yra lygi nuliui. Jeigu energijos taupymo priemonės ar priemonių paketo VGN yra aukštesnė už minimalią reikalaujamą pelningumo normą (paprastai energetiniams objektams ji lygi 5 %), priemonė ar priemonių paketas yra ekonomiškai efektyvus. Lyginant kelias priemones ar jų paketus, priimtinausia yra ta priemonė ar priemonių paketas, kurio VGN yra didžiausia.

Pradedant skaičiavimus, reikia nustatyti, kokį šilumos kiekį galime pasigaminti šiomis sistemomis bei kokie yra galimi esamų energijos šaltinių sutaupymai nagrinėjama atvejais.

Saulės kolektorių sistema.

Ant gyvenamųjų namų stogų paprastai yra įrengiami standartiniai 2,55 m² paviršiaus ploto kolektoriai. Montuojant šią sistemą didesniems poreikiams tenkinti, pvz., sanatorijose, ligoninėse, yra renkama didesnių matmenų kolektoriai, vadinami didieji kolektoriai (*angl.* Large collector), kurių dydis svyruoja nuo 3,24 m² iki 12,10 m² priklausomai nuo gamintojo bei produkto tipo. Skaičiavimuose naudojami saulės sistemų elementų gamintojo Tisun [16] kataloge pateiktais

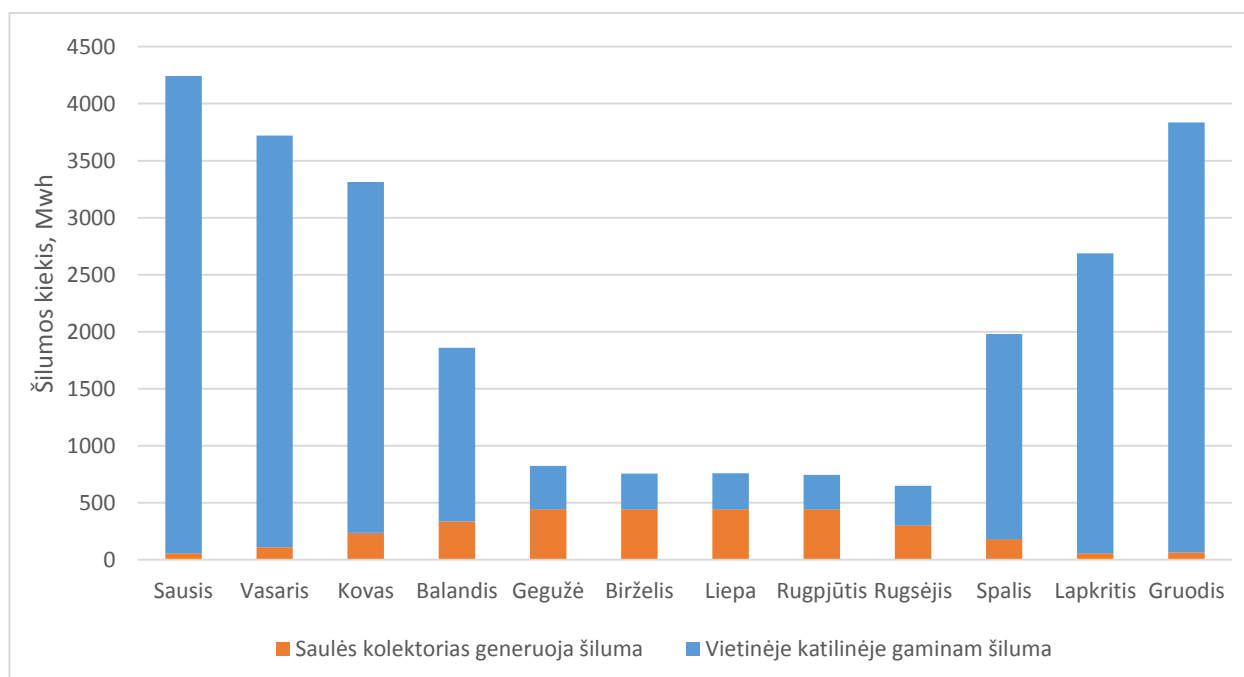
duomenys. Priimama, jog bus montuojami $A_1=4,30 \text{ m}^2$ paviršiaus ploto saulės kolektoriai. Iš 4. Lentelės žinoma, jog pasirinktu IV variantu reikalinga saulės kolektorių kiekis yra $N_s = 1568 \text{ vnt.}$ Vieno tokio kolektoriaus kaina yra maždaug $K_1= 514,65 \text{ €/vnt (1 777 Lt/vnt.)}$ [16]. Taigi reikalingos investicijos tik saulės kolektoriams $K_{s,k}$:

$$K_{s,k} = N_s \cdot K_1 = 1568 \cdot 514,65 = 806,97 \text{ (tūkst. €)} (\approx 2,79 \text{ (mln. Lt)}). \quad (4.10)$$

Norint parinkti reikalingą įrangą (tūrinius vandens šildytuvus, išsiplėtimo indus, siurblio modulį ir kt.) reikalingi duomenys apie kiekvieno pastato atskirai karšto vandens poreikį parai. Tačiau šie duomenys yra nežinomi, o iš 4.1 lentelėje pateiktų pastatų galių karštam vandeniui taip pat negalime įsivertinti šio poreikio, nes personalo teigimu šie duomenys neatitinka realios situacijos. Remiantis esama panašių projektų patirtimi, skaičiavimuose priimame, jog reikalinga įranga bei medžiagos (tūriniai vandens šildytuvai, išsiplėtimo indai, siurblio modulis, armatūra, gliukolis, vamzdynai ir kt.) bei sumontavimo darbai kainuos apie 50% saulės kolektorių kainos. Taigi, reikalingos investicijos saulės kolektorių sistemos įrengimui karštam vandeniui ruošti Kauno klinikose yra apie

$$K_{s1} = 1,21 \text{ mln.€ (~4,18 mln. Lt)}.$$

Per mėnesį esamoje dujomis kūrenamoje katilinėje nagrinėjamiems pastatams reikia pagaminti 443 MWh šilumos energijos karštam vandeniui paruošti. Saulės kolektoriai pasirinktu atveju pilnai šį poreikį patenkinta trečdali metų (gegužės - rugpjūčio mėnesiais), kitą metų dalį trūkstamas šilumos kiekis gaunamas iš esamos sistemos. Įvertinus tai, per metus reikalingas saulės kolektoriais pagaminamas šilumos kiekis $Q = 3 103 \text{ MWh/metus}$ (čia duomenys imti 4.3 lentelės).



4.18 pav. Šilumos gamybos balansas Kauno klinikose integravus į šilumos ūkį saulės kolektorių sistemą, skirtą karštam buitiniam vandeniui ruošti

Šiuo nagrinėjamu atveju šilumos gamyba vietinėje katilinėje ir ant stogų sumontuotais saulės kolektoriais pateikta 4.18 paveiksle. Iš grafiko matyti, kad vasaros metu, saulės kolektoriais yra pagaminama didžioji dalis reikalingos šilumos, o vietinėje katilinėje, naudojant gamtines dujas, gaminama beveik tik technologijai ir pastatų, kurie yra įtraukti į kultūros paveldo sąrašus, karšto vandens poreikiams tenkinti šiluminė energija.

Katilinėje per metus pagamintas šis šiluminės energijos kiekis perskaičiuojamas į suvartotų gamtinių dujų kiekį pagal lygtį:

$$B_{g.d1} = \frac{Q \cdot 3600}{\eta \cdot Q_{z} \cdot 4,19 \cdot 10^{-3}} = \frac{3103 \cdot 3600}{0,87 \cdot 8000 \cdot 4,19 \cdot 10^{-3}} = 383\,054,89 \text{ (nm}^3/\text{metus)} \quad (4.11)$$

čia: Q – katilinėje pagamintas šiluminės energijos kiekis, MWh/metus;

Q_{zem} – kuro kaloringumas, [kcal/nm³]; priimama $Q_{zem} = 8000$ kcal/nm³;

$B_{g.d.}$ – sudegintas gamtinių dujų kiekis, m³;

η – katilo naudingo veikimo koeficientas, priimama $\eta = 0,87$;

4,19 – koeficientas įvertinantis gamtinių dujų konvertavimą iš kcal/ nm³ į kJ/ nm³.

Taigi, ruošiant karštą buitinį vandenį saulės kolektoriais, Kauno klinikose kasmet gamtinių dujų būtų suvartojama 383,05 tūkst. nm³ mažiau. Atsižvelgiant į dabartinę gamtinių dujų kainą, tai sudarytu apie 179 tūkst. € per metus (~618 tūkst. Lt/metus) (čia įvertinta gamtinių dujų žaliavos kaina, galios, skirstymo ir kt. mokesčiai). Atveju, jei pagrindiniu šilumos šaltiniu taptų Kauno miesto CŠT, šių dienų šilumos kainomis, kasmet sutaupymo efektas sudarytų apie 146 tūkst. € per metus (~504 tūkst. Lt/metus).

Šilumos siurblio sistema.

Įrengiant geoterminį šildymą individualiam namui, paprastai daromi 100 m gylio gręžiniai, o visuomeninės paskirties, ypač tokiuose dideliuose kompleksuose kaip Kauno klinikose, gręžinių gylis siekia 150 ÷ 200 m. Literatūroje pateikiama [24], jog naudojant vertikalių kolektorių sistemą šiluminės energijos emisija gręžiniui sausam gruntui (imamas blogiausias atvejis) yra 30 W. 4.2.3 skyriuje priėmėme, jog racionalus Kauno klinikose instaliuoti 615 kW galios šilumos siurblių sistemą darant gręžinius. Taigi, reikalingas gręžinių skaičius N_g :

$$N_g = \frac{615\,000}{30 \cdot 200} = 102,5 \text{ (vnt.)} \approx 102 \text{ (vnt);} \quad (4.12)$$

čia priimama, jog darysime 200 m gylio gręžinius.

[25] pateikiama, jog 1 m gręžinio pilnas įrengimas (su medžiagomis ir darbais) yra apie $K_2 = 24,62$ €/m (85 Lt/m). Taigi reikalingos investicijos gręžinių sistemos įrengimui būtų $K_{gr.}$:

$$K_{gr.} = N_g \cdot 200 \cdot K_2 = 102 \cdot 200 \cdot 24,62 = 502\,248 \text{ (€)} (\approx 1,73 \text{ (mln. Lt)}). \quad (4.13)$$

100 kW šiluminės galios šilumos siurblio su jam priklausančia įranga [12] kainą priimame $K_3 = 17\,500$ € (60,4 tūkst. Lt). [26] 615 kW šiluminės galios sistemos siurbliai kainuos K_{ss} :

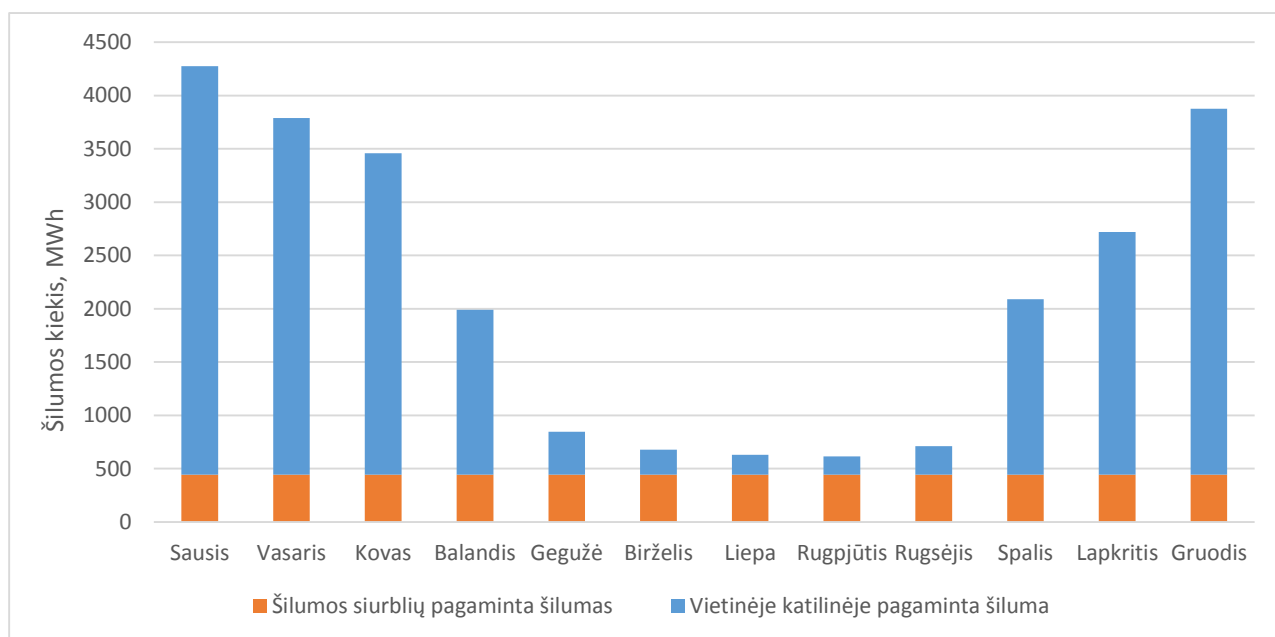
$$K_{ss} = 6,15 \cdot K_3 = 6,15 \cdot 17\,500 = 107\,625(\text{€})(\approx 371\,608 \text{ (Lt)}). \quad (4.14)$$

Remiantis esama panašių projektų patirtimi, skaičiavimuose priimame, jog reikalinga įranga bei medžiagos (šilumokaičiai, išsiplėtimo indai, siurblio modulis, armatūra ir kt.) bei sumontavimo darbai kainuos apie 30% nuo grėžinių ir šilumos siurblių sumos. Taigi, reikalingos investicijos šilumos siurblių sistemos įrengimui karštam vandeniui ruošti Kauno klinikose yra apie

$$K_{s2} = 0,793 \text{ mln.€ } (\sim 2,74 \text{ mln. Lt}).$$

Per mėnesį esamoje dujomis kūrenamoje katilinėje nagrinėjamu atveju reikia pagaminti 443 MWh šilumos energijos karštam vandeniui paruošti. Parinkat šilumos siurblių sistemos galia pilnai šį poreikį patenkinta visus metus. Per metus šilumos siurbliais galima pagaminti (nevertinant gedimų ir kitų faktorių) $Q = 5316$ MWh šiluminės energijos.

Šiuo nagrinėjamu atveju šilumos gamyba vietinėje katilinėje ir šilumos siurbliais gruntas - vanduo pateikta 4.19 paveiksle. Iš grafiko matyti, kad vasaros metu, šilumos siurbliais yra pagaminama didžioji dalis reikalingos šilumos. Be to, iš grafiko jau matyti, kad šilumos siurbliais per metus pasigaminama daugiau šilumos nei saulės kolektoriais – 100% dalis bendrame norimame gauti energijos kiekyje (norimas kiekis toks pat kaip ir saulės kolektorių sistemos atveju).



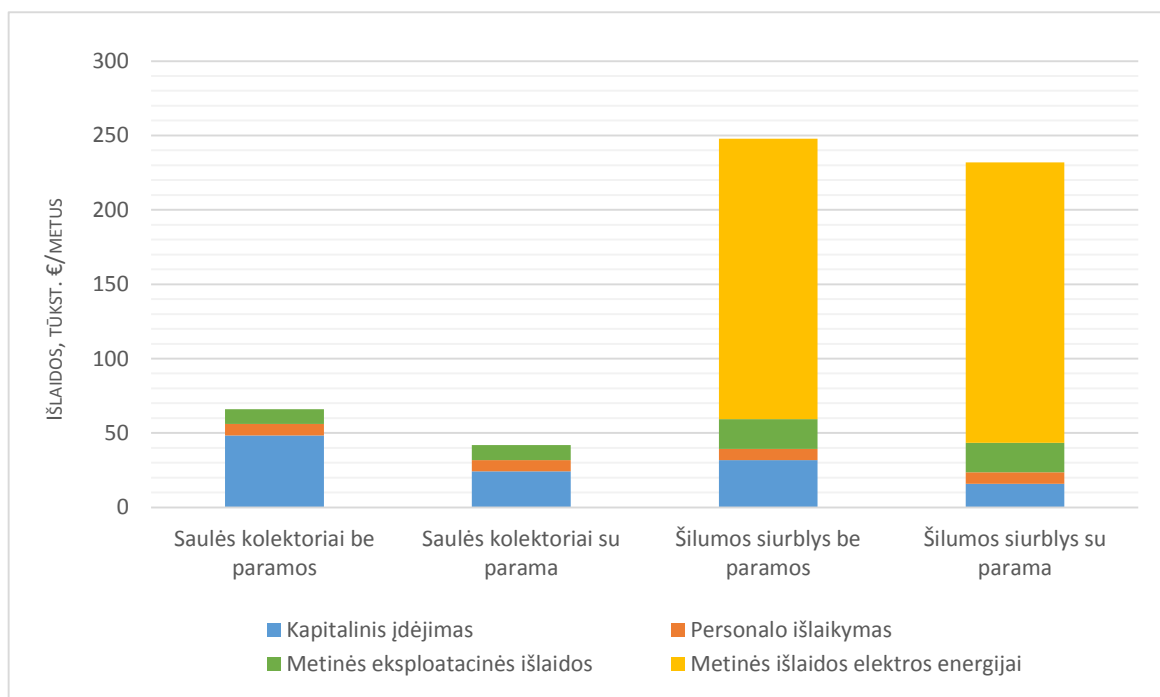
4.19 pav. Šilumos gamybos balansas Kauno klinikose integravus į šilumos ūkį šilumos siurblių sistemą, skirtą karštam buitiniam vandeniui

Pagal (4.11) lygtį apskaičiuojame, koks gausis gamtinių dujų sutaupymą $B_{g,d2}$ vietinėje katilinėje per metus naudojant šilumos siurblių sistemai 2/3 karšto vandens poreikiui tenkinti:

$$B_{g,d2} = \frac{Q \cdot 3600}{\eta \cdot Q_z \cdot 4,19 \cdot 10^{-3}} = \frac{5316 \cdot 3600}{0,87 \cdot 8000 \cdot 4,19 \cdot 10^{-3}} = 656\,242,28 \text{ (nm}^3/\text{metus)}$$

Taigi, ruošiant karštą buitinį vandenį šilumos siurbliais gruntas - vanduo, Kauno klinikose kasmet gamtinių dujų būtų suvartojama 383,05 tūkst. nm^3 mažiau. Atsižvelgiant į dabartinę gamtinių dujų kainą, tai sudarytu apie 311,3 tūkst. € per metus (~1,75 mln. Lt/metus) (čia įvertinta gamtinių dujų žaliavos kaina, galios, skirstymo ir kt. mokesčiai. Atveju, jei pagrindiniu šilumos šaltiniu taptų Kauno miesto CŠT, šių dienų šilumos kainomis, kasmet sutaupymo efektas sudarytu apie 284,4 tūkst. € per metus (~982 tūkst. Lt/metus). Tačiau, kitaip nei šilumos gamybos saulės kolektoriais atveju, šilumos siurblio sistemoje yra žymiai didesni elektros kaštai, nes kad pagaminti reikiamų parametru šilumą kompresoriuje yra atliekamas darbas – naudoja energija. Tad šilumos siurblio atveju, iš aukščiau pateiktų sutaupymų reikia eliminuoti elektros sąnaudas kompresoriuje, kurios priklauso nuo siurblio energijos transformacijos koeficientas E . Tolimesniuose skaičiavimuose tai bus įvertinta.

Skaičiavimai yra atliekami kompiuterine programine įranga „Excel“ pasidaryta skaičiuokle. Gauti rezultatai pateikiami 4.9 lentelėje (detaliau žr. priedą 7.7 ir 7.8) bei 4.20 ir 4.21 paveiksluose.



4.20 pav. Nagrinėjamų AEI variantų metinių išlaidų pasiskirstymas

Įvertinus nagrinėjamų atsinaujinančių energijos sistemų investicijų poreikį, saulės kolektorių sistemai reikia apie 1,5 karto didesnių investicijų nei šilumos siurblio įrengimui tam pačiam šilumos poreikiui tenkinti vasaros metu. Taip pat dėl kintančio saulėtų valandų skaičiaus metų bėgyje, saulės kolektorių sistemos išnaudojimo laipsnis yra mažesnis ir atitinkamai mažesnė pagaminamos energijos dalis bendrame šiluminės energijos metiniame balanse nei geoterminio šildymo atveju. Tačiau kaip matyti iš 4.20 paveiksle pateikto analizuojamų vietinių atsinaujinančių energijos išteklių sistemų metinių išlaidų palyginimo, šilumos siurblio gruntas – vanduo ($E=3,64$) sistemos eksploatavimas yra žymiai (apie 3,75÷5,5 karto) brangesnis nei tokio pat galingumo saulės kolektorių sistemos priežiūra.

4.9 lentelė. Saulės kolektorių ir šilumos siurblio sistemų energetinių resursų karštam buitiniam vandeniui ruošti palyginimas.

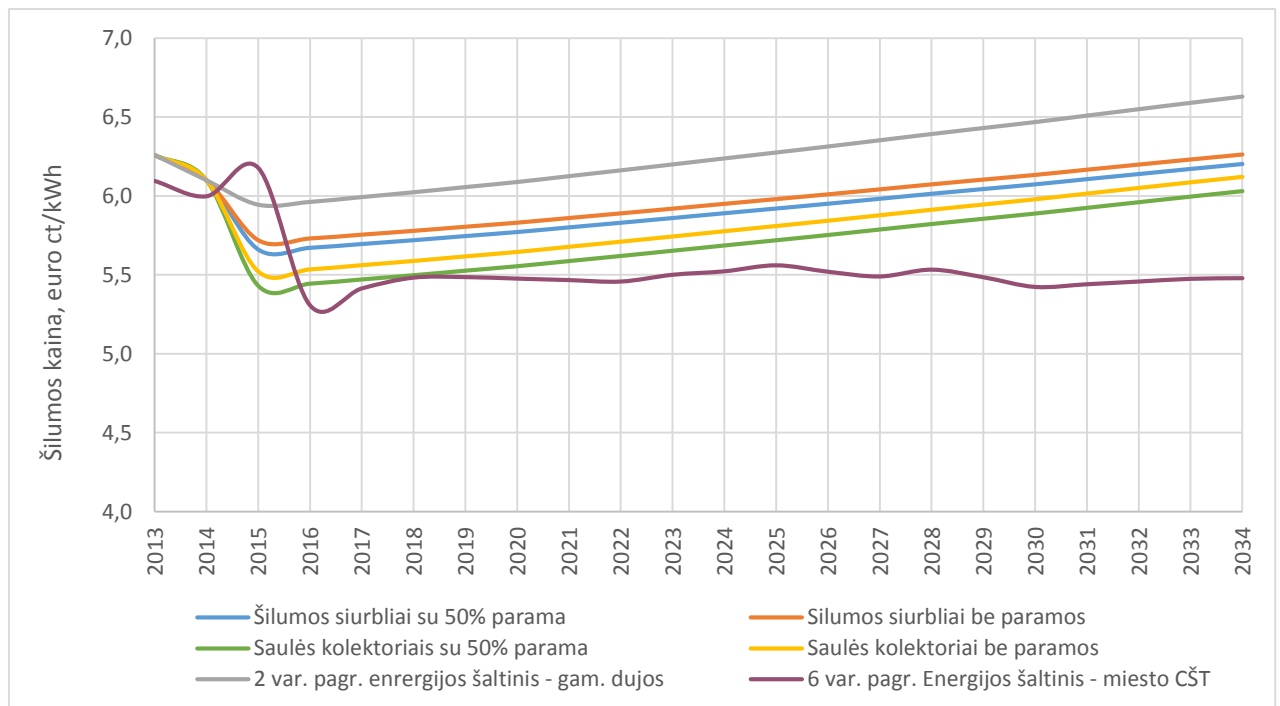
| Eil. Nr. | Rodiklis | Matavimo vienetai | Saulės kolektoriai | | Šilumos siurblys | |
|----------|---|------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|-----------|
| | | | Be paramos | Su parama | Be paramos | Su parama |
| 1. | Šiluminė galia ar naudingas paviršiaus plotas | - | 10 336 m ² | 10 336 m ² | 615 kW | 615kW |
| 2. | Sistemos naudingo veiksmo koeficientas | | 0,5 | 0,5 | E=3,64 | E=3,64 |
| 3. | Planuojamas pagaminti šilumos kiekis | MWh/metus | 3 103 | 3 103 | 5 316 | 5 316 |
| 4. | Dalis bendrame energijos balanse | % | 11,6 | 11,6 | 19,74 | 19,74 |
| 5. | Energijos šaltinio kaina* | € ct/kWh | - | - | 3,54 | 3,54 |
| 6. | Metinės išlaidos AEI šaltiniui | tūkst. €/metus | - | - | 188,41 | 188,41 |
| 7. | Gamtinių dujų katilinėje suvartojimo sumažėjimas | nm ³ /metus | 383 054 | 383 054 | 656 242 | 656 242 |
| 8. | Išlaidų sumažėjimas gamtinėms dujoms | tūkst. €/metus | 179 | 179 | 311,3 | 311,3 |
| 9. | Naujų darbuotojų etatų skaičius | etatai | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 10. | Darbuotojų atlyginimas (kartu su Sodra) | €/mėn. | 638 | 638 | 638 | 638 |
| 11. | Išlaidos atlyginimams | tūkst. €/metus | 7,65 | 7,65 | 7,65 | 7,65 |
| 12. | Suminis išlaidų pokytis (padidėjimas) šilumos ūkiui aptarnauti** | tūkst. €/metus | 10 | 10 | 20 | 20 |
| 13. | Investicijų poreikis*** | tūkst. € | 1 210 | 1 210 | 793 | 793 |
| 14. | Paramos dalis | % | - | 50 | - | 50 |
| 15. | Tarnavimo laikas | metai | 25 | 25 | 25 | 25 |
| 16. | Kapitalinis įdėjimas | tūkst. €/metus | 48,4 | 24,2 | 31,72 | 15,86 |
| 17. | Suminės išlaidos šilumos gamybai | tūkst. €/metus | 66,05 | 41,85 | 247,78 | 231,91 |
| 18. | Šilumos gamybos savikaina | €/ct/kWh | 2,13 | 1,35 | 6,58 | 4,36 |
| | | ct/kWh | 7,35 | 4,66 | 22,73 | 15,06 |
| 19. | Galutinė šilumos kaina vartotojams integravus AEI sistemą į šilumos ūkį 2017 n. | €/ct/kWh | 5,56 | 5,47 | 6,25 | 5,81 |
| | | ct/kWh | 19,20 | 18,89 | 21,58 | 20,06 |
| 20. | Sutaupymai | tūkst. €/metus | 112,5 | 137,18 | 63,52 | 79,38 |
| 22. | Paprastasis atsipirkimo laikas <i>PAL</i> | metai | 10,75 | 4,4 | 15,3 | 6,1 |
| 23. | Diskonto norma | % | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 24. | Grynoji dabartinė vertė <i>GDV</i> | tūkst. €/metus | 274,1 | 1 220,6 | -2 942,9 | -2 322,7 |
| 25. | Vidinė gražos norma <i>VGN</i> | % | 2,05 | 15,46 | -33,3 | -6,3 |

*-Skaičiavimuose naudojama 2015 m. gegužės mėn elektros kaina, kuri lygi 12,9 € ct/kWh (44,54 ct/kWh) [23]

**-Dėl investicijos išaugę išlaidos elektrai, techniniam vandeniui, darbiniam agentui, remontams ir pan.

***-priimama, kad nesubsidijuojamos investicijos daromos savo lėšomis. Akivaizdu, jog paskola iš banko dėl palūkanų padidintų investicijos sąnaudas.

Tą lemiantis faktorius yra metinės išlaidos energijai: saulės kolektorių sistemos atveju saulės energija kaip žaliava yra nieko nekainuojantis energijos šaltinis – tad nėra išlaidų kurui, o šilumos siurblio sistemos atveju norint pasiimti žemėje esančią šilumą pirmiausia reikia atlikti darbą, t.y. sistemai suteikti išorinės energijos, – taigi šiuo atveju atsiranda išlaidos sistemos funkcionavimui reikalingai elektros energijai pirkti ir žemės šiluma kaip žaliava įgauna kainą, kurią lemia sistemos energijos transformacijos koeficientas ir perkamos elektros kaina. Minėtos išlaidos ir sudaro pagrindinę dalį šilumos siurblio metinių eksploatacinių išlaidų (apie 76%). To pasekoje taip pat šilumos siurblio sistemos integravimo į Kauno klinikų šilumos ūkį atveju atsiradę sutaupymai dėl mažesnio perkamo gamtinių dujų kiekio yra akivaizdžiai mažesni nei saulės kolektorių įrengimo ant pastatų stogų atveju.



4.21 pav. Kauno klinikose naudojamos šilumos kainos kitimo dinamika integravus į šilumos ūkį atsinaujinančios energijos išteklių technologijas*

*-atliekant skaičiavimus priimta prielaida, kad metinės išlaidos elektros energijai yra pastovus dydis.

Kaip matyti iš 4.21 paveiksle pateikto grafiko, atsinaujinančių energijos išteklių technologijų pritaikymas Kauno klinikose bus lydimas galutinės vartojamos šilumos kainos sumažėjimo tiek vykdant investicijas tik savomis lėšomis, tiek gavus maksimalią paramą iš valstybinių ar privačių paramos fondų. Tą lemia dėl ATI integravimo į šilumos gamybą sumažėjęs gamtinių dujų suvartojimas - sutaupymai perkant mažesnę gamtinių dujų kiekį yra didesni nei papildomos eksploatacinės išlaidos naujoms sistemoms (įskaičiuota į jas ir kapitaliniai įdėjimai).

Iš pateiktų rezultatų matyti, jog Kauno klinikose ekonominiu požiūriu patrauklesnė yra saulės kolektorių sistemos panaudojimo karštam buitiniam vandeniui ruošti alternatyva. Šiuo atveju šilumos gamybos savikaina šia sistema, įvertinus eksploatacinės išlaidas bei kapitalinius įdėjimus, būtų

2,13 € ct/kWh (7,35 ct/kWh), kai investicija vykdoma tik savomis lėšomis, ir tik 1,35 ct/kWh (4,66 ct/kWh), kai subsidijuojama iki 50% visos investicijos vertės. Paprastasis atsipirko laikas gavus paramą, šiai sistema tebutų vos 4,4 metai, kai jos tarnavimo laikas yra 25 metai. Be to, atlikus skaičiavimus gauta, jog saulės kolektorių sistemos integravimo į Kauno klinikų šilumos ūkį projekto vidinė gražos norma yra 15,46%, t.y. daugiau nei skaičiavimuose naudota diskonto norma 5%, o tai rodo, jog šios sistemos pritaikymas gaminti šiluminę energiją Kauno klinikų miestelyje yra ekonomiškai efektyvus sprendimas. Kitais nagrinėtais atvejais, vidinė gražos norma gaunama mažesnė nei 5%, o tai rodo, kad tie projektai nėra ekonomiškai patrauklūs, nors ir mažina galutinę šilumos kainą vartotojams.

Saulės kolektorių sistemos integravimas į Kauno klinikų šilumos ūkį yra patrauklesnis sprendimas ir techniniu požiūriu. Visų pirma, šiuo atveju yra lengvesnis sistemos sumontavimas: saulės kolektoriai įrengiami ant pastatų stogų, o šilumos siurblio gruntas – vanduo atveju yra daromi gilūs gręžiniai, reikalinga speciali įranga bei daug sunkiau tinkamai sumontuoti visus sistemos elementus. Taip pat, saulės kolektorių yra lengvesnė priežiūra, prie jų lengva prieiti ir paprasta aptarnauti, o šilumos siurblio atveju visai tai yra sunkiau padaryti, nes didžioji sistemos dalis yra po žeme. Žinoma, pasirinkus šį variantą, Kauno klinikų miestelio aplinka pasikeistų, nes saulės kolektoriai, įrengti ant pastatų stogų, būtų visiems matomi.

4.21 paveiksle taip pat pateiktas analizuotų AEI investicijų variantų palyginimas su 3.3 skyrelyje nagrinėtu 6 var., kai pagrindiniu šilumos šaltiniu Kauno klinikose yra šiluminė energija iš Kauno miesto CŠT tinklo, o vietinėje katilinėje generuojama energija naudoja tik garui ruošti. Iš grafiko matyti, kad šiuo atveju galutinė vartojamos šilumos kaina yra žemesnė nei AEI integravimo į sistemą variantais. Tą lemia susiklosčiusi šilumos gamintojų rinka Kauno mieste bei tai, kad šiuo atveju nėra reikalingos pradinės didelės investicijos sistemos pertvarkymui kaip AEI panaudojimo atvejais.

Apibendrinant šio skyriaus darbo rezultatus, akivaizdu, jog AEI panaudojimo galimybė Kauno klinikų miestelyje karštam buitiniam vandeniui ruošti yra patrauklus šilumos ūkio modernizavimo sprendimas tiek ekonominiu, tiek techniniu aspektais. Taip pat, šių sistemų įdiegimas yra naudingas ir ekologiniu požiūriu – sumažės sudeginamo iškastinio kuro (gamtinių dujų) kiekiai, o kartu ir vietinėje katilinėje generuojami degimo produktų kiekiai. Tačiau norint, jog šios sistemos dirbtų efektyviai bei ekonomiškai, būtina labai gerai įvertinti visus rodiklius ir galimas rizikas, nes AEI technologijos yra vis dar brangios. Taigi neteisingas AEI sistemos parinkimas ar kiti faktoriai gali iššaukti priešingą nei norimas efektas – šiluminės energijos kainos išaugimą.

5. IŠVADOS

Išnagrinėjus turimus duomenis ir atlikus skaičiavimus, daromos tokios išvados:

1. Dėl vykdomų energijos taupymo priemonių dabartinė Kauno klinikų šiluminė galia yra žymiai mažesnė už projektinę, t.y. nustatyta, jog reali vietinės katilinės šiluminė galia yra apie 11 MW – tai maždaug 33% mažiau už projektinę vertę.
2. Šilumos tiekimo tinklai pasižymi vamzdynų įvairove ir gausa, o tai iššaukia papildomus šilumos nuostolius bei yra sudėtingesnis jų eksploatavimas.
3. Vietinėje katilinėje šiuo metu eksploatuojami katilai (bendra galia 7 MW) nesugeba patenkinti šilumos vartotojų poreikių pačiomis šalčiausiomis dienomis. Be to, jų eksploatavimo laikas yra beveik pasibaigęs.
4. Atlikta esamų šilumos šaltinių analizė parodė, jog yra numatomas vietinėje kalinėje naudojamo kuro – gamtinių dujų – kainų augimas, o tuo tarpu Kauno miesto CŠT tiekėjo parduodamos šilumos kaina turėtų sumažėti lyginat su dabartine ir laikytis apie $4,6 \pm 0,5$ € ct/kWh ($16,5 \pm 0,5$ ct/kWh). Išanalizavus įvairius šiluminės energijos gamybos iš dabar naudojamų gamtinių dujų ir importuojamos šilumos iš miesto CŠT tinklo atvejus keičiant jų dalį bendrame vartojamos šilumos balanse, gauta, jog racionalus sprendimas būtų didžiąją dalį šiluminės energijos pirkti iš miesto tinklo, o savoje katilinėje pagaminta šiluma tenkinti tik garo poreikį. Šiuo atveju galutinė vartojamos šilumos kaina Kauno klinikose būtų $5,35 \pm 0,5$ € ct/kWh ($18,5 \pm 0,5$ ct/kWh), t.y. apie 0,87 € ct/kWh (3 ct/kWh) mažiau nei toliau pagrindiniu energijos šaltiniu liekant gamtinėms dujoms.
5. Atlikta techninė-ekonominė vietinių AEI įvertinimo analizė parodė, jog AEI panaudojimas karštam buitiniam vandeniui ruošti Kauno klinikų miestelyje, yra patrauklus šilumos ūkio modernizacijos sprendimas: tiek saulės kolektorių, tiek šilumos siurblio gruntas – vanduo sistemų integravimo į esamą sistemą atvejais yra juntamas galutinės vartojamos šilumos kainos sumažėjimas.
6. Atlikta AEI sistemų analizė parodė, kad patraukliausias sprendimas būtų ant pastatų stogų sumontuoti saulės kolektorius karštam vandeniui ruošti. Įvertinus naudingą pastatų plotą, per metus saulės kolektoriais būtų galima pasigaminti 3 103 MWh šiluminės energijos, tai padengtų apie 49,8% karšto vandens poreikio nešildymo sezono metu ir apie 28,9 % karšto vandens poreikio per metus. Šiuo atveju šilumos gamybos savikaina šia sistema, įvertinus eksploatacinės išlaidas bei kapitalinius įdėjimus, būtų 2,13 € ct/kWh (7,35 ct/kWh), kai investicija vykdoma tik savomis lėšomis, ir tik 1,35 ct/kWh (4,66 ct/kWh), kai subsidijuojama iki 50% visos investicijos vertės. Paprastasis atsipirko laikas gavus paramą, šiai sistema tebutų vos 4,4 metai, kai jos tarnavimo laikas yra 25 metai. Be to, atlikus skaičiavimus gauta, jog saulės kolektorių sistemos integravimo į Kauno klinikų šilumos ūkį projekto vidinė grąžos norma yra 15,46%, t.y. daugiau

nei skaičiavimuose naudota diskonto norma 5%, o tai rodo, jog šios sistemos pritaikymas gaminti šiluminę energiją Kauno klinikų miestelyje yra ekonomiškai efektyvus sprendimas. Kitais nagrinėtais atvejais, vidinė grąžos norma gaunama mažesnė nei 5%, o tai rodo, kad tie projektai nėra ekonomiškai patrauklūs, nors ir mažina galutinę šilumos kainą vartotojams.

7. Atlikus esamų šilumos šaltinių ir nagrinėtų vietinių AEI sistemų palyginimą gavome, kad žemiausia šilumos kaina Kauno klinikose būtų tuo atveju, kai pagrindiniu šilumos šaltiniu yra importuoja šiluma iš Kauno miesto CŠT tinklo, o vietinėje katilinėje generuojama energija naudoja tik garui ruošti. Tą lemia susiklosčiusi, rinkos konkurencijos dėsnio veikianti, šilumos gamintojų rinka Kauno mieste bei tai, kad šiuo atveju nėra reikalingos pradinės didelės investicijos sistemos pertvarkymui kaip AEI panaudojimo atvejais.
8. Siekiant mažiausiai pastangų reikalaujančio ir greičiausio galutinę vartojamos šilumos kainą mažinančio efekto, Kauno klinikose racionalu būtų pagrindinį šilumos kiekį pirkti iš miesto CŠT tinklo, o vietinėje katilinėje gamintis tik garą reikalingą technologijai. Tačiau siekiant nepriklausomumo, šilumos kainos stabilumo bei pačio šilumos ūkio atnaujinimo, tikslingas ir ekonomiškai patrauklus sprendimas yra ant Kauno klinikų miestelyje esančių pastatų stogų įrengti saulės kolektorius karštam buitiniam vandeniui ruošti.

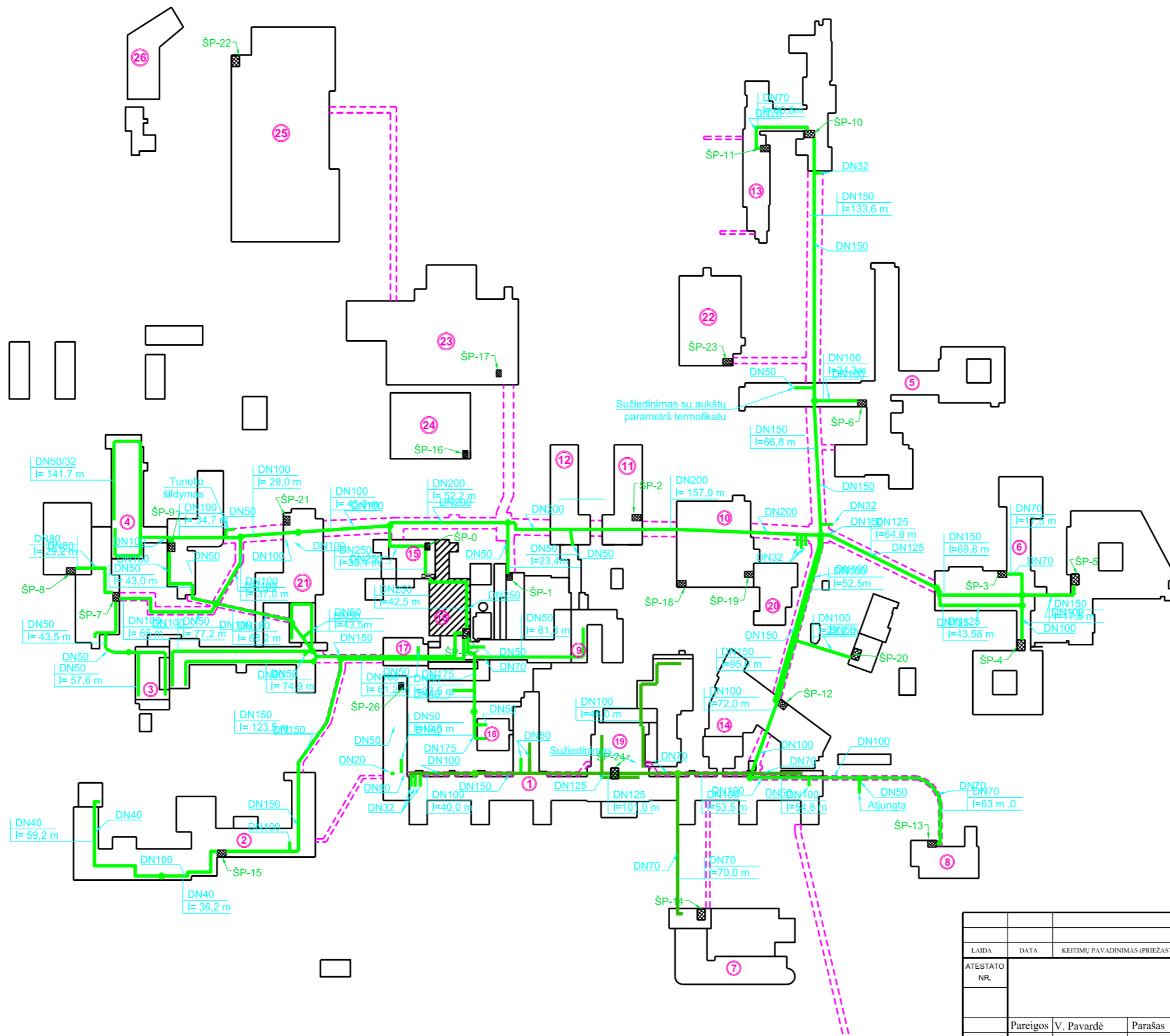
6. LITERATŪRA

1. G. Gimbutis, K. Kajutis, A. Pranckūnas, P. Švenčianas. Šiluminė technika. Vadovėlis. 1993, Vilnius: Mokslas.
2. Statybinė klimatologija RNS 156 –94. Respublikinės statybos normos, patvirtintos Lietuvos Respublikos statybos ir urbanistikos ministerijos 1994 m. kovo 18 d. įsakymu Nr. 76 (Žin., 1994, Nr. 24-394), keitimas 2002 m. rugsėji 23 d. įsakymu Nr. 488 (Žin., 2002, Nr. 96 – 4230).
3. Valstybinė kainų ir energetikos kontrolė komisija. Vidutinė šalies kuro (žaliavos) kaina. Prieiga per internetą: <<http://www.regula.lt/siluma/Puslapiai/kuro-ir-perkamos-silumos-kainos/vidutine-salies-kuro-zaliavos-kaina.aspx>> [žiūrėta 2015.04.09].
4. A. Galinis, V. Miškinis, I. Konstantinavičiūtė, kt. Nacionalinės energetikos strategijos projektas 2014. Studija. 2014. Kaunas: LEI.
5. A. Galinis. Didelio naudingumo termofikacijos plėtros ir centralizuotai tiekiamos šilumos galimybių vertinimas ir pasiūlymai nacionalinei šilumos ūkio plėtros 2014 – 2020 metų programai. Galutinė ataskaita. Kaunas: LEI.
6. Suskystintų dujų terminalo įtaka dujų sektoriuje Lietuvoje. Straipsnis. Prieiga per internetą: <http://www.etiekimas.lt/bundles/cms/upload-files/dujos/Duju_rinka_Lietuvoje_-_A4.pdf> [žiūrėta 2014.12.01].
7. J. Augutis, D. Barysa, K. Buinevičius, R. Gatautis, kt. Kauno miesto centralizuoto aprūpinimo šiluma strategija. 2012. Kaunas: VĮ „Projektų vadybos centras“.
8. Valstybinė kainų ir energetikos kontrolė komisija. Šilumos kainos sandara. Prieiga per internetą: <<http://www.regula.lt/siluma/Puslapiai/silumos-kainu-statistika/silumos-kainos-sandara.aspx>>. [žiūrėta 2015.06.25].
9. 2009 m. balandžio 23 d. Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 2009/28/EB dėl skatinimo naudoti atsinaujinančių išteklių energiją, iš dalies keičianti bei vėliau panaikinanti direktyvas 2001/77/EB ir 2003/30/EB.
10. Nacionalinė energetikos strategija, 2007, patvirtinta Lietuvos Respublikos seimo, 2007 m. sausio 18 d. rezoliuota Nr. IX – 1046, Vilnius.
11. Nacionalinis atsinaujinančių išteklių energijos veiksnių planas, Lietuva, 2010. Prieiga per internetą: <http://www.ena.lt/pdfai/Veiksmu_planas.pdf> [žiūrėta 2015.04.09].
12. J. Gudzinskas, M. Jakubčionis. KMUK energetinio ūkio modernizavimo galimybių analizė. Ataskaita. 2006. Kaunas: KTU.
13. Saulės energijos panaudojimas centralizuoto šildymo sistemose. Prieiga per internetą: <<http://www.solar-district-heating.eu/SDH.aspx>> [žiūrėta 2015.01.15].
14. Saulės kolektoriai ir sistemos. Prieiga per internetą: <<http://solar.laroma.lt/>> [žiūrėta 2015.03.09].

15. Plokštieji saulės kolektoriai. Prieiga per internetą: <<http://www.glassprosolar.lt/sunny-line>> [žiūrėta 2015.03.12].
16. Tisun. Saulės kolektorinės sistemos elementų katalogas. Prieiga per internetą: <http://www.sunheat.ee/file-upload/Tisun_kataloog_2010.pdf> [žiūrėta 2015.03.12].
17. A. Balčius. Kriogeninių procesų inžinerija. Paskaitų konspektas. 2013. Kaunas: KTU.
18. T. A. Aleksandravičius, A. Klementavičius, M. Krakauskas. Šilumos siurblių panaudojimo galimybės Lietuvoje. Knyga. 1996. Vilnius: Voruta.
19. Aeroterminiai šilumos siurbliai. Jų veikimo principas. Prieiga per internetą: <<http://www.eko2siluma.lt/lt/7-pagalba/10-veikimo-principas>> [žiūrėta 2015.03.25].
20. Geoterminės šildymo sistemos įrengimas. Prieiga per internetą: <http://lt.lt.allconstructions.com/portal/categories/372/1/0/1/article/9047/geoterminio-sildymo-sistemos-irengimas> [žiūrėta 2015.05.02].
21. Šilumos vartojimas pastatuose Kauno mieste 2014 – 2011 metais. Archyvas. Prieiga per internetą: <<http://www.kaunoenergija.lt/Fiziniamsasmenims/%C5%A0ilumosvartojimopastatuosepalyginimas/Archyvas/tabid/162/Default.aspx>> [žiūrėta 2015.04.12].
22. Programinė įranga „CoolPack“ (versija 1.5).
23. Visuomeninės elektros energijos kainos eurais 2015. Lesto. Prieiga per internetą: <http://www.lesto.lt/lt/privatiems/elektros-energijos-kainos-ir-tarifu-planai/elektros-energijos-kainos-eurais-2015.html> [žiūrėta 2015.05.10].
24. V. Šuksteris, R. Kiveris, D. Barysa, R. Jonynas. Požeminės šiluminės energijos panaudojimo pastatų šildymui ir vėsinimui šalyje galimybių įvertinimas ir rekomendacijų dėl šios energijos panaudojimo minėtiems tikslams parengimas. Studijos ataskaita. 2007. Kaunas: UAB „AFTERMA“. Prieiga per internetą: <http://www.ena.lt/Ataskaitos/Geoterm_energ.pdf> [žiūrėta 2015.05.18].
25. Telefonu konsultavausi dėl gruntas-vanduo šilumos siurblio sistemos montavimo, šios sistemos įrengimo kaštų su šias paslaugas teikiančia įmone.
26. Šilumos siurbliai gruntas – vanduo. Didelės galios šilumos siurblių charakteristikos ir kainos. Prieiga per internetą: <<http://www.sveo.lt/lt/sveo-maxi>> [žiūrėta 2015.05.19].
27. V. Martinaitis, A. Rogoža, K. Čiuprinskas. Pastatų energetinio vartojimo auditas. Mokomoji knyga 2010. Vilnius: Technika.

7. PRIEDAI

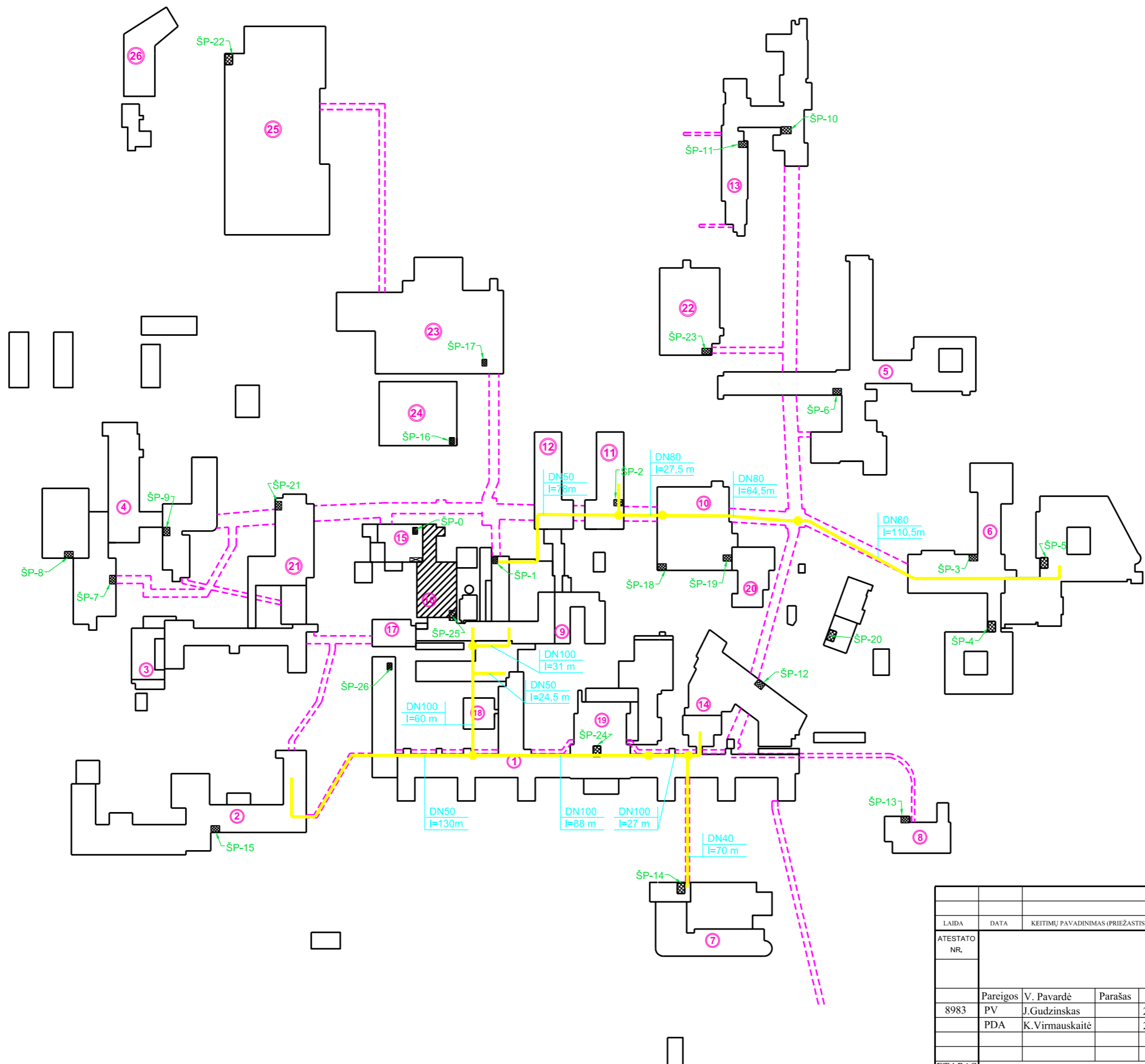
| PASTATŲ KOMPLEKSO EKSPLIKACIJA | |
|--------------------------------|-----------------------------------|
| 1 | LIGONINĖS CENTRINIS KORPUSAS |
| 2 | AKUŠERIJOS-GINEKOLOGIJOS KORPUSAS |
| 3 | VAIKŲ LIGŲ KORPUSAS |
| 4 | NEUROCHIRURGIJOS KORPUSAS |
| 5 | AKIŲ LIGONINĖS KORPUSAS |
| 6 | KARDIOLOGINIS KORPUSAS |
| 7 | POLIKLINIKOS KORPUSAS |
| 8 | PATALGINĖS ANATOMIJOS KORPUSAS |
| 9 | TECHNINIS KORPUSAS |
| 10 | VALGYKLOS-PARDUOTUVĖS KORPUSAS |
| 11 | GARAŽAI |
| 12 | SANDĖLIS |
| 13 | ENDOKRINOLOGINIS KORPUSAS |
| 14 | OPERACINIS-REINMACINIS PRIESTATAS |
| 15 | BOILERINĖ-KOMPRESORINĖ |
| 16 | KATILINĖ |
| 17 | ARCHYVAS |
| 18 | VAISTINĖ |
| 19 | RENTGENAS-BETATRONAS |
| 20 | MAISTO PRODUKTŲ PARDUOTUVĖ |
| 21 | VAIKŲ LIGŲ KORPUSO PRIESTATAS |
| 22 | RADIALOGINĖS DIAGNOSTIKOS CENTRAS |
| 23 | SKUBIOS PAGALBOS KORPUSAS |
| 24 | LABORATORINIS KORPUSAS |
| 25 | ŪKIO PASTATAS |
| 26 | GARAŽAI |



| LAIDA | DATA | KEITIMŲ PAVADINIMAS (PRIEŽASTIS) |
|--------------|----------------|---|
| ATESTATO NR. | PROJEKTAS | |
| | STATYBOS | |
| | Pareigos | V. Pavardė |
| 8983 | PV | J. Gudzinskas |
| | PDA | K. Virmauskaitė |
| | Parašas | Data |
| | | 2014-09 |
| | | 2014-09 |
| ETAPAS | STATYTOJAS | BRĖŽINIO ŽYMŪS |
| | KAUNO KLINIKOS | 7.1 PRIEDAS. Žemų parametrų termofikacinio vandens vamzdynų schema. |
| | | LAPAS LAPŲ |
| | | 1 1 |

| | | | |
|----------------|---------|---------|------|
| Projekto dalis | Pavardė | Parašas | Data |
| | | | |

| PASTATŲ KOMPLEKSO EKSPLIKACIJA | |
|--------------------------------|-----------------------------------|
| 1 | LIGONINĖS CENTRINIS KORPUSAS |
| 2 | AKUŠERIJOS-GINEKOLOGIJOS KORPUSAS |
| 3 | VAIKŲ LIGŲ KORPUSAS |
| 4 | NEUROCHIRURGIJOS KORPUSAS |
| 5 | AKIŲ LIGONINĖS KORPUSAS |
| 6 | KARDIOLOGINIS KORPUSAS |
| 7 | POLIKLINIKOS KORPUSAS |
| 8 | PATALOGINĖS ANATOMIJOS KORPUSAS |
| 9 | TECHNINIS KORPUSAS |
| 10 | VALGYKLOS-PARDUOTUVĖS KORPUSAS |
| 11 | GARAŽAI |
| 12 | SANDĖLIS |
| 13 | ENDOKRINOLOGINIS KORPUSAS |
| 14 | OPERACINIS-RENIMACINIS PRIESTATAS |
| 15 | BOILERINĖ-KOMPRESORINĖ |
| 16 | KATILINĖ |
| 17 | ARCHYVAS |
| 18 | VAISTINĖ |
| 19 | RENTGENAS-BETATRONAS |
| 20 | MAISTO PRODUKTŲ PARDUOTUVĖ |
| 21 | VAIKŲ LIGŲ KORPUSO PRIESTATAS |
| 22 | RADIALOGINĖS DIAGNOSTIKOS CENTRAS |
| 23 | SKUBIOS PAGALBOS KORPUSAS |
| 24 | LABORATORINIS KORPUSAS |
| 25 | ŪKIO PASTATAS |
| 26 | GARAŽAI |



| LAIDA | DATA | KEITIMŲ PAVADINIMAS (PRIEŽASTIS) | PROJEKTAS | |
|--------------|----------------|------------------------------------|-----------|------------------------------|
| | | | STATINYS | |
| ATESTATO NR. | | | BRĖŽINYS | |
| 8983 | PV | J.Gudzinskas | 2014-09 | Technologinis garas. M1:1500 |
| | PDA | K.Virmauskaitė | 2014-09 | |
| ETAPAS | STATYTOJAS | BRĖŽINIO ŽYMUO | | LAPAS |
| | KAUNO KLINIKOS | 7.1 PRIEDAS. Garo vamzdynų schema. | | LAPŲ |
| | | | | 1 |
| | | | | 1 |

| Projekto dalis | Pavardė | Parašas | Data |
|----------------|---------|---------|------|
| | | | |

7.4 PRIEDAS. Rekomendacijos Kauno klinikų katilinės darbui gerinti.

| Eil. Nr. | Siūlomos priemonės | Reikalingos investicijos, tūkst. Lt | Efektas | Pastaba |
|----------|--|-------------------------------------|--|----------------------------|
| 1. | 5 MW garo katilo įrengimas. | 1500 | Būtų rezervinis katilas esamam garo katilui. Padidėtų instaliuota katilinės galia nuo 12 MW iki 17 MW. Padidėja šilumos ir garo tiekimo patikimumas. | Būtina investicija |
| 2. | Reikiamo kiekio išsiplėtimo indų įdiegimas. | 95 | Katilinė galės didinti galingumą nedidėjant slėgiui sistemoje ir negežtant katilui. Personalui nereikės iš sistemos nuleidinėti vandens didinat sistemos vandens temperatūrą, taigi mažės vandens praradimai. | Būtina investicija |
| 3. | Pakeitimas tinklo siurblių iš H=40m.v.s. į H=60 m.v.s. ir katilo recirkuliacinio siurblio iš H=20m.v.s. į H=9 m.v.s. įrengiant dažnio keitiklius. | 85 | VŠK tinklo bei recirkuliacinis siurbliai netinkamai parinkti. Jo normaliam darbui užtikrinti reikalingos šios investicijos. | Būtina investicija |
| 4. | Dispečerinės katilinei bei visam šilumos ūkiui įrengimas. | 200 | Katilinės bei šilumos punktų parametrų dokumentavimas, greitas gedimų nustatymas, greitas avarijų lokalizavimas. Leistų sumažinti aptarnaujančio personalo skaičių | Būtina investicija |
| 5. | Garo katilo vandens ruošimui, o taip pat ir termofikacinio vandens ruošimui įrengti modernišką vandens ruošimo sistemą - atbulinės ostmosės stotelę. | 150 | Pagerėja vandens kokybė, sumažėja vamzdynų korozija, ilgėja įrengimų darbo laikas. | Rekomenduojama investicija |
| 6. | Kolektoriaus modernizavimas CŠP pritaikant darbui dalies pastatų šilumos tiekimui iš miesto šilumos tinklų. | 150 | Kol neįrengtas naujas garo katilas, tai leistų pikinius šilumos poreikius tenkinti iš miesto šilumos tinklų. Ypač aktualu tuo atveju, kai šilumos gamyba nuosavoje katilinėje yra pigesnė už CST šilumą. Padidėtų šilumos tiekimo patikimumas. | Būtina investicija |
| 7. | 5 MW kombinuoto gamtinės dujos/ skystas kuras degiklio įrengimas | 40 | Siekiant pagerinti garo tiekimo patikimumą, reikia garo katile įrengti kombinuotą degiklį dujos/dyzelinis kuras numatant galimybę prijungti skysto kuro autocisterną | Rekomenduojama investicija |
| 8. | Įrengti parą laiko garo poreikį tenkinantį dyzelino (krosnių kuro) talpą Tam tiktų apie 2 m ³ talpa. | 20 | Ekstremaliu atveju tai leistų iki dviejų parų tiekti garą technologijai iš katilinės, nutrūkus gamtinių dujų tiekimui katilinę. | Rekomenduojama investicija |
| 9. | Karšto vandens akumuliacinės talpos įrengimas (5 m ³) | 50 | Padidėtų karšto buitinio vandens tiekimo patikimumas, sumažėtų katilinės darbo galingumo svyravimai | Rekomenduojama investicija |
| 10. | Katilinės pastato remontas | 250 | | Būtina investicija |

7.5 PRIEDAS. Esamų šilumos energijos šaltinių analizė. 2 var. skaičiavimo rezultatai.

-j geltonai pažymėtus langelius įvesti reikšmę

2 variantas: Pagrindinis kuras - gamtinės dujos. Gamtinių dujų kaina - nuosaikus kainų augimo scenarijus; Kauno CŠT šilumos kaina kaina - nuosaikusbiokuro kainų augimo scenarijus

| | | | | |
|--------------------------------------|------|----------|-------|--------|
| Gamtinių dujų žemutinis kaloringumas | 8000 | kcal/nm3 | 33488 | kJ/nm3 |
| Katilinės NK | 87 | % | | |

| Rodiklis | Matavimo vienetai | Metai | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------|-------------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2018 | 2020 | 2022 | 2024 | 2026 | 2028 | 2030 | 2032 | 2033 | 2034 |
| Šilumos šaltinio tiekiamos energijos dalis bendrame balanse | | | | | | | | | | | | | | | |
| Šilumos gamyba nuosavoje katilinėje | % | 98,5 | 98,5 | 98,5 | 98,5 | 98,5 | 98,5 | 98,5 | 98,5 | 98,5 | 98,5 | 98,5 | 98,5 | 98,5 | 98,5 |
| Perkamos šilumos kiekis iš Kauno miesto CŠT | % | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| Šiluminės energijos balansas | | | | | | | | | | | | | | | |
| Suvarotos šilumos kiekis per metus | GWh/metus | 26,750 | 26,750 | 26,750 | 26,750 | 26,750 | 26,750 | 26,750 | 26,750 | 26,750 | 26,750 | 26,750 | 26,750 | 26,750 | 26,750 |
| Šilumos kiekis pagamintas vietinėje katilinėje | GWh/metus | 26,349 | 26,349 | 26,349 | 26,349 | 26,349 | 26,349 | 26,349 | 26,349 | 26,349 | 26,349 | 26,349 | 26,349 | 26,349 | 26,349 |
| Perkamas šilumos kiekis iš Kauno miesto CŠT | GWh/metus | 0,401 | 0,401 | 0,401 | 0,401 | 0,401 | 0,401 | 0,401 | 0,401 | 0,401 | 0,401 | 0,401 | 0,401 | 0,401 | 0,401 |
| Šiluma iš Kauno miesto CŠT | | | | | | | | | | | | | | | |
| Perkamos šilumos kaina | ct/kWh | 20,41 | 20,1 | 20,85 | 17,5 | 16,8 | 16,9 | 16,75 | 16,95 | 16,8 | 17 | 16,5 | 16,8 | 16,85 | 16,7 |
| Perkamos šilumos kaina | euro ct/kWh | 5,911 | 5,821 | 6,039 | 5,068 | 4,866 | 4,895 | 4,851 | 4,909 | 4,866 | 4,924 | 4,779 | 4,866 | 4,880 | 4,837 |
| Išlaidos perkamai šilumai | Lt/metus | 81895,13 | 80651,25 | 83660,63 | 70218,75 | 67410,00 | 67811,25 | 67209,38 | 68011,88 | 67410,00 | 68212,50 | 66206,25 | 67410,00 | 67610,63 | 67008,75 |
| Išlaidos perkamai šilumai | euro/metus | 23718,47 | 23358,22 | 24229,79 | 20336,76 | 19523,29 | 19639,50 | 19465,18 | 19697,60 | 19523,29 | 19755,71 | 19174,66 | 19523,29 | 19581,39 | 19407,08 |
| Šilumos gamyba nuosavoje katilinėje | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gamtinių dujų pardavimo kaina | Lt/1000 nm3 | 1325,6 | 1280,8 | 1236 | 1245,12 | 1263,36 | 1281,6 | 1302,72 | 1323,84 | 1345,44 | 1367,52 | 1389,6 | 1412,32 | 1423,68 | 1435,04 |
| Gamtinių dujų kaina | Lt/tne | 1657 | 1601 | 1545 | 1556,4 | 1579,2 | 1602 | 1628,4 | 1654,8 | 1681,8 | 1709,4 | 1737 | 1765,4 | 1779,6 | 1793,8 |
| Gamtinių dujų perdavimo+skirstymo kaina | Lt/metus | 645000 | 645000 | 645000 | 645000 | 645000 | 645000 | 645000 | 645000 | 645000 | 645000 | 645000 | 645000 | 645000 | 645000 |
| Metinis mokestis už vartojimo galią | Lt/metus | 160000 | 160000 | 160000 | 160000 | 160000 | 160000 | 160000 | 160000 | 160000 | 160000 | 160000 | 160000 | 160000 | 160000 |
| SGDT lėšos | Lt/metus | 138500 | 138500 | 138500 | 138500 | 138500 | 138500 | 138500 | 138500 | 138500 | 138500 | 138500 | 138500 | 138500 | 138500 |
| Sunaudotas gamtinių dujų kiekis | nm3 | 3255772,526 | 3255772,53 | 3255773 | 3255773 | 3255773 | 3255773 | 3255773 | 3255773 | 3255773 | 3255773 | 3255773 | 3255773 | 3255773 | 3255773 |
| Išlaidos gamtinėms dujoms | Lt/metus | 5259352,06 | 5113493,45 | 4967635 | 4997327 | 5056713 | 5116098 | 5184860 | 5253622 | 5323947 | 5395834 | 5467722 | 5541693 | 5578678 | 5615664 |
| Išlaidos gamtinėms dujoms | euro/metus | 1523213,641 | 1480970,07 | 1438726 | 1447326 | 1464525 | 1481724 | 1501639 | 1521554 | 1541922 | 1562742 | 1583562 | 1604985 | 1615697 | 1626409 |
| Šilumos savikaina savoje katilinėje, įvertinant tik kurą | ct/kWh | 19,96 | 19,41 | 18,85 | 18,97 | 19,19 | 19,42 | 19,68 | 19,94 | 20,21 | 20,48 | 20,75 | 21,03 | 21,17 | 21,31 |
| Darbuotojų etatų skaičius | etatai | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Darbuotojų atlyginimas (kartu su SODRA) | Lt/mėn. | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 |
| Išlaidos atlyginimams | Lt/metus | 132000 | 132000 | 132000 | 132000 | 132000 | 132000 | 132000 | 132000 | 132000 | 132000 | 132000 | 132000 | 132000 | 132000 |
| Išlaidos elektrai, vandeniui, remontams ir kt. | Lt/metus | 300000 | 300000 | 300000 | 300000 | 300000 | 300000 | 300000 | 300000 | 300000 | 300000 | 300000 | 300000 | 300000 | 300000 |
| Suminės išlaidos šilumos gamybai katilinėje | Lt/metus | 5691352 | 5545493 | 5399635 | 5429327 | 5488713 | 5548098 | 5616860 | 5685622 | 5755947 | 5827834 | 5899722 | 5973693 | 6010678 | 6047664 |
| Šilumos savikaina savoje katilinėje | ct/kWh | 21,60 | 21,05 | 20,49 | 20,61 | 20,83 | 21,06 | 21,32 | 21,58 | 21,85 | 22,12 | 22,39 | 22,67 | 22,81 | 22,95 |
| Šilumos savikaina savoje katilinėje | ct/kWh | 6,26 | 6,10 | 5,94 | 5,97 | 6,03 | 6,10 | 6,17 | 6,25 | 6,33 | 6,41 | 6,48 | 6,57 | 6,61 | 6,65 |
| Galutiniai rodikliai | | | | | | | | | | | | | | | |
| Išlaidos sistemos eksploatavimui (tinklų papildymas, tinklo siurbiai, remontai ir pan.) | Lt/metus | 7500 | 7500 | 7500 | 7500 | 7500 | 7500 | 7500 | 7500 | 7500 | 7500 | 7500 | 7500 | 7500 | 7500 |
| Suminės išlaidos | Lt/metus | 5780747 | 5633645 | 5490795 | 5507046 | 5563623 | 5623409 | 5691569 | 5761134 | 5830857 | 5903547 | 5973428 | 6048603 | 6085789 | 6122173 |
| Suminės išlaidos | euro/metus | 1674220 | 1631616 | 1590244 | 1594951 | 1611337 | 1628652 | 1648392 | 1668540 | 1688733 | 1709785 | 1730024 | 1751796 | 1762566 | 1773104 |
| Šiluminės energijos kaina | ct/kWh | 21,61 | 21,06 | 20,53 | 20,59 | 20,80 | 21,02 | 21,28 | 21,54 | 21,80 | 22,07 | 22,33 | 22,61 | 22,75 | 22,89 |
| Šiluminės energijos kaina | euro ct/kWh | 6,26 | 6,10 | 5,94 | 5,96 | 6,02 | 6,09 | 6,16 | 6,24 | 6,31 | 6,39 | 6,47 | 6,55 | 6,59 | 6,63 |

7.6 PRIEDAS. Esamų šilumos energijos šaltinių analizė. 6 var. skaičiavimo rezultatai.

-į geltonai pažymėtus langelius įvesti reikšmę

6 variantas: Pagrindinis kuras - importuojama šiluma iš Kauno miesto CŠT tinkų. Gamtinių dujų kaina - nuosaikus kainų augimo scenarijus; Kauno CŠT šilumos kaina - aukšto biokuro kainų scenarijus.

| | | | | |
|--------------------------------------|------|----------|-------|--------|
| Gamtinių dujų žemutinis kaloringumas | 8000 | kcal/nm3 | 33488 | kJ/nm3 |
| Katilinės NK | 87 | % | | |

| Rodiklis | Matavimo vienetai | Metai | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2018 | 2019 | 2021 | 2023 | 2025 | 2027 | 2029 | 2031 | 2033 | 2034 |
| Šilumos šaltinio tiekiamos energijos dalis bendrame balanse | | | | | | | | | | | | | | | |
| Šilumos gamyba nuosavoje katilinėje | % | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Perkamos šilumos kiekis iš Kauno miesto CŠT | % | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 |
| Šiluminės energijos balansas | | | | | | | | | | | | | | | |
| Suvarotos šilumos kiekis per metus | GWh/metus | 26,750 | 26,750 | 26,750 | 26,750 | 26,750 | 26,750 | 26,750 | 26,750 | 26,750 | 26,750 | 26,750 | 26,750 | 26,750 | 26,750 |
| Šilumos kiekis pagamintas vietinėje katilinėje | GWh/metus | 2,675 | 2,675 | 2,675 | 2,675 | 2,675 | 2,675 | 2,675 | 2,675 | 2,675 | 2,675 | 2,675 | 2,675 | 2,675 | 2,675 |
| Perkamas šilumos kiekis iš Kauno miesto CŠT | GWh/metus | 24,075 | 24,075 | 24,075 | 24,075 | 24,075 | 24,075 | 24,075 | 24,075 | 24,075 | 24,075 | 24,075 | 24,075 | 24,075 | 24,075 |
| Šiluma iš Kauno miesto CŠT | | | | | | | | | | | | | | | |
| Perkamos šilumos kaina | ct/kWh | 20,41 | 20,1 | 20,85 | 17,5 | 18,15 | 18,15 | 18,05 | 18,15 | 18,35 | 18,05 | 18 | 17,8 | 17,9 | 17,9 |
| Perkamos šilumos kaina | euro ct/kWh | 5,911 | 5,821 | 6,039 | 5,068 | 5,257 | 5,257 | 5,228 | 5,257 | 5,315 | 5,228 | 5,213 | 5,155 | 5,184 | 5,184 |
| Išlaidos perkamai šilumai | Lt/metus | 4913707,50 | 4839075,00 | 5019637,50 | 4213125,00 | 4369612,50 | 4369612,50 | 4345537,50 | 4369612,50 | 4417762,50 | 4345537,50 | 4333500,00 | 4285350,00 | 4309425,00 | 4309425,00 |
| Išlaidos perkamai šilumai | euro/metus | 1423108,06 | 1401492,99 | 1453787,51 | 1220205,34 | 1265527,25 | 1265527,25 | 1258554,65 | 1265527,25 | 1279472,46 | 1258554,65 | 1255068,35 | 1241123,15 | 1248095,75 | 1248095,75 |
| Šilumos gamyba nuosavoje katilinėje | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gamtinių dujų pardavimo kaina | Lt/1000 nm3 | 1325,6 | 1280,8 | 1236 | 1245,12 | 1263,36 | 1272,48 | 1292,16 | 1313,28 | 1334,4 | 1356,48 | 1378,56 | 1400,96 | 1423,68 | 1435,04 |
| Gamtinių dujų kaina | Lt/tne | 1657 | 1601 | 1545 | 1556,4 | 1579,2 | 1590,6 | 1615,2 | 1641,6 | 1668 | 1695,6 | 1723,2 | 1751,2 | 1779,6 | 1793,8 |
| Gamtinių dujų perdavimo+skirstymo kaina | Lt/metus | 65467,5 | 65467,5 | 65467,5 | 65467,5 | 65467,5 | 65467,5 | 65467,5 | 65467,5 | 65467,5 | 65467,5 | 65467,5 | 65467,5 | 65467,5 | 65467,5 |
| Metinis mokestis už vartojimo galią | Lt/metus | 16240 | 16240 | 16240 | 16240 | 16240 | 16240 | 16240 | 16240 | 16240 | 16240 | 16240 | 16240 | 16240 | 16240 |
| SGDT lėšos | Lt/metus | 14057,75 | 14057,75 | 14057,75 | 14057,75 | 14057,75 | 14057,75 | 14057,75 | 14057,75 | 14057,75 | 14057,75 | 14057,75 | 14057,75 | 14057,75 | 14057,75 |
| Sunaudotas gamtinių dujų kiekis | nm3 | 330535,28 | 330535,28 | 330535,28 | 330535,28 | 330535,28 | 330535,28 | 330535,28 | 330535,28 | 330535,28 | 330535,28 | 330535,28 | 330535,28 | 330535,28 | 330535,28 |
| Išlaidos gamtinėms dujoms | Lt/metus | 533922,82 | 519114,84 | 504306,86 | 507321,34 | 513350,3 | 516364,79 | 522869,72 | 529850,62 | 536831,53 | 544129,75 | 551427,97 | 558831,96 | 566341,72 | 570096,6 |
| Išlaidos gamtinėms dujoms | euro/metus | 154634,74 | 150346,05 | 146057,36 | 146930,42 | 148676,52 | 149549,58 | 151433,54 | 153455,35 | 155477,16 | 157590,87 | 159704,58 | 161848,92 | 164023,9 | 165111,39 |
| Šilumos savikaina savoje katilinėje, įvertinant tik kurą | ct/kWh | 19,96 | 19,41 | 18,85 | 18,97 | 19,19 | 19,30 | 19,55 | 19,81 | 20,07 | 20,34 | 20,61 | 20,89 | 21,17 | 21,31 |
| Darbuotojų etatų skaičius | etatai | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Darbuotojų atlyginimas (kartu su SODRA) | Lt/mėn. | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 |
| Išlaidos atlyginimams | Lt/metus | 132000 | 132000 | 132000 | 132000 | 132000 | 132000 | 132000 | 132000 | 132000 | 132000 | 132000 | 132000 | 132000 | 132000 |
| Išlaidos elektrai, vandeniui, remontams ir kt. | Lt/metus | 30450 | 30450 | 30450 | 30450 | 30450 | 30450 | 30450 | 30450 | 30450 | 30450 | 30450 | 30450 | 30450 | 30450 |
| Suminės išlaidos šilumos gamybai katilinėje | Lt/metus | 696373 | 681565 | 666757 | 669771 | 675800 | 678815 | 685320 | 692301 | 699282 | 706580 | 713878 | 721282 | 728792 | 732547 |
| Šilumos savikaina savoje katilinėje | ct/kWh | 26,03 | 25,48 | 24,93 | 25,04 | 25,26 | 25,38 | 25,62 | 25,88 | 26,14 | 26,41 | 26,69 | 26,96 | 27,24 | 27,38 |
| Šilumos savikaina savoje katilinėje | ct/kWh | 7,54 | 7,38 | 7,22 | 7,25 | 7,32 | 7,35 | 7,42 | 7,50 | 7,57 | 7,65 | 7,73 | 7,81 | 7,89 | 7,93 |
| Galutiniai rodikliai | | | | | | | | | | | | | | | |
| Išlaidos sistemos eksploatavimui (tinklų papildymas, tinklo siurbiai, remontai ir pan.) | Lt/metus | 18750 | 18750 | 18750 | 18750 | 18750 | 18750 | 18750 | 18750 | 18750 | 18750 | 18750 | 18750 | 18750 | 18750 |
| Suminės išlaidos | Lt/metus | 5628830 | 5539390 | 5705144 | 4901646 | 5064163 | 5067177 | 5049607 | 5080663 | 5135794 | 5070867 | 5066128 | 5025382 | 5056967 | 5060722 |
| Suminės išlaidos | euro/metus | 1630222 | 1604318 | 1652324 | 1419615 | 1466683 | 1467556 | 1462467 | 1471462 | 1487429 | 1468625 | 1467252 | 1455451 | 1464599 | 1465686 |
| Šiluminės energijos kaina | ct/kWh | 21,04 | 20,71 | 21,33 | 18,32 | 18,93 | 18,94 | 18,88 | 18,99 | 19,20 | 18,96 | 18,94 | 18,79 | 18,90 | 18,92 |
| Šiluminės energijos kaina | euro ct/kWh | 6,09 | 6,00 | 6,18 | 5,31 | 5,48 | 5,49 | 5,47 | 5,50 | 5,56 | 5,49 | 5,49 | 5,44 | 5,48 | 5,48 |

7.7 PRIEDAS. Vietinių AEI analizė. Saulės kolektorių be paramos skaičiavimo rezultatai.

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------------|--------------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Gamtinių dujų žemutinis kaloringumas | 8000 | kcal/nm3 | 33488 | kJ/nm3 | | | | | | | | | | | |
| Katilinės NK | 87 | % | | | | | | | | | | | | | |
| Rodiklis | Matavimo vienetai | Metai | | | | | | | | | | | | | |
| | | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2018 | 2020 | 2022 | 2024 | 2026 | 2028 | 2030 | 2032 | 2033 | 2034 |
| Šilumos šaltinio tiekiamos energijos dalis bendrame balanse | | | | | | | | | | | | | | | |
| Šilumos gamyba nuosavoje katilinėje | % | 98,5 | 98,5 | 86,9 | 86,9 | 86,9 | 86,9 | 86,9 | 86,9 | 86,9 | 86,9 | 86,9 | 86,9 | 86,9 | 86,9 |
| Perkamos šilumos kiekis iš Kauno miesto CŠT | % | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| Saulės kolektoriais pasigaminamas šilumos kiekis | % | 0 | 0 | 11,6 | 11,6 | 11,6 | 11,6 | 11,6 | 11,6 | 11,6 | 11,6 | 11,6 | 11,6 | 11,6 | 11,6 |
| Šiluminės energijos balansas | | | | | | | | | | | | | | | |
| Suvarotos šilumos kiekis per metus | GWh/metus | 26,750 | 26,750 | 26,750 | 26,750 | 26,750 | 26,750 | 26,750 | 26,750 | 26,750 | 26,750 | 26,750 | 26,750 | 26,750 | 26,750 |
| Šilumos kiekis pagamintas vietinėje katilinėje | GWh/metus | 26,349 | 26,349 | 23,246 | 23,246 | 23,246 | 23,246 | 23,246 | 23,246 | 23,246 | 23,246 | 23,246 | 23,246 | 23,246 | 23,246 |
| Perkamas šilumos kiekis iš Kauno miesto CŠT | GWh/metus | 0,401 | 0,401 | 0,401 | 0,401 | 0,401 | 0,401 | 0,401 | 0,401 | 0,401 | 0,401 | 0,401 | 0,401 | 0,401 | 0,401 |
| Saulės kolektoriais pasigaminamas šilumos kiekis | GWh/metus | 0,000 | 0,000 | 3,103 | 3,103 | 3,103 | 3,103 | 3,103 | 3,103 | 3,103 | 3,103 | 3,103 | 3,103 | 3,103 | 3,103 |
| Šiluma iš Kauno miesto CŠT | | | | | | | | | | | | | | | |
| Perkamos šilumos kaina | ct/kWh | 20,41 | 20,1 | 20,85 | 17,5 | 16,8 | 16,9 | 16,75 | 16,95 | 16,8 | 17 | 16,5 | 16,8 | 16,85 | 16,7 |
| Perkamos šilumos kaina | euro ct/kWh | 5,911 | 5,821 | 6,039 | 5,068 | 4,866 | 4,895 | 4,851 | 4,909 | 4,866 | 4,924 | 4,779 | 4,866 | 4,880 | 4,837 |
| Išlaidos perkamai šilumai | Lt/metus | 81895,13 | 80651,25 | 83660,63 | 70218,75 | 67410,00 | 67811,25 | 67209,38 | 68011,88 | 67410,00 | 68212,50 | 66206,25 | 67410,00 | 67610,63 | 67008,75 |
| Išlaidos perkamai šilumai | euro/metus | 23718,47 | 23358,22 | 24229,79 | 20336,76 | 19523,29 | 19639,50 | 19465,18 | 19697,60 | 19523,29 | 19755,71 | 19174,66 | 19523,29 | 19581,39 | 19407,08 |
| Šilumos gamyba nuosavoje katilinėje | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gamtinių dujų pardavimo kaina | Lt/1000 nm3 | 1325,6 | 1280,8 | 1236 | 1245,12 | 1263,36 | 1281,6 | 1302,72 | 1323,84 | 1345,44 | 1367,52 | 1389,6 | 1412,32 | 1423,68 | 1435,04 |
| Gamtinių dujų kaina | Lt/tne | 1657 | 1601 | 1545 | 1556,4 | 1579,2 | 1602 | 1628,4 | 1654,8 | 1681,8 | 1709,4 | 1737 | 1765,4 | 1779,6 | 1793,8 |
| Gamtinių dujų perdavimo+skirstymo kaina | Lt/metus | 569019 | 569019 | 569019 | 569019 | 569019 | 569019 | 569019 | 569019 | 569019 | 569019 | 569019 | 569019 | 569019 | 569019 |
| Metinis mokestis už vartojimo galią | Lt/metus | 141152 | 141152 | 141152 | 141152 | 141152 | 141152 | 141152 | 141152 | 141152 | 141152 | 141152 | 141152 | 141152 | 141152 |
| SGDT lėšos | Lt/metus | 122184,7 | 122184,7 | 122184,7 | 122184,7 | 122184,7 | 122184,7 | 122184,7 | 122184,7 | 122184,7 | 122184,7 | 122184,7 | 122184,7 | 122184,7 | 122184,7 |
| Sunaudotas gamtinių dujų kiekis | nm3 | 3255772,526 | 3255772,53 | 2872352 | 2872352 | 2872352 | 2872352 | 2872352 | 2872352 | 2872352 | 2872352 | 2872352 | 2872352 | 2872352 | 2872352 |
| Išlaidos gamtinėms dujoms | Lt/metus | 5148207,76 | 5002349,15 | 4382582 | 4408778 | 4461170 | 4513562 | 4574226 | 4634890 | 4696932 | 4760354 | 4823775 | 4889035 | 4921665 | 4954295 |
| Išlaidos gamtinėms dujoms | euro/metus | 1491024,027 | 1448780,45 | 1269284 | 1276870 | 1292044 | 1307218 | 1324787 | 1342357 | 1360326 | 1378694 | 1397062 | 1415962 | 1425413 | 1434863 |
| Darbuotojų etatų skaičius | etatai | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Darbuotojų atlyginimas (kartu su SODRA) | Lt/mėn. | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 |
| Išlaidos atlyginimams | Lt/metus | 132000 | 132000 | 132000 | 132000 | 132000 | 132000 | 132000 | 132000 | 132000 | 132000 | 132000 | 132000 | 132000 | 132000 |
| Išlaidos elektrai, vandeniui, remontams ir kt. | Lt/metus | 264660 | 264660 | 264660 | 264660 | 264660 | 264660 | 264660 | 264660 | 264660 | 264660 | 264660 | 264660 | 264660 | 264660 |
| Suminės išlaidos šilumos gamybai katilinėje | Lt/metus | 5544868 | 5399009 | 4779242 | 4805438 | 4857830 | 4910222 | 4970886 | 5031550 | 5093592 | 5157014 | 5220435 | 5285695 | 5318325 | 5350955 |
| Šilumos savikaina savoje katilinėje | ct/kWh | 21,04 | 20,49 | 20,56 | 20,67 | 20,90 | 21,12 | 21,38 | 21,65 | 21,91 | 22,18 | 22,46 | 22,74 | 22,88 | 23,02 |
| Šilumos savikaina savoje katilinėje | euro ct/kWh | 6,09 | 5,93 | 5,95 | 5,99 | 6,05 | 6,12 | 6,19 | 6,27 | 6,35 | 6,43 | 6,50 | 6,59 | 6,63 | 6,67 |
| Šilumos gamyba saulės kolektoriais | | | | | | | | | | | | | | | |
| Investicijos | tūkst. euro/metus | 1210,00 | | | | | | | | | | | | | |
| Tarnavimo laikas | metai | 25,00 | | | | | | | | | | | | | |
| Subsidijų dalis | % | 0,00 | | | | | | | | | | | | | |
| Darbuotojų etatų skaičius | etatai | | | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Darbuotojų atlyginimas (kartu su SODRA) | Lt/mėn. | | | 2200,00 | 2200,00 | 2200,00 | 2200,00 | 2200,00 | 2200,00 | 2200,00 | 2200,00 | 2200,00 | 2200,00 | 2200,00 | 2200,00 |
| Išlaidos atlyginimams | tūkst. euro/metus | | | 7,65 | 7,65 | 7,65 | 7,65 | 7,65 | 7,65 | 7,65 | 7,65 | 7,65 | 7,65 | 7,65 | 7,65 |
| investicijų kaštai | tūkst. euro/metus | | | 48,40 | 48,40 | 48,40 | 48,40 | 48,40 | 48,40 | 48,40 | 48,40 | 48,40 | 48,40 | 48,40 | 48,40 |
| Metinis sistemos eksploatavimo pokytis | tūkst. euro/metus | | | 10,00 | 10,00 | 11,00 | 12,00 | 13,00 | 14,00 | 15,00 | 16,00 | 17,00 | 18,00 | 19,00 | 20,00 |
| Viso išlaidos | tūkst. euro/metus | | | 66,05 | 66,05 | 67,05 | 68,05 | 69,05 | 70,05 | 71,05 | 72,05 | 73,05 | 74,05 | 75,05 | 76,05 |
| Šilumos savikaina saulės kolektoriais | ct/kWh | | | 7,35 | 7,35 | 7,46 | 7,57 | 7,68 | 7,79 | 7,91 | 8,02 | 8,13 | 8,24 | 8,35 | 8,46 |
| Šilumos savikaina saulės kolektoriais | euro ct/kWh | | | 2,13 | 2,13 | 2,16 | 2,19 | 2,23 | 2,26 | 2,29 | 2,32 | 2,35 | 2,39 | 2,42 | 2,45 |
| Galutiniai rodikliai | | | | | | | | | | | | | | | |
| Išlaidos sistemos eksploatavimui (tinklų papildymas, tinklo siurbliai, remontai ir pan.) | Lt/metus | 7500 | 7500 | 7500 | 7500 | 7500 | 7500 | 7500 | 7500 | 7500 | 7500 | 7500 | 7500 | 7500 | 7500 |
| Suminės išlaidos | Lt/metus | 5780747 | 5633645 | 5098446 | 5111200 | 5164236 | 5220482 | 5283997 | 5348916 | 5413810 | 5481487 | 5546355 | 5616271 | 5652555 | 5688035 |
| Suminės išlaidos | euro/metus | 1674220 | 1631616 | 1476612 | 1480306 | 1495666 | 1511956 | 1530351 | 1549153 | 1567948 | 1587548 | 1606335 | 1626585 | 1637093 | 1647369 |
| Šiluminės energijos kaina | ct/kWh | 21,61 | 21,06 | 19,06 | 19,11 | 19,31 | 19,52 | 19,75 | 20,00 | 20,24 | 20,49 | 20,73 | 21,00 | 21,13 | 21,26 |
| Šiluminės energijos kaina | euro ct/kWh | 6,26 | 6,10 | 5,52 | 5,53 | 5,59 | 5,65 | 5,72 | 5,79 | 5,86 | 5,93 | 6,00 | 6,08 | 6,12 | 6,16 |

7.8 PRIEDAS. Vietinių AEI analizė. Šilumos siurblio be paramos skaičiavimo rezultatai.

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------|-------------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Gamtinių dujų žemutinis kaloringumas | 8000 | kcal/nm3 | 33488 | kJ/nm3 | | | | | | | | | | | |
| Katilinės NK | 87 | % | | | | | | | | | | | | | |
| Rodiklis | Matavimo vienetai | Metai | | | | | | | | | | | | | |
| | | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2018 | 2020 | 2022 | 2024 | 2026 | 2028 | 2030 | 2032 | 2033 | 2034 |
| Šilumos šaltinio tiekiamos energijos dalis bendrame balanse | | | | | | | | | | | | | | | |
| Šilumos gamyba nuosavoje katilinėje | % | 98,5 | 98,5 | 78,63 | 78,63 | 78,63 | 78,63 | 78,63 | 78,63 | 78,63 | 78,63 | 78,63 | 78,63 | 78,63 | 78,63 |
| Perkamos šilumos kiekis iš Kauno miesto CŠT | % | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| Saulės kolektoriais pasigaminamas šilumos kiekis | % | 0 | 0 | 19,87 | 19,87 | 19,87 | 19,87 | 19,87 | 19,87 | 19,87 | 19,87 | 19,87 | 19,87 | 19,87 | 19,87 |
| Šiluminės energijos balansas | | | | | | | | | | | | | | | |
| Suvarotos šilumos kiekis per metus | GWh/metus | 26,750 | 26,750 | 26,750 | 26,750 | 26,750 | 26,750 | 26,750 | 26,750 | 26,750 | 26,750 | 26,750 | 26,750 | 26,750 | 26,750 |
| Šilumos kiekis pagamintas vietinėje katilinėje | GWh/metus | 26,349 | 26,349 | 21,034 | 21,034 | 21,034 | 21,034 | 21,034 | 21,034 | 21,034 | 21,034 | 21,034 | 21,034 | 21,034 | 21,034 |
| Perkamas šilumos kiekis iš Kauno miesto CŠT | GWh/metus | 0,401 | 0,401 | 0,401 | 0,401 | 0,401 | 0,401 | 0,401 | 0,401 | 0,401 | 0,401 | 0,401 | 0,401 | 0,401 | 0,401 |
| Saulės kolektoriais pasigaminamas šilumos kiekis | GWh/metus | 0,000 | 0,000 | 5,315 | 5,315 | 5,315 | 5,315 | 5,315 | 5,315 | 5,315 | 5,315 | 5,315 | 5,315 | 5,315 | 5,315 |
| Šiluma iš Kauno miesto CŠT | | | | | | | | | | | | | | | |
| Perkamos šilumos kaina | ct/kWh | 20,41 | 20,1 | 20,85 | 17,5 | 16,8 | 16,9 | 16,75 | 16,95 | 16,8 | 17 | 16,5 | 16,8 | 16,85 | 16,7 |
| Perkamos šilumos kaina | euro ct/kWh | 5,911 | 5,821 | 6,039 | 5,068 | 4,866 | 4,895 | 4,851 | 4,909 | 4,866 | 4,924 | 4,779 | 4,866 | 4,880 | 4,837 |
| Išlaidos perkamai šilumai | Lt/metus | 81895,13 | 80651,25 | 83660,63 | 70218,75 | 67410,00 | 67811,25 | 67209,38 | 68011,88 | 67410,00 | 68212,50 | 66206,25 | 67410,00 | 67610,63 | 67008,75 |
| Išlaidos perkamai šilumai | euro/metus | 23718,47 | 23358,22 | 24229,79 | 20336,76 | 19523,29 | 19639,50 | 19465,18 | 19697,60 | 19523,29 | 19755,71 | 19174,66 | 19523,29 | 19581,39 | 19407,08 |
| Šilumos gamyba nuosavoje katilinėje | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gamtinių dujų pardavimo kaina | Lt/1000 nm3 | 1325,6 | 1280,8 | 1236 | 1245,12 | 1263,36 | 1281,6 | 1302,72 | 1323,84 | 1345,44 | 1367,52 | 1389,6 | 1412,32 | 1423,68 | 1435,04 |
| Gamtinių dujų kaina | Lt/tne | 1657 | 1601 | 1545 | 1556,4 | 1579,2 | 1602 | 1628,4 | 1654,8 | 1681,8 | 1709,4 | 1737 | 1765,4 | 1779,6 | 1793,8 |
| Gamtinių dujų perdavimo+skirstymo kaina | Lt/metus | 514710 | 514710 | 514710 | 514710 | 514710 | 514710 | 514710 | 514710 | 514710 | 514710 | 514710 | 514710 | 514710 | 514710 |
| Metinis mokestis už vartojimo galią | Lt/metus | 127680 | 127680 | 127680 | 127680 | 127680 | 127680 | 127680 | 127680 | 127680 | 127680 | 127680 | 127680 | 127680 | 127680 |
| SGDT lėšos | Lt/metus | 110523 | 110523 | 110523 | 110523 | 110523 | 110523 | 110523 | 110523 | 110523 | 110523 | 110523 | 110523 | 110523 | 110523 |
| Sunaudotas gamtinių dujų kiekis | nm3 | 3255772,526 | 3255772,53 | 2598999 | 2598999 | 2598999 | 2598999 | 2598999 | 2598999 | 2598999 | 2598999 | 2598999 | 2598999 | 2598999 | 2598999 |
| Išlaidos gamtinėms dujoms | Lt/metus | 5068765,06 | 4922906,45 | 3965276 | 3988979 | 4036384 | 4083790 | 4138681 | 4193572 | 4249710 | 4307096 | 4364482 | 4423531 | 4453056 | 4482580 |
| Išlaidos gamtinėms dujoms | euro/metus | 1468015,831 | 1425772,26 | 1148423 | 1155288 | 1169018 | 1182747 | 1198645 | 1214542 | 1230801 | 1247421 | 1264041 | 1281143 | 1289694 | 1298245 |
| Darbuotojų etatų skaičius | etatai | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Išlaidos atlyginimams | Lt/metus | 132000 | 132000 | 132000 | 132000 | 132000 | 132000 | 132000 | 132000 | 132000 | 132000 | 132000 | 132000 | 132000 | 132000 |
| Išlaidos elektrai, vandeniui, remontams ir kt. | Lt/metus | 239400 | 239400 | 239400 | 239400 | 239400 | 239400 | 239400 | 239400 | 239400 | 239400 | 239400 | 239400 | 239400 | 239400 |
| Suminės išlaidos šilumos gamybai katilinėje | Lt/metus | 5440165 | 5294306 | 4336676 | 4360379 | 4407784 | 4455190 | 4510081 | 4564972 | 4621110 | 4678496 | 4735882 | 4794931 | 4824456 | 4853980 |
| Šilumos savikaina savoje katilinėje | euro ct/kWh | 5,98 | 5,82 | 5,97 | 6,00 | 6,07 | 6,13 | 6,21 | 6,29 | 6,36 | 6,44 | 6,52 | 6,60 | 6,64 | 6,68 |
| Šilumos gamyba saulės kolektoriais | | | | | | | | | | | | | | | |
| Investicijos | tūkst. euro/metus | 793,00 | | | | | | | | | | | | | |
| Tarnavimo laikas | metai | 25,00 | | | | | | | | | | | | | |
| COP | | | | 3,64 | 3,64 | 3,64 | 3,64 | 3,64 | 3,64 | 3,64 | 3,64 | 3,64 | 3,64 | 3,64 | 3,64 |
| Elektros kaina | euro ct/kWh | | | 12,90 | 12,90 | 12,90 | 12,90 | 12,90 | 12,90 | 12,90 | 12,90 | 12,90 | 12,90 | 12,90 | 12,90 |
| Šilumos siurblio savikaina | euro ct/kWh | | | 3,54 | 3,54 | 3,54 | 3,54 | 3,54 | 3,54 | 3,54 | 3,54 | 3,54 | 3,54 | 3,54 | 3,54 |
| Išlaidos elektrai | tūkst. euro/metus | | | 188,37 | 188,37 | 188,37 | 188,37 | 188,37 | 188,37 | 188,37 | 188,37 | 188,37 | 188,37 | 188,37 | 188,37 |
| Darbuotojų etatų skaičius | etatai | | | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Darbuotojų atlyginimas (kartu su SODRA) | Lt/mėn. | | | 2200,00 | 2200,00 | 2200,00 | 2200,00 | 2200,00 | 2200,00 | 2200,00 | 2200,00 | 2200,00 | 2200,00 | 2200,00 | 2200,00 |
| Išlaidos atlyginimams | tūkst. euro/metus | | | 7,65 | 7,65 | 7,65 | 7,65 | 7,65 | 7,65 | 7,65 | 7,65 | 7,65 | 7,65 | 7,65 | 7,65 |
| investicijų kaštai | tūkst. euro/metus | | | 31,72 | 31,72 | 31,72 | 31,72 | 31,72 | 31,72 | 31,72 | 31,72 | 31,72 | 31,72 | 31,72 | 31,72 |
| Metinis sistemos eksploatavimo pokytis | tūkst. euro/metus | | | 20,00 | 20,00 | 20,00 | 20,00 | 20,00 | 20,00 | 20,00 | 20,00 | 20,00 | 20,00 | 20,00 | 20,00 |
| Viso išlaidos | tūkst. euro/metus | | | 247,74 | 247,74 | 247,74 | 247,74 | 247,74 | 247,74 | 247,74 | 247,74 | 247,74 | 247,74 | 247,74 | 247,74 |
| Šilumos savikaina saulės kolektoriais | euro ct/kWh | | | 4,66 | 4,66 | 4,66 | 4,66 | 4,66 | 4,66 | 4,66 | 4,66 | 4,66 | 4,66 | 4,66 | 4,66 |
| Galutiniai rodikliai | | | | | | | | | | | | | | | |
| Išlaidos sistemos eksploatavimui (tinklų papildymas, tinklo siurbliai, remontai ir pan.) | Lt/metus | 7500 | 7500 | 7500 | 7500 | 7500 | 7500 | 7500 | 7500 | 7500 | 7500 | 7500 | 7500 | 7500 | 7500 |
| Suminės išlaidos | Lt/metus | 5780747 | 5633645 | 5283216 | 5293477 | 5338074 | 5385881 | 5440170 | 5495864 | 5551400 | 5609589 | 5664968 | 5725221 | 5754947 | 5783869 |
| Suminės išlaidos | euro/metus | 1674220 | 1631616 | 1530125 | 1533097 | 1546013 | 1559859 | 1575582 | 1591712 | 1607797 | 1624649 | 1640688 | 1658139 | 1666748 | 1675124 |
| Šiluminės energijos kaina | ct/kWh | 21,61 | 21,06 | 19,75 | 19,79 | 19,96 | 20,13 | 20,34 | 20,55 | 20,75 | 20,97 | 21,18 | 21,40 | 21,51 | 21,62 |
| Šiluminės energijos kaina | euro ct/kWh | 6,26 | 6,10 | 5,72 | 5,73 | 5,78 | 5,83 | 5,89 | 5,95 | 6,01 | 6,07 | 6,13 | 6,20 | 6,23 | 6,26 |