



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS**

Ignas Rupeika

**HIBRIDINĖS ŠILUMOS SIURBLIO ORAS-VANDUO IR SAULĖS
ELEKTRINĖS SISTEMOS GYVENAMAJAM NAMUI TYRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Lekt. dr. Jurgita Černeckienė

KAUNAS, 2018

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS
ELEKTROS ENERGETIKOS SISTEMŲ KATEDRA**

**HIBRIDINĖS ŠILUMOS SIURBLIO ORAS-VANDUO IR SAULĖS
ELEKTRINĖS SISTEMOS GYVENAMAJAM NAMUI TYRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas
Energijos technologijos ir ekonomika (kodas 621E30004)

Vadovas

Lekt. dr. Jurgita Černeckienė

Recenzentas

Doc. dr. Algirdas Degutis

Projektą atliko

Ignas Rupeika

KAUNAS, 2018



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Elektros ir elektronikos fakultetas

(Fakultetas)

Ignas Rupeika

(Studento vardas, pavardė)

Energijos technologijos ir ekonomika, 621E30004

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto

„Hibridinės šilumos siurblio oras-vanduo ir saulės elektrinės sistemos gyvenamajam namui tyrimas“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 18 m. gegužės 17 d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Igno Rupeikos**, baigiamasis projektas tema „Hibridinės šilumos siurblio oras-vanduo ir saulės elektrinės sistemos gyvenamajam namui tyrimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

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

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Rupeika, Ignas. Hibridinės šilumos siurblio oras-vanduo ir saulės elektrinės sistemos gyvenamajam namui tyrimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Jurgita Černeckienė; Kauno technologijos universitetas, Elektros ir elektronikos fakultetas, Elektros energetikos sistemų katedra.

Reikšminiai žodžiai : šilumos siurblys „oras-vanduo“, saulės elektrinė, elektros energijos poreikių dinamika, šiluminės energijos poreikių dinamika.

Kaunas, 2018. 60 psl.

SANTRAUKA

Baigiamajame darbe analizuojama hibridinė šilumos siurblio „oras-vanduo“ ir saulės elektrinės sistema. Sukuriama įrenginių parinkimo ir poreikių nustatymo bet kokiam gyvenamajam namui metodika. Pagrindiniai parametrai kurie lemia šilumos siurblio ir saulės elektrinės parinkimą yra šilumos ir elektros energijos poreikių dinamikos. Šias dinamikas analizuojant nagrinėjamam 120 m² A+ energinės naudingumo klasės pastatui parinktas 8 kW šilumos siurblys bei 8 kW saulės elektrinė, ši sistema tiriamajam objektui pilnai patenkins visą elektros bei šiluminės energijos poreikį. Įvertinant skirtingų tipų saulės modulių naudojimą saulės elektrinėje, kurių gyvavimo laikotarpis bei galios nuvertėjimas kasmet stipriai skiriasi, gauta, kad nagrinėjamame objektui abiejų tipų saulės elektrinės su skirtingais saulės moduliais atsipirks per vienodą laikotarpį – 19 metų.

Rupeika, Ignas. Research of Hybrid System of Air to Water Heat Pump and Photovoltaic Power Station for Residential Building: Master's thesis in Energy Technologies and Economics. Supervisor assoc. prof. Jurgita Černeckienė. Kaunas University of Technology, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Department of Electric Power Systems

Keywords : air to water heat pump, photovoltaic power station, the dynamics of heat energy demand, the dynamics of electrical energy demand.

Kaunas, 2018. 60 p.

SUMMARY

The final thesis analyses a hybrid air to water heat pump and photovoltaic power station system. It creates a methodology for device selection and identification of needs for any residential building. Main parameters for selection of suitable heat pump and solar power plant are dynamics of heat and electric energy needs. In this case, 8 kW heat pump and 8 kW photovoltaic power station are chosen for 120 m² A+ energy efficiency class building. This system will be capable of satisfying all electric and heating energy demand for the analysed object. Based on an assessment of two different solar panels, whose lifetime and power depreciation yield significant annual differences, it becomes clear that both types of photovoltaic power stations will pay off after the same period of 19 years.

TURINYS

ĮVADAS	7
1. LITERATŪROS ANALIZĖ.....	8
1.1. Saulės elektrinės ir jų potencialas	8
1.1.1. Saulės potencialas Žemėje ir Lietuvoje.....	8
1.1.2. Pagrindiniai saulės elektrinės komponentai	12
1.1.3. Saulės modulių veikimo principas, sandara ir tipai.....	17
1.1.4. Saulės modulių orientacija	21
1.1.5. Sąlygos elektros energiją iš atsinaujinančių išteklių gaminantiems vartotojams Lietuvoje.....	23
1.2. Šilumos siurbiai ir jų pagrindinės charakteristikos	25
1.2.1. Šilumos siurblio veikimo principas ir pagrindiniai koeficientai	25
1.2.2. Šilumos siurblių tipai, oras-vanduo šilumos siurblys.....	29
1.3. Energijos poreikis šiuolaikiniam namui	31
2. POREIKIŲ NUSTATYMO IR ĮRENGINIŲ PARINKIMO METODIKA	33
2.1. Pastato energinis naudingumas	34
2.2. Šiluminės energijos poreikio dinamika	36
2.3. Reikalingos šildymo sistemos galios radimas ir šilumos siurblio „oras-vanduo“ parinkimas	38
2.4. Elektros energijos poreikio dinamika.....	38
2.5. Saulės elektrinės parinkimas	40
3. NAGRINĖJAMO OBJEKTO POREIKIŲ NUSTATYMAS IR ENERGIJOS ŠALTINIO EKONOMINĖ ANALIZĖ.....	40
3.1. Energijos poreikių ir įrenginiu parinkimo analizė.....	41
3.1.1. Šiluminės energijos poreikio nustatymas	41
3.1.2. Šilumos siurblio „oras-vanduo“ parinkimas.....	43
3.1.3. Elektros energijos poreikio nustatymas.....	45
3.1.4. Saulės elektrinės ir jos komponentų parinkimas	48
3.2. Saulės elektrinės ekonominis atsiperkamumo tyrimas.....	50
3.2.1. Optimaliausio mokėjimo būdo už energijos skirstymo operatoriaus suteikiamas paslaugas gaminančiam vartotojui parinkimas.....	50

3.2.2. Ekonominis tyrimas, įvertinant saulės modulių tipą ir galios nuvertėjimą	52
IŠVADOS.....	58
LITERATŪROS SĄRAŠAS.....	59
PRIEDAI	61
1 priedas. Saulėtų valandų skaičius Lietuvos miestuose, valandomis[4].....	61
2 priedas. Saulės apšvita Lietuvos miestuose, kWh/m ² [4]	62
3 priedas. Pasaulinis vidutinės apšvitos pasiskirstymo žemėlapis[4]	63
4 priedas. Lietuvos vidutinės metinės apšvitos pasiskirstymo žemėlapis[4]	64
5 priedas. Solitek Pro M60-300 „stiklas/stiklas“ saulės modulio specifikacija [17]	65
6 priedas. Solitek Standart M60-300 „stiklas/stiklas“ saulės modulio specifikacija [17]	66
7 priedas. NIBE F2120 techninės specifikacijos [18]	67
8 priedas. NIBE F2120 likusios šiluminės galios ir COP koeficiento priklausomybė nuo oro lauke ir šilumnešio temperatūrų [18]	68
9 priedas. Saulės elektrinės projektavimo simulatorius - „Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps“ [22]	69
10 priedas. Saulės elektrinės simulatoriaus - „Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps“ rezultatai [22]	70
11 priedas. Įtampos keitiklio – Fronius Symo 8.2-3-M specifikacijos [18]	71
12 priedas. Komercinis pasiūlymas (sąmata): 8 kW saulės elektrinių su „stiklas/stiklas“ ir „stiklas/plėvelė“ saulės moduliais [20]	72

ĮVADAS

Lietuvoje šilumos siurblių naudojimas pastatų šildymui yra vienas iš populiariausių ir komfortiškiausių šildymo būdų, kurį pasirenka vis daugiau žmonių statydami energiška efektyvius namus. Šilumos siurblio pagrindinis privalumas yra tas, kad jis yra pilnai automatizuotas bei nereikalauja papildomos infrastruktūros (dujotiekio ar pan.). Dažniausiai naudojami gruntas-vanduo ir „oras-vanduo“ šilumos siurblių tipai. Dėl mažesnės įrengimo kainos ir per pastaruosius metus padidėjusio įrangos efektyvumo, „oras-vanduo“ šilumos siurbliai palaipsniui populiarumu aplenkia gruntas-vanduo tipo šilumos siurblius. Šiai dienai įvairių gamintojų siūlomi šilumos siurbliai „oras-vanduo“ pasižymi aukštais sezoninio efektyvumo koeficientais net ir šaltųjų klimatų šalims, tarp kurių priskiriama ir Lietuva. Tai leidžia šį šildymo būdą Lietuvos sąlygomis pasirinkti kaip vieną iš ekonomiškiausių šildymo sistemos alternatyvų.

Didesnis sistemos efektyvumas išgaunamas šilumos siurblių kombinuojant su saulės elektrine, kurios Lietuvoje, dėl skatinamųjų priemonių gaminantiems vartotojams, gali būti prijungiamos prie skirstomųjų tinklų ir veikti pagal dvipusės apskaitos planą, taip užtikrinant visą metinį elektros energijos kiekį ir šilumos siurbliui, ir likusiems pastato poreikiams. Verta pabrėžti tai, kad dėl šilumos siurblio „oras-vanduo“ ir saulės elektrinės charakteristikų priklausomybės nuo išorinių veiksnių: lauko temperatūra, saulės apšvitos, energijos skirstymo operatoriaus sąlygų ir t.t. sudėtinga tinkamai parinkti įrenginius, kurie visiškai padengs nagrinėjamo pastato poreikius. Todėl pradžioje būtina gerai išanalizuoti pastato energijos poreikius bei jų dinamiką.

Tikslas: sudaryti hibridinės šilumos siurblio „oras-vanduo“ ir saulės elektrinės sistemos įrenginių parinkimo metodiką bei atlikti saulės energijos šaltinio įdiegimo pastate ekonominę analizę

Uždaviniai:

1. Atlikti literatūros analizę ir apibrėžti visiems gyvenamiesiems pastatams Lietuvoje tinkančią poreikių nustatymo ir įrenginių parinkimo metodiką.
2. Išanalizuoti gyvenamiesiems pastatams keliamus energinio efektyvumo reikalavimus.
3. Remiantis sukurta metodika nustatyti nagrinėjamo objekto šiluminės ir elektros energijos poreikių dinamiką metų bėgyje.
4. Analizuojamam namui parinkti hibridinę šilumos siurblio „oras-vanduo“ ir saulės elektrinės sistemą.
5. Išanalizuoti elektros energiją iš atsinaujinančių išteklių gaminantiems vartotojams Lietuvoje suteikiamas sąlygas bei pritaikyti jas nagrinėjamam objektui.
6. Atlikti ekonominę analizę tiriamajam namui parinktai saulės elektrinei, įvertinant dviejų skirtingų tipų saulės modulių bei jų galios praradimą.

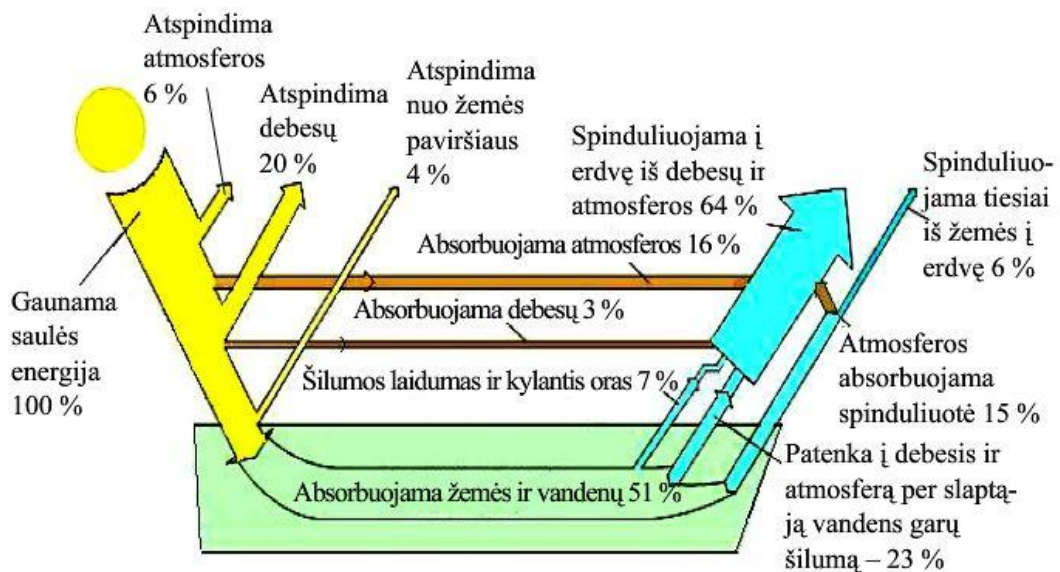
1. LITERATŪROS ANALIZĖ

1.1. Saulės elektrinės ir jų potencialas

1.1.1. Saulės potencialas Žemėje ir Lietuvoje

Saulė yra vienintelis išorinis energijos šaltinis, iš kurio Žemė gauna energiją. Nors Žemę pasiekia tik labai menka saulės generuojama galios dalis ir 1/3 tos dalies atsispindi nuo mūsų planetos ir grįžta į kosmosą, likusioji dalis dešimtis tūkstančių kartų viršija dabartinius energijos žmonijos poreikius[1].

Didžiausia saulės spindulinės energijos galia yra viršutiniuose atmosferos sluoksniuose. Saulės konstanta tokia aukštyje yra 1360 W/m^2 (spinduliuotės galia, krintanti į 1 m^2 paviršių, statmeną saulės spinduliams viršutiniuose atmosferos sluoksniuose). Ne visa saulės išspinduliuota energija pasiekia žemės paviršių. Dalį jos atsispindi atmosfera, dalį sugeria atmosfera, žemė ir vandenys. Žemei tenkančios saulės energijos dalies balansas pavaizduotas 1.1.1 paveiksle.



1.1.1 pav. Iš saulės gautos spindulinės energijos pasiskirstymas[1]

Taigi žinant, kad visa saulės spinduliavimo galia yra $3,84 \cdot 10^{14} \text{ TW}$, o žemę pasiekia tik maža šios galios dalis $1,78 \cdot 10^5 \text{ TW}$ galime apžvelgti 1.1 lentelėje surašytus visus skaičius kurie apibūdina saulės energijos pasiskirstymą:

1.1 lent. Saulės energijos pasiskirstymo vertės[1]

Saulės spinduliuotės galios/energijos sudėtinės dalys	Galios/energijos dydis	Visos Žemę pasiekusios galios dalis
Visa Saulės spinduliuotės galia	$3,84 \cdot 10^{14}$ TW	
Saulės konstanta viršutiniuose atmosferos sluoksniuose	1360 W/m ²	
Žemę pasiekianti vidutinė galia	$1,78 \cdot 10^5$ TW	100 %
Viršta šiluma	$8,9 \cdot 10^4$ TW	~50 %
Atmosfera atspindi	$5,34 \cdot 10^4$ TW	~30 %
Krituliai, vėjas, bangos, fotosintezė	$3,5 \cdot 10^4$ TW	~20 %
Vėjo galia	$1,8 \cdot 10^3$ TW	~1 %
Kitų saulės energijos rūšių galia	$1,8 \cdot 10^3$ TW	~1 %
Vėjo metinė energija	$1,58 \cdot 10^7$ TWh	
Metinė saulės energija visame Žemės paviršiuje	$1,05 \cdot 10^{11}$ TWh	
Metinė saulės energija sausumoje	$2 \cdot 10^8$ TWh	

Saulėje vykstančios termobranduolinės reakcijos sukeltas optinis-energinis reiškinys yra vadinamas saulės spindėjimu. Taigi norint įvertinti saulės spindėjimą, reikia atsižvelgti į tai, kad egzistuoja trys saulės spinduliuotės tipai:

- tiesioginė saulės spinduliuotė (tiesioginiai saulės spinduliai);
- sklaidžioji saulės spinduliuotė (nuo debesų, dulkių, aerozolių, molekulių, pastatų, žemės paviršiaus ir kitų objektų atsispindėję spinduliai);
- visuminė saulės spinduliuotė (tiesioginės ir sklaidžiosios spinduliuočių suma).

Saulės spindėjimui įvertinti energetiniu požiūriu naudojamas parametras, kuris vadinamas apšvita. Apšvita įvertina šviesos spindulių akimirkinę galią, tenkančią plokštumos, į kurią ji krinta, ploto vienetui. Kitaip saulės apšvitą galima būtų pavadinti saulės spinduliuotės galios tankiu. Saulės apšvita dažniausiai matuojama vatais kvadratiniam metrui [W/m²]. Vasarą giedrą dieną (tobulomis sąlygomis) plokštumoje, statmenoje saulės spinduliui, apšvita gali viršyti 1000 W/m². 1000 W/m² apšvitos dydį yra sutarta laikyti atskiru apšvitos vienetu ir vadinti „1 Saule“. Kaip buvo minėta saulės apšvita viršutiniame atmosferos sluoksnyje sudaro 1360 W/m².

Kalbant apie saulės apšvitą, labai svarbu pažymėti, kokioje erdvės plokštumoje ta apšvita matuojama ar skaičiuojama. Erdvė, kurioje pasireiškia saulės spindulinė energija, gali būti vadinama saulės energine erdve. Apšvitos dydis labai priklauso nuo pasirinktos saulės energinės erdvės plokštumos orientacijos pagal pasaulio šalis ir nuo jos plokštumos polinkio į horizontaliąją plokštumą kampo. Pati didžiausia apšvita gaunama matuojant ją plokštumoje, orientuotoje į saulę ir statmenoje saulės spinduliui. Kadangi plokštumų, kuriose galima matuoti saulės apšvitą, pasirinkimas yra be galo

didelis, tai yra įprasta matuoti ir žinynuose pateikti tam tikrų sutartinių (konvencinių) plokštumų apšvitas:

- horizontalios plokštumos;
- plokštumos, statmenos saulės spinduliui;
- vertikaliosios plokštumos, orientuotos į rytus;
- vertikaliosios plokštumos, orientuotos į pietryčius;
- vertikaliosios plokštumos, orientuotos į pietus;
- vertikaliosios plokštumos, orientuotos į pietvakarius;
- vertikaliosios plokštumos, orientuotos į vakarus.

Kitų vertikalųjų plokštumų, orientuotų į šiaurės rytus, šiaurę ir šiaurės vakarus, apšvitos yra gerokai mažesnės, todėl saulės energetikai jos nelabai tinka.

Pagrindiniai faktoriai kurie lemia saulės apšvitos pastovų kitimą:

- debesuotumas;
- dienos laikas;
- metų laikas.

Energijos kiekis gautas, gautas per tam tikrą laiką iš saulės spindulių veikiant kintamai saulės apšvitai, yra vadinamas saulės ekspozicija, kuri dažniausiai matuojama kilovatvalandėmis arba džaulais kvadratiniam metrui [kWh/m^2 , J/m^2]. Saulės ekspozicija gali būti apskaičiuojama naudojantis saulės apšvitos duomenimis per bet kokį laikotarpį: valandą, parą, savaitę, mėnesį ar visus metus. Tiek apšvita, tiek ir saulės ekspozicija gali būti tiesioginė, sklaidžioji ir visuminė. Energetikus labiausiai domina visuminė saulės ekspozicija.

Ištirta, kad saulės ekspoziciją per atitinkamą laiką galima sužinoti pasitelkiant hidrometeorologijos stotyse matuojama dar vieną spindulinės energijos parametą – saulės spindėjimo trukmę. Šis parametras matuojamas valandomis per dieną, mėnesį ir metus. Hidrometeorologai šį parametą jau seka daug metų. Tai leidžia gana tiksliai nustatyti tos vietovės, kurioje buvo atlikti saulės spindėjimo trukmės matavimai, saulės energijos išteklius. Taigi pasitelkus matematinės priklausomybes galima susieti saulės ekspoziciją su saulės spindėjimo trukmės matavimais ir apskaičiuoti vidutinius daugiamečius saulės energijos išteklius. Saulės spindėjimo trukmė Lietuvos hidrometeorologijos stotyse nustatoma prietaisu, vadinamu heliografu, pavaizduotu 1.1.2 paveiksle[4].



1.1.2 pav. Saulės spindėjimo trukmės matavimui naudojamas heliografas[4]

Vidutinės daugiametės saulės spindėjimo trukmės įvairiose Lietuvos hidrometeorologijos stotyse pateiktos 1 priede, o vidutinės daugiametės saulės apšvitos 2 priede.

Saulės energinių parametų priklausomybių nuo laiko ar nuo vienas kito gali būti išreiškiamos lentelėmis, grafiškai ar analitiškai. Praktikoje bene dažniausiai naudojamos šios priklausomybės:

- akimirkinė ir daugiametinė vidutnių saulės apšvitos priklausomybė nuo paros laiko;
- vidutinės daugiametinės saulės spindėjimo trukmės priklausomybė nuo metų mėnesio;
- vidutinės daugiametės saulės ekspozicijos įvairiose saulės energinės erdvės pokštumose, priklausomybė nuo metų, mėnesio ar metų dienos[4].

Saulės spinduliuotės metinė ekspozicija nevienodai pasiskirsčiusi žemėje, tai puikiai parodo pasaulinis saulės ekspozicijos žemėlapis pateiktas 3 priede. 4 priede matome kokia situacija yra Lietuvoje.

Iš 4 priedo matome, kad Lietuvos geografinė platumą nėra tokia palanki saulės energijai panaudoti kaip šalys, esančios arčiau ekvatoriaus. Lietuvos Saulės energija, patenkanti į Žemės paviršių, išsisklaido žymiai didesniame paviršiaus plote negu tose geografinėse platumose, kuriose vidurdienį Saulė stovi zenite. Saulės spinduliai čia taip pat nueina ilgesnį kelią atmosferoje ir todėl patiria kur kas didesnių absorbcijos ir difuzijos nuostolių.

Išanalizavus 3 priedą galime pasakyti, kad Lietuvoje metinis Saulės energijos kiekis, krentantis į horizontalų 1 m² ploto paviršių, truputį didesnis nei 1000 kWh/m² (Europoje pirmaujančios Vokietijos pietuose – 1260 kWh/m², šiaurėje 970 kWh/m², Ispanijoje apie 1500 kWh/m²). Taigi, klimatinės sąlygos saulės energetikai Lietuvoje tik šiek tiek blogesnės negu Vokietijoje, bet geresnės negu Belgijoje, Danijoje ar Didžiojoje Britanijoje. Atskirais metais šis kiekis gali šiek tiek svyruoti tiek į vieną pusę, tiek į kitą pusę. Daugiau kaip 80 % šios energijos tenka 6

mėnesiams (nuo balandžio iki rugsėjo). Energija, krintanti lapkričio, gruodžio, sausio mėnesiais, sudaro tik 10 % energijos, krintančios gegužį, birželį, liepą.

Didžiausi saulės energijos išteklių yra vakarinėje šalies dalyje prie jūros: Nida, Šilutė, Lazdijai, Kybartai, Klaipėda (maksimali metinė ekspozicija horizontaliojoje plokštumoje Nidoje 1042 kWh/m²). Mažiausi saulės energijos išteklių yra šiaurės rytinėje ir rytinėje šalies dalyje (minimali metinė ekspozicija horizontaliojoje plokštumoje Biržuose 926 kWh/m²). Galima didžiausia vidutinės metinės ekspozicijos horizontaliojoje plokštumoje nuokrypa nuo šalies vidurkio bet kuriame Lietuvos teritorijos taške sudaro ne daugiau kaip 5,9 %[6].

1.1.2. Pagrindiniai saulės elektrinės komponentai

Saulės elektrinė tai įrenginių visuma, kuri panaudodama vienintelį išorinį žemės šaltinį – saulę, tiksliau sakant jos spindulinę energiją sugeba ją versti į mūsų buityje ir gyvenime naudojamą elektros energiją.

Pagrindiniai įrenginiai, kurie sudaro saulės elektrinę:

- saulės moduliai;
- inverteris (įtampos keitiklis);
- akumulatoriai (ne visais atvejais reikalingi).

Inverteris (įtampos keitiklis) – tai prietaisas, kuris saulės modulių gaminamą nuolatinę įtampą paverčia mūsų buitiniams prietaisais tinkamą kintamą įtampą.

Inverteriai gali būti trijų tipų:

- tinklo „on grid“ inverteriai – dirba be akumuliatorių, tik su tinklu. Visą perteklinę energiją, kurios akimirksniu nesuvaržo namų elektros prietaisai, siunčia į tinklą;
- „off grid“ inverteriai – dirba su akumuliatoriais ir su tinklu, bet nesugeba tiekti perteklinės energijos į tinklą. Gali veikti visiškai be tinklo;
- hibridiniai inverteriai – dirba su akumuliatoriais, su tinklu ir geba perteklinę energiją tiekti į tinklą. Gali dirbti ir kaip paprasti „off grid“ inverteriai.

Kitas svarbus saulės elektrinių komponentas yra akumulatoriai jie gali būti naudojami arba ne, priklausomai to kokią sistema pasirenkame.

Saulės elektrinių sistemose naudojami gilaus ciklo akumulatoriai. Jie puikiai gali ilgą laiką tarnauti autonominėse saulės/vėjo elektrinėse. Gilaus ciklo akumuliatorių tarnavimo laikas priklauso

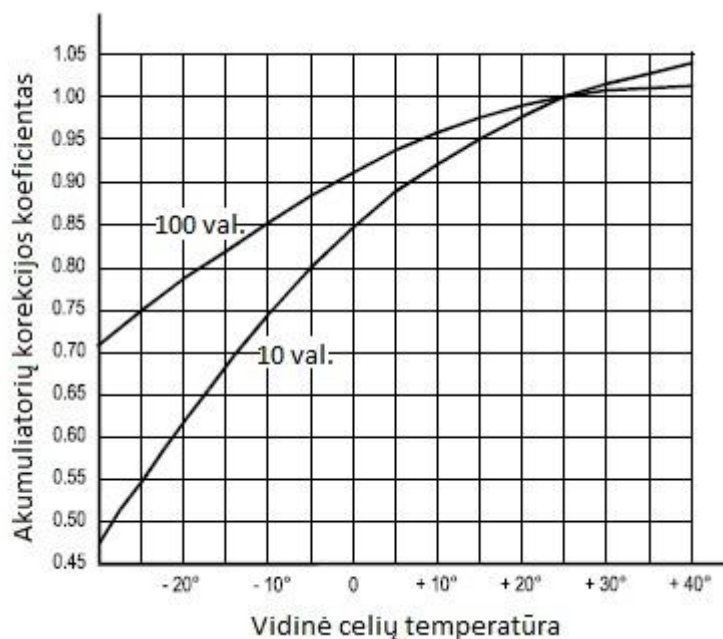
nuo to, kaip jie yra eksploatuojami, prižiūrimi, įkraunami, kokioje temperatūroje veikia, o taip pat nuo daugelio kitų faktorių.[2]

Švino-rūgštinių akumuliatorių, naudojamų gilaus iškrovimo režime, tarnavimo laikas:

- AGM gilaus ciklo: 4 – 10 metų;
- želiniai gilaus ciklo: 5 -12 metų;
- skysto elektrolito gilaus ciklo: 4 – 8 metus;
- skysto elektrolito OPzS ir želiniai OPzV tipų akumuliatoriai: 10 – 20 ir daugiau metų.

Svarbiausi parametrai renkantis akumuliatorių:

- akumuliatoriaus talpa, matuojama ampervalandėmis [Ah];
- akumuliatoriaus įtampa, matuojama voltais [V];
- maksimali įkrovimo/iškrovimo srovė, matuojama amperais[A];
- akumuliatoriaus didžiausias iškrovimo gylis, matuojamas procentais[%].
- akumuliatoriaus darbinė temperatūra [$^{\circ}$ C]. Šis parametras svarbus tuo, kad krentant darbinei temperatūrai, krenta ir akumuliatoriaus talpa, šią priklausomybę prie atitinkamo iškrovimo intensyvumo 10 ir 100 valandų parodo 1.1.3 paveikslas.



1.1.3 pav. Akumuliatoriaus korekcijos koeficiento priklausomybė nuo vidinės celių temperatūros [2]

Pagal tai kokie įrenginiai bus parenkami ir ar sistema dirbs kartu su tinklu ar ne galimos keturios saulės elektrinės sistemos :

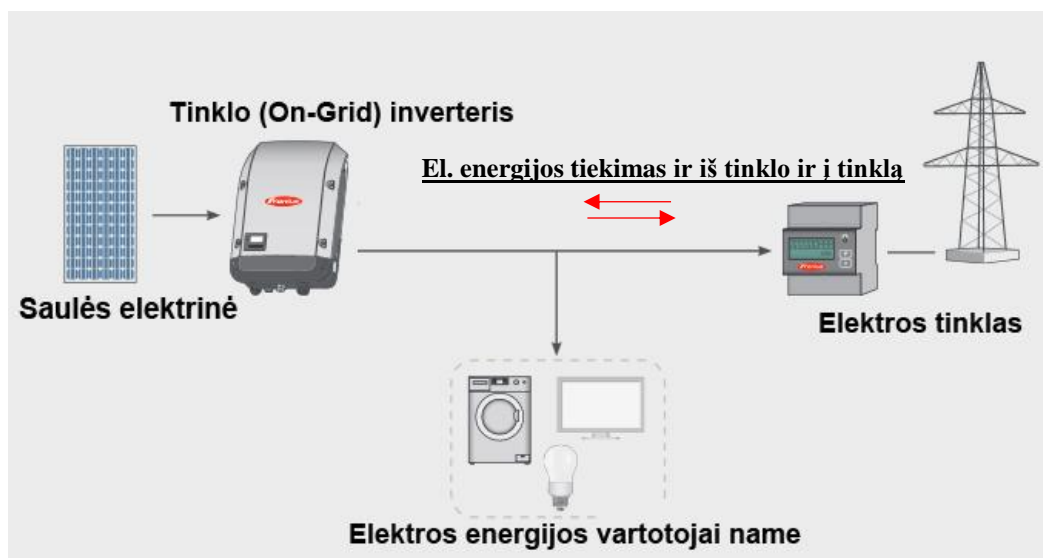
- „on grid“ saulės elektrinė;
- „off grid“ saulės elektrinė be elektros tinklo;
- „off grid“ saulės elektrinė su elektros tinklu;

- hibridinė saulės elektrinė.

„On grid“, kitaip dar vadinamos tinklo saulės elektrinės – tai saulės elektrinė gebanti dirbti be akumuliatorių. Ji veikia taip, kada saulės moduliai gamina elektros energiją, energija vartojama tiesiogiai iš saulės, jos nevartojant perteklius tiekiamas į tinklus ir ten parduodamas arba paliekamas „pasaugojimui“. Kada generacija iš saulės per maža arba nepakankama, papildomai energijos imama iš tinklo. Tokiuose sistemose naudojami tinklo „on-grid“ tipo saulės inverteriai (keitikliai). Principinė tokios sistemos schema pateikta 1.1.4 paveiksle.

1.2 lent. „On grid“ saulės elektrinės plusai ir minusai.

Sistemos plusai:	Sistemos minusai:
Nereikia akumuliatorių.	Pradingus elektrai neturime rezervinio maitinimo šaltinio.
Mažesni įsirengimo kaštai.	Vykdam perteklinės elektros energijos pardavimą tinklams arba „pasaugojimą“ esi priklausomas nuo tuo metu esančių sąlygų, kurios ne visada yra tinkamos ir ekonomiškai naudingos.



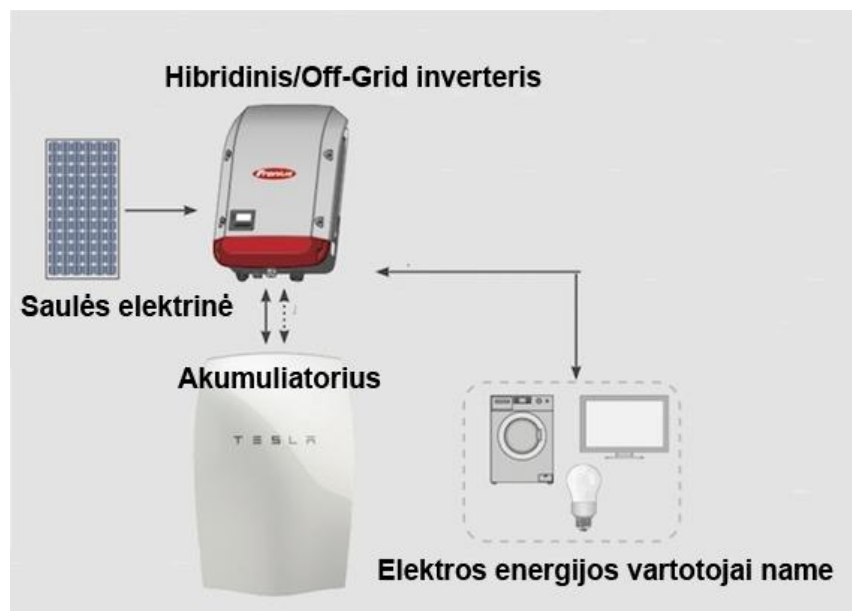
1.1.4. pav. Principinė „on grid“ saulės elektrinės schema

„Off-grid“, kita kartą dar vadinama autonominė saulės elektrinė be elektros tinklo – tai saulės elektrinė su akumuliatoriais, kuri nėra prijungta prie elektros tinklo. Dažniausiai naudojama, kada nėra galimybės turėti elektros tinklo, bet elektra yra reikalinga. Ši sistema dirba taip, kada vyksta generacija iš saulės ir yra vartojimas, energija imama tiesiogiai iš saulės, esant trūkumui elektros energiją užtikrina akumuliatorių, kurie yra užkraunami esant generacijos iš saulės pertekliui. Lietuvoje

ir daugelyje kitų valstybių kuriuose žiemos metus saulėtų valandų skaičius labai mažas tokios sistemos dažniausiai negali užtikrinti reikiamo elektros energijos poreikio visus metus, taigi jos yra kombinuojamos su kitais generacijos šaltiniais: dyzeliniais generatoriais, vėjo jėgainėmis ir t.t. Šiuose saulės elektrinėse naudojami „off grid“ arba hibridinio tipo inverteriai (įtampos keitikliai). Principinė tokios sistemos schema pateikta 1.1.5 paveiksle.

1.3. lent. „Off grid“ (be elektros tinklo) saulės elektrinės plusai ir minusai.

Sistemos plusai:	Sistemos minusai:
Nepriklausomybė nuo elektros tinklo	Reikalingas didelis kiekis akumuliatorių
	Gan dideli įsirengimo kaštai
	Akumulatoriai turi ribotą ciklų skaičių
	Dėl saulės trūkumo gali būti sunku užtikrinti reikiamą energijos kiekį visus metus, tad gali tekti naudoti kitus elektros generatorius
	Nepasisavinama sugeneruota perteklinė elektros energija



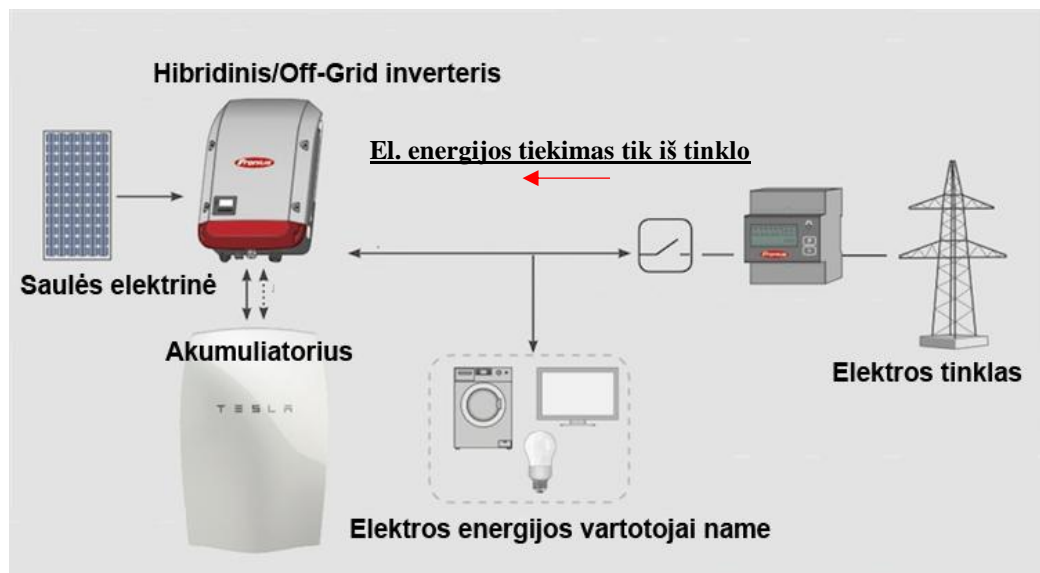
1.1.5 pav. Principinė „off grid“ (be elektros tinklo) saulės elektrinės schema

„Off Grid“ saulės elektrinė su elektros tinklu – tai tokia pati saulės elektrinė kaip ir prieš tai nagrinėta „off grid“ saulės elektrinė, tik ši jau yra prijungta prie elektros tinklo, tad esant elektros energijos trūkumui bus galima pasinaudoti elektros energija iš tinklo. Ši elektrinė neturi galimybės tiekti perteklinę elektros energiją į tinklą, tad esant pilnai pakrautiems akumuliatoriams ir

momentaliai nenaudojant elektros energijos namuose, perteklinė energija tiesiog išnyks. Principinė tokios sistemos schema pateikta 1.1.6 paveiksle.

1.4. lent. „Off Grid“ (su elektros tinklu) saulės elektrinės plusai ir minusai.

Sistemos plusai:	Sistemos minusai:
Pradingus elektrai turime rezervinį maitinimo šaltinį	Reikalingi akumulatoriai
Nepasisavinama sugeneruota perteklinė elektros energija	Nepasisavinama sugeneruota perteklinė elektros energija
	Akumulatoriai turi ribotą ciklų skaičių
	Gan dideli įsirengimo kaštai

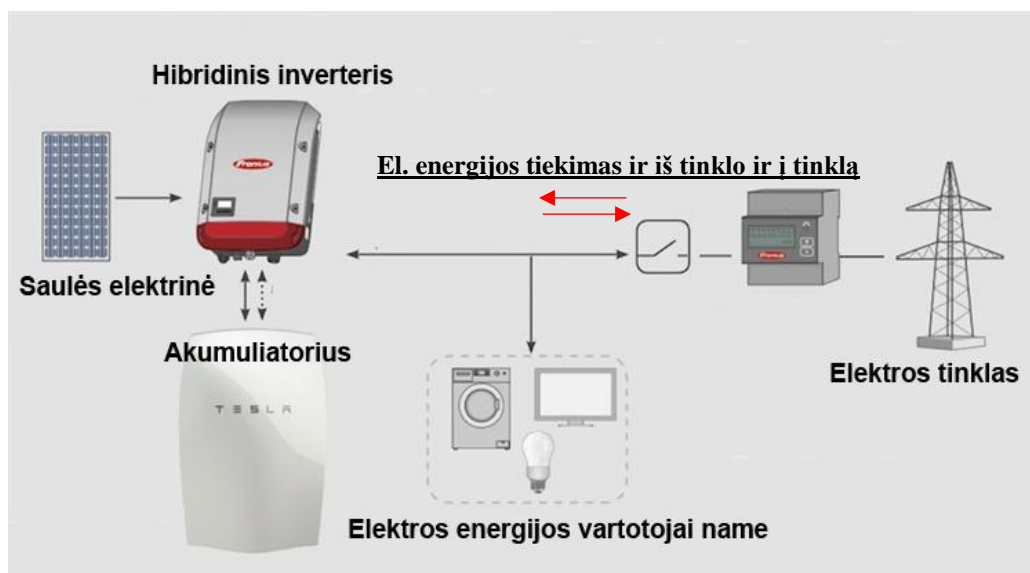


1.1.6 pav. Principinė „off grid“ (su elektros tinklu) saulės elektrinės schema

Hibridinė saulės elektrinė – tai saulės elektrinė gebanti tiek pilnai dirbti su akumuliatoriais tiek su elektros tinklu. Ši sistema dirba taip, kada vyksta generacija iš saulės ir yra vartojimas, energija imama tiesiogiai iš saulės, esant trūkimui elektros energiją užtikrina akumulatoriai, kurie yra užkraunami esant generacijos iš saulės pertekliui, o jei jie neįkrauti – ima elektros energija tiesiai iš tinklo. Esant pilnai įkrautiems akumuliatoriams, perteklinė elektros energija tiekama į elektros tinklą ir ten parduodama arba paliekama „pasaugojimui“. Tokiu būdu, kada pradžioje perteklinę energiją naudojame akumuliatoriams krauti ir tik vėliau siunčiame į tinklą, gauname maksimalų saulės išnaudojimą ir ekonomiškumą. Tokia sistemos veikia tik su specialiais hibridiniais inverteriais. Principinė tokios sistemos schema pateikta 1.1.7 paveiksle.

1.5. lent. Hibridinės (su elektros tinklu) saulės elektrinės pliusai ir minusai.

Sistemos pliusai:	Sistemos minusai:
Pradingus elektrai turime rezervinį maitinimo šaltinį	Reikalingi akumuliatoriai
Ekonomiškiau įsisavinama sugeneruota perteklinė elektros energija, nes pradžioje ji keliauja į akumuliatorius, o tik vėliau į tinklą.	Akumuliatoriai turi ribotą ciklų skaičių
	Gan dideli įsirengimo kaštai



1.1.7 pav. Principinė hibridinės (su elektros tinklu) saulės elektrinės schema

1.1.3. Saulės modulių veikimo principas, sandara ir tipai.

Vieni iš svarbiausių saulės elektrinių komponentų yra saulės moduliai. Jie iš esmės sudaro ir didžiąją visos saulės elektrinės kainą ir apsprendžia visos saulės elektrinės gyvavimo laikotarpį. Saulės modulis sudaryti iš atitinkama seka sujungtų mažesnių segmentų – saulės elementų.

Saulės elementas (SE) – tai prietaisas, kuris, panaudojamas šviesos elektros efektą, Saulės šviesos energiją paverčia tiesiogiai į elektros energiją

Šiuo metu rinkoje funkcionuoja įvairių tipų saulės elementai. Daugiau nei pusę rinkos užima monokristalinio silicio elementai. Kita dalis tenka amorfiniam siliciui ir silicio juostoms. Kadmio teluridui ir daugiasluoksniams vario indžio selenito plonoms plėvelėms saulės elementams tenka tik simbolinė vieta. [3]

Visų saulės elementų veikimas pagrįstas fotoefektu. Saulės šviesa, krentanti į saulės elementą, jonizuoja silicio atomus. Šie, veikiami p-n jungties potencialų skirtumo, poliarizuoja į dvi priešingo krūvio zonas. Laisvieji elektronai kaupiasi n- sluoksnyje prie viršutinio kontakto, atomai, netekę elektrono, kaupiasi p- sluoksnyje, prie apatinės kontaktinės plokštelės. Šiuos sluoksnius sujungus išorine grandine, laisvieji elektronai keliauja į p- silicio sluoksnį ir ten rekombinuojasi su skylėmis, išlaisvindami savo krūvio energiją. Elektronų srautas išorinėje grandinėje ir yra elektros srovė, kuri gali atlikti tam tikrą naudingą darbą[3].

Saulės elementai pasižymi nedidelėmis įtampos ir srovės vertėmis, taiga juos reikia jungti kartu lygiagrečiai arba(ir) nuosekliai, taip pasiekiamas reikiama galia. Jungiant elementus nuosekliai didiname įtampa, lygiagrečiai-srovė[3].

Pagrindinės SE savybes apibūdina jo voltamperinė charakteristika ir srovės bei galio priklausomybės nuo Saulės spinduliavimo intensyvumo kreivės.

SE įtampos – srovės charakteristika turi keletą būdingų taškų:

I_k – saulės trumpojo jungimo srovė;

I_{pm} – maksimalios galios srovė;

U_0 – saulės elemento atviros galio įtampa;

U_{pm} – maksimalios galios įtampa.


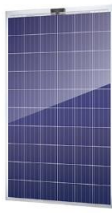


Maksimalią galią P_m saulės elementų charakteristikose priimta vadinti saulės elemento pikine galia ir ją reikšti galios vienetais W_p [3].

Šiai dienai galima įsigyti įvairaus tipo SE, tačiau plačiausiai paplitę turintys didžiausią ekonominį atsipirkimą yra monokristalinio ir polikristalinio silicio saulės elementai.

Nuo to kokio tipo saulės elementai bus naudojami saulės moduliams gaminti ir kaip jie bus apsaugoti nuo aplinkos priklausys visas saulės elektrinės atsiperkamumas ir ilgaamžiškumas.

Analizuojant šiai dienai vyraujančias technologijas saulės modulių rinkoje pasitelkiame viena iš garsesnių saulės modulių gamintojų Lietuvoje ir Europoje „Solitek“ bei jų pateiktais techniniais gaminamų saulės modulių parametrais, kurie pateikti 5 ir 6 priede. Pagal šiuos priedus pateikiama 1.6 lentelė, kurioje matyti pagrindiniai saulės modulių techniniai tipų skirtumai.

1.6 lent. SE tipų palyginimas (remiantis 5,6,7 priedu - „Solitek“ gamintojo pateikiamomis saulės modulių specifikacijomis)

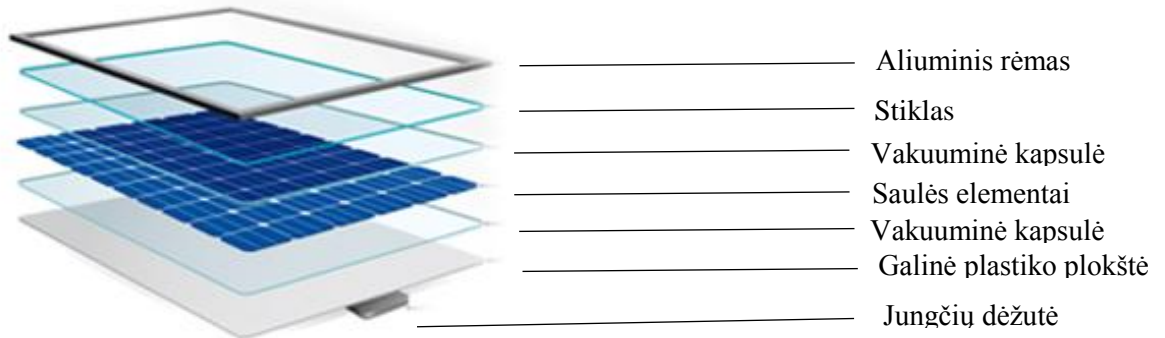
Saulės modulio tipas (apsaugojimas nuo aplinkos)	Naujos kartos „stiklas/stiklas“		„stiklas/plėvelė“	
Saulės elementų tipas	 Monokristalas	 Polikristalas	 Monokristalas	 Polikristalas
Saulės modulio efektyvumas, %	18,5	16,65	18,44	16,6
Numatoma darbo trukmė, metais	50		30	
Garantijos laikotarpis saulės moduliui	30		12	
Garantinis likutiniai galiai	30 metų garantija, kad liks 90 % galios		25 metų garantija, kad liks 80 % galios	
*Temperatūros koeficientas galiai P_{max} , %/°C	-0,47	-0,46	-0,48	-0,47
Kaina, EUR/W	0.60	0.58	0,46	0,41

*Temperatūros koeficientas galiai P_{max} , %/°C – šis koeficientas parodo kiek procentų galios nukrenta SE įkaistant vienu laipsniu daugiau. Šis koeficientas pradeda galioti tik saulės moduliui pasiekus ribinę 25 °C temperatūrą.

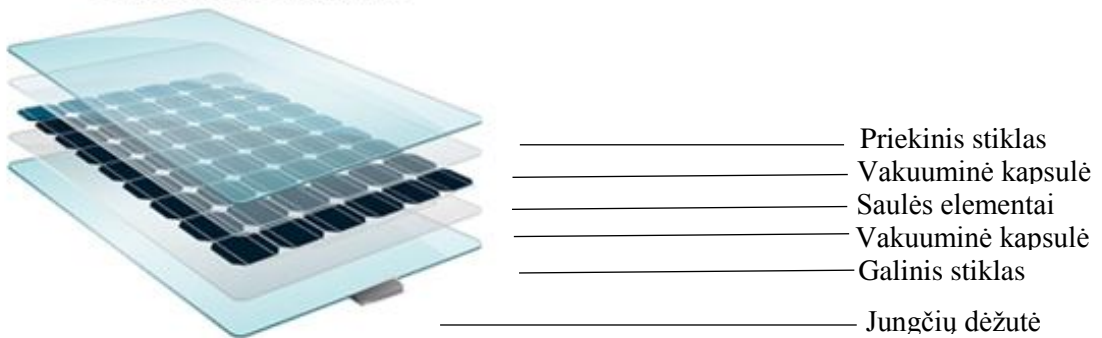
Kaip matosi iš pateiktos 1.6. lentelės naujos kartos „stiklas/stiklas“ saulės moduliai nors ir yra brangesni už senojo tipo „stiklas/plėvelė“ saulės modulius, tačiau dėl savo sandarumo, kuris yra užtikrinimas iš abiejų pusių stiklais izoliuojant saulės elementus nuo aplinkos - tarnaus net 67 % ilgiau. Abiejų tipų saulės modulių sandara pateikta 1.1.8 paveiksle.

Taip pat matyti, kad galios nuostoliai bėgant metams „stiklas/plėvelė“ tipo saulės moduluose daug didesni, tai matyti ir iš 1.1.9 paveiksle pateikto grafiko, kuriame pavaizduota abiejų tipų saulės modulių likusios galios priklausomybė nuo tarnavimo metų.

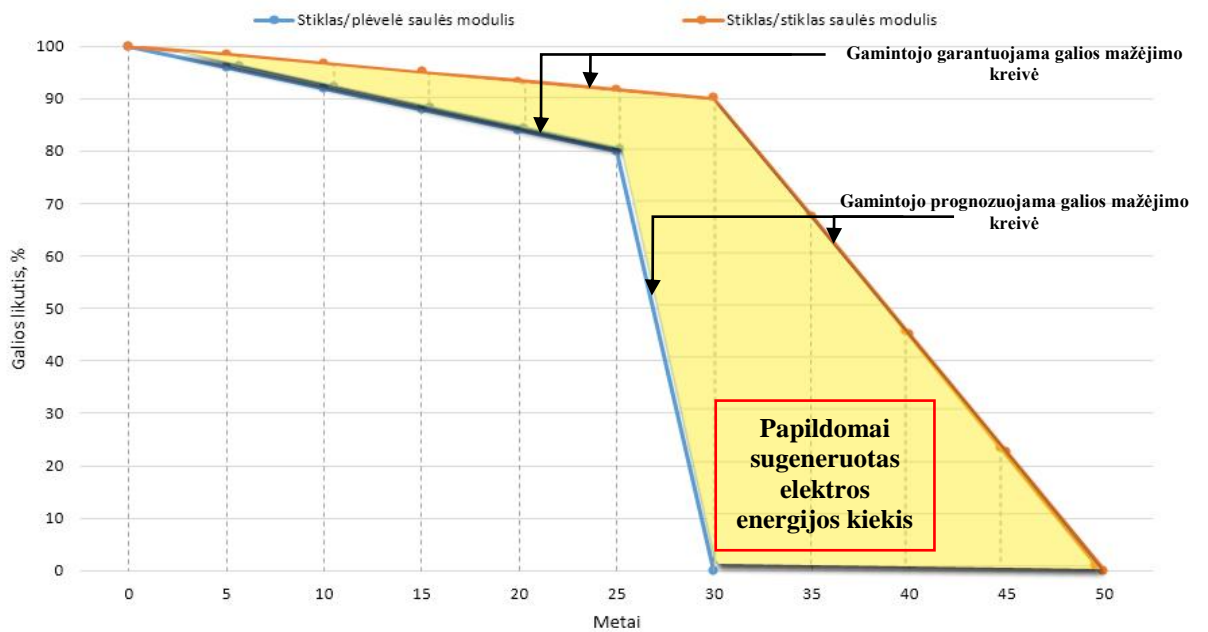
STIKLAS/PLĖVELĖ



STIKLAS/STIKLAS



1.1.8. pav. „stiklas/stiklas“ ir „stiklas/plėvelė“ saulės modulių sandaros skirtumai



1.1.9 Pav. „stiklas/stiklas“ ir „stiklas/plėvelė“ saulės modulių priklausomybė nuo tarnavimo laiko

1.1.9. paveikslo grafike matosi, kad bendras per visą numatomą tarnavimo laikotarpį sugeneruotas elektros energijos kiekis su „stiklas/stiklas“ saulės moduliais yra žymiai didesnis lyginant su senesnio tipo saulės modulių sugeneruotu kiekiu.

Iš 1.6. lentelės matyti, kad saulės modulį gali sudaryti monokristalai arba polikristalai. Pagrindinis jų techninis skirtumas, kas matosi ir 1.1. lentelėje, yra tas, kad iš monokristalų sudarytas saulės modulis pasižymi geresniu efektyvumu, o tai reiškia tai, kad vienodo dydžio saulės modulyje sutalpinsime daugiau galios pasirinkdami ne polikristaline, o monokristaline technologiją. Visa saulės elektrinė užims apie 10 % vietos mažiau. Tai reiškia, kad tvirtinimo detalių reikės mažiau, nes tam pačiam saulės elektrinės nominalios galios kiekiui pasiekti su monokristaliniais saulės moduliais bus reikalingas mažesnis saulės modulių skaičius. Taigi bus taupoma tvirtinimo konstrukcijoms ir darbams. Įvertinant tai, kad monokristalinė technologija yra brangesnė ir turima užtektinai vietos saulės modulių montavimui galime teigti, kad ekonominiu atžvilgiu, įvertinant ir saulės modulių montavimą, abiejų tipų saulės moduliai yra identiški.

Kaip matyti iš 1.6. lentelės polikristaliniai saulės moduliai turi šiek tiek mažesnę temperatūros koeficientą galiai, o tai reiškia, kad jie sugeba veikti su mažesniais nuostoliai, kada saulės elementai įkaista daugiau nei 25 °C. Iš lentelės pateiktų skaičių gauname, kad šis skirtumas tarp technologijų yra tik 2 %. Palyginus tai yra labai mažas skaičius, taiga galime daryti prielaidą, kad dėl nuostolių atsirandančių saulės moduliui perkaistant abiejų tipų saulės moduliai yra identiški.

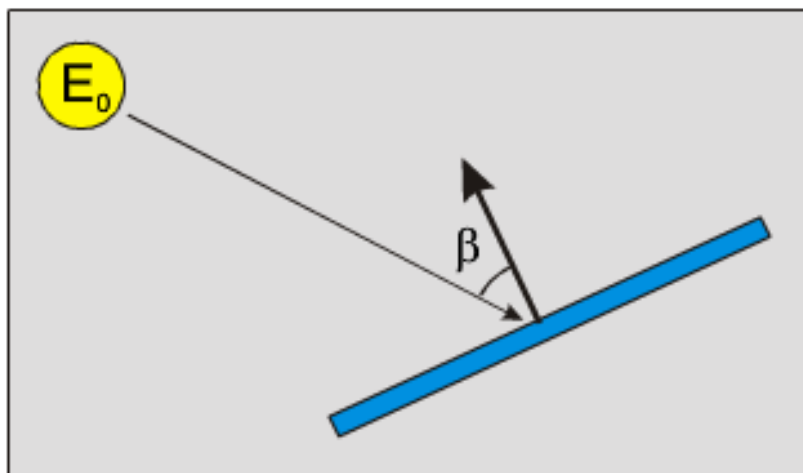
Nors šis gamintojas teigia, kad su abiejų tipų saulės elementais gaunamas tas pats saulės modulio tarnavimo laikas. Tačiau analizuojant kitų gamintojų pateikiamą informaciją ir kitus šaltinius apie saulės elementų naudojimą saulės moduliams, matyt kad monokristalas yra šiek tiek ilgaamžiškesnis ir tarnaus ilgiau nei polikristalinis saulės elementas. Tad renkantis saulės modulius „stiklas/stiklas“ su monokristaliniais saulės elementais bus didžiausia tikimybė pasiekti numatomus 50 tarnavimo metų.

1.1.4. Saulės modulių orientacija

Saulės elektrinės pagaminamos elektros energijos kiekis labai priklauso ir nuo saulės modulių orientacijos į saulę. Didžiausia naudingumo faktorių gausime, tada kai modulio plokštuma su kryptimi į saulę sudaro kampą β , lygų 90°. Keičiantis šiam kampui tenkantis saulės moduliui spindulinis energijos kiekis mažėja pagal 1 formulę (1.1.10 pav.):

$$E = E_0 \cos \beta; \quad (1)$$

čia E_0 – didžiausias saulės spindulinės energijos kiekis, kai fotoelektros modulio plokštuma su kryptimi į saulę sudaro statųjį kampą.



1.1.10 pav. Saulės modulio orientacija į saulę[1]

Norint išgauti maksimalų saulės modulio efektingumą, reikia jį nuolat orientuoti pagal saulę, tai reiškia, kad visada reikia keisti modulio kampą su horizontaliu paviršiumi. Nors ir yra modernių ir brangių technologijų, kurių pagalbą galima visa dieną sekti saulę ir taip pagaminti apie 30 % daugiau elektros energijos, tačiau gan neblogus rezultatus galima išgauti ir parenkant optimalų fiksuotą kampą ir jo visai nekeisti, ar keisti tik kelis kartus metuose.

Optimalų saulės modulių orientacijos į saulę kampą lemia šie veiksniai:

- geografinė platuma;
- metų laikas;
- paros valanda.

Projektuojant saulės elektrinę tik su fiksuotu optimaliu fotoelektros modulių polinkio į horizontaliąją plokštumą kampu, atsižvelgiama tik į vietovės geografinę platumą. Remiantis 1.7 lentele, Lietuvoje vasarą šis kampas svyruoja 16°-34° ribose, o žiemą 60°-65°. Pats optimaliausias visiems metams Lietuvoje kampas būtų apie 35° [1].

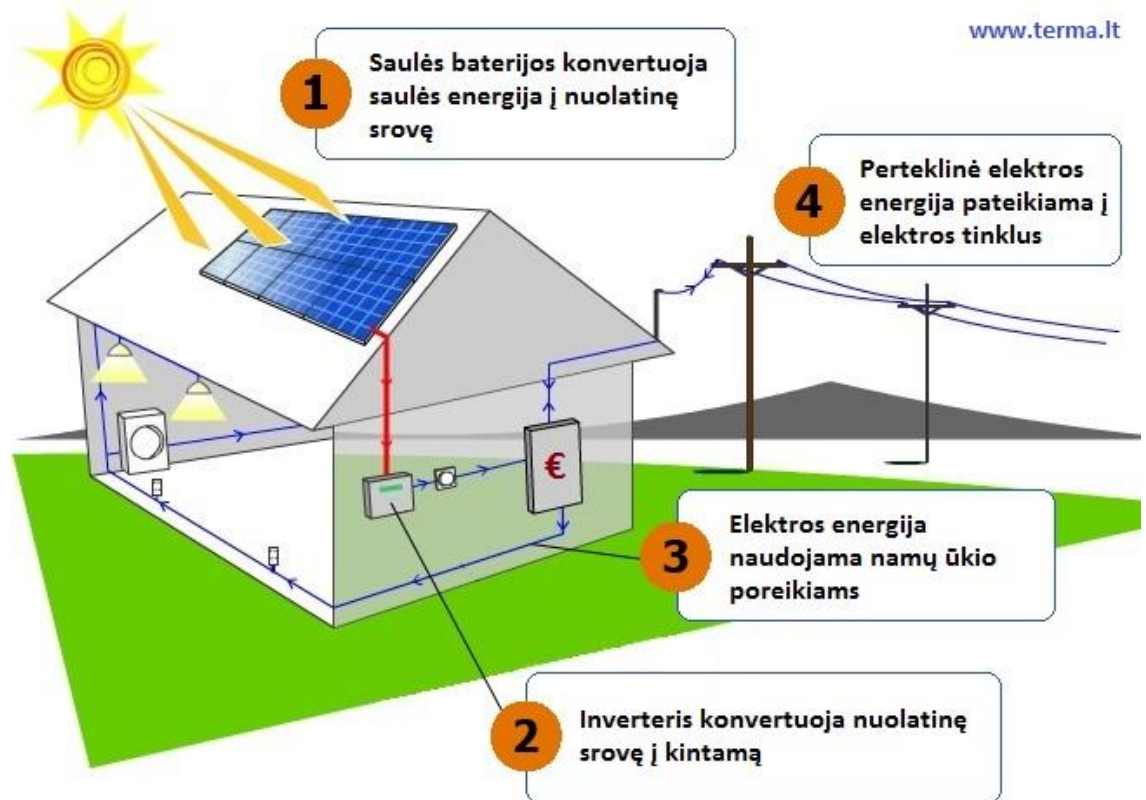
1.7 lent. Ukmergės r. optimalus fiksuoto saulės modulių polinkio į horizontaliąją plokštumą kampo priklausomybė nuo mėnesio[2]

Mėnuo	Optimalus fiksuotas saulės modulių polinkio į horizontaliąją plokštumą kampas, °
Sausis	65
Vasaris	60
Kovas	52
Balandis	38
Gegužė	24
Birželis	16
Liepa	19
Rugpjūtis	34
Rugsėjis	47
Spalis	58
Lapkritis	64
Gruodis	64
Metinis vidurkis	35

1.1.5. Sąlygos elektros energiją iš atsinaujinančių išteklių gaminantiems vartotojams Lietuvoje

Dėl Lietuvos geografinės padėties ir nepastovaus saulės intensyvumo Lietuvoje su įprastomis ir brangiomis saulės elektrinės sistemomis su akumuliatoriais buvo sunku efektyviai išnaudoti saulės energiją. Prieš kelis metus pradėjus atsinaujinančią energiją remti ir atsiradus perteklinės energijos pasaugojimo galimybei elektros paskirstymo operatoriaus (ESO) tinkluose ir ją vėliau susigrąžinti už tam tikrą mokestį, saulės elektrinės Lietuvoje tampa efektyvesnės. Juolab, kad tokiuose sistemose, kur perteklinė elektros energija siunčiama į tinklus gali nebūti ir akumuliatorių, o tai stipriai sumažina saulės elektrinės kainą ir patrumpina jos atsiperkamumo laikotarpį. Šis planas, kada tinkluose saugojame savo sukauptą perteklinę energiją, kuri gali pasirinkti bet koks elektros energijos vartotojas Lietuvoje, dar vadinamas – dvipusės apskaitos planu. Šios sistemos sandara ir veikimo principas pateikiamas 1.1.11 paveiksle.

Elektros energiją gaminantis vartotojas – fizinis arba juridinis asmuo, įsirengęs atsinaujinančių išteklių technologijų elektrinę ir gaminantis elektrą savo reikmėms, o nesuvartotą elektros kiekį pateikiantis į tinklus ir, esant poreikiui už tam tikrą mokestį, ją susigrąžinantis iš tinklų [4].



1.1.11 pav. Principinė tinklo (*angl. on grid*) tipo saulės elektrinės su dviuse apskaita schema ir veikimo principas [21]

Pagal naujai 2018 gegužės 1 d. priimta tvarką už susigrąžintą elektros energiją galime atsikaityti 4 būdais: [4]

- už susigrąžintą elektros energijos kiekį gaminantys vartotojai moka Valstybinės kainų ir energetikos kontrolės komisijos nustatytą pasinaudojimo elektros tinklais paslaugų kainą, kuri nustatoma už vieną kilovatvalandę iš tinklų susigrąžintos elektros energijos;
- pastovus mėnesinis mokestis už elektrinės galią (kilovatus), pasirinkus šį būdą, nesvarbu kiek vartotojas susigrąžina iš tinklų savo jėgainėje pagamintos, bet nesuvartotos energijos – mokestis išlieka vienodas;
- vartotojas kas mėnesį mokės tiek mėnesinį mokestį už jėgainės galią, tiek tarifą už kiekvieną iš tinklų susigrąžintą kilovatvalandę elektros energijos. Tačiau šiuo atveju, abu mokesčiai bus mažesni nei aukščiau minėtais dviem atvejais;
- vartotojas už susigrąžintą iš tinklo energiją „sumokės“, palikdamas tinklui tam tikrą dalį savo jėgainėje pagamintos ir patiektos į tinklą elektros energijos.

Tiksli visų mokėjimo būdų tvarka ir kainos pateikiamos 1.8 lentelėje.

1.8 lent. Paslaugų kainos (be PVM) ir procentinis dydis, taikomi už pasinaudojimą ESO elektros tinklais nuo 2018 m. birželio 1 d. [5]

Mokėjimo būdo pavadinimas	Įtampos rūšis, prie kurios yra prijungtas gaminantis vartotojas	Mokėjimo tvarka
Vienanarė paslaugų kaina, mokama už 1 kWh atgauto iš ST elektros energijos kiekio, kurį gaminantis vartotojas prieš tai buvo pagaminęs ir patiekęs į ST	VĮ	0,01557 Eur/kWh
	ŽĮ	0,03203 Eur/kWh
Vienanarė paslaugų kaina, mokama už 1 kW gaminančio vartotojo elektrinės įrengtosios galios	VĮ	9,779 Eur/kW (0,815 Eur/kW/mėn.)
	ŽĮ	20,052 Eur/kW (1,671 Eur/kW/mėn.)
Dvinarė paslaugų kaina	VĮ	0,00779 Eur/kWh ir 4,890 Eur/kW (0,407 Eur/kW/mėn.)
	ŽĮ	0,01602 Eur/kWh ir 10,026 Eur/kW (0,836 Eur/kW/mėn.)
Elektros energijos kiekio, gaminančio vartotojo patiekto kaupimo laikotarpiu į elektros tinklus, procentinis dydis, kuriuo gaminantis vartotojas atsiskaito už naudojamą elektros tinklais	VĮ	23 proc.
	ŽĮ	38 proc.

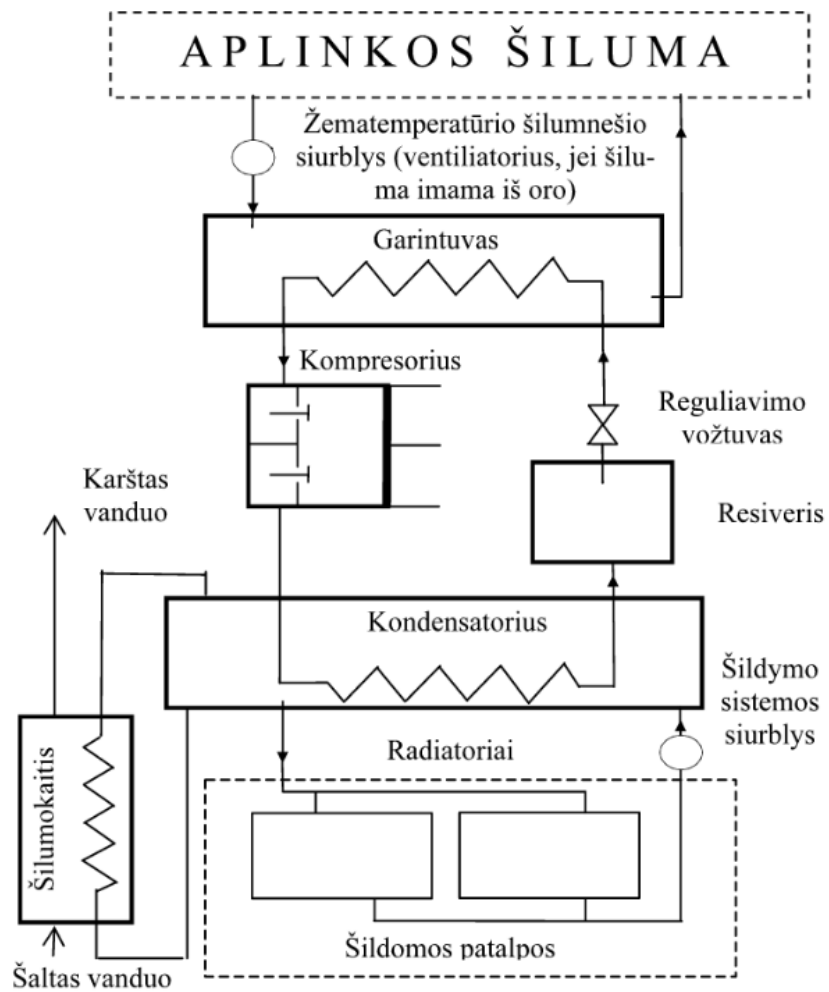
1.2. Šilumos siurbliai ir jų pagrindinės charakteristikos

1.2.1. Šilumos siurblio veikimo principas ir pagrindiniai koeficientai

Šilumos siurbliai kaip ir saulės elektrinės, yra priskiriami prie atsinaujinančių išteklių energijos technologijų.

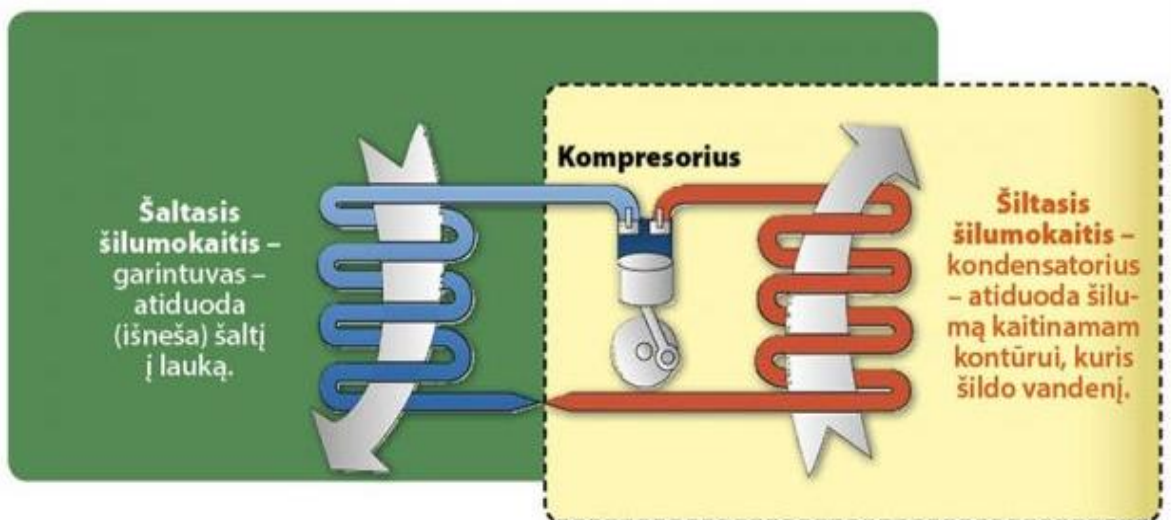
Šilumos siurbliai naudojami patalpoms šildyti arba šaldyti ir karštam vandeniui ruošti. Šilumos siurblių veikimo principas pagrįstas: antruoju termodinamikos dėsniu, kuris buvo suformuluotas Prancūzijos matematiko, fiziko Sadi Carnot (1796-1832). Kuris iš esmės teigia kad šiluma yra perduodama iš karštesnio kūno šaltesniam, o ne atvirkščiai.

Taigi šilumos siurbliai yra tokie įrenginiai, kurie elektros energijos pagalbą didžiąją dalį šiluminės energijos paima iš aplinkoje esančio žematemperatūrio šilumos šaltinio: iš didelių vandens telkinių, iš grunto arba tiesiog iš oro. Sukaupią šilumą galime atiduoti į mūsų šildymo sistemą arba tiesiog į orą. Galime teigti, kad šilumos siurbliai energijai išgauti naudoja tą pačią saulės energiją kaip ir saulės elektrinės, nes būtent saulės energija susikaupinama grunte, ore arba vandenyje. Supaprastinta šilumos siurblio schema pateikta 1.2.1 paveiksle [6].



1.2.1 pav. Supaprastinta šilumos siurblio schema[6]

Šilumos siurblio veikimo principas pavaizduotas 1.2.2 paveiksle[7].



1.2.2 pav. Šilumos siurblio veikimo principas[7]

Visi šilumos siurbliai turi aukšto slėgio kompresorių. Jis uždaru kontūru varinėja dujas. Kiekviename šilumos siurblyje galime rasti du šilumokaičius, o tarp jų – kompresorius, išsiplėtimo indus, vožtuvus [7]:

- Šiltasis šilumokaitis – kondensatorius – atiduoda šilumą kaitinamam kontūrai, kuris šildo vandenį.
- Šaltasis šilumokaitis – garintuvas – atiduoda (išneša) šaltį į lauką.

Šilumos siurblio veikimui užtikrinti kaip ir paprastam elektriniam radiatoriumi yra reikalinga elektros energija. Tačiau jų negalime sulyginti. Nuo paprasto elektrinio radiatoriaus šilumos siurblys skiriasi tuo, kad jis elektros energiją išnaudoja daug efektyviau. Šilumos siurblys imdamas iš tinklo vieną kilovatvalandę elektros energijos sugeba pagaminti nuo trijų iki penkių kilovatvalandžių šilumos, tuo tarpu elektrinis radiatorius iš vienos elektros kilovatvalandės – vieną kilovatvalandę šilumos[7]

Įvertinant kiek kartų daugiau šilumos siurblys gali pagaminti šiluminės energijos, panaudodamas vieną kilovatvalandę energijos iš elektros tinklo buvo sukurtas parametras, kuris šilumos siurblių specifikacijose žymimas COP (*angl. coefficient of performance*) – dažnai vadinamas energijos transformacijos koeficientu arba tiesiog naudingumo koeficientu. Nurodytas skaičius parodo momentinį santykį tarp gautos šiluminės energijos ir panaudotos elektros energijos.[8]

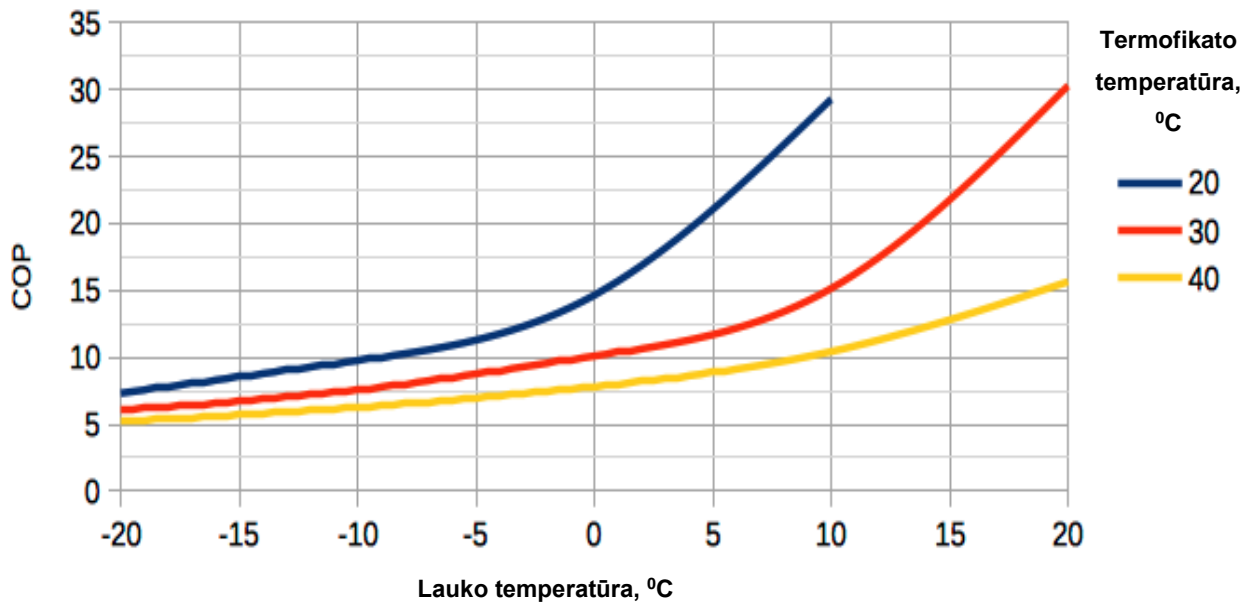
$$COP = \frac{\theta_{HP}}{P_{HP} + P_{HP,aux}}; \quad (2)$$

čia: θ_{HP} – šildymo galia, W; P_{HP} – panaudota elektrinė galia, W; $P_{HP,aux}$ – papildomų įrenginių galia, W.

Būtina suprasti, tai kad šilumos siurblių COP gamintojas skaičiuoja esant tam tikroms (standartizuotoms) lauko ir patalpų oro sąlygoms (parametrams). Tačiau kiekviena sistema unikali, COP koeficiento reikšmė priklauso nuo: [7]:

- aplinkos iš kuriomis imame šilumą temperatūros (lauko temperatūros);
- vidaus temperatūra;
- termofikato (šilumos nešėjo) temperatūros, kuri tiekama į šildymo sistemą;
- pasato šiluminės varžos (jo energetinės klasės);
- pastato šildomo ploto.

Svarbiausi parametrai būtų lauko temperatūra ir termofikato (šilumnešio) , kurį paduodame į šildymo sistemą temperatūra. 1.2.3 paveiksle pateikiama teorinė šilumos siurblio efektyvumo koeficiento COP priklausomybė nuo aplinkos iš kurios šiluma imama ir termofikato, kurį tiekiamo į savo šildymo sistemą temperatūrą [7].



1.2.3 pav. Teorinė šilumos siurblio efektyvumo koeficiento COP priklausomybė nuo aplinkos iš kurios šiluma imama ir termofikato, kurį tiekiamo į savo šildymo sistemą temperatūrą [9]

Kaip matyti iš 1.2.3 paveiksle pateikto grafiko, COP koeficientas mažėja, kada aplinkos iš kurios imame temperatūra krenta. Taip pat COP koeficientas mažėja, kada šildymo sistemą reikalauja aukštesnės temperatūros termofikato[9].

Kitas svarbus parametras, kuris apibūdina šilumos siurblio našumą atitinkamame laikotarpyje, yra šilumos siurblio sezoninis naudingumo koeficientas SPF (angl. SPF – *seasonal performance factor*). Tai per šildymo sezoną šilumos siurblio patiektos šilumos ir suvartotos elektros energijos santykis, įvertinant kintamą šilumos poreikį, šilumos šaltinio ir patiektos šilumos temperatūrų svyravimus [10].

$$SPF_{g,t} = \frac{Q_{out,g,h} + Q_{out,g,DHW}}{E_{in,g} + W_g}; \quad (3)$$

čia: $SPF_{g,t}$, – bendras sezoninis efektyvumo koeficientas; $Q_{out,g,h}$ – šildymo sistemai suteiktas šilumos kiekis, kWh; $Q_{out,g,DHW}$ – karšto vandens ruošimui suteiktas šilumos kiekis, kWh; $E_{in,g}$

– šilumos siurblio elektros energijos sąnaudos, kWh; W_g – papildomų įrenginių elektros energijos sąnaudos, kWh.

Šiuo metu galiojantys pagrindiniai Europos standartai, susiję su šilumos siurblių projektavimu ir efektyvumo skaičiavimais, kurių naudojimas yra patvirtintas ir Lietuvoje – LST EN 15450:2008 ir LST EN 15316-4-2:2008[10]

Standarte (LST EN 15450:2008) pateikti šilumos siurblių sezoninio naudingumo koeficiento SPF šiai dienai galiojantys reikalavimai centrinei Europai[10]

1.8 lent. Šildymui ir karšto vandens ruošimui skirto šilumos siurblio SPF reikšmės naujiems pastatams [10]

Sistemos tipas	Minimali SPF reikšmė	Projektinė SPF reikšmė
Oras-vanduo	2,7	3,0
Gruntas-vanduo	3,5	4,0
Vanduo-vanduo	3,8	4,5

1.2.2. Šilumos siurblių tipai, „oras-vanduo“ šilumos siurblys

Pagal tai, iš kur imame šilumą ir kur ji atiduodama į vandenį ar į orą galimi štai tokie šilumos siurblių tipai:

- gruntas-vanduo;
- vanduo-vanduo;
- oras-vanduo;
- oras-oras.

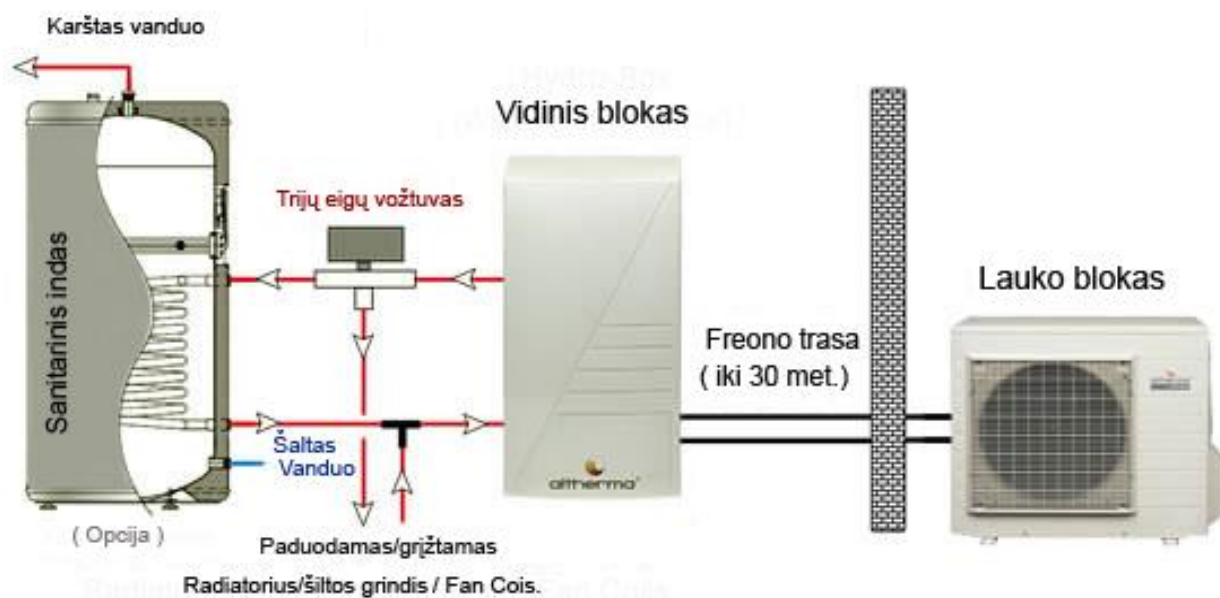
Kadangi šiame darbe tiriamas tik oras-vanduo šilumos siurblys ir jo panaudojimas sistemoje, tad apie kito tipo šilumos siurblius informacija nepateikiama.

Šilumos siurbLIAI „oras-vanduo“, kurie šilumą imą tiesiogiai iš oro, darosi vis populiarnesni ir vis daugiau žmonių renkasi būtent tokį šildymo būdą savo pastatuose. Šio tipo šilumos siurblius patrauklesniais daro mažesnė įsirengimo kaina, palyginant su kitais šilumos siurbLIAIS, taipogi didelę reikšmę turi ir technologinei laimėjimai.

Seniau buvo naudojami „įjungimo/išjungimo“ (*angl. on/off*) tipo šilumos siurbLIAI. Šiame dešimtmetyje atsirado efektyvesni – kintamo galingumo (*angl. inverter*) tipo šilumos siurbLIAI, kurie turi kitokį valdymo būdą bei kintamo greičio kompresorių. Šios panaudos technologijos leidžia

reguliuoti šilumos siurblio šildymo galią atitinkamai pagal pastato šilumos nuostolius. Taigi šilumos siurblio sezoninis efektyvumo faktorius tampa aukštesnis ir šilumos siurblys geba veikti esant žemesnėms lauko temperatūroms [10].

„Oras-vanduo“ šilumos siurblio principinė jungimo schema pateikta 1.2.4 paveiksle.



1.2.4. pav. „Oras-vanduo“ šilumos siurblio jungimo principinė schema [10]

1.2.4. paveiksle pavaizduoto išorinio šilumos siurblio bloko viduje yra šilumokaitis dujos-oras, kitaip dar vadinamas garintuvu. Šalia sumontuoto ventiliatoriaus pagalba yra sukuriamas oro srautas, kuris apipučia minėtąjį šilumokaitį, taip jį pašildydamas [7].

Kompresoriaus pagalba suslėgtos įkaitusios dujos keliauja iki kito šilumokaičio, kuris yra vidiniame šilumos siurblio bloke, ten šiluma perduodama į vandenį (termofikatą). Kuris jau savo ruožtu keliauja tiesiai į šildymo sistemą (radiatorius ir/arba grindis). Per trijų eigų vožtuvą termofikatas gali būti nukreipiamas ir į vandens šildytuve esantį kitą šilumokaitį ir taip ruošti karštą geriamąjį vandenį.

„Oras-vanduo“ šilumos siurblių vienas iš didžiausių plusų yra paprastas ir greičiausias montavimas: išorinis šilumos siurblio blokas – kompresorius pastatomas netoli pastato ant specialiai jam skirto lygaus ir tvirto pagrindo. Geriausiai parinkti vietą kuo arčiau katilinės, kad vamzdinių trasos būtų kiek galima trumpesnės, taip gauname mažesnius nuostolius [4].

Viena iš didesnių problemų su kuriomis susiduriama eksploatuojant „oras-vanduo“ šilumos siurblių yra kompresoriaus skleidžiamas triukšmas. Dėl šios priežasties visi šių šilumos siurblių gamintojai stengiasi pritaikyti naujas technologijas ir taip mažinti garso slėgį kurį sukuria kompresoriuje esantis ventiliatorius. Tačiau apie garso slopinimą reiktų pagalvoti bet kokių atveju, nes šiai dienai Lietuvos respublikos sveikatos ir apsaugos ministro įsakyme dėl triukšmo ribinių dydžių gyvenamuosiuose ir visuomeninės paskirties pastatuose bei jų aplinkoje yra priimtos štai tokios normos [11]:

- Gyvenamųjų pastatų (namų) ir visuomeninės paskirties pastatų aplinkoje (lauke), išskyrus transporto sukeltą triukšmą, nakties metu (nuo 22 iki 6 val.) didžiausias leidžiamas ekvivalentinis garso slėgio lygis 45 dB;
- uždaroje patalpose naktį girdimas garsas negali viršyti 35 dB.

Taigi norint neviršyti šių reikšmių projektavimo metu kompresoriui reikia gerai parinkti jo montavimo vietą bei esant poreikiui numatyti ir garso barjerus – akustines sienes [7].

Kitas svarbus aspektas į kurį reikia atkreipti dėmesį projektuojant „oras-vanduo“ šilumos siurblio sistemą yra stipri momentinio naudingo koeficiento COP priklausomybė nuo lauko temperatūros. Kadangi šiluma yra imama tiesiai iš oro, šilumos siurblio naudingumo koeficientas, mažėjant temperatūrai lauke, krenta žymiai labiau nei bet kurio kito tipo šilumos siurblių.

Tai įvyksta dėl to, nes esant žemai lauko temperatūrai galimas garintuvo apšalimas. Taip atsitikus, sistemoje periodiškai nutraukiamas šildymo ciklas, ir šilumos siurblys persijungia į reversinį režimą tam, kad atitirpintų apšalusį garintuvą. Pasitelkus šį procesą sunaudojama nemažai papildomos energijos, nežiūrint į tai, kad sistemos automatinio valdymo mechanizmas sureguliuotas taip, kad atitirpinimo ciklas veiktų tik tada, kai būtina, COP koeficiento sumažėjimas temperatūrai nukritus žemiau nulio žymus [12].

Taip pat svarbu yra tai, kad šio tipo šilumos siurblių likusi šiluminė galia, esant didėliai minusiai temperatūrai lauke, gali skirtis net du ir daugiau kartų. Žinoma visi šio tipo šilumos siurbLIAI turi ir elektrinius kaitinimo elementus kurie užtikrina trūkstamą šiluminę galią. Tačiau tinkamas sistemos parinkimas garantuos ekonomišką ir ilgalaikį šilumos siurblio veikimą, tad visa tai būtina įvertinti. Dažnas „oras-vanduo“ šilumos siurblių gamintojas pateikia savo COP koeficiento kitimo grafikus, bei likusią šiluminę galią prie atitinkamos temperatūros.

1.3. Energijos poreikis šiuolaikiniam namui

Šiais laikais jau neįsivaizduotume jokio pastato, kuriam nebūtų reikalinga energija. Energija reikalinga komfortiškam gyvenimui: šildymo poreikiui užtikrinti, maisto gamybai, visiems

kasdieniniams prietaisams veikti ir t.t. Yra dvi energijos formos: šiluminė ir elektrinė. Jos lengvai gali būti keičiamos viena kita, tačiau tai daryti ne visada naudinga.

Gyvenamuosiuose pastatuose naudojamos šios dvi energijos formas. Elektros energija dažniausiai yra perkama iš jos tiekėjų ir naudojama namo elektros poreikiams užtikrinti. Už sunaudotą elektros energijos kilovatvalandę paskirstymo operatoriui mokama tai dienai galiojančia rinkos kaina. Elektros paskirstymo operatoriaus (ESO) duomenimis Lietuvoje buitiniams vartotojams šiuo metu pasirinkus standartinį vienos laikos zonos planą už elektros energiją mokama: 0,114 Eur/kWh, tačiau elektros energijos vartojantiems daugiau yra galimybė pasirinkti kitokias dvinaires mokėjimo formas [13]:

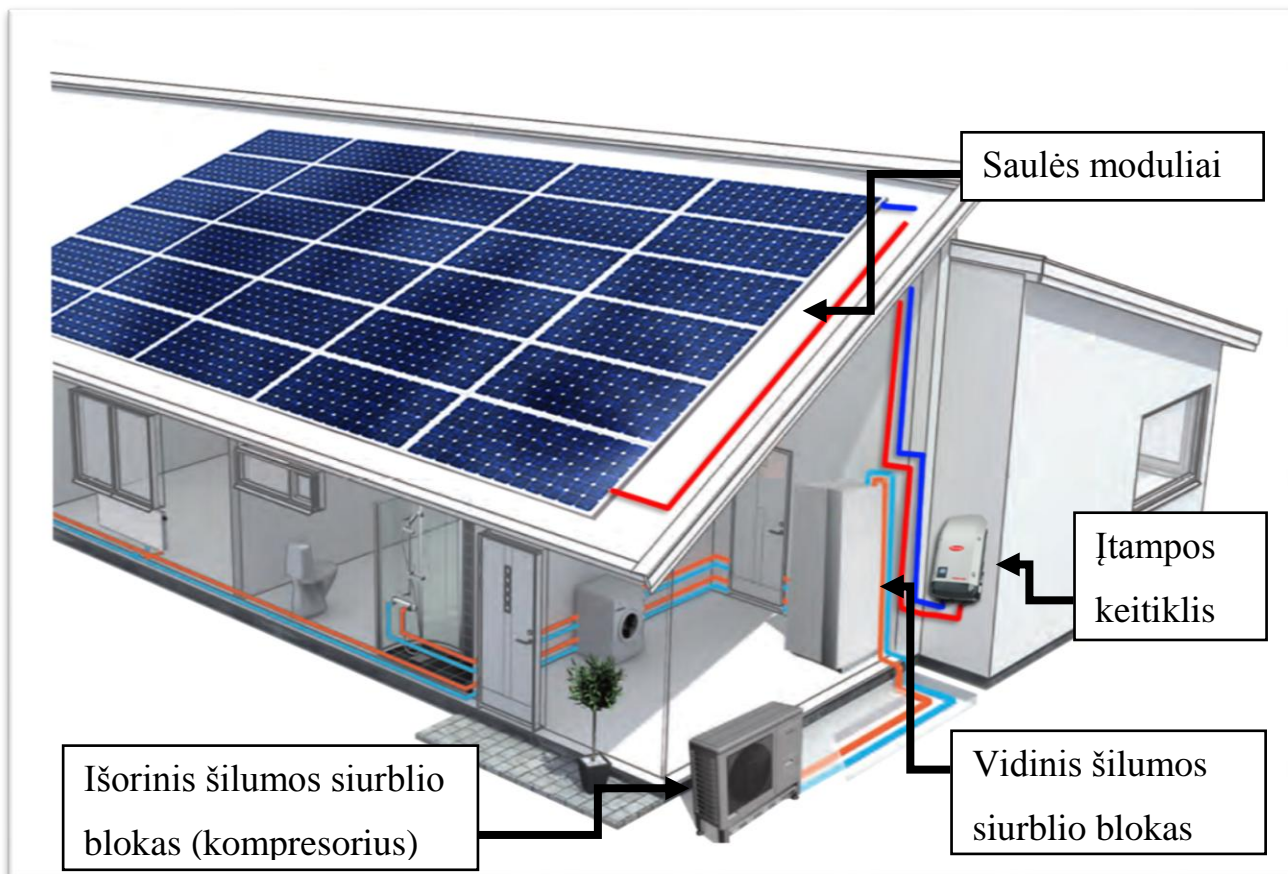
- 0,099 Eur/kWh bei papildomus 3 Eur/mėn;
- 0,994 Eur/kWh bei papildomus 6 Eur/mėn.

Tuo tarpu šiluminė energija, kuri naudojama privataus namo šildymui ir karšto vandens ruošimui, nuo seno dažniausiai buvo gaminama deginant katilė įvairų kurą: malkas, briketus, granules, dujas ir t.t. Taip buvo darome, norint sutaupyti ir apšildyti savo namus už kuo mažesnę kainą, nes šildymas elektros energiją keičiant į šiluminę buvo per brangus.

Viskas pasikeitė šilumos siurbliams atėjus į rinką. Dėl jų savybės – išgauti kelis kartus daugiau šiluminės energijos negu suvartoti elektros energijos iš tinklo, šis šildymo būdas darosi populiariesnis ir vis daugiau privačių namų savininkų pasirinkę šį šildymo būdą visą energijos poreikį namui užtikrina naudojant tik elektros energiją iš tinklo.

2. POREIKIŲ NUSTATYMO IR ĮRENGINIŲ PARINKIMO METODIKA

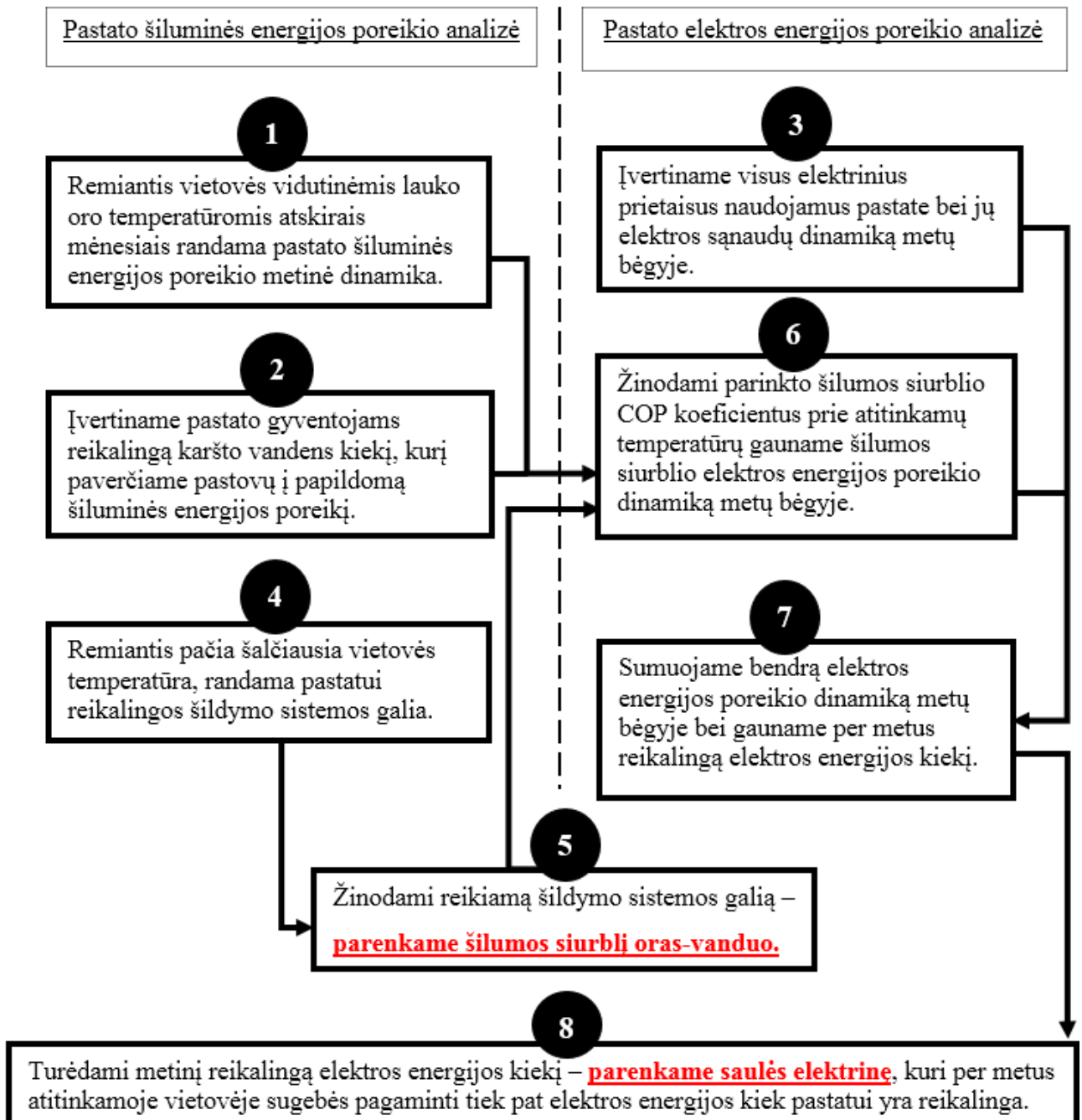
Analizuojant pastato šiluminės ir elektrinės energijos poreikius ir jų generavimą iš šilumos siurblio bei saulės elektrinės, svarbu atsižvelgti į šiluminės bei elektrinės energijos poreikių dinamiką per metus. Principinė pastato su saulės elektrine ir šilumos siurbliu „oras-vanduo“ schema pateikiama 2.1 paveiksle.



2.1 pav. Principinė pastato su saulės elektrine ir šilumos siurbliu „oras-vanduo“ schema

2.2 paveiksle nurodomas algoritmas, kurio pagalba bet kokiam pastatui galime parinkti šilumos siurblių „oras-vanduo“ ir saulės elektrinę, kuri bus pritaikyta veikti su Lietuvoje lengvai pasirenkamu dvipusės apskaitos planu.

„On grid“ saulės elektrinės su dvišone apskaita ir šilumos siurblio oras-vanduo parinkimas gyvenamajam namui



2.2 pav. Saulės elektrinės ir šilumos siurblio „oras-vanduo“ parinkimo algoritmas

2.1. Pastato energinis naudingumas

Kiekvienam pastatui yra reikalingas skirtingas energijos kiekis. Energijos kiekis reikalingas konkrečiam namui, nevertinant individualaus poreikių skirtumų, priklauso nuo keturių parametų:

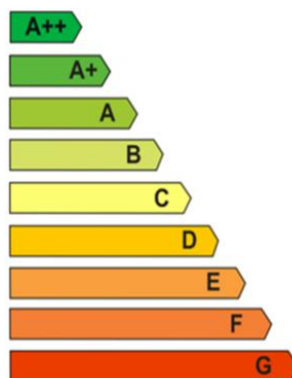
- pastato šiluminės varžos;
- pastate naudojamų elektrinių prietaisų skaičiaus bei jų parametru;
- šildymo sistemos tipo;
- pastato šildomo ploto.

Šiuolaikiniai namai įstatymiškai turi būti projektuojami ir statomi taip, kad energijos poreikis būtų kuo mažesnis. Tai yra daroma dėl to, nes kuriant mažai energijos vartojančius pastatus, prisidedame prie mažesnės taršos aplinkai. Ne be reikalo taršos sumažinimas energetikos sektoriuje yra vienas iš svarbiausių Europos Sąjungos tikslų. Visą šį procesą Lietuvoje reguliuoja Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija. Visos nuostatos galiojančios šiai dienai statomiems namams yra pateiktos įsakyme dėl statybos techninio reglamento str. 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“ [14].

Pastatai pagal energinį naudingumą klasifikuojami į 9 klases, visos jos pateikiamos 2.1.1 paveiksle. A++ energetinio naudingumo klasė pastatuose laikoma aukščiausia, ji nurodo energijos beveik nevirtojantį pastatą [14].

Pastato energinis naudingumas tai yra apskaičiuotas energijos kiekis, kuris yra reikalingas patenkinti visą energijos poreikį kuris apima [14]:

- pastato šildymą;
- vėsinimą ir vėdinimą;
- karšto vandens ruošimą;
- pastato apšvietimą.



2.1.1 pav. Pastato energinio naudingumo klasės [14]

Analizuojant šį įsakymą VII skyriuje matyti, kad pastatų energinio naudingumo reikalavimai įpareigoja nuo 2018 m. sausio 1 d. statyti ir projektuoti pastatus, kurių energinio naudingumo klasė turi būti ne žemesnė kaip A+ [14]

2.1 lent. STR 2.01.02:2016 Reikalavimai A+ energinio naudingumo klasės pastatams [14]

A+ klasės pastatai	1. Pastato energijos vartojimo efektyvumo rodiklių C_1 ir C_2 vertės turi atitikti štai šiuos reikalavimus: $0,25 \leq C_1 < 0,375$ ir $C_2 \leq 0,80$
	2. Pastato (jo dalies) atitvarų skaičiuojamieji savitieji šilumos nuostoliai turi atitikti Reglamento 2 priedo 87 punkto reikalavimus
	3. Jei pastate (jo dalyje) įrengta mechaninio vėdinimo su rekuperacija sistema, rekuperatoriaus naudingumo koeficientas turi būti ne mažesnis už 0,80, o rekuperatoriaus ventiliatorių naudojamas elektros energijos kiekis neturi viršyti $0,55 \text{ Wh/m}^3$
	4. Pastato (jo dalių) pertvarų ir tarpaukštinių perdenginių šiluminės savybės turi atitikti Reglamento IX skyriaus reikalavimus
	5. Pastato (jo dalies) sandarumas turi atitikti Reglamento X skyriaus reikalavimus
	6. Šiluminės energijos sąnaudos pastatui (jo daliai) šildyti turi atitikti Reglamento 2 priedo XXIX skyriaus reikalavimus
	7. Ilginių šiluminių tiltelių skaičiuojamosios šilumos perdavimo koeficientų vertės turi būti pagrįstos skaičiavimais (žr. 30 punktą)

Efektyvesnių namų statybą, kuri ateityje užtikrins mažesnės energijos sąnaudos garantuoja net tik mažesnes išlaidas šildymui, tačiau kartu kinta ir pastatų šildymo sistemų techninės charakteristikos[15]:

- šildymo sistemos galia;
- šildymo prietaisų matmenys;
- į pastatą tiekiamo šilumnešio temperatūra.

Lyginant A+ klasės pastatus su energiška mažiau efektyviais pastatais (C ir mažesnės klasės), tos pačios galios šiluminę energiją generuojantys įrenginiai gali užtikrinti didesnę dalį pastatui reikalingos šiluminės energijos. Tai reiškia, kad projektuojant šildymo sistemą A+ energinio naudingumo klasės pastate bus galima įrengti mažesnės galios šilumos generacijos įrenginį, o tai bus naudinga ekonomiškai [15].

2.2. Šiluminės energijos poreikio dinamika

Lietuvos sąlygomis šiluminės energijos poreikis pastatui metų bėgyje skiriasi. Pagrindinis parametras, kuris lemia skirtingą energijos poreikį metų bėgyje yra lauko oro temperatūra.

Lietuvos teritorija yra vidutinių platumų klimato zonoje, kurioje išskiriami du regionai: Baltijos pajūrio regionas ir likusi Lietuvos dalis. Baltijos pajūrio regione šalčiausio mėnesio vidutinė

temperatūra svyruoja nuo $-1,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ iki $-1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, o likusioje Lietuvos dalyje nuo $-2,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ iki $-4,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Galvonaitė ir kt., 2013), remiantis 1981–2010 m. matavimų duomenimis. Tačiau pagal pastato masyvumą ir įstiklintų paviršių ploto procentinę dalį projektuojant pastato šildymo sistemas klimatas vertinamas išsamiau. Skaičiuojant pastato šildymo sistemos galią gali būti vertinama vietovės šalčiausios paros temperatūra, šalčiausio penkiadienio temperatūra arba šių temperatūrų vidurkis (Statybinė klimatologija RSN 156-94, 1995). Vidutinė paros ar mėnesio temperatūra aktuali ir dėl energijos sąnaudų pastato šildymui prognozavimo, žinant šilumos siurblio darbo charakteristiką prie skirtingų lauko oro temperatūrų tampa nebesunku šiluminį poreikį paversti į elektros energijos sąnaudas. [15].

Metinė šiluminės energijos poreikio dinamika pastato šildymui nustatoma, pagal metodiką, aprašomą STR 2.09.04:2008 „Pastato šildymo sistemos galia. Šilumos poreikis šildymui“. [15]

Skaičiuojant mėnesinius šilumos nuostolius vertinama vietovės vidutinė mėnesio temperatūra. Remiantis statybos reglamentu naudojamos vidutinės mėnesio temperatūros vertės pateikiamos pagal 1961-1990 metų meteorologinius stebėjimus (Lietuvos Respublikos Statybos ir urbanistikos ministerija, 1995) [15].

Projektuojant šildymo sistemą reikia įvertinti ir karšto vandens ruošimą, nes dažniausiai ta pati sistema šildo visą pastato sistemą bei ruošia karštą vandenį. Šilumos siurblys, ne išimtis, jis ruoš tiek karštą vandenį, tiek tiekis į sistemą reikiamos temperatūros šilumnešį (termofikata). Metinė šiluminės energijos poreikių dinamika pastato karšto vandens ruošimui nustatoma remiantis 2.2 lent. vertėmis, pateikiamomis statybos techniniame reglamente - STR 2.09.04:2008 [14].

2.2 lent. STR 2.01.02:2016 Gyvenamųjų namų paskirties pastatų įvairių rodiklių vertės pastatų energinio naudingumo skaičiavimams [14]

Vidaus temperatūra šildymo sezono metu, $\theta_{iH},\text{ }^{\circ}\text{C}$	Plotas vienam žmogui*, $A_o, \text{m}^2/\text{žm.}$	Žmonių buvimo patalpoje laikas per parą (vidutinis mėnesio), $t, \text{h}/(\text{para})$	Metinis elektros energijos suvartojimas pastato ploto vienetui*, $\psi_E, \text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{metai})$	Metinis šiluminės energijos poreikis karštam vandeniui gaminti 1 m^2 pastato*, $\psi_{hw}, \text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{metai})$
20	40	12	30	20

Vertiname taip kad, karšto vandens kiekvieną mėnesį reikės tiek pat, taigi kiekvieną mėnesį reikės tiek pat papildomos šiluminės energijos. Remiantis 2.2 lentelėje pateiktomis vertėmis mėnesinis šiluminės energijos poreikis dėl karšto vandens apskaičiuojamas pagal šią formulę:

$$Q_{KV} = \frac{\psi_{hw} \times S}{12} ; \quad (4)$$

čia: Q_{KV} – mėnesis šilumos poreikis karšto vandens ruošimui, kWh; ψ_{hw} – metinis šiluminės energijos poreikis karštam vandeniui gaminti 1 m² pastato, kWh/(m²·metai); S – pastato plotas, m².

Gavus papildomą šiluminės energijos poreikį dėl karšto vandens naudojimo, bendrą pastatui reikalingą šiluminės energijos poreikį paskaičiuojame pagal 5 formulę.

$$Q_h = Q_{\xi} + Q_{KV}; \quad (5)$$

čia: Q_h – bendras šiluminės energijos poreikis namo šildymui ir karšto vandens gamyba, kWh; Q_{ξ} – šiluminės energijos poreikis pastato šildymu, kWh.

2.3. Reikalingos šildymo sistemos galios radimas ir šilumos siurblio „oras-vanduo“ parinkimas

Pagrindinis parametras šilumos siurbliui ar bet kokiai kitai šildymo sistemai parinkti yra - reikalinga šildymo sistemos galia. Daugiausiai įtakos šiam parametru turi vietovės mažiausia vidutinė paros temperatūra.

Pastato šildymo sistemos galia taip pat skaičiuojama pagal metodiką pateiktą STR 2.09.04:2008 „Pastato šildymo sistemos galia. Šilumos poreikis šildymui“. Skaičiuojant reikia atsižvelgti į galimas mažiausias vidutinės paros temperatūras analizuojamojoje vietovėje (Statybinė klimatologija RSN 156-94, 1995).

Parinkant šilumos siurblių svarbu atsižvelgti ir į gamintojo pateikiamas šilumos siurblio „oras-vanduo“ charakteristikas, nes šio tipo šilumos siurbliai esant didelei minusinei temperatūrai nebesugeba į sistemą atiduoti savo nominalios šildymo galios, o kažkuriuo metu visai išsijungia. Dėl to svarbu įvertinti ir elektrinį kaitinimo elementą, kuris įeina į šilumos siurblio komplektaciją, jo galingumo turi pakakti visiškam šildymo sistemos galios užtikrinimui.

2.4. Elektros energijos poreikio dinamika

Tiksliai nustatyti elektros energijos poreikį bei jo dinamiką tiriamajam namui yra gan sunku, nes elektros energijos vartojimo įpročiai yra labai individualūs, todėl juos prognozuoti yra sudėtinga.

Metinė elektros energijos poreikių dinamiką pastato poreikiams padengti, nevertinant šilumos siurblio darbo, nustatoma remiantis bendromis 2.2 lent. vertėmis, pateikiamomis statybos techniniame reglamente - STR 2.09.04:2008 [14].

Žinoma elektros energijos poreikis žiemos metu, kada dienos trumpesnės, turėtų būti šiek tik didesnis, nei tarkim vasaros, tačiau galime to nevertinti, nes saulės elektrinės parinkimui svarbiausias parametras bus elektros energijos poreikis per metus. Taigi remiantis 2.2 lentelėje

pateiktomis vertėmis mėnesinis elektros energijos poreikis, nevertinant šilumos siurblio darbo, apskaičiuojamas pagal šią formulę:

$$E_N = \frac{\psi_E \times S}{12}; \quad (6)$$

čia: E_N – mėnesinis elektros energijos poreikis pastatui, nevertinant šilumos siurblio darbo, kWh; ψ_E – metinis elektros energijos suvartojimas pastato ploto vienetui, nevertinat šilumos siurblio darbo, kWh/(m²·metai); S – pastato plotas, m².

Žinant šilumos siurblio modelį ir jo darbo charakteristiką, kurio parinkimas aprašytas 2.3 skyriuje, taip pat įvertinant ir elektrinio kaitinimo elemento darbo charakteristiką, galime sužinoti papildomą energijos kiekį, kuris bus reikalingas šilumos siurbliui gaminant šiluminę energiją.

Šilumos siurbliui reikalingas elektros energijos kiekis gali būti skaičiuojamas dvejais metodais:

1. naudojant šilumos siurblio gamintojo pateiktą sezoninio efektyvumo koeficiento (SCOP) reikšmę ir visą per metus reikalingą šiluminės energijos kiekį namo šildymui ir karšto vandens ruošimui.
2. naudojant energijos gamintojo nurodomas atitinkamas transformacijos koeficiento (COP) reikšmes, šiluminės energijos poreikio dinamiką ir vidutines kiekvieno mėnesio lauko oro temperatūras.

Bendras šilumos siurbliui reikalingas elektros energijos kiekis apskaičiuojamas pagal 7 formulę:

$$E_h = E_{\xi} + E_{KV}; \quad (7)$$

čia: E_{ξ} – elektros energijos poreikis šilumos siurbliui, tik šildymui, kWh; E_h – bendras elektros energijos poreikis šilumos siurbliui, kWh; E_{KV} – elektros energijos poreikis šilumos siurbliui, tik karšto vandens ruošimui, kWh.

Bendras metinis pastato elektros energijos poreikis, įvertinus tiek šilumos siurblio, tiek viso pastato elektros energijos poreikį, apskaičiuojamas pagal 8 formulę.

$$E = E_h + E_N; \quad (8)$$

čia: E_N – metinis elektros energijos poreikis pastatui, nevertinant šilumos siurblio darbo, kWh; E_h – metinis elektros energijos poreikis šilumos siurbliui, kWh; E – metinis viso pastato elektros energijos poreikis, kWh.

2.5. Saulės elektrinės parinkimas

Kadangi saulės elektrinė bus integruojama į ESO dvipusės apskaitos planą ir veiks principu, kuris aprašytas 1.1.5 skyriuje, todėl saulės elektrinė turi būti parenkama tokios galios, kad per metus sugeneruotų tą patį elektros energijos kiekį - E, koks yra reikalingas padengti visą pastato elektros energijos poreikį, kuris yra apskaičiuojamas pagal 8 formulę.

Renkant saulės elektrinę svarbu numatyti, kokių polinkio į horizontaliąją plokštumą kampų bus montuojami saulės moduliai, iš 1.7 lentelės matyti, kad geriausią generaciją Lietuvos sąlygomis per visus metus gauname, pasirinkdami šį kampą – 35° ir orientuodami visus saulės modulius į pietų pusę.

9 priede pateiktu saulės elektrinių projektavimo simulatoriumi „Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps“, įvertinę visus nuostolius, sužinome, kokios galios P_s saulės elektrinė, pagamins reikiamą elektros energijos kiekį.

3. NAGRINĖJAMO OBJEKTO POREIKIŲ NUSTATYMAS IR ENERGIJOS ŠALTINIO EKONOMINĖ ANALIZĖ

Taikydami 2 skyriuje aprašyta metodiką ir 2.2 paveiksle pateiktą algoritmą nagrinėjamajam objektui parenkame jo energijos poreikius patenkinančią hibridinę šilumos siurblio „oras-vanduo“ ir saulės elektrinės sistemą.

Tiriant šiluminės ir elektros energijos poreikį pasirenkamas analogiškas namas, kuris buvo tiriamas disertacijoje - „Vėjo energijos naudojimo pastatui šildyti taikant hidraulinę sistemą tyrimas (autor. Jurgita Černeckienė)“.



3.1 pav. Tiriamojo pastato vizualizacija, kur a) – šiaurės orientacijos fasadai; b) – pietų orientacijos fasadai, arch. A. Zaniauskas [15]

Tiriamasis gyvenamasis namas turi 120 m² šildomo ploto ir pagal šiai dienai Lietuvoje galiojančią tvarką yra projektuojamas, kad atitiktų A+ klasės pastato energinio naudingumo klasę.

Šiai klasei galiojantys pastatų atitvarų šilumos perdavimo koeficientų reikalavimai jau išnagrinėti 2.1 skyriuje. Pastato numatoma stovėjimo vieta – Kaunas.

3.1. Energijos poreikių ir įrenginiu parinkimo analizė

3.1.1. Šiluminės energijos poreikio nustatymas

Kadangi tiriamasis pastatas stovės Kauno mieste, 3.1 lentelėje pateikiami šio miesto 1991-1990 metų meteorologinių stebėjimų rodikliai:

3.1 lent. Pagal statybos reglamentą taikytina 1961–1990 m. vidutinė mėnesio lauko oro temperatūra Kauno mieste [16]

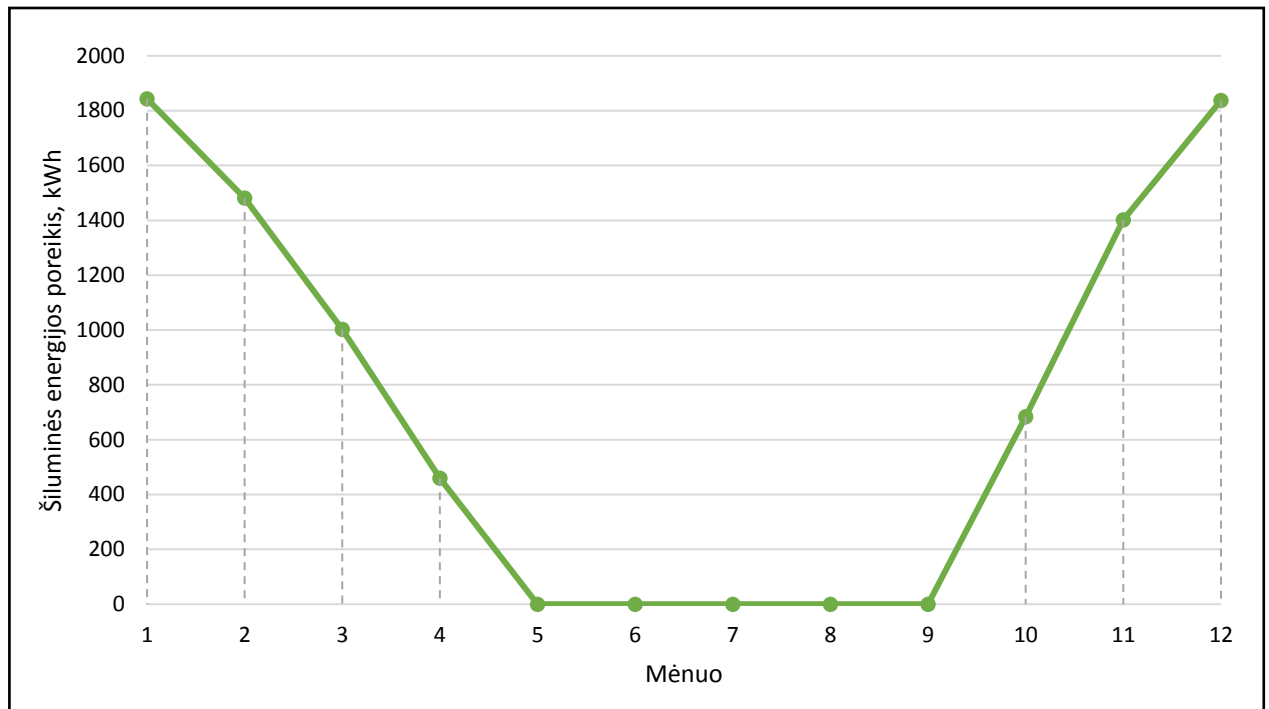
Mėnesis	Lauko oro temperatūra, °C
Sausis	-5,2
Vasaris	-4,3
Kovas	-0,4
Balandis	5,8
Gegužė	12,4
Birželis	15,8
Liepa	16,9
Rugpjūtis	16,4
Rugsėjis	11,9
Spalis	7,1
Lapkritis	1,8
Gruodis	-2,3

Įvertinant visus nuostolius ir 3.1 lentelėje pateikiamas vidutinės lauko oro temperatūros vertes atskirais mėnesiais, 3.2 lentelėje pateikiami skaičiai, nurodantys kiekvienam mėnesiui reikalingą šiluminės energijos kiekį tiriamajam 120 m² šildomo ploto pastatui:

3.2 lent. Šilumos poreikis tiriamajam A+ energinio naudingumo klasės gyvenamajam namui [15]

Mėnesis	Skaičiuojamas šiluminės energijos poreikis, kWh	Praktinis šiluminės energijos poreikis Q _š , kWh
Sausis	1843	1843
Vasaris	1481	1481
Kovas	1002	1002
Balandis	459	459
Gegužė	333	0
Birželis	105	0
Liepa	-96	0
Rugpjūtis	-24	0
Rugsėjis	335	0
Spalis	684	684
Lapkritis	1402	1402
Gruodis	1837	1837
Iš viso:		8708

Kaip matyti iš 3.2 lentelės skaičiuojamos šiluminės energijos poreikis yra ir gegužės, birželio ir rugsėjo mėnesiais, tačiau remiantis ilgamete praktika ir žinant, kad šiais mėnesiais Lietuvos klimato sąlygomis pastatai dažniausiai nėra šildomi, galime daryti prielaidą, kad šiais mėnesiais pastatas nenaudoja energijos šildymui. Visa tai įvertinus 3.1.1 paveiksle pateikiama tiriamojo pastato šilumos poreikio šildymui dinamika [15].

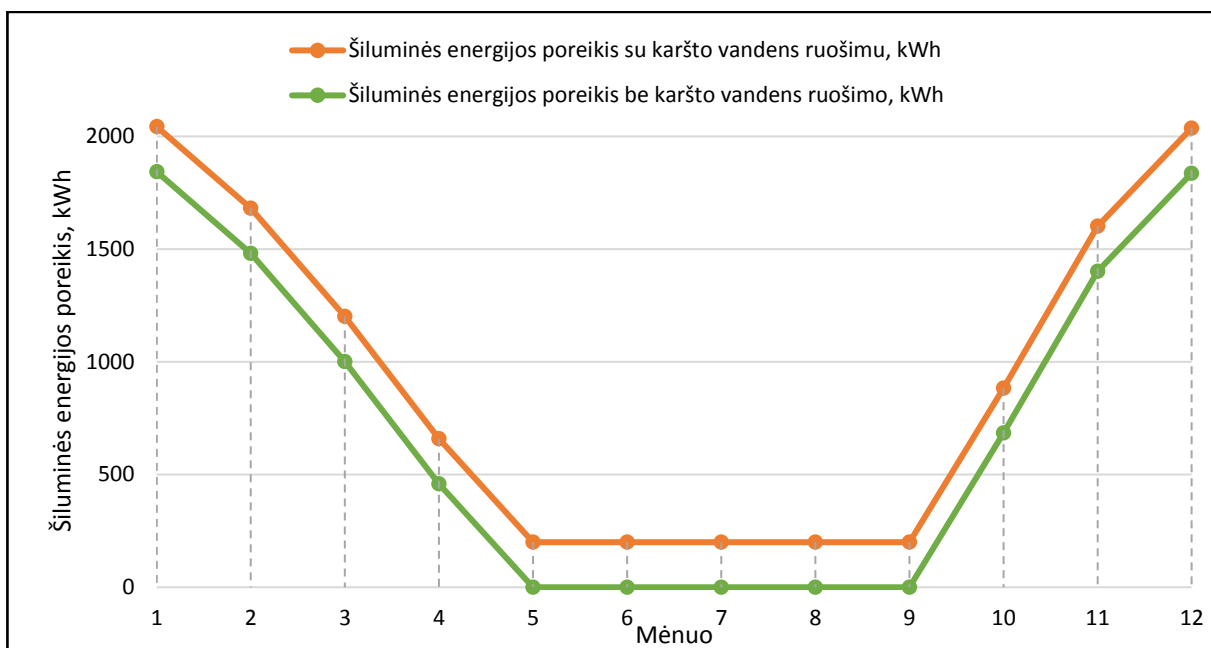


3.1.1 pav. Tiriamojo gyvenamojo namo šildymui reikalingos šiluminės energijos poreikio dinamika per metus

Papildoma šiluminė energija, kuri bus reikalinga karšto vandens ruošimui paskaičiuojama pagal 2 skyriuje pateiktą 4 formulę. Taigi tiriamojo 120 m² pastato, kuriame gyvens 3 asmenys dėl karšto vandens gamybos, šiluminės energijos poreikis kas mėnesi išaugs:

$$Q_{KV} = 200 \text{ kWh};$$

Pastatui reikalingos šiluminės energijos poreikio dinamika įvertinus ir karšto vandens gamybą pateikiama 3.1.2 paveiksle.



3.1.2 pav. Tiriamojo gyvenamojo namo šildymui ir karštam vandeniui reikalingos šiluminės energijos poreikio dinamika per metus

3.1.2. Šilumos siurblio „oras-vanduo“ parinkimas

Analizuojant tiriamajam objektui reikalingos šilumos sistemos galią, pagal 2.3 skyriuje pateiktą metodiką, remiamasi vietovės mažiausiomis vidutinėmis paros temperatūromis. 3.3 lentelėje matome Kauno miesto duomenis [16].

3.3 lent. Pagal statybos reglamentą taikytina 1945–1890 m. vidutinė šilčiausio ir šalčiausio paros lauko oro temperatūra Kauno mieste ir šios temperatūros pasikartojimo tikimybė [16]

Sezonas	Didžiausia (mažiausia) vidutinė paros temperatūra, °C (galima viena kartą per:)				
	2 metus	5 metus	10 metų	20 metų	50 metų
Vasaros	23,3	24,8	25,6	26,2	27,0
Žiemos	-20,0	-24,6	-27,0	-29,0	-31,4

Tiriamo A+ energinio naudingumo klasės 120 m² pastato šildymo sistemos galia taip pat skaičiuojama pagal STR 2.09.04:2008 „Pastato šildymo sistemos galia. Šilumos poreikis šildymui“. Skaičiuojant atsižvelgta į 2.4 lentelėje pateiktas galimas mažiausias vidutinės paros temperatūras Kauno mieste. Šio skaičiavimo rezultatai pateikiami 3.4 lentelėje [15].


3.4 lent. Nagrinėjamo objekto šildymo sistemos galia

Pastato šildymo sistemos galia P _h , W	Suminiai metiniai šiluminės energijos poreikiai, įvertinus ir karšto vandens ruošimą Q _h , kWh	Sąlyginiai suminiai metiniai šiluminės energijos poreikiai, kWh/m ²
3919	11108	93

Iš 3.4 lentelės matyti, kad prie galimos mažiausios lauko oro temperatūros namui bus reikalinga - 4 kW šiluminės galios.

Parinkamas NIBE gamintojo 8 kW šilumos siurblys NIBE F2120-8 ir integruotas vidinis blokas su 206 litrų karšto vandens ruošimo talpa ir 9 kW papildomu kaitinimo elementu – NIBE VVM 320. Šilumos siurblys tiek reikiamos temperatūros šilumneši į tiriamojo namo šildomas grindis. Įrenginio svarbiausi parametrai ir kainos pateikiamos 3.5 lentelėje.

3.5 lent. NIBE F2120-8 + VVM 320 šilumos siurblio „oras-vanduo“ pagrindinės charakteristikos, remiantis 7 ir 8 priedu.

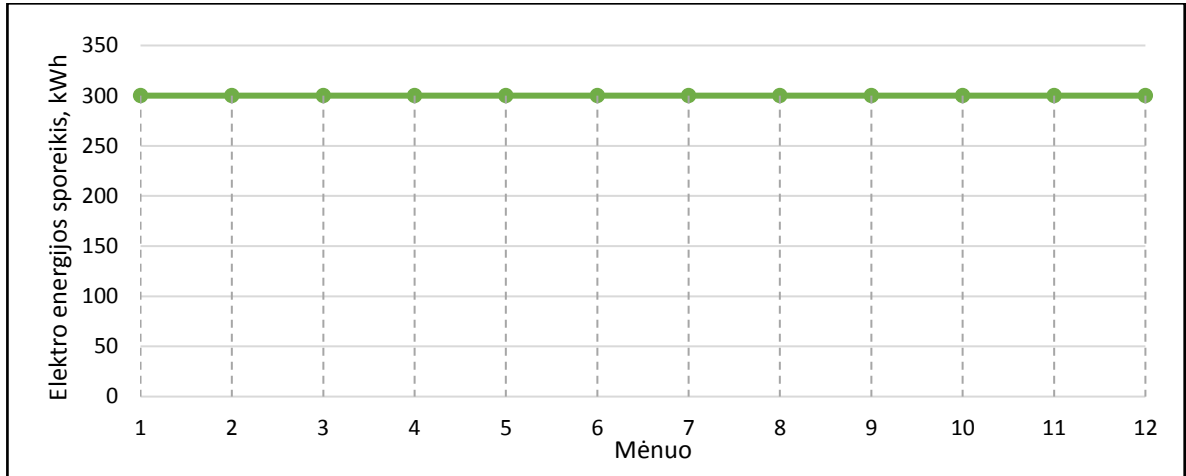
Įrenginio modelis:	 <p>NIBE F2120-8 + VVM 320</p>					
Darbinė šilumos siurblio kompresoriaus temperatūra, °C	-25 / 43					
Kompresoriaus leidžiamas garso slėgis už atitinkamo atstumo nuo garso šaltinio, dB(A)	1 m		2 m		6 m	
	53		39		29,5	
Likusi galia ir COP koeficientas prie atitinkamos temperatūros, kada šilumnešio temperatūra 35 °C (bus tiekama į šildomas grindis)	-7 °C		2 °C		7 °C	
	P, kW	COP	P, kW	COP	P, kW	COP
	5,2	3	6,8	4,4	6,8	4,5
Likusi galia ir COP koeficientas prie atitinkamos temperatūros, kada šilumnešio temperatūra 55 °C (bus naudojama karšto vandens gamybai)	-7 °C		2 °C		7 °C	
	P, kW	COP	P, kW, kW	COP	P, kW	COP
	5,5	2,3	7,4	2,7	7,4	3,1
SCOP, Lietuvos sąlygomis (šaltojo klimato zona), kada šilumnešio temperatūra 35 °C	4,03					
Šilumos siurblio kaina su PVM	Įrengimo sąmata (tik šilumos siurblio prijungimas prie sistemos)			Šilumos siurblio kaina		
	1 500 Eur			8 800 Eur		
	Iš viso: 10 300 Eur					

3.1.3. Elektros energijos poreikio nustatymas

Remiantis 2.2 lentelėje pateiktomis vertėmis tiriamojo 120 m² pastato, kuriame gyvens 3 asmenys, mėnesinis elektros energijos poreikis, nevertinant šilumos siurblio darbo, apskaičiuojamas pagal 6 formulę.

$$E_N = 300 \text{ kWh};$$

Metinė elektros energijos poreikio dinamika pateikiama 3.1.3 paveiksle.



3.1.3 pav. Tiriamojo 120 m² gyvenamojo namo elektros energijos poreikio dinamika per metus, nevertinant šilumos siurblio darbo

Žinant šilumos siurblio modelį ir jo darbo charakteristiką, galime sužinoti papildomą elektros energijos kiekį, kuris bus reikalingas šilumos siurbliui gaminant šiluminę energiją. Reikalingas elektros energijos kiekis skaičiuojamas 2.3 skyriuje pateiktas dvejais metodais. Skaičiavimams naudojamos 7 ir 8 prieduose pateiktos šilumos siurblio specifikacijos ir darbo režimo kreivės.

Pirmo metodo skaičiavimų rezultatai pateikiami 3.6 lentelėje.

3.6 lent. NIBE F2120-8 + VVM 320 šilumos siurblio „oras-vanduo“ metinės elektros energijos sąnaudos skaičiuojant (1) metodu

Visam pastatui reikalingas šiluminės energijos kiekis per metus Q_h , kWh	SCOP *35 °C	Gautas reikalingas elektros energijos kiekis per metus E_{h1} , kWh
11108	4,03	2756

Antro metodo skaičiavimų rezultatai pateikiami 3.7 lentelėje.

3.7 lent. NIBE F2120-8 + VVM 320 šilumos siurblio „oras-vanduo“ metinės elektros energijos sąnaudos skaičiuojant (2) metodu

		Pastato šildymui (tiekiama šilumnešio temperatūra 35 °C)			Karšto vandens ruošimui (tiekiama šilumnešio temperatūra 55 °C)		
Mėnuo	Vidutinė mėnesio temperatūra, °C	Šiluminės energijos kiekis Q _s , kWh	COP *35	Gautas elektros energijos poreikis E _s , kWh	Šiluminės energijos kiekis Q _{KV} , kWh	COP *55	Gautas elektros energijos poreikis, E _{KV} , kWh
Sausis	-5,2	1843	3,5	526,57	200	2,5	80
Vasaris	-4,3	1481	3,6	411,39	200	2,6	76,92
Kovas	-0,4	1002	4	250,50	200	2,8	71,43
Balandis	5,8	459	4,6	99,783	200	3	66,67
Gegužė	12,4	0	-	0	200	3,2	62,5
Birželis	15,8	0	-	0	200	3,3	60,61
Liepa	16,9	0	-	0	200	3,3	60,61
Rugpjūtis	16,4	0	-	0	200	3,3	60,61
Rugsėjis	11,9	0	-	0	200	3,2	62,5
Spalis	7,1	684	4,7	145,53	200	3	66,66
Lapkritis	1,8	1402	4,1	341,96	200	2,9	68,97
Gruodis	-2,3	1837	3,7	496,49	200	2,7	74,07
Iš viso:		8708		2272,21	2400		811,54

Antru metodu apskaičiuotas visas šilumos siurbliui reikalingas elektros energijos kiekis yra daug tikslesnis nei pirmu atveju, nes realiai įvertiname šiluminę energiją, kuri bus reikalinga karšto vandens ruošimui, bei orientuojamės į konkrečias mėnesio temperatūras. Taigi visas elektros energijos kiekis, kurį sunaudoja šilumos siurblys per metus paskaičiuojamas pagal 7 formulę:

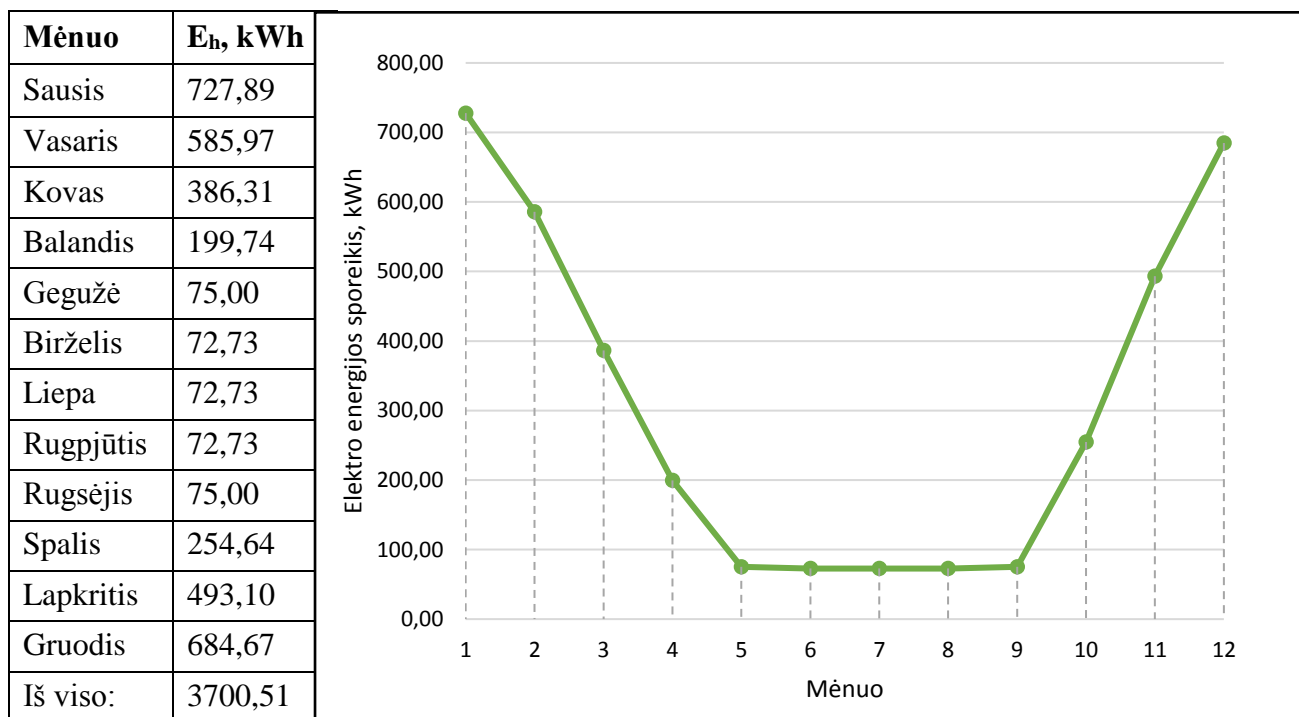
$$E_{h2} = 3083,76 \text{ kWh};$$

Galutiniam rezultatui įvertinamas dar ir pagalbinio elektrinio kaitinimo elemento darbas. Kaip matome iš 2.4 lentelės, Kauno vietovėje -25 °C vidutinė paros temperatūra, kuri yra kritiška pasirinktam „Nibe“ šilumos siurbliui, per 10 metų pasikartoja tik vieną kartą, ką jau kalbėti apie didesnes minusines vertes, kurios pasiekiamos dar rečiau. Tokia maža visiško šilumos siurblio sustojimo tikimybė, leidžia daryti prielaidą, kad elektrinis kaitinimo elementas labai retais atvejais taps vienintelis šilumos šaltinis. Iš praktikos žinoma, kad kaitinimo elementas įsijungia ir prie aukštesnių temperatūrų, kad padėtų šilumos siurbliui dirbti, tačiau joks gamintojas tiksliai nenurodo pagal kokius algoritmus pasileidinėja elektrinis kaitinimo elementas. Todėl prognozuojant

elektrinį poreikį, kuris bus reikalingas šilumos siurbliui, dėl kartais įsijungiančio kaitinimo elemento, reiktų pridėti 20 %. Taigi šilumos siurblio „oras-vanduo“ galutinis elektros energijos poreikis yra:

$$E_h = E_{h2} \times 1,2 = 3700,51 \text{ kWh};$$

3.1.4 paveiksle pateikiama šilumos siurblio elektros energijos poreikių dinamika, įvertinus ir papildomo elektrinio kaitinimo elemento darbą.

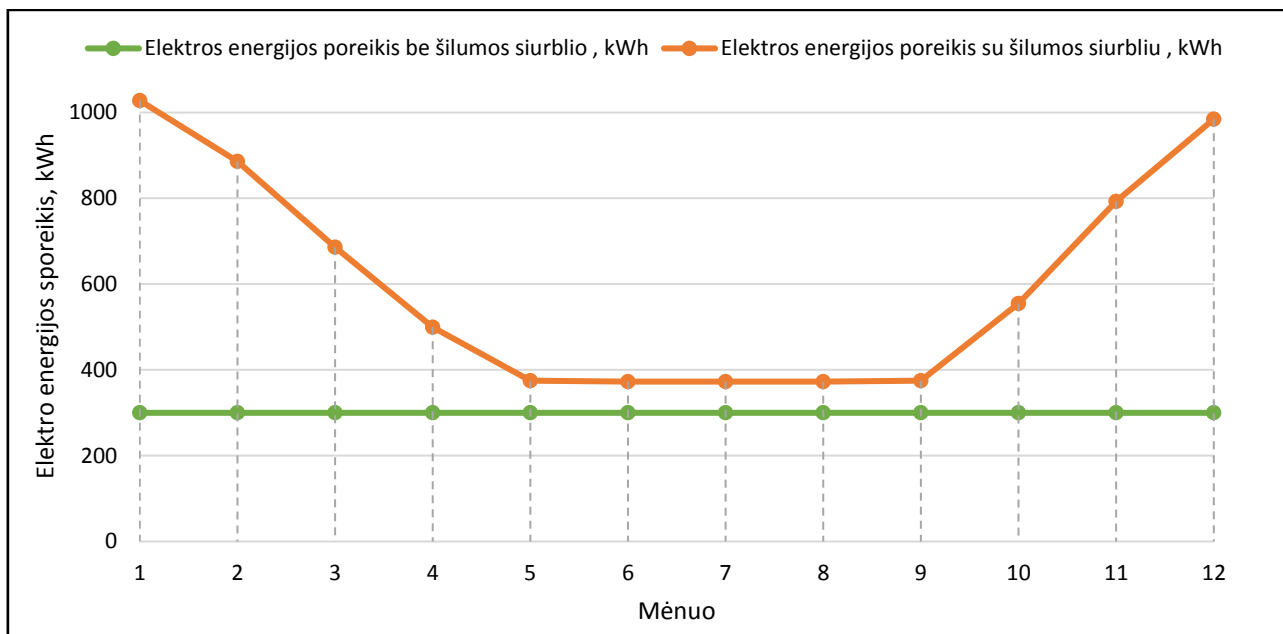


3.1.4 pav. Šilumos siurblio *NIBE F2120-8* elektros energijos poreikių dinamika, įvertinus ir papildomo elektrinio kaitinimo elemento darbą

Bendras metinis nagrinėjamo pastato elektros energijos poreikis, įvertinus tiek šilumos siurblio, tiek viso pastato elektros energijos poreikį, apskaičiuojamas pagal 8 formulę.

$$E = 7300,51 \text{ kWh}$$

Nagrinėjamo pastato bendra elektros energijos poreikio dinamika, įvertinus ir šilumos siurblio darbą pateikta 3.1.5 paveiksle.



3.1.5 pav. Nagrinėjamo pastato elektros energijos poreikio dinamika, įvertinus ir šilumos siurblio NIBE F2120-8 bei elektrinio kaitinimo elemento darbą

3.1.4. Saulės elektrinės ir jos komponentų parinkimas

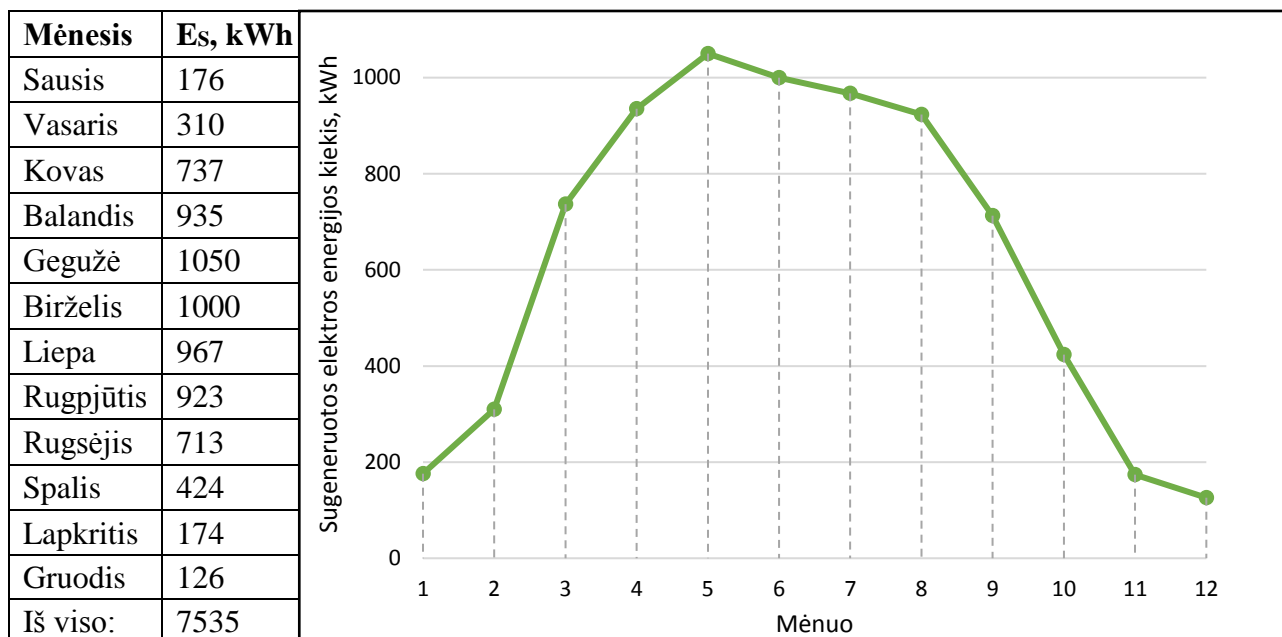
Saulės elektrinė turi būti parenkama tokia, kad per metus sugeneruotų tą patį elektros energijos kiekį, koks yra reikalingas padengti visą tiriamojo 120 m² pastato elektros energijos poreikį, kuris yra:

$$E = 7300,51 \text{ kWh};$$

Nagrinėjamam objekte numatomas 35° kampo stogas, saulės moduliais bus montuojami stacionariai ant pietinės stogo pusės, nekeičiant jau turimo kampo.

Remiantis 2.5 skyriuje pateikta metodika ir 9 priede pateiktu saulės elektrinių projektavimo simulatoriumi „Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps“, sužinome, kokios galios saulės elektrinė, pagamins reikiamą elektros energijos kiekį.

Įvertinant visus nuostolius ir energijos rezervą gauname, kad reikiamą elektros energijos kiekį Kauno mieste per metus sugebės sugeneruoti 8 kW saulės elektrinė. Simulatoriaus gauti rezultatai bei įvertinti nuostoliai pateikiami 10 priede. Pagal šį priedą 3.1.6 paveiksle pateikiama 8 kW saulės elektrinės sugeneruotos elektros energijos dinamika per metus:



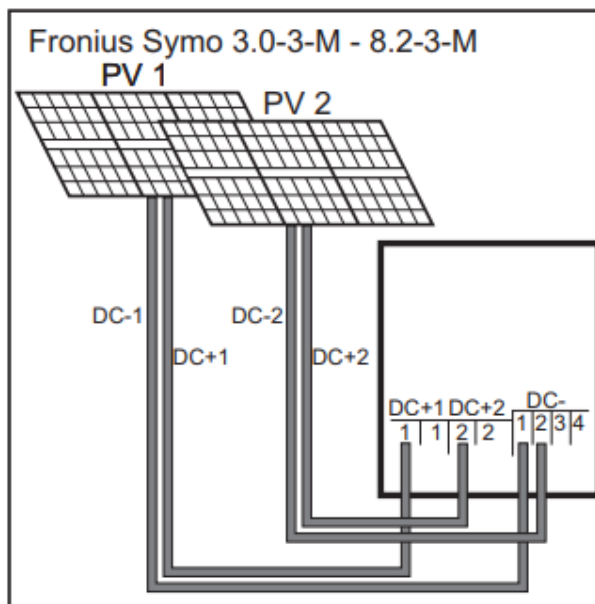
3.1.6 pav. Prognozuojama metinė 8 kW saulės elektrinės sugeneruotos elektros energijos kiekio dinamika

Taigi dėl 1.1.5 skyriuje pateiktų priežasčių parenkama 8 kW tinklo (*angl. on-grid*) tipo saulės elektrinė, kuri neturės akumuliatorių ir visą perteklinę elektros energiją, kurią nesuvartos akimirksniu tiriamasis pastatas, parinktas tinklo įtampos keitiklis – **Fronius Symo 8.2-3-M** ties į elektros tinklą.

Parinktą saulės elektrinę sudarys 26 vienetai 300 W nominalaus galingumo saulės moduliai, kurių suminė nominali galia bus 7,8 kW (~8 kW). Dėl noro parinkti geriausiai atsiperkantį variantą 3 skyriuje svarstomi dviejų skirtingų saulės modulių tipai:

- „stiklas/stiklas“ **Solitek Pro M60-300** (prognozuojamas gyvavimo laikotarpis 50 metų);
- „stiklas/plėvelė“ **Solitek Standard M60-300** (prognozuojamas gyvavimo laikotarpis 30 metų)

Parinktas įtampos keitiklis turi du maksimalios galios taško sekiklius (*angl. MPPT* (*maximum power point tracking*)). Todėl saulės moduliai su keitikliu gali būti jungiami dvejomis nepriklausomomis grupėmis (*angl. strings*). Jungimo principinė schema pateikiama 3.1.7 paveiksle. Pagal 11 priede pateikiamą keitiklio specifikaciją vienos saulės modulių grupės darbinė įtampa turi būti 150 – 800 V ribose. Remiantis 5 ir 6 priedu, žinome, kad vieno pasirinkto saulės modulio darbinė įtampa yra 32 V, visi rezultatai bei saulės modulių jungimo būdas norint atitikti visus reikalavimus, pateikti 3.8 lentelėje.



3.1.7 pav. Saulės modulių jungimo su įtampos keitikliu Fronius Symo 8.2-3-M principinė schema

3.8 lent. Tiriamojo pastato saulės modulių jungimo būdas, norint pasiekti keitiklio Fronius Symo 8.2-3-M nustatytą vienos saulės modulių grupės įtampos diapazoną (150-800 V)

Saulės elektrinės galia P_s , kW	Saulės modulio darbinė įtampa V_{MPP} , V	Nuosekliai vienoje grupėje sujungtų saulės modulių skaičius, vnt	Vienos grupės maksimali įtampa V_{S-MPP} , V	Vienos grupės maksimali srovė I_{MPP} , V
8	32	13	416	9,35

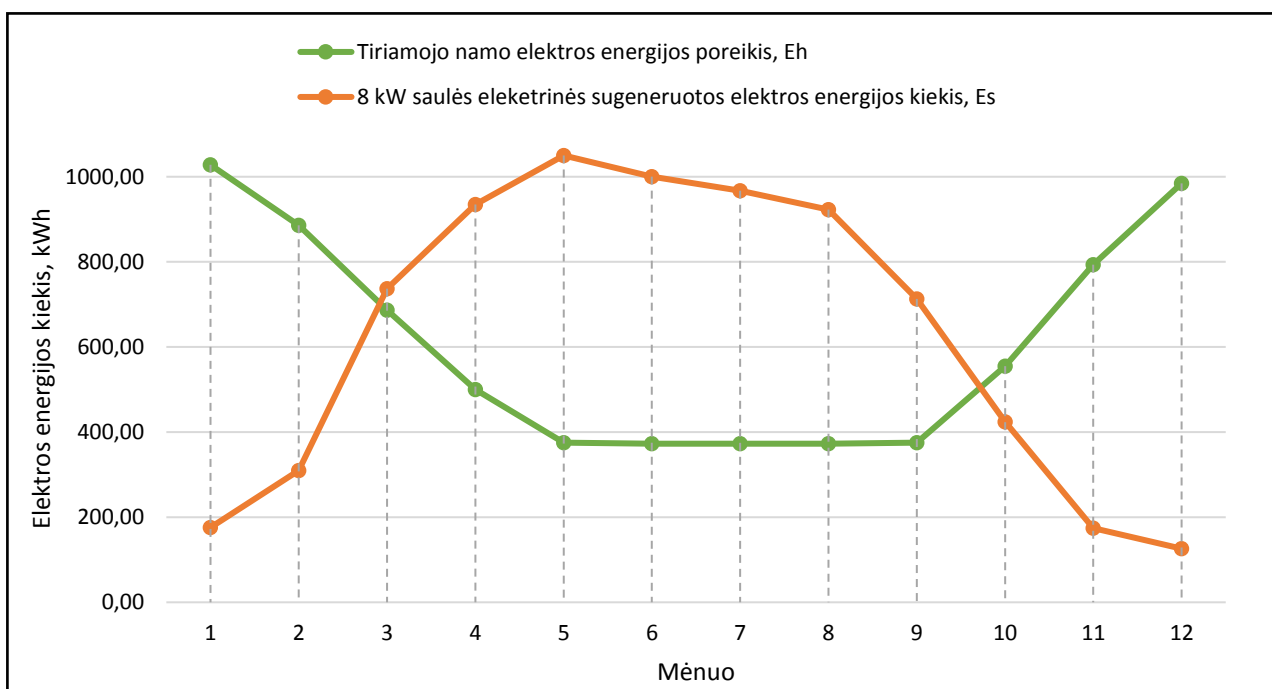
Pilnai sukomplektuotų 8 kW saulės elektrinių tiek su „stiklas/stiklas“, tiek su „stiklas/plėvelė“ tipo saulės moduliais sąmatos pateikiamos 12 priede.

3.2. Saulės elektrinės ekonominis atsiperkamumo tyrimas

3.2.1. Optimaliausio mokėjimo būdo už energijos skirstymo operatoriaus suteikiamas paslaugaus gaminančiam vartotojui parinkimas

Pagal šiai dienai Lietuvoje galiojančią tvarką, kuri aprašyta 1.1.5 skyriuje, gaminantis vartotojas gali pasirinkti vieną iš keturių mokėjimo būdų už elektros energijos pasaugojimą tinkle bei esant poreikiui, kartą per metus šį būdą keisti. Norint iširti, kuris būdas tiriamajam namui yra pats ekonomiškiausias reikia įvertinti kiek elektros energijos per metus jis pasisavins akimirksniu - kada vyks generacija iš saulės ir kiek pagamintos elektros energijos jis suvartotas pasigražindamas iš skirstomųjų tinklų. Būtent už šią elektros energijos dalį bus taikomas atitinkamas mokestis.

Įvertinus 3.2.1 paveiksle pateiktą tiriamojo pastato elektros energijos poreikio ir saulės elektrinės generacijos dinamiką, matyti, kad didžioji metinė elektros energijos dalis bus suvartota žiema, kada saulės intensyvumas pats mažiausias. Taip pat įvertinus tai, kad didelė dalis elektros energijos bus suvartota vakaro metu, daroma prielaida, kad akimirksniu suvartota (neapmokestinamos) elektros energijos dalis bus – 30 %, o sugrąžintos iš elektros skirstymo operatoriaus (apmokestinamos) elektros energijos dalis bus – 70 %. 3.9 lentelėje pateikti skaičiavimo rezultatai.



3.2.1 pav. Tiriamojo pastato elektros energijos poreikio ir saulės elektrinės generacijos dinamika

3.9 lent. Skaičiavimams naudojami tiriamojo pastato saulės elektrinės parametrai

Saulės elektrinės galia, kW	8,00
Iš viso elektros energijos tiriamasis namas suvartos per metus E_h , kWh	7300,00
Sunaudojama iš karto (neapmokestinama) 30 %, kWh	2190,00
Sunaudojama ne iš karto (apmokestinama) 70 %, kWh	5110,00

Naudodamiesi 3.9 lentelės duomenimis galime paskaičiuoti kiekvieno mokėjimo būdo ekonomiškumą. Skaičiavimo rezultatai pateikiami 3.10 lentelėje. Iš rezultatų matyti, kad pats ekonomiškiausias tiriamajam pastatui mokėjimo būdas yra, kada mokamas pastovus mėnesinis mokestis už gaminančio vartotojo įrengtos elektrinės galią. Per metus tokiu atsikaitymo būdu bus sumokama - 194 Eur. Tačiau žvelgiant į ilgalaikę perspektyvą ir įvertinus saulės modulių galios mažėjimą kasmet, kada mokama už tą pačią nominalią elektrinės galią, tačiau sugeneruotos elektros

energijos kiekis per metus mažėja, kasmet turime vis kitus rezultatus. Kadangi šios paslaugos tekėjas Lietuvoje leidžia šį planą keisti kiekvienas kalendoriniais metais, ekonomiškai naudinga šiuos planus reikiamu metu pakeisti kitais. Apie tai daugiau 3.2.2 skyriuje pateiktame saulės elektrinės atsiperkamumo tyrime.

Mokėjimo būdas, kada papildomai sugeneruota elektros energijos dalimi – 36 % atsikaitoma su paskirstymo operatoriumi, yra nevertinamas, nes norint tiriamajam pastatui pasiekti šį rodiklį reikės parinkti galingesnę kaip 10 kW saulės elektrinę, o tai kol kas buitiniam vartotojui, pagal šiai dienai galiojančius įstatymus nėra galima.

3.10 lent. Geriausio mokėjimo būdo už ESO suteikiamas paslaugas tyrimo rezultatai, nevertinant saulės modulių likutinės galios mažėjimo kasmet [5]

Nr.	Mokėjimo būdo pavadinimas		Kaina be PVM	Kaina su PVM	Namo išlaikymas per metus kainuos, Eur
1	Vienanarė paslaugų kaina, mokama už 1 kWh atgauto iš ST elektros energijos kiekio, kurį gaminantis vartotojas prieš tai buvo pagaminęs ir patiekęs į ST	Eur/kWh	0,03203	0,039	198,044693
2	Vienanarė paslaugų kaina, mokama už 1 kW gaminančio vartotojo elektrinės įrengtosios galios	Eur/kW	20,052	24,263	194,10336
3	Dvinarė paslaugų kaina	Eur/kWh	0,01602	0,019	196,104942
		Eur/kW	10,026	12,131	
4	Elektros energijos kiekio, gaminančio vartotojo pateikto kaupimo laikotarpiu į elektros tinklus, procentinis dydis, kuriuo gaminantis vartotojas atsiskaito už naudojamąsi elektros tinklais	36 %	-	-	-

3.2.2. Ekonominis tyrimas, įvertinant saulės modulių tipą ir galios nuvertėjimą

Tyrimas atliekamas remiantis skirtingais saulės modulių tipais – „stiklas/stiklas“ ir „stiklas/plėvelė“, kurie plačiau aprašyti 1.1.3 skyriuje.

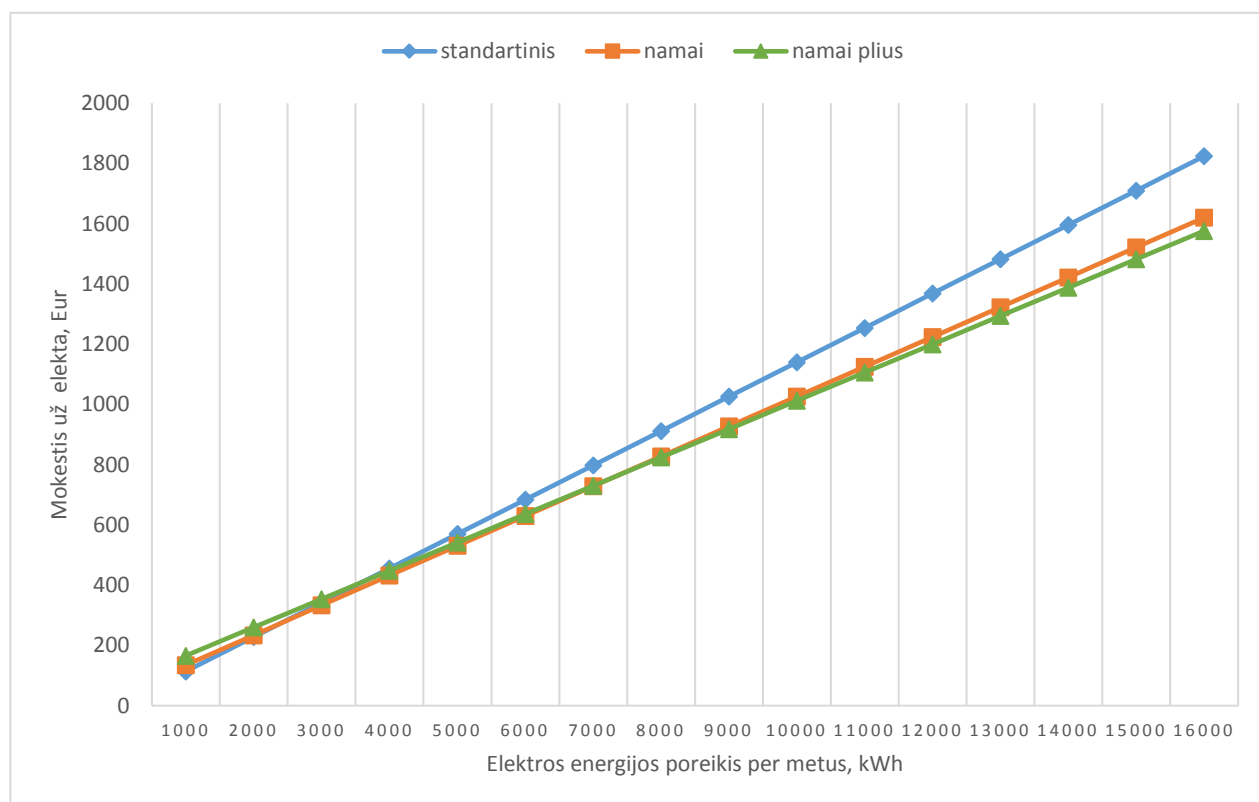
Kadangi saulės elektrinės atsiperkamumas gaminantiems vartotojams Lietuvoje tiesiogiai priklauso nuo elektros energijos kainos, kurią jie mokėtų, saulės elektrinės eksploatacijos metu, todėl pirmiausiai turime išsiaiškinti palankiausias vartotojui esančius elektros energijos tarifus. Kitaip sakant, kiek gaminančiam vartotojui kainuotų per atitinkamą laikotarpį elektros energija jai ji būtų perkama iš elektros tinklų, o ne pagaminama saulės elektrinės.

Šiam tyrimui naudojamas nagrinėjamas 120 m² pastatas ir jo gauti elektros energijos poreikio bei parinktos saulės elektrinės duomenys. Tiriamajam namui palankiausio mokėjimo už elektros energiją plano skaičiavimų rezultatai pateikiami 3.11 lentelėje.

3.11 lent. Palankiausio mokėjimo už elektros energiją plano skaičiavimų rezultatai [13]

Elektros energijos poreikis per metus, kWh	Už elektros energiją per metus sumokama, pasirinkus vieną iš vienos laiko zonos planų:					
	„Standartinis“	0,114 Eur/kWh	„Namai“	0,099 Eur/kWh	„Namai plus“	0,094 Eur/kWh
		0 Eur/mėn		3 Eur/mėn		6 Eur/mėn
7300	832,2 Eur		758,7 Eur		758,2 Eur	

Iš gautų rezultatų matyti, kad pats palankiausias planas yra – „namai plus“, tokiu atveju už visą sunaudotą elektros energiją per metus reiktų mokėti - 758,2 Eur. Būtent ši vertė ir yra naudojama elektrinės atsiperkamumo tyrime. 3.2.2 paveiksle pateikta grafikas, kurio pagalba, galime surasti bet kokiam pastatui geriausiai tinkantį mokėjimo planą, pagal jo suvartojamą elektros energijos kiekį.



3.2.2 pav. Universalus optimaliausio mokesčio už elektros energiją būdo suradimo, pagal elektros energijos poreikį, grafikas

Abiejų tipų Saulės elektrinių su skirtingo tipo saulės moduliais atsiperkamumo tyrimų rezultatai patekti 3.12 ir 3.13 lentelėse. Tyrimas daromas, remiantis „Solitek“ gamintojo saulės modulių specifikacijomis, kurios pateiktos 5 ir 6 priede.

3.12 lent. Saulės elektrinės su Solitek „stiklas/plėvelė“ tipo saulės atsiperkamumo tyrimo rezultatai nagrinėjamam objektui

Metai, n	Saulės elektrinės su „stiklas/plėvelė“ tipo saulės moduliais galios praradimo tyrimas					Geriausio mokėjimo plano pagal esamą situaciją už susigrąžinta elektros energiją parinkimas, Eur			Atsiperkamumo skaičiavimai		
	Elektros energijos poreikis tiriamajam namui per metus, kWh	Saulės elektrinės likutinė galia po n metų, %	Generacija per metus, po n metų, kWh	Trūkstamas elektros energijos kiekis per 5 metus, kWh	Mokestis už elektros energijos trūkumą (0,114 eur/kWh), Eur	0,039 Eur/kWh	0,019 Eur/kWh	0 Eur/kWh	Mokestis per 5 metus, gaminant elektrą saulės elektrinėje ir perkant trūkstamą jos dalį iš ESO, Eur	Mokestis per 5 metus, perkant visą elektros energiją iš ESO, Eur	Pinigų Balansas, Eur
0	7300	100	7535	0	0	0	0	0	0	0	-9668**
5	7300	96	7234	33	4	995,5	970,2*	970,5	974	3791	-6851
10	7300	92	6932	1086	124	966,8	956,3*	956,3	1080	3791	-4140
15	7300	88	6631	2593	296	925,7*	936,2	970,5	1221	3791	-1570
20	7300	84	6329	4100	467	884,5*	916,2	970,5	1352	3791	869***
25	7300	80	6028	5607	639	843,4*	896,1	970,5	1483	3791	3177
30	7300	0	0	21430	2443	411,4*	685,7	970,5	2854	3791	4114

*geltona spalva pažymėtas ekonomiškai naudingiausias mokėjimo būdas, bei mokesčio dydžio vertė 5 metų laikotarpyje. Gaminantis vartotojas vieną kartą per kalendorinius metus gali keisti mokėjimo planą.

**Tiriamąjį namo saulės elektrinės su „stiklas/plėvelė“ saulės moduliais įrengimo kaina, parodanti pirminių momentų patiriamas išlaidas.

***Žalia spalva pažymėtas momentas, kada saulės elektrinė pradeda nešti tiesioginį sutaupymą. Kadangi tyrimas darytas penkmečiais, tiksliai paskaičiavus ir įvertinus visus nuostolius saulės elektrinė atsiperks po 19 metų.

3.13 lent. Saulės elektrinės su „stiklas/stiklas“ tipo saulės moduliais atsiperkamumo tyrimo rezultatai nagrinėjamam objektui

Saulės elektrinės su „stiklas/stiklas“ tipo saulės moduliais galios praradimo tyrimas						Geriausio mokėjimo plano pagal esamą situaciją už susigrąžinta elektros energiją parinkimas, Eur			Atsiperkamumo skaičiavimai		
Metai, n	Elektros energijos poreikis tiriamajam namu per metus, kWh	Saulės elektrinės likutinė galia po n metų, %	Generacija per metus, po n metų, kWh	Trūkstamas elektros energijos kiekis per 5 metus, kWh	Mokestis už elektros energijos trūkumą (0,114 eur/kWh), Eur	0,039	0,019	0	Mokestis per 5 metus, gaminant elektrą saulės elektrinėje ir perkant trūkstamą jos dalį iš ESO, Eur	Mokestis per 5 metus, perkant visą elektros energiją iš ESO, Eur	Pinigų balansas po n metų, Eur
						Eur/kWh	Eur/kWh	Eur/kWh			
0	7300	100	7535	0	0	0	0	0	0	0	-10578**
5	7300	98,3	7409	0	0	996,5	970,7	970,5*	971	3791	-7758
10	7300	96,7	7283	0	0	996,5	970,7	970,5*	971	3791	-4937
15	7300	95,0	7157	398	46	985,6	965,4*	970,5	1011	3791	-2157
20	7300	93,3	7032	1027	117	968,4	957,0*	970,5	1074	3791	560***
25	7300	91,7	6906	1656	189	951,2	948,7*	970,5	1137	3791	3214
30	7300	90,0	6780	2285	261	934,1*	940,3	970,5	1195	3791	5810
35	7300	67,5	5086	6835	779	809,9*	879,8	970,5	1589	3791	8012
40	7300	45,0	3392	15304	1745	578,6*	767,1	970,5	2323	3791	9480
45	7300	22,5	1698	23773	2710	347,4*	654,5	970,5	3058	3791	10213
50	7300	0,0	0	32254	3677	115,9*	541,7	970,5	3793	3791	10211****

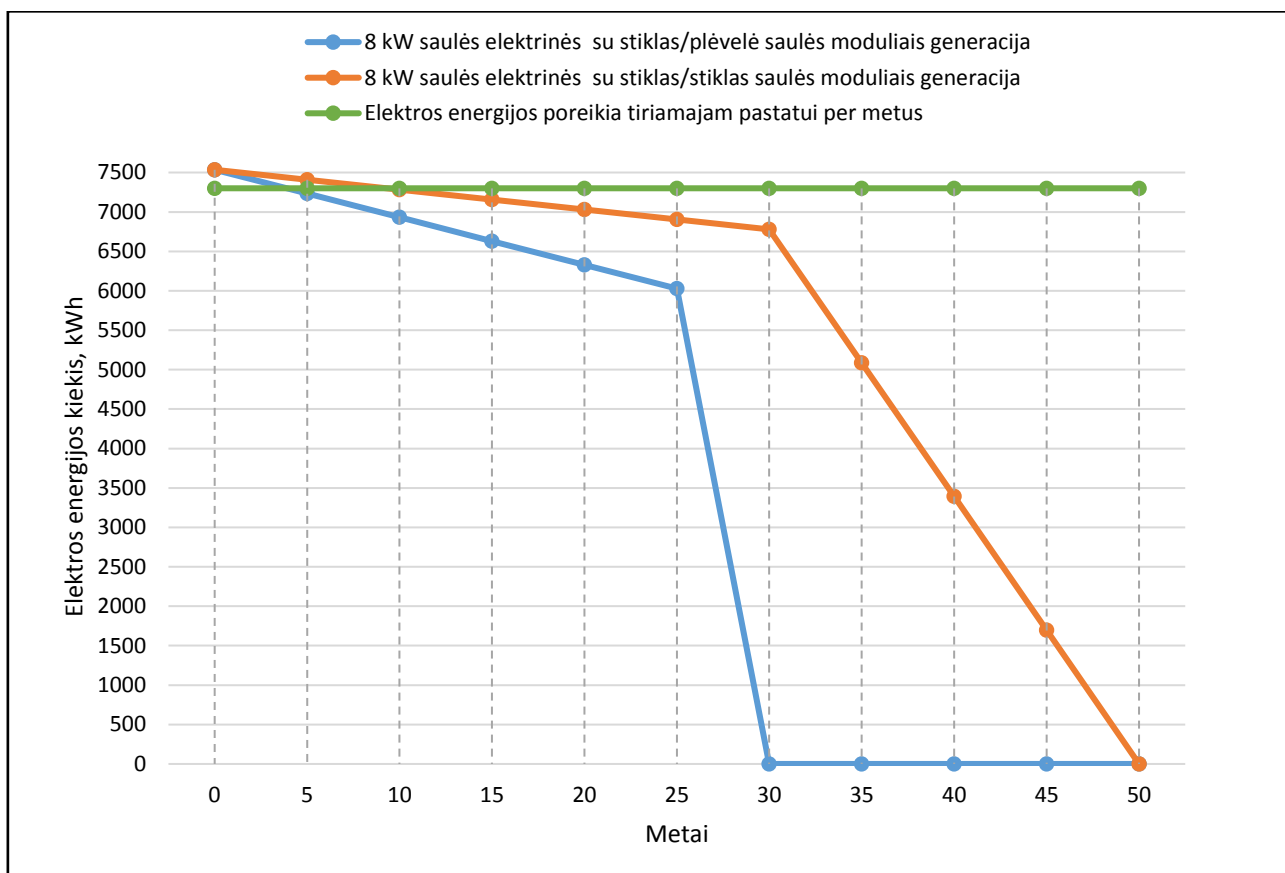
*Geltona spalva pažymėtas ekonomiškai naudingiausias mokėjimo būdas, bei mokesčio dydžio vertė 5 metų laikotarpyje. Gaminantis vartotojas vieną kartą per kalendorinius metus gali keisti mokėjimo planą.

**Tiriamąjo namo saulės elektrinės su „stiklas/stiklas“ saulės moduliais įrengimo kaina, parodanti pirminių momentų patiriamas išlaidas.

***Žalia spalva pažymėtas momentas, kada saulės elektrinė pradeda nešti tiesioginį sutaupymą. Kadangi tyrimas darytas penkmečiais, tiksliai paskaičiavus ir įvertinus visus nuostolius saulės elektrinė atsiperks po 19 metų.

****Raudona spalva pažymėtas momentas, kada eksploatuojant saulės elektrinę, gaunamas didesnis nuostolis, nei perkant visą elektros energiją iš ESO.

Remiantis 3.12 ir 3.13 lentelėje gautais rezultatai 3.2.3 paveiksle pateikiamas grafikas, vaizduojantis tiriamojo objekto elektros energijos poreikį ir abiejų tipų saulės modulių sugeneruotos elektros energijos kiekio per metus pokytį, kurį nulemia atitinkamos saulės elektrinės, su skirtingų tipų saulės moduliais galios nuvertėjimas. 3.4 lentelėje pateikiami tiriamojo objekto 8 kW saulės elektrinės, renkantis skirtingų tipų saulės modulius, atsiperkamumo skaičiavimų rezultatai.



3.2.3 pav. Grafikas vaizduojantis tiriamojo objekto saulės elektrinės su „Solitek“ gamintojo „stiklas/plėvelė“ ir „stiklas/stiklas“ tipo saulės moduliais galios praradimą elektrinių gyvavimo laikotarpyje

3.4 lent. Tiriamojo namo 8 kW saulės elektrinės (renkantis skirtingų tipų saulės modulius) atsiperkamumo skaičiavimų rezultatai

Saulės elektrinės modulių tipas	Saulės elektrinės įrengimo kaina, Eur	Saulės modulių gyvavimo laikas, metai	Atsiperkamumas, metai	Per visą saulės modulių gyvavimo laikotarpį bus sutaupoma, Eur	Per saulės modulių gyvavimo laikotarpį atsipirks, kartais
„stiklas/stiklas“	10578	50	19	10 231	1,37
„stiklas/plėvelė“	9668	30	19	4 114	1,22

Atlikto tyrimo išvados:

1. Įvertinus tiriamojo objekto elektros energijos vartojimą ir generaciją iš saulės, pagal Lietuvoje galiojančią tvarką, priimta, kad namas nemokamai akimirksniu suvartos 30 % visos per metus pagamintos elektros energijos, o už trūkstamą jos dalį – 70 %, kurią reikės susigrąžinti, turės mokėti, pagal tuo metu ekonomiškai naudingiausią planą, kurį bus galima keisti kiekvienais kalendoriniais metais.
2. Tyrime gautas grafikas, kurio pagalba, galime surasti bet kokiam pastatui, pagal jo suvartojamos elektros energijos kiekį, geriausiai tinkantį mokėjimo planą ir pingų vertę, kurią reiktų mokėti, jei visą elektros energijos dalis būtų perkama iš ESO. Ši vertė reikalinga skaičiuojant saulės elektrinės atsiperkamumą. Nagrinėjamam objektui pats palankiausias planas yra – „namai plus“, tokiu atveju už visą sunaudotą elektros energiją per metus reiktų mokėti - 758,2 Eur
3. Tyrime taip pat įvertinti ir papildomi kaštai, kurie atsiras, kada saulės elektrinė, dėl galios nuvertėjimo, nebesugebės generuoti reikiamo elektros energijos kiekio per metus, tokiu atveju pagal šiai dienai galiojančią tvarką už trūkstamą elektros energijos dalį bus mokama 0,114 Eur/kWh. Šis mokestis paskutiniaisiais saulės elektrinės gyvavimo metais sudarys didžiąją išlaidų dalį, kurią patirs nagrinėjamas objektas.
4. Nagrinėjamam objektui atlikus saulės elektrinių atsiperkamumo tyrimą, įvertinant skirtingų tipų saulės modulių bei skirtingą kiekvieno tipo galios nuvertėjimą, gauta, kad nors saulės elektrinė su „stiklas/stiklas“ plėvelės tipo saulės moduliais įrengimo kaštai yra brangesni, tačiau dėl mažesnio galios nuvertėjimo abiejų tipų saulės elektrinės atsiperks per tą patį laikotarpį – 19 metų.
5. Saulės elektrinė su „stiklas/plėvelė“ saulės moduliais per savo visą gyvavimo laikotarpį – 30 metų, įvertinus visas išlaidas, atsiperks 1,22 karto ir iš viso sutaupys 4 114 Eur.
6. Saulės elektrinė su „stiklas/stiklas“ saulės moduliais per savo visą gyvavimo laikotarpį – 50 metų, įvertinus visas išlaidas, atsiperks 1,37 karto ir iš viso sutaupys 10 231 Eur.
7. Gauta, kad paskutiniaisiais 45-50 saulės elektrinės su „stiklas/stiklas“ saulės moduliais gyvavimo metais, saulės elektrinė veiks nuostolingai, lyginant su tuo jei visą elektros energiją pirktume iš ESO pagal tinkamiausią mokėjimo planą. Per 5 metus bus gaunamas 2 Eur nuostolis.

IŠVADOS

1. Atlikus literatūros analizę, sudaryta metodika bei pateiktas įrenginių parinkimo algoritmas, kuriuo remiantis Lietuvos sąlygoms galima parinkti hibridinę šilumos siurblio „oras-vanduo“ bei saulės elektrinės sistemą, užtikrinančią pastato šiluminės ir elektros energijos poreikius.
2. Pagal galiojančius reikalavimus nuo 2018 m. sausio 1 d. Lietuvoje turi būti statomi mažai energijos naudojantys A+ energinio naudingumo klasės pastatai. Darbe sudaryta metodika buvo pritaikyta 120 m² ploto gyvenamajam A+ energinio naudingumo klasės pastatui.
3. Pagal pastato šiluminės energijos poreikį, įvertinant pasirinkto šilumos siurblio transformacijos koeficiento reikšmes prie atitinkamų lauko oro temperatūrų bei papildomo kaitinimo elemento darbą, nustatyta elektros energijos poreikių dinamika metų bėgyje. Metinis tiriamojo pastato elektros energijos poreikis sudaro 7 300 kWh, iš kurių – 3 700 kWh sunaudoja šilumos siurblys karšto vandens ruošimui bei pastato šildymui. Likusi dalis - 3 600 kWh, sunaudojama kitiems pastato poreikiams.
4. Nagrinėjamam objektui parinktas 8 kW galingumo šilumos siurblys bei 8 kW saulės elektrinė, pateiktos šių įrenginių pagamintos šiluminės bei elektros energijos dinamikos, iš kurių matoma, kad įrenginiai pilnai padengs pastato energijos poreikius. Saulės elektrinė per pirmus gyvavimo metus pagamins 7 535 kWh elektros energijos, o tai yra daugiau nei visas pastato poreikis.
5. Dėl elektros energijos gamybos iš saulės nepastovumo tiriamoje sistemoje numatomas energijos akumuliavimas/saugojimas skirstomuosiuose tinkluose. Lietuvos skirstomųjų tinklų operatorius (ESO) sudaro energijos akumuliavimo galimybę ir siūlo energiją iš atsinaujinančių šaltinių gaminantiems vartotojams 4 planus, pagal kuriuos galima atsiskaityti už perteklinę tinkluose sukauptą el. energiją jos susigrąžinimo momentu (su galimybe planą keisti 1 kartą per metus). Įvertinus saulės modulių ir saulės elektrinės galios mažėjimą, ekonomiškai naudinga šiuos planus reikiamu metu pakeisti. Darbe nustatyta optimali planų keitimo seka nagrinėjamame objekte, siekiant sutrumpinti sistemos atsipirkimo laikotarpį.
6. Darbe atlikta nagrinėjamam objektui pritaikytų saulės elektrinių su „stiklas/plėvelė“ ir „stiklas/stiklas“ tipo moduliais ekonominė analizė. Gauti atsiperkamumo tyrimo rezultatai rodo, kad abiejų tipų saulės elektrinės atsipirks per tą patį laikotarpį – 19 metų. Saulės elektrinė su „stiklas/plėvelė“ saulės moduliais per savo gyvavimo laikotarpį – 30 metų, įvertinus įdiegimo, energijos saugojimo bei trūkstamos elektros energijos dalies pirkimo išlaidas, atsipirks 1,22 karto ir iš viso sutaupys 4 114 Eur. Saulės elektrinė su „stiklas/stiklas“ saulės moduliais per savo gyvavimo laikotarpį – 50 metų, įvertinus visas paminėtas išlaidas, atsipirks 1,37 karto ir iš viso sutaupys 10 231 Eur.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. PETRAUKAS, Gytis ir Admomiavičius, Vytautas. Saulės energijos naudojimas elektrai gaminti. Lietuva: Kauno technologijos universitetas, 2012
2. UAB GIMINIJA. Neprijungtos prie skirstomųjų tinklų saulės jėgainės projektavimas nuo A iki Z.[žiūrėta 2018 m. v gegužės 20 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.giminija.lt/neprijungtos-prie-skirstomuju-tinklu-saules-jegaines-projektavimas-nuo-a-iki-z>
3. Saulės elemento veikimo principas ir konstrukcija. [žiūrėta 2018 m. gegužės 20 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.sumtp.lt/saules-elementai/>
4. Lietuvos Respublikos energetikos ministerija. Lankstesnė kainodara elektros energiją gaminantiems vartotojams. [žiūrėta 2018 m. gegužės 20 d.]. Prieiga per internetą: <https://enmin.lrv.lt/lt/veiklos-sritys-3/atsinaujinantys-energijos-istekliai/elektros-energija-gaminantys-vartotojai>;
5. Valstybės kainų ir energetikos kontrolės komisija. Elektros energiją gaminančių vartotojų naudojimosi elektros tinklais paslaugų kainos. [žiūrėta 2018 m. gegužės 20 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.vkekk.lt/atsinaujinantys-istekliai/Puslapiai/elektros-energija-gaminanciu-vartotoju-naudojimosi-elektros-tinklais-paslaugu-kainos.aspx>
6. Vytautas Adomavičius. Mažosios atsinaujinančiųjų išteklių energijos sistemos. Lietuva: Kauno technologijos universitetas, 2012
7. Šilumos siurbliai – kaip nepasiklysti tarp terminų? [žiūrėta 2018 m. gegužės 20 d.]. Prieiga per internetą: <http://veo-energy.com/wp-content/uploads/Dokumentai/Energie/Silumos-siurbliai%E2%80%93kaip-nepasiklysti-tarp-terminu.pdf>
8. Power Knot LLC: COPs, EERs, and SEERs - How Efficient is Your Air Conditioning System? [žiūrėta 2018 m. gegužės 20 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.powerknot.com/2011/03/01/cops-eers-and-seers/>
9. Heat Pumps - Performance and Efficiency Ratings. [žiūrėta 2018 m. gegužės 20 d.]. Prieiga per internetą: https://www.engineeringtoolbox.com/heat-pump-efficiency-ratings-d_1117.html
10. Saulius Pakalka. Šilumos siurblio darbo režimų analizė. [žiūrėta 2018 m. gegužės 20 d.]. Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/profile/Saulius_Pakalka/publication/317115663_SILUMOS_SIU_RBLIO_DARBO_REZIMU_ANALIZE/links/5a43d164458515f6b052d2df/SILUMOS-SIURBLIO-DARBO-REZIMU-ANALIZE.pdf

11. Įsakymas HN-33:2011 „Triukšmo ribiniai dydžiai gyvenamuosiuose ir visuomeninės paskirties pastatuose bei jų aplinkoje“
12. Tadas Morkvėnas. Baigiamasis magistro projektas: Šilumos siurblių gruntas-vanduo ir oras-vanduo analizė ir parinkimas. [žiūrėta 2018 m. gegužės 20 d.]. Prieiga per internetą: <https://epubl.ktu.edu/object/elaba:19972790/>
13. Energijos skirstymo operatorius. Visuomeninės elektros energijos kainos ir tarifų planai. [žiūrėta 2018 m. gegužės 20 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.eso.lt/lt/namams/elektra/tarifai-kainos-atsiskaitymas-ir-skolos/tarifai.html>
14. Įsakymas dėl statybos techninio reglamento STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“
15. Jurgita Černeckienė. Disertacija: Vėjo energijos naudojimo pastatui šildyti taikant hidraulinę sistemą tyrimas.
16. Lietuvos Respublikos Statybos ir urbanistikos ministerija, Statybinė klimatologija RSN156-94, 1995, Galvonaitė, 2013
17. Solitek. Saulės modulių asortimentas, jų specifikacijos. [žiūrėta 2018 m. gegužės 20 d.]. Prieiga per internetą: <https://solitek.eu/lt/products/>
18. NIBE. Šilumos siurblio oras-vanduo NIBE F2120 + VVM 320 specifikacijos. [žiūrėta 2018 m. gegužės 20 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.nibe.eu/Products/AirWater-heat-pumps/nibe-f2120/>
19. Fronius. Inverterio Fronius symo 8.2.3-M specifikacijos. [žiūrėta 2018 m. gegužės 20 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.fronius.com/en/photovoltaics/products/all-products/inverters/fronius-symo/fronius-symo-8-2-3-m>
20. UAB Švari energija. [žiūrėta 2018 m. gegužės 20 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.svarienergija.lt/>
21. UAB Terma. Saules-elektrinės. [žiūrėta 2018 m. gegužės 20 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.terma.lt/beta/Saules-elektrines>
22. Programa: Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps. [žiūrėta 2018 m. gegužės 20 d.]. Prieiga per internetą: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>

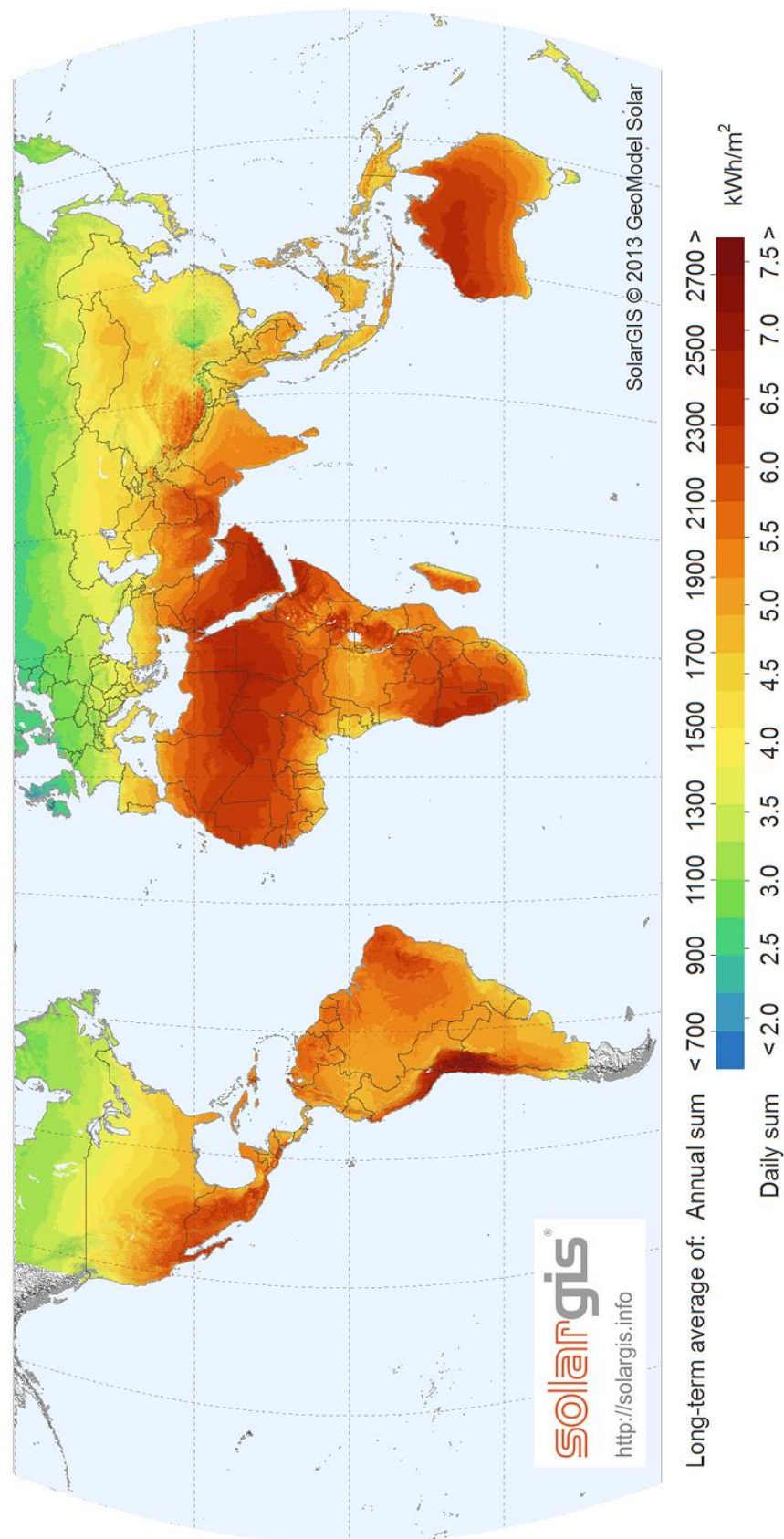
PRIEDAI

Eil. Nr.	Vietovė	Mėnesiai												Per metus
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
1.	Šilutė	39	68	131	185	263	287	274	264	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	47	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

1 priedas. Saulėtų valandų skaičius Lietuvos miestuose, valandomis[4]

Eil. Nr.	Vietovė	Mėnesiai												Per metus
		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	1029
2.	Nida	14	31	72	108	155	171	165	148	97	54	17	10	1042
3.	Kaunas	16	33	70	99	146	155	150	138	90	52	16	9	976
4.	Vilnius	16	34	69	93	142	146	142	136	84	50	17	10	939
5.	Telšiai	14	32	69	104	154	168	156	141	96	55	19	11	1018
6.	Šiauliai	13	31	68	100	154	163	153	142	94	53	17	9	996
7.	Klaipėda	12	31	67	102	155	168	161	147	94	53	16	8	1013
8.	Vėžaičiai	13	32	67	104	153	154	155	140	94	53	14	8	988
9.	Utena	15	33	67	96	145	151	147	133	84	50	16	8	946
10.	Biržai	8	27	65	96	148	156	151	135	83	46	9	2	926
11.	Dotnuva	10	29	70	103	154	164	158	145	92	50	11	3	989
12.	Dūkštas	9	28	65	97	150	157	153	137	84	47	10	1	938
13.	Kybartai	20	37	74	103	148	157	152	140	93	56	21	14	1015
14.	Lazdijai	19	37	74	103	150	159	153	142	94	56	20	13	1021
15.	Varėna	11	31	68	94	147	152	147	142	85	48	11	3	939

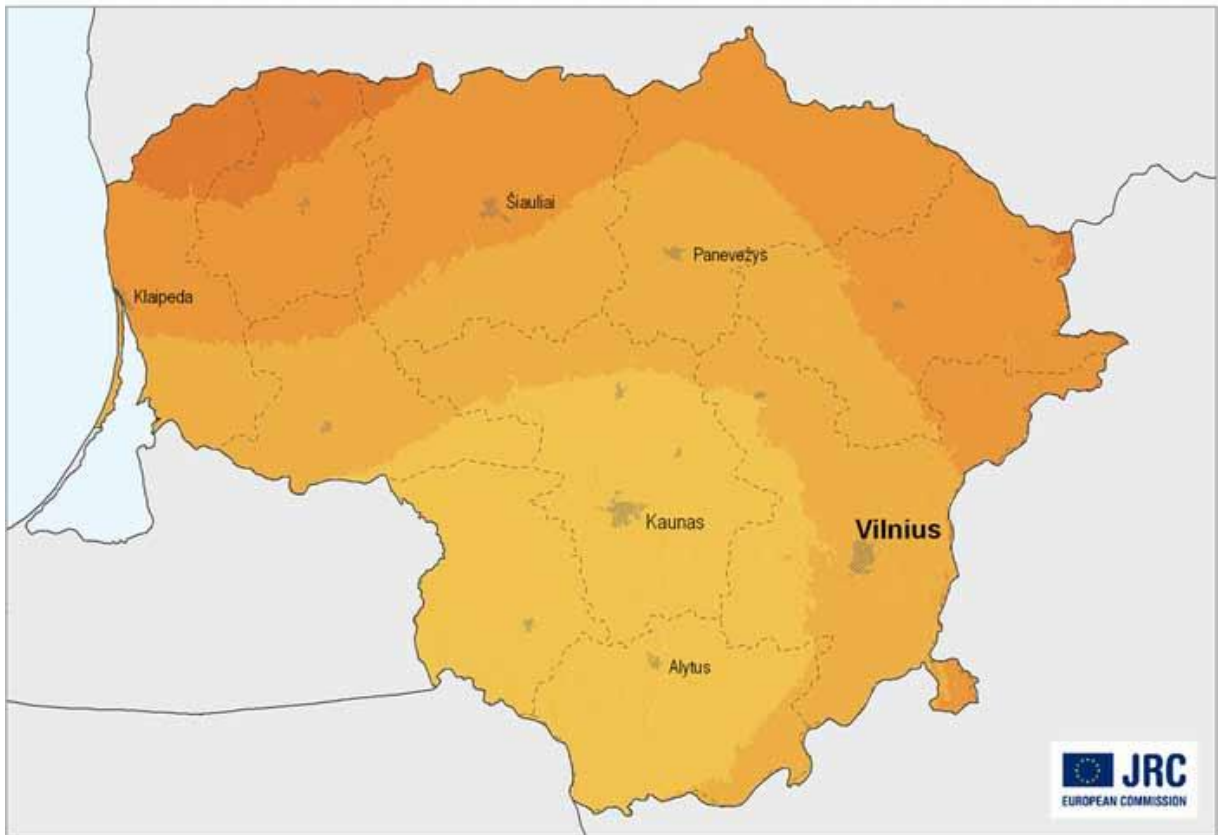
2 priedas. Saulės apšvita Lietuvos miestuose, kWh/m²[4]



3 priedas. Pasaulinis vidutinės apšvitos pasiskirstymo žemėlapis[4]

**Global irradiation and solar electricity potential
Optimally-inclined photovoltaic modules**

Lithuania



Yearly sum of global irradiation [kWh/m^2]

< 1150 1200 >



< 863 900 >

Yearly electricity generated by 1kW_{peak} system with performance ratio 0.75 [$\text{kWh/kW}_{\text{peak}}$]

Authors: M. Šūri, T. Cebecauer, T. Huld, E. D. Dunlop

PVGIS © European Communities, 2001-2008

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

0 25 50 km

4 priedas. Lietuvos vidutinės metinės apšvitos pasiskirstymo žemėlapis[4]

Solid PRO

Glass/Glass

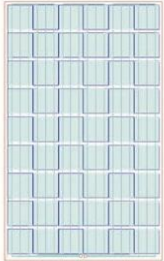
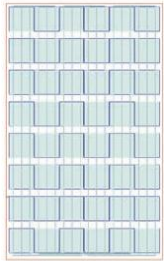
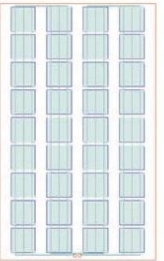
60 Cell

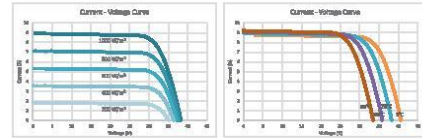
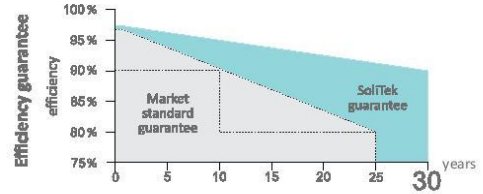
Electrical data (STC*)	Regular Transparency		Increased Transparency					
	10%		20%		30%		45%	
Transparency %	10%		20%	20%	30%	30%	45%	45%
Maximum Power (W _M)	300	270	270	243	240	216	180	162
Cell Configuration	6x10		6x9		6x8		4x9	
Cell Technology	Mono C-Si	Poly C-Si	Mono C-Si	Poly C-Si	Mono C-Si	Poly C-Si	Mono C-Si	Poly C-Si
Open circuit Voltage (V _{oc} /V)	39.45	38.80	35.51	34.92	31.56	31.40	23.67	23.38
Short circuit Current (I _{sc} /A)	9.90	9.42	9.89	9.41	9.88	9.40	9.87	20.70
Max Power Voltage (V _{mpp} /V)	32.15	34.50	28.94	31.05	25.72	27.60	19.29	17.67
Max Power Current (I _{mp} /A)	9.35	8.89	9.34	8.88	9.33	8.87	9.32	8.86
Module Efficiency (η)	18.50%	16.65%	16.65%	14.98%	14.80%	13.32%	11.10%	9.99%
Max System Voltage (V)	1000		1000		1000		1000	
Max Current (A)	15		15		15		15	
Power Tolerance	0/+5W		0/+5W		0/+5W		0/+5W	

*Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000W/sq. m., spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25 C

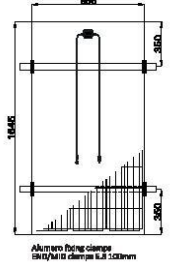
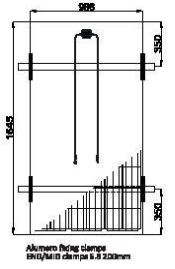
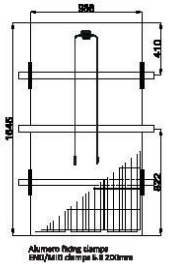
Flash testing measurement accuracy of +/- 5% All transparency values are approximate +/- 3%

Increased Module Transparency

20% (54 cells)	30% (48 cells)	45% (36 cells)
		
Configuration: 6x9	Configuration: 6x8	Configuration: 4x9



Dimensions & Mounting

2400/2400 Pa	2400/5400 Pa	2400/8000 Pa
		
Alumero fixing clamps (END/MID) clamps 6.8 200mm	Alumero fixing clamps (END/MID) clamps 6.8 200mm	Alumero fixing clamps (END/MID) clamps 6.8 200mm
4x100 mm	4x200 mm	4x200 mm

Temperature ratings

	Polycrystalline	Monocrystalline
Temperature Coefficient L _{oc} (α _L)	+0,05% /°C	+0,04% /°C
Temperature Coefficient V _{mpp} (β _{V_{mpp}})	-0,34% /°C	-0,35% /°C
Temperature Coefficient P _{mp} (β _{P_{mp}})	-0,46% /°C	-0,47% /°C
Nominal Operating Cell Temperature	46°C	

Mechanical data

Dimensions (LxWxH) (mm)	1645x986x7,1
Weight	27
Front/Back Glass (mm)	3
Cells	Poly/Mono 6-inch 156x156 mm
Frame	Frameless
Operating Temperature	-40°/+85C
Max Load (wind/snow) (Pa)	2400/8000
Junction Box / IP Class	TE Connectivity J-box IP67
Cable Cross Section Size (mm ²)	4
Bypass Diodes	3
Connector	PV4-S Male/Female
Optimization	Tigo TS4 (Optional)

Dealer Information



SOLITEK
 Moksiliniuku str. 6A, Vilnius 08412, Lithuania
 Tel. +370 5 263 8774
 info@solitek.eu
 www.solitek.eu

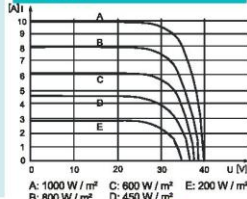
Standard monocrystalline 60 cell module

Solitek is a European manufacturer of top quality PV cells and modules with headquarters and production plant in Vilnius, Lithuania.
The company combines the most sophisticated technologies and 18 years of experience.

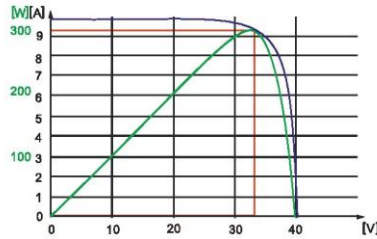
WORKING CONDITIONS	
Maximum System Voltage	DC 1000V (TLV)
Operating temperature	-40°C / +85°C
Maximum reverse current	15 A
Max. wind load/max. snow load	2400 Pa / 5400 Pa
IP protection level	67
Safety class	II

TEMPERATURE COEFFICIENTS	
Voltage temperature coefficient (β)	-0.30 %/K
Current temperature coefficient (α)	+0.042 %/K
Power temperature coefficient (δ)	-0.39 %/K

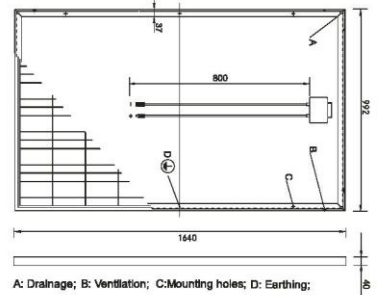
I-V CURVE



Type	Solitek Standard M.60 -B- 300		Solitek Standard M.60 -B- 290	
	Maximum Power* (P _{max})	300 Wp	290 Wp	
Rated Voltage (V _{max})	32.13	31.90		
Rated Current (I _{max})	9.34	9.09		
Open Circuit Voltage (V _{oc})	40.46	39.37		
Short Circuit Current (I _{sc})	9.89	9.69		
Power tolerance	0 to +5W	0 to +5W		
Module Efficiency	18.44%	17.83%		



MECHANICAL PARAMETERS	
Cell size	156x156 mm
Number of cells	6x10, three strings in a row
Front side glass	3.2 mm hardened solar glass
Weight	19 kg
Dimensions (L x W x H)	1640 x 992 x 40 mm
J-box	Plastic, IP67, ventilated
Cable length	0.8-1.1 m
Cable cross section size	4 mm ²
Number of diodes	3
Plug-in connection	MC4
Frame	Anodised Al frame
Packing configuration	25 pcs/pallet



12 years



90% max output



80% max output



UNDER CERTIFICATION



IEC 61215
IEC 61730



Solitek cells Mokslininku str. 6A, Vilnius 08412, Lithuania
Tel: +370 5 263 8774 Fax: +370 5 263 8776 info@solitek.eu www.solitek.eu

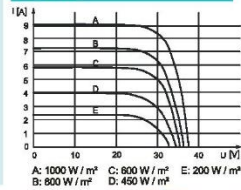
Standard polycrystalline 60 cell module

Solitek is a leading European manufacturer and supplier of PV cells and modules with headquarters and production plant in Vilnius, Lithuania.
The company combines the most sophisticated technologies and 18 years of manufacturing experience.

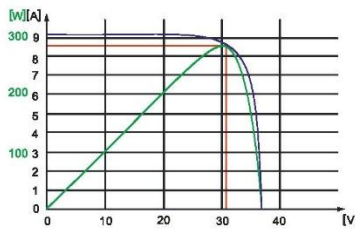
WORKING CONDITIONS	
Maximum System Voltage	DC 1000V (TLV)
Operating temperature	-40°C / +85°C
Maximum reverse current	15 A
Max. wind load/max. snow load	2400 Pa / 5400 Pa
IP protection level	67
Safety class	II

TEMPERATURE COEFFICIENTS	
Voltage temperature coefficient (β)	-0.37 %/K
Current temperature coefficient (α)	+0.08 %/K
Power temperature coefficient (δ)	-0.47 %/K

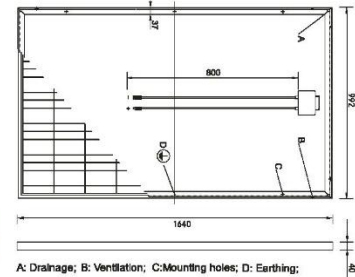
I-V CURVE



ELECTRICAL PARAMETERS	
Maximum Power* (P _{max})	270 Wp
Rated Voltage (V _{max})	31.29V
Rated Current (I _{max})	8.63A
Open Circuit Voltage (V _{oc})	38.80V
Short Circuit Current (I _{sc})	9.17A
Power tolerance	0+5W
NOCT	48.3°C
Module Efficiency	16.00%



MECHANICAL PARAMETERS	
Cell size	156x156 mm
Number of cells	6x10, three strings in a row
Front side glass	3.2 mm hardened solar glass
Weight	19 kg
Dimensions (L x W x H)	1640 x 992 x 40
J-box	Plastic, IP67, ventilated
Cable length	0.8-1.1 m
Cable cross section size	4 mm ²
Number of diodes	3
Plug-in connection	MC4
Frame	Anodised Al frame
Packing configuration	25 pcs/pallet



12 years



90% max output



80% max output



UNDER CERTIFICATION



IEC 61215
IEC 61730



Solitek cells Mokslininku str. 6A, Vilnius 08412, Lithuania
Tel: +370 5 263 8774 Fax: +370 5 263 8776 info@solitek.eu www.solitek.eu

6 priedas. Solitek Standart M60-300 „stiklas/stiklas“ saulės modulio specifikacija [17]

F2120 – 3x400V		8	12	16	20
Heating					
Output data according to EN 14511, partial load ¹⁾					
-7/35 Capacity / Power input / COP _{EN 14511}	kW/kW/-	5.17/1.72/3.00	7.35/2.43/3.02	10.13/3.33/3.04	13.50/4.70/2.87
2/35 Capacity / Power input / COP _{EN 14511}	kW/kW/-	4.03/0.91/4.43	5.21/1.22/4.27	7.90/1.79/4.36	9.95/2.36/4.22
2/45 Capacity / Power input / COP _{EN 14511}	kW/kW/-	4.07/1.16/3.51	5.27/1.49/3.54	7.97/2.24/3.56	10.41/2.88/3.61
7/35 Capacity / Power input / COP _{EN 14511}	kW/kW/-	3.57/0.78/4.57	3.54/0.69/5.12	5.17/1.01/5.11	5.17/1.01/5.11
7/45 Capacity / Power input / COP _{EN 14511}	kW/kW/-	3.66/0.98/3.74	3.64/0.91/4.00	5.49/1.33/4.14	5.49/1.33/4.14
Cooling		Outd. temp. / Supply temp.	Max	Max	Max
Output data according to EN 14511 $\Delta T5K$		35 / 7 °C	3.80/1.28/2.97	4.69/1.70/2.76	7.09/2.72/2.61
Capacity/power input/EER		35 / 18 °C	5.10/1.37/3.73	5.44/1.73/3.15	8.19/2.83/2.90
9.26/3.64/2.54					
Electrical data					
Rated voltage		400V 3N ~ 50Hz			
Max operating current, heat pump	A _{rms}	6	7	9.5	11
Max operating current, compressor	A _{rms}	5	6	8.5	10
Max output, fan	W	40	45	68	80
Fuse	A _{rms}	10	10	10	13
Enclosure class		IP24			
Refrigerant circuit					
Type of refrigerant		R410A			
GWP refrigerant		2,088			
Type of compressor		Scroll			
Volume	kg	2.4	2.6	3	3
CO ₂ -equivalent (The cooling circuit is hermetically sealed.)		t	5.01	5.43	6.26
Cut-out value pressure switch HP (BP1)		MPa	4.5		
Difference pressostat HP		MPa	0.7		
Cut-out value pressostat LP		MPa	0.12		
Difference pressostat LP		MPa	0.7		
Brine					
Max airflow	m ³ /h	2,400	3,400	4,150	4,500
Min/Max air temp, max		°C			
Defrosting system		reverse cycle			
Heating medium					
Max system pressure heating medium		MPa	0.45 (4.5 bar)		
Min/Max flow		l/s	0.08/0.32	0.11/0.44	0.15/0.60
Min flow defrosting (100 % pump speed)		l/s	0.27	0.35	0.38
Min/Max HM temp continuous operation		°C	26 / 65		
Connection heating medium F2120		G1 1/4" external thread			
Connection heating medium flex pipe		G1 external thread		G1 1/4" external thread	
Dimensions and weight					
Width	mm	1,130		1,280	
Depth	mm	610		612	
Height with stand	mm	1,070		1,165	
Weight (excl. packaging)	kg	167	177	183	

SCOP & P _{designh} F2120 according to EN 14825								
F2120	8		12		16		20	
	P _{designh}	SCOP	P _{designh}	SCOP	P _{designh}	SCOP	P _{designh}	SCOP
SCOP 35 Average climate (Europe)	5.9	4.80	8	4.83	11	5.05	11	5.05
SCOP 55 Average climate (Europe)	6.3	3.75	8.3	3.78	12.3	3.9	12.3	3.9
SCOP 35 Cold climate	6.8	4.03	9.3	4.05	13	4.25	13	4.25
SCOP 55 Cold climate	7.4	3.33	9.8	3.33	14	3.53	14	3.53
SCOP 35 Warm climate	5.9	5.43	9.2	5.48	13	5.5	13	5.5
SCOP 55 Warm climate	6.3	4.35	9.2	4.48	13	4.5	13	4.5

7 priedas. NIBE F2120 tehninēs specifikācijas [18]

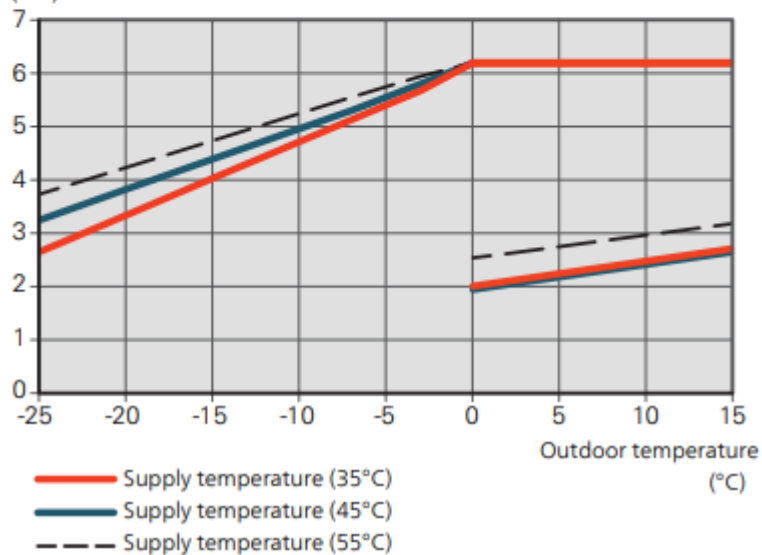
OUTPUT AND COP AT DIFFERENT SUPPLY TEMPERATURES

Maximum output during continuous operation.

F2120-8

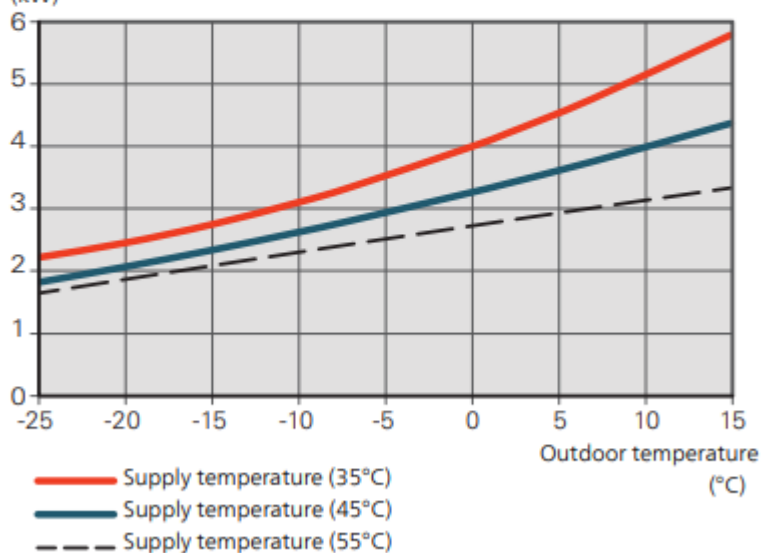
F2120-8 max and min heating capacity

Heating capacity
(kW)




F2120-8 COP


Heating capacity
(kW)



8 priedas. NIBE F2120 likusios šiluminės galios ir COP koeficiento priklausomybė nuo oro lauke ir šilumnešio temperatūrų [18]




JRC
EUROPEAN COMMISSION



CM SAF
Climate Monitoring

Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps



Important legal notice

EUROPA > EC > JRC > DIR-C > RE > SOLAREC > PVGIS > Interactive maps > [europe](#)

Contact

cursor position:
55.985, 18.552

selected position:
54.851, 23.869

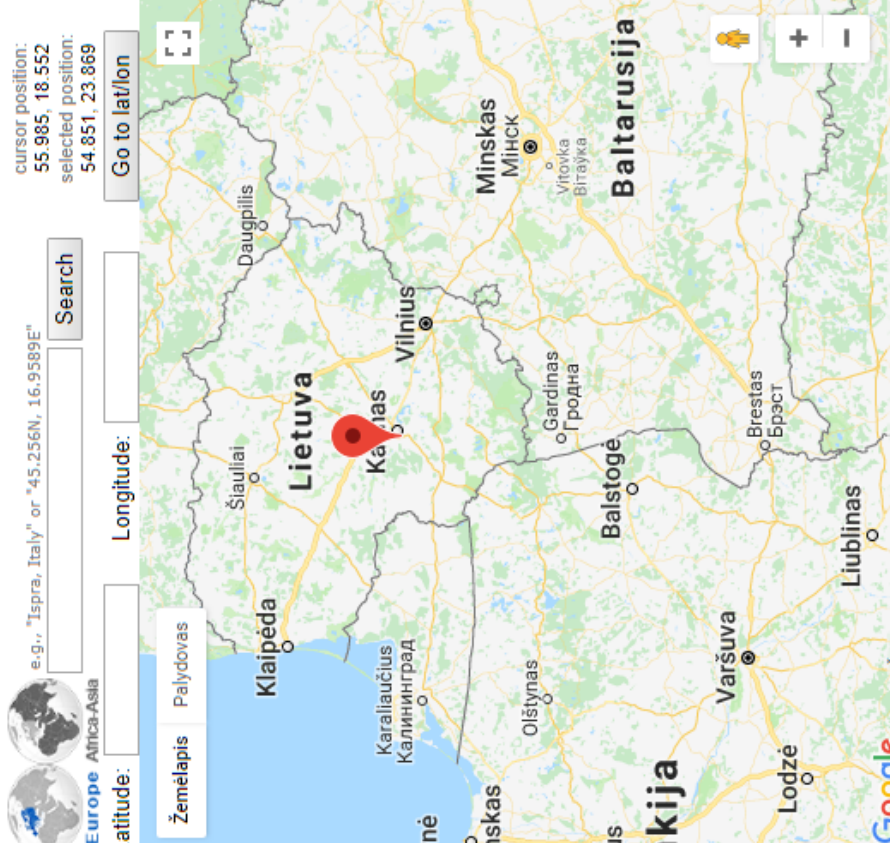
Go to lat/lon

e.g., "Ispira, Italy" or "45.256N, 16.9589E"

Search

Latitude:

Longitude:



Žemėlapis Palydovas

Go to lat/lon

Go to lat/lon

PV Estimation

Monthly radiation

Daily radiation

Stand-alone PV

NEW: PVGIS 5 release candidate. Read about it here and try it out!

Performance of Grid-connected PV

Radiation database: Climate-SAF PVGIS ▾ [\[What is this?\]](#)

PV technology: Crystalline silicon ▾

Installed peak PV power 8 kWp

Estimated system losses [0;100] 10 %

Fixed mounting options:

Mounting position: Free-standing ▾

Slope [0;90] 35 ° Optimize slope

Azimuth [-180;180] 0 ° Also optimize azimuth
(Azimuth angle from -180 to 180, East=-90, South=0)

Tracking options:

Vertical axis Slope [0;90] 0 ° Optimize

Inclined axis Slope [0;90] 0 ° Optimize

2-axis tracking

Horizon file: Pasirinkti failą Nepasirinktas joks failas

Output options

Show graphs Show horizon

Web page Text file PDF

[\[help\]](#)

Calculate

Solar radiation

Temperature

Other maps

9 priedas. Saulės elektrinės projektavimo simulatorius - „Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps“ [22]

Performance of Grid-connected PV

PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 54°51'2" North, 23°52'10" East, Elevation: 73 m a.s.l.,
Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Nominal power of the PV system: 8.0 kW (crystalline silicon)
Estimated losses due to temperature and low irradiance: 8.8% (using local ambient temperature)
Estimated loss due to angular reflectance effects: 3.2%
Other losses (cables, inverter etc.): 10.0%
Combined PV system losses: 20.5%

Fixed system: inclination=35 deg., orientation=0 deg.				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	5.68	176	0.78	24.1
Feb	11.10	310	1.57	44.0
Mar	23.80	737	3.52	109
Apr	31.20	935	4.89	147
May	33.90	1050	5.49	170
Jun	33.40	1000	5.50	165
Jul	31.20	967	5.19	161
Aug	29.80	923	4.86	151
Sep	23.80	713	3.74	112
Oct	13.70	424	2.05	63.6
Nov	5.79	174	0.84	25.2
Dec	4.05	126	0.57	17.6
Year	20.70	628	3.26	99.1
Total for year		7540		1190

Ed: Average daily electricity production from the given system (kWh)

Em: Average monthly electricity production from the given system (kWh)

Hd: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

Hm: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

PVGIS (c) European Communities, 2001-2012

Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged.

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

10 priedas. Saulės elektrinės simulatoriaus - „Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps“ rezultatai [22]

TECHNICAL DATA FRONIUS SYMO (5.0-3-M, 6.0-3-M, 7.0-3-M, 8.2-3-M)

INPUT DATA	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
Number MPP trackers	2			
Max. input current ($I_{dc\ max\ 1} / I_{dc\ max\ 2}$)	16.0 A / 16.0 A			
Max. array short circuit current (MPP ₁ /MPP ₂)	24.0 A / 24.0 A			
DC input voltage range ($U_{dc\ min} - U_{dc\ max}$)	150 - 1000 V			
Feed-in start voltage ($U_{dc\ start}$)	200 V			
Usable MPP voltage range	150 - 800 V			
Number of DC connections	2+2			
Max. PV generator output ($P_{dc\ max}$)	10.0 kW _{peak}	12.0 kW _{peak}	14.0 kW _{peak}	16.4 kW _{peak}

OUTPUT DATA	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
AC nominal output ($P_{ac,r}$)	5,000 W	6,000 W	7,000 W	8,200 W
Max. output power	5,000 VA	6,000 VA	7,000 VA	8,200 VA
AC output current ($I_{ac\ nom}$)	7.2 A	8.7 A	10.1 A	11.8 A
Grid connection (voltage range)	3-NPE 400 V / 230 V or 3-NPE 380 V / 220 V (+20 % / -30 %)			
Frequency (Frequency range)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)			
Total harmonic distortion	< 3 %			
Power factor ($\cos\ \phi_{ac,r}$)	0.85 - 1 ind. / cap.			

GENERAL DATA	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
Dimensions (height x width x depth)	645 x 431 x 204 mm			
Weight	19.9 kg		21.9 kg	
Degree of protection	IP 65			
Protection class	1			
Overvoltage category (DC / AC) ¹⁾	2 / 3			
Night time consumption	< 1 W			
Inverter design	Transformerless			
Cooling	Regulated air cooling			
Installation	Indoor and outdoor installation			
Ambient temperature range	-25 - +60 °C			
Permitted humidity	0 - 100 %			
Max. altitude	2,000 m / 3,400 m (unrestricted / restricted voltage range)			
DC connection technology	4x DC+ and 4x DC- Screw terminals 2.5 - 16mm ^{2 2)}			
AC connection technology	5-pole AC Screw terminals 2.5 - 16mm ^{2 2)}			
Certificates and compliance with standards	ÖVE / ÖNORM E 8001 4-712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, G83/2, UNE 206007-1, SI 4777, CEI 0-21, NRS 097			

11 priedas. Įtampos keitiklio – Fronius Symo 8.2-3-M specifikacijos [18]

PARDAVĖJAS:

UŽKLAUSĄ PATEIKĖ:

UAB "Švari energija"
 PVM mokėtojo kodas: LT 100007137915
 Įmonės kodas: 302311113
 Adresas: Ateities pl. 2b, Kaunas, Lietuva, LT-52322
 Tel. +37066777377
 A.s.: LT027044060006780653
 B/K: 70440, AB SEB bankas

Nr.	Paslaugų pavadinimas	Matas	Kiekis	Vieneto kaina	Vieneto kaina	Suma
				(EUR) be PVM	(EUR) su PVM	(EUR) su PVM
Saulės elektrinė						
1	Saulės modulis Solitek Pro M60 300 W (mono kirstalas, stiklas/stiklas, be rėmų, 50 metų gyvavimo trukmė, Lietuva)	vnt.	26	185,95	225,00	5850,00
2	Tvirtinimo konstrukcija stiklas/stiklas, berėmiams saulės moduliams (šlaitinis stogas, skarda)	vnt.	26	33,06	40,00	1040,00
3	Saulės modulis Solitek Standart M60 300 W (mono kirstalas, stiklas/plėvelė, su rėmų, 30 metų gyvavimo trukmė, Lietuva)	vnt.	26	161,16	195,00	5070,00
4	Tvirtinimo konstrukcija stiklas/plėvelė, rėmintiems saulės moduliams (šlaitinis stogas, skarda)	vnt.	26	28,93	35,00	910,00
7	Inverteris Fronius Symo 8.2-3-M (Austrija)	vnt.	1	1611,57	1950,00	1950,00
6	Jungtys saulės moduliams	vnt.	2	3,31	4,00	8,00
5	EI. kabelis saulės elektrinės jungimui (6 mm, UV spinduliams atsparus)	m	50	0,99	1,20	60,00
8	Pap. Medžiagos	kompl.	1	82,64	100,00	100,00
9	Saulės elektrinės projektas ir jos pridavimas ESO	vnt.	1	347,11	420,00	420,00
10	Saulės elektrinės montavimo ir paleidimo darbai	vnt.	1	950,41	1150,00	1150,00

Viso (su stiklas/stiklas saulės moduliais):

10.578,00 EUR

Viso (su stiklas/plėvelė saulės moduliais):

9.668,00 EUR

12 priedas. Komerčinis pasiūlymas (sąmata): 8 kW saulės elektrinių su „stiklas/stiklas“ ir „stiklas/plėvelė“ saulės moduliais [20]