

Kauno technologijos universitetas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

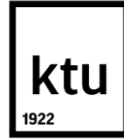
Saulės energijos technologijų panaudojimo karšto vandens ruošimui pastatuose galimybių studija

Baigiamasis magistro projektas

Egidijus Mažrimas
Projekto autorius

Doc. dr. Rolandas Jonynas
Vadovas

Kaunas, 2019



Kauno technologijos universitetas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

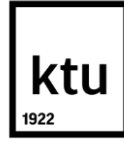
Saulės energijos technologijų panaudojimo karšto vandens ruošimui pastatuose galimybių studija

Baigiamasis magistro projektas
Termoinžinerija 6211EX023

Egidijus Mažrimas
Projekto autorius

Doc. dr. Rolandas Jonynas
Vadovas

Doc. dr. Egidijus Puida
Recenzentas



Kauno technologijos universitetas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas
Egidijus Mažrimas

Saulės energijos technologijų panaudojimo karšto vandens ruošimui pastatuose galimybių studija

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad mano, *Egidijaus Mažrimo*, baigiamasis projektas tema „*Saulės energijos technologijų panaudojimo karšto vandens ruošimui pastatuose galimybių studija*“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

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

(Vardas, Pavardė įrašomi ranka)

(parašas)



Kauno technologijos universitetas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas
Studijų programa – Termoinžinerija

Magistro studijų baigiamojo projekto užduotis

Studentui – Egidijui Mažrimui

1. Baigiamojo projekto tema –

Saulės energijos technologijų panaudojimo karšto vandens ruošimui pastatuose galimybių studija

(Lietuvių kalba)

The Analysis of Solar Energy Technologies Usage for Domestic Hot Water in Buildings

(Anglų kalba)

2. Baigiamojo projekto tikslas ir uždaviniai –

Projekto tikslas – išanalizuoti saulės energijos technologijų panaudojimo, karšto vandens ruošimui gyvenamuosiuose pastatuose galimybes įvertinant jų ekonominius aspektus.

Uždaviniai: apžvelgti gyvenamųjų pastatų būklę bei jų energines charakteristikas Lietuvoje; apžvelgti saulės energijos potencialą bei prieinamas saulės energijos panaudojimo karšto vandens ruošimui technologijas; išanalizuoti tiriamojo pastato energines charakteristikas; parinkti optimaliausias saulės energijos panaudojimo technologijas ir paskaičiuoti technologinius rodiklius tiriamojo objekto atvejui; atlikti technologiškai pagrįstų sistemų ekonominę analizę.

3. Pradiniai baigiamojo projekto duomenys –

Tiriamasis Nr. 1 ir tiriamasis projektas Nr. 2 rezultatai.

4. Pagrindiniai reikalavimai ir sąlygos –

Darbas turi atitikti baigiamajam magistro projektui keliamus reikalavimus.

Projekto autorius

Egidijus Mažrimas

(Vardas, Pavardė)

(parašas)

(data)

Baigiamojo projekto vadovas

Doc. dr. Rolandas Jonynas

(Vardas, Pavardė)

(parašas)

(data)

Krypties studijų programos vadovas

Doc. dr. Algimantas Balčius

(Vardas, Pavardė)

(parašas)

(data)

Mažrimas Egidijus. Saulės energijos technologijų panaudojimo karšto vandens ruošimui pastatuose galimybių studija. Magistro baigiamasis projektas / vadovas Doc. dr. Rolandas Jonynas; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas.

Studijų sritis (studijų krypčių grupė), studijų kryptis: Energijos inžinerija

Reikšminiai žodžiai: Termodinaminis, šilumos, saulės, karštas, vanduo, analizė.

Kaunas, 2019. 62 p.

Santrauka

Besaikis išteklių vartojimas pasaulį pakeitė kardinaliai. Turime globalinį atšilimą, užterštą orą, išsekusius pirminės energijos išteklius, prognozuojame ir patiriame globalines gamtos anomalijas ir daug kitų dalykų. Todėl šiandieną, būdami atsakingi vartotojai, turime ieškoti būdų kaip išlaikyti balansą tarp mūsų poreikių ir gamtos galimybių.

Baigiamojo darbo tikslas išanalizuoti saulės energijos technologijų panaudojimo, karšto vandens ruošimui daugiaaukščiuose gyvenamuosiuose pastatuose galimybes įvertinant jų ekonominius aspektus.

Šiai analizei atlikti padaryta tiriamos aplinkos apžvalga ir vertinimas. Įvertinta Lietuvos daugiaaukščių gyvenamųjų namų techninė būklė, šiluminės energijos infrastruktūra ir galimybės integruoti atsinaujinančios energijos šaltinius. Tiriamuoju objektu pasirinktas tipinis daugiaaukštis gyvenamasis pastatas, esantis Mažeikių mieste, kuriame yra 43 butai, 58 gyventojai, o bendras gyvenamasis plotas sudaro 2331,34 m². Apskaičiuoti buitinio karšto vandens poreikiai, kuriems patenkinti reikia 231,58 MWh energijos per metus, išanalizuotos šiai vietai būdingos klimatinės sąlygos (vidutinė mėnesinė ir metinė temperatūra, saulės išspinduliuotos energijos kiekis į m², saulės spinduliavimo laikas).

Pasirinktos dvi atsinaujinančios energijos technologijos, veikiančios saulės energijos akumuliacinio principu. Viena iš jų, tai termodinaminiai šilumos siurbliai, kurie turi didelę perspektyvą, nes žemesnio potencialo šilumą transformuoja ne tik iš aplinkos, bet absorbuoja ir saulės spindulines energijas. Apskaičiuota įrenginio galia, patenkinti buitinio karšto vandens poreikius, 48,20 kW. Antra pasirinkta sistema - saulės kolektoriai, kurie Lietuvoje gana plačiai paplitę ir žinomi. Suprojektuotų saulės kolektorių plotas 60 m². Apskaičiuoti šių sistemų technologiniai rodikliai, padaryta lyginamoji techninė analizė. Ekonominės analizės dalyje sudarytos lokalinės įrenginių įrengimo sąmatos, apskaičiuotas atsipirkimo laikas, palyginti ekonominiai analizuojamų atsinaujinančios energijos sistemų rodikliai.

Mažrimas Egidijus. The Analysis of Solar Energy Technologies Usage for Domestic Hot Water in Buildings. Master's thesis / Academic supervisor Assoc. Prof. Dr. Rolandas Jonynas; Kaunas University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering and Design.

Study area (study field group), study field: Energy Engineering

Keywords: thermodynamic, heat, solar, hot, water, analysis.

Kaunas, 2019. p. 62.

Summary

Unlimited use of resources has changed the world radically. As a result, we are facing global warming, air pollution, exhausted primary energy resources; we are predicting and experiencing global natural anomalies and many other things. Therefore, today, being responsible consumers, we have to find ways how to maintain the balance between our needs and nature's potential.

The objective of the thesis is to analyse the possibilities of the use of solar energy technologies for the preparation of hot water in residential multi-storey buildings by assessing economic aspects thereof.

To conduct this analysis, the review and assessment of the environment being examined was carried out. Technical condition of residential multi-storey buildings in Lithuania, thermal energy infrastructure and possibilities to integrate renewable energy source were assessed. A standard residential multi-storey building was chosen as a research object. This building is located in Mažeikiai city. It has 43 apartments, 58 residents. Total residential area is 2,331.34 m². Domestic hot water needs were calculated. To meet these needs, the amount of energy required per year is 231,58 MWh. Also, climatic conditions in this location were analysed (average monthly and annual temperature, amount of solar energy per m², solar radiation time).

Two renewable energy technologies that operate on the principle of energy storage were selected. One of them is thermodynamic heat pumps, which have a great potential as they transform lower potential heat not only from environment but also absorb solar energy. Calculated power of the equipment required to meet the needs of domestic heat water is 48,20 kW. The second selected system – solar panels which are quite popular and known in Lithuania. The area of designed solar panels – 60 m². Technological indicators of technologically-based systems were calculated, including comparative technical analysis. Economic analysis part includes local estimates for equipment installation, calculation of the payback period, and comparison of economic indicators of analysed renewable energy systems.

Turinys

Lentelių sąrašas	8
Paveikslų sąrašas	9
Įvadas.....	10
1. Esamos situacijos apžvalga.....	11
1.1. Daugiabučių namų aprūpinimas energija	11
1.2. Daugiabučių namų energijos vartojimo ypatmų apžvalga	11
1.3. Atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimo svarba darniam valstybės vystymuisi	13
1.4. Energijos iš atsinaujinančių išteklių naudojimo vizija	14
1.5. Saulės energijos potencialas Lietuvoje.....	15
2. Tiriamojo objekto specifikacija.....	22
2.1. Tiriamojo daugiabučio bendri duomenys	22
2.2. Karšto vandens sistemos galios ir poreikio skaičiavimas.....	25
2.3. Karšto vandens talpykla.....	27
2.4. Termodinaminis saulės šilumos siurblys.....	29
2.4.1. Termodinaminio saulės šilumos siurblio veikimo principas	31
2.4.2. Termodinaminio saulės šilumos siurblių vandeniui šildyti panaudojimas.....	33
2.4.3. Šilumos siurblio efektyvumo skaičiavimas	33
2.4.4. Šilumos siurblio ciklo skaičiavimas	34
2.5. Buitinio karšto vandens ruošimas saulės kolektoriais	45
2.5.1. Veikimo principas	45
2.5.2. Kolektoriaus ploto parinkimas	45
2.5.3. Šiluminės energijos kiekio, pamintos su saulės kolektoriais, skaičiavimas	46
2.5.2. Efektyvumo skaičiavimas.....	47
3. Ekonominė dalis.....	49
3.1. Medžiagų žiniaraštis	49
3.2. Lokalinės samata	45
3.3. Bendri ekonominio vertinimo duomenys ir prielaidos	54
3.4. Metinės išlaidos CŠT atveju	54
3.5. Šilumos siurblio ekonominė analizė.....	55
3.5.1. Karšto vandens savikaina	55
3.5.2. Atsipirkimo laikotarpis.....	55
3.5.3. Valstybės parama ir banko paskola	56
3.6. Saulės kolektorių ekonominė analizė	56
3.6.1. Atsipirkimo laikotarpis.....	56
3.6.2. Valstybės parama ir banko paskola	56
3.6.3. Atsipirkimo laikotarpis su paskola	57
3.7. Ekonominės analizės duomenys	57
Išvados	58
Literatūra	59
Priedai.....	62

Lentelių sąrašas

1.1 lentelė. Daugiabučių namų statybos raida Lietuvoje [23].....	12
1.2 lentelė. Metinis energijos taupymo potencialas pagal sektorius [21]	13
1.3 lentelė. Saulės spinduliuotės trukmė valandomis [33].....	17
1.4 lentelė. Energijos kiekis kW/metus tenkantis 1 m ² į įvairiai orientuotą plokštumą [33].....	19
1.5 lentelė. Vidutinis mėnesinis saulės spindulinės energijos kiekis krintantis į horizontalų paviršių Lietuvoje (kWh/m ²) [33]	19
1.6 lentelė. Skirtingų saulės spinduliuotės rūšių mėnesiniai matavimų duomenys Kauno meteorologijos stotyje [34].....	20
1.7 lentelė. Skirtingų saulės spinduliuotės rūšių mėnesiniai matavimų duomenys Šilutės meteorologijos stotyje [34].....	21
2.1 lentelė. Daugiabučio namo karšto vandens poreikiai, MWh	29
2.2 lentelė. Išorės oro temperatūros, °C [35].....	33
2.3 lentelė. Šilumos siurblys su termodinaminėmis plokštėmis [38].....	33
2.4 lentelė. Vidutinė mėnesio išorės oro temperatūra [24]	34
2.5 lentelė. Šaldymo agento R407c ciklo taškai.	35
2.6 lentelė. Pagal mėnesio išorės vidutinę oro temperatūrą, nevertinant saulės spindėjimo, šilumos siurblio ciklo rodikliai..	37
2.7 lentelė. Pagal mėnesio išorės vidutinę oro temperatūrą, įvertinant saulės spindėjimą, šilumos siurblio veikiančio maksimaliu režimu ciklo rodikliai	37
2.8 lentelė. Pagal mėnesio išorės vidutinę oro temperatūrą, nevertinant saulės spindėjimo, pateiktos apskaičiuotos šilumos siurblio ciklo parametrų reikšmės	40
2.9 lentelė. Pagal mėnesio išorės vidutinę oro temperatūrą, įvertinant saulės spindėjimą, pateiktos apskaičiuotos šilumos siurblio ciklo parametrų reikšmės	40
2.10 lentelė. Pagal mėnesių išorės vidutinę oro temperatūrą, saulės spindėjimo valandomis, pateiktos apskaičiuotos šilumos siurblio ciklo parametrų reikšmės maksimaliu režimu.....	41
2.11 lentelė. Pagal mėnesio vidutinį saulės spindėjimą, plokštės temperatūros, °C	41
2.12 lentelė. ŠS su termodinaminėmis plokštėmis grafiko iš 2.14 pav. suminiai duomenys.....	42
2.13 lentelė. ŠS su termodinaminėmis plokštėmis grafiko iš 2.15 pav. suminiai duomenys.....	44
2.14 lentelė. Orientacinis talpos ir kolektorių santykis [39]	46
2.15 lentelė. Projektuojamų saulės kolektorių parametrai [40].....	46
2.16 lentelė. Iš saulės pagaminamos energijos kiekis kas mėnesį	47
3.1 lentelė. Šilumos siurblio su termodinaminėmis plokštėmis medžiagų žiniaraštis.	49
3.2 lentelė. Šilumos siurblio su termodinaminėmis plokštėmis lokalinė sąmata.....	50
3.3 lentelė. Saulės kolektorių lokalinė sąmata	52
3.4 lentelė. Ekonominės analizės suvestinė	57

Paveikslų sąrašas

1.1 pav. Vidutinė metinė saulės spinduliuotė Lietuvoje (kWh/m ²) [43].....	17
1.2 pav. Saulės pilnutinės energijos ΣH , krentančios į kolektoriaus paviršių skirtingais metų laikais, efektyvumo laipsnis pagal kolektoriaus pasvirimo kampą β	18
1.3 pav. Vidutinė mėnesinė saulės spinduliuotės trukmė skirtingose Lietuvos teritorijose [7].....	20
1.4 pav. Suminės saulės spinduliuotės intensyvumas Lietuvoje per metus (W/m ²) [33].....	21
2.1 pav. Daugiabutis gyvenamasis namas Žemaitijos g. 29, Mažeikiai.....	23
2.2 pav. Tiriamojo objekto stogo planas.	24
2.3 pav. Nagrinėjamo daugiaaukščio pastato lauko inžineriniai tinklai.....	24
2.4 pav. Suvartojamo buitinio karšto vandens pasiskirstymas per parą [1].....	28
2.5 pav. Šilumos poreikio karšto vandens sistemai kitimas per parą.....	28
2.6 pav. Šilumos poreikiai buitiniam karštam vandeniui ruošti mėnesiais [1]	29
2.7 pav. Termodinaminio saulės šilumos siurblio komplekto bendras vaizdas.....	29
2.8 pav. Termodinaminio saulės šilumos siurblio plokštės.	30
2.9 pav. Termodinaminio saulės šilumos siurblio plokščių montavimo pavyzdys.....	30
2.10 pav. Termodinaminio saulės šilumos siurblio sistemos principinė schema.....	31
2.11 pav. Termodinaminį saulės šilumos siurbių ir akumuliacinių talpų sugrupuotos sistemos pavyzdys.....	32
2.12 pav. Analizuojamo šilumos siurblio kompresoriaus veikimo ribos ir temperatūrų priklausomybė. [16].....	35
2.13 pav. Šilumos siurblio su termodinaminėmis plokštėmis darbo ciklo grafikas.....	36
2.14 pav. Šilumos siurblio su termodinaminėmis plokštėmis, darbo grafikas maksimaliu režimu. .	42
2.15 pav. Šilumos siurblio su termodinaminėmis plokštėmis, darbo grafikas pagal poreikį režimu.	44
2.16 pav. Saulės kolektorių sistema karšto vandens ruošimui. [39]	45
2.17 pav. Saulės kolektorių pagamintas šilumos kiekis K _{Vr} poreikių kontekste.	48

Ivadas

Pastovus iškastinio kuro brangimas ir šių išteklių negrįžtamas mažėjimas, skatina visus labiau taupyti bei pereiti prie alternatyvių atsinaujinančios energijos šaltinių.

Taip pat tai privalu daryti ir pagal turimus įsipareigojimus Lietuvai, priimtus stojant į Europos Sąjungą. Lietuvoje didelė energijos dalis yra gaminama panaudojant importuojamą iškastinį kurą, todėl atsinaujinančių energijos šaltinių įtraukimas į bendrą gamybos ir vartojimo tinklą yra aktualus.

Centralizuotai tiekiamos šilumos energijos kaina šiandien sukelia daug pasipiktinimo senųjų daugiabučių namų gyventojams, kurių suvartojamas santykinis energijos kiekis šildymui yra pats didžiausias. [17]

Tarybinių laikų statybos pasekmės jaučiamos vis labiau. Sąlyginai ne trumpą laikotarpį po Lietuvos nepriklausomybės atgavimo centralizuotai tiekiamos šilumos kaina lyginant su vidutiniu darbo užmokesčiu buvo pakenčiama (su kompensacijomis bei lengvatiniu PVM mokesčiu) ir todėl daugiabučiai namai liko „kiauri“ iki dabar. Esama situacija rodo, kad renovuoti senus pastatus (rekonstruojant šildymo ir karšto vandens tiekimo sistemas, šiltinant ir pakeičiant langus su durimis) yra tiesiog būtina. Lyginant naujo ir seno namo santykinę sąnaudas šildymui (kWh/m²), skirtumas gaunamas iki 16 kartų. [17]

Mažeikių mieste daugiabučio namo savininkai (viena bendrija) nusprendė, kad šilumos energijos kainą norėtų mažinti įsirengdami termodinaminio saulės šilumos siurblio sistemą karšto vandens poreikiams tenkinti. Pagal turimus duomenis, vadovaujantis tam tikromis ekonominėmis prielaidomis ir naudojant specializuotas kompiuterines programas, atlikta techninė – ekonominė analizė.

Darbo objektas. Tipinio renovuoto daugiabučio namo, esančio Mažeikių mieste, modernizuojamos buitinio karšto vandens ruošimo sistemos su termodinaminio saulės šilumos siurbliu energinio efektyvumo analizė.

Darbo uždaviniai:

1. atlikti termodinaminio saulės šilumos siurblio analizę.
2. aprašyti termodinaminio saulės šilumos siurblio sistemos karštam vandeniui ruošti projektavimo metodiką ir panaudojimo galimybes.
3. išanalizuoti termodinaminio saulės šilumos siurblio energetinį efektyvumą Mažeikių mieste.
4. įvertinti suprojektuotą termodinaminio saulės šilumos siurblio sistemą ekonominiu požiūriu.
5. pateikti išvadas ir rekomendacijas.

1. Esamos situacijos apžvalga

1.1. Daugiabučių namų aprūpinimas energija

Pagal 2017 m. Statistikos departamento duomenis, 27,2 proc. visoje Lietuvoje suvartojamos galutinės energijos atitenka namų ūkiams. [18] Todėl neracionalus ar neekonomiškas energijos vartojimas, daugiabučiuose gyvenamuosiuose pastatuose, yra didelė problema ir iššūkis šią problemą spręsti. Šiuo metu kai vyksta pakankamai dideliu mastu daugiabučių namų renovacijos procesas, yra tinkamas metas sutelkti dėmesį ir jėgas, priimant energijos aprūpinimo sprendimus šildymo ir karšto vandens ruošimui.

Centralizuotas šilumos tiekimas yra vienas labiausiai paplitusių būdų aprūpinti daugiabučių namų gyventojus šiluma ir karštu vandeniu. Didžiausiuose miestuose centralizuotai tiekiamą šilumą naudoja apie 90 proc. gyventojų. Lietuvoje dažnai peikiamas centralizuotas šilumos tiekimas, nors Europos Sąjungos ekspertų laikomas vienas iš pagrindinių ir perspektyvių šildymo būdų. Prieš kelis dešimtmečius buvęs racionaliausias ir efektyviausias būdas šildyti pastatus, šiandieną keičiasi dėl techninių, ekonominių ir socialinių priežasčių. Šios šilumos tiekimo sistemos tapo nepakankamai efektyvios. Vieną šildymo įprastinę formą, turėtų pakeisti kompleksiniai sprendimai, apjungiantis ekonomišką, taupią, atsinaujinančios energijos rūšis į vieną darnią visumą. Gyvenamųjų pastatų savininkai gali išreikšti savo valią pasirinkti šildymo būdą ir sistemas, atitinkančias šių dienų energijos vartojimo tendencijas.

Šiuo metų daug kalbama ir skatinama, taip pat numatyta ir Lietuvos Respublikos energetikos Nacionalinėje atsinaujinančių energijos išteklių plėtros strategijoje, plėtoti ir didinti atsinaujinančios energijos gamybą, numatyti atsinaujinančių energijos šaltinių finansavimo projektai. Anksčiau, renkantis šildymo tipą ir energijos rūšį, buvo svarbus tik vienas kriterijus – mažiausios investicijos, nes šilumos tiekimas sudarė mažiausią išlaidų šildymui dalį. Dabartinės ekonomikos ir aplinkosaugos supratimu, tokie sprendimai priimami atsižvelgus į sistemos gyvavimo ciklo sąnaudas, bei į aplinkosaugos didinimą. [19]

„Tai, kad iš biokuro gaminama didžioji dalis šilumos – neabejotinai svarbus pasiekimas. Per kitą dešimtmetį Energetikos strategijoje numatyta iš atsinaujinančių šaltinių pagaminti 90 proc. šilumos, bet tolesnės investicijos į brangius biokuro katilus dalyje miestų lemtų šilumos brangimą, nes dėl sezoniškumo pilnu pajėgumu visa ši įranga gali būti naudojama tik 1-2 mėnesius per metus, o kaupti šilumos rezervų kol kas nėra techninių galimybių“, – sako Valdas Lukoševičius, Lietuvos šilumos tiekėjų asociacijos (LŠTA) prezidentas. [20]

Lietuvoje įsibėgėjus daugiaaukščių gyvenamųjų pastatų renovacijai, yra tinkamas laikas priimti, ekonomiškai ir energetiškai pagrįstus sprendimus, dėl šilumos tiekimo ir karšto vandens ruošimo, integruojant atsinaujinančios energijos priemones. Nors šalyje CŠT sistemų modernizacija jau kuris laikas vyksta, išlaidų už šilumą mažėjimas jaučiamas ne taip sparčiai, kaip norėtūsi. Pasenusios CŠT sistemos turi būti pertvarkytos taip, kad galėtų naudoti kaip įmanoma daugiau atsinaujinančių išteklių.

1.2. Daugiabučių namų energijos vartojimo ypatumų apžvalga

Daugiabučių namų gyventojai sudaro didžiausią Lietuvos gyventojų dalį. Skaičiuojama, kad šiuo metu Lietuvoje gyvenančių daugiabučiuose gyventojų yra apie 58,2 proc. (547 tūkstančių butų). [21] Galima daryti prielaidą, kad daugiabučiuose taip pat suvartojama ir didžiausia dalis buitinio karšto

vandens. Ši gyventojų grupė gyvena daugiaaukščiuose gyvenamuosiuose pastatuose kurių didžiausias kontingentas pastatytas nuo 1961 iki 1990 metų. To laikotarpio ir senesni pastatai pribrendę renovacijos procesui ir yra tinkamas metas keisti inžinerines sistemas į taupesnes, draugiškas aplinkai. Lietuvoje renovuojamų gyvenamųjų daugiaaukščių pastatų, kuriuos būtina renovuoti, yra apie 30 tūkstančių. [21]

1.1 lentelėje pateikti duomenys rodo daugiabučių namų statybos intensyvumą skirtingais laikotarpiais chronologine tvarka. Anuomet, statybų piko metu, šiluminės energijos sąnaudos ir kaina nebuvo prioritetas iš sąrašo renkantis inžinerines sistemas šiluminės energijos aprūpinimui. Žvelgiant iš šių dienų laiko retrospektyvos, tokios energijos tiekimo sistemos yra ekonomiškai nuostolingos, prarandančios daug energijos per įvairius šiluminius nuostolius vamzdynuose. [21]

Renovacijų metu, kada gerinama pastatų šiluminė varža, keičiami vamzdynai, šilumos punktai, duoda didžiulę naudą, efektingai mažinant pastatų energijos šildymui suvartojimą, tačiau karšto vandens poreikiai vis vien išlieka stabilūs ir nekintantys. Karštam vandeniui paruošti reikalingas toks pat energijos kiekis kaip ir anksčiau. Renovuotuose pastatuose šis energijos, procentine dalimi, kiekis gali priartėti prie pusės ar daugiau suvartojamos energijos dalies, todėl yra labai svarbi vieta, kur reikia optimizuoti karšto vandens ruošimui reikalingos energijos inžinerines sistemas dėl energijos vartojimo mažinimo. [22]

1.1 lentelė. Daugiabučių namų statybos raida Lietuvoje [23]

Daugiaaukščių gyvenamųjų pastatų statybų raida Lietuvoje	Statybų dalis, %	
Iki 1918	3	Iki 1940 m. pastatyta 10051 daugiabučių gyvenamųjų namų;
1918–1940	11	1941-1960 m. pastatyta 3688 daugiabučių gyvenamųjų namų;
1941–1950	4	1961-1993 m. 20507 pastatyta daugiabučių gyvenamųjų namų;
1951–1960	8	Iki 1993 m. pastatyti 34246 daugiabučiai gyvenamieji namai;
1961–1970	19	
1971–1981	25	Nuo 1951 m. iki 1991 m. šalyje pastatyta apie 70 proc. viso turimo gyvenamojo ploto.
1981–1990	25	
1991–1996	5	

Pastato energijos suvartojimas labai priklauso ne tik nuo pastato konstrukcijų bet ir nuo pasirinktų inžinerinių sistemų.

Visiems senos statybos gyvenamiesiems daugiaaukščiams namams energija šildymui ir karšto vandens tiekimui, įprastai nuo pat daugiabučių statybos pradžios, tiekama iš miestų centralizuotų tinklų. Renovuotuose pastatuose dauguma šilumos punktų jau atnaujinti ir modernizuoti, bet kitų priemonių energijai taupyti, kaip saulės kolektoriai, šilumos siurbliai, vis dar sudaro mažą dalį.

Miesto centralizuoto šilumos tiekimo sistemoms nėra lengva greitai perimti naujoves ar pereiti, pavyzdžiui, prie 4-tos kartos centralizuoto šilumos tiekimo. Gerinti aplinkosauginius rodiklius neužtenka vien tik pakeisti vamzdynus, tam reikalingas visas kompleksas priemonių, kurių sąrašė ir AEI naudojančių inžinerinių sistemų technologijos. Efektyvus AEI naudojančių sistemų taikymas svarbus netik senuose daugiabučiuose, bet ir renovuotuose bei energiją taupančiuose pastatuose.

Pagal Lietuvos ūkio energijos suvartojimą, daugiabučių namų sunaudojama energijos dalis pateikta 1.2 lentelėje.

1.2 lentelė. Metinis energijos taupymo potencialas pagal sektorius [21]

Energijos vartojimo sritis	Galutinis energijos suvartojimas, TWh	Taupymo potencialas, TWh	Taupymo potencialas, %
Daugiabučiai	9,5	3,00	27,40
Viešieji pastatai	4,8	2,50	22,83
1-2 butų gyvenamieji namai	13,9	2,20	20,09
Pramonė	4,3	1,20	10,96
Prekyba ir paslaugos	3,1	1,00	9,13
Transportas	14,3	0,92	8,40
Žemės ūkis	1,2	0,13	1,19

Sektorius turintis didžiausią energijos taupymo potencialą, pagal 1.2 lentelės duomenis, yra daugiabučiai namai. Sutaupymo potencialas siekia 27 proc. ir gali sutaupyti apie 3 TWh energijos.

Pagal STR 2.01.02:2016 „Pastatų energetinis naudingumas. Energetinio naudingumo sertifikavimas“ reglamentą, mažai energijos naudojančių pastatų grupei priskiriami pastatai, patenkantys į B, A, A+ ir A++ energinio naudingumo klases. Kaip rodo praktika, dauguma pastatų prieš renovaciją pagal energetinio klasifikavimo standartus priskiriami D ir E energetines naudingumo grupėms, o juos renovavus, dažniausiai pasiekia C, retesniais atvejais B klasę. [24]

Didelė dalis daugiabučių namų negali pasiekti mažai energijos naudojančių pastatų grupei priskiriamo lygio dėl neefektyviai naudojamos šiluminė energijos. Viena iš priežasčių, tai karšto vandens energijos dalis, kuri po renovacijos dažniausiai nepakinta dėl to, kad yra kreipiamas per mažas dėmesys į taupančias alternatyvias atsinaujinančios energijos sistemas.

„Alternatyvius energijos šaltinius įsidiegti daugiabučiai suvartoja mažiau šilumos energijos ne tik už senus, bet ir už renovuotus daugiabučius bei atsinaujinančių energijos šaltinių neįsirengusius namus. Skaičiuojama, kad naujuose namuose alternatyvių energijos šaltinių diegimas atsiperka per keliolika metų, o renovuotuose daugiabučiuose dar greičiau, nes atsinaujinančių išteklių diegimui, kaip ir kitoms atnaujinimo priemonėms, skiriama 30 % valstybės parama (nuo 2017 m. lapkričio 1 d.).“ [22]

1.3. Atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimo svarba darniam valstybės vystymuisi

Buvusios naftos krizės metu 1973 metais, dėl prasidėjusių embargo sankcijų smarkiai išaugo naftos kainos pasaulinėse rinkose (nuo 3 iki 12 dolerių už barelį). Tai palietė pirmiausia JAV ir jos sąjungininkes Europos šalis. Šį šuolį lėmė ginkluoti neramumai kurie vėliau peraugo į karą tarp Arabų ir Izraelio šalių. Nors embargo truko tik penkis mėnesius, jo pasekmės matomos ir šiandien. Šis įvykis paskatino visas šalis susimąstyti apie energetinę nepriklausomybę nuo importuojamos naftos. Sekantis etapas nulėmęs atsinaujinančios energetikos vystymąsi, tai klimato kaitos problemos dėl pasaulinio atšilimo. Pristabdyti šį klimato kaitos procesą imtasi priemonių kuriant inovatyvias technologijas atsinaujinančiai energijai gaminti. Saulės energijos panaudojimas buvo vienas iš perspektyviausių technologijų, naudojamų Europos šalyse. [25]

Valstybės ekonomika yra glaudžiai susijusi su energetine nepriklausomybe, todėl garantuotas energetinis saugumas leidžia eiti darnaus vystymosi link, kurti darnios valstybės vystymosi modelį. Visų valstybių darnaus vystymosi požiūris ir supratimas energetikos sektoriuje skirtingas, ypač kai kalbama apie naudojamų kuro rūšių pasirinkimą šilumos ir elektros gamybai. Šis Europos šalių darnaus vystymosi supratimas priklauso nuo geografinės padėties, ekonomikos lygio, energijos

vartojimo ir panašių kriterijų. Bet svarbiausia yra politikos tradicijos ir vykdomosios valdžios nuostatos.

Lietuvos Respublikos energetikos Nacionalinėje atsinaujinančių energijos išteklių plėtros strategijoje, patvirtintoje LR Vyriausybės 2017 m., atsinaujinančių išteklių plėtra yra vienas iš svarbiausių valstybės energetikos politikos prioritetų. Atsinaujinanti energetika, turi labai didelę reikšmę vystant atsinaujinančių energijos šaltinių plėtra. [26]

Šioje Strategijoje kryptingai laikomasi pozicijos, kad 2020 metais atsinaujinančių energijos išteklių dalis, palyginus su šalies bendruoju galutiniu energijos suvartojimu, turi sudaryti ne mažiau kaip 29 proc. visų pirminės energijos išteklių. Tai taptų pakankamai reikšminga dalis visos šalies energetikoje.

Iš atsinaujinančios energijos šaltinių šilumos poreikiams padengti, turi būti naudojama ne mažiau 60 procentų visos suvartojamos energijos, o namų ūkiuose atsinaujinančių energijos išteklių dalį šildymui sunaudojamų energijos išteklių balanse padidinti ne mažiau kaip iki 80 procentų. Elektros energija turi būti gaminama tik švariose elektrinėse, drastiškai mažinant anglies dioksido emisijas į aplinką. Taip pat siekiama taip sukurti naujų darbo vietų, skatinti mokslinius tyrimus kurie didintų galimybes patentuoti ir gaminti naujus įrenginius energijai gaminti iš atsinaujinančių energijos šaltinių, vystyti naujų technologijų plėtra. [26]

Elektros, šilumos energetikos bei transporto sektoriuose, kuo geriau patenkinti energijos poreikį vidaus ištekliais, atsisakant importuojamo taršaus iškastinio kuro, taip padidinant energijos tiekimo saugumą, energetinę nepriklausomybę ir prisidėti prie tarptautinių pastangų mažinti šiltnamio reiškinių sukeliančių dujų emisijas. [26]

Remiantis kitų valstybių praktika ir pavyzdžiais, išskirtinumą turi Vokietija, Norvegija ir Jungtinė Karalystė. Vokietija intensyviai investuoja į vėjo, biomasės deginimo ir saulės energetiką. Vokietijos federalinės energetikos tinklų agentūros duomenimis, 2018 m. pirmąjį pusmetį buvo pagaminta 105,5 mlrd. kilovatvalandžių elektros energijos. [27]

Norvegija didžiąją dalį elektros energijos gamina hidroelektrinėse, o Jungtinėje Karalystėje, iki 2030 m. net 80 % reikalingos elektros energijos planuojama pagaminti naudojant vėjo, bangų bei potvynių ir atoslūgių energiją. Šie šaltiniai galėtų patenkinti net 50% visos Jungtinės Karalystės elektros energijos poreikio. [23]

Peršasi išvada, kad kuo didesnis reikalingos energijos kiekis pagaminamas iš atsinaujinančių energijos išteklių, tuo labiau tausojama gamta ir vis stipriau įtvirtinama šalies energetinė nepriklausomybė. Sėkmingai Įgyvendinant Nacionalinę atsinaujinančių energijos išteklių plėtros strategiją ir remiantis kitų šalių, labiau patyrusių atsinaujinančių energijos išteklių srityje, patirtimi, bei bendradarbiaujant, būtų galima pasiekti, kad atsinaujinančių energijos išteklių sektorius taptų pagrindine šalies ekonomikos varomąja jėga.

Energijos gamyba naudojant atsinaujinančius energijos šaltinius neabejotina darnios energetikos vystymosi perspektyva ir ateitis. Dėl didelio masto atsinaujinančios energetikos plėtojimo siekiant 2050 m. - 100% energijos gauti iš atsinaujinančių energijos išteklių, tyrimai ir analizės rodo didelį ekonominį augimą ir socialinius privalumus, tokius kaip bendrą sveikatos gerėjimą, naujų darbo vietų kūrimą, pajamų augimą. Apie tai, iš dalies, kalbama ir Nacionaliniame atsinaujinančių išteklių

energijos veiksnių plane. Akcentuojama, kad atsinaujinančių energijos išteklių plėtra yra perspektyvi tradicinės energetikos alternatyva, nes iškastinių energijos išteklių deginimas labai didina aplinkos taršą, greitina klimato atšilimą. Atsinaujinančių išteklių naudojimas sumažina klimato kaitą, turi įtakos skurdo mažėjimui, sprendžia ekonomines ir energetines atskirties problemas. Pasaulinės iškastinių energijos išteklių atsargos tendencingai senkančios yra ribotos, o kainos ateityje gali tapti neprognozuojamos. Lietuvoje, nacionaliniu požiūriu, naudoti vietinį iškastinį kurą, tokį kaip durpes, naftą, galimybės mažos. Todėl svarbu kuo labiau vystyti ir naudoti atsinaujinančią energiją. [9]

Saulės, vėjo, biomasės, geoterminės energijos rūšys, patenkančios į atsinaujinančios energijos sąrašą, nepriklausomai viena nuo kitos, sulaukė gausaus investicijų padidėjimo, investicijos padidėjo iki keturių kartų ir siekia 120 mlrd. JAV dolerių. Tai rodo, kad ekonominė reikšmė atsinaujinančių energijos šaltinių nuolatos auga ir yra iš ties didelė. [25]

Mintis, jog svarbiausias atsinaujinančių energijos išteklių plėtros motyvas yra rūpestis iš esmės tik aplinkosauga, paneigia faktas jog LR Žemės ūkio ministerija 2009 m. atsinaujinančią energetiką pripažino remtina sritimi Lietuvos kaimo plėtros programoje. Toks įvairiapusiškas atsinaujinančių energijos išteklių teikiamos naudos suvokimas skatina įvairius ekonominius bei socialinius veiksmus ir nulemia tolesnę jų eigą. O viską apimanti socialinio, ekonominio ir aplinkos apsaugos sektorių darni sąveika nulemia pasaulio, regiono ar šalies vystymąsi, bei tuo pačiu užtikrina mūsų išipareigojimų ateities kartoms įgyvendinimą.

Visą energetikos sistemą, turinčią didelę reikšmę šalies ekonomikai ir tuo pačiu bendram šalies vystymuisi, klasifikuoja tik į dvi kategorijas – technologijas atitinkančias darnaus vystymosi principus, ir nedarnias technologijas. Į šią grupę patenka netgi viena atsinaujinančių energijos išteklių rūšis – hidroenergetika. [26]

Tačiau, ne visos atsinaujinančių energijos išteklių technologijos gali būti priskirtos prie darnios energetikos. Nedarnioms energetikos technologijoms priskirtos anglies, dujų, naftos jėgainės ir branduolines elektrines, o darnaus vystymosi principus atitinkančiomis technologijomis laikomos vėjo, saulės jėgainės, geoterminė ir biomasės energija. Prie šių technologijų galima priskirti ir ateities technologijas, tokias kaip kuro elementai ir vandenilis. Pagrindinė suskirstymo į darnios ir nedarnios technologijų sistemas esmė, kad darnios energetikos technologijos laikomos su mažomis anglies dioksido emisijomis. Yra autorių iš dalies nesutinkančių su tokiu suskirstymu. C. D. Fegusonas įsitikinęs, kad branduolinė energija vis dar turėtų užimti reikšmingą dalį vertinant skirtingas energetikos technologijas. Tai turėtų būti bendri vyriausybės ir pramonės atstovų sprendimai, lemiantys tai, kokią reikšmę tokia energetikos išteklių rūšis užims artimiausiu metu. Tačiau svarbu yra tai, jog tai bus tik iki tada, kai atsinaujinančių energijos išteklių technologijos taps galinčiomis pakeisti branduolinę energetiką. [28]

1.4. Energijos iš atsinaujinančių išteklių naudojimo vizija

Ilgalaikė atsinaujinančios energijos išteklių naudojimo vizija ir plėtra numatyta Nacionalinėje energetikos strategijoje, patvirtintoje Lietuvos Respublikos Seimo 2017 m. Šiame dokumente išdėstyta strategija ir uždaviniai 2020, 2030, ir 2050 m. veiksnių plane. Numatyta kurti palankias sąlygas atsinaujinančių energijos išteklių vystymui elektros, šilumos energetikos ir transporto sektoriuose. Didinant energijos vartojimo efektyvumą bus prisidedama prie klimato kaitos ir neigiamos įtakos aplinkai mažinimo.

Kadangi didžiausias energijos taupymo potencialas yra pramonės, pastatų ir transporto sektoriuose, bus skatinamas daugiabučių ir viešųjų pastatų atnaujinimas, mažo energetinio intensyvumo ir energijos vartojimo efektyvumą didinančios pramonės šakos. [29]

„Energija turi būti ne tik žalia ir švari, bet ir konkurencinga. Energetikos konkurencingumo požiūriu svarbiausias Strategijos tikslas - užtikrinti, kad gyventojų išlaidų dalis už energiją bendrose vartojimo išlaidose mažėtų, o pramonei energijos išteklių kainos būtų ne didesnės nei regiono valstybėse. Siekiant šio tikslo, svarbu užtikrinti, kad perėjimas nuo iškastinių energijos šaltinių prie atsinaujinančių energijos išteklių būtų sklandus, ekonomiškai pasvertas ir sutaptų su turimos energetikos infrastruktūros tarnavimo laikotarpiu. Toks kelias strategijoje ir pasirinktas“, - sako energetikos ministras Žygmantas Vaičiūnas.

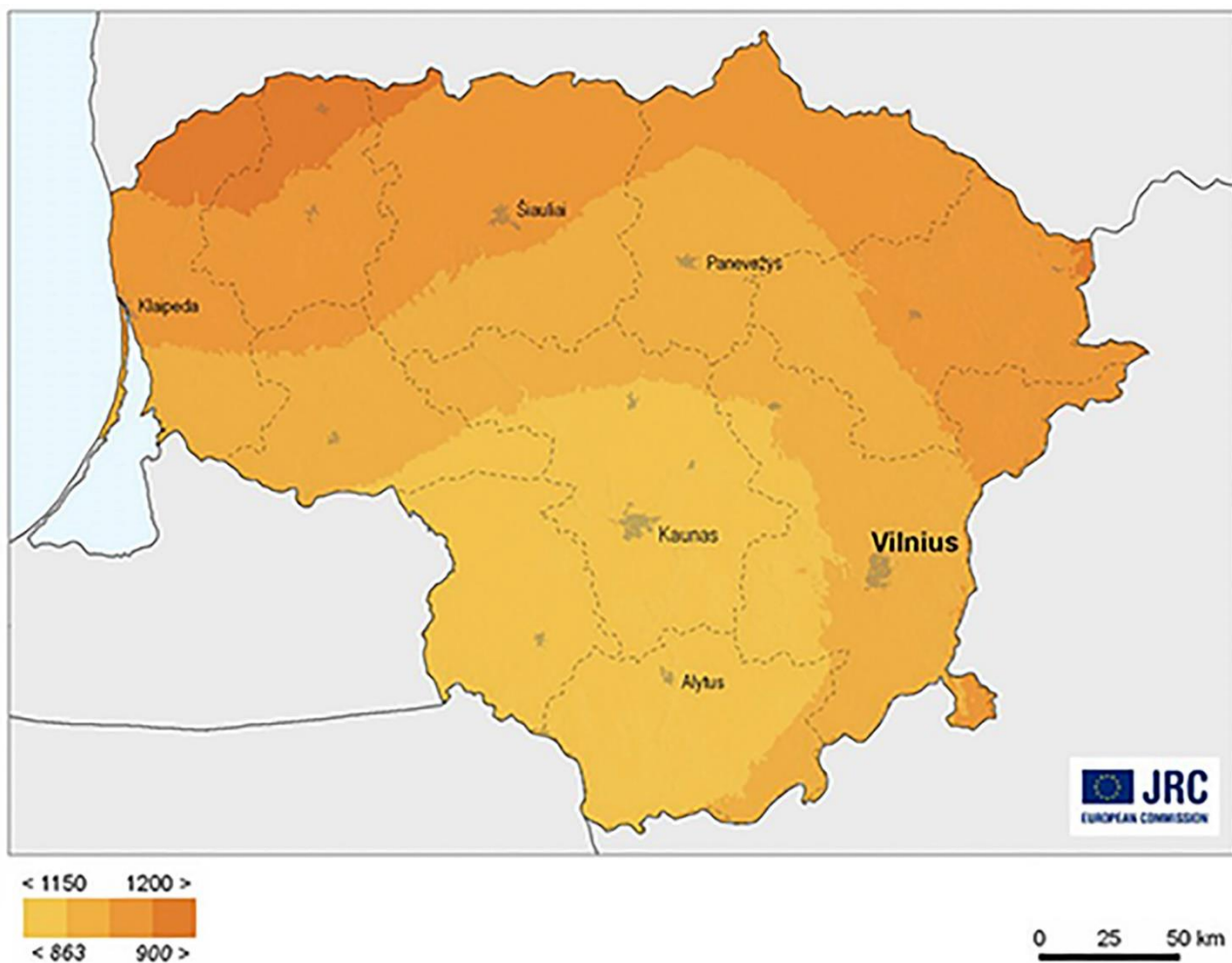
Nacionalinėje energetikos strategijoje AEI dalis galutiniame energijos suvartojimo balanse 2020 m. numatyta 30 proc., 2030 m. 45 proc. ir 2050 m. 80 proc. AEI ir vietinių išteklių dalis centralizuoto šilumos tiekimo sektoriuje turės sudaryti 2020 m. 70 proc., 2030 m. 90 proc., o 2050 metais turi pasieki 100 proc. [30]

Tokia Valstybės strategija ir vizija dar labiau skatina investuoti į atsinaujinančios energijos technologijas, jas pritaikant daugiabučių namų karštam vandeniui ruošti.

1.5. Saulės energijos potencialas Lietuvoje

Pagal atliktus tyrimus, Lietuvoje metinis vidutinis saulės spinduliuotės energijos kiekis krintantis į 1 m² plotą, siekia truputi daugiau nei 1000 kWh/m² ir yra pakankamas, kad būtų galima efektingai naudoti saulės technologijų sistemas. Europoje pirmaujančiose šalyse Vokietijoje, Ispanijoje, metinis vidutis saulės spinduliuotės energijos kiekis labai neišsiskiria nuo Lietuvos regiono, o Skandinavijos ir Jungtinės Karalystės šalis, Lietuva pagal saulės spinduliuotės energijos kiekį aplenkia. [31]

Vidutinė metinė saulės spinduliuotė Lietuvoje (kWh/m²) yra pateikta 1.1 paveiksle. Saulės spinduliuotės pasiskirstymas Lietuvoje nevienodas – Vakarinėje šalies dalyje saulės spindulinės energijos kiekis yra didesnis negu Centrinėje ar Rytinėje Lietuvoje. Paroje į horizontalų m² paviršių išspinduliuotas spindulinės energijos kiekis birželio mėnesį pasiekia 5,8 kWh, o sauso tik 0,55 kWh. [22]



1.1 pav. Vidutinė metinė saulės spinduliuotė Lietuvoje (kWh/m²) [43]

1.5 lentelėje pateikta vidutinė mėnesinė saulės spindulinės energijos ekspozicija Lietuvoje, į horizontalų paviršių. Gaunamos saulės spinduliuotės kiekis priklauso nuo metų laiko, platumos, kuri lemia Saulės aukštį virš horizonto ir atmosferos būklės. [28] Gegužės, birželio ir liepos mėnesiais saulės spinduliuotės energijos kiekis fiksuojamas didžiausias, o nuo lapkričio iki vasario mažiausias.

Didžiausi saulės energijos ištekliai yra vakarinėje šalies dalyje prie jūros, kur maksimali metinė ekspozicija Nidos teritorijoje horizontaliojoje plokštumoje siekia 1042 kWh/m². Mažiausi fiksuojami saulės energijos ištekliai yra šiaurės rytinėje ir rytinėje šalies dalyje Biržuose, kur minimali metinė ekspozicija horizontaliojoje plokštumoje siekia 926 kWh/m². [31]

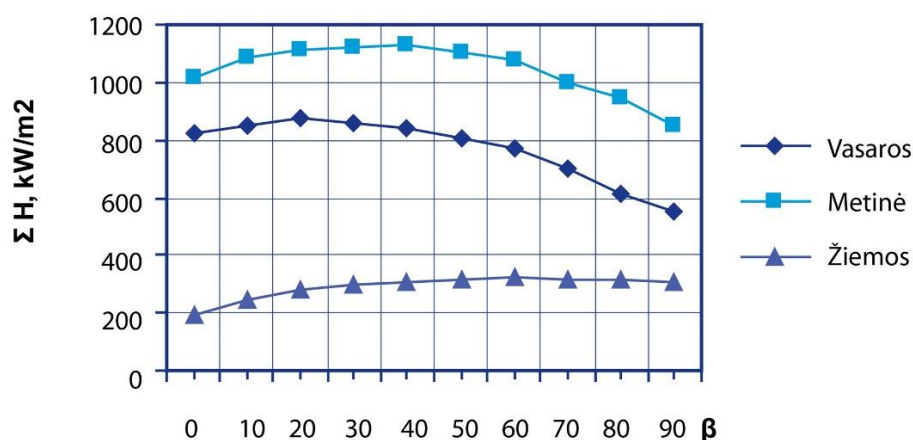
Esant ir tokiems gana nedideliems energijos kiekiams, saulės energiją šiluminės energijos poreikiams galima išnaudoti pakankamai efektyviai.

Remiantis sinusoidės dėsnio, energinė saulės spinduliuotė nuolat kinta ir aukščiausią maksimalų tašką pasiekia vidurdienį. Rudens ir žiemos sezono metu, tiesioginė spinduliuotė sudaro mažiau nei 35 proc. pilnutinės spinduliuotės, o didesnę laiko tarpą turime sklaidžiąją spinduliuotę.

Vasarą sezono metu nuo gegužės iki rugsėjo tiesioginė ir pilnoji spinduliuotė pasiskirsto po lygiai: 50/50 proc. Sklaidžioji spinduliuotė, kai dangus giedras, yra mažiausia: vasaros metu siekia nuo 3 iki 15 proc., žiemos 30–42 proc. Išskirtiniais atvejais esant skaidriai atmosferai, būna vasaros dienų, kai pilnoji energinė apšvieta pasiekia nuo 0,98 iki 1,12 kW/m². [32]

Ne mažiau svarbus saulės spinduliuotės energinis rodiklis, tai Saulės spindėjimo trukmė. Laikotarpis, kai Saulės energinė apšvieta didesnė nei $0,21 \text{ kW/m}^2$.

Kolektoriaus polinkio kampo β parinkimas



1.2 pav. Saulės pilnutinės energijos ΣH , krentančios į kolektoriaus paviršių skirtingais metų laikais, efektyvumo laipsnis pagal kolektoriaus pasvirimo kampą β

Saulės energijos krentančios į kolektoriaus paviršių nukreipto pietų kryptimi efektyvumo laipsnis, priklausantis nuo kolektoriaus pasvirimo kampo. (LŽŪI instituto duomenys) pateikti 1.2 pav. Pagal paveikslėlyje pavaizduotą grafiką, galime orientuotis, kokį saulės kolektoriaus pasvirimo kampą geriausiai parinkti montuojant, kad į kolektoriaus paviršių kristų maksimalus saulės energijos srautas.

1.3 lentelė. Saulės spinduliuotės trukmė valandomis [33]

Nr.	HMS	Saulės spinduliuotės trukmė h_k , valandomis įvairiais metų mėnesiais												
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Per metus
1	Šilutė	39	68	131	185	263	287	274	246	169	103	41	30	1836
2	Nida	37	65	131	189	265	290	281	254	171	102	42	30	1857
3	Kaunas	40	68	128	175	251	265	256	238	160	99	41	30	1751
4	Vilnius	41	70	126	165	243	250	243	234	150	96	42	30	1690
5	Telšiai	37	66	126	182	263	286	266	242	169	104	45	32	1818
6	Šiauliai	36	65	125	176	263	277	261	243	167	100	42	29	1784
7	Klaipėda	34	65	122	180	264	285	274	252	167	100	40	28	1811
8	Vėžaičiai	35	66	123	182	262	263	265	241	166	101	38	28	1790
9	Utena	39	68	123	170	248	259	252	229	151	95	40	28	1702
10	Biržai	28	59	119	170	254	266	258	233	149	89	29	16	1670
11	Dotnuva	31	62	128	180	263	279	269	249	163	96	32	20	1772
12	Dūkštas	29	60	120	171	256	268	261	236	151	90	30	17	1689
13	Kybartai	48	75	134	180	254	268	260	241	165	105	48	38	1815
14	Lazdijai	46	74	134	181	257	271	262	244	166	105	47	36	1823
15	Varėna	32	64	125	167	252	260	252	243	151	92	33	20	1691

Vasarą polinkio kampas turėtų būti $15\text{--}45^\circ$, žiemą – $50\text{--}90^\circ$, o visais metais – $30\text{--}60^\circ$ [6]

Nepaisant, kad Lietuvos geografinė teritorija pagal koordinates ribojasi ties $53^\circ\text{--}56^\circ$ šiaurės platumu, saulės išspinduliuota energija, į įvairiai orientuotą m^2 plokštumą Lietuvos įvairiuose miestuose, per metus vidutiniškai sudaro 850 kWh saulės energijos. Šis pasiskirstymas parodytas 1.4 lentelėje.

1.4 lentelė. Energijos kiekis kWh/metus tenkantis 1 m² į įvairiai orientuotą plokštumą [33]

Eil. Nr.	Vietovė	Statmena plokšt.	Horizontali plokšt.	Rytai	Pietryčiai	Pietūs	Pietvakariai	Vakarai
1	Šilutė	1141	1029	676	804	825	790	650
2	Nida	1439	1042	684	811	832	797	658
3	Kaunas	1354	976	644	774	801	762	620
4	Vilnius	1306	939	622	754	783	744	599
5	Telšiai	1407	1018	669	798	820	784	648
6	Šiauliai	1380	996	631	786	810	773	631
7	Klaipėda	1402	1013	666	795	818	782	641
8	Vėžaičiai	1369	988	651	781	806	769	626
9	Utena	1316	946	626	757	786	746	603
10	Biržai	1290	926	614	746	777	736	591
11	Dotnuva	1370	989	652	782	807	770	627
12	Dūkštas	1305	938	621	752	783	742	598
13	Kybartai	1405	1015	670	795	818	784	643
14	Lazdijai	1411	1021	671	799	821	786	645
15	Varėna	1307	939	622	753	787	742	599

Saulės kolektoriaus krypties paklaida $\pm 20^\circ$ pietų kryptimi didelės įtakos neturi, bet jei azimuto kampo nuokrypis bus didesnis, šios energijos kiekis krentantis į kolektoriaus paviršių ženkliai mažėja.

Saulės spindulinė energija naudojama elektros energijos gamybai fotoelektrinių keitiklių pagalba ir šilumos gamybai, kai vanduo šildomas saulės kolektoriais.

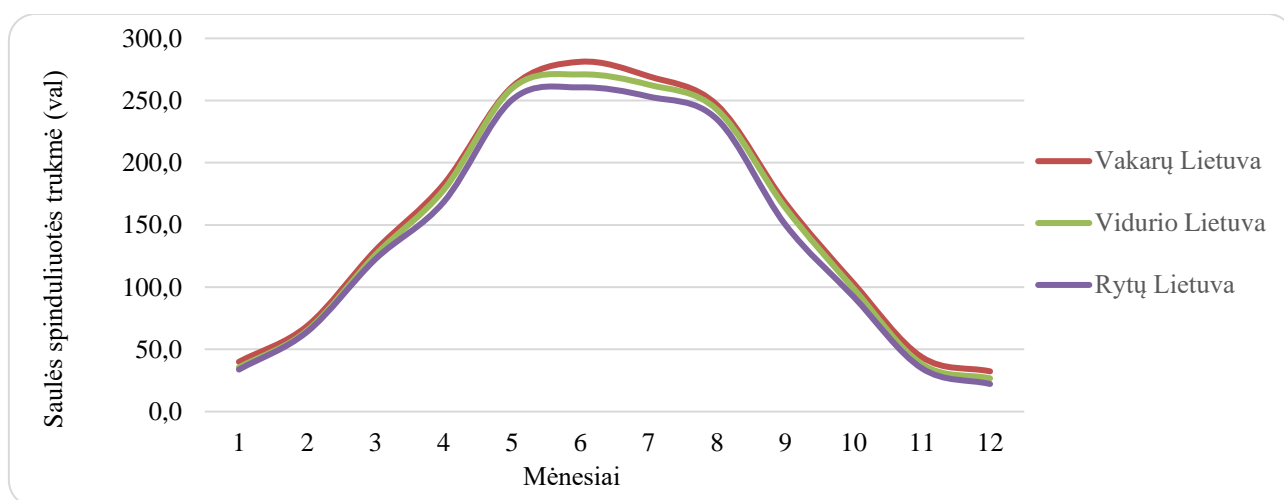
1.5 lentelė. Vidutinis mėnesinis saulės spindulinės energijos kiekis krintantis į horizontalų paviršių Lietuvoje (kWh/m²) [33]

Eil. Nr.	Vietovė	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
1	Šilutė	15	33	72	106	154	169	161	143	96	55	16	9
2	Nida	14	31	72	108	155	171	165	148	97	54	17	10
3	Kaunas	16	33	70	99	146	155	150	138	90	52	16	9
4	Vilnius	16	34	69	93	142	146	142	136	84	50	17	10
5	Telšiai	14	32	69	104	154	168	156	141	96	55	19	11
6	Šiauliai	13	31	68	100	154	163	153	142	94	53	17	9
7	Klaipėda	12	31	67	102	155	168	161	147	94	53	16	8
8	Vėžaičiai	13	32	67	104	153	154	155	140	94	53	14	8
9	Utena	15	33	67	96	145	151	147	133	84	50	16	8
10	Biržai	8	27	65	96	148	156	151	135	83	46	9	2
11	Dotnuva	10	29	70	103	154	164	158	145	92	50	11	3
12	Dūkštas	9	28	65	97	150	157	153	137	84	47	10	1
13	Kybartai	20	37	74	103	148	157	152	140	93	56	21	14
14	Lazdijai	19	37	74	103	150	159	153	142	94	56	20	13
15	Varėna	11	31	68	94	147	152	147	142	85	48	11	3

Vidutinis metinis saulės spindulinės energijos kiekis, krintantis į ploto vienetą, priklauso nuo saulės energijos ekspozicijos plokštumos ir nuo to, kuria kryptimi yra orientuota plokštuma. Saulės energijos ekspozicijos plokštuma gali būti statmena saulės spinduliui, horizontali arba vertikali. Plokštumai, kuri yra statmena saulės spinduliui, tenka didesnis saulės spindulinės energijos kiekis negu horizontaliai ar vertikaliai plokštumai. Vertinant pagal tai, kuria kryptimi yra orientuota vertikali plokštuma, didžiausias vidutinis metinis spindulinės energijos kiekis tenka į Pietus orientuotai

vertikaliai plokštumai. Skirtumas, susidarantis tarp daugiausiai spindulinės energijos gaunančios saulės spinduliui statmenos plokštumos ir mažiausiai gaunančios vertikalios plokštumos, orientuotos į rytus, gali skirtis daugiau negu du kartus.

Vidutinės mėnesinės saulės spinduliuotės trukmės kitimas skirtingose Lietuvos teritorijose pažymėtas 1.3 paveiksle. Visa Lietuvos teritorija pagal saulės spinduliuotės trukmę padalinta į tris dalis – Vakarų, Vidurio ir Rytų. Ilgiausia saulės spinduliuotės trukmė yra balandžio – rugpjūčio, o mažiausia – gruodžio ir sausio mėnesiais. Saulės spinduliuotės trukmė birželio mėnesį Vakarų Lietuvoje yra 281,2 val., Vidurio Lietuvoje 271 val., o Rytų Lietuvoje – 260,6 val. Saulės spinduliuotės trukmė gruodžio mėnesį Vakarų Lietuvoje yra 32,3 val., Vidurio Lietuvoje 26,6 val., Rytų Lietuvoje siekia 22,2 val.



1.3 pav. Vidutinė mėnesinė saulės spinduliuotės trukmė skirtingose Lietuvos teritorijose [7]

Skirtingų saulės spinduliuotės rūšių mėnesiniai matavimo duomenys Kauno meteorologijos stotyje yra pateikiami 1.6 lentelėje. Didžiausia tiesioginė saulės spinduliuotė į statmeną paviršių buvo balandžio mėnesį ir siekė 686,82 MJ/m², o mažiausia gruodžio mėnesį – 19,36 MJ/m². Išsklaidytoji saulės spinduliuotė didžiausią reikšmę įgijo birželio mėnesį, kai siekė 298,84 MJ/m², o mažiausią gruodžio mėnesį – 30,11 MJ/m². Bendrosios saulės spinduliuotės didžiausia reikšmė buvo balandžio mėnesį (613,3 MJ/m²), o mažiausia gruodžio mėnesį – 33,60 MJ/m². Atspindėtoji saulės spinduliuotė didžiausia buvo balandžio (113,72 MJ/m²), o mažiausia gruodžio mėnesį (12,18 MJ/m²).

1.6 lentelė. Skirtingų saulės spinduliuotės rūšių mėnesiniai matavimų duomenys Kauno meteorologijos stotyje [34]

Mėnesiai	Tiesioginės saulės spinduliuotės į statmeną paviršių valandos sumos, MJ/m ² (mėn. suma)	Išsklaidytosios saulės spinduliuotės valandos sumos, MJ/m ² (mėn. suma)	Bendrosios saulės spinduliuotės valandos sumos, MJ/m ² (mėn. suma)	Atspindėtosios saulės spinduliuotės valandos sumos, MJ/m ² (mėn. suma)	Suminės saulės spinduliuotės valandos intensyvumas, W/m ² (mėn. vidurkis)
1	82,70	47,30	62,60	41,30	69,00
2	129,63	92,98	132,07	91,45	127,00
3	135,76	159,24	218,95	81,53	166,00
4	686,82	170,30	542,41	110,31	323,00
5	570,79	264,32	613,30	131,72	331,00
6	307,50	298,84	502,07	98,65	261,00

1.6 lentelė. (tęsinys)

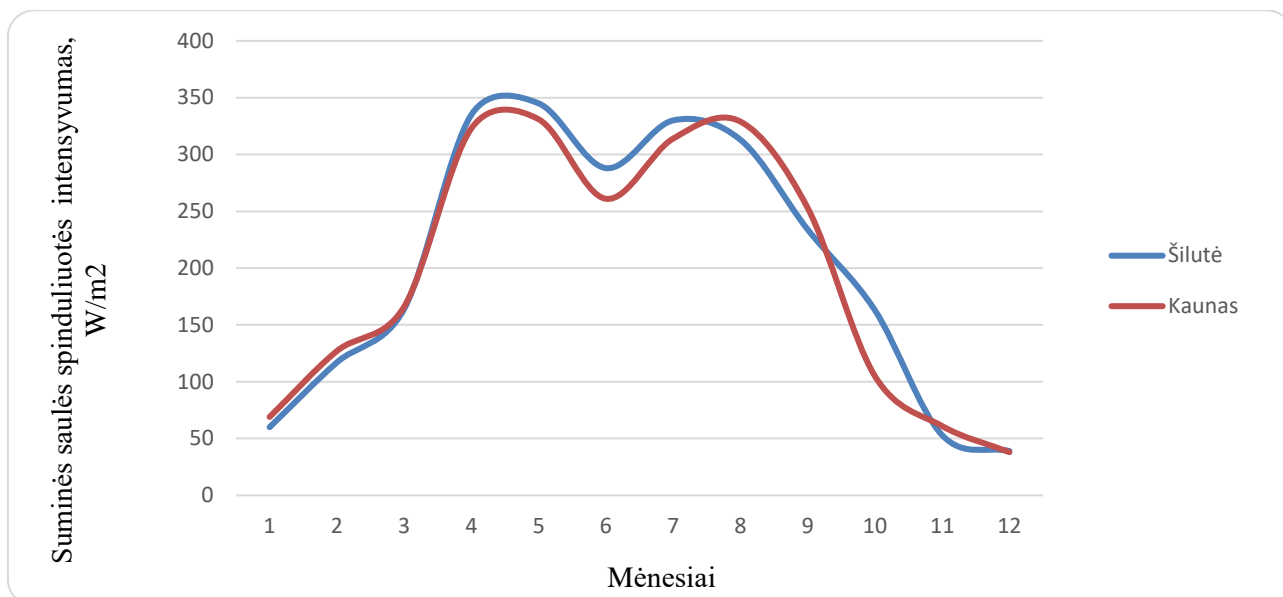
Mėnesiai	Tiesioginės saulės spinduliuotės į statmeną paviršių valandos sumos, MJ/m ² (mėn. suma)	Išsklaidytosios saulės spinduliuotės valandos sumos, MJ/m ² (mėn. suma)	Bendrosios saulės spinduliuotės valandos sumos, MJ/m ² (mėn. suma)	Atspindėtosios saulės spinduliuotės valandos sumos, MJ/m ² (mėn. suma)	Suminės saulės spinduliuotės valandos intensyvumas, W/m ² (mėn. vidurkis)
7	494,69	296,10	603,22	127,35	314,00
8	599,44	222,95	564,67	120,04	329,00
9	423,49	152,29	362,65	79,55	253,00
10	135,56	81,09	129,00	25,80	105,00
11	72,77	40,65	57,87	11,80	61,00
12	19,36	30,11	33,60	12,18	38,00

1.7 lentelėje yra pateikiami skirtingų saulės spinduliuotės rūšių mėnesiniai matavimo duomenys Šilutės meteorologijos stotyje. Didžiausia saulės spinduliuotė į statmeną paviršių buvo balandžio mėnesį ir siekė 702,17 MJ/m², o mažiausia gruodžio mėnesį – 22,08 MJ/m². Išsklaidytoji saulės spinduliuotė didžiausią reikšmę įgijo birželio mėnesį, kai siekė 328,01 MJ/m², o mažiausią gruodžio mėnesį – 31,37 MJ/m². Bendrosios saulės spinduliuotės didžiausia reikšmė buvo balandžio mėnesį (646,04 MJ/m²), o mažiausia gruodžio mėnesį – 35,07 MJ/m². Atspindėtoji saulės spinduliuotė didžiausia buvo balandžio (144,03 MJ/m²), o mažiausia gruodžio mėnesį (12,53 MJ/m²).

1.7 lentelė. Skirtingų saulės spinduliuotės rūšių mėnesiniai matavimų duomenys Šilutės meteorologijos stotyje [34]

Mėnesiai	Tiesioginės saulės spinduliuotės į statmeną paviršių valandos sumos, MJ/m ² (mėn. suma)	Išsklaidytosios saulės spinduliuotės valandos sumos, MJ/m ² (mėn. suma)	Bendrosios saulės spinduliuotės valandos sumos, MJ/m ² (mėn. suma)	Atspindėtosios saulės spinduliuotės valandos sumos, MJ/m ² (mėn. suma)	Suminės saulės spinduliuotės valandos intensyvumas, W/m ² (mėn. vidurkis)
1	68,89	42,48	57,79	15,58	60
2	116,56	87,71	117,47	58,35	117
3	182,01	152,79	226,78	56,24	164
4	702,17	178,49	524,46	120,17	335
5	651,64	279,03	646,04	144,03	345
6	422,92	328,01	560,61	118,0	288
7	603,86	299,33	643,0	131,64	330
8	575,36	241,68	541,17	124,78	313
9	381,09	171,11	338,37	72,68	234
10	198,35	103,84	180,27	42,45	163
11	54,42	39,99	52,71	10,02	53
12	22,08	31,37	35,07	12,53	39

Suminės saulės spinduliuotės intensyvumo kitimas Lietuvoje per metus (W/m²) yra pavaizduotas 1.4 paveiksle. Suminės saulės spinduliuotės intensyvumo duomenys naudoti remiantis Šilutės ir Kauno meteorologijos stočių informacija. Aukščiausias intensyvumas Šilutėje buvo balandžio – liepos mėnesiais, tuo tarpu žemiausias lapkritį ir gruodį. Gegužės mėnesį intensyvumas siekė 345 W/m², o gruodį tik 39 W/m². Kaune aukščiausias intensyvumas buvo balandžio – gegužės ir liepos – rugpjūčio mėnesiais, tuo tarpu žemiausias lapkričio – gruodžio mėnesiais. Aukščiausia intensyvumo reikšmė siekė 331 W/m² (balandžio mėnesį), o žemiausia - 38 W/m² (gruodžio mėnesį).



1.4 pav. Suminės saulės spinduliuotės intensyvumas Lietuvoje per metus (W/m^2) [33]

Kaip matome iš pateiktų duomenų, saulės spindulinės energijos kiekis krintantis į Lietuvos paviršių ir saulėtų valandų kiekis per metus yra pasiskirstęs netolygiai. Vertinant atskirų Lietuvos teritorijų perspektyvumą saulės energetikos technologijos plėtoti galime išskirti kelias sritis. Pirmajai - perspektyviausiai sričiai - galime priskirti Vakarų Lietuvą (Nidą, Klaipėdą, Šilutę, Kybartus, Lazdijus). Čia saulėtų valandų skaičius per metus ir saulės spindulinės energijos kiekis, krintantis į horizontalų paviršių, yra didžiausias ir siekia $1013 - 1042 \text{ kWh}/\text{m}^2$. Mažiau perspektyvi yra Vidurio Lietuva (Šiauliai, Kaunas, Vėžaičiai, Dotnuva). Čia spindulinės energijos kiekis į horizontalų paviršių siekia $976 - 996 \text{ kWh}/\text{m}^2$. Ir galiausiai mažiausiai perspektyvi vieta saulės energetikai plėtoti yra Rytų Lietuva (Vilnius, Varėna, Utena, Biržai, Dūkštas). Čia vidutiniškai per metus į horizontalų paviršių krinta $926 - 946 \text{ kWh}/\text{m}^2$ saulės spindulinės energijos. Kadangi Lietuvos teritorija užima sąlyginai nedidelį plotą tai ir skirtumai tarp rytinės ir vakarinės Lietuvos sričių vertinant spindulinės energijos kiekį, krintantį į horizontalų paviršių, nėra labai dideli. Šalies skirstymas į palankias, mažiau palankias ir mažiausiai perspektyvias saulės energetikos plėtojimui teritorijas jokių būdu nereiškia kad, pavyzdžiui, Rytų Lietuvoje yra nenaudinga įrenginėti saulės energetikos technologijas – lyginant su Vakarų Lietuva čia generuojamos energijos kiekis bus mažesnis, tačiau to vis tiek užteks norint patenkinti vietinius šiluminės ar elektros energijos poreikius.

2. Tiriamojo objekto aprašymas

2.1. Tiriamojo daugiabučio bendri duomenys

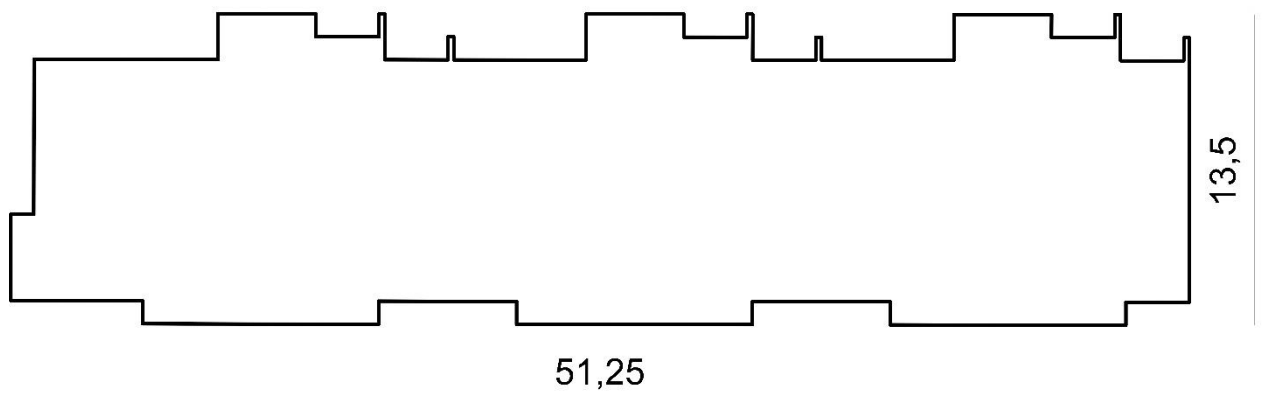
Analizei pasirinktas renovuotas, stambiaplokštis tipinis daugiabutis namas Mažeikių mieste. Gyvenamojo daugiaaukščio pastato dydis, butų išdėstymas, pastato konstrukcijos, atitvarų charakteristikos atitinka daugumos Lietuvoje esančių daugiabučių charakteristikas. Daugiabutis gyvenamasis namas pastatytas 1975 metais.

Nagrinėjamas daugiabutis yra penkių aukštų, plokščiu sutapdintu stogu, kurio plotas 643,47 m², butų skaičius 43, bendras gyvenamasis plotas 2331,34 m². Tiriamojo pastato fasadas pateikiamas 2.1 pav.



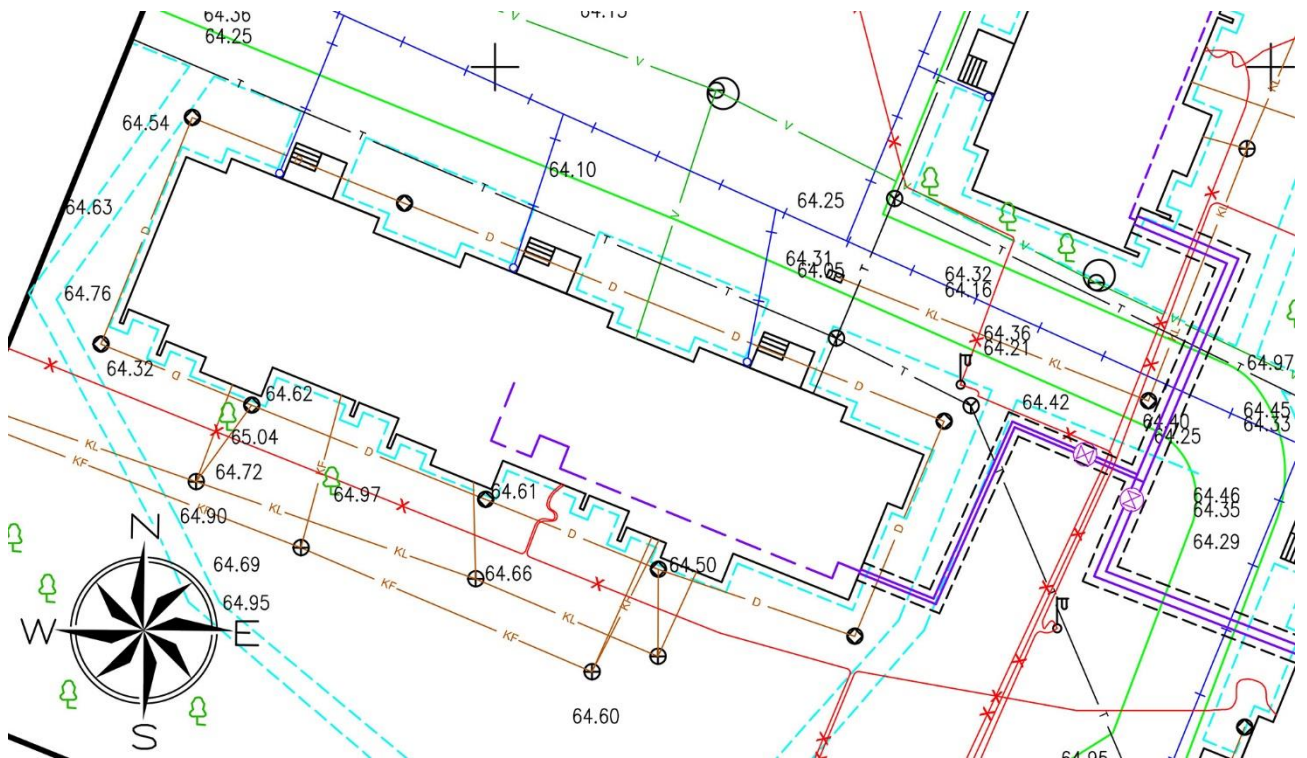
2.1 pav. Daugiabutis gyvenamasis namas Žemaitijos g. 29, Mažeikiai

Pastatas dalinai renovuotas 2014 metais. Po renovacijos fasadinių sienų šilumos perdavimo koeficientas 0,20 W/m²K, cokolio 0,30 W/m²K, stogo 0,16 W/m²K. Pastato energinio naudingumo klasė: C. Šilumos punktas renovuotas. Pastatas šiluma aprūpinamas iš centralizuotų šilumos tinklų pagal nepriklausomą schemą. Pastato stogo planas pateiktas 2.2 pav.



2.2 pav. Tiriamojo objekto stogo planas

Pagrindinis pastato fasadas orientuotas į šiaurės rytus. Pastatas turi tris laiptines. Patalpų aukštis yra 2,64 m., o aukšto aukštis 2,8 m. Iš 2.1 pav. matyti, kad pastato forma nėra sudėtinga. Pastatas yra tarp tokio pat tipo pastatų. Pastato topo nuotrauka pateikta 2.3 pav.



2.3 pav. Nagrinėjamo daugiaukščio pastato lauko inžineriniai tinklai

Gyvenamojo pastato inžineriniai tinklai: elektra, vandentiekis, fekalinė ir lietaus kanalizacija, prijungti prie miesto skirstomųjų tinklų. Šiluminę energiją tiekia UAB „Mažeikių šilumos tinklai“ centralizuotu šilumos tinklu. Daugiabutis namas, kaip ir dauguma, turi automobilių stovėjimo aikštelę, gatvės asfaltuotos, yra žaliųjų plotų.

Darbe nagrinėjama galimybė ant daugiabučio stogo įrengti termodinaminių plokščių su šilumos siurbliu sistemą.

Efektyviausias termodinaminio saulės šilumos siurblio panaudojimas yra karšto vandentiekio sistemoje, kur esant optimaliam saulės termodinaminių plokščių ploto ir akumuliacinės talpyklos santykiui galima užtikrinti beveik visą šilumos poreikį karštam vandeniui ruošti viso sezono metu.

Apskritai per visus metus tokia sistema techniškai gali padengti 100 % viso šilumos poreikio karštam vandeniui ruošti. Tačiau tokiai sistemai būtina akumuliacinė talpykla, kurios paskirtis išlyginti šilumos poreikio ir gamybos kreivių nesutapimą, t. y. sukaupti tokią šilumos dalį, kad būtų užtikrintas reikiamas šilumos kiekis karštam vandeniui ruošti ir cirkuliuoti. Termodinaminio saulės šilumos siurblio ir akumuliacinės talpyklos optimalaus dydžio paieška yra sudėtingas ir kompleksinis uždavinys, kuris apima šilumos poreikio, gamybos intensyvumo, karšto vandens temperatūrinio režimo, išorės oro temperatūros kitimo ir pan. rodiklių analizę.

Analizuojamam objektui termodinaminio saulės šilumos siurblio sistema paruošta šiluma tiekiamą į karšto vandentiekio sistemą arba kaupiama talpykloje.

Tuo metu, kai pagamintos ar talpykloje sukauptos šilumos nepakanka karšto vandentiekio sistemos poreikiui užtikrinti, trūkstama dalis tiekiamą iš centralizuoto šilumos tiekimo tinklo.

Analizuojamo daugiabučio metinis šilumos poreikis karšto vandentiekio sistemoje sudaro 231,60 MWh (209,6 MWh karštam vandeniui paruošti, 21,8 MWh – nuostoliai / poreikis rankšluosčių džiovintuvų cirkuliacijai užtikrinti).

Buitinio karšto vandens poreikis paroje, nustatytas naudojantis standartiniu karšto vandens poreikio valandiniu paros grafiku. Laikoma, kad karšto vandens šilumos poreikis rankšluosčių džiovintuvams, vandens cirkuliacijai yra stabilus ir nekinta ištisus metus.

2.2. Karšto vandens sistemos galios ir šilumos poreikio skaičiavimas

Šilumos poreikiai (kW) karšto vandens ruošimui skaičiuojami:

Tiriamą pastato butuose įrengtos vonios. Prie buitinio karšto vandens cirkuliacinės linijos prijungti rankšluosčių džiovintuvai.

Skaičiavimai darbe atliekami pagal [35] literatūroje nurodytą metodą.

Šilumos srautas, reikalingas karšto vandens ruošimui, paros intensyviausio karšto vandens naudojimo valandą (kW), skaičiuojamas pagal (1) formulę:

$$Q_h = 1,16 \times G_h(t_h - t_c) + Q_N \quad (1)$$

čia G_h - valandinis debitas paros intensyviausio naudojimo valandą, m^3/h ; t_h - karšto vandens, pratekėjusio per šildytuvą, temperatūra, $55\text{ }^\circ\text{C}$; t_c - šalto vandens temperatūra prieš įtekėjimą į šildytuvą, $8\text{ }^\circ\text{C}$; Q_N - šilumos nuostoliai karšto vandens sistemoje (vertinami nuostoliai: rankšluosčių džiovintuvų atiduodamą šilumą $1\text{ vnt.} \sim 0,2\text{ kW} = 8,6\text{ kW}$). [35]

$$Q_h = 1,16 \times 1,52 \times (55 - 8) + 8,6 = 91,47\text{ kW}$$

Nustatyta pastato karšto vandens sistemos galia lygi 91,47 kW.

Valandinis debitas paros intensyviausio naudojimo valandą (m^3/h) skaičiuojamas pagal (2) formulę:

$$G_h = 0,005 \times q_0^h \times \alpha_h \quad (2)$$

čia q_0^h - valandinis prietaiso čiaupo debitas, l/h, priimu, kad yra lygus 200 l/h [35] α_h - empirinis koeficientas, priklausantis nuo prietaisų skaičiaus ir jų panaudojimo tikimybės, nustatant valandinį prietaiso čiaupo debitą [35]

$$G_h = 0,005 \times 200 \times 1,521 = 1,52 \text{ m}^3/h$$

Panaudojimo tikimybė intensyviausio naudojimo valandą surandama pagal formulę:

$$P_h = \frac{11160B^{-0,4}Pq_0}{q_0^h} \quad (3)$$

čia B – butų skaičius, kuriuose yra po 3 karšto vandens naudojimo prietaisus (praustuvas, plautuvė ir vonia), skaičius, vnt. ($B = 43$ butai); P - Karšto vandens čiaupų vienalaikio veikimo tikimybė; q_0 – būdingojo prietaiso čiaupo sekundinis karšto vandens debitas, l/s [35]

$$P_{h1} = \frac{11160 \times 43^{-0,4} 0,0076 \times 0,18}{200} = 0,017$$

$$(P_h N = 2,2, \text{ tai } \alpha_h = 1,521) [35]$$

Karšto vandens čiaupų vienalaikio veikimo tikimybė apskaičiuojama pagal formulę:

$$P = \frac{q_h^u \times U}{3600 \times q_0 \times N} \quad (4)$$

čia q_h^u – karšto vandens sunaudojimo norma vienam naudotojui intensyviausio naudojimo valandą, l/h, kuris yra lygus 10,9 l/h; [35] U – vartotojų skaičius, (58) vnt.; [35] N – prietaisų, į kuriuos tiekiamas karštas vanduo sistemos dalyje, skaičius (129) vnt.

Tai:

$$P_1 = \frac{10,9 \times 58}{3600 \times 0,18 \times 129} = 0,0076$$

$$(PN = 0,98, \text{ tada } \alpha = 0,959) [35]$$

Vidutinis šilumos srautas (kW), reikalingas karštam vandeniui ruošti, intensyviausio karšto vandens naudojimo laikotarpiu apskaičiuojamas pagal (7) formulę:

$$Q_T = 1,16 \times G_T(t_h - t_c) + Q_N \quad (5)$$

$$Q_T = 1,16 \times 0,73 \times (55 - 8) + 8,6 = 48,40 \text{ kW}$$

Vidutinis valandinis debitas (m^3/h) intensyviausio naudojimo laikotarpiu, esant vienos grupės naudotojams, apskaičiuojamas pagal (5) formulę:

$$G_T = \frac{q_u U}{1000T} \quad (6)$$

čia q_u – karšto vandens sunaudojimo norma vienam naudotojui per intensyviausio naudojimo laikotarpį (parą, pamainą), l; [35] T – intensyviausio naudojimo trukmė valandomis, h (10);

$$G_T = \frac{125 \times 58}{1000 \times 10} = 0,73 \text{ m}^3/h$$

2.3. Karšto vandens talpyklos

Karšto vandens akumuliacinės talpyklos, m^3 , skaičiuojamos:

Karšto vandens akumuliacinės talpyklos, skirtos vartojimo netolygumui išlyginti. Tūris turi būti pakankamas projekte numatytam vandens kiekiui talpinti. [36]

Talpyklos įrengimo tikslingumas, jos tipas, įrengimo vieta turi būti pagrįsta ekonominiais ir techniniais skaičiavimais bei nustatyta ekonomine nauda. [36]

Kai šilumokaičio našumas yra nepakankamas reikiamam karšto vandens kiekiui intensyviausio naudojimo laikotarpiu paruošti, talpyklos tūris apskaičiuojamas pagal (8) formulę:

$$V = \frac{\varphi T Q_T}{1,16(t_h - t_c)} \quad (7)$$

čia φ – pataisos koeficientas, kurio reikšmė priklauso nuo karšto vandens tiekimo bei naudojimo netolygumo, yra apskaičiuojamas pagal šių Taisyklių 85 punkto reikalavimus; T – intensyviausio naudojimo trukmė, h; Q_T – vidutinis šilumos srautas (kW), reikalingas karštam vandeniui ruošti, intensyviausio karšto vandens naudojimo metu apskaičiuojamas pagal (14) formulę; t_h ir t_c – atitinkamai karšto ir šalto vandens temperatūros, °C.

$$V = \frac{0,23 \times 10 \times 48,40}{1,16 \times (55 - 8)} = 2,04 \text{ m}^3/h$$

Kai vanduo tiekiamas ir šildomas tolygiai ir be pertraukų, koeficientas φ apskaičiuojamas pagal (8) formulę:

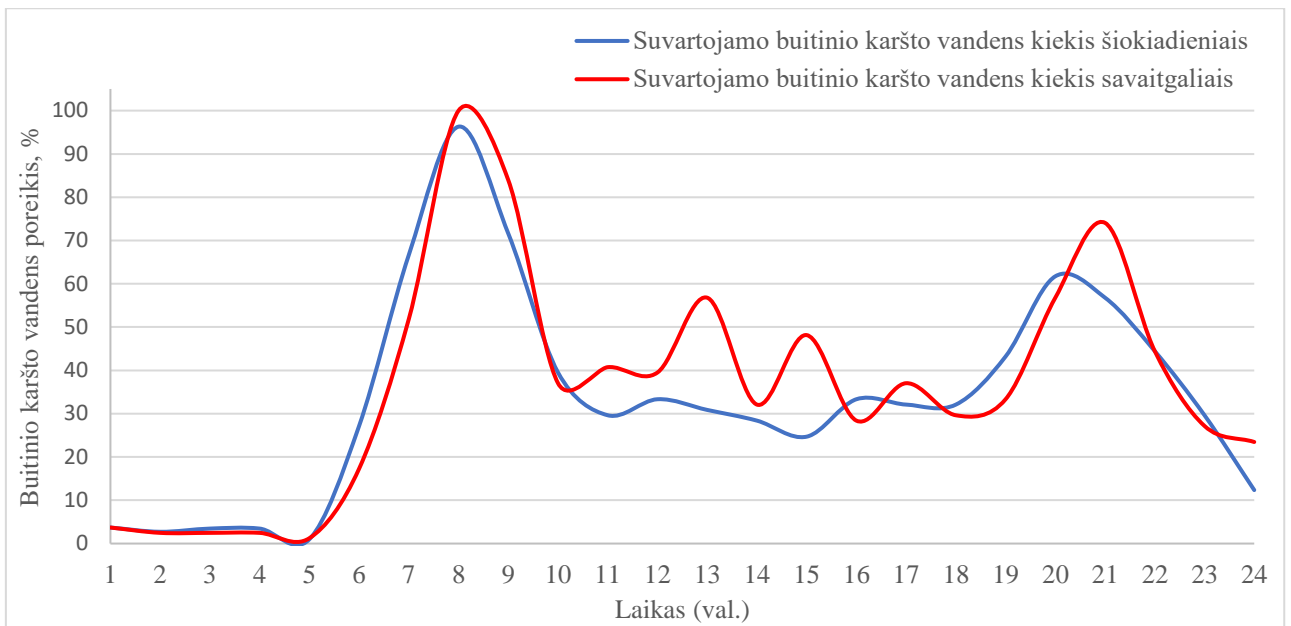
$$\varphi = (K_V - 1) \left(\frac{1}{K_V} \right)^{\frac{K_V}{K_V - 1}} \quad (8)$$

$$\varphi = (1,89 - 1) \times \left(\frac{1}{1,89} \right)^{\frac{1,89}{1,89 - 1}} = 0,23$$

čia K_V – koeficientas, įvertinantis valandinį karšto vandens vartojimo netolygumą;

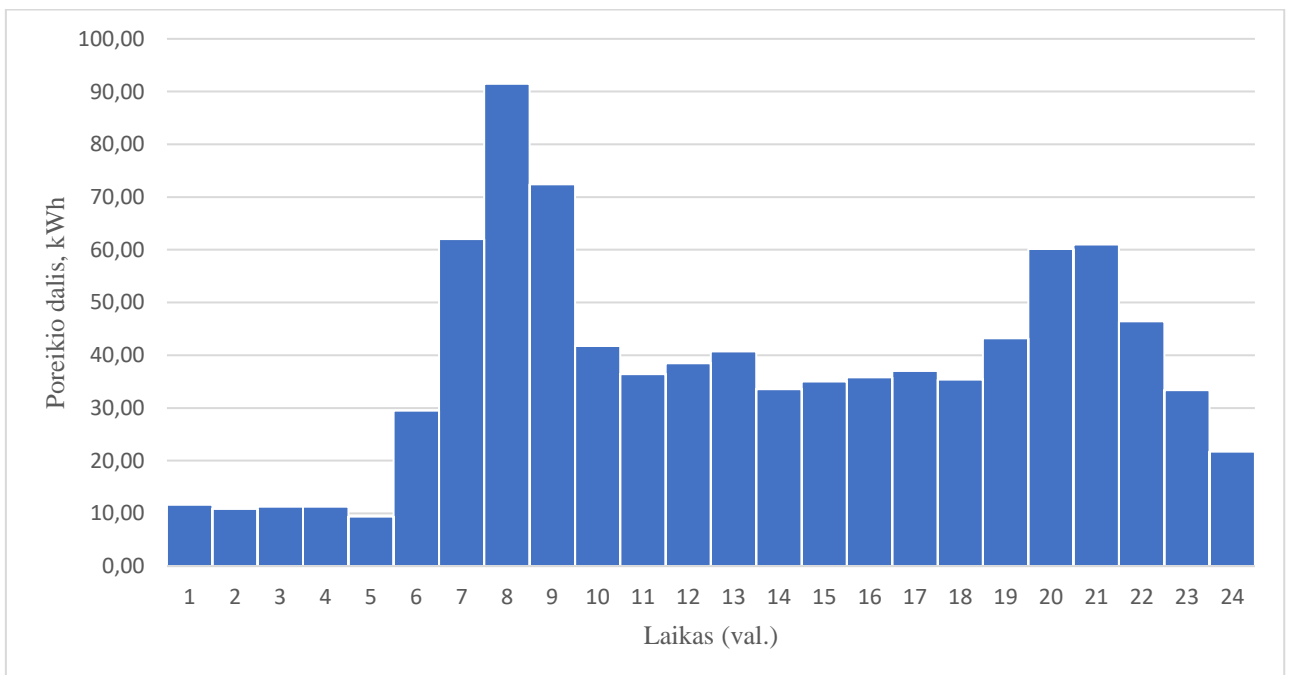
$$K_V = \frac{Q_h}{Q_t} \quad (9)$$

$$K_V = \frac{91,47}{48,40} = 1,89$$



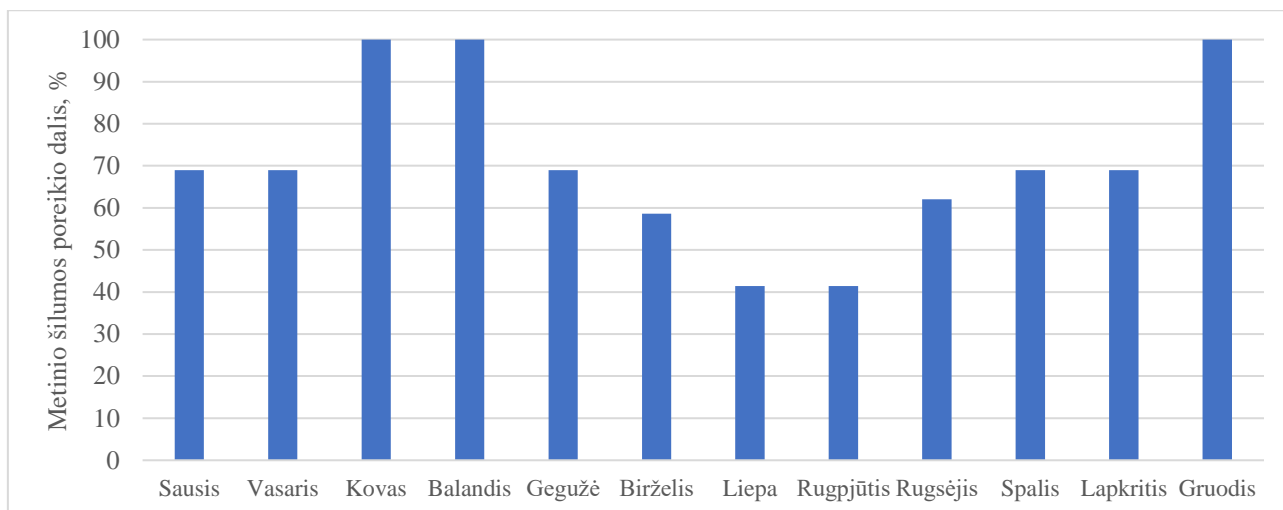
2.4 pav. Suvaldomo buitinio karšto vandens pasiskirstymas per parą [1]

Iš statistinių duomenų surinktos informacijos ir atlikus skaičiavimus, sudarytas buitinio karšto vandens naudojimo per parą intensyvumo ir kitimo grafikas:



2.5 pav. Šilumos poreikio karšto vandens sistemai kitimas per parą

Pagal karšto vandens pasiskirstymą laike grafiką matome, kad didžiausias karšto vandens vartojimo padidėjimas suintensyvėja ryte ir vakare. Intensyviausias karšto vandens vartojimo laikas yra nuo 7 iki 9 valandos, kurios metu sunaudojama 91,47 kWh šilumos.



2.6 pav. Šilumos poreikiai buitiniam karštam vandeniui ruošti mėnesiais [1]

Apskaičiuoti buitinio karšto vandens suvartojimo duomenys pateikti 8 lentelėje.

2.1 lentelė. Daugiabučio namo karšto vandens poreikiai, MWh

Mėnuo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Poreikis, MWh	18,83	18,83	27,30	27,30	18,83	16,00	11,30	11,30	16,94	18,83	18,83	27,30

Pagal nustatytus duomenis 2.1 lentelėje pateikti tiriamojo daugiabučio namo karšto vandens ir cirkuliacinės sistemos poreikiai lygūs 231,58 MWh per metus.

2.4. Termodinaminis saulės šilumos siurblys

Termodinaminis saulės šilumos siurblys - šilumos siurblio ir saulės kolektorių hibridas. Tai trečios kartos šilumos siurbliai (oras/vanduo) su termodinaminės panelėmis kurios kaupia saulės, lietaus ir vėjo energiją vandens kaitinimui. Palyginus su įprastiniais saulės kolektoriais, ši sistema gali efektyviai dirbti tiek dieną tiek naktį, įvairiomis oro sąlygomis.



2.7 pav. Termodinaminio saulės šilumos siurblio komplekto bendras vaizdas

Termodinaminė plokštė yra patvari perkaitimui ir užšalimui, taip pat mechaniniams pažeidimams, gali būti montuojama tiek horizontaliai tiek vertikaliai.



2.8 pav. Termodinaminio saulės šilumos siurblio plokštės



2.9 pav. Termodinaminio saulės šilumos siurblio plokščių montavimo pavyzdys

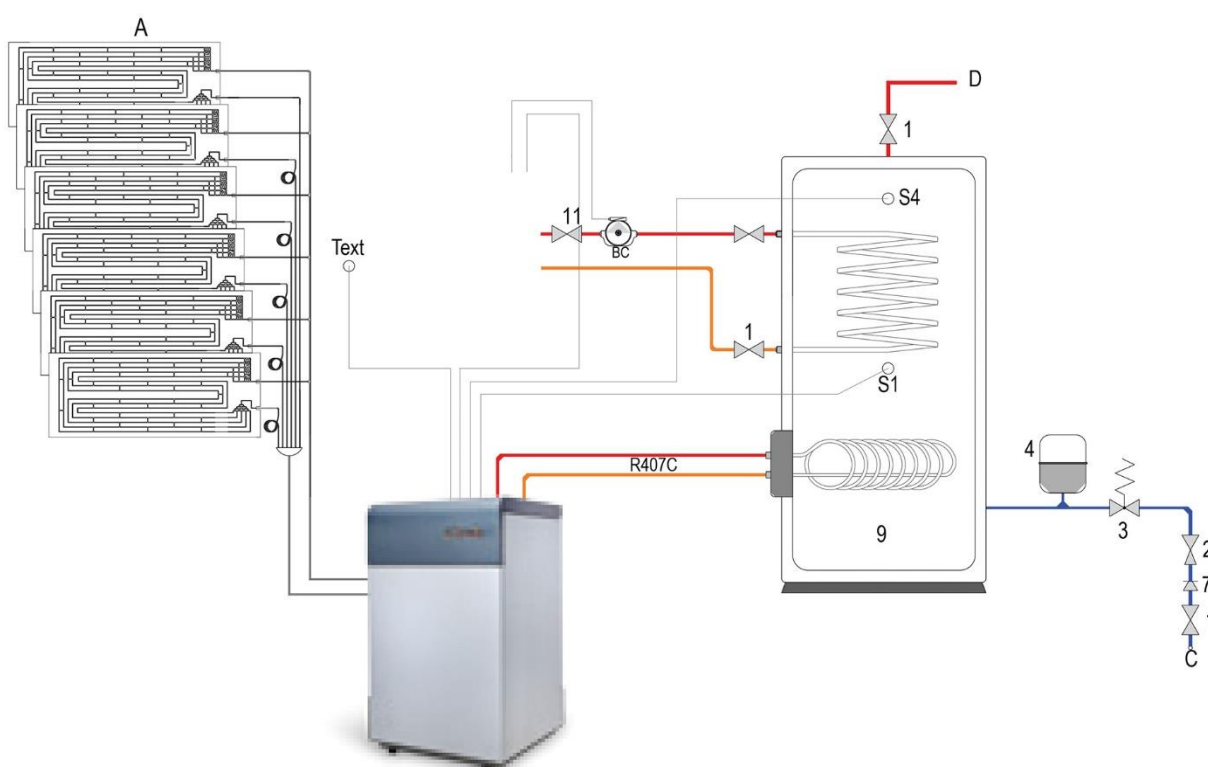
Ši technologija atsirado sujungus dvi atskiras atsinaujinančios energijos technologijas – šilumos siurblių ir saulės kolektorius. Tai apjungiantis visus saulės kolektoriaus ir šilumos siurblio privalumus į vieną įrenginį.

Energijai gaminti, tradicinėms saulės kolektorių plokštėms reikia saulės, todėl tai mažina saulės kolektorių efektyvumą, nes sistema dirba tik saulėtą dieną.

Tuo tarpu, termodinaminės plokštės pranašesnės – jos veikia net kai saulė nešviečia. Jų veikimas pagrįstas ore esančios saulės energijos naudojimu, taip jos ruošia karštą vandenį patalpoms. Galimybė kaupti saulės energiją net saulei nešviečiant užtikrina gerą termodinaminių plokščių veikimą Lietuvos klimato sąlygomis.

Pažangi veikimo technologija leidžia paruošti vandenį iki 60 °C lietingomis dienomis arba naktimis. Saulės energijos sistemai beveik nereikia techninės priežiūros. Metams bėgant, saulės energijos sistemos našumas nesumažėja, ji visada užtikrina optimalų efektyvumą. [37] Galimi tipinių akumuliacinių talpyklų dydžiai siekia nuo 1000 iki 6000 litrų, taip pat norint patenkinti didesnius poreikius galima sujungti keletą sistemų. Didelis termodinaminių sistemų našumas leidžia sumažinti saulės kolektorių plokščių plotą lyginant su tradicinėmis sistemomis. [37]

Sistemą sudaro termodinaminės plokštės iš anoduoto aliuminio, kurios yra ir šilumos siurblio garintuvas, o kartu ir saulės kolektorius, šilumos siurblys ir akumuliacinė talpa.



2.10 pav. Termodinaminio saulės šilumos siurblio sistemos principinė schema

Pagrindinės termodinaminio šilumos siurblio savybės: lengvai gali būti derinama su esama šildymo sistema (grindiniam, radiatoriumi, boilerio ir pan.), neužima daug vietos, ekologiškas šildymo sprendimas (neiškirianti CO₂ į aplinką), nereikia kamino, nėra jokių šilumos perteklių, veikia dideliame temperatūrų diapazone. Viena sistema gali efektyviai ir veiksmingai šildyti patalpas ir ruošti karštą vandenį visoms namų ūkio reikmėms. [37] Renkantis termodinaminį šilumos siurblių oras-vanduo reikia atkreipti dėmesį į paties siurblio savybes, norimo apšildyti pastato plotą, šiluminę varžą, pastato šildymo energijos poreikius.

2.4.1. Termodinaminio šilumos siurblio veikimo principas

Šildymo agentas cirkuliuodamas uždaru kontūru, patenka į saulės kolektorių plokštę, kurią sudaro dviejų kanalų, presuotas aliuminis su paviršiniu oksidacijos sluoksniu, kuris padengiamas po

presavimo. Skydelio matmenys 2000mm x 800mm x 20mm., turi vario-aliuminio vamzdelių sistemą, kurių vidinis skersmuo 1/4", skirta skysčio srauto įtekėjimui ir ištekėjimui. [37]

Veikiamas saulės, lietaus, vėjo, aplinkos temperatūros ir kitų klimato veiksnių, aušinimo agentas būdamas skystos agregatinės būsenos sugeria energiją iš aplinkos temperatūros, ir virsta dujomis. Vykstant šiam procesui, agentas sukaupia šilumą našiau nei tradicinis šilumos siurblys. Po šio etapo dujos suslegiamos kompresoriuje, dėl šio proceso jos tampa dar karštesnės.

Karštos dujos teka per šilumokaitį, esantį karšto vandens saugojimo talpoje, ir perduoda šilumą vandeniui.

Paskutinis etapas – dujos teka per plėtimosi saugos vožtuvą ir vėl pavirsta skysčiu, šis skystis vėl grįžta į plokštę, ir procesas prasideda iš naujo.

Ši technologija pritaikoma daugiabučių, viešbučių, ligoninių, mokyklų, sporto salių šildymui ir karšto vandens ruošimui, taip pat ir pramonėje.



2.11 pav. Termodinaminių saulės šilumos siurblių ir akumuliacinių talpų sugrupuotos sistemos pavyzdys

Darbe analizuojamas modernizuojamo daugiabučio karšto vandens ruošimo energinio efektyvumo didinimas, panaudojant termodinamines plokštes su akumuliacinėmis talpyklomis ir šilumos siurbliu. Termodinaminės plokštės įrengiamos ant daugiabučio stogo prie esamų klimatinių sąlygų. Akumuliacinės talpyklos įrengiamos šilumos punkto patalpose, kartu su šilumos siurbliu. Kaip alternatyva karštam vandeniui ruošti, paliekama iš centralizuotų šilumos tinklų tiekiamą šilumą.

Lyginami šilumos siurblio su termodinaminėmis plokštėmis ir įprastinių saulės kolektorių energiniai ir ekonominiai skaičiavimų rezultatai. Įvertinama kai kurių esminių rodiklių pokyčių įtaka galutiniams ekonominiams rodikliams.

2.4.2. Termodinaminių saulės šilumos siurblių vandeniui šildyti panaudojimas

Lyginant tradicines Lietuvoje saulės kolektorių sistemas, karšto vandens ruošimui labiau tinkami plokštieji saulės kolektoriai. Esant mažam saulės spinduliuotės intensyvumui šildymo sezono metu, sukaupiamas nepakankamas kiekis energijos, nei reikalingas pagal poreikį šildymui. Tam reikia didinti saulės kolektorių plotą, o tai lemia žemą kolektorių išnaudojimo efektyvumą. Dėl šių priežasčių, šildymui saulės kolektoriai Lietuvoje praktiškai nenaudojami. Šios sistemos efektyviausiai dirba ruošiant karštą vandenį, kai saulės kolektorių plotas atitinka karšto vandens poreikius. [35]

Šiuos techninius trūkumus tikimasi išspręsti panaudojant saulės kolektorių ir šilumos siurblio hibridinę sistemą, t. y. termodinaminę saulės šilumos siurblių, nes sistema gali netik akumuliuoti saulės spindulinę energiją, bet ir efektyviai akumuliuoti žemo potencialo šilumą iš aplinkos.

Toliau bus atliekami skaičiavimai, kad galėtų įvertinti termodinaminių saulės šilumos siurblių, naudojamų karšto vandens ruošimui, atsiperkamumą Mažeikių rajono klimato sąlygomis. Mažeikių raj. priskirtinas antrai zonai (pagal spinduliavimo trukmę). Priimam, kad termodinaminės plokštės bus orientuotas į pietus, nustatytas polinkio kampas 40°. Karšto vandens suvartojimas vidutinis, kurio koef. 1,2, Tikimasi, kad saulės kolektorių bus dengiama 100 proc. karšto vandens poreikių.

Skaičiavimai atlikti tikintis, kad saulės kolektorių sistema dalinai pakeis CŠT (centralizuoti šilumos tiekimo tinklai).

Kolektoriaus atsiperkamumo įvertinimui bus priimta 1 kWh šilumos kaina.

2.4.3. Šilumos siurblio efektyvumo skaičiavimas

2.2 lentelė. Išorės oro temperatūros, °C [35]

Vietovė	Norminė išorės oro šildymui, $t_{iš}^h$	Vidutinė išorės oro šildymo periodo, $t_{iš}^{hm}$	Šildymo periodo trukmė paromis n_h
Mažeikiai	-21°C	-0,5°C	205

Dėl efektyvesnio šilumos siurblio darbo ir darbo resursų atsargos, apskaičiuotą galingumą rekomenduojama padidinti 15-20 %, tačiau šiame darbe priimame, kad galingumas papildomai nedidindamas. Tai bus apie 48,40 kW šiluminės galios šilumos siurblys.

Parenkamas artimiausias pagal galingumą esantis šilumos siurblys su termodinaminėmis panelėmis, kurio našumas yra 48,40 kW.

2.3 lentelė. Šilumos siurblys su termodinaminėmis plokštėmis [38]

Pavadinimas	Mat. vnt.	Parametrai	Kiekis
Įrenginio modelis		ECO 2000	2
Gamintojas		Thermodynamic solar energy	
Šilumos siurblio modifikacija		Šilumos siurblys - oras/vanduo	
Kompresorius		COPELAND, Scroll	2
Naudojama el. galia	kW	3,21 - 10,4	
Šiluminė galia	kW	14,2 – 24,21 - 48,42	

2.3 lentelė. (tęsinys)

Pavadinimas	Mat. vnt.	Parametrai	Kiekis
Termodinaminė panelės	Vnt.	2,0 x 0,8 x 0,02h m., 8 kg., 1,6 m ²	32
		Savybės: 30 mikronų anoduotas aliuminis	
		Šilumos nuostolių koeficientas, 6 W/m ²	
Vartotojai	Vnt.		58
Akumuliacinė talpa	l.	2000	2
Šaldymo agentas	kg.	R407c	5,6
ŠS triukšmo lygis 1 m. atstumu	dBA	50-65	

Kadangi šilumos siurblys yra 48,42 kW galios, gamintojas nurodo šilumos absorbuojamo plokščių kiekį, kurių bendras plotas yra 51,2 m².

2.4.4. Šilumos siurblio ciklo skaičiavimas

2.4 lentelė. Vidutinė mėnesio išorės oro temperatūra [24]

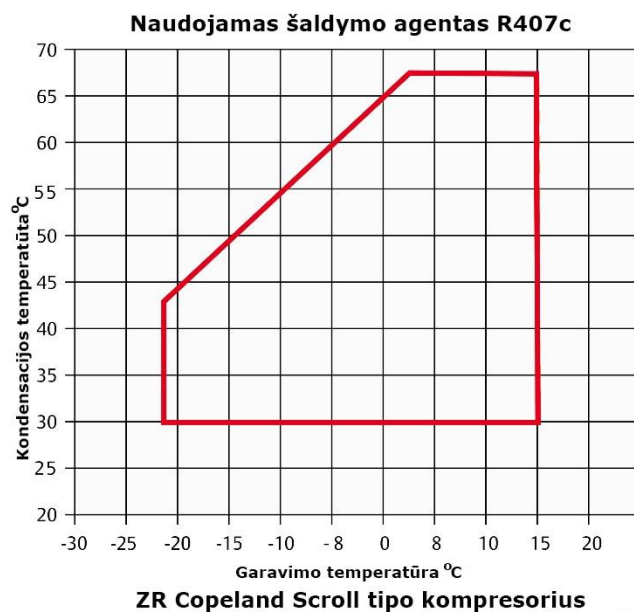
Eil. Nr.	Vietovė	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
1	Šilutė	-5,7	-5,2	-1,2	5,5	12,1	15,7	16,7	15,9	11,4	6,7	1,5	-3,2
2	Nida	-4,7	-4,4	-0,9	4,8	11,2	14,9	16,4	15,7	11,5	7,0	1,7	-2,3
3	Kaunas	-5,1	-4,7	-1,0	5,2	11,8	15,5	16,7	16,1	11,7	7,0	1,8	-2,6
4	Vilnius	-5,3	-4,7	-0,6	5,6	12,3	15,7	17,1	16,2	11,7	6,9	1,9	-2,9
5	Telšiai	-2,8	-2,6	0,3	5,0	10,6	14,3	16,6	16,8	13,3	9,0	3,9	-0,1
6	Šiauliai	-4,0	-3,7	-0,4	5,1	11,3	14,9	16,3	15,9	11,9	7,6	2,5	-1,5
7	Klaipėda	-5,3	-4,7	-1,2	4,8	11,3	14,9	16,1	15,5	11,2	6,7	1,4	-2,8
8	Vėžaičiai	-6,0	-5,2	-1,2	5,5	12,2	15,6	16,8	15,9	11,4	6,6	1,4	-3,2
9	Utena	-6,8	-5,9	-1,9	5,2	12,1	15,5	16,8	15,9	11,2	6,2	0,9	-3,8
10	Biržai	-5,4	-4,7	-0,8	5,6	12,3	15,8	17,0	16,4	11,8	6,9	1,7	-2,5
11	Dotnuva	-5,4	-4,7	-1,0	5,3	11,7	15,2	16,4	15,8	11,5	6,8	1,6	-2,8
12	Dūkštas	-3,8	-3,3	0,3	5,7	11,7	15,3	16,7	16,3	12,4	8,0	2,9	-1,1
13	Kybartai	-3,2	-2,9	-0,1	4,9	11,0	15,3	17,2	17,3	13,7	9,2	3,9	-0,1
14	Lazdijai	-5,7	-4,8	-0,8	5,9	12,5	15,7	16,8	16,2	11,8	7,0	1,8	-2,8
15	Varėna	-5,2	-4,3	-0,4	5,8	12,4	15,8	16,9	16,4	11,9	7,1	1,8	-2,3

Pagal STR 2.01.02:2016 9 priedą vidutinė mėnesio išorės oro temperatūra Mažeikių mieste, priimame, kad yra artima Telšių miesto mėnesio išorės temperatūrai.

Didžiausias šilumos siurblių sistemų trūkumas yra šilumos siurblio kompresoriaus suvartojama elektros energija. Jos kiekis priklauso nuo pagrindinio siurblio termodinaminio parametro – šilumos transformacijos koeficiento (COP). Kuo didesnis temperatūrų skirtumas tarp žemo potencialo šilumos šaltinio ir vartotojo reikalaujamos vandens temperatūros, tuo COP yra mažesnis. Tokios vandens šildymo sistemos atveju šilumą gauname kondensuojant iš aplinkos oro, kurio vidutinė temperatūra sausio mėnesį yra -2,8 °C. Šilumos siurblio ciklas ją transformuoja iki vartotojo, t.y., užduodamos 55 °C temperatūros.

Agento virimo garintuve temperatūrą nustatome su sąlyga, jog norint kondensuoti aplinkos šilumą, reikėtų tiekti apie 3 – 5 °C žemesnės temperatūros agentą nei oro kondensacijos temperatūra.

Priimame, kad įsiurbimo temperatūra yra $t_0 = -7,8$ °C.



2.12 pav. Analizuojamo šilumos siurblio kompresoriaus veikimo ribos ir temperatūrų priklausomybė [16]

Iš 2.12 paveikslėlio matome, kad šilumos siurblio kompresorius veikia $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$ aplinkos temperatūroje. Nuo $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatūrai mažėjant iki $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$, generuojamos šilumos temperatūra taip pat atitinkamai mažėja.

Pirminiams šilumos siurblio skaičiavimams naudosime programą „COOLPACK“.

Šilumos siurblio darbo agentas R407c, kritinė temperatūra yra $87,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, o virimo $-36,6^{\circ}\text{C}$. Su (CoolPack) programa apskaičiuoti parametrai:

2.5 lentelė. Šaldymo agento R407c ciklo taškai

Ciklo taško Nr.	Temperatūra, $^{\circ}\text{C}$	Slėgis, bar	Entalpija, kJ/kg	Savitasis tūris, m^3/kg	Entropija, kJ/(kg K)
1	-7,8	3,4112	409,01	0,069334	1800,26
2	82,117	22,153	467,12	0,012090	1833,00
2s	72,19	22,153	455,50	0,01133	1800,26
3	10	22,152	214,82	-	-
4	-7,8	3,4112	214,82	-	-

Slėgis garintuve yra funkcija $p(t_0)$, todėl $p_0 = 3,4112\text{ bar}$;

Turint agento virimo temperatūrą ir jo slėgį garintuve, randame pirmojo ciklo taško (būsena prieš kompresorių) entalpiją ir entropiją: $h_1 = 409,01\text{ kJ/kg}$, $s_1 = 1800,26\text{ kJ/kg K}$;

Suspausto garo entropija s_{2s} yra lygi garų entropijai prieš kompresorių, neįvertinus kompresoriaus izoentropinio koeficiento: $s_{2s} = s_1 = 1798,12\text{ kJ/kg K}$;

Agento kondensacijos temperatūra nustatoma pagal tiekiamo karšto vandens temperatūrą, kuri yra $t_k = 55\text{ }^{\circ}\text{C}$. Slėgis šilumos siurblio kondensatoriuje taip pat yra funkcija $p(t_k)$, todėl $p_k = 22,1528\text{ bar}$;

Taško 2_s temperatūra randama pagal kondensacijos slėgį ir entropiją s_{2s} , $t_{2s} = 72,19\text{ }^{\circ}\text{C}$. Gavus šią temperatūrą randame šio taško entalpiją $h_{2s} = 455,50\text{ kJ/kg}$;

Taške 3 agentas yra sotoaus skysčio būsenos. Jo entalpija priklauso nuo iš tinklų paduodamo vandens šildymui temperatūros, kurią priimame 10 °C; $h_3 = 214,82$ kJ/kg; Toliau apskaičiuojame šilumos transformacijos koeficientą.

Izoentropinį kompresoriaus koeficientą priimame 0,8 ir iš balanso lygties randame entalpiją antrajame ciklo taške:

$$\eta_{iz} \times (h_2 - h_1) = h_{2s} - h_1 \quad (9)$$

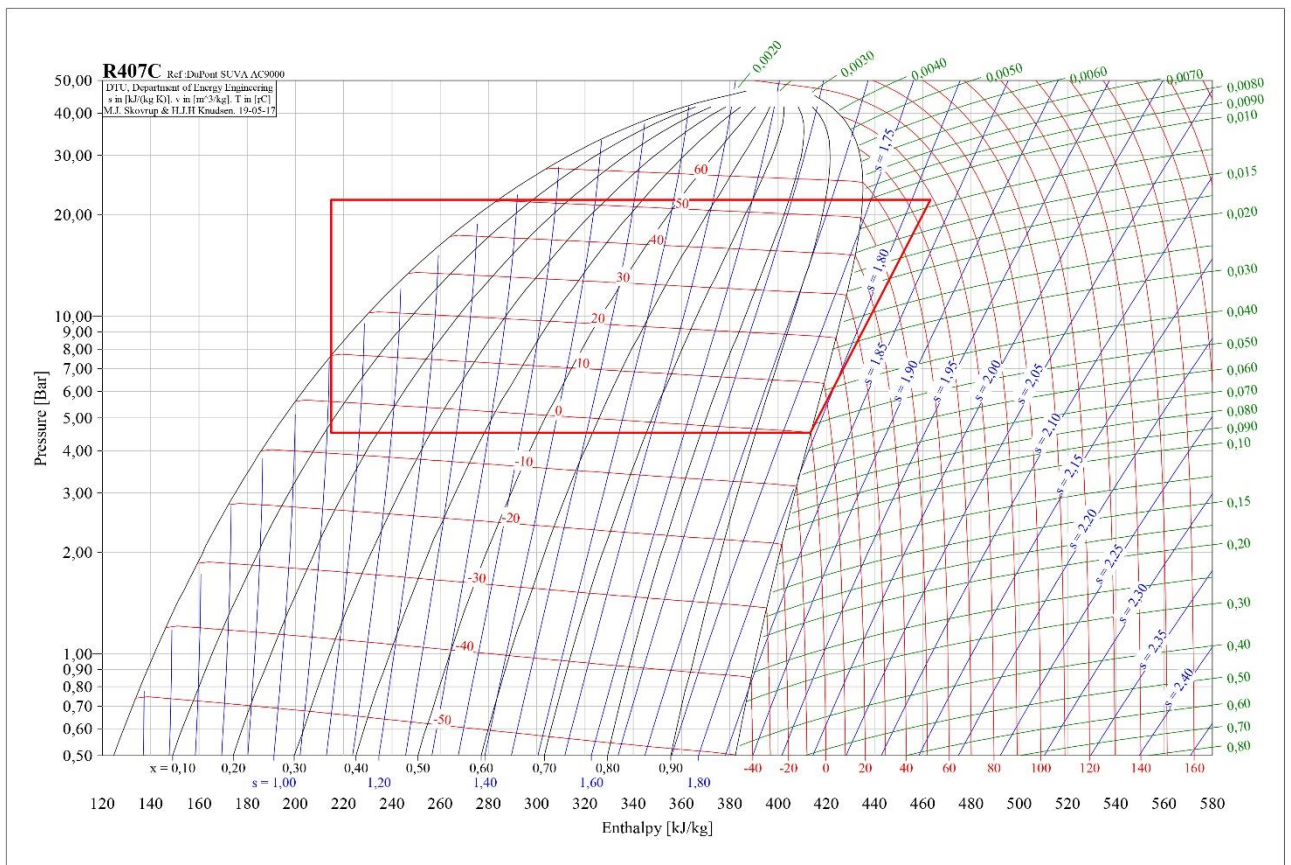
$$h_2 = \frac{h_{2s} - h_1}{\eta_{iz}} + h_1 \quad (10)$$

$$h_2 = \frac{455,50 - 409,01}{0,8} + 409,01 = 467,12 \text{ kJ/kg}$$

Turint visų taškų entalpijas suskaičiuojame šilumos siurblio darbo ciklo transformacijos koeficientą:

$$COP = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1} \quad (11)$$

$$COP = \frac{467,12 - 214,82}{467,12 - 409,01} = 4,34$$



2.13 pav. Šilumos siurblio su termodinaminėmis plokštėmis darbo ciklo grafikas.

Apskaičiuoti gauti rezultatai pateikti 2.6 ir 2.7 lentelėse. Tai pradiniai duomenys, reikalingi konkretaus įrenginio techninėms charakteristikoms nustatyti.

2.6 lentelė. Pagal mėnesio išorės vidutinę oro temperatūrą, nevertinant saulės spindėjimo, šilumos siurblio ciklo rodikliai

Mėn.	$t_{i\bar{s}}$ (°C)	t_0 (°C)	P_0 (bar)	h_1	S_1	t_K (°C)	P_K (bar)	t_{2_s} (°C)	h_{2_s}	t_3 (°C)	h_3	η_{iz}	h_2	COP	v_1 (m ³ /kg)
1	-2,8	-7,8	3,4112	409,01	1800,26	55	22,1528	72,19	455,50	10	214,823	0,8	467,12	4,34	0,06938
2	-2,6	-7,6	3,4367	409,13	1800,04	55	22,1528	72,12	455,42	10	214,823	0,8	466,99	4,36	0,06889
3	0,3	-4,7	3,8233	410,83	1796,96	55	22,1528	71,20	454,36	10	214,823	0,8	465,24	4,60	0,06217
4	5,0	0,0	4,5202	413,54	1792,23	55	22,1528	69,80	452,74	10	214,823	0,8	462,54	5,06	0,05286
5	10,6	5,6	5,4741	416,66	1786,93	55	22,1528	68,25	450,92	10	214,823	0,8	459,49	5,71	0,04383
6	14,3	9,3	6,1846	418,66	1783,58	55	22,1528	67,27	449,78	10	214,823	0,8	457,56	6,24	0,03886
7	16,6	11,6	6,6606	419,86	1781,55	55	22,1528	66,68	449,09	10	214,823	0,8	456,40	6,61	0,03610
8	18,8	13,8	7,1418	420,99	1779,64	55	22,1528	66,13	448,44	10	214,823	0,8	455,30	7,01	0,03420
9	13,3	8,3	5,9860	418,12	1784,48	55	22,1528	67,53	450,09	10	214,823	0,8	458,08	6,09	0,04014
10	9,0	4,0	5,1871	415,78	1788,41	55	22,1528	68,68	451,43	10	214,823	0,8	460,34	5,51	0,04621
11	3,9	-1,1	4,3489	412,91	1793,31	55	22,1528	70,12	453,11	10	214,823	0,8	463,16	4,94	0,05488
12	-0,1	-5,1	3,7680	410,60	1797,38	55	22,1528	71,33	454,51	10	214,823	0,8	465,49	4,57	0,06305

2.7 lentelė. Pagal mėnesio išorės vidutinę oro temperatūrą, įvertinant saulės spindėjimą, šilumos siurblio veikiančio maksimaliu režimu ciklo rodikliai.

Mėn.	$t_{i\bar{s}}$ (°C)	t_0 (°C)	P_0 (bar)	h_1	S_1	t_K (°C)	P_K (bar)	t_{2_s} (°C)	h_{2_s}	t_3 (°C)	h_3	η_{iz}	h_2	COP	v_1 (m ³ /kg)
1	-2,8	15,00	7,4152	421,60	1778,61	55	22,1528	65,83	443,15	10	214,823	0,787	448,98	8,55	0,03242
2	-2,6	15,00	7,4152	421,60	1778,61	55	22,1528	65,83	443,15	10	214,823	0,787	448,98	8,55	0,03242
3	0,3	15,00	7,4152	421,60	1778,61	55	22,1528	65,83	443,15	10	214,823	0,787	448,98	8,55	0,03242
4	5,0	15,00	7,4152	421,60	1778,61	55	22,1528	65,83	443,15	10	214,823	0,787	448,98	8,55	0,03242
5	10,6	15,00	7,4152	421,60	1778,61	55	22,1528	65,83	443,15	10	214,823	0,787	448,98	8,55	0,03242
6	14,3	15,00	7,4152	421,60	1778,61	55	22,1528	65,83	443,15	10	214,823	0,787	448,98	8,55	0,03242
7	16,6	15,00	7,4152	421,60	1778,61	55	22,1528	65,83	443,15	10	214,823	0,787	448,98	8,55	0,03242
8	18,8	15,00	7,4152	421,60	1778,61	55	22,1528	65,83	443,15	10	214,823	0,787	448,98	8,55	0,03242
9	13,3	15,00	7,4152	421,60	1778,61	55	22,1528	65,83	443,15	10	214,823	0,787	448,98	8,55	0,03242
10	9,0	15,00	7,4152	421,60	1778,61	55	22,1528	65,83	443,15	10	214,823	0,787	448,98	8,55	0,03242
11	3,9	15,00	7,4152	421,60	1778,61	55	22,1528	65,83	443,15	10	214,823	0,787	448,98	8,55	0,03242
12	-0,1	15,00	7,4152	421,60	1778,61	55	22,1528	65,83	443,15	10	214,823	0,787	448,98	8,55	0,03242

Pagal pirmą įrenginio veikimo simuliaciją (2.6 lentelėje) COP rodiklis kinta priklausomai nuo lauko oro temperatūros, kuo aukštesnė aplinkos temperatūra, tuo COP aukštesnis ir atvirkščiai. Pagal antrą įrenginio veikimo simuliaciją (2.7 lentelėje) COP rodiklis išlieka stabilus, nes šviečiant saulei, visais metų mėnesiais prie vidutinių mėnesinių temperatūrų, kolektorių įkaitimo temperatūra, įvertinus šaldymo agento šilumos nuėmimą ir termodinaminių plokščių atvėsinimą, nenukrinta žemiau 15°C. Šilumos siurblio kompresorius žemoje slėgio pusėje dirba maksimaliu režimu prie 7,41 Bar slėgio. Priklausomai nuo šaldymo agento slėgio yra ir atitinkama temperatūra, šiuo atveju 15°C. Todėl t_0 esant ir didesnei termodinaminių plokščių temperatūrai išlieka pastovus 15°C.

Pagal gautus duomenis iš 2.6 ir 2.7 lentelių, apskaičiuojame sekančius duomenis, reikalingus šilumos siurblio analizei.

Kadangi visą kaskadinę buitinio karšto vandens ruošimo sistemą sudaro du vienodi techniniai parametrais šilumos siurbliai, skaičiavimai atlikti pagal vieno šilumos siurblio galią (24,2 kW).

Savitasis šalčio našumas, kJ/kg, skaičiuojamas:

Tai šilumos kiekis, kurį pasisavina šilumos siurblys per laiko vienetą. Šalčio našumas priklauso nuo šilumos siurblio galios, darbo temperatūros ir šaldalo savybių.

$$q_0 = h_1 - h_4 \quad (12)$$

$$q_0 = 409,01 - 214,82 = 194,19 \text{ kJ/kg}$$

Savitasis kompresoriaus suslėgimo darbas, kJ/kg, skaičiuojamas:

$$l = h_2 - h_1 \quad (13)$$

$$l = 467,12 - 409,01 = 58,11 \text{ kJ/kg}$$

Savitasis kondensatoriaus našumas, kJ/kg, skaičiuojamas:

Kondensatoriuje atiduodama šiluma aplinkai nuo kilogramo šaldymo agento, šiuo atveju buitinio karšto vandens ruošimui.

$$q_K = h_2 - h_3 \quad (14)$$

$$q_K = 467,12 - 214,82 = 252,30 \text{ kJ/kg}$$

Šaldymo agento masinis debitas, kg/s, skaičiuojamas:

$$G = \frac{Q_0}{q_0} \quad (15)$$

$$G = \frac{13,08}{194,19} = 0,067 \text{ kg/s}$$

Pilnasis kondensatoriaus našumas, kW, skaičiuojamas:

$$Q_K = G \times q_K \quad (16)$$

$$Q_K = 0,067 \times 252,30 = 16,99 \text{ kW}$$

Suslėgimo galia, kW, skaičiuojama:

$$N = G \times l_{km} \quad (17)$$

$$N = 0,067 \times 58,11 = 3,91 \text{ kW}$$

Kompresoriaus pripildymo koeficientas skaičiuojamas:

$$\lambda = \exp \left[(0,0276 + 1,09a) \left(1 - \frac{p}{p_0} \right) \right] \quad (18)$$

$$\lambda = \exp \left[(0,0276 + 1,09 \times 0,07) \left(1 - \frac{22,15}{3,41} \right) \right] = 0,57$$

Kompresoriaus aprašomas tūris, m^3/s , skaičiuojamas:

$$V_h = \frac{G \times v_1}{\lambda} \quad (19)$$

$$V_h = \frac{0,067 \times 0,07}{0,57} = 0,0082 \text{ m}^3/s$$

Skaičiavimų rezultatai pateikti 2.8 ir 2.9 lentelėse.

Termodinaminės plokštės temperatūra esant vidutinei mėnesio oro temperatūrai įvertinant saulės spinduliuotę, $^{\circ}C$:

$$T_m = T_a + \frac{G_T(\tau\alpha)}{U_L} \quad (20)$$

$$T_m = -2,8 + \frac{378,38 \times 0,9}{6} = 53,96 \text{ }^{\circ}C$$

čia T_m – saulės kolektoriaus absorberio plokštelės paviršiaus vidutinė temperatūra, $^{\circ}C$; T_a – aplinkos temperatūra, $^{\circ}C$; G_T – saulės spinduliuotė krintanti į paviršių, W/m^2K ; U_L - saulės plokščių suminis šilumos nuostolių koeficientas, W/m^2 , (nurodomas gamintojo specifikacijoje); α – Saulės kolektoriaus absorberio plokštės absorbcijos geba; τ - saulės kolektoriaus skaidrios dangos optinio laidžio koeficientas. Priimame 0,9.

Termodinaminės plokštės temperatūra esant vidutinei mėnesio oro temperatūrai, kai šviečia saulė į plokštę ir veikia šilumos siurblys. Darbo agentas cirkuliuodamas per garintuvą, būdamas žemesnės temperatūros nei aplinkos, absorbuoja šilumą nuo plokštės paviršiaus.

$$T_m = T_a + \frac{G_T(\tau\alpha)}{U_L} - \frac{v_1}{V_h} \times \frac{(h_1 - h_4)}{U_L F_m A_c} \quad (21)$$

čia A_c – saulės kolektorių naudingas plotas, m^2 ; F_m - absorberio šiluminio efektyvumo koeficientas.

$$T_{m1} = -2,8 + \frac{378,38 \times 0,9}{6} - \frac{0,06938}{0,0063} \times \frac{(409,01 - 214,823)}{6 \times 0,85 \times 26,6} = 38,19 \text{ }^{\circ}C$$

Skaičiavimų rezultatai pateikti 2.11 lentelėje.

2.8 lentelė. Pagal mėnesio išorės vidutinę oro temperatūrą, nevertinant saulės spindėjimo, pateiktos apskaičiuotos šilumos siurblio ciklo parametrų vertės

Mėn.	Q_{KVR} (kW)	$t_{i\dot{s}}$ (°C)	t_0 (°C)	q_0 (kJ/kg)	l (kJ/kg)	q_K (kJ/kg)	G (kg/s)	$Q_{K.fakt.}$ (kW)	$N_{fakt.}$ (kW)	λ	V_h (m ³ /s)	Q_0 (kW)
1	13,08	-2,8	-7,8	194,187	58,113	252,300	0,052	13,08	3,01	0,57	0,0063	10,06
2	13,08	-2,6	-7,6	194,307	57,863	252,170	0,052	13,08	3,00	0,57	0,0063	10,08
3	18,96	0,3	-4,7	196,007	54,413	250,420	0,076	18,96	4,12	0,63	0,0074	14,84
4	18,96	5,0	0,0	198,717	49,000	247,717	0,077	18,96	3,75	0,72	0,0056	15,21
5	13,08	10,6	5,6	201,837	42,825	244,662	0,053	13,08	2,29	0,79	0,0029	10,79
6	11,11	14,3	9,3	203,837	38,900	242,737	0,046	11,11	1,78	0,83	0,0021	9,33
7	7,85	16,6	11,6	205,037	36,538	241,575	0,320	7,85	1,19	0,86	0,0014	6,66
8	7,85	18,8	13,8	206,167	34,313	240,480	0,033	7,85	1,12	0,87	0,0013	6,73
9	11,77	13,3	8,3	203,297	39,963	243,260	0,048	11,77	1,93	0,82	0,0024	9,83
10	13,08	9,0	4,0	200,957	44,563	245,520	0,053	13,08	2,37	0,77	0,0032	10,70
11	13,08	3,9	-1,1	198,087	50,250	248,337	0,053	13,08	2,65	0,70	0,0041	10,43
12	18,96	-0,1	-5,1	195,777	54,888	250,665	0,076	18,96	4,15	0,63	0,0076	14,81

2.9 lentelė. Pagal mėnesio išorės vidutinę oro temperatūrą, įvertinant saulės spindėjimą, pateiktos apskaičiuotos šilumos siurblio ciklo parametrų vertės

Mėn.	Q_{KVR} (kW)	$t_{i\dot{s}}$ (°C)	t_0 (°C)	q_0 (kJ/kg)	l (kJ/kg)	q_K (kJ/kg)	G (kg/s)	$Q_{K.fakt.}$ (kW)	$N_{fakt.}$ (kW)	λ	V_h (m ³ /s)	Q_0 (kW)
1	13,08	-2,8	15	206,777	27,3825	234,1594	0,056	13,08	1,53	0,88	0,0021	11,55
2	13,08	-2,6	15	206,777	27,3825	234,1594	0,056	13,08	1,53	0,88	0,0021	11,55
3	18,96	0,3	15	206,777	27,3825	234,1594	0,081	18,96	2,22	0,88	0,0030	16,74
4	18,96	5,0	15	206,777	27,3825	234,1594	0,081	18,96	2,22	0,88	0,0030	16,74
5	13,08	10,6	15	206,777	27,3825	234,1594	0,056	13,08	1,53	0,88	0,0021	11,55
6	11,11	14,3	15	206,777	27,3825	234,1594	0,047	11,11	1,30	0,88	0,0017	9,81
7	7,85	16,6	15	206,777	27,3825	234,1594	0,034	7,85	0,92	0,88	0,0012	6,93
8	7,85	18,8	15	206,777	27,3825	234,1594	0,034	7,85	0,92	0,88	0,0012	6,93
9	11,77	13,3	15	206,777	27,3825	234,1594	0,050	11,77	1,38	0,88	0,0018	10,39
10	13,08	9,0	15	206,777	27,3825	234,1594	0,056	13,08	1,53	0,88	0,0021	11,55
11	13,08	3,9	15	206,777	27,3825	234,1594	0,056	13,08	1,53	0,88	0,0021	11,55
12	18,96	-0,1	15	206,777	27,3825	234,1594	0,081	18,96	2,22	0,88	0,0030	16,74

Pagal mėnesių išorės vidutinę oro temperatūrą, saulės spindėjimo valandomis, pateiktos apskaičiuotos šilumos siurblio ciklo parametų vertės jam veikiant maksimaliu režimu.

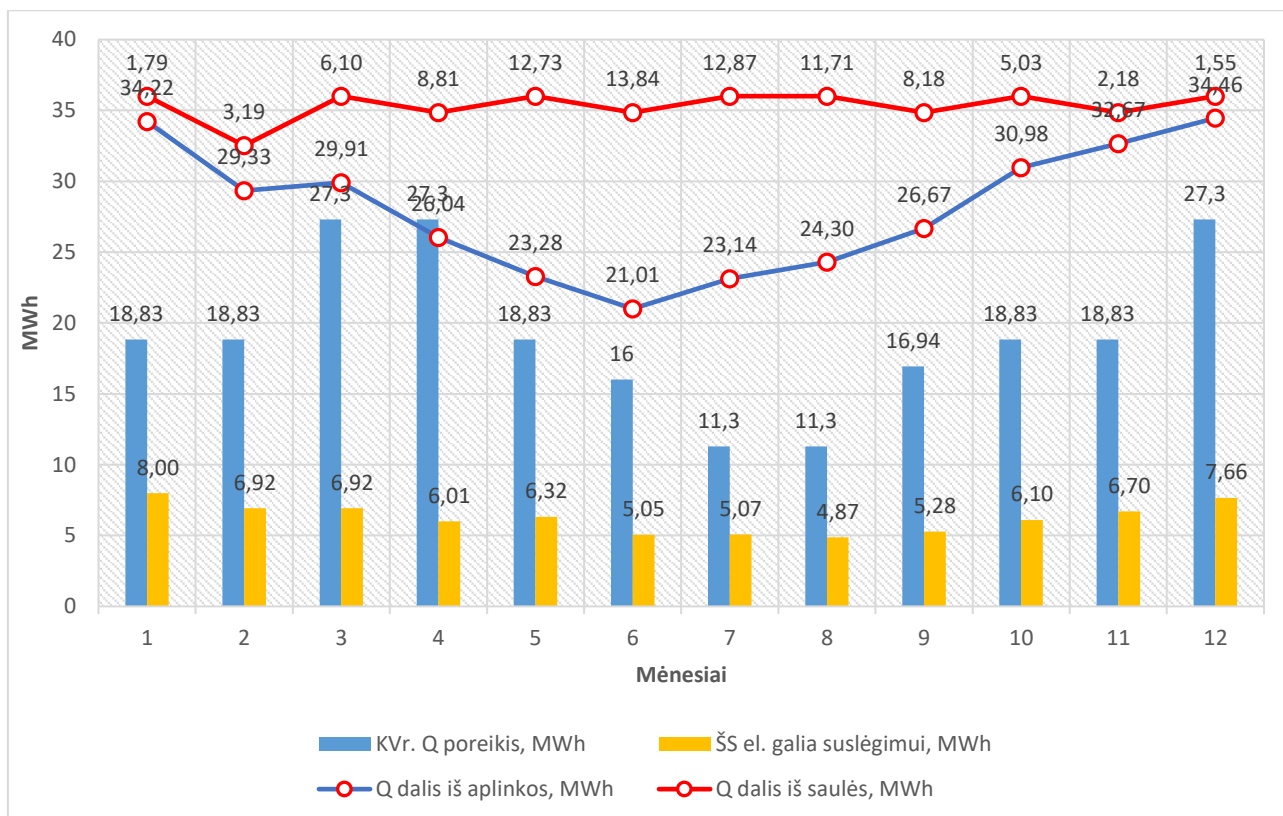
2.10 lentelė. Pagal mėnesių išorės vidutinę oro temperatūrą, saulės spindėjimo valandomis, šilumos siurblio ciklo parametų reikšmės maksimaliu režimu

Mėn.	Q_{KVR} (kW)	$t_{iš}$ (°C)	t_0 (°C)	q_0 (kJ/kg)	l (kJ/kg)	q_K (kJ/kg)	G (kg/s)	$Q_{K.fakt.}$ (kW)	$N_{fakt.}$ (kW)	λ	V_h (m ³ /s)	Q_0 (kW)
1/12	24,20	-2,8/+18,8	15	206,777	27,383	234,159	0,104	24,20	2,84	0,88	0,0038	21,41

Šilumos siurblio ciklo parametrai esant temperatūrai nuo -2,8 iki +18,8 °C, ir saulės spindėjimui į termodinaminę plokštę nuo 343,75 iki 587,41 w/m², išlieka stabilūs.

2.11 lentelė. Pagal mėnesio vidutinį saulės spindėjimą, plokštės vidutinės temperatūros, °C

Mėnuo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Saulės spind. (W/m²)	378,38	484,85	547,62	571,43	585,55	587,41	586,47	582,64	568,05	528,85	422,22	343,75
T_m °C	53,96	70,13	82,44	90,71	98,43	102,4	104,57	106,20	98,51	88,33	67,23	51,46
T_{m1} °C	38,19	54,47	70,30	76,89	75,95	74,61	65,95	66,22	73,44	66,94	47,69	57,34
ΔT_m °C	15,76	15,66	12,14	13,83	22,49	27,80	38,97	39,98	25,06	21,39	19,54	11,97



2.14 pav. Šilumos siurblio su termodinaminėmis plokštėmis darbo grafikas maksimaliu režimu.

Pateiktame grafike, 15 pav., pavaizduoti suminiai duomenys iš anksčiau atliktų skaičiavimų, MWh. Grafikas skirtas vaizdžiai įvertinti šilumos siurblio maksimalų šildymo energijos potencialą, prie vidutinių aplinkos temperatūrų. Grafike vaizduojami stulpeliai (Kv. Q poreikis, MWh), rodo buitinio karšto vandens ruošimui reikalingos energijos poreikį per atitinkamą mėnesį.

(Q dalis iš saulės, MWh) apibrėžia maksimalią galimą šiluminės energijos dalį, kurią šilumos siurblio pagalba galima sugeneruoti esant saulės radiacinei spinduliotei į termodinaminių plokščių paviršių.

(Q dalis iš aplinkos, MWh), šilumos siurblio generuojama maksimali šiluminė energijos dalis, kurią gali pagaminti vien tik iš esamos aplinkos temperatūros konveciniu būdu, nevertinant saulės spindėjimo į termodinaminių plokščių paviršių.

(ŠS el. galia suslėgimui, MWh) - tai šilumos siurblio sunaudota elektros energija, reikalinga pagaminti šiam visam aukštesnio potencialo šiluminės energijos kiekiui: $Q_{saulės} + Q_{aplikos}$.

Suminiai duomenys:

2.12 lentelė. ŠS su termodinaminėmis plokštėmis grafiko iš 2.14 pav. suminiai duomenys

Eil. Nr.	Mėn.	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
1	T_a	-2,8	-2,6	0,3	5,0	10,6	14,3	16,6	16,8	13,3	9,0	3,9	-0,1
2	El. energija, MWh	8,00	6,92	6,92	6,01	6,32	5,05	5,07	4,87	5,28	6,10	6,70	7,66
3	Pagaminta Q saulės, MWh	1,79	3,19	6,10	8,81	12,73	13,84	12,87	11,71	8,18	5,03	2,18	1,55
4	Pagaminta Q aplinkos, MWh	34,22	29,33	29,91	26,04	23,28	21,01	23,14	24,30	26,67	30,98	32,67	34,46

2.12 lentelė. (tęsinys)

Eil. Nr.	Mėn.	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
5	$COP_{\text{ss.s.}}$	4,5	4,7	5,2	5,8	5,7	6,9	7,1	7,4	6,6	5,9	5,2	4,7
6	Pagaminta Q viso, MWh/mėn.	36,01	32,52	36,01	34,85	36,01	34,85	36,01	36,01	34,85	36,01	34,85	36,01
7	Pagaminta Q iš saulės viso per metus, MWh											87,99	
8	Pagaminta Q iš aplinkos viso per metus, MWh											335,99	
9	Pagaminta Q iš saulės ir aplinkos viso per metus, MWh											423,98	
10	Elektros energija šilumos gamybai viso per metus, MWh											74,91	
11	Bendras metinis $COP_{\text{ss.s.}}$											5,66	

Šilumos transformavimo koeficientas – $COP_{\text{ss.s.}}$ (Coefficient of performance) 2.12 lentelėje pateiktas kaip bendras santykinis rodiklis, apskaičiuotas taip:

Šilumos siurblio transformavimo koeficientas (COP) sausio mėnesį, kai žemesnio potencialo šilumą iš aplinkos absorbuoja konvekcijos būdu, - 4,34;

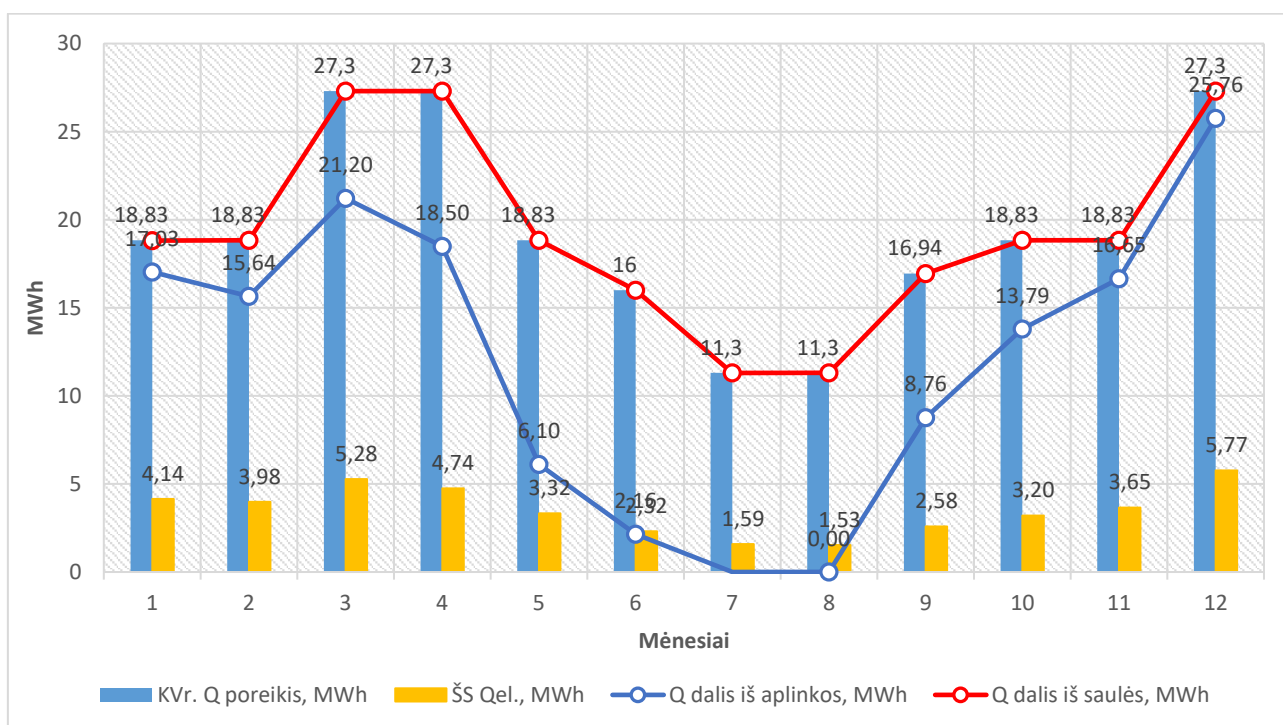
$$COP_{\text{konv.}} = \frac{37}{37 + (31 \times 24)} \times 100 = 4,74 \%$$

čia 37 - saulės spindėjimo sausio mėnesį trukmė, h.

Šilumos siurblio transformavimo koeficientas (COP) sausio mėnesį, kai žemesnio potencialo šilumą absorbuoja iš saulės spinduliavimo radiaciniu būdu į m^2 , - 8,55;

$$COP_{\text{rad.}} = \frac{744}{37 + (31 \times 24)} \times 100 = 95,26 \%$$

$$COP_{\text{ss.s.}} = \left(\frac{8,55}{100} \times 4,74 \right) + \left(\frac{4,74}{100} \times 95,26 \right) = 4,5$$



2.15 pav. Šilumos siurblio su termodinaminėmis plokštėmis darbo grafikas pagal poreikį režimu

Pateiktame grafike, 2.15 pav., matomi suminiai duomenys iš anksčiau atliktų skaičiavimų, MWh. Grafikas skirtas vaizdžiai įvertinti šilumos siurblio darbą, žemesnio potencialo šilumos iš aplinkos ir saulės pasiskirstymą - energijos šilumai gaminti, poreikio kitimą. Grafike vaizduojami stulpeliai (KVR. Q poreikis, MWh), - buitinio karšto vandens ruošimui reikalingos energijos poreikis per atitinkamą mėnesį.

(Q dalis iš saulės, MWh) apibrėžia maksimalią galimą šiluminės energijos dalį, kurią šilumos siurbliu galima sugeneruoti esant saulės radiacinei spinduliuotei į termodinaminių plokščių paviršių.

(Q dalis iš aplinkos, MWh), šilumos siurblio pagaminta šiluminė energijos dalis, kurią generuoja iš aplinkos temperatūros konvenciniu būdu, kai nešviečia saulė (pvz. naktį).

(ŠS el. galia suslėgimui, MWh) - šilumos siurblio sunaudota elektros energija, reikalinga pagaminti šiam visam šiluminės energijos kiekiui: $Q_{saulės} + Q_{aplinkos}$.

Suminiai duomenys pateikti 2.13 lentelėje.

2.13 lentelė. ŠS su termodinaminėmis plokštėmis grafiko iš 2.15 pav. suminiai duomenys

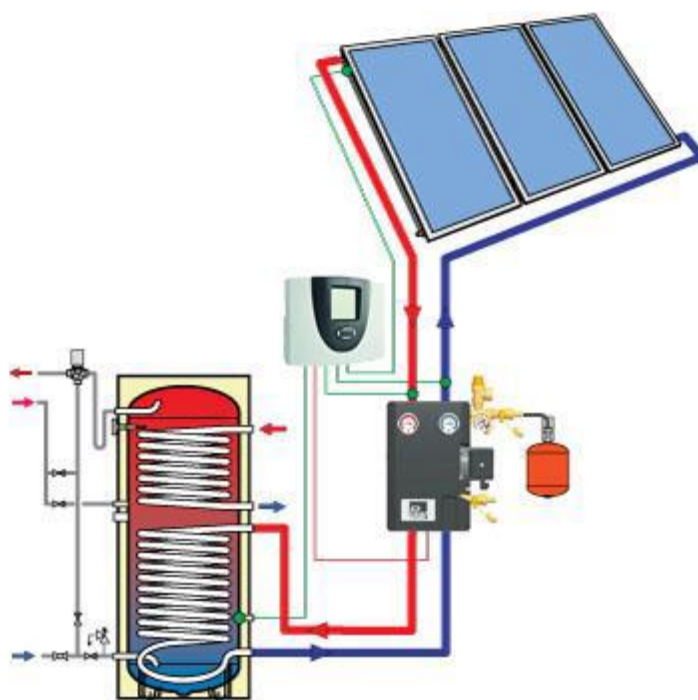
Eil. Nr.	Mėn.	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
1	T_a	-2,8	-2,6	0,3	5,0	10,6	14,3	16,6	16,8	13,3	9,0	3,9	-0,1
2	KVR poreikis	18,82	18,84	27,30	27,30	18,83	16,00	11,30	11,30	16,94	18,83	18,83	27,31
3	El. energija, MWh	4,14	3,98	5,28	4,74	3,32	2,32	1,59	1,53	2,58	3,20	3,65	5,77
4	Pagaminta Q saulės, MWh	1,79	3,19	6,10	8,81	12,73	13,84	11,30	11,30	8,18	5,03	2,18	1,55
5	Pagaminta Q aplinkos, MWh	17,03	15,64	21,20	18,50	6,10	2,16	0,00	0,00	8,76	13,79	16,65	25,76
6	$COP_{\text{š.s.}}$	4,55	4,73	5,17	5,76	5,67	6,70	7,10	7,39	5,16	5,88	5,16	4,73
7	Pagaminta Q viso, MWh/mėn.	18,82	18,84	27,30	27,30	18,83	16,00	11,30	11,30	16,94	18,83	18,83	27,31
8	KVR poreikis viso per metus, MWh												231,60
9	Pagaminta Q iš saulės viso per metus, MWh												86,00
10	Pagaminta Q iš aplinkos viso per metus, MWh												145,59
11	Pagaminta Q iš saulės ir aplinkos viso per metus, MWh												231,59
12	Elektros energija šilumos gamybai viso per metus, MWh												42,10
13	Bendras metinis $COP_{\text{š.s.}}$												5,67

2.5. Buitinio karšto vandens ruošimas saulės kolektoriais

2.5.1. Veikimo principas

Saulės spindulinė energija kolektoriuje šildo šilumnešį (glikolio pagrindu pagamintus šildymo neužšalancius skysčius). Įrenginys šioje vandens šildymo sistemoje turi savireguliacijos mechanizmą, automatiškai reguliuoja saulės energijos absorbciją ir šilumos kaupimą akumuliacinėse talpose. Automatikos blokas periodiškai įjungia arba išjungia cirkuliacinį siurblių. Pagal elektroninio temperatūros daviklio duomenis, palaiko stabilią šilumos energiją akumuliacinėse vandens šildymo talpyklose. Siurblys įjungiamas, kai saulės kolektoriaus viršutinėje dalyje šilumos nešėjo temperatūra viršija temperatūrą akumuliacinio vandens šildytuvo apatinėje dalyje ir išjungiamas kai temperatūrų skirtumas tampa mažesnis už nustatytą dydį.

Dažniausiai saulės kolektoriai pritaikomi buitinio karšto vandens gamybai. Tinkamai suprojektuota saulės kolektorių sistema padengia 60 – 70 proc. karšto vandens ruošimui metinių išlaidų. Kaip antrinę šilumos šaltinį saulės energiją galima pritaikyti ir daliniam patalpų šildymui. Tuomet saulės kolektorių sistema sumažins išlaidas karšto vandens ruošimui apie 60 – 70 proc., o šildymui 20 – 25 proc. metinių išlaidų, priklausomai nuo saulės kolektorių sistemos ploto ir patalpų šildymo tipo bei šilumos poreikio. [39]



2.16 pav. Saulės kolektorių sistema karšto vandens ruošimui. [39]

2.5.2. Kolektoriaus ploto parinkimas

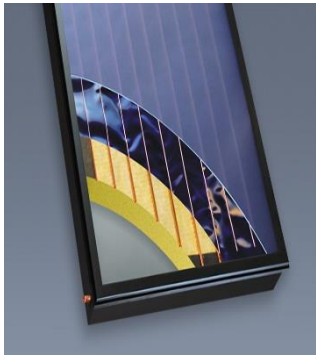
1m² kolektoriaus ploto reikalinga nuo 30 - 50 l talpos tūrio. Parinkus netinkamą kolektorių ir talpos derinį, sistema dirbs neefektyviai. Siekiant apsaugoti cirkuliacinius siurblius, jie yra išjungiami temperatūrai pakilus 130 C⁰ (priklauso nuo gamintojo), todėl parinkus per mažą talpą, neišeis efektyviai panaudoti visos kolektorių surinktos šilumos. Jeigu saulėtą dieną karštas vanduo nėra naudojamas ir neužšalancio skysčio temperatūra pasiekia ~160 C⁰, suveikia apsauginis vožtuvas. Parinkus per didelę talpą saulės kolektorius nesugebės joje esančio vandens sušildyti iki reikiamos temperatūros, todėl tiekiamą vandenį reikės šildyti papildomai. [39]

2.14 lentelė. Orientacinis talpos ir kolektorių santykis [39]

Gyventojų skaičius	Saulės kolektorių plotas (efektyvaus paviršiaus), m ²	Akumuliacinio vandens šildytuvo tūris, ltr.
2-3	3,5-4	200-250
3-5	4,5-6	300-400
5-8	6-10	500-750
8-10	10-13	750-1000

Parinkti Vokiečių gamintojo „WOLF TopSon 3F-1“ saulės kolektoriai, kurių pagrindiniai parametrai pateikti 2.15 lentelėje.

2.15 lentelė. Projektuojamų saulės kolektorių parametrai [40]

	Rodiklis	Matavimo vienetai	Rodiklių reikšmės
	Saulės kolektoriaus modelis		
Saulės kolektoriaus tipas			Horizontalus plokštelinis
Ilgis, A		mm	2099
Plotis, B		mm	1099
Aukštis, C		mm	110
Optinis efektyvumas, η_0		%	80,4
Šilumos nuostoliai, k_1		$W/(m^2 \cdot K)$	3,235
Šilumos nuostoliai, k_2		$W/(m^2 \cdot K)$	0,0117
Bendras plotas		m ²	2,300
Absorberio plotas		m ²	2,000
Rekomenduojamas šilumnešio srautas		l/h	30-90

2.5.3. Šiluminės energijos kiekio, pagamintos su saulės kolektoriais, skaičiavimas

Šiluminės energijos kiekis apskaičiuotas pagal šilumos balanso lygtį:

$$Q = A \times G_T \left(\eta_0 - k_1 \times \left(\frac{T_m - T_a}{G_T} \right) - k_2 \times G_T \times \left(\frac{T_m - T_a}{G_T} \right)^2 \right) \quad (21)$$

čia A – saulės kolektorių naudingas plotas, m²; η_0 – optinis kolektoriaus efektyvumas (nurodomas kolektoriaus gamintojo specifikacijoje); k_1 ir k_2 – nuostolių koeficientai (nurodomi kolektoriaus gamintojo specifikacijoje); T_m – saulės kolektoriaus absorberio plokštelės paviršiaus vidutinė temperatūra, °C (priimama vidutinė įtekėjusio ir ištekėjusio šilumnešių temperatūros iš kolektoriaus); T_a – saulės kolektorių supančios aplinkos oro temperatūra, °C; G_T – saulės spinduliuotė krintanti į paviršių, W/m^2K ;

$$Q = 60 \times 378,38 \times \left(0,804 - 3,235 \times \left(\frac{50 + 2,8}{378,38} \right) - 0,0117 \times 378,38 \times \left(\frac{50 + 2,8}{378,38} \right)^2 \right) = 60,47 \text{ kW}$$

Vidutinė temperatūra tarp įeinančio ir išeinančio šilumnešio:

$$T_m = \frac{T_{i\acute{e}j} + T_{i\grave{s}ej}}{2} \quad (22)$$

čia $T_{i\acute{e}j}$ - įtekančio šilumnešio temperatūra (priimu 30 °C); $T_{i\grave{s}ej}$ - išeinančio šilumnešio temperatūra (priimu 70 °C);

$$T_m = \frac{30 + 70}{2} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$$

2.5.4. Efektyvumo skaičiavimas

Teorinis saulės kolektorių efektyvumo skaičiavimas:

$$\eta = \eta_0 \times k_1 \times \left(\frac{T_m - T_a}{G_T} \right) - k_2 \times G_T \times \left(\frac{T_m - T_a}{G_T} \right)^2 \quad (22)$$

$$\eta = 0,804 \times 3,235 \times \left(\frac{50 + 2,8}{378,38} \right) - 0,0117 \times 378,38 \times \left(\frac{50 + 2,8}{378,38} \right)^2 = 0,27$$

Faktinis šiluminės energijos kiekis vertinamas naudojant šilumos balanso lygtį.

$$Q_{fakt} = M \times C_p \times (t_1 - t_2) \quad (23)$$

čia M – šilumnešio debitas, kg/h ; C_p – specifinė šiluma, kJ/kgK ; t_1 – ištekancio iš kolektoriaus šilumnešio temperatūra, $^\circ\text{C}$; t_2 – įtekančio į kolektorių šilumnešio temperatūra, $^\circ\text{C}$.

$$Q_{fakt} = 544,1 \times 4,186 \times (70 - 30) = 188100 \text{ kJ} = 25,27 \text{ KW}$$

$$KWh/m\acute{e}n = 25,27 \times 10 \times 31 = 7833,7$$

Faktinis saulės kolektorių efektyvumas skaičiuojamas:

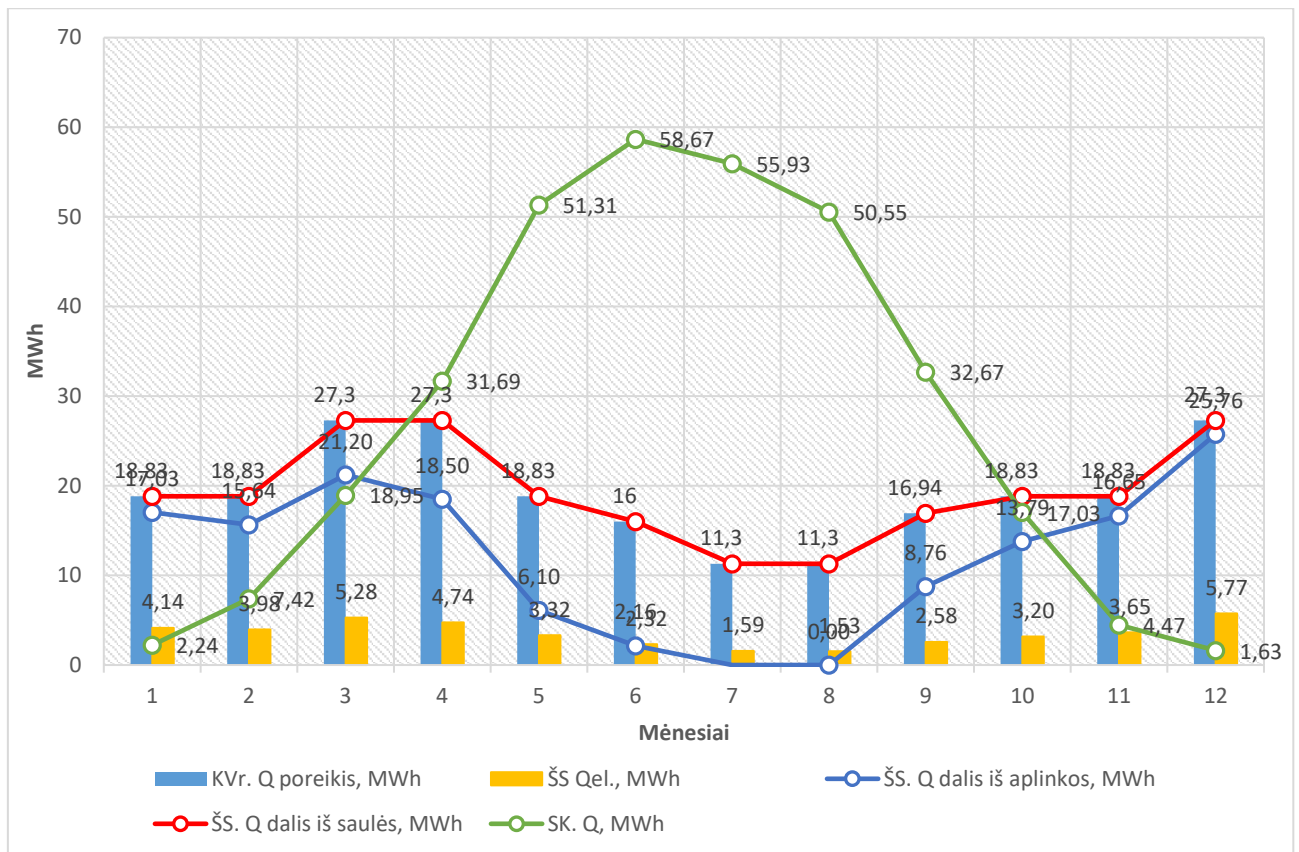
$$\eta_{fakt} = \frac{Q_{fakt}}{G_T \times A} \quad (24)$$

čia A – saulės kolektorių naudingas plotas, m^2 , (primame 60)

$$\eta_{fakt} = \frac{7833,70}{378,38 \times 60} = 0,34$$

2.16 lentelė. Iš saulės pagaminamos energijos kiekis kas mėnesį

Mėnuo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I. kW/m ²	14	32	69	104	154	168	156	141	96	55	19	11
I h/mėn.	37	66	126	182	263	286	266	242	169	104	45	32
Q, MWh/mėn.	2,24	7,42	18,95	31,69	51,31	58,67	55,93	50,55	32,67	17,03	4,47	1,63



2.17 pav. Saulės kolektorių pagamintas šilumos kiekis KVr poreikių kontekste

Vidutiniai šilumos poreikiai per mėnesį, nurodyti 2.1 lentelėje.

Metinis energijos poreikis buitinio karšto vandens ruošimui, kWh

$$Q = 231,60 \text{ kWh}$$

Visas pagamintas energijos kiekis:

$$Q_{s.k.visas} = 332,5 \text{ MWh}$$

Su saulės kolektoriais padengiamas metinis energijos poreikis skaičiuojamas:

$$Q_{s.k.} = 16,59 + 11,41 + 8,35 + 27,3 + 18,83 + 16 + (11,3 \times 2) + 16,94 + 1,8 + 14,36 + 25,67 \\ = 179,85 \text{ MWh} = 77,66 \%$$

Energija kurią turi pagaminti kitas energijos šaltinis (CŠT):

$$Q_{k.š.} = Q - Q_{s.k.} = 231,60 - 179,85 = 51,75 \text{ MWh} = 22,34 \%$$

Potencialiai prarastos energijos dalis:

$$Q_n = Q_{s.k.visas} - Q_{s.k.} = 332,5 - 179,85 = 152,65 \text{ MWh} = 45,91 \%$$

3. Ekonominis projekto vertinimas

3.1. Medžiagų žiniaraštis

3.1 lentelė. Šilumos siurblio su termodinaminėmis plokštėmis medžiagų žiniaraštis

Pozicija Eil. Nr.	Pavadinimas ir techninės charakteristikos	Mato vnt.	Kiekis
	Šilumos siurblio su termodinaminėmis plokštėmis sistema		
	Stogo tvirtinimo konstrukcija. Termodinaminės saulės kolektorių plokštės tvirtinimo konstrukcija;	Kompl.	1
ŠS	KARŠTAM VANDENIUI Termodinaminis saulės šilumos siurblys, modelis ECO 2000 IXD; Šildymo galia 24,2kW; elektros galia 3,2kW; vandens srautas 1,5m ³ /h; distributoriai; magnio anodas; 2WRK23 šilumokaitis;	Kompl.	2
TP	Termodinaminė saulės kolektorių plokštės 2000x800mm	Vnt.	32
1	Rutulinis ventilis d50	Vnt.	14
2	Filtrai d32	Vnt.	5
17	Rutulinis ventilis d25	Vnt.	30
3	Srauto jutiklis (jungiklis)	Vnt.	6
4	Cirkuliacinis siurblys 1,5m ³ /h; 1-230V; 50Hz; 100W.	Vnt.	2
5	Bimetalinis termometras	Kompl.	7
6	Atbulinis vožtuvas d25	Vnt.	6
7	Slėgio perkryčio reguliatorius	Vnt.	2
8	Apsauginis vožtuvas	Vnt.	2
9	Manometras	Vnt.	15
10	Išsiplėtimo indas 100L	Vnt.	2
11	Elektrinė tena 9 kW	Kompl.	2
13	Cirkuliacinis siurblys KV; 1,58 m ³ /h; 50 kPa; 1~230V; 0,93A; 220W	Vnt.	2
16	Plieno tūriniai vandens šildytuvai 2000 l	Kompl.	2
S1	Temperatūros daviklis	Kompl.	3
S2	Temperatūros daviklis	Kompl.	3
T1	Lauko termostatas	Kompl.	1
Q1	Valdymo bloko skydas	Kompl.	1
E1; E2	3-jų cirkuliacinių kontūrų skirstytuvas su izoliacija; pagrindinių vamzdžių išorinis diametras - 168.3mm; tarp ašinis atstumas 340mm; maksimalus slėgis 10bar; max temperatūra 110C	Kompl.	2
	Virinami antgaliai DN150xDN100 komplektas, skirtas skirstytuvo pajungimui prie vamzdžio; išorinis vamzdžio diametras 168.3mmx114.3mm su izoliacija	Kompl.	1
1	Suvirinimo elektrodai	kg.	5
2	Variniai vamzdeliai DN6x1.0 su kondensacine izoliacija 13mm storio	m.	1850
3	Variniai vamzdeliai DN12x1.0 su kondensacine izoliacija 19mm storio	m.	165
4	Variniai vamzdeliai DN15x1.0 su kondensacine izoliacija 25mm storio	m.	20
5	Variniai vamzdeliai DN18x1.0 su kondensacine izoliacija 25mm storio	m.	220
6	Variniai vamzdeliai DN22x1.0 su kondensacine izoliacija 25mm storio	m.	370
7	Variniai vamzdeliai DN35x1.5 su kondensacine izoliacija 25mm storio	m.	370
8	Kėlimo mechanizmai (strėlė min 28 metrai) darbo laikas 16 valandos	Kompl.	1
9	Dujos R407C	kg.	42
10	Azotas	m ³	50
	Apskaita		
Š1	Šilumos skaitiklis su srauto jutikliu ant paduodamo vamzdžio, Qn=3,5m ³ /h; DN25, tikslumo klasė 2, su temperatūros davikliais karštas vanduo	Kompl.	1
Š2	Šilumos skaitiklis su srauto jutikliu ant grįžtamo vamzdžio, Qn=2,5m ³ /h; DN20, tikslumo klasė 2, su temperatūros davikliais cirkuliacija	Kompl.	1

3.2. Lokalinė sąmata

Statybos skaičiuojamoji kaina apskaičiuota naudojant sąmatų sudarymo programą „ProSama5G“. Statybos kainos vertinamos 2019 metų kovo mėn. įkainiais.

3.2 lentelė. Saulės kolektorių lokalinė sąmata

SUDERINTA: _____ TŪKST.EUR.
 ATSAKINGAS ATSTOVAS _____
 2019 M. MĖN. D.

TVIRTINU: _____ TŪKST.EUR.
 ATSAKINGAS ATSTOVAS _____
 2019 M. MĖN. D.

LOKALINĖ SĄMATA

Sudaryta pagal 2019.3 kainas

SĄMATA

Statinių grupė **K001 Inžineriniai statiniai**

Statinys **O1 Šilumos siurblių oras/vanduo sistema buitinio karšto vandens ruošimui**

Žiniaraštis **S1 Buitinio karšto vandens ruošimo sistemos modernizavimas**

2019-05-20

Suma žiniaraščiui

74447,83

Lapas 1

Sąm. eil.	Darbo, resursų pavadinimas	Mato vienetas	Norma		Kiekis	Kaina EUR	Iš viso EUR
1	R63P-4511-4	vnt.			2,0		
	Šilumos siurblio oras/vanduo įrengimas karšto vandens ruošimui kai šildymo galia daugiau 15kW iki 25kW (24,2kW)						
	10450 Darbo jėga su vidutine kategorija 4.50	žm.val.	67,0		134,0	5,78	774,52
	120049 Varžtai su veržlėmis (įvairūs)	kg	6,5		13,0	1,93	25,09
	120314 Medsraigčiai su plastmasiniais įdėklais	vnt.	29,0		58,0	0,1	5,8
	240003 Acetilenas	m3	0,014		0,028	10,85	0,3
	490036 Movinė uždaromoji armatūra	vnt.	20,0		40,0	13,65	546,0
	534013 Apipjauta mediena (spygliuočių, 1-3 rūš.)	m3	0,013		0,026	197,74	5,14
	600043 Betono mišiniai	m3	0,255		0,51	72,82	37,14
	810006 Šukuoti linai	kg	0,26		0,52	8,72	4,53
	120003 Plieninė viela (suvirinimo)	kg	0,05		0,1	1,25	0,13
	261463 Termodinaminės saulės kolektorių plokštės	vnt	16,0		32,0	373,8	11961,6
	261432 Saulės kolektorių, modulių atramos (laikikliai) (kompl.)	vnt	16,0		32,0	68,0	2176,0
	261468 Šildymo ir karšto vandens sistemų reguliatoriai	vnt	1,0		2,0	365,0	730,0
	310221 Mechaninis filtras	vnt	1,0		2,0	30,0	60,0
	260938 Vamzdžių laikikliai	vnt.	25,0		50,0	0,63	31,5
	260961 Akumuliacinė talpa 2000 l	vnt	1,0		2,0	1650,0	3300,0
	260963 Trieigis movinis ventilis arba vožtuvas	vnt	1,0		2,0	198,0	396,0
	261054 Šaldymo skystis R407c	kg	2,25		4,5	45,0	202,5

261402	Pavaros reguliuojamiems debito ribotuvams	vnt	1,0	2,0	156,0	312,0		
261462	Šilumos siurbliai oras/vanduo ECO 2000 IXD	vnt	1,0	2,0	6646,8	13293,6		
260593	Variniai vamzdžiai su termoizoliacija	m	1295,0	2590,0	4,5	11655,0		
260720	Cirkuliacinis siurblys	vnt	3,0	6,0	450,0	2700,0		
260723	Mataavimo prietaisas	vnt	3,0	6,0	6,0	36,0		
2062-42	Membraninis išsiplėtimo indas MN-100-100 I, pilnai suvirintas, SBR	vnt	1,0	2,0	180,58	361,16		
260726	Paviršinis temperatūros arba slėgio daviklis	vnt	4,0	8,0	68,0	544,0		
260825	Folija padengti kevalai	m	30,6	61,2	10,5	642,6		
260923	Plastikiniai vamzdžiai	m	10,2	20,4	2,4	48,96		
120334	Plieninė viela (cinkuota)	kg	0,36	0,72	1,18	0,85		
210004	Dujinis deguonis (techninis)	m3	0,015	0,03	1,36	0,04		
230413	Pasta sandarinimui	kg	0,21	0,42	15,45	6,49		
230425	Lipni folijos juostelė	m	13,5	27,0	0,04	1,08		
260521	Srieginės jungtys	vnt	26,0	52,0	5,3	275,6		
342521	Agregatas bandymui hidrauliniu slėgiu	maš.val	0,8	1,6	2,88	4,61		
210095	Azotas	m3	1,0	2,0	10,6	21,2		
489034	Kranas ant automob. važiuoklės keliam.galios iki 10 t	maš.val	0,56	1,12	24,45	27,38		
489244	Smulkūs mechanizmai su el. varikliu	maš.val	3,6	7,2	0,5	3,6		
489246	Mažosios mechanizacijos priemonės su elektros varikliu	maš.val	3,6	7,2	2,88	20,74		
R63P-4511-4	Darbo užm.	774,52	Medžiagos	49380,31	Mechanizmai	56,33	Iš viso	50211,16
2	D3-103			vnt.		2,0		
	Šilumos siurblio sistemos agregat. derinimas, kai sistemos šildymo galia iki 20 kW							
10550	Darbo jėga su vidutine kategorija 5.50	žm.val.	14,0	28,0	6,38	178,64		
D3-103	Darbo užm.	178,64	Medžiagos		Mechanizmai		Iš viso	178,64
3	R63P-5421-2			vnt.		32,0		
	Saulės energijos kolektoriams, moduliams atramų (laikiklių) montavimas ant plokščių stogų įrengiant atramines konstrukcijas iš plieninių sijų (vienam kolektoriui, moduliui)							
520003	Plieninės statybinės konstrukcijos	t	0,032	1,024	1511,3	1547,57		
R63P-5421-2	Darbo užm.		Medžiagos	1547,57	Mechanizmai		Iš viso	1547,57
Viso žiniaraštyje	Darbo užm.	953,16	Medžiagos	50927,88	Mechanizmai	56,33	Iš viso	51937,37
	Papildomų medžiagų vertė 3,00%					1527,84		1527,84
	Papildomų mechanizmų vertė 3,00%						1,69	1,69
	Kiti darbo užmokesčio priskaitymai 8,00%				76,25			76,25
	Iš viso				1029,41	52455,72	58,02	53543,15
	Soc. Draudimas 1,79%				18,43			18,43
	Iš viso				1047,84	52455,72	58,02	53561,58
	Statybvietės išlaidos 9,00%				94,31	4721,01	5,22	4820,54
	Iš viso (tiesioginės išlaidos)				1142,15	57176,73	63,24	58382,12
	Pridėtinės išlaidos 20,90%				215,15			215,15
	Iš viso				1357,3	57176,73	63,24	58597,27
	Pelnas 5,00%				67,87	2858,84	3,16	2929,86

Iš viso (su netiesioginėmis išlaidomis)	1425,17	60035,57	66,4	61527,13
PVM 21,00%	299,29	12607,47	13,94	12920,7
Iš viso	1724,46	72643,04	80,34	74447,83

Sudarė projekto autorius

3.3 lentelė. Saulės kolektorių lokalinė sąmata

SUDERINTA: _____ TŪKST.EUR.
 ATSAKINGAS ATSTOVAS _____
 2019 M. MĖN. D.

TVIRTINU: _____ TŪKST.EUR.
 ATSAKINGAS ATSTOVAS _____
 2019 M. MĖN. D.

LOKALINĖ SĄMATA

Sudaryta pagal 2019.3 kainas

SĄMATA

Statinių grupė **K001 Inžineriniai statiniai**

Statinys **O1 Saulės kolektorių sistema buitinio karšto vandens ruošimui**

Žiniaraštis **S1 Buitinio karšto vandens ruošimo sistemos modernizavimas**

2019-05-20

Suma žiniaraščiui

75395,96

Lapas 1

Sąm. eil.	Darbo, resursų pavadinimas	Mato vienetas	Norma	Kiekis	Kaina EUR	Iš viso EUR
1	R63P-4221-3	vnt.		27,0		

Terminių plokščiųjų saulės kolektorių sistemų montavimas ant plokščių stogų, kai vieno kolekt. absorbuoj. plotas 2,18m2 sistemoje 10 kolektorių, tvirtinami įrengiant atramas (sistema)

10350	Darbo jėga su vidutine kategorija 3.50	žm.val.	69,9	1887,3	5,25	9908,33
230413	Pasta sandarinimui	kg	0,03	0,81	15,45	12,51
260146	Tūrinis vandens šildytuvas	vnt	0,07407	2,0	1650,0	3300,0
260938	Vamzdžių laikikliai	vnt.	25,0	675,0	0,63	425,25
260962	Membraninis išsiplėtimo indas	vnt	0,07407	2,0	132,0	264,0
120049	Varžtai su veržlėmis (įvairūs)	kg	1,9	51,3	1,93	99,01
120063	Medsraigčiai (įvairūs)	kg	0,96	25,92	1,93	50,03
120314	Medsraigčiai su plastmasiniais įdėklais	vnt.	65,0	1755,0	0,1	175,5
490410	Nuorinimo čiaupai	vnt	1,0	27,0	6,44	173,88
261467	Terminių saulės kolektorių jungtys	vnt	20,0	540,0	0,6	324,0
490028	Jungiamoji dalis su sriegiais	vnt.	8,0	216,0	1,5	324,0
490036	Movinė uždaromoji armatūra	vnt.	4,0	108,0	3,5	378,0
570842	Hidroizoliaciniai tarpikliai	m	20,0	540,0	0,03	16,2
260720	Cirkuliacinis siurblys	vnt	1,0	1,0	450,0	450,0
810006	Šukuoti linai	kg	0,03	0,81	8,72	7,06
261431	Terminiai saulės kolektoriai (kompl.)	vnt	1,0	27,0	730,0	19710,0
261432	Saulės kolektorių, modulių atramos (laikikliai) (kompl.)	vnt	1,0	27,0	68,0	1836,0

261433	Saulės kolektorių valdymo blokas	vnt	0,03704	1,0	110,0	110,0		
261442	Saulės kolektorių izoliuoti vamzdžiai	m	50,0	1350,0	3,5	4725,0		
261443	Neužšalantis skystis	l	34,0	918,0	5,0	4590,0		
489034	Kranas ant automob. važiuoklės keliam.galios iki 10 t	maš.val	3,6	97,2	24,45	2376,54		
489244	Smulkūs mechanizmai su el. varikliu	maš.val	6,5	175,5	0,5	87,75		
R63P-4221-3	Darbo užm.	9908,33	Medžiagos	36520,44	Mechanizmai	2464,29	Iš viso	48893,06

2 **R63P-5421-2** vnt. 27,0

Saulės energijos kolektoriams, moduliams atramų (laikiklių) montavimas ant plokščių stogų įrengiant atramines konstrukcijas iš plieninių sijų (vienam kolektoriui, moduliui)

520003	Plieninės statybinės konstrukcijos	t	0,032	0,864	1511,3	1305,76
R63P-5421-2	Darbo užm.	Medžiagos	1305,76	Mechanizmai	Iš viso	1305,76

Viso žiniaraštyje	Darbo užm.	9908,33	Medžiagos	37826,2	Mechanizmai	2464,29	Iš viso	50198,82
	Papildomų medžiagų vertė 3,00%				1134,79			1134,79
	Papildomų mechanizmų vertė 3,00%					73,93		73,93
	Kiti darbo užmokesčio priskaitymai 8,00%			792,67				792,67
	Iš viso			10701,0	38960,99	2538,22		52200,21
	Soc. Draudimas 1,79%			191,55				191,55
	Iš viso			10892,55	38960,99	2538,22		52391,76
	Statybvietės išlaidos 9,00%			980,33	3506,49	228,44		4715,26
	Iš viso (tiesioginės išlaidos)			11872,88	42467,48	2766,66		57107,02
	Pridėtinės išlaidos 20,90%			2236,51				2236,51
	Iš viso			14109,39	42467,48	2766,66		59343,53
	Pelnas 5,00%			705,47	2123,37	138,33		2967,18
	Iš viso (su netiesioginėmis išlaidomis)			14814,86	44590,85	2904,99		62310,71
	PVM 21,00%			3111,12	9364,08	610,05		13085,25
	Iš viso			17925,98	53954,93	3515,04		75395,96

Sudarė projekto autorius

3.3. Bendri ekonominio vertinimo duomenys ir prielaidos

Daugiabučio namo energijos poreikis buitinio karšto vandens gamybai per metus sudaro 231,60 MWh. Šiai energijos gamybai gali būti naudojami ir alternatyvūs energijos šaltiniai:

CŠT – Centralizuoti šilumos tinklai (esamas šilumos šaltinis buitiniam karštam vandeniui ruošti);

Per metus pagamina karšto vandens 231,59 MWh.

ŠS – Šilumos siurblys (planuojamas alternatyvus energijos šaltinis).

Šilumos siurblys dirbantis maksimaliu režimu, per metus gali pagaminti 423,98 MWh. Šią energiją sukaupia ir transformuoja iš saulės radiacinės šilumos, gaunamos šviečiant saulei (87,99 MWh). Kitu metu, - naktį, lyjant, kai nėra saulės šviesos, šilumą sugeneruoja iš aplinkos (335,99 MWh).

Šiai visai energijai pagaminti, ŠS sunaudoja 74,91 MWh per metus.

Toks energijos kiekis pilnai padengia buitinio karšto vandens ruošimui reikalingos energijos poreikį. Šią energijos dalį sudaro šiluminė energija (231,59 MWh) ir elektros energija (42,10 MWh).

Antras svarstomas energijos alternatyvus šilumos šaltinis, tai (SK) – Saulės kolektoriai. SK per metus gali pagaminti 332,5 MWh, tačiau energijos gamyba nepastovi, priklausoma tiesiogiai nuo saulės spinduliuotės aktyvumo i m². Reguluoti šį energijos srautą sudėtinga.

Pagal vidutinį per mėnesį spinduliuavimo srautą, kai yra reikalinga šiluminė energija karštam vandeniui, pagaminamas energijos srautas sudaro 77,66 % (179,85 MWh). Šis kiekis nedengia viso KVR reikalingos energijos poreikio, todėl 22,34 % (51,75 MWh) turės pagaminti kitas energijos šaltinis, pvz. elektra arba CŠT.

Šiluminės, elektrinės energijos ir šalto vandens buitinio karšto vandens gamybai 2019 m. kainos:

Elektros kaina buitiniams vartotojams, pasirinkusiems patį populiariausią vienos laiko zonos „Standartinę“ mokėjimo planą, yra 13,0 Euro ct/kWh (su PVM), t. y. 130,0 Eur. MWh (su PVM). [41]

Nediferencijuota karšto vandens kaina (gyventojams, su 9 proc. PVM) iš UAB „Mažeikių šilumos tinklai“ tiekėjo 2019-05-01 dienos duomenimis, 4,95 Eur./m³. [41]

Šalto vandens kaina buitiniam karštam vandeniui ruošti, Mažeikių m. tiekėjo UAB „Mažeikių vandenys“ (daugiabučiu vartotojams), yra 92,0 Euro ct/m³. Nuotekų tvarkymo kaina 0,84 Euro ct/m³. [41]

Šios bazinės energijos ir vandens kainos už vieną, tolimesniame ekonominiame vertinime, naudojamos šilumos siurblio ir saulės kolektorių ekonominiam pagrindimui.

3.4. Metinės išlaidos CŠT atveju

Tiekiamo buitinio karšto vandens iš CŠT 1 m³ kainuoja 4,95 Eur, jam pagaminti reikia 60,18 KWh energijos.

Apskaičiuojame energijos kiekį, reikalingą paruošti 1 m³ karšto vandens:

$$Q_h = 1,16 \times 1,0 \times (55 - 8) + 5,6 = 60,12 \text{ kW}$$

Apskaičiuojame išlaidas karštam vandeniui per metus:

$$Q = \frac{231590}{60,12} \times 4,95 = 19068 \text{ Eur}$$

3.5. Šilumos siurblio ekonominė analizė

Pagal sąmatas šilumos siurblio kaina su įrengimo darbais yra 74447,83 Eur.

Išlaidos elektrai ruošiant karštą vandenį per metus apskaičiuojamos:

$$K_{EL} = W_{ss,e} \times k_e = 42,10 \times 130 = 5473,00 \text{ Eur/met}$$

čia $W_{ss,e}$ – šilumos siurblio sunaudotas elektros kiekis šilumos gamybai per metus, MWh; k_e – 1 MWh elektros energijos kaina, Eur.

3.5.1. Karšto vandens ruošimo savikaina

Paprastai garo kompresijos principu veikiančių elektrą naudojančių šilumos siurblių efektyvumas yra įvertinamas, naudojant COP (Coefficient of Performance) koeficientu. COP parodo momentinį šilumos siurblio pateiktos ir sunaudotos energijos santykius.

Žinant sezoninį COP ir elektros energijos kainą, galima preliminariai suskaičiuoti galimos šiluminės energijos kainą.

Esant elektros energijos tarifui 0,13 Eur/kWh, ją padalinus iš metinio vidutinio COP koeficiento, kuris yra 5,67, gauname:

$$Q = \frac{0,13}{5,67} = 0,023 \text{ Eur/kWh}$$

Tai karšto vandens ruošimas per metus kainuotų:

$$231590 \times 0,023 = 5326,57 \text{ Eur.}$$

Sutaupyta pinigų dalis naudojant šilumos siurbli:

$$42100 \times 0,13 = 5473 \text{ Eur išlaidos elektrai}$$

$$19068 - 5473 = 13595 \text{ Eur per metus sutaupoma}$$

3.5.2. Sistemos atsipirkimo laikotarpis

Šilumos siurblio sistemos ir įrengimo kaina yra 74447,83 Eur, su PVM.

Sutaupant 13595 eurų per metus šilumos siurblio sistema atsipirktų per 5,48 metų.

$$I_{ss} = \frac{74447,83}{13595,00} = 5,48 \text{ metų;}$$

čia I_{ss} – šilumos siurblio investicijos atsipirkimas.

3.5.3. Valstybės parama ir banko paskola

Penkerius metus nuo pirmosios kredito dalies išmokėjimo už atliktus statybos rangos darbus dienos apmokama šio kredito bendrų metinių palūkanų dalis, viršijanti 3 procentus, jeigu kredito metinės palūkanos viršija 3 procentus. [42]

Išmokama 30 procentų kompensacija įgyvendinus projektą pagal „Energinį efektyvumą didinančios priemonės“ direktyvą. [42]

Iš banko skolinantis $0,7 \times 74447,83 = 52113,48$ Eur su 3,0 % palūkanų norma, bankui per metus reikėtų sumokėti sumą apskaičiuota pagal formulę.

$$P \times \frac{j(1+j)^n}{(1+j)^n - 1} \quad (25)$$

čia P – bankui mokama paskolos suma, Eur; j – diskonto norma arba WACC; n – paskolos terminas, m.

$$B_{m\acute{e}n.} = 52113,48 \times \frac{0,03(1+0,03)^5}{(1+0,03)^5 - 1} = 11379,22$$

Atsipirkimo laikotarpis paėmus paskolą:

Bendra suma bankui padengti paskolą sudarytų $11379,22 \times 5 = 56896,1$ Eur

$$B_m = \frac{56896,10}{13595,00} = 4,19 \text{ metų}$$

3.6. Saulės kolektorių ekonominė analizė

3.6.1. Atsipirkimo laikotarpis

Saulės kolektorių sistemos ir įrengimo kaina pagal lokalinę sąmatą yra 75395,96 Eur, su PVM. Sutaupant 14807,14 eurų per metus, saulės kolektorių sistema be paramos ir paskolos, atsipirktų per 5,09 metų.

$$I_{SK} = \frac{75395,96}{14807,14} = 5,09 \text{ metų}$$

3.6.2. Valstybės parama ir banko paskola

Penkerius metus nuo pirmosios kredito dalies išmokėjimo už atliktus statybos rangos darbus dienos apmokama šio kredito bendrų metinių palūkanų dalis, viršijanti 3 procentus, jeigu kredito metinės palūkanos viršija 3 procentus.

Išmokama 30 procentų kompensacija įgyvendinus projektą pagal „Energinį efektyvumą didinančios priemonės“ direktyvą. [42]

Iš banko skolinantis $0,7 \times 75395,96 = 52777,17$ Eur su 3,0 % palūkanų norma, bankui per metus reikėtų sumokėti sumą apskaičiuota pagal formulę

$$P \times \frac{j(1+j)^n}{(1+j)^n - 1} \quad (26)$$

$$B_{m\acute{e}n.} = 52777,17 \times \frac{0,03(1 + 0,03)^5}{(1 + 0,03)^5 - 1} = 11524,14$$

3.6.3. Atsipirkimo laikotarpis su paskola

Bendra suma bankui padengti paskola sudarytų: $11524,14 \times 5 = 57620,68 \text{ Eur}$

$$B_m = \frac{57620,68}{14807,14} = 3,89 \text{ metų}$$

3.7. Ekonominės analizės duomenys

3.4 lentelė. Ekonominės analizės suvestinė

Energetiniai ekonominiai parametrai	CŠT	ŠS	SK
AEI sistemų kaina, Eur.	-	74447,83	75395,96
Buitinio karšto vandens sistemų atsipirkimas be paskolos ir paramos, m	-	5,48	5,09
Buitinio karšto vandens sistemų atsipirkimas su paskola ir parama, m	-	4,19	3,89
Parama, %	-	30	30
Paskola, Eur.	-	52113,48	52777,17
Bankui kasmet sumokama suma, Eur.	-	11379,22	11524,14
Buitinio karšto vandens poreikis, MWh		231,59	
Pagamintas karštas vanduo tradiciniais šilumos energijos šaltiniais, m ³	3852,3	-	860,78
Pagamintas karštas vanduo atsinaujinančios energijos šilumos šaltiniais, m ³ /m	-	3852,3	2991,52
Išlaidos elektrai, Eur.	-	5473,00	-
Išlaidos karštam vandeniui, Eur.	19068,0	-	4260,86
Viso išlaidų, Eur	19068,0	16852,2	15785,5
Viso išlaidų gražinus paskola, Eur.	19068,0	5473,00	4260,86
Sezoninis elektros efektyvumas			
Karšto vandens pagaminta tradiciniais šilumos energijos šaltiniais, MWh	231,59	-	51,74
Karšto vandens pagaminta atsinaujinančios energijos šilumos šaltiniais, MWh	-	231,59	179,85

Išvados

Baigiamajame darbe išanalizuota saulės energijos technologijų panaudojimo, karšto vandens ruošimui gyvenamuosiuose pastatuose galimybės, įvertintos techniniu ir ekonominiu aspektu.

1. Literatūros apžvalga rodo, kad saulės energijos potencialas Lietuvoje yra pakankamas, platesniam atnaujinančios energijos technologijų vystymui.
2. Renovuotuose, arba naujos statybos pastatuose, kur energijos kiekis šildymui mažas, karšto vandens ruošimui poreikis gali prilygti, arba viršyti poreikius šildymui, todėl turi būti skiriamas didelis dėmesys optimizuojant karšto vandens gamybą.
3. Modeliuotos dvi saulės energijos sistemos, kurios ruošų karštą vandenį pasirinktame daugiabučiame name. Skaičiavimai rodo, kad sistemos ekonomiškai naudingos ir gali sutaupyti nuo 70 iki 77 proc. energijos išlaidų karšto vandens ruošimui po įrenginių atsipirkimo laikotarpio, kuris yra nuo 3,8 iki 5,4 metų, atitinkamai pagal pasirinktą investavimo modelį ir karšto vandens ruošimo sistemą.
 - 3.1. Šilumos siurblys su termodinaminėmis plokštėmis dalį energijos, karštam vandeniui ruošti, naudoja iš elektros tinklų, kas sudaro pagrindinius energijos kaštus ruošiant karštą vandenį. Sistema gali ruošti karštą vandenį ištisus metus, išskyrus laiką, kai lauko temperatūra žemesnė nei - 15°C ir tuo metu nešviečia saulė. Dalinai temperatūrinius svyravimus išlygina akumuliacinės 4000 l. talpos. Esant didelėms šalčio bangoms, ir intensyviai karšto vandens naudojimui, gali reikėti pirminės energijos šaltinio. Iš esmės kaip pagrindinis ir vienintelis energijos šaltinis būti negali.
 - 3.2. Saulės kolektoriai, nevertinant cirkuliacinio siurblio vartojamos energijos, šilumą gamina nemokamai, tačiau negali patenkinti karšto vandens poreikių šaltuoju metų periodu keturis mėnesius. Šį skirtumą reikia kompensuoti iš alternatyvių energijos šaltinių - nagrinėjamame objekte tai yra CŠT tinklai. CŠT energija metiniame balanse sudarytų 22 proc. išlaidų karšto vandens ruošimui. Taip pat būtina akumuliacinių talpų sistema, kurioje būtų akumuliuojamas rezervinis karštas vanduo, kai nešviečia saulė.
4. Šilumos siurblys su termodinaminėmis plokštėmis karšto vandens ruošimui, turėtų susilaukti daugiau dėmesio prasidėjus intensyvesniam 4-tos kartos CŠT tinklų diegimui. Šilumos siurblys būtų labiau pritaikomas ruošti karštą vandenį ištisus metus.

Literatūra

1. MARTINAITIS, Vytautas ir Valdas LUKOŠEVIČIUS. Šilumos gamyba deginant kurą: vadovėlis. Vilnius: Technika, 2014. ISBN 9786094576331.
2. ŠVENČIANAS, Petras ir Arvydas ADOMAVIČIUS. Inžinerinė termodinamika: vadovėlis. Kaunas: Technologija, 2011. ISBN 9786090200476.
3. ISEVIČIUS, Edmundas. Oro kondicionavimas: vadovėlis. Kaunas: Technologija, 2007. ISBN 9789955253112.
4. ČIUPRINSKIENĖ, Jolanta, Kęstutis ČIUPRINSKAS ir Violeta MOTUZIENĖ. Šildymas, vėdinimas, oro kondicionavimas: Teorija ir praktika. Vilnius: Super namai, 2019. ISBN 9786099596044.
5. OZOLINČIUS, Remigijus. Atsinaujinantys energijos ištekliai: mokomoji knyga. Kaunas: VDU leidykla, 2007. ISBN 9955122807.
6. GENUTIS, Algirdas. Atsinaujinantys energijos šaltiniai: mokomoji knyga aukštosioms mokykloms. Akademija, 2008. ISBN 9789955865094.
7. ADOMAVIČIUS, Vytautas, Povilas BALČIŪNAS. Atsinaujinančiosios ir alternatyviosios energijos šaltiniai: mokomoji knyga. Kaunas: Technologija, 2003. ISBN 9955094729.
8. PEREDNIS E. Ar pasitelksime Saulės energiją? Mokslas ir gyvenimas, 4, p. 29-32. 2000.
9. DALENBACH J.O. Solar thermal market development in Europe. North Sun. 2005.
10. ELLIOTT D. Sustainable Energy: Choices, Problems and Opportunities. Issues in Environmental Science and Technology. Sustainability and Environmental Impact of Renewable Energy Sources. The Royal Society of Chemistry, 19, p. 32. 2003.
11. MATHIESEN B., Lund H., KARLSSON K. 100% Renewable energy systems, climate mitigation and economic growth. Applied Energy, 88, p. 488-501. 2011.
12. SUBHADRA B. Macro-level integrated renewable energy production schemes for sustainable development. Energy Policy, 39, p. 2193-2196. 2011.
13. COLEY D. A. Energy and climate change: creating a sustainable future. John Wiley & Sons, Ltd. England. 2008.
14. FERGUSON C. D. Do not phase out nuclear power – yet. Nature, 471, p. 411. 2011.
15. RIMKUS, Egidijus. Meteorologijos įvadas: vadovėlis 28[interaktyvus]. Vilnius: Vilniaus universitetas, 2011 [žiūrėta 2018-05-01]. ISBN 9789955634591. Prieiga per: http://www.hkk.gf.vu.lt/wordpress/wp-content/uploads/studentams/Meteorologijos_ivadas.pdf
16. For Refrigeration, Air Conditioning and Heat Pumps General Product Guide: Copeland produktų katalogas. Germany 2017.
17. Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija [interaktyvus]. 2011 [žiūrėta 2018-04-30]. Prieiga per: http://lsta.lt/files/studijos/2011%20metu/A-61_Panevezio%20daugiab_decentralizavimas_V.Suksterio.pdf
18. Lietuvos statistikos departamentas [interaktyvus]. 2017 [žiūrėta 2018-04-30]. Prieiga per: <https://osp.stat.gov.lt/informaciniai-pranesimai?articleId=5744093>
19. Lietuvos Respublikos energetikos ministerija [interaktyvus]. 2012 [žiūrėta 2018-04-30]. Prieiga per: https://enmin.lrv.lt/uploads/enmin/documents/files/Teisinė%20informacija/Teisės%20aktai/Bendrieji%20energetikos%20strateginiai%20dokumentai/Nacionalinė%20energetikos%20strategija/energetines_nepriklausomybes_strategija.pdf
20. Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija [interaktyvus]. 2019 [žiūrėta 2019-05-01]. Prieiga per: <https://lsta.lt/aktualijos/silumos-ukio-perspektyvos-biokuras-gerai-bet-kas-toliau/>

21. Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija [interaktyvus]. 2019 [žiūrėta 2019-01-05]. Prieiga per: http://www.lsta.lt/files/silumossuvartojimas/100729_Silumos%20suvartojimas_Svetainei.pdf
22. VŠĮ Beta [interaktyvus]. 2016 [žiūrėta 2018-04-30]. Prieiga per: <http://www.betalt.lt/data/public/uploads/2018/10/info-leidinys-apie-techn.prieziura.pdf>
23. Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija [interaktyvus]. 2019 [žiūrėta 2019-05-01]. Prieiga per: [https://www.lsta.lt/files/seminarai/2011-09-28_Busto%20agentura/1_Proga%20atsinaujinti%20new%20\(LT9_1\)_1.pdf](https://www.lsta.lt/files/seminarai/2011-09-28_Busto%20agentura/1_Proga%20atsinaujinti%20new%20(LT9_1)_1.pdf)
24. STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“ [interaktyvus]. 2016 [žiūrėta 2018-04-30]. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/15767120a80711e68987e8320e9a5185?jfwid=q86m1vvaz>
25. Solar thermal markets in Europe. Trends and Market Statistics [interaktyvus]. 2015 [žiūrėta 2018-04-03]. Prieiga per: http://www.estif.org/fileadmin/estif/content/market_data/downloads/2014_solar_thermal_markets_LR.pdf
26. Nacionalinė atsinaujinančių energijos išteklių plėtros 2017-2023 metų programa [interaktyvus]. 2016 [žiūrėta 2018-14-30]. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAP/bc949290ac0b11e68987e8320e9a5185>
27. Vokietijos ir Baltijos šalių prekybos rūmai Estijoje, Latvijoje, Lietuvoje [interaktyvus]. 2018 [žiūrėta 2019-05-01]. Prieiga per: <https://www.ahk-balt.org/lt/naujienos/news-details-lit/rekordine-ekologiskos-elektros-gamyba-vokietijoje/>
28. Darnaus vystymosi problemos ir jų sprendimai Lietuvoje [interaktyvus]. 2015 [žiūrėta 2018-05-01]. Prieiga per: https://www.knf.vu.lt/dokumentai/failai/soctyri/Monografija_Darnaus_vystymosi_problemos_ir_ju_sprendimai_Lietuvoje.pdf
29. Atnaujinta Nacionalinė energetinės nepriklausomybės strategija [interaktyvus]. 2017 [žiūrėta 2018-05-01]. Prieiga per: <https://enmin.lrv.lt/lt/naujienos/atnaujinta-nacionalines-energetines-nepriklausomybes-strategija-pateikta-vyriausybei>
30. Nacionalinė energetinės nepriklausomybės strategija [interaktyvus]. 2017 [žiūrėta 2018-05-01]. Prieiga per: [https://enmin.lrv.lt/uploads/enmin/documents/files/2017%2010%2016%20Energetikos%20strategijos%20projektas%20\(pateiktas%20LRV\).pdf](https://enmin.lrv.lt/uploads/enmin/documents/files/2017%2010%2016%20Energetikos%20strategijos%20projektas%20(pateiktas%20LRV).pdf)
31. Saulės energijos potencialas Europoje ir Lietuvoje [interaktyvus]. 2012 [žiūrėta 2018-06-05]. Prieiga per: <https://zaliaideja.wordpress.com/2012/04/03/saulės-energijos-potencialas-europoje-ir-lietuvoje/>
32. Alytaus Rajono Savivaldybė [interaktyvus]. 2012 [žiūrėta-06-05]. Prieiga per: <https://www.arsa.lt/>
33. Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba [interaktyvus]. 2014 [žiūrėta 2017-12-12]. Prieiga per: http://www.meteo.lt/lt/home?p_p_id=3&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_3_struts_action=%2Fsearch%2Fsearch&_3_redirect=%2FIt%2Fhome&_3_keywords=Saul%C4%97s+spinduliuot%C4%97s+trukm%C4%97+valandomis&_3_groupId=0
34. Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba [interaktyvus]. 2014 [žiūrėta 2017-12-12]. Prieiga per: http://www.meteo.lt/lt/home?p_p_id=3&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_3_struts_action=%2Fsearch%2Fsearch&_3_redirect=%2FIt%2Fhome&_3_keywords=Skirting%C5%B3+saul%C4%97s+spinduliuot%C4%97s+r%C5%AB%C5%A1i%C5%B3+m%C4%97nesiniai+matavim%C5%B3+duomenys+Kauno+meteorologijos+stotyje&_3_groupId=0

35. Pastatų karšto vandens sistemų įrengimo taisyklės [interaktyvus]. 2017 [žiūrėta 2019-05-01]. Prieiga per:
<https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/e678baa26cbd11e7aefae747e4b63286?jfwid=oizvyq6v>
36. Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija [interaktyvus]. 2011 [žiūrėta 2019-04-28]. Prieiga per:
https://www.lsta.lt/files/Leidiniai/SILUMOS_vartotojo_vadovas/Silumos_vartotojo_VADOVA_S.pdf
37. VEO Energija [interaktyvus]. 2018 [žiūrėta 2019-01-10]. Prieiga per: <http://lt.veo-energy.com/silumos-siurbliai/komercinis-karsto-vandens-sistemas/>
38. Thermodynamic Solar Energy [interaktyvus]. 2015 [žiūrėta 2019-04-28]. Prieiga per:
http://www.solarpst.com/files/Catalgo_PST_EN.pdf
39. Kaip išsirinkti saulės kolektorių sistemą [interaktyvus]. 2018 [žiūrėta 2019-02-26]. Prieiga per:
<http://soldiga.lt/image/data/Apie%20mus/Kaip-i-sirinkti-saul-s-kolektori-sistem-.pdf>
40. Solar technology [interaktyvus]. 2015 [žiūrėta 2019-02-26]. Prieiga per:
http://www.wolf.lt/uploads/Products/product_89/4800439_201509_solartechnik_gb_147040929_9.pdf
41. Valstybinė kainų ir energetikos kontrolės komisija [interaktyvus]. 2019 [žiūrėta 2019-05-10]. Prieiga per: <https://www.regula.lt/Puslapiai/naujienos/2018-metai/2018-lapkritis/2018-11-30/komisija-patvirtino-2019-m-elektros-energijos-tarifus-buitiniams-vartotojams.aspx>
42. VŠĮ Beta [interaktyvus]. 2019 [žiūrėta 2019-05-20]. Prieiga per: <http://www.betalt.lt/veiklos-sritys/programos/daugiabuciu-namu-atnaujinimo-modernizavimo-programa/102?c-17/t-44>
43. Saulės energetika Lietuvoje [interaktyvus]. 2019 [žiūrėta 2019-03-26]. Prieiga per:
https://lt.wikipedia.org/wiki/Saulės_energetika_Lietuvoje

Priedai

priedas. Priedo pavadinimas