



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS

PASTATŲ ENERGETIKOS KATEDRA

IEVA SUBAČIŪTĖ

**MAŽAENERGINIO ADMINISTRACINIO PASTATO SEZONINĖS
ENERGIJOS POREIKIŲ YPATYBĖS**

(lietuvių kalba)

**SEASONAL PECULIARITIES OF ENERGY DEMANDS OF A LOW
ENERGY OFFICE BUILDING**

(anglų kalba)

Baigiamasis magistro darbas

Energijos inžinerijos ir planavimo studijų programa, valstybinis kodas **621E30003**

Energijos inžinerijos specializacija

Energetikos ir termoinžinerijos mokslo kryptis

Vilnius, 2012

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS
PASTATŲ ENERGETIKOS KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas

(Parašas)

(Vardas, pavardė)

(Data)

IEVA SUBAČIŪTĖ

**MAŽAENERGINIO ADMINISTRACINIO PASTATO SEZONINĖS
ENERGIJOS POREIKIŲ YPATYBĖS**

(lietuvių kalba)

**SEASONAL PECULIARITIES OF ENERGY DEMANDS OF A LOW
ENERGY OFFICE BUILDING**

(anglų kalba)

Baigiamasis magistro darbas

Energijos inžinerijos ir planavimo studijų programa, valstybinis kodas **621E30003**

Energijos inžinerijos specializacija

Energetikos ir termoinžinerijos mokslo kryptis

Vadovas habil. dr. Vytautas Martinaitis

(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Konsultantas _____

(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Lietuvių kalbos konsultantas _____

(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Vilnius, 2012

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS
PASTATŲ ENERGETIKOS KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas

Energijos inžinerija studijų kryptis
Energijos inžinerija ir planavimas studijų programa, valstybinis kodas 621E30003
Energijos inžinerijos specializacija

(parašas)

Vytautas Martinaitis
(vardas, pavardė)

2012 gegužės mėn. 07 d.

BAIGIAMOJO MAGISTRO DARBO
UŽDUOTIS

.....Nr.
Vilnius

Studentui (ei) *Ievai Subačiūtei*
(vardas, pavardė)

Baigiamojo darbo tema
..... *Mažaenerginio administracinio pastato sezoninės energijos poreikių ypatybės*

Patvirtinta 2010 m. lapkričio 03 d. Dekano įsakymu Nr. 396 ap

Baigiamojo darbo užbaigimo terminas 2012 m. gegužės mėn. 28 d.

BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS:

Atlikti pastato energijos poreikius reglamentuojančių dokumentų ir tų poreikių modeliavimui skirtų tyrimų apžvalgą, apibrėžti tyrimų srities aktualumą, suformuluoti problemą, tikslą ir spręstinus uždavinius. Susipažinti ir pagal galimybes įsisavinti pastatų mikroklimato ir energijos poreikių modeliavimo priemonę TRNSYS. Suformuoti mažąenerginį pastatą, atlikti poreikių ir aprūpinimo energija modeliavimą, prioritetą teikiant atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimo technologijoms. Atlikto modeliavimo pagrindu parengti išvadas apie pasirinkto pastato energijos poreikių ypatybes ir AEI panaudojimo galimybes, modeliavimo priemonės tinkamumą šiai problematikai tyrinėti.

Baigiamojo darbo rengimo konsultantai: *lekt. R. Žukienė*
(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė)

Vadovas
(parašas)

..... *habil. dr. Vytautas Martinaitis*
(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė)

Užduotį gavau

.....
(parašas)

..... *Ieva Subačiūtė*
(vardas, pavardė)

..... *2012.06.04 d. 13 d.*
(data)

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
Aplinkos inžinerijos fakultetas
Pastatų energetikos katedra

ISBN _____ ISSN _____
Egz. sk.
Data-.....-.....

Antrosios pakopos studijų **Energijos inžinerijos ir planavimo** programos baigiamasis darbas
Pavadinimas **Mažaenerginio administracinio pastato sezoninės energijos poreikių ypatybės**
Autorius **Ieva Subačiūtė**
Vadovas **prof. habil. dr. Vytautas Martinaitis**

Kalba: lietuvių

Anotacija

Baigiamajame magistro darbe nagrinėjamas mažą energiją naudojančio administracinio pastato ir AEI panaudojimo jame galimybės Lietuvos meteorologinėmis sąlygomis. Naudojant modeliavimo priemonę TRNSYS sukuriami mažą energiją naudojančio administracinio pastato bei AEI sistemų skaičiavimo – valdymo modeliai: saulės kolektoriai, foto elementai, vėjo jėgainės, šilumos siurbiai, imantys šilumą iš grunto bei oro. Atlikus modeliavimą gauti pastato energijos suvartojimai šildymui (54 kWh/m²), vėsinimui (20 kWh/m²) bei elektros (48 kWh/m²). Metiniame pastato energijos balanse, energija pagaminta iš AEI gali padengti 56,6% reikalingos šiluminės energijos, 102,9 % energijos reikalingos vėsinimui ir 4,5 % reikalingo elektros kiekio.

Pastato energijos poreikių jautrumo analizė atliekama 3 pastato variantams. Pastebėta, kad esant didesniai stiklinių atitvarų plotui pietinėje pastato pusėje pagamintas šilumos kiekis iš AEI gali padengti net 85 % pastatui reikalingo šilumos kiekio. Tačiau beveik du kartus išaugo energijos poreikis pastato vėsinimui. Mažiausias vėsinimo kiekis reikalingas stačiakampio ploto pastatui. Apibendrinus rezultatus, pateiktos išvados ir rekomendacijos.

Darbą sudaro 5 dalys: įvadas, 5 skyriai, išvados ir rekomendacijos, literatūros sąrašas.

Darbo apimtis – 63 p. teksto be priedų, 31 iliustr., 16 lent., 27 bibliografiniai šaltiniai.

Atskirai pridedami darbo priedai.

Prasminiai žodžiai

administracinis pastatas, AEI panaudojimas, mažą energiją naudojančio pastatas, TRNSYS.

Vilnius Gediminas Technical University Faculty of Environmental Engineering Building Energetics	ISBN _____ ISSN _____ Copies No. Date-.....-.....
Master Degree Studies Energy Engineering and Planning study programme Master's Thesis Title Seasonal Peculiarities of Energy Demands of a Low Energy Office Building Author Ieva Subačiūtė Academic supervisor Prof Dr Habil Vytautas Martinaitis	
Thesis language: Lithuanian	
Annotation Thesis examined low energy office building and possibilities of renewable energy use in it by Lithuanian meteorology conditions. Using TRNSYS simulation tool the computing-control models for low energy office building and renewable energy systems (RES) (solar collectors, photovoltaic, wind turbines and heat pumps taking the heat from the soil and air) are created. After the simulation buildings' energy consumption for heating (54kWh/m²), cooling (20 kWh/m²) and electricity (48 kWh/m²) were obtained. The annual building energy balance: an energy produced from RES can cover 56.6 % of the necessary thermal energy, 102.9 % of the energy required for cooling and 4.5 % required for electricity generation. The buildings' energy demand sensitivity analysis is performed for three buildings' variants. It is observed that of a larger area of the glass envelope of the building in southern direction the amount of heat produced from RES can cover up to 85% of the building required heat. However, almost twice rises electricity demand in cooling of the building. The minimum amount of cooling is required for a rectangular area building. Summarizing the results, conclusions and recommendations are presented. The work consists of 5 parts: introduction, 5 chapters, conclusions and recommendations, references. Work size – 63 pages without appendices, 31 figures, 16 tables, 27 references. Appendices.	
Keywords office building, using of RES, low energy building, TRNSYS.	

Vilniaus Gedimino technikos universiteto
egzaminų, sesijų ir baigiamųjų darbų rengimo bei
gynimo organizavimo tvarkos aprašo
2011-2012 m. m.

1 priedas

(Baigiamojo darbo sąžiningumo deklaracijos forma)

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Ieva Subačiūtė, 20064453

(Studento vardas ir pavardė, studento pažymėjimo Nr.)

Aplinkos inžinerijos fakultetas

(Fakultetas)

Energijos inžinerija ir planavimas, ENmf-10

(Studijų programa, akademinė grupė)

**BAIGIAMOJO DARBO (PROJEKTO)
SĄŽININGUMO DEKLARACIJA**

2012 m. gegužės 29 d.

Patvirtinu, kad mano baigiamasis darbas tema „Mažaenerginio administracinio pastato sezoninės energijos poreikių ypatybės“ patvirtintas 2010 m. lapkričio 3 d. dekanų potvarkiu Nr. 396ap, yra savarankiškai parašytas. Šiame darbe pateikta medžiaga nėra plagijuota. Tiesiogiai ar netiesiogiai panaudotos kitų šaltinių citatos pažymėtos literatūros nuorodose.

Prenkant ir įvertinant medžiagą bei rengiant baigiamąjį darbą, mane konsultavo mokslininkai ir specialistai: Regina Žukienė. Mano darbo vadovas prof. habil. dr. Vytautas Martinaitis.

Kitų asmenų indėlio į parengtą baigiamąjį darbą nėra. Jokių įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs (-usi).

(Parašas)

Ieva Subačiūtė

(Vardas ir pavardė)

Turinys

IVADAS	11
1. DARBO PROBLEMATIKA	13
2. TYRIMŲ TIKSLAS IR UŽDAVINIAI	13
DARBO SCHEMA	14
3. ENERGIJOS VARTOJIMAS IR ATSINAUJINANČIŲ IŠTEKLIŲ PANAUDOJIMAS	15
4. MAŽAENERGINIAI PASTATAI	16
4.1. MAŽAENERGINIŲ PASTATŲ ENERGIJOS POREIKIŲ IR MIKROKLIMATO PARAMETRŲ MODELIAVIMAS	17
4.2. PASTATŲ KOMPAKTIŠKUMAS IR VIDINIAI PRITĖKIAI	21
4.3. LANGŲ ĮSTIKLINIMAS IR ORIENTACIJA	22
4.4. ELEKTROS ENERGIJOS VARTOJIMO YPATYBĖS	24
4.5. ATSINAUJINANČIŲ IŠTEKLIŲ TECHNOLOGIJOS	24
5. TIRIAMOJI DALIS	25
5.1. PASTATO IR JO APRŪPINIMO ENERGIJA SISTEMŲ MODELIAVIMAS.....	25
5.1.1. <i>Tyrimo objektas</i>	26
5.1.2. <i>Pastato modelis</i>	27
5.1.3. <i>Saulės kolektorių sistemos modelis</i>	30
5.1.4. <i>Gruntinio šilumos siurblio sistemos modeliavimas</i>	32
5.1.5. <i>Orinio šilumos siurblio sistemos modelis</i>	33
5.1.6. <i>Vėjo jėgainės sistemos modelis</i>	34
5.1.7. <i>Saulės foto elementų sistemos modelis</i>	36
5.2. MODELIAVIMO REZULTATAI IR JŲ INTERPRETACIJA.....	37
5.2.1. <i>Šildymo poreikių įvertinimas</i>	38
5.2.2. <i>Vėsinimo poreikių įvertinimas</i>	44
5.2.3. <i>Elektros poreikių įvertinimas</i>	49
5.3. BŪDINGŲ SEZONO LAIKOTARPIŲ DETALI ENERGIJOS BALANSŲ ANALIZĖ	51
5.4. PASTATO ENERGIJOS POREIKIŲ JAUTRUMO ANALIZĖ	57
IŠVADOS	59
LITERATŪROS SĄRAŠAS	61

Paveikslų sąrašas

1 pav. Pastato išmatuotų ir imituotų duomenų grafikas (Karlsson, Moshfegh 2006).....	19
2 pav. Energijos poreikiai šildymui ir vėdinimui pagal orientacijas.....	23
3 pav. AEI ir technologijos modeliavimui	26
4 pav. Tyrimo objekto tipinio aukšto planas.....	26
5 pav. Pastato modelio kurimas	27
6 pav. Pastato energetinio skaičiavimo – valdymo modelis	28
7 pav. Sukurto pastato modelio duomenų koregavimas arba įvedimas TRNBuild paprogramėje	28
8 pav. Pastato šildymo ir vėsinimo sistemų galių bei patalpų ir lauko oro temperatūrų modeliavimo rezultatai gauti TRNSYS.....	29
9 pav. Saulės kolektorių skaičiavimo – valdymo modelis	30
10 pav. Vakuuminių saulės kolektorių sistemos bei siurblio galių bei šilumnešių temperatūrų modeliavimo rezultatai gauti TRNSYS	31
11 pav. Gruntinio šilumos siurblio skaičiavimo – valdymo sistemos modelis.....	32
12 pav. Gruntinio šilumos siurblio bei siurblių galių bei šilumnešio temperatūrų modeliavimo rezultatai gauti TRNSYS.....	33
13 pav. Oras – vanduo šilumos siurblio skaičiavimo – valdymo sistemos modelis	33
14 pav. Orinio šilumos siurblio galios, šildymui ir vėsinimui gautos galios bei išeinančių iš ŠS oro ir šilumnešių temperatūrų modeliavimo rezultatai gauti TRNSYS.....	34
15 pav. Vėjo jėgainės skaičiavimo – valdymo sistemos modelis	35
16 pav. Jėgainės galingumo, nuo vėjo greičio priklausomybių grafikas a) 10 kW vėjo jėgainės; b) 1 kW vėjo jėgainės.....	35
17 pav. 10 kW vėjo jėgainės pagamintos galios rezultatai gauti TRNSYS.....	36
18 pav. Saulės foto elementų skaičiavimo – valdymo sistemos modelis.....	36
19 pav. Saulės foto elementų galios modeliavimo rezultatai gauti TRNSYS.....	37
20 pav. Pastato šildymo sistemos suvartojamos energijos kiekių ir SK pagaminamos energijos kiekių grafikas.....	40
21 pav. Pastato šildymo sistemos suvartojamos energijos kiekių ir gruntinio ŠS pagaminamos energijos kiekių grafikas	41
22 pav. Pastato šildymo sistemos suvartojamos energijos kiekių ir orinio ŠS pagaminamos energijos kiekių grafikas.....	42
23 pav. Suminis pagamintos energijos kiekis bei pastato suvartojama energija šildymo sezono metu	43

24 pav. Iš saulės kolektorių pagamintos vėsos ir pastatui reikalingos vėsos kiekių grafikas	45
25 pav. Iš gunto pagamintos vėsos ir pastatui reikalingos vėsos kiekių grafikas	46
26 pav. Iš oro pagamintos vėsos ir pastatui reikalingos vėsos kiekių grafikas	47
27 pav. Pastato vėsinimui reikalingos energijos kiekių ir naudojant AEI pagamintos energijos suminiai kiekiai	48
28 pav. Elektros gamybos ir vartojimo mėnesinis grafikas	50
29 pav. Vasario mėnesio pastatui energijos balansas	52
30 pav. Liepos mėnesio pastato energijos balansas	54
31 pav. Rugsėjo mėnesio pastato energijos balansas	56

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Tyrimo metu imituojamų variantų aprašymas.....	20
2 lentelė. Pagaminti energijos kiekiai	38
3 lentelė. Mėnesiniai energijos suvartojimai pastato šildymui	38
4 lentelė. Vakuuminių saulės kolektorių mėnesiniai pagamintos energijos kiekiai.....	39
5 lentelė. Gruntinio ŠS mėnesiniai pagamintos energijos kiekiai.....	40
6 lentelė. Orinio ŠS mėnesiniai pagamintos energijos kiekiai	41
7 lentelė. Pastato vėsinimui reikalingos energijos kiekiai šiltuoju metų laiku	44
8 lentelė. Mėnesiniai iš saulės kolektorių pagaminti energijos kiekiai vėsinimui	44
9 lentelė. Mėnesiniai iš gruntinio ŠS pagaminti vėsos kiekiai.....	45
10 lentelė. Orinio ŠS mėnesiniai pagamintos vėsos kiekiai.....	46
11 lentelė. Mėnesiniai elektros suvartojimai.....	49
12 lentelė. Mėnesiniai pagamintos elektros kiekiai	49
13 lentelė. Vasario mėnesio per parą suvartojamos ir pagamintos energijos kiekiai.....	51
14 lentelė. Liepos mėnesio per parą suvartojamos ir pagamintos energijos kiekiai	53
15 lentelė. Rugsėjo mėnesio per parą suvartojamos ir pagamintos energijos kiekiai.....	55
16 lentelė. Jautrumo analizės rezultatai	57

Santrumpos

AEI – atsinaujinančių energijos išteklių.

ES – Europos Sąjunga.

FE – foto elementai.

GŠS – gruntinis šilumos siurblys.

OŠS – orinis šilumos siurblys.

OVŠS – oras – vanduo šilumos siurblys.

SK – saulės kolektoriai.

ŠVOK – šildymas, vėdinimas, oro kondicionavimas.

ŠS – šilumos siurblys.

VVŠS – vanduo – vanduo šilumos siurblys

Ivadas

Pirminės energijos suvartojimas Europoje ir pasaulyje vis didėja. Viena didžiausių energiją vartojančių, o tuo pačiu, aplinkos taršą sąlygojančių vartotojų grupių yra pastatai. Europos Sąjungos šalyse yra apie 160 milijonų pastatų, kurie suvartoja 40 % visos Europos Sąjungoje suvartojamos pirminės energijos (Energy Performance of Building Directive).

Pastaruoju metu, kai nuolat didėja energetinių išteklių kainos bei energetinė priklausomybė nuo šalių, kurios turi išteklių, skirtų energijos gamybai, žmonės yra priversti nuolat ieškoti naujų energijos šaltinių, gamybos būdų ir tobulinti jau esamas energiją naudojančias technologijas.

Visame pasaulyje vis labiau skatinama energijos gamyba panaudojant atsinaujinančius išteklius. Tačiau pasaulio energijos balanse tebedominuoja iškastinis kuras, kuris sudaro apie 90% pasaulio pirminės energijos poreikių. Gaminant energiją iš atsinaujinančių išteklių ir sumažinus energijos vartojimą, būtų prisidėta prie energijos tiekimo saugumo didinimo, technologijų plėtros skatinimo ir galimybių užimtumui bei regioninei plėtrai sukūrimo, ypač kaimo vietovėse (Europos Sąjungos direktyva 2010/31/ES).

Pagal Europos Sąjungos direktyvą dėl pastatų energinio efektyvumo (2010/31/ES) bei Europos Parlamento ir Tarybos direktyvą dėl skatinimo naudoti atsinaujinančių išteklių energiją (2009/28/EB), Lietuva įsipareigojo, kad iki 2020 metų atsinaujinančių išteklių energijos dalis bendrame galutiniame energijos suvartojime sudarys ne mažiau kaip 23 % bei, kad toliau didins šią dalį, o nuo 2020 metų visi naujai statomi pastatai bus mažaenerginiai.

Šiuo metu didžioji dalis Lietuvoje suvartojamo kuro ir energijos yra importuojama. Siekiant įgyvendinti ES direktyvas Lietuva naujojoje nacionalinės energetikos strategijos projekte užsibrėžia siekti, kad pati šalis turėtų pakankamai pajėgumų patenkinti savo energijos poreikius ir būtų pajėgi dalyvauti ir konkuruoti bendrose ES energijos rinkose.

Elektros energetikos sektoriuje didžiausias dėmesys skiriamas energetinės nepriklausomybės didinimui. Siekiant įgyvendinti šį uždavinį būtina didinti elektros gamybos iš AEI apimtis. Pirmenybė elektros gamyba iš atsinaujinančių energijos išteklių (AEI) teikiama biomasę naudojančioms kogeneracinėms elektrinėms ir vėjo energetikai. Iki 2020 metų elektros gamyba iš AEI bus ne mažesnė kaip 20 % galutinio elektros vartojimo. Atsinaujinantys energijos ištekliai elektros energijos gamyboje bus plėtojami iki ekonomiškai, techniškai ir aplinkosaugos požiūriu naudingo lygio (Nacionalinė energetikos (energetinės nepriklausomybės) strategija).

Šilumos sektoriaus vizija yra padidinti šilumos gamybos, perdavimo ir vartojimo efektyvumą, tuo pat metu keičiant šilumos gamybai vartojamas gamtines dujas biomasę. Valstybė remia iniciatyvas, didinančias energijos vartojimo efektyvumą, skatinančias atliekų panaudojimą energijai gaminti ir didinančias biomasės naudojimą šilumos gamybai. Per šį

dešimtmetį Lietuva sieks sumažinti gyvenamųjų namų ir viešųjų pastatų šilumos suvartojimą 30–40 %. Lyginant su 2009 metais, tai kasmet leistų sutaupyti 2–3 TWh šilumos (Nacionalinė energetikos (energetinės nepriklausomybės) strategija).

Iki 2020 metų 23 % galutinio energijos suvartojimo sudarys AEI (ne mažiau kaip 20 % elektros sektoriuje, 60 % centrinio šildymo sektoriuje, 10 % transporto sektoriuje). Energetinio efektyvumo didinimo srityje valstybė sieks iki 2020 metų kasmet po 1,5 % didinti energijos vartojimo efektyvumą (Nacionalinė energetikos (energetinės nepriklausomybės) strategija).

Po 2020 metų nauji pastatai turi būti mažaeenerginiai, o viešosios paskirties nuo 2019 metų. Tokių pastatų statybos praktika nėra pakankamai išvystyta. Tokie pastatai statomi atsižvelgiant į jų numatomus energijos poreikius, o AEI panaudojimas juose nėra pagrįstas optimizaciniais skaičiavimais. Atsižvelgiant į aukščiau išvardintus strateginius uždavinius ir šiuo metu prieinamas technines galimybes, šitame darbe siekiama iš dalies išnagrinėti šią problemą naudojant modeliavimo priemonę TRNSYS, kurioje sukuriamas mažaeenerginio administracinio pastato bei AEI panaudojimo juose modelis.

1. Darbo problematika

Pasaulyje energijos suvartojimas kiekvienais metais tik didėja. Dabartinė situacija, kai nuolat didėja energetinių išteklių kainos, vis labiau kyla aplinkos tarša bei klimato atšilimo grėsmė, žmones verčia nuolat ieškoti ir tobulinti energiją naudojančias technologijas bei skatinti energijos taupymą.

Viena didžiausių energiją vartojančių grupių bei tuo pačiu sąlygojančių aplinkos taršą yra pastatai, todėl svarbu efektyviai panaudoti šiai grupei tiekiamą energiją.

Geriausias būdas sumažinti išlaidas už šildymą ir klimato atšilimą yra efektyvus energijos panaudojimas, atsinaujinančių išteklių vartojimo skatinimas ir naujų mažai energijos vartojančių pastatų statyba bei senų pastatų renovacija.

Tyrimo objektu pasirinktas administracinis pastatas esantis Vilniuje, Viršuliškių mikrorajone.

2. Tyrimų tikslas ir uždaviniai

Darbo tikslas – naudojant modeliavimo priemonę sumodeliuoti mažaenerginį administracinį pastatą, gauti pastato energijos poreikius, išanalizuoti, kiek Lietuvos sąlygomis reikalingų energijos poreikių gali padengti atsinaujinantys energijos ištekliai.

Pastato energijos suvartojimus lemia nuostoliai per atitvaras, oro infiltraciją, pritekiai. Didžiausią įtaką turi nuostoliai per atitvaras. Modeliuojant mažaenerginį pastatą reikia parinkti tokius šilumos perdavimo koeficientus, kad energijos sutaupymai būtų ekonominiu požiūriu naudingi. Remiantis kitų šalių mokslininkų atliktais tyrimais pasirinkti pastato atitvarų šilumos perdavimo koeficientai.

Turimas tyrimų objektas. Siekiant išanalizuoti energijos poreikius modeliavimo priemonėje TRNSYS parengiamas pirminis administracinio pastato modelis. Pirminio modelio šilumos perdavimo koeficientai yra norminiai, numatyti statybiniame techniniame reglamente. Pastato orientacija ir stiklinių atitvarų plotas atitinką realų pastatą.

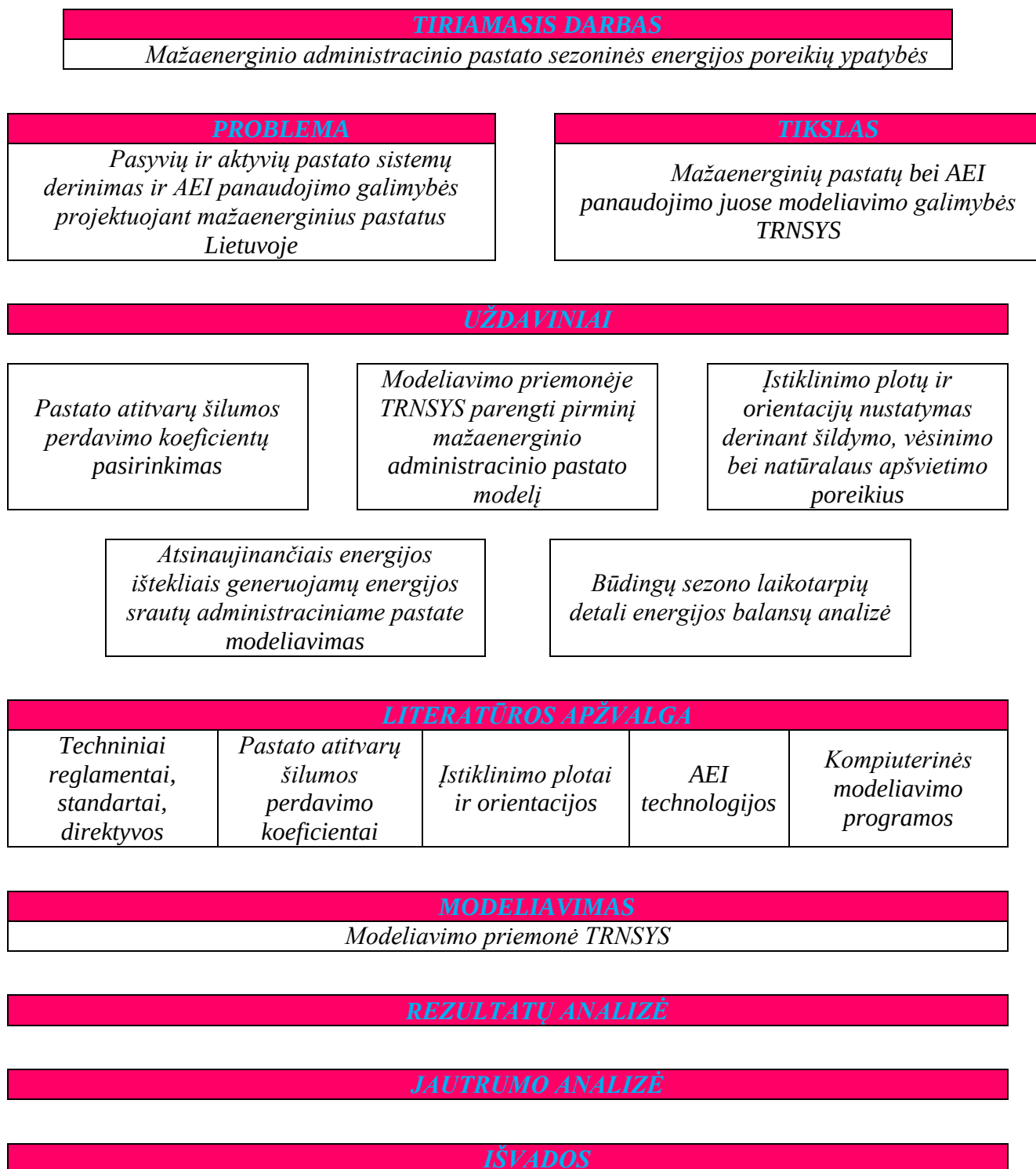
Ištiklinimo plotų ir orientacijų nustatymas derinant šildymo, vėsinimo bei natūralaus apšvietimo poreikius. Vėsinimo sistemos galia tiesiogiai priklauso nuo lango dydžio ir orientacijos. Kuo didesni langai ir jų daugiau į pietinę pusę, tuo didesnė vėsinimo sistemos galia. Šildymo sistemoje yra prieštaravimas dėl stiklinių atitvarų. Žiemos metu šilumos pritekiai mažina šildymo sistemos galia, tačiau nuostoliai didesni. Natūralus apšvietimas turi savo minimalias reikšmes ir tiesiogiai priklauso nuo orientacijos.

Siekiant sumažinti klimato atšilimą, pastato energijos poreikiams tenkinti bus naudojami atsinaujinančios energijos ištekliai. Atsinaujinantys energijos ištekliai – saulė, vėjas ir gruntas. Gaunama energija bus generuojama į šilumą, vėšą arba elektrą. Turint mažaenerginio

administracijos pastato energijos poreikius generuojamų energijos srautų modeliavimas atsinaujinančiais energijos ištekliais.

Būdingų sezono laikotarpių detali energijos balansų analizė – galimų inžinerinių sistemų sprendinių parinkimas. Pasirenkami trys būdingi laikotarpiai: vienas laikotarpis šildymo sezono metu, kur išryškėja šildymo sistemos maksimalus apkrovimas ir vidutinis šildymo sezono apkrovimas, kiti laikotarpiai pasirenkami pereinamajame metų laike ir vasarą.

Darbo schema



3. Energijos vartojimas ir atsinaujinančių išteklių panaudojimas

Lietuvoje yra apie 640 tūkst. pastatų, neskaičiuojant pagalbinių. Didžiausią dalį, t. y. apie 55 % viso pastatų bendro ploto užima gyvenamieji pastatai. Antroje vietoje yra gamybos ir sandėliavimo paskirties pastatai, o trečioje vietoje – administraciniai pastatai (Gudzinskas, Lukoševičius, Martinaitis, Tuomas 2011).

Energijos suvartojimas pasaulyje kiekvienais metais tik didėja. Nors 2009 metais dėl ekonominės krizės bendras energijos suvartojimas sumažėjo 1,1 %, tačiau energijos vartojimo augimas išliko intensyvus kai kuriose besivystančiose šalyse. 2010 metais suvartojimas išgaugo daugiau nei 5% ir siekė 16 TW. Daugiausia energijos suvartoja išsivysčiusios šalys (World energy consumption). Europos Sąjungos šalyse yra 160 milijonų pastatų, kurie suvartoja 40 % visos Europos Sąjungos suvartojamos energijos. Šis sektorius plečiasi ir jei niekas nepasikeis, energijos vartojimas tik padidės (Energy Performance of Building Directive).

Pasaulyje dėl klimato atšilimo iškastinio kuro atsargų mažėjimo, energetinės priklausomybės vis labiau skatinama energijos gamybą panaudojant atsinaujinančius išteklius. Tačiau pasaulio energijos balanse tebedominuoja iškastinis kuras, kuris sudaro apie 90 % pasaulio pirminės energijos poreikių (World energy consumption).

Daugelis šalių neturi iškastinio kuro išteklių arba ištekliai yra minimalūs, todėl šalys tampa priklausomos nuo šalių, kurios išteklių, skirtų energijos gamybai, turi daug. Tokia šalis tampa pažeidžiama, nes priklauso nuo energijos išteklių tiekėjų, o nuolat augančios naftos ir dujų kainos daro įtaką šalies ekonomikai. Deginant iškastinį kurą susiduriama su kita labai rimta problema – klimato kaita ir aplinkos tarša. Kadangi energijos vartojimas išlieka toks pat intensyvus ir net didėja, o atsinaujinančių išteklių kiekis pasaulio energijos balanse didėja nežymiai, visa tai kelia didžiulę grėsmę pasaulio išlikimui. Siekiant sumažinti energijos vartojimą bei šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisiją būtina mažinti energijos vartojimą bei didinti energijos, pagamintos iš atsinaujinančių išteklių, vartojimą pastatų sektoriuje. Gaminant energiją iš atsinaujinančių išteklių ir sumažinus energijos vartojimą prisidėtų prie energijos tiekimo saugumo didinimo, technologijų plėtros skatinimo ir galimybių užimtumui bei regioninei plėtrai sukūrimo, ypač kaimo vietovėse (Europos Sąjungos direktyva 2010/31/ES).

Atsinaujinančių išteklių energija – energija iš atsinaujinančių neišskastinių išteklių: vėjo, saulės energija, aeroterminiai, geoterminiai, hidroterminiai ištekliai ir vandenynų energija, hidroenergija, biomasė, biodujos, įskaitant sąvartynų ir nuotekų perdirbimo įrenginių dujas, taip pat kitų atsinaujinančių neišskastinių išteklių, kurių panaudojimas technologiškai yra galimas dabar arba bus galimas ateityje, energija (Europos Sąjungos direktyva 2010/31/ES; atsinaujinančių išteklių energetikos įstatymas).

Daugiau vartojant energijos pagamintos iš atsinaujinančių išteklių ir kartu imantis priemonių siekiant sumažinti energijos vartojimą, būtų sudarytos sąlygos įgyvendinti Jungtinių Tautų bendrosios klimato kaitos konvencijos Kioto protokolą. Taip pat būtų galima įvykdyti ilgalaikį išipareigojimą – iki 2020 m. sumažinti bendrą šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisiją bent 20 %, palyginti su 1990 m. lygiu (Europos Sąjungos direktyva 2010/31/ES; atsinaujinančių išteklių energetikos įstatymas).

Energijos taupymas ir efektyvus jos išteklių vartojimas, taip pat skatinimas vartoti vietinius, atsinaujinančius išteklius yra pagrindiniai energetikos politikos tikslai, apibrėžti Nacionalinėje strategijoje.

4. Mažaenerginiai pastatai

Žmogus didžiausią dalį savo gyvenimo praleidžia pastatuose – ar tai būtų namuose ar darbe. Pastatai – tai ne tik būstas, darbo ar gamybinės patalpos, tai taip pat sudėtinga sistema, kuriai nuo pat pirmojo būvio ciklo (projektavimo) reikia energijos.

Visame pasaulyje apie 70 % elektrinėse ir katilinėse pagamintos šilumos sunaudoja nepramoniniai pastatai. Iš to galima daryti išvadą, kad gyvenamuosiuose, komerciniuose ir viešosios paskirties pastatuose naudojama daugiau energijos nei kituose sektoriuose.

Ilgalaikiam energijos vartojimui didžiulį poveikį daro pastatai. Svarbu suprasti, kad nuo poreikių priklauso ir tiekiamos energijos kiekis. Kuo didesni poreikiai, tuo daugiau suvartojama, tačiau kol pastatai yra pagrindiniai ir didžiausi energijos vartotojai, tol jie taip pat turi ir didelį potencialą energijai sutaupyti. Kadangi esamų pastatų renovavimo ciklas yra ilgas ir ganėtinai sudėtingas, nauji pastatai ir esami kapitališkai renovuojami pastatai pagal vietovės klimato sąlygas turėtų atitikti minimalius energinio naudingumo reikalavimus. Statant naujus pastatus, norint pasiekti minimalius energinio naudingumo reikalavimus, visų pirma privaloma užtikrinti energijos poreikių šildymui, vėdinimui ir vėsinimui sumažinimas iki sąnaudų atžvilgiu optimalių lygių.

Lietuvoje ir kitose vidutinio ar šiaurinio klimato zonose pastatai yra intensyvi energiją naudojanti sistema, net 69 % visos pastatui reikalingos energijos sunaudojama šildymui, 14 % sunaudojama karšto vandens ruošimui, o likusioji dalis tenka apšvietimui ir kitiems elektros prietaisams. Pastatų šiluminės charakteristikos ir klimato sąlygos per metus nulemia pastato poreikius šildymui, vėdinimui ar vėsinimui, tuo tarpu elektros bei karšto vandens poreikius nulemia vartotojų elgsena.

Siekiant sumažinti energijos vartojimą ir šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisiją, būtina imtis priemonių, kad kuo daugiau pastatų ne tik atitiktų galiojančius minimalius energinio naudingumo reikalavimus, bet ir efektyviau naudotų energiją. Pagal Europos Sąjungos direktyvą

dėl pastatų energinio naudingumo privaloma nacionaliniuose planuose siekti, kad būtų kuo daugiau mažaeenerginų pastatų ir skatinti energijos, pagamintą iš atsinaujinančių išteklių, naudojimą (Europos Sąjungos direktyva 2010/31/ES).

Beveik nulinės energijos pastatas – pastatas, kurio energinis naudingumas yra labai aukštas. Reikalingos energijos, kuri beveik lygi nuliui arba kurios suvartojama labai mažai, didžiąją dalį turėtų sudaryti atsinaujinančių išteklių energija, įskaitant vietoje ar netoliese pagamintą atsinaujinančių išteklių energiją (Europos Sąjungos direktyva 2010/31/ES).

Lietuva, pagal Europos Sąjungos atnaujintą direktyvą dėl pastatų energinio efektyvumo, turi užtikrinti, kad:

- ✓ ne vėliau kaip 2020 m. gruodžio 31 d. visi nauji pastatai būtų beveik nulinės energijos pastatai;
- ✓ valdžios institucijos, valdančios naujus pastatus, užtikrintų kad tie pastatai po 2018 m. gruodžio 31 d. būtų beveik nulinės energijos pastatai;
- ✓ siekiama padidinti mažaeenerginų pastatų skaičių;
- ✓ viešajame sektoriuje, būtų skatinamas pastatų pertvarkymus į mažaeenerginus pastatus;
- ✓ per devynerius metus pasiektų nurodytą 9 % energijos sutaupymo rodiklį.

Buvo apskaičiuota, kad Europos Sąjungoje energijos suvartojimas yra maždaug 20 % didesnis, negu būtų galima pagrįsti ekonominiais motyvais. Tai reiškia: jei Europos Sąjunga imtųsi priemonių užtikrinti, kad jos piliečiai ir bendrovės įgyvendintų veiksmingesnes energijos taupymo iniciatyvas, energijos suvartojimas sumažėtų 20 %. Ir tai niekam nieko nekainuotų. Taigi akivaizdu, kad yra labai didelės ekonominės galimybės sutaupyti energijos (Europos Sąjungos direktyva 2010/31/ES).

4.1. Mažaeenerginų pastatų energijos poreikių ir mikroklimato parametrų modeliavimas

Šaltojo klimato zonų šalyse, kur lauko oro temperatūra žiemą yra žema, o vasaros nėra labai karštos, palyginus su pietinėmis šalimis, didžiausius energijos kiekius suvartoja pastatų šildymui. Švedijoje, kaip ir Lietuvoje, didžiąją dalį energijos suvartoja pastatų sektorius. Šis sektorius kiekvienais metais tik auga.

Švedijos mokslininkai, siekdami, kad energijos vartojimas pastatuose sumažėtų ir šis vartojimas būtų kuo efektyvesnis, sukūrė pastato modelį, kuris buvo modeliuojamas su energijos modeliavimo programa ESP-R. Energijos modeliavimo programa, kuri buvo naudojama modeliuojant energijos poreikius ir patalpų mikroklimatą gerai izoliuotame name Švedijoje (Karlsson, Moshfegh 2006).

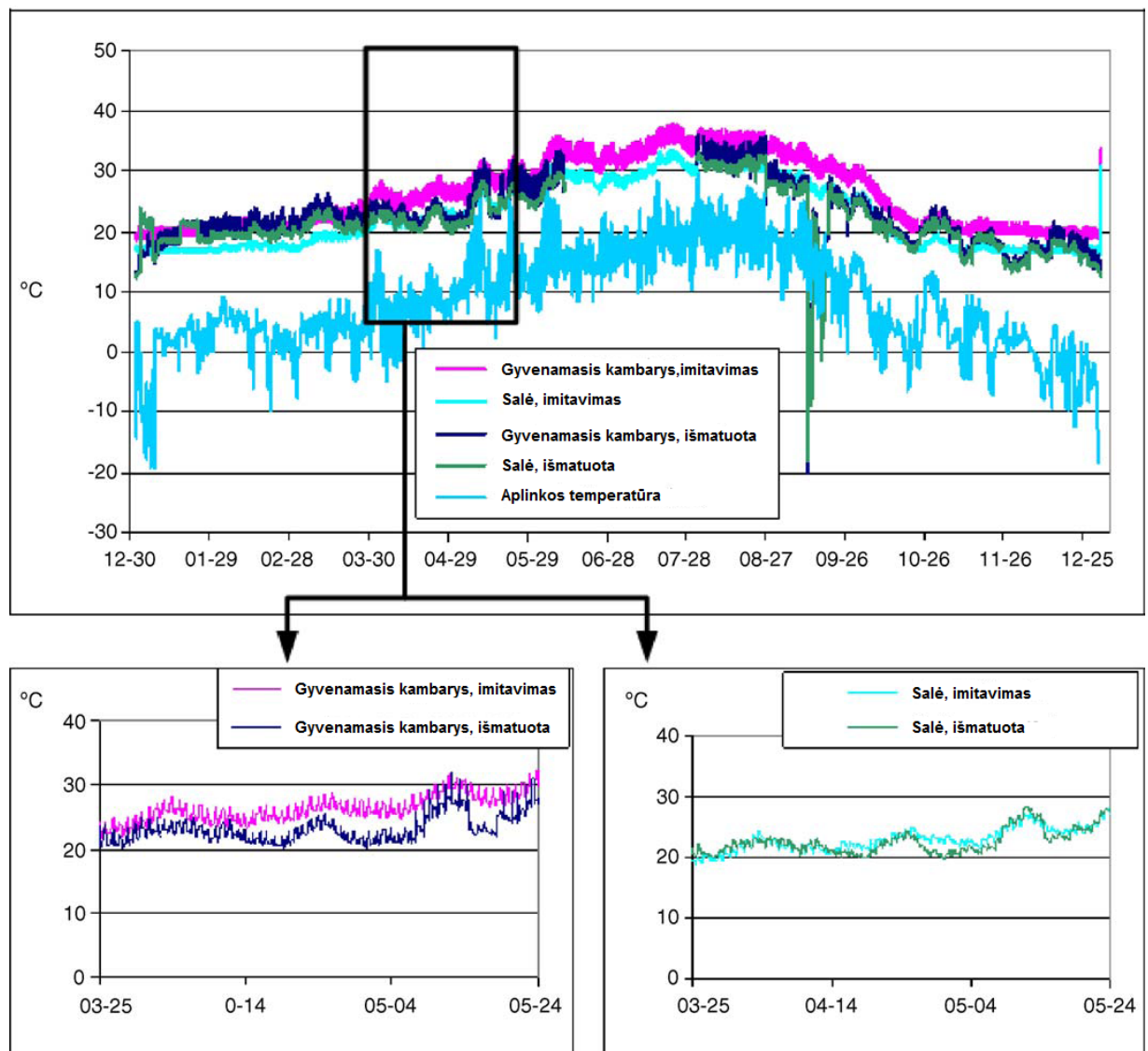
Šio tyrimo pagrindinis tikslas yra pagal energijos modeliavimą ištirti, kaip keičiasi energijos poreikiai ir patalpų mikroklimatas mažaeenerginuose pastatuose, kintant aplinkos klimato sąlygoms. Modelis nėra tobulas realaus objekto atvaizdas. Įmanoma, kad modelis pervertina kai kuriuos oro srautus. Be to, šilumokaitis yra supaprastintas, nes įvertinant jo efektyvumą atsižvelgiama tikrai į temperatūras (Karlsson, Moshfegh 2006).

Pastatas yra šiaurinėje Europos dalyje. Pastatai, atitinkantys modelį, yra gerai izoliuoti, sienų vidutiniškas šilumos perdavimo koeficientas yra apie $0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$. Mažaeenerginame pastate naudojami langai yra trijų stiklų, kurių storis yra 4 mm , o tarpai tarp stiklų yra užpildomi kriptono dujomis. Šių langų šilumos perdavimo koeficientas yra $0,85 \text{ W/m}^2\text{K}$. Tokie langai buvo pasirinkti siekiant sumažinti šilumos nuostolius į aplinką per skaidrias atitvaras žiemą, o vasarą sumažinti šilumos pritekįs dėl saulės spinduliuotės (Karlsson, Moshfegh 2006). Pagal Lietuvoje galiojančius standartus sienų šilumos perdavimo koeficientas yra $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$, o skaidrių atitvarų $1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ (STR 2.05.01:2005).

Gera izoliuoti pastatai sumažina energijos poreikius šildymui. Esant geram langų šilumos perdavimo koeficientui, sumažinami šilumos nuostoliai per langus, o tai sumažina šilumos poreikį ir radiatorių dydį. Viena iš daromų išvadų yra ta, kad šildymo sistemos apkrovų valdymas, pavyzdžiui, nustatant termostatinę ventilių pagalbą žemesnę patalpų temperatūrą naktį, energijos sutaupymai yra nedideli, dėl laiko konstantos. Pastatai su gera išorinių sienų izoliacija, kur yra maži šilumos nuostoliai į aplinką, nėra infiltracijos, vėdinimo sistema su išmetamo oro šilumos atgavimu ir aukštos kokybės langai yra bendros energijos poreikio mažinimo technologijos.

Modeliuojant šildymo sistemą buvo daroma prielaida, kad šilumokaičio efektyvumas yra pastovus. Modeliuojant vėdinimo sistemą priimta, kad iš šalinamo oro atgaunama 77 % šilumos.

Sukurto pastato modelis atitinka realius pastatus esančius Švedijoje. 1 pav. pateiktas grafikas, kuriame pavaizduota išmatuotų ir su modeliavimo programa gautos temperatūros.



1 pav. Pastato išmatuotų ir imituotų duomenų grafikas (Karlsson, Moshfegh 2006)

Iš 1 pav. matyti, kad modeliavimo rezultatai yra labai panašūs į išmatuotas reikšmes. Salėje išmatuoti ir modeliavimo programa gauti rezultatai yra itin panašūs. Gyvenamajame kambaryje skirtumus tarp išmatuotų ir modeliavimo programa gautų rezultatų galima paaiškinti tuo, kad temperatūros daviklis buvo toli nuo lango ir neturi įtakos dėl saulės spinduliuotės.

Tyrimo metu buvo keičiami kai kurie pastato parametrai, siekiama ištirti priemonių įtaką energijos poreikiams ir mikroklimato parametrų. Kai kurie variantai su trumpais aprašymais pateikti 1 lentelėje (Karlsson, Moshfegh 2006).

1 lentelė. Tyrimo metu imituojamų variantų aprašymas

Variantai	Aprašymas
Uždaryti langai	Atitinka aprašyto modelio atvejį, bet visi langai uždaryti
Pasuktas 180°	Pakeista pastato orientacija 180°
Pakeista temperatūra	Pakeista patalpos temperatūros nustatymai iki 18, 23 ir 25 °C
Įvairi U vertė	Pakeitus izoliacijos storį, stogo ir sienų Uvertė pakeista iki 0,2 W/m²K
Langų U vertė	Pakeista langų U vertė iki 2,5 W/m²K
Belgijos klimatas	Aprašomas variantas, bet Briuselio klimatologiniai duomenys
Lisabonos klimatas	Aprašomas variantas, bet Lisabonos klimatologiniai duomenys (su uždarytais langais)
Apkrovų valdymas	Apkrovų valdymas: pakeistus patalpų temperatūrą dienos metu

Buvo nustatyta, kad:

- ✓ Energetiniu požiūriu yra svarbu, kokio dydžio langai. Langai turi būti optimalaus dydžio. Pastato modelyje langų plotas yra šiek tiek didesnis negu optimalus;
- ✓ Šiaurinės šalyse, kur būdingas gana šaltas klimatas, pastatus reikia gerai izoliuoti;
- ✓ Pietinėse šalyse su gerai izoliuotais pastatais galima problema dėl perkaitimo;
- ✓ Apkrovos valdymo gerus rezultatus galima pasiekti dviem būdais. Pirmasis būdas būtų techninių sistemų efektyvesnis veikimas, antrasis būdas būtų pakeitus vartotojų įpročius.

Rezultatai buvo gauti analizuojant metinius šilumos poreikius patalpų šildymui, patalpų temperatūrą ir procentus numatomų nepatenkintų vartotojų mikroklimato parametrais (Karlsson, Moshfegh 2006).

Pirmasis modeliavimo variantas, kai langai gali būti atidaromi ir kai visi langai uždaryti. Kai nebuvo galimybės atidaryti langų, patalpų vidutinė temperatūra padidėjo apie 1 °C, palyginus su atveju, kai langus buvo galima atidaryti. Modeliavimo programa nenaudoja apsaugų nuo saulės spinduliuotės, todėl liepos mėnesį buvo pasiektas patalpoje maksimumas apie 37 °C. Procentas vartotojų nepatenkintų mikroklimato parametrais, kai langai atsidaro, buvo apie 15 %, o antruoju atveju apie 40 % (Karlsson, Moshfegh 2006).

Jei pastatas pasukamas 180°, šilumos poreikiai padidėja 6 % nei aprašomame variante. Didžiausia įtaką šilumos poreikių padidėjimui turi tai, kad didesnis langų plotas atsiduria šiauriniame fasade. Kai didesni langai yra pietiniame fasade, žiemos metu saulės spinduliuotė yra naudinga, nes mažina energijos poreikius šildymui (Karlsson, Moshfegh 2006).

Jei patalpų temperatūrą sumažintume iki 18 °C, energijos poreikiai sumažėtų per metus apie 28 %. O jei temperatūrą vadintume iki 23 °C arba 25 °C, energijos poreikiai padidėtų apie 1,5 karto (Karlsson, Moshfegh 2006).

Sumažinus atitvarų izoliacijos storį, padidėja šilumos poreikiai. Kai yra maža atitvarų izoliacija, didžiausias procentas nepatenkintų vartotojų mikroklimato parametrais yra didesnėse

patalpose, nei aprašomame variante. Lango svarba mažai energijos vartojančiuose pastatuose yra didžiulė. Aprašomajame variante langų varža yra didelė, palyginus su įprastiniais langais. Jeigu langus pakeistume į įprastus trijų stiklų langus, kurių šilumos perdavimo koeficientas yra apie $1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ arba į dvigubo stiklo langus, kur šilumos perdavimo koeficientas yra lygus $2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$, šilumos poreikiai didėja žymiai (Karlsson, Moshfegh 2006).

Gera izoliuotas pastatas buvo modeliuojamas siekiant parodyti, kaip kinta mikroklimato parametrai laikui bėgant ir siekiant sumažinti energijos vartojimą bei padidinti vartojimo efektyvumą. Pastate nėra vėsinimo sistemų, tačiau yra nemokamas vėsinimas vasaros metu atidaromi langai. Tačiau gerai izoliuotas pastatas užtikrina patalpų mikroklimatą žiemą. Jei pastate nėra geros vėdinimo sistemos, vasaros metu gali atsirasti problema dėl pastato perkaitimo (Karlsson, Moshfegh 2006).

Mažaenergetinių pastatų statyba bei renovacijos Lietuvoje vyksta labai lėtai. Lietuvoje labai populiariu administracinius pastatus statyti stikliniu fasadu. Per stiklines atitvaras yra prarandama labai daug šilumos. Lietuvos standartuose nurodyta, kad norminis langų šilumos perdavimo koeficientas yra $1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ (STR 2.05.01:2005). Reikia remtis švedų atliktu modeliavimu, kur langų šilumos perdavimo koeficientas 2 kartus mažesnis ir jie skaidrių atitvarų plotą renkasi optimalų, kad tenkintų natūralaus apšvietimo sąlygas. Kadangi Lietuvoje žiemos yra šaltos, renovuojant ir statant naujus namus, atitvaras reikia labai gerai izoliuoti. Švedijoje sienų varža yra $6,25 \text{ m}^2\text{K/W}$, o pas mus naujos statybos namų $4 \text{ m}^2\text{K/W}$.

4.2. Pastatų kompaktiškumas ir vidiniai pritėkiai

Administracinių pastatų forma vaidina svarbų vaidmenį. Atitvarų nuostoliai yra proporcingi kompaktiškumui. Kuo pastatas kompaktiškesnis, tuo nuostoliai bus mažesni. Reikėtų pastebėti, kad visos jungtys tarp pastato konstrukcinių elementų gali žymiai padidinti šiluminius tiltelius ir nuostolius per atitvaras. Kai tai yra įmanoma, pageidautina sumažinti nuostolius per sieną, keičiant pastato formą, o ne pridedant izoliacijos arba stiklinių atitvarų stiklų sluoksnių. Kompaktiškumas visada lemia mažesnę kainą ne tik sumažinus energijos suvartojimus, bet ir sumažinant statybos išlaidas (Gratia, Herde 2003).

Administraciniuose pastatuose yra dideli vidiniai pritėkiai. Šie pritėkiai atsiranda dėl žmonių, apšvietimo, kompiuterių ir kitos įrangos. Vasaros metu šie pritėkiai yra nepageidaujami ir turi būti pašalinama, kad išvengtų temperatūros padidėjimų patalpose. Žiemos metu, vidiniai pritėkiai sumažina energijos poreikius šildymui. Tačiau kartais, net ir žiemos metu, vidiniai pritėkiai yra nepageidaujami, nes gali žymiai padidinti patalpų temperatūrą, o tai gali sukelti diskomfortą (Gratia, Herde 2003).

Vidiniai pritėkiai nuo žmonių buvimo sukelia šilumos ir drėgmės išsiskyrimus. Šie išsiskyrimai priklauso nuo žmonių individualios veiklos, santykinės drėgmės, oro temperatūros ir kitų veiksnių. Technika, esanti darbo vietose, išskiria tam tikrą kiekį šilumos į aplinką. Išsiskyrimus iš prietaisų galima sumažinti išjungiant tuos prietaisus, kai jie yra nenaudojama (Gratia, Herde 2003).

Vėdinimo sistema vaidina esminį vaidmenį valdant patalpų temperatūrą vasaros metu. Vėsaus klimato šalyse, lauko oro temperatūra, naktį ir kartais dienomis, yra žemesnė už patalpų temperatūrą, todėl yra rekomenduojama naudoti natūralų vėdinimą (atidaryti langus ir atvėsinti patalpas) (Gratia, Herde 2003).

Apšvietimas taip pat išskiria šilumą į aplinką. Pagrindinis būdas sumažinti vidinius pritėkius iš dirbtinio apšvietimo yra natūralus apšvietimas. Kitas būdas naudoti elektros energiją taupančia lemputes, kurios išskiria mažiau šilumos į patalpą ir naudoja mažiau elektros energijos. Akivaizdu, kad lango padėtis turi didžiulę įtaką natūraliam apšvietimui. Pastebėta, kad esant didesniam langui, kambarys yra šviesesnis ir geriau apšviečiamas natūralaus apšvietimo. Administraciniuose pastatuose langų plotas turi didelę įtaką, padidinus langų plotą galima sumažinti dirbtinio apšvietimo naudojimą (Gratia, Herde 2003).

4.3. Langų įstiklinimas ir orientacija

Administraciniams pastatams pasyvus saulės energijos naudojimas gali sumažinti išlaidas šildymui, nekeičiant komforto. Projektuojant pasyvų pastatą reikia teisingai panaudoti saulės energiją. Išoriniai pritėkiai yra naudingi, siekiant sumažinti energijos poreikį šildymui, tačiau nenaudingi vėsinimui. Stiklinių atitvarų plotas turi didelę įtaką išoriniams pritėkiams ir natūraliam apšvietimui. Natūralus apšvietimas yra geriau už dirbtinį, nes mažinamos elektros sąnaudos ir šilumos išsiskyrimai. Skatinant natūralų apšvietimą patalpose, būtų protinga padidinti įstiklintų paviršių plotą, tačiau tai turi būti daroma su kai kuriomis apsaugomis priemonėmis nuo saulės spinduliuotės, kad vasaros metu būtų išvengta perkaitimo (Gratia, Herde 2003).

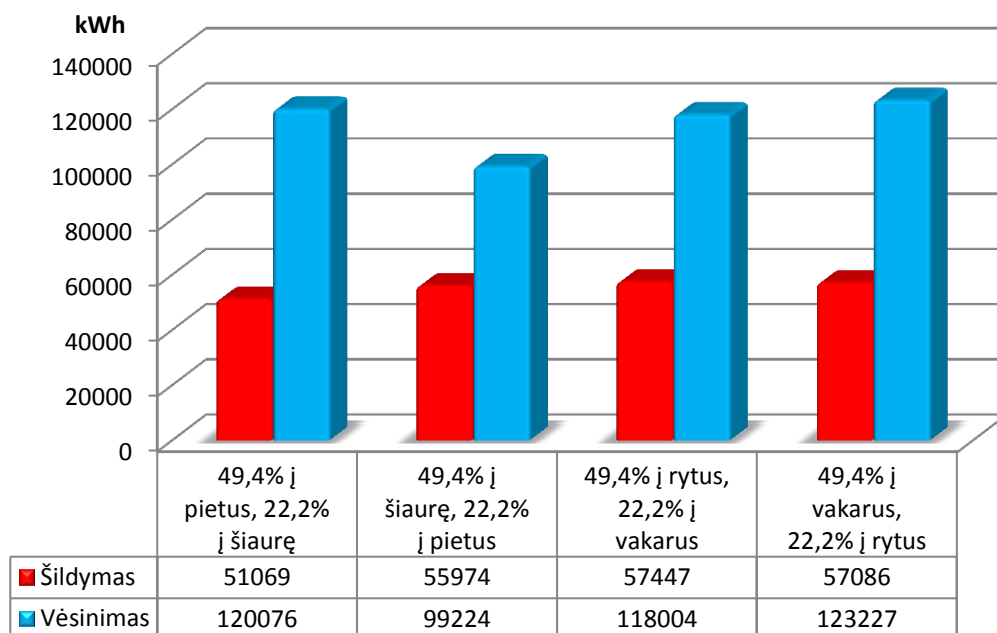
Administracinių pastatų langas turi pasižymėti geromis šiluminėmis charakteristikomis bei geru šviesos pralaidumu.

Įstiklinimo ir orientacijų modeliavimas buvo atliktas su programine įranga TAS. Pastato modeliavimas buvo atliktas šioms orientacijoms:

- ✓ Pietiniame fasade stiklo plotas – 49,4 %, o šiauriniame fasade stiklo plotas – 22,2 %;
- ✓ Šiauriniame fasade stiklo plotas – 49,4 %, o pietiniame fasade stiklo plotas – 22,2 %;

- ✓ Rytiniame fasade stiklo plotas – 49,4 %, o vakariniame fasade stiklo plotas – 22,2 %;
- ✓ Vakariniame fasade stiklo plotas – 49,4 %, o rytiniame fasade stiklo plotas – 22,2 %.

Modeliavimo rezultatai pateikti 2 pav. (Gratia, Herde 2003).



2 pav. Energijos poreikiai šildymui ir vėdinimui pagal orientacijas

Iš grafiko matyti, kad langų orientacija į šiaurę ir pietus yra geriau negu į rytus ir vakarus. Žiemą, kada reikalingas šildymas, efektyviausia, jei didžiausias įstiklinimo plotas būtų pietiniame fasade. O vasarą mažiausias vėsinimo sistemų poreikis būtų, jei langų orientacija ir didžiausias įstiklinimo plotas būtų šiauriniame fasade (Gratia, Herde 2003).

Pietinis fasadas yra priimtinausia vieta didžiausiam įstiklinimui. Jei naudojamos išorinės apsaugos priemonės nuo saulės spinduliuotės pietiniame fasade, vėsinimo energijos poreikius galima sumažinti net iki 45 % (Gratia, Herde 2003).

Lietuvos klimatologinėmis sąlygomis, nenaudojant išorinių apsaugos priemonių nuo saulės spinduliuotės, efektyviausias įstiklinimo plotas būtų po 20 % pietinei, rytinei ir vakarinei orientacijoms, o šiaurinei 20–40 %, tačiau toks plotas netenkina natūralaus apšvietimo reikalavimų (Motuzienė 2010).

Atsižvelgiant į natūralaus apšvietimo vertinimą bei poreikius šildymui ir vėsinimui, optimaliausias variantas būtų, jei didžiausias įstiklinimo plotas būtų pietiniame fasade ir būtų naudojamos apsauginės priemonės nuo saulės spinduliuotės (Gratia, Herde 2003). Tačiau jei nėra naudojama apsaugos priemonių nuo saulės spinduliuotės, optimaliausias stiklinių atitvarų plotas turi būti toks, kad tenkintų minimalius natūralaus apšvietimo reikalavimus (Motuzienė 2010).

4.4. Elektros energijos vartojimo ypatybės

Statinio inžinerinės sistemos vartoja elektros energija. Ši energijos forma naudojama šildymo, vėsinimo, vėdinimo, karšto vandens ruošimo sistemos. Elektros energijos suvartojimai dažniausiai sudaro didžiąsą dalį. Elektros energiją vartoja ventiliatoriai, siurbliai, apšvietimas ir įvairi įranga (Haase, Andresen, Time, Kvande, Hestnes 2008).

Priklausomai nuo administraciniame pastate dydžio, atitvarų, naudojamos įrangos elektros suvartojimai gali skirtis. Dažniausiai daugiausia elektros energijos suvartoja šildymo, karšto vandens, vėsinimo ir vėdinimo sistemų ventiliatoriai ir siurbliai. Apšvietimui reikalingos elektros energijos kiekis, palyginus su ventiliatorių ir siurblių, yra nedidelis. Biuruose naudojama įranga, taip ir siurbliai ir ventiliatoriai, suvartoja nemažai elektros energijos (Haase, Andresen, Time, Kvande, Hestnes 2008).

4.5. Atsinaujinančių išteklių technologijos

Pasaulyje populiariausi AEI yra biomasė, hidroenergija, geoterminė energija, saulės energija ir vėjo energija.

Saulės energijos kiekis krentantis į horizontalų paviršių Lietuvoje yra apie 1000 kWh/m^2 t.y. pakankamas kiekis, kad būtų galima gaminti šilumą iš saulės (Lietuvos saulės energijos ištekliai). Saulės kolektoriai yra plačiai naudojami įrenginiai, kurie saulės energiją transformuoja į šilumą. Pagamintą šilumą galima naudoti, karšto vandens ruošimui, šildymui, vėsinimui ar kitiems tikslams. Pagrindiniai tokių sistemų elementai yra pats saulės kolektorius, akumuliacinė talpa, siurblys. Akumuliacinė talpa yra neatsiejamas sistemos elementas, nes šilumos poreikis beveik visuomet nesutampa su šilumos gamybos laikotarpiu. Visas šilumos kiekis saulės kolektoriuje pagaminamas dieną. Todėl šilumos perteklius kaupiamas akumuliacinėje talpoje, o vėliau atiduodamas į sistemą. Iš saulės kolektorių gautos šilumos pagaminti vėsą galima naudojant vieną iš šilumą naudojančių vėsinimo įrenginių t.y. adsorbcinį šilumos transformavimo įrenginį. Pagrindinis šios sistemos privalumas yra tas, kad pakanka žemesnės šilumnešio temperatūros. Todėl saulės energijos panaudojimas tokiaime įrenginyje yra tinkamas (Henning 2010). Saulės energijai paversti į elektrą yra naudojami saulės foto elementai. Saulės foto elementas yra įrenginys, kuris saulės išspinduliuotą šviesą tiesiogiai verčia į elektrą.

Pasaulyje 2008 metais vėjo jėgainėse pagamino elektros kiekis nesudarė net 1 % viso pagaminto pasaulyje elektros kiekio (International Energy Agency 2010). Tačiau nepaisant šio rodiklio per paskutinius 20 metų vėjo jėgainių instaliuotos galios kitimas augo geometrine progresija. Vėjo energetikos potencialo įvertinimui yra naudojami vėjų atlasas. Iš atlaso duomenų matyti, kad vidutinis metinis vėjo greitis Lietuvos pajūrio zonoje gali būti tarp $5,5 \text{ m/s}$

ir 8,0 m/s. Lietuvoje būdingų vėjų sąlygos yra tokiame diapazone, kad elektros gamyba panaudojant vėją yra pakankamai gera (Lietuvos energetikos konsultantų asociacija).

Labiausiai paplitusi požeminės šilumos panaudojimo technologija, kurioje naudojamas žemos temperatūros geoterminės energijos potencialas – paviršinio grunto ir gręžiniu (iki 120 metrų gylio) šiluma (UAB „AF – TERMA“ studijos ataskaita). Temperatūros pakėlimui iki reikiamos šildymo sistemos temperatūros naudojami šilumos siurbliai. Šilumos siurblys šildymui reikalingą energiją ima iš žemės, šilumos šaltiniu gali ne tik gruntas, bet ir oras, vanduo, nuotekos ir pan.

5. Tiriamoji dalis

5.1. Pastato ir jo aprūpinimo energija sistemų modeliavimas

Yra daug specializuotų kompiuterinių programų, kurios gali spręsti atskirus pastato ar sistemų komponentus. Siekiant pastatą ir energija aprūpinančias sistemas išnagrinėti bendrai, modeliavimui buvo pasirinkta modeliavimo priemonė TRNSYS (*The Transient Energy System Simulation Tool*). TRNSYS kompiuterinės programinės įrangos paketas. Programinės įrangos aplinka yra grafiškai lanksti, naudojama sistemos elgsenos modeliavimui. Galima imituoti šilumos ir elektros energijos gamybą iš AEI, išskyrus branduolinę, bangų, potvynių ir vandens energijos šaltinius. TRNSYS leidžia vartotojui išsamiai aprašyti ir stebėti visus ryšius tarp sistemos komponentų. Modeliavimas atliekamas norimu laiko intervalo žingsniu pasirinktu laikotarpiu (Transient System Simulation Tool).

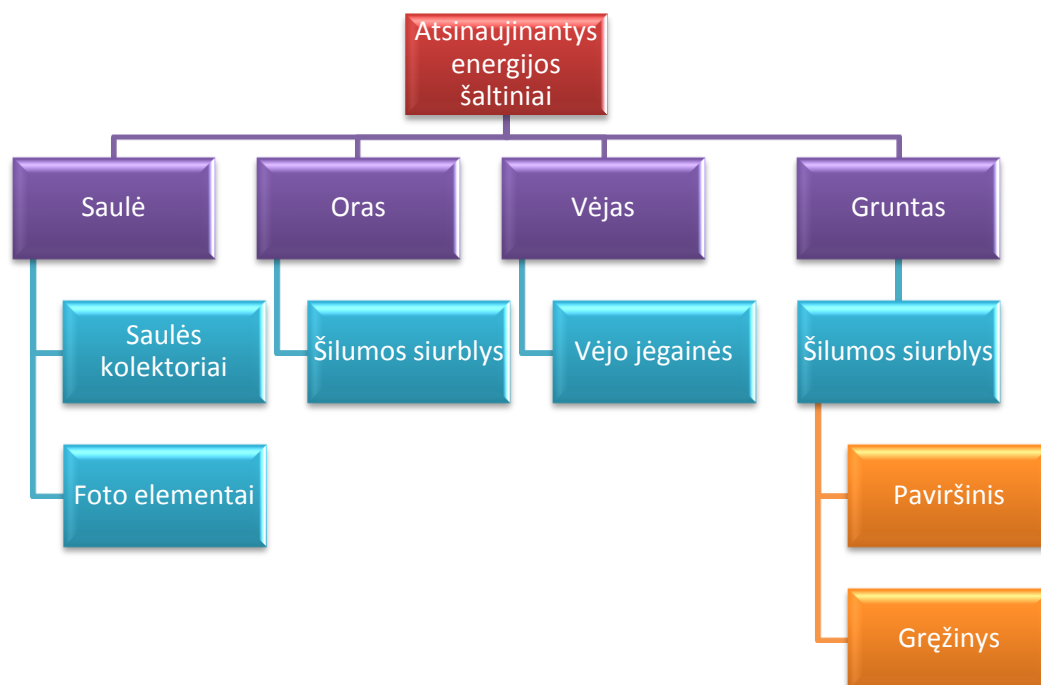
TRNSYS buvo sukurta sprendžiant energetinių sistemų problemas. Modeliavimo programa visus ŠVOK (šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo) sistemos komponentus sprendžia kartu su pastato atitvarų šilumos balansu (U. S. Department of energy).

Pasirinktas realus administracinis pastatas esantis Vilniaus mieste. Naudojant kompiuterinę modeliavimo priemonę aprašytas pastatas, jo sistemos ir taip gaunamas pastato modelis. Gautos pastatui reikalingos galios, kad būtų užtikrintas patalpų mikroklimatas, komfortas.

Didėjant energijos suvartojimui, didėja ir iškastinio kuro naudojimas bei priklausomybė valstybių, kurios neturi iškastinio kuro išteklių arba ištekliai yra minimalūs. Pagal bendrą Europos Sąjungos politiką yra skatinama energijos gamyba iš atsinaujinančių išteklių, siekiant sumažinti klimato kaitą ir aplinkos taršą, energetinę priklausomybę, pažeidžiamumą nuo energijos išteklių tiekėjų. Kadangi energijos vartojimas išlieka toks pat intensyvus ir net didėja, o atsinaujinančių išteklių kiekis, pasaulio energijos balanse didėja nežymiai, visa tai kelia didžiulę grėsmę pasaulio išlikimui. Būtina mažinti energijos vartojimą bei didinti energijos, pagamintos iš atsinaujinančių išteklių, vartojimą pastatų sektoriuje. Gaminant energiją iš atsinaujinančių

išteklių ir sumažinus energijos vartojimą prisidėtų prie energijos tiekimo saugumo didinimo, technologijų plėtros skatinimo (Europos Sąjungos direktyva 2010/31/ES).

Sumodeliuotam administraciniam pastatui energijos poreikiams tenkinti pasirinkti AEI. Atsinaujinantys energijos ištekliai – saulė, oras, vėjas ir grunto šiluma. Technologijos, kurios generuoja energiją, pavaizduotos 3 pav.

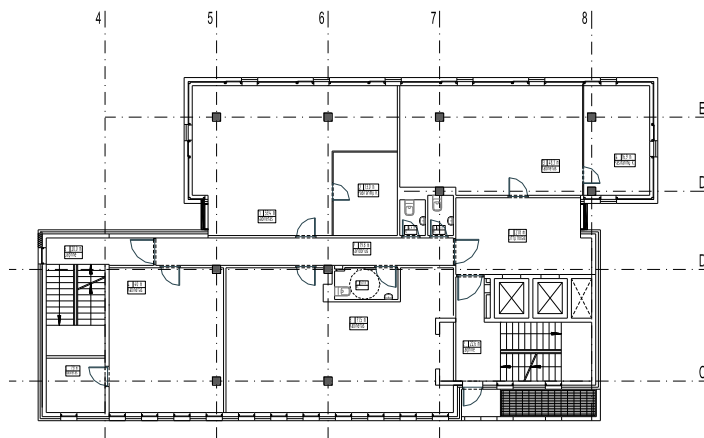


3 pav. AEI ir technologijos modeliavimui

Naudojant modeliavimo priemonę TRNSYS modeliuojamos saulės kolektorių sistema, ŠS imantis šilumą iš grunto bei oro, vėjo jėgainė ir foto elementų sistemos.

5.1.1. Tyrimo objektas

Tyrimo objektu pasirinktas administracinis pastatas, esantis Vilniuje, Viršuliškių mikrorajone. Tipinis pastato aukšto planas pateiktas 4 pav.



4 pav. Tyrimo objekto tipinio aukšto planas

Pastatas yra aštuonių aukštų, pagrindinis jo fasadas orientuotas į šiaurę. Bendras pastato plotas siekia 3487 m². Patalpų aukštis šviesoje yra 3 m, o aukšto aukštis ir 3,3 m. Vyraujanti patalpų temperatūra – 20 °C.

Administracinis pastatas yra architektūriškai nesudėtingas. Pagrindinės patalpos – tai darbo kabinetai, pasitarimų kabinetai, kitos privalomos patalpos: tualetai, koridoriai, laiptinės, lifto holai. Yra dvi laiptinės, viena jų skirta pagrindiniam įėjimui, kita – pastato vidinė laiptinė.

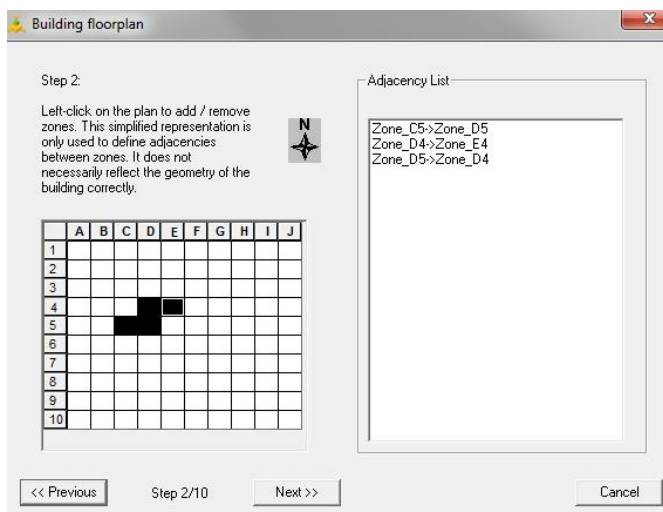
Modeliuojant pastato šildymo ir vėsinimo sistemas yra įvertinti visi parametrai, numatyti statybos techniniame reglamente. Įvertinta oro infiltracija, vėdinimas, pritėkiai nuo kompiuterių, apšvietimo, žmonių.

Administracinis pastatas turi konkretų darbo laiką. Šiame pastate žmonės dirba nuo pirmadienio iki penktadienio, nuo aštuntos iki septynioliktos valandos. Visų sistemų darbo režimai yra sureguliuoti pagal darbo laiką.

Patalpų temperatūra žiemos ir vasaros metu atitinka higienos normas (HN 42:2009). Žiemos metu šildymo sistema palaiko darbo zonoje temperatūrą 20–22 °C. Vasaros metu patalpose maksimali temperatūra yra 26 °C, tokią temperatūrą užtikrina vėsinimo sistema.

5.1.2. Pastato modelis

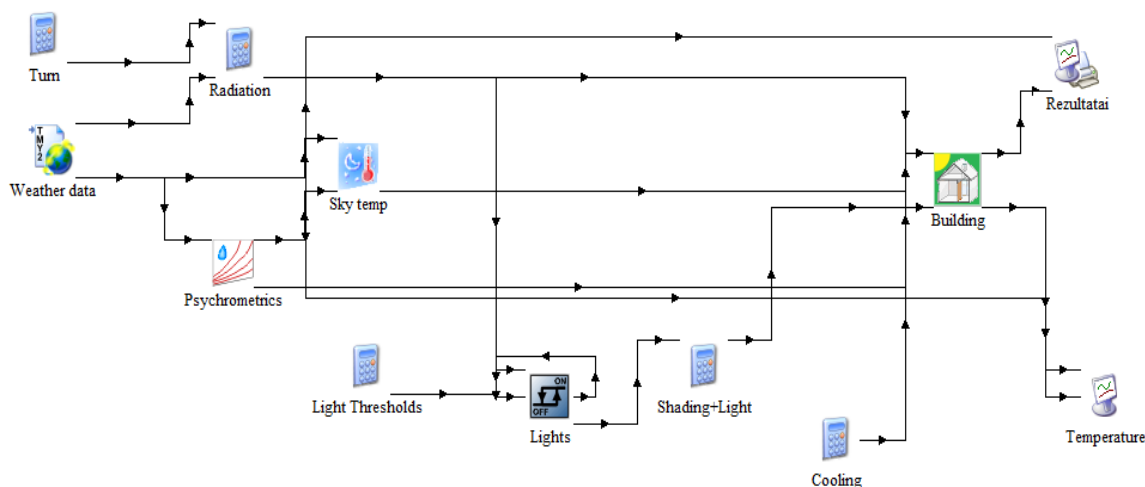
Modeliavimas parsideda nuo pastato modelio sukūrimo. Siekiant atkartoti pastato architektūrines formas, modeliuojant pastatą, jis suskirstomas į keturias zonas 5 pav.



5 pav. Pastato modelio kurimas

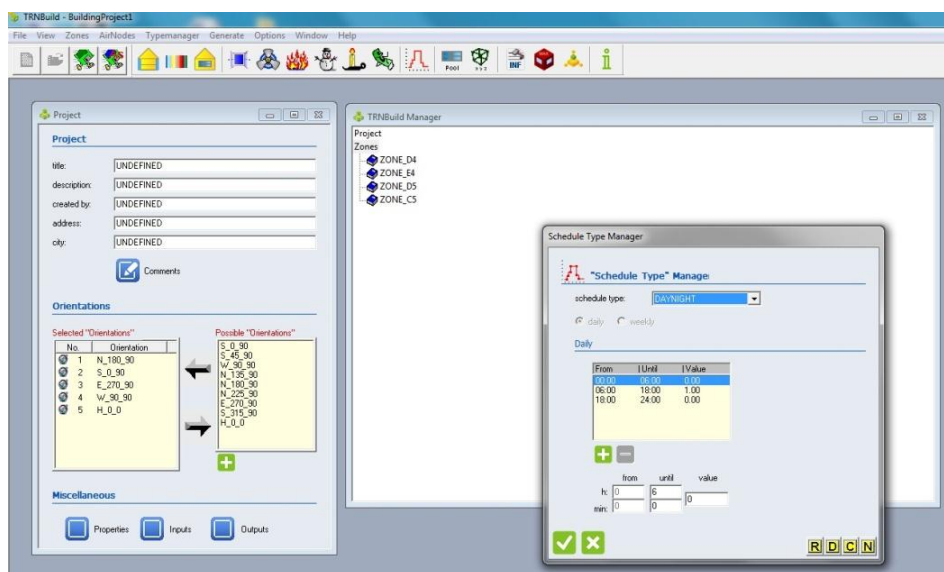
Nurodomi kiekvienos zonos matmenys, orientacija pasaulio šalių atžvilgiu ir stiklinių atitvarų plotas. Įkeliamas meteorologinių duomenų failas. Nurodome infiltraciją ir mechaninio vėdinimo oro kiekius bei tiekiamo oro temperatūrą. Taip pat nurodome šildymo ir vėsinimo sistemų patalpose palaikomą temperatūrą. Nurodomi stiklinių atitvarų dydžiai ir jei yra apsauga nuo saulės spinduliuotės sistemas ir sukuriame pastato energetinio skaičiavimo – valgymo

modelį. Pastato energinio skaičiavimo – valdymo modelį sudaro inžinerinės ir atitvarinės sistemos, klimatologiniai duomenys ir rezultatai. Pastato energetinio skaičiavimo – valdymo modelis pateiktas 6 pav.



6 pav. Pastato energetinio skaičiavimo – valdymo modelis

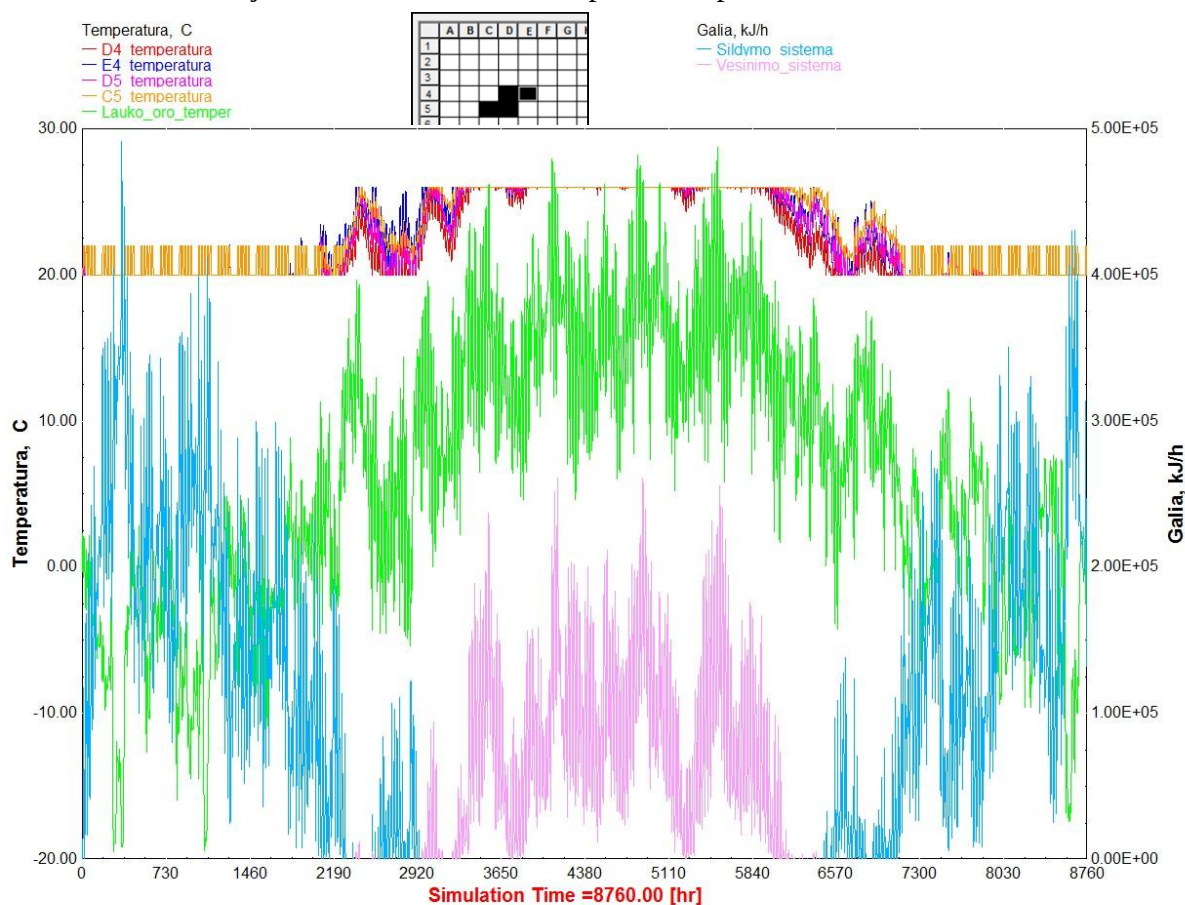
Kuriant modelį nebuvo nurodyti kiti svarbūs duomenys, tokie kaip atitvarų šilumos perdavimo koeficientai, sistemų darbo režimai, pritekiai nuo žmonių, apšvietimo ir technikos. Sukūrus modelį, naudojant modeliavimo priemonės TRNSYS, pastato redagavimo paprogramę TRNBuild, sukuriama pastato atitvaros, nustatomi darbo režimai (7 pav.) ir įvertinami pritekiai nuo vidinių šilumos šaltinių. Administracinis pastatas turi pastovų darbo laiką. Šiame pastate žmonės dirba nuo pirmadienio iki penktadienio, nuo aštuntos iki septynioliktos valandos. Visų sistemų darbo režimai yra sureguliuoti pagal darbo laiką. Priimta, kad pastate dirba 340 žmonių. Kiekvienas žmogus dirba kompiuteriu. Taip pat įvertinami ir pritekiai nuo apšvietimo. TRNBuild paprogramėje reikia pasirinkti, kokie rezultatai bus pateikti atlikus modeliavimą.



7 pav. Sukurto pastato modelio duomenų koregavimas arba įvedimas TRNBuild paprogramėje

Pirmasis pastato modelis buvo sukurtas realiam pastatui. Realus pastato suminis stiklinių atitvarų plotas sudaro 62 % bendro atitvarų ploto. Atitvarų šilumos perdavimo koeficientai atitinka norminius: išorinių atitvarų – $0,276 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, perdangos, besiribojančios su gruntu – $0,331 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, stogo – $0,221 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ir langų bei durų – $1,768 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ (STR 2.05.01:2005). Atlikus pastato modeliavimą gauti poreikiai šildymui ir vėsinimui netenkino mažoenerginio pastato keliamų reikalavimų. Todėl siekiant padaryti pastatą mažoenergi atliekamas antrasis pastato modeliavimas, kur skaidriųjų atitvarų plotas yra sumažinamas iki optimalaus, kad tenkintų natūralaus apšvietimo reikalavimus (HN 98:2000). Šilumos perdavimo koeficientai parinkti remiantis švedų mokslininkų atliktais tyrimais ir patirtimi: išorinių atitvarų, perdangos, besiribojančios su gruntu, stogo – $0,16 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ir langų bei durų – $1,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Aprašius pastato geometriją, atitvarų charakteristikas ir sistemų veikimo režimus, atliekamas modeliavimas. Tolimesniuose modeliavimuose ir analizėse naudojamas antrasis pastato modelis. Antrojo modeliavimo rezultatai pateikti 8 pav.



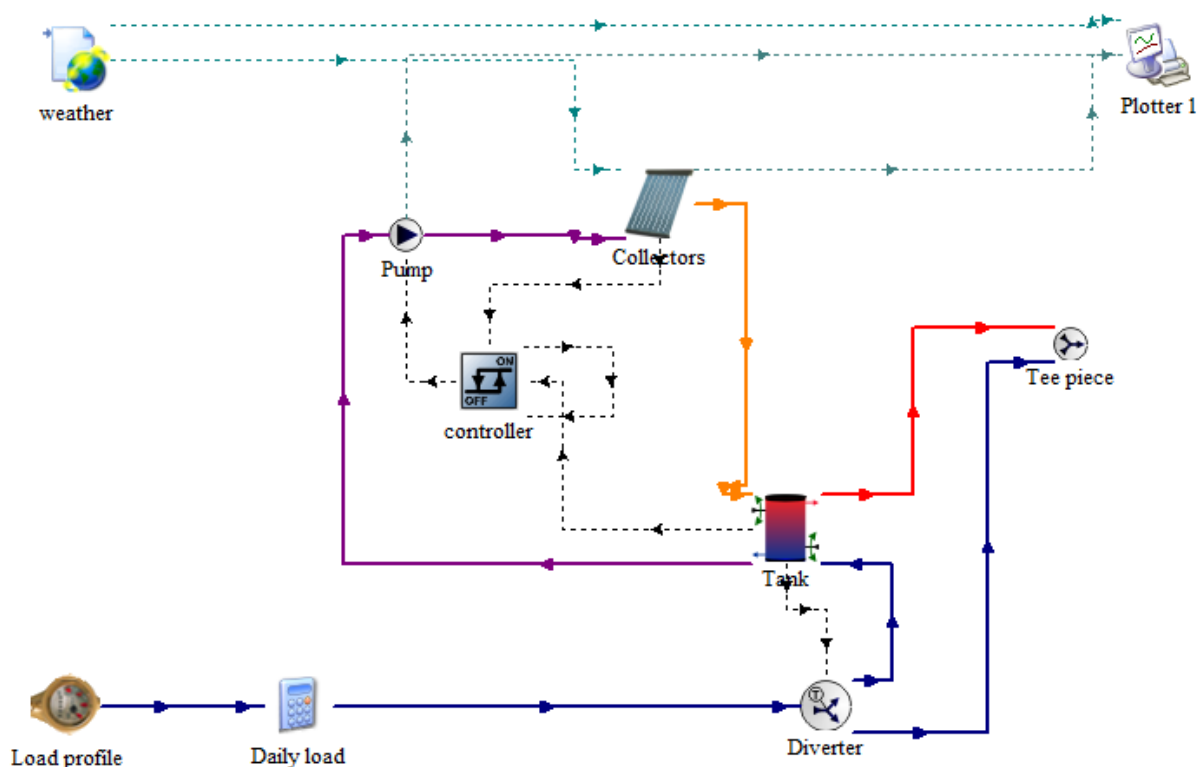
8 pav. Pastato šildymo ir vėsinimo sistemų galių bei patalpų ir lauko oro temperatūrų modeliavimo rezultatai gauti TRNSYS

Modeliavimas atliekamas ir rezultatai gaunami grafiniu būdu. Taip pat rezultatus galima gauti ir skaitine išraiška. Grafike pateiktos atskirų zonų temperatūros, kurios veikiant šildymo ir vėsinimo sistemoms užtikrina higienos normose numatytas reikšmes. Per metus temperatūra

patalpose svyruoja nuo 20 °C iki 26 °C. Didžiausi temperatūrų svyravimai yra pereinamaisiais metų laikais, t.y. balandžio, gegužės, rugsėjo ir spalio mėnesiais.

5.1.3. Saulės kolektorių sistemos modelis

Saulės spindulių energija kolektoriuose transformuojama į šiluminę energiją, kuri vėliau naudojama patalpų šildymui ir vėsinimui. Kolektoriai yra dviejų tipų: plokštieji ir vakuuminiai. Modeliavimas atliktas tiek su plokščiaisiais, tiek ir su vakuuminiais saulės kolektoriais. Naudojant vakuuminius saulės kolektorius per metus 1,5 karto daugiau šilumos gaunama iš saulės, negu naudojant plokščiuosius saulės kolektorius. Todėl tolimesniam modeliavimui ir analizavimui naudosime tik vakuuminius kolektorius. Kaip jau buvo minėta, saulės kolektorių skaičiavimo – valdymo modelį sudaro inžinerinė sistema, meteorologiniai duomenys ir suformuojamų rezultatų blokai. Saulės kolektorių skaičiavimo – valdymo sistemos modelis pateiktas 9 pav.



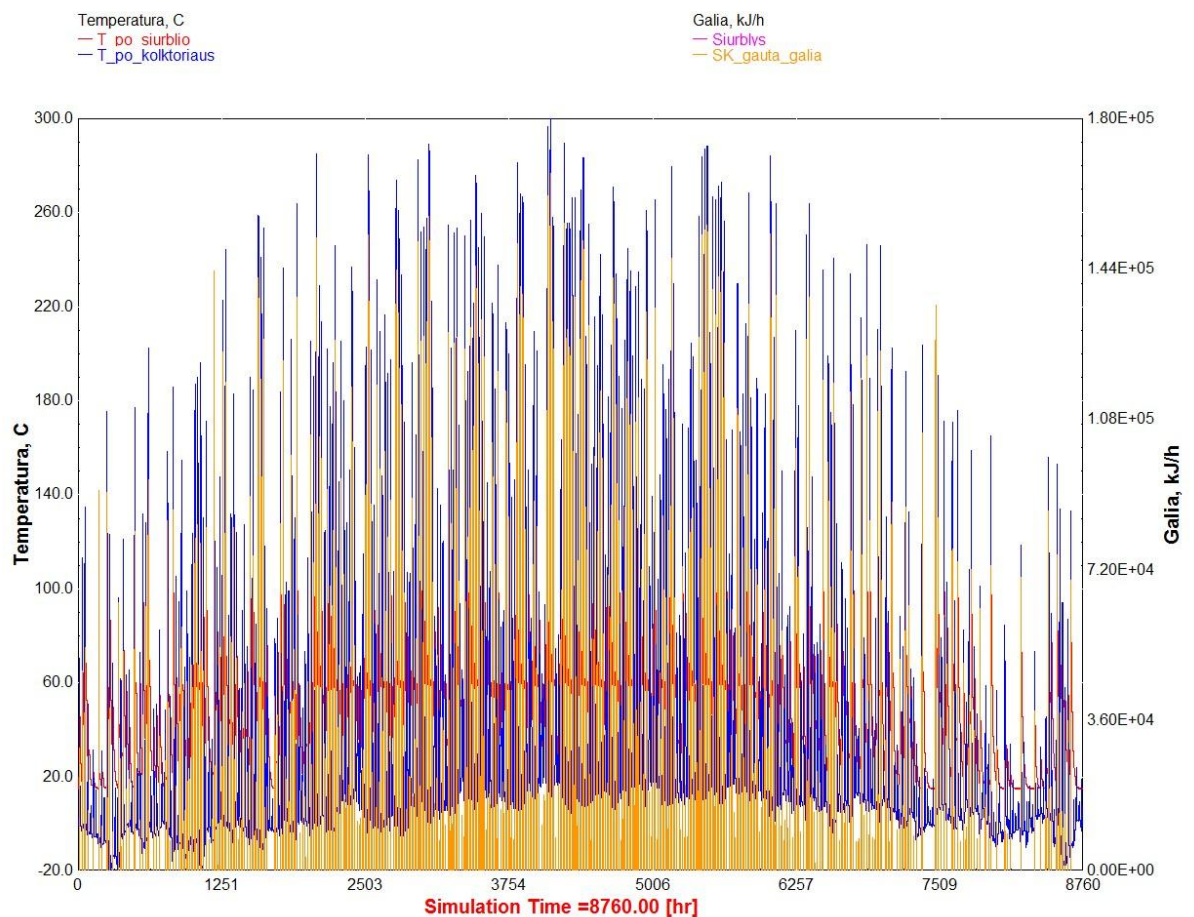
9 pav. Saulės kolektorių skaičiavimo – valdymo modelis

Iš saulės spinduliuotės gauti šiluminei energijai modeliavimas atliekamas dviem variantais. Modeliavimas su dviem pasirinktais saulės kolektorių užimamais plotais. Pradiniame modeliavimo etape buvo pasirinkta, kad saulės kolektoriai užima ketvirtadalį pastato stogo, t. y. 100 m². Antruoju variantu pasirinktas dvigubai didesnis plotas – 200 m². Tolimesnei analizei naudoju, kad saulės kolektoriai užima 200 m² pastato stogo.

Kuriant saulės kolektorių modelį reikia nurodyti saulės kolektorių skaičių, jų užimamą plotą, šilumnešio specifinę šilumą, kolektorių efektyvumą bei meteorologinius duomenis.

Remiantis prekybininkų duomenimis, priimu, kad vienos saulės kolektoriaus sekcijos plotas yra $2,15\text{ m}^2$ (UAB „AquaJazz“). Modeliuojam antruoju variantu, saulės kolektorių skaičius sistemoje yra 93. Šilumnešiu pasirenkamas vandens ir etilenglikolio (30 %) mišinys, tam kad žiemos metu neužšaltu. Šilumnešio specifinė šiluma $3,945\text{ kJ/kgK}$ (The engineering toolbox, Fluid Properties Calculator). Vakuuminių saulės kolektorių efektyvumą priimu 0,9 (Buildit Solar). Modeliuojant yra įvertinama aplinkos temperatūrą, saulės spinduliuotė ir spindulių kritimo kampas. Visi šie duomenys yra sukaupti modeliavimo priemonės TRNSYS meteorologinėje duomenų bazėje. Pagal spindulių kritimo kampą į paviršių parenkamas saulės kolektorių pasvirimo kampas.

Pagal programos nutylėjimą nėra keičiami neigiami pirminis ir antrinis efektyvumo koeficientai. Atliekamas modeliavimas. Modeliavimo rezultatai pateikti 10 pav.

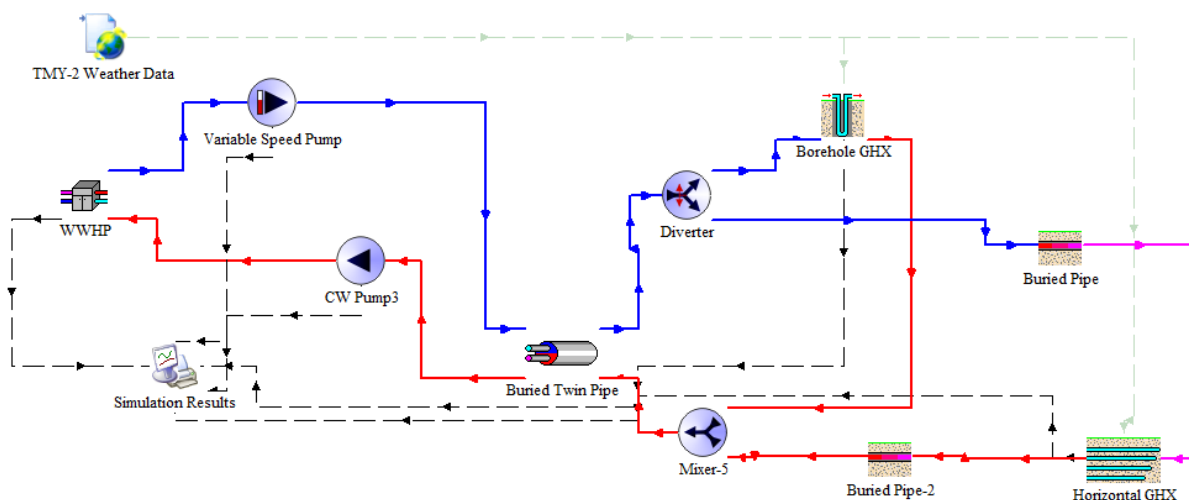


10 pav. Vakuuminių saulės kolektorių sistemos bei siurblio galių bei šilumnešių temperatūrų modeliavimo rezultatai gauti TRNSYS

Atlikus modeliavimą, gavome šilumnešio išeinančio iš saulės kolektorių temperatūrą, gautos energijos kiekį, sistemos siurblio elektros energijos suvartojimą. Gautuose rezultatuose matyti, kad didžiausias energijos kiekis yra gautas birželio 21 d. nuo 12 iki 13 val. ir tai sudaro 91 kWh .

5.1.4. Gruntinio šilumos siurblio sistemos modeliavimas

Šalto klimato zonos oro temperatūra metų laikotarpyje svyruoja nuo $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ iki net $35\text{ }^{\circ}\text{C}$, tuo tarpu grunto temperatūros svyravimai yra žymiai mažesni. Šilumai iš grunto išgauti naudojami paviršinio grunto ir gręžinių sistemos. Gruntinio ŠS sistemos skaičiavimo – valdymo modelis pateiktas 11 pav.

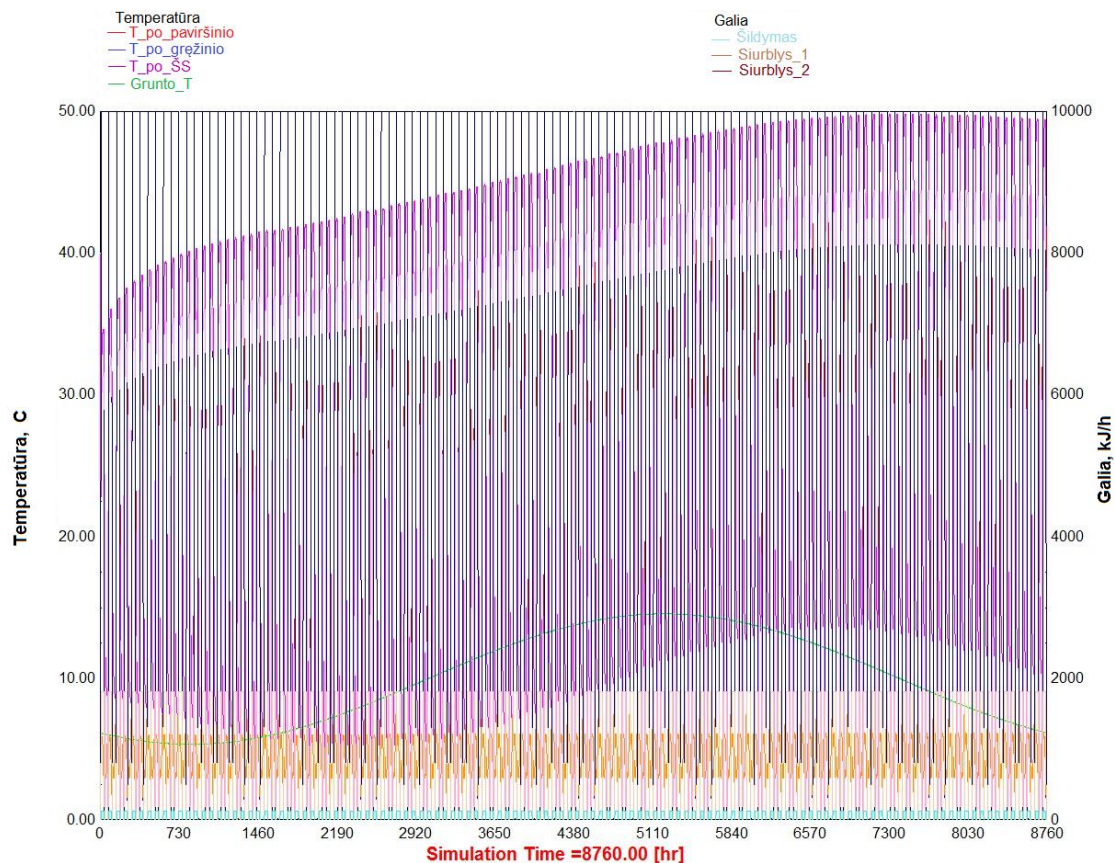


11 pav. Gruntinio šilumos siurblio skaičiavimo – valdymo sistemos modelis

Modeliuojant gruntinį šilumos siurblį, vertikali ir horizontali sistemos sujungiamos į vieną. Vanduo – vanduo ŠS darbo režimai priimami tokie, kokie yra TRNSYS duomenų bazėje. Šilumnešis yra vandens ir etilenglikolio (30 %) mišinys. Horizontalūs vamzdžiai yra išdėstomi trimis sluoksniais. Pirmieji vamzdžiai klojami 2 metrų gylyje, antrieji – 4 m., o tretieji – 6 m gylyje. Visi vamzdžiai yra viename dirvožemio sluoksnyje. Nurodomas vamzdžių ilgis, išoriniai ir vidiniai skersmenys bei šiluminis laidumas. Keičiamas tik vamzdynų ilgis, kiti duomenys paliekami pagal duomenų bibliotekoje pateiktus duomenis. Nurodoma šilumnešio tankis, specifinė šiluma, šiluminis laidumas ir klampis (Fluid Properties Calculator). Kadangi nėra priimtas konkretus dirvožemis, tai grunto charakteristikos nekeičiamos. Grunto ir aplinkos temperatūros gaunamos nurodžius ryšius su meteorologiniais duomenimis.

Gręžinio įvesties duomenys nuo horizontalių vamzdžių skiriasi tik gręžinio parametrais. Nurodomas gręžinio gylis, jų skaičius, spindulys. Kadangi nepriimtas konkretus dirvožemis, tai gręžinio gylis priimamas 100 metrų ir kad yra trys gręžiniai.

Vanduo – vanduo ŠS reikalingi duomenys yra šilumnešių parametrai ir atliekamas modeliavimas. Modeliavimo rezultatai yra pateikti 12 pav.

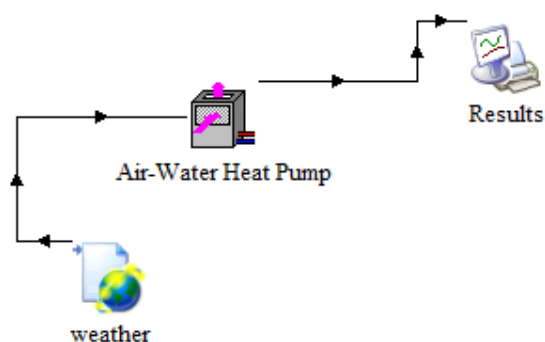


12 pav. Gruntinio šilumos siurblio bei siurblių galių bei šilumnešio temperatūrų modeliavimo rezultatai gauti TRNSYS

Atlikus modeliavimą gavome šilumos siurblio pagaminamos energijos kiekius, šilumnešio temperatūras po šilumos šaltinių bei po ŠS. Taip pat gavome sistemos siurblių suvartojamos elektros energijos kiekius.

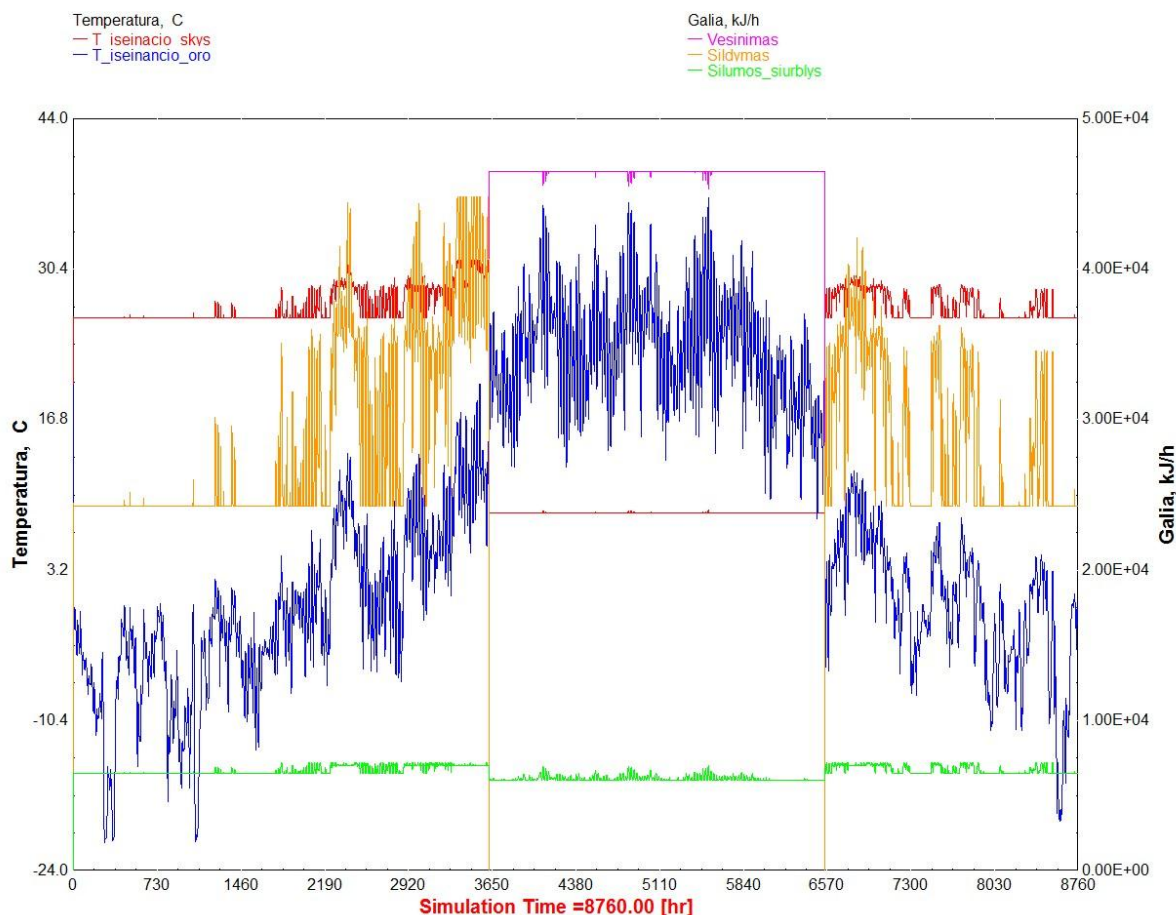
5.1.5. Orinio šilumos siurblio sistemos modelis

Paskutinė technologija naudojama gauti šiluminei energijai iš atsinaujinančių išteklių yra oras – vanduo ŠS. Žiemos metu šilumos siurblys ima šilumą iš lauko oro, o vasarą, kai reikalingas vėsinimas, ŠS gamina vėsa. Oras – vanduo šilumos siurblio skaičiavimo – valdymo sistemos modelis pateiktas 13 pav.



13 pav. Oras – vanduo šilumos siurblio skaičiavimo – valdymo sistemos modelis

Oras – vanduo ŠS darbo režimai priimami tokie, kokie yra TRNSYS duomenų bazėje. Pagrindiniai parametrai reikalingi modeliavimui yra meteorologiniai duomenys. Meteorologinių duomenų ryšiai su ŠS įvertina įeinančio oro temperatūra, santykinę drėgmę, slėgį. Pagal šildymo ir vėsinimo sezonų trukmę įvertina, kada ŠS galina šilumą, o kada vėsą. Be meteorologinių duomenų reikia įvertinti ir šilumnešio specifinę šilumą. Oras – vanduo šilumos siurblio modeliavimo rezultatai pateikti 14 pav.

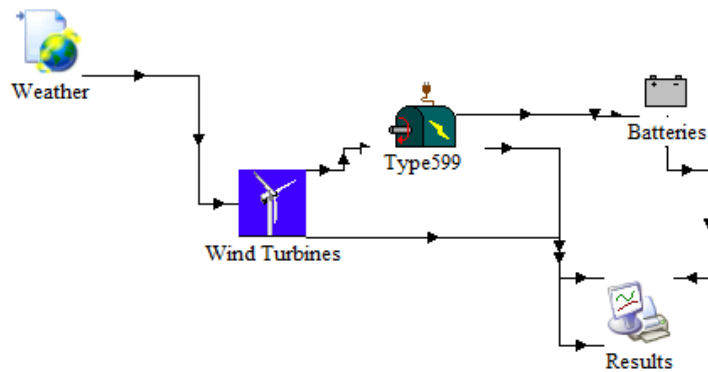


14 pav. Orinio šilumos siurblio galios, šildymui ir vėsinimui gautos galios bei išeinančių iš ŠS oro ir šilumnešių temperatūrų modeliavimo rezultatai gauti TRNSYS

Atlikus modeliavimą gavome ŠS ir kompresoriaus galias, išeinančio iš ŠS oro ir šilumnešio temperatūras. Taip pat gavome šildymui ir vėsinimui pagamintos energijos kiekius. Iš rezultatų matyti, kad pačiu šalčiausiu periodu (sausio ir vasario mėnesiais) gaunamas mažiausias šilumos kiekis, o didžiausi kiekiai – balandžio ir spalio mėnesiais. Vėsinimo režimo metu dirbančio ŠS vėsinimui skirtas energijos kiekis yra pastovus.

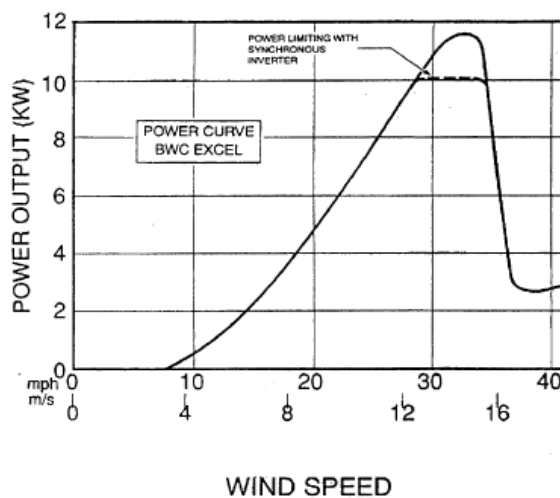
5.1.6. Vėjo jėgainės sistemos modelis

Elektros energijos gamybos AEI naudojami saulė ir vėjas. Viena populiariausių technologijų yra vėjo jėgainės. Sukuriama vėjo jėgainės skaičiavimo – valdymo sistemos modelis, kuris pavaizduotas 15 pav.

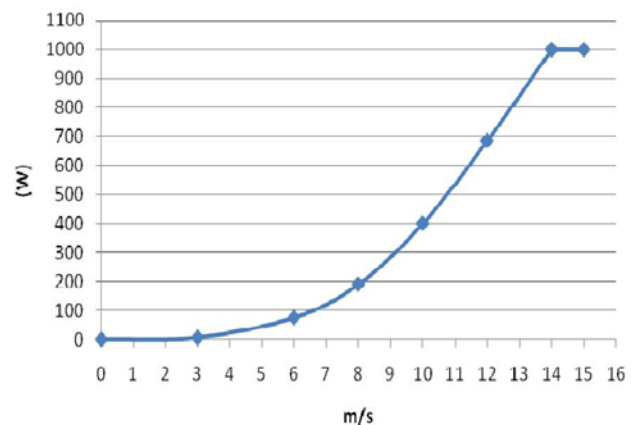


15 pav. Vėjo jėgainės skaičiavimo – valdymo sistemos modelis

Kuriant vėjo jėgainės sistemos modelį reikia įvertinti vėjo greitį ir kryptį bei vėjo jėgainės parametrus. Yra sukūrimas failas, kuriame įvesti parametrai apie vėjo jėgainę ir jos veikimą. Šiame faile reikia nurodyti vėjo jėgainės galingumas, rotorio centro aukštį, rotorio diametrą, maksimalų greitį, prie kurio jėgainė pagamina maksimalų kiekį bei jėgainės galingumą prie tam tikro greičio. Yra atlikti dviejų vėjo jėgainių modeliavimai, tai 1 kW ir 10 kW. Vėjo greičio ir vėjo jėgainės galingumo priklausomybės pavaizduotos 16 pav.



a)

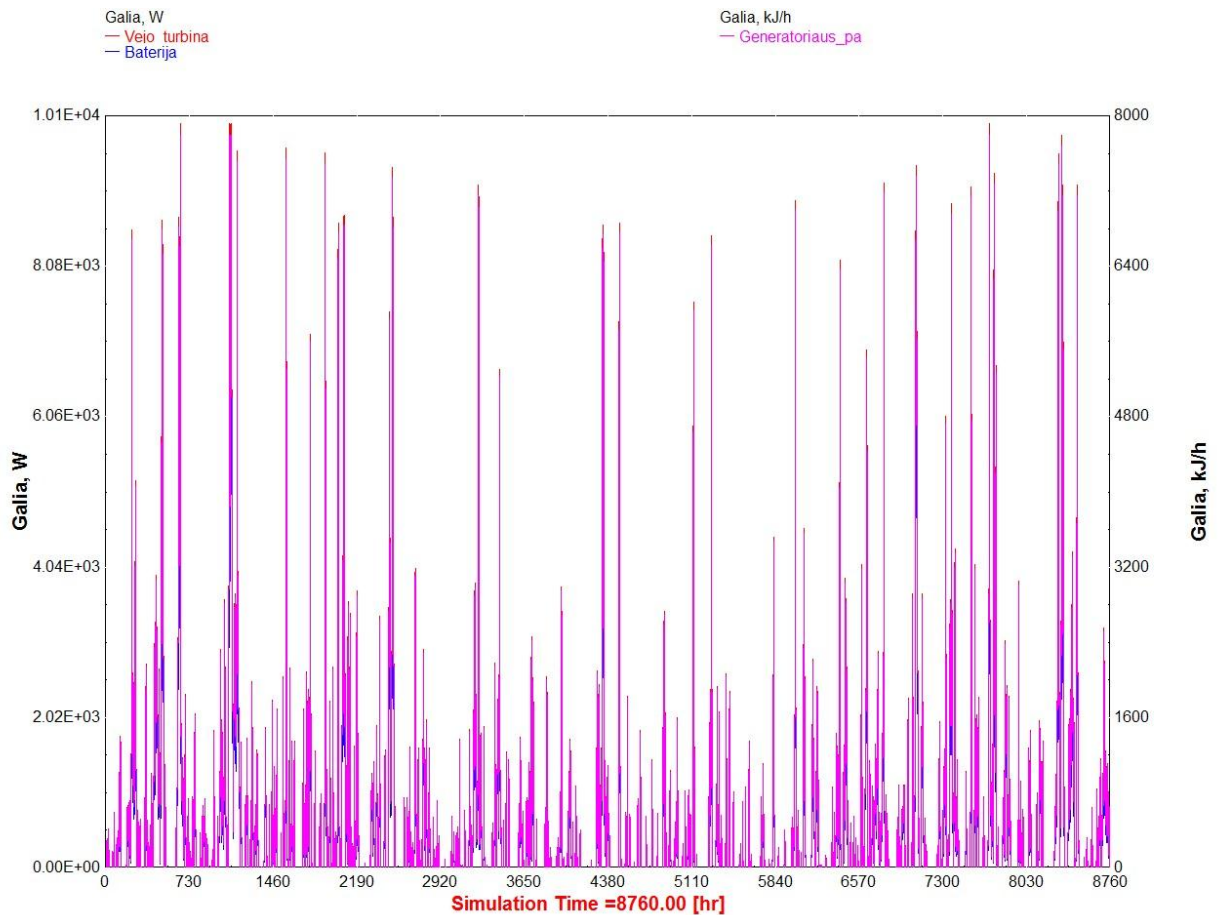


b)

16 pav. Jėgainės galingumo, nuo vėjo greičio priklausomybių grafikas

a) 10 kW vėjo jėgainės; b) 1 kW vėjo jėgainės

10 kW galingumo vėjo jėgainės modeliavimo rezultatai pateikti 17 pav.

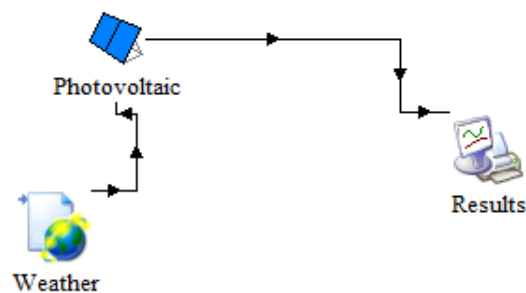


17 pav. 10 kW vėjo jėgainės pagamintos galios rezultatai gauti TRNSYS

Atlikus modeliavimą gavome vėjo turbinos galią, pagamintos elektros kiekius, baterijos galią bei efektyvumą. Iš rezultatų matyti kad maksimalia galia vėjo jėgainė veikia tik vos 4 valandas per metus. Palyginus metinius kiekius, kuriuos pagamina 10 kW ir 1 kW vėjo jėgainės gauta, kad 10 kW jėgainė pagamina tik 3,5 karto daugiau elektros per metus negu 1 kW.

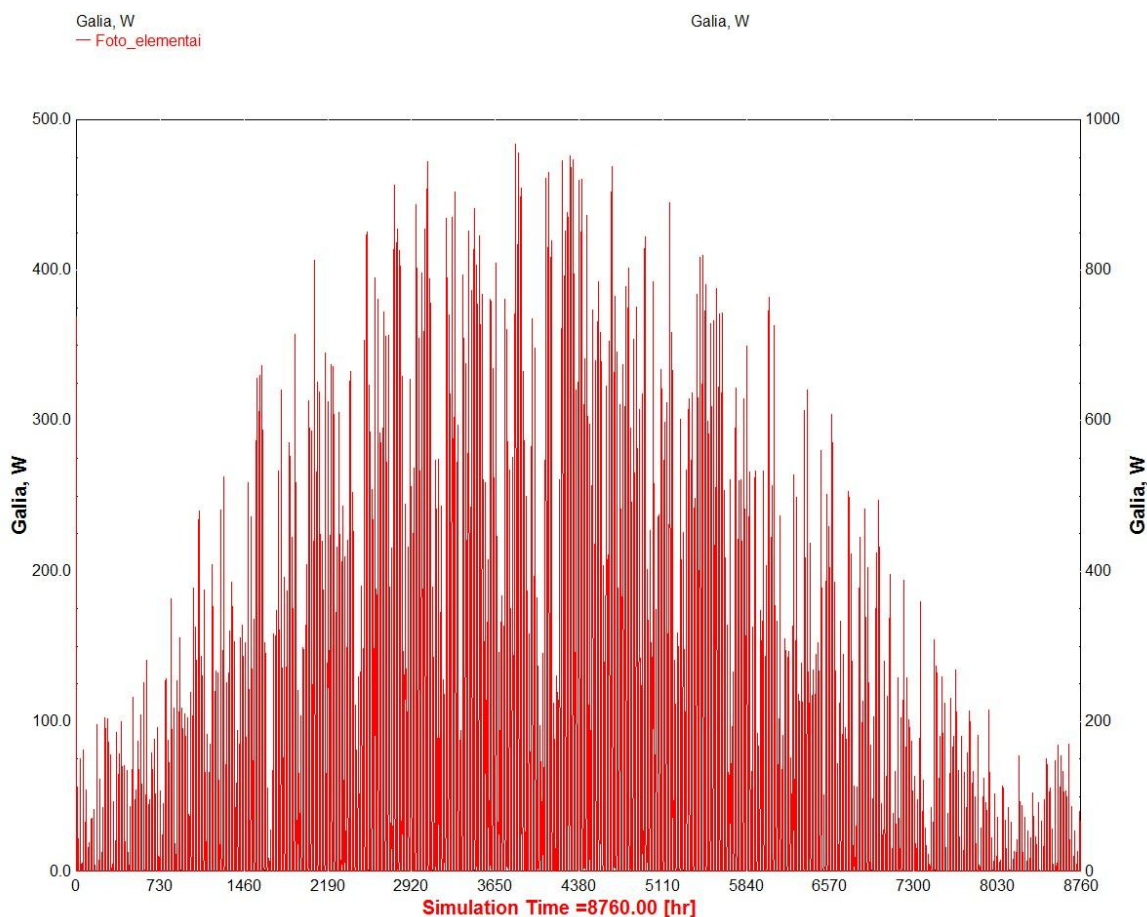
5.1.7. Saulės foto elementų sistemos modelis

Kita technologija, kurios pagalba naudojant atsinaujinančius išteklius gaminama elektros energija yra saulės foto elementai. Juose saulės šiluminė energija verčiama į elektros energiją. Saulės foto elementų skaičiavimo – valdymo sistemos modelis pateiktas 18 pav.



18 pav. Saulės foto elementų skaičiavimo – valdymo sistemos modelis

Foto elementų modeliavimui reikalingi tik meteorologiniai duomenys. Reikia įvertinti aplinkos temperatūrą, vėjo greitį, saulės spinduliuotė į paviršių, išsklaidytą spinduliavimą, spinduliavimo kampą bei saulės zenito kampą. Taip pat reikia nurodyti koks saulės foto elementų užimamas plotas. Kadangi pastato stogas siekia 400 m^2 , 200 m^2 užima saulės kolektoriai, taip pat ant stogo būtų vėjo jėgainė, tai saulės foto elementai užima 100 m^2 . Atliekamas modeliavimas, jo rezultatai pateikti 19 pav.



19 pav. Saulės foto elementų galios modeliavimo rezultatai gauti TRNSYS

Atlikus modeliavimą gauti rezultatai pateikti grafiniu būtu. Gauta saulės foto elementų galia. Didžiausia galia gaunama vasaros metu, kada saulės spinduliuotė yra didžiausia.

5.2. Modeliavimo rezultatai ir jų interpretacija

Siekiant išsiaiškinti, kiek reikalingos pastatui šildymo ir vėsinimo sistemų galios bei elektros energijos gali padengti AEI, atliekama analizė. Šildymo sistemai reikalingą energijos kiekį padengti sumodeliuotos vakuuminių saulės kolektorių, gruntinio šilumos siurblio bei orinio šilumos siurblio sistemos. Vėsinimui reikalingą energijos kiekį tiesiogiai gamins orinis šilumos siurblys, o naudojant adsorbcinį šilumos transportavimo įrenginį, kurio efektyvumo koeficientas 0,56 (Cvetkovaitė 2011), šiluma verčiama į vėsą. Elektros energijos poreikiam tenkinti sumodeliuota vėjo jėgainė ir saulės foto elementų sistemos.

Pagaminti energijos kiekiai pateikti 2 lentelėje.

2 lentelė. Pagaminti energijos kiekiai

Energijos generatoriai ir energijos poreikio tipas		Metiniai energijos kiekiai, MWh	Vidutiniai energijos kiekiai, kWh	Maksimalus energijos kiekis, kWh	Energijos kiekis, % nuo viso pagaminto kiekio
Vakuuminiai saulės kolektoriai	Šildymui	18,03	3,41	82,77	16,91
	Vėsinimui	18,47	5,31	51,03	25,64
Gruntinis ŠS	Šildymui	42,37	8,02	20,30	39,74
	Vėsinimui	15,75	4,52	11,35	21,87
Orinis ŠS	Šildymui	46,20	7,92	12,46	43,35
	Vėsinimui	37,80	12,92	12,92	52,49
1 kW vėjo jėgainė	Elektros	1,46	0,167	0,74	19,54
10 kW vėjo jėgainė	Elektros	5,49	0,626	10,00	73,28
Saulės foto elementai	Elektros	0,538	0,0614	0,4840	7,18

Didžiausius energijos kiekius pagamina oras – vanduo šilumos siurblys. Šildymui tai sudaro daugiau nei 43 % energijos, nuo visos pagamintos energijos kiekio. Vėsinimui tai siekia net 52,5 %. Elektros energijos gamyboje dominuoja 10 kW vėjo jėgainė.

5.2.1. Šildymo poreikių įvertinimas

Metai dalijami į du būdingus sezonus: šildymo ir vėsinimo. Šildymo sezonas prasideda rugsėjo 26 d. ir tęsiasi iki gegužės 3 d. (RSN 156-94), vėsinimo laikotarpis – nuo gegužės 4 d. iki rugsėjo 25 d. Šildymo sezono metu vidutinis metinis šiluminės energijos suvartojimas yra 36 kWh. Mėnesiniai energijos suvartojimai pastato šildymui pateikti 3 lentelėje.

3 lentelė. Mėnesiniai energijos suvartojimai pastato šildymui

Mėnesiai	Vidutinė lauko oro temperatūra, °C	Energijos suvartojimas šildymui, MWh
Sausis	-5,13	45,89
Vasaris	-4,56	38,30
Kovas	-0,35	25,16
Balandis	5,82	4,10
Gegužė	12,52	0,34
Birželis	15,58	0,00
Liepa	17,01	0,00
Rugpjūtis	16,41	0,00
Rugsėjis	11,77	0,09
Spalis	7,18	7,57
Lapkritis	1,88	24,68
Gruodis	-2,21	42,26
Σ		188,38

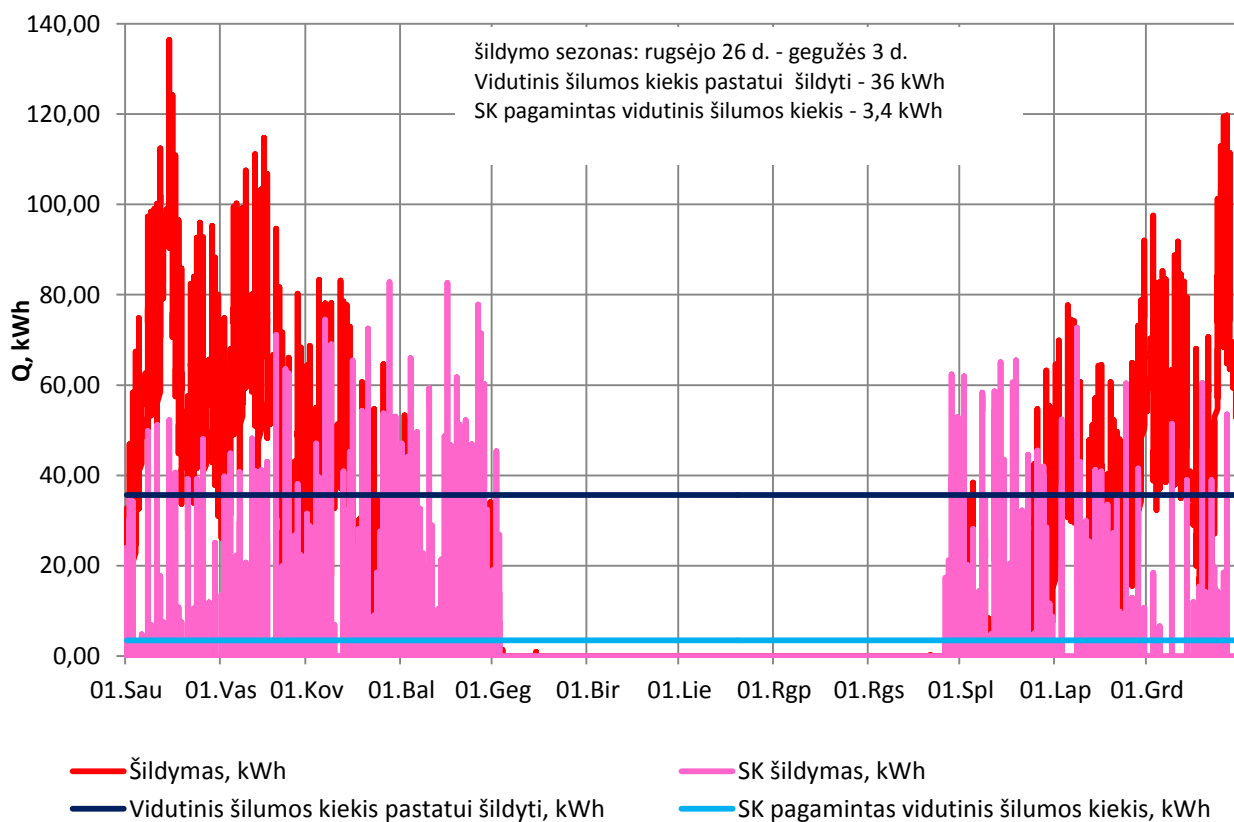
Pirmasis šilumos transformavimo įrenginys pasirinktas saulės kolektoriai. Vakuuminiai saulės kolektoriai per metus pagamina 51 *MWh* šilumos. Tačiau, šildymo sezono metu, pagamintas šilumos kiekis yra žymiai mažesnis ir jis siekia tik 18 *MWh* šilumos. Likusią dalį energijos pagamina vasaros metu, kada saulės spinduliuotė yra didžiausia. Mėnesiniai pagamintos energijos kiekiai pateikti 4 lentelėje.

4 lentelė. Vakuuminių saulės kolektorių mėnesiniai pagamintos energijos kiekiai

Mėnesiai	Saulės spinduliuotė per mėnesį, kW/m ²	Pagamintos energijos kiekiai, MWh
Sausis	31,34	1,24
Vasaris	62,53	2,20
Kovas	98,92	4,05
Balandis	122,31	4,62
Gegužė	163,23	8,01
Birželis	149,71	7,61
Liepa	156,05	7,21
Rugpjūtis	141,46	7,03
Rugsėjis	91,02	3,92
Spalis	67,45	2,94
Lapkritis	32,73	1,45
Gruodis	18,28	0,72
Σ		51,01

Per šildymo sezoną, saulės kolektoriai vidutiniškai pagamina 3,4 *kWh*. Šildymo sezono metu saulės kolektorių pagaminamos energijos ir pastatui reikalingos energijos kiekiai pavaizduoti 20 pav.

Pagal modeliavimo priemonėje TRNSYS esančius meteorologinius duomenis pastatą dar reikia šildyti ir gegužės mėnesio viduryje bei anksčiau pradėti šildymo sezoną rugsėjo mėnesį. Šie kiekiai yra nežymūs, todėl pagal Lietuvos klimatologinius duomenimis (RSN 156-94) modeliavimui naudoju numatytą šildymo sezono pradžią ir pabaigą. Vidutiniai rodikliai, savaime suprantama, apima šildymo sezoną.



20 pav. Pastato šildymo sistemos suvartojamos energijos kiekių ir SK pagaminamos energijos kiekių grafikas

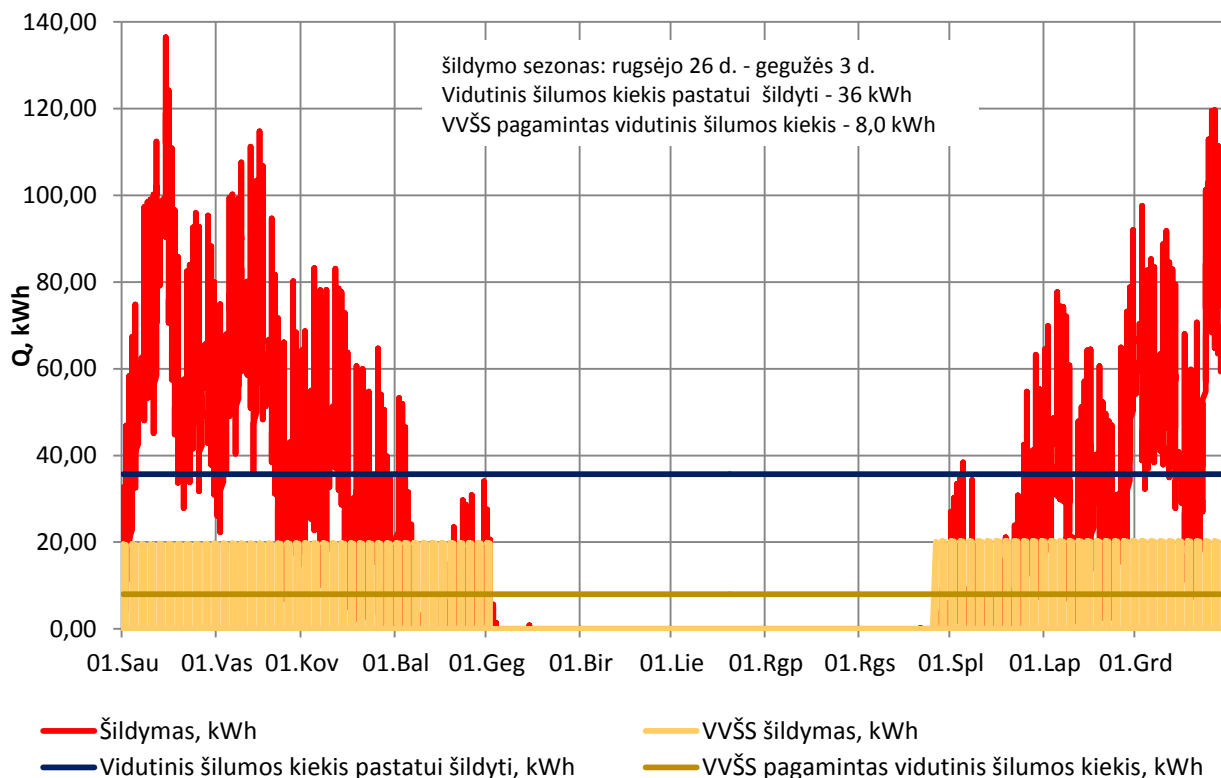
Vakuuminiai saulės kolektoriai šildymo sezono metu vidutiniškai gali padengti 3,4 kWh – tai sudaro 9,6 % vidutinio šildymo sezono metu reikalingo energijos kiekio.

Antrasis šilumos transformavimo įrenginys pasirinktas grunto šiluminis šaltinis. Šilumos šaltinis yra grunto šiluma. Per šildymo sezoną iš grunto gaunamos šilumos kiekis siekia 42 MWh. Mėnesiniai pagamintos energijos kiekiai pateikti 5 lentelėje.

5 lentelė. Grunto šiluminio šaltinio mėnesiniai pagamintos energijos kiekiai

Mėnesiai	Grunto temperatūra, °C	Pagamintos energijos kiekiai, MWh
Sausis	5,70	5,97
Vasaris	5,51	5,40
Kovas	6,47	5,71
Balandis	8,38	5,73
Gegužė	10,73	0,57
Birželis	12,88	0,00
Liepa	14,26	0,00
Rugpjūtis	14,48	0,00
Rugsėjis	13,48	0,86
Spalis	11,54	6,16
Lapkritis	9,19	5,85
Gruodis	7,06	6,12
Σ		42,37

Per šildymo sezoną grūntinis šilumos siurblys vidutiniškai pagamina 8,0 kWh. Šildymo sezono metu grūntinio ŠS pagaminamos energijos ir pastatui reikalingos energijos kiekiai pavaizduoti 21 pav.



21 pav. Pastato šildymo sistemos suvartojamos energijos kiekių ir grūntinio ŠS pagaminamos energijos kiekių grafikas

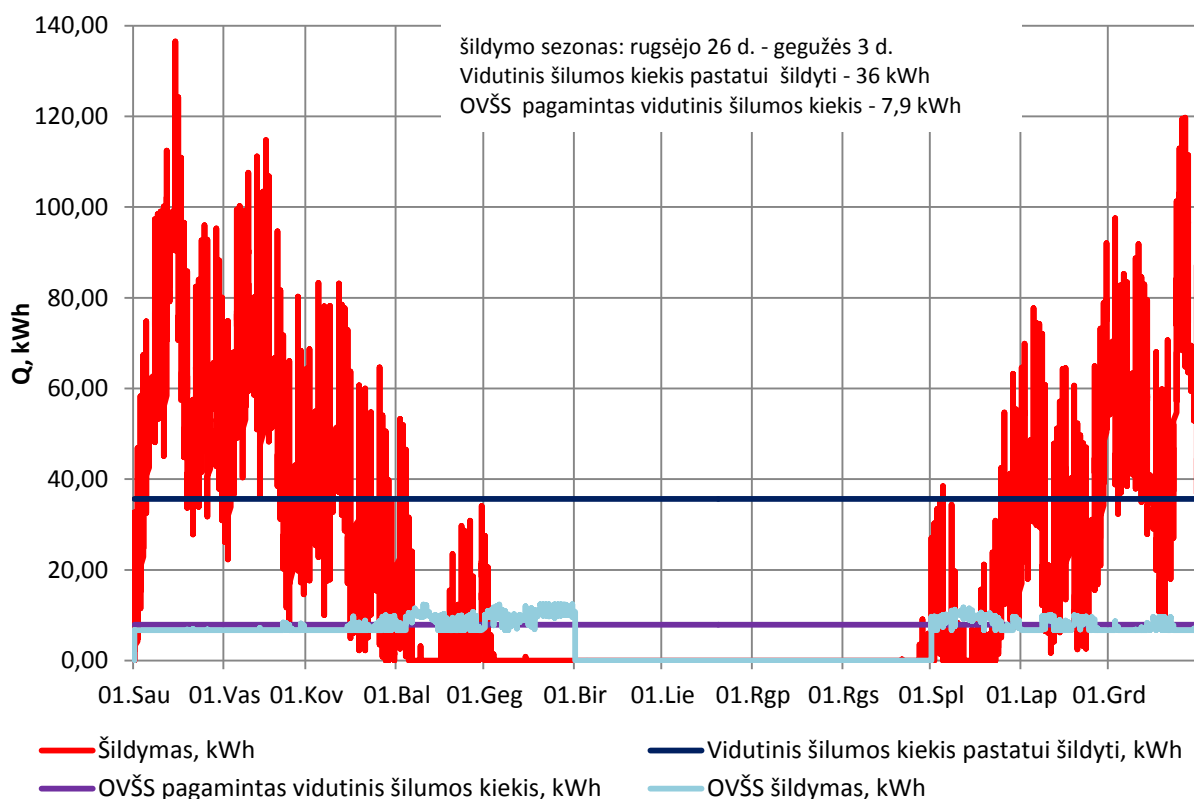
Grūntinis šilumos siurblys šildymo sezono metu vidutiniškai gali padengti 8,0 kWh – tai sudaro 22,5 % vidutinio šildymo sezono metu reikalingo energijos kiekio.

Trečiasis šilumos transformavimo įrenginys pasirinktas orinis ŠS. Šilumos šaltinis yra aplinkos oro temperatūra. Per šildymo sezoną iš oro gaunamas šilumos kiekis siekia 46 MWh. Mėnesiniai pagamintos energijos kiekiai pateikti 6 lentelėje.

6 lentelė. Orinio ŠS mėnesiniai pagamintos energijos kiekiai

Mėnesiai	Vidutinė lauko oro temperatūra, °C	Pagamintos energijos kiekiai, MWh
Sausis	-5,13	5,01
Vasaris	-4,56	4,58
Kovas	-0,35	5,27
Balandis	5,82	6,19
Gegužė	12,52	7,73
Birželis	15,58	0,00
Liepa	17,01	0,00
Rugpjūtis	16,41	0,00
Rugsėjis	11,77	0,00
Spalis	7,18	6,67
Lapkritis	1,88	5,49
Gruodis	-2,21	5,27
Σ		46,21

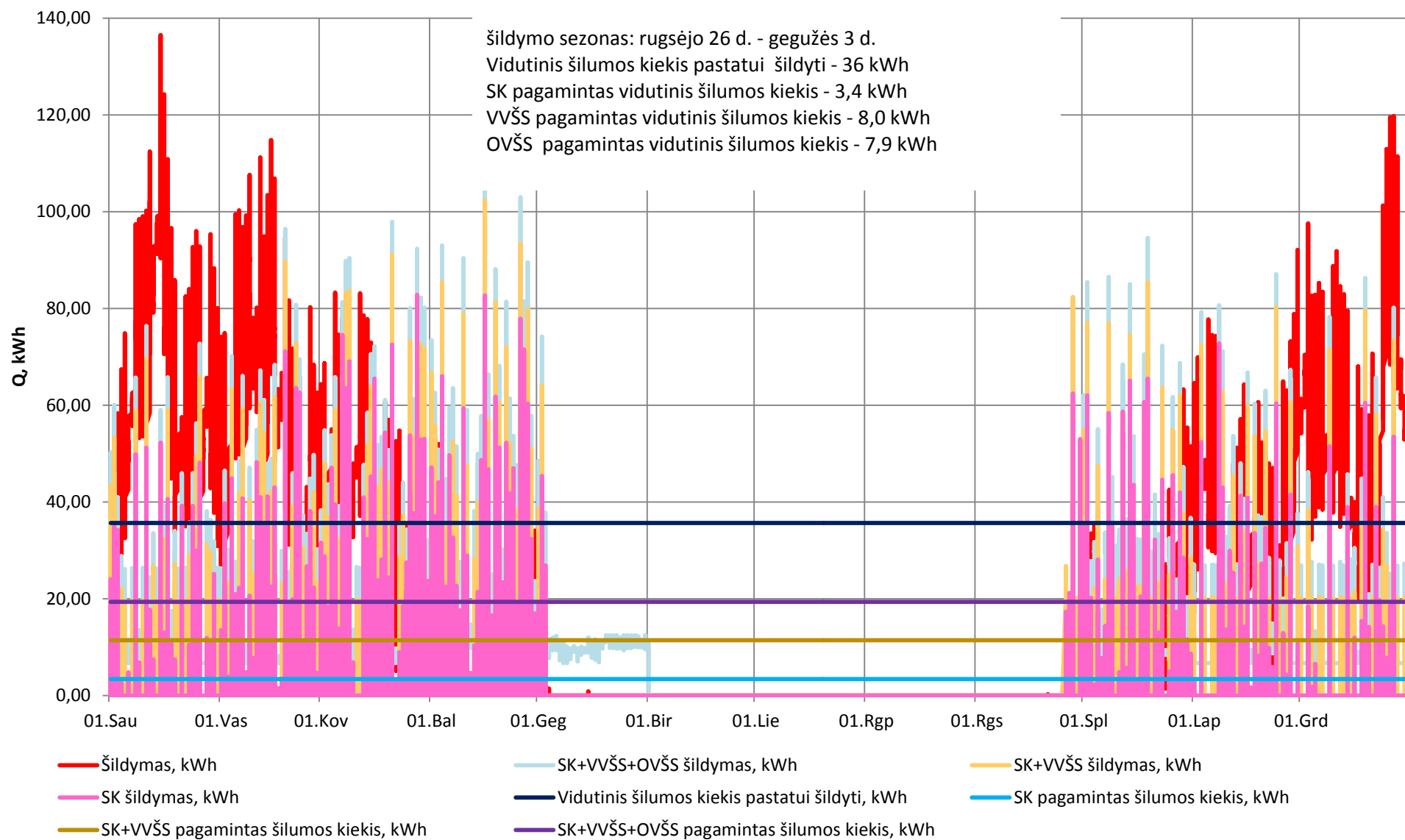
Per šildymo sezoną orinis šilumos siurblys vidutiniškai pagamina 7,9 kWh. Šildymo sezono metu orinis ŠS pagaminamos energijos ir pastatui reikalingos energijos kiekiai pavaizduoti 22 pav.



22 pav. Pastato šildymo sistemos suvartojamos energijos kiekių ir orinio ŠS pagaminamos energijos kiekių grafikas

Orinio ŠS darbo režimas nustatomas modeliavimo priemonėje TRNSYS su meteorologiniais duomenimis, todėl energijos kiekį šildymui jis gamina nuo spalio 1 d. iki gegužės 31 d. todėl šis darbo režimas yra ilgesnis negu teorinis šildymo sezonas, tai ir vidutinis energijos kiekis yra mažesnis. Orinis šilumos siurblys šildymo sezono metu vidutiniškai gali padengti 7,9 kWh – tai sudaro 24,5 % vidutinio šildymo sezono metu reikalingo energijos kiekio (vidutiniai rodikliai apima šildymo sezoną).

Iš AEI suminiai pagamintos energijos kiekio ir pastatui reikalingos energijos kiekiai pavaizduoti 23 pav. Naudojant 200 m² saulės kolektorių, gruntinį bei orinį šilumos siurblius pagamintos energijos kiekis per metus siekia 106,6 MWh šilumos. Per metus vidutiniškai padengia 19,3 kWh. Šis kiekis sudaro tik 56,6 % energijos reikalingos pastatui šildymo sezono metu.



23 pav. Suminis pagamintos energijos kiekis bei pastato suvartojama energija šildymo sezono metu

5.2.2. Vėsinimo poreikių įvertinimas

Kad patalpose būtų reikiamas mikroklimatas, vasaros metu jas reikalinga vėsinti. Priešingu atveju, patalpų temperatūros pakyla iki tokių, kurios mažina darbingumą. Vėsinimo sistema patalpose palaiko ne aukštesnę kaip 26 °C (HN 42:2009). Vėsinimas yra naudojamas pagal poreikį. Jis naudojamas šiltuoju metų laiku: gegužės – rugsėjo mėnesiais. Šiltuoju sezono metu vidutinis energijos suvartojimas vėsinimui yra 20 kWh. Mėnesiniai energijos suvartojimai pastato šildymui pateikti 7 lentelėje.

7 lentelė. Pastato vėsinimui reikalingos energijos kiekiai šiltuoju metų laiku

Mėnesiai	Vidutinė lauko oro temperatūra, °C	Energijos suvartojimas vėsinimui, MWh
Gegužė	12,52	9,02
Birželis	15,58	17,05
Liepa	17,01	22,90
Rugpjūtis	16,41	17,27
Rugsėjis	11,77	3,80
Σ		70,04

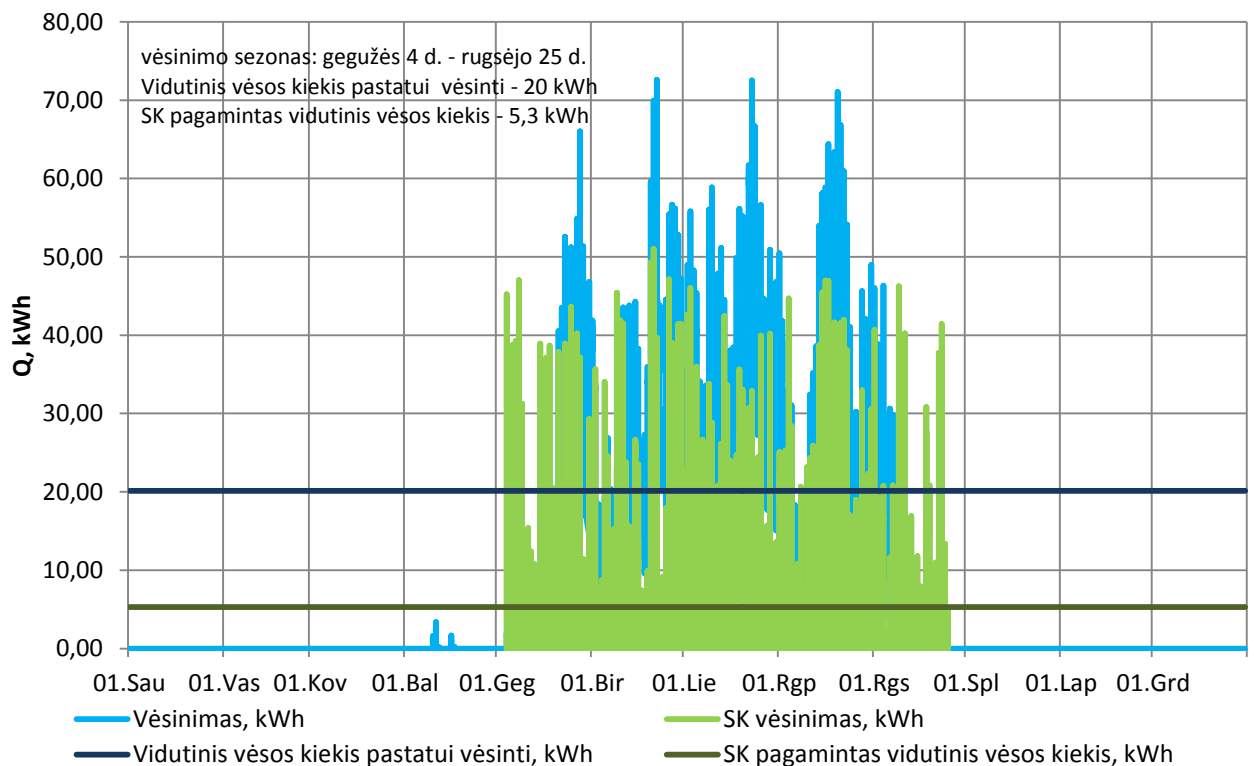
Vėsinimui reikalingas energijos kiekis 70 MWh.

Šiltuoju metų laiku dideli kiekiai atsinaujinančios energijos gaunama iš saulės. Todėl vakuuminių saulės kolektorių pagaminta energija bus panaudojama vėsinimui. Naudojant adsorbcinį šilumos transformavimo įrenginį, kurio efektyvumo koeficientas 0,56 (Cvetkovaite 2011), saulės šiluma verčiama į vėsa. Pagamintas vėsos kiekis šiltuoju metų laiku pateiktas 8 lentelėje.

8 lentelė. Mėnesiniai iš saulės kolektorių pagaminti energijos kiekiai vėsinimui

Mėnesiai	Saulės spinduliuotė	Pagamintos šilumos kiekiai, MWh	Gautas vėsos kiekis, MWh
Gegužė	163,23	7,80	4,37
Birželis	149,71	7,61	4,26
Liepa	156,05	7,21	4,03
Rugpjūtis	141,46	7,03	3,94
Rugsėjis	91,02	3,33	1,86
Σ		32,98	18,47

Vidutinis vėsos kiekis, kuris gaunamas naudojant adsorbcinį šilumos transformavimo įrenginį, yra 5,3 kWh. Vasara iš saulės kolektorių pagaminamos vėsos ir pastatui reikalingos vėsos kiekiai pavaizduoti 24 pav.



24 pav. Iš saulės kolektorių pagamintos vėsos ir pastatui reikalingos vėsos kiekių grafikas

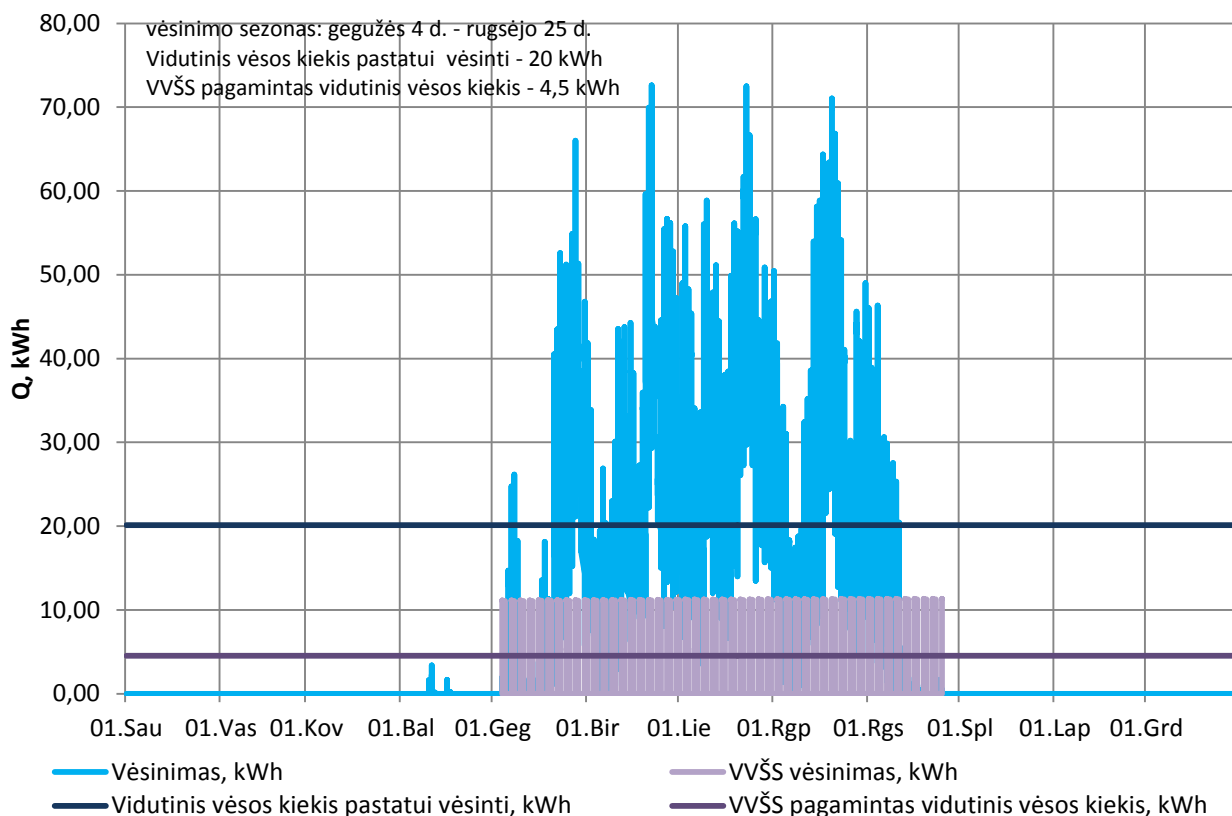
Pagal meteorologinius duomenis esančius modeliavimo priemonėje TRNSYS, pastatą dar reikėtų vėsinti balandžio mėnesio viduryje. Tačiau atliekant modeliavimą vėsinimo sezonas prasideda gegužės 4 d. Naudojant adsorbcinį šilumos transformavimo įrenginį iš vakuuminių saulės kolektorių pagamintos vėsos vidutiniškai galima padengti 5,3 kWh – tai sudaro 26,4 % vidutinio vėsinimo metu reikalingo energijos kiekio.

Antrasis šilumos transformavimo įrenginys pasirinktas grunto šiluminis šaltinis. Šildymo sezono metu iš grunto yra imama šiluma, o vasarą, naudojant adsorbcinį šilumos transportavimo įrenginį, gaminama vėsa. Per šiltąjį metų laikotarpį iš grunto gautos šilumos pagamintas vėsos kiekis siekia 16 MWh. Mėnesiniai pagamintos vėsos kiekiai pateikti 9 lentelėje.

9 lentelė. Mėnesiniai iš grunto šiluminio šaltinio pagaminti vėsos kiekiai

Mėnesiai	Vidutinė grunto temperatūra, °C	Pagamintos vėsos kiekiai, MWh
Gegužė	10,73	3,07
Birželis	12,88	3,23
Liepa	14,26	3,40
Rugpjūtis	14,48	3,26
Rugsėjis	13,48	2,79
Σ		15,75

Vidutiniškai šiltuoju metų laiku iš grunto gaunamos vėsos kiekis yra $4,5 \text{ kWh}$. Iš grunto pagaminamos vėsos ir pastatui reikalingos vėsos kiekiai pavaizduoti 25 pav.



25 pav. Iš grunto pagamintos vėsos ir pastatui reikalingos vėsos kiekių grafikas

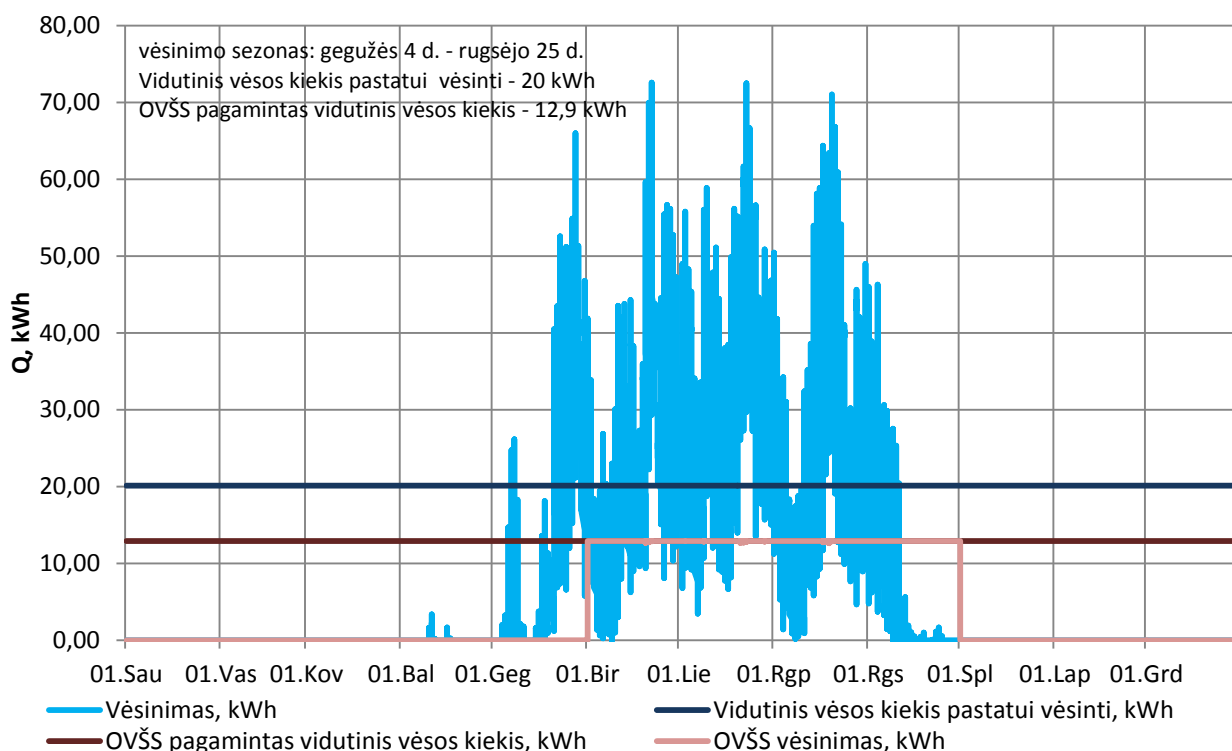
Iš grunto gautos vėsos kiekis šiltuoju metų laikotarpiu vidutiniškai gali padengti $4,5 \text{ kWh}$ – tai sudaro 22,5 % vidutinio vėsinimo metu reikalingo energijos kiekio.

Trečiasis vėsinimui naudojamas energijos transformavimo įrenginys pasirinktas oras – vanduo ŠS. Orinis ŠS naudojant aplinkos orą gaminama vėsa. Per šiltąjį metų laikotarpį iš oro gaunamas vėsos kiekis siekia $37,82 \text{ MWh}$. Mėnesiniai pagamintos vėsos kiekiai pateikti 10 lentelėje.

10 lentelė. Orinio ŠS mėnesiniai pagamintos vėsos kiekiai

Mėnesiai	Vidutinė lauko oro temperatūra, °C	Pagamintos vėsos kiekiai, MWh
Gegužė	12,52	0,00
Birželis	15,58	9,30
Liepa	17,01	9,61
Rugpjūtis	16,41	9,61
Rugsėjis	11,77	9,30
Σ		37,82

Vidutiniškai šiltuoju metų laiku iš lauko oro gaunamos vėsos kiekis yra $12,9 \text{ kWh}$. Iš lauko oro pagaminamos vėsos ir pastatui reikalingos vėsos kiekiai pavaizduoti 26 pav.

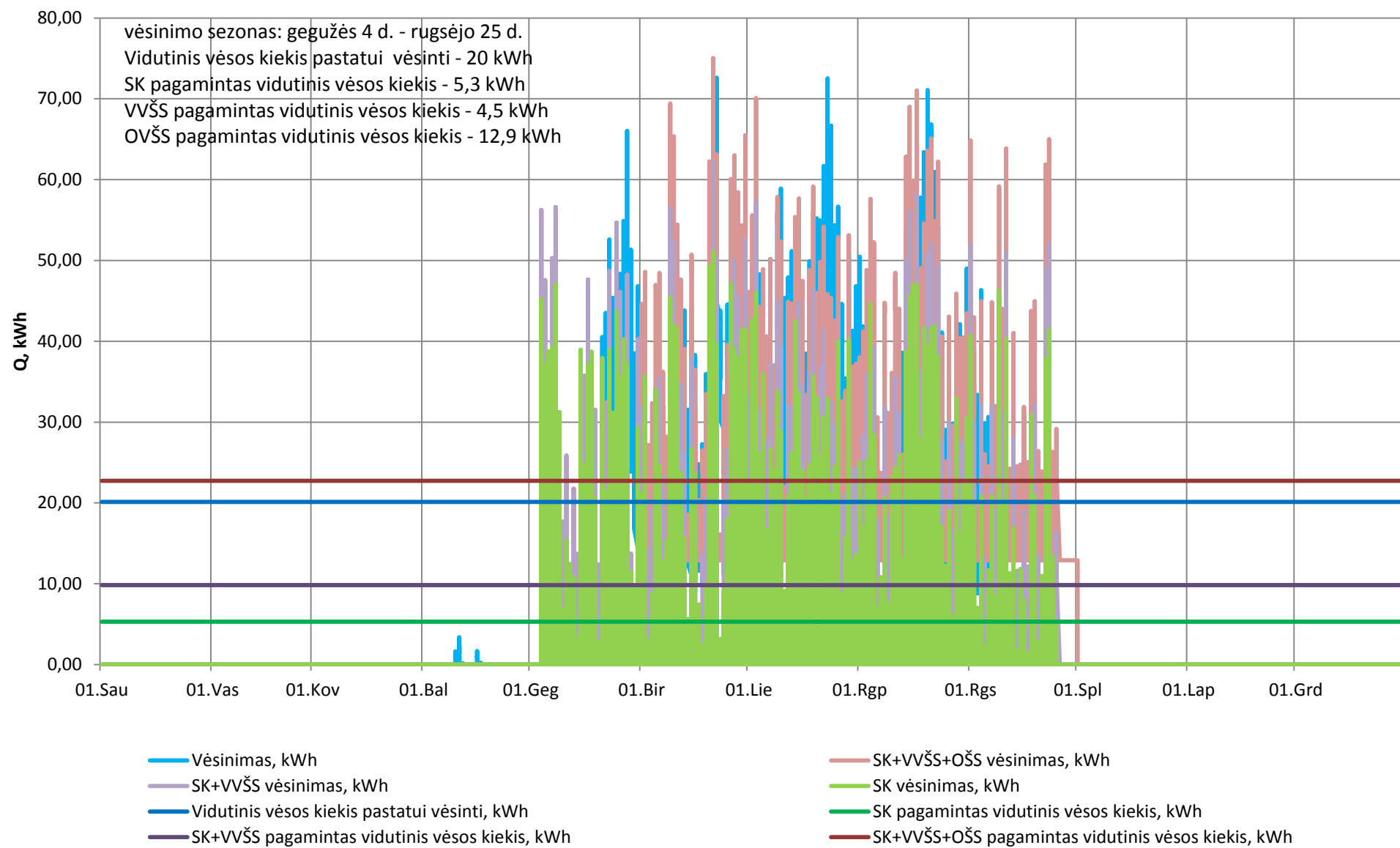


26 pav. Iš oro pagamintos vėsos ir pastatui reikalingos vėsos kiekių grafikas

Orinio ŠS darbo režimas yra liepos – rugsėjo mėnesiai. Orinis šilumos siurblys vasara vidutiniškai gali padengti $12,9 \text{ kWh}$ – tai sudaro 54 % vidutinio vėsinimui reikalingo energijos kiekio.

Pastato vėsinimui reikalingos energijos kiekių ir naudojant AEI pagamintos energijos suminiai kiekiai pavaizduoti 27 pav.

Naudojant orinį šilumos siurblių, adsorbcinį šilumos transformavimo įrenginį iš 200 m^2 saulės kolektorių bei grunto, pagamintos vėsinimui skirtos energijos kiekis per metus siekia 72 MWh . Per metus vidutiniškai padengia $22,7 \text{ kWh}$ reikalingo energijos kiekio. Šis kiekis sudaro net 102,9 % energijos reikalingos pastatui vasara.



27 pav. Pastato vėsinimui reikalingos energijos kiekių ir naudojant AEI pagamintos energijos suminiai kiekiai

5.2.3. Elektros poreikių įvertinimas

Visoms pastate esančios inžinerinėms sistemos reikia elektros. Taip pat elektrą vartoja kiti įrenginiai, tokie kaip kompiuteriai, spausdinimo technika, apšvietimas ir t.t. Energiją gaminančios technologijos taip pat vartoja elektros energiją. Per metus pastatas ir visos energiją gaminančios technologijos vidutiniškai suvartoja 169 *MWh* elektros energijos. Vidutiniškai suvartojama 19 *kWh* elektros. Mėnesiniai elektros suvartojimai pateikti 11 lentelėje.

11 lentelė. Mėnesiniai elektros suvartojimai

Mėnesiai	Mėnesiniai elektros suvartojimai, MWh
Sausis	17,17
Vasaris	13,56
Kovas	14,05
Balandis	13,16
Gegužė	14,10
Birželis	12,79
Liepa	13,38
Rugpjūtis	13,86
Rugsėjis	12,61
Spalis	15,16
Lapkritis	14,51
Gruodis	14,47
Σ	168,83

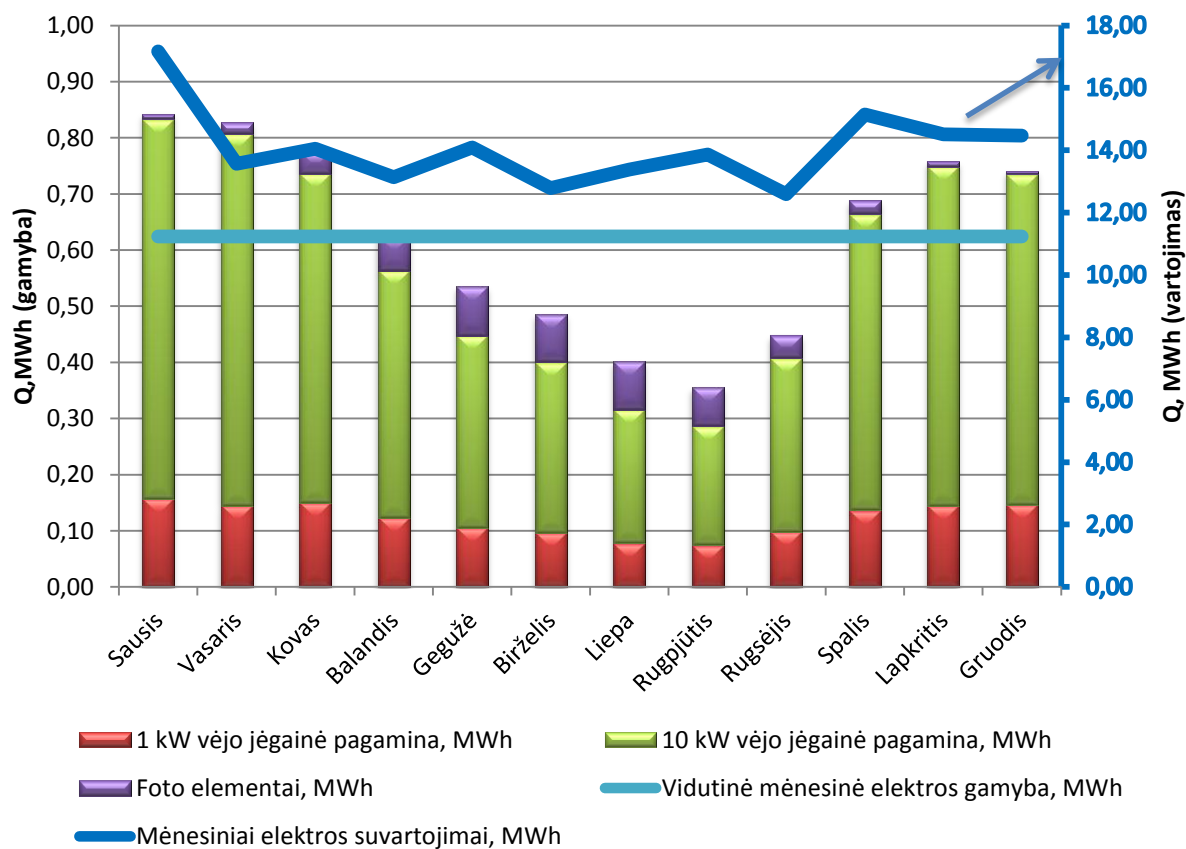
Daugiausia elektros energijos sunaudojama sausio mėnesį, o mažiausiai rugsėjo ir birželio mėnesiais.

Elektros gamybai naudojamas vėjas (vėjo jėgainės) ir saulė (foto elementai). Saulės foto elementai užima 100 m^2 . Vėjo jėgainės modeliuojamos dviejų galingumą: 1 *kW* ir 10 *kW*. Mėnesiniai pagaminamos elektros kiekiai pateikti 12 lentelėje.

12 lentelė. Mėnesiniai pagamintos elektros kiekiai

Mėnesiai	1 kW vėjo jėgainė pagamina, MWh	10 kW vėjo jėgainė pagamina, MWh	Foto elementai, MWh	Σ
Sausis	0,16	0,68	0,01	0,84
Vasaris	0,15	0,66	0,02	0,83
Kovas	0,15	0,59	0,04	0,78
Balandis	0,12	0,44	0,06	0,63
Gegužė	0,11	0,34	0,09	0,54
Birželis	0,10	0,30	0,08	0,49
Liepa	0,08	0,24	0,09	0,40
Rugpjūtis	0,08	0,21	0,07	0,36
Rugsėjis	0,10	0,31	0,04	0,45
Spalis	0,14	0,53	0,02	0,69
Lapkritis	0,15	0,60	0,01	0,76
Gruodis	0,15	0,59	0,01	0,74
Σ	1,46	5,49	0,54	7,49

Administraciniame pastate yra labai dideli elektros vartojimai. Vidutiniškai per mėnesį pagaminama 624 *kWh* elektros, o tuo tarpu per mėnesį vidutiniškai suvartojama 14 *MWh*. Elektros energijos gamybos ir vartojimo mėnesinis grafikas pateiktas 28 pav.



28 pav. Elektros gamybos ir vartojimo mėnesinis grafikas

Per mėnesį vidutiniškai elektros suvartojama 22 kartus daugiau nei pagaminama. Pagaminta elektra iš saulės foto elementų gali padengti tik 0,3 % metinių elektros poreikių, 1 *kW* vėjo jėgainė – 0,9 %, o 10 *kW* vėjo jėgainė gali padengti 3,3 %. Iš AEI pagamintos elektros energijos kiekis per metus padengia tik 4,5 %.

5.3. Būdingų sezono laikotarpių detali energijos balansų analizė

Būdingi laikotarpiai renkami pagal tam tikrus kriterijus. Pirmasis kriterijus yra elektros energijos suvartojimas, antrasis – vidutinė aplinkos temperatūra. Šildymo sezono būdingu laikotarpiu pasirenkamas vasario mėnuo, pereinamuoju metų laiku – rugsėjis, o vasaros – liepa. Pasirinktuose mėnesiuose atlikti detalūs balansiniai skaičiavimai ir aptartos rezultatų ypatybės. Vasario mėnesio per parą suvartojamos ir pagamintos energijos kiekiai pateikti 13 lentelėje.

13 lentelė. Vasario mėnesio per parą suvartojamos ir pagamintos energijos kiekiai

Diena	Šildymo sistemos poreikis, kWh	Elektros poreikis, kWh	SK pagamintas šilumos kiekis, kWh	GŠS pagamintas šilumos kiekis, kWh	OŠS pagamintas šilumos kiekis, kWh	FE pagamintas elektros kiekis, kWh	1 kW vėjo jėgainės pagamintas elektros kiekis, kWh	10 kW vėjo jėgainės pagamintas elektros kiekis, kWh	Padengia šildymo sistemos poreikių, %	Padengia elektros poreikių, %
1	1156,53	625,18	13,56	266,07	161,75	0,24	4,01	6,27	38	2
2	1040,58	625,18	139,58	0,00	161,75	0,64	8,90	20,65	29	5
3	1023,90	35,05	3,95	302,81	161,75	0,37	0,00	0,00	46	1
4	1331,14	35,15	192,49	266,21	161,75	0,90	1,86	1,34	47	12
5	1703,72	627,08	25,08	0,00	161,75	0,54	5,24	9,24	11	2
6	1710,42	626,94	29,63	302,93	161,75	0,54	3,81	5,82	29	2
7	1564,00	626,24	107,39	266,35	161,75	0,75	1,13	0,54	34	0
8	1733,75	626,80	7,05	0,00	161,75	0,39	0,98	0,24	10	0
9	1903,14	628,16	32,11	303,04	161,75	0,60	5,97	11,09	26	3
10	1743,41	37,67	15,88	266,48	161,75	0,53	0,50	0,23	25	3
11	1725,96	37,25	78,51	0,00	161,75	0,63	7,09	20,56	14	76
12	1823,19	590,10	194,68	303,15	161,75	1,09	11,10	33,16	36	8
13	1485,46	587,91	102,62	266,59	163,32	0,93	9,69	40,80	36	9
14	1688,37	589,03	186,00	0,00	161,75	1,29	5,74	16,48	21	4
15	2067,80	591,32	37,99	303,24	161,75	0,69	9,06	191,30	24	34
16	1803,55	590,24	122,69	266,70	161,75	0,97	9,67	64,12	31	13
17	1401,86	33,15	1,52	0,00	161,75	0,41	6,14	88,52	12	287
18	1507,43	33,15	3,50	303,34	161,75	0,42	8,65	59,69	31	207
19	1542,43	588,05	161,96	266,79	161,75	0,99	5,35	9,78	38	3
20	1307,43	587,88	26,37	0,00	161,75	0,49	2,31	2,91	14	1
21	1043,27	587,12	40,43	303,42	176,15	0,71	8,25	17,25	50	4
22	814,80	585,97	112,84	266,88	176,29	0,88	2,30	3,17	68	1
23	678,93	585,67	324,00	0,00	165,89	1,48	9,28	22,97	72	6
24	669,93	30,73	15,56	303,51	162,29	0,54	4,37	8,14	72	42
25	902,93	32,65	41,99	266,98	161,75	0,61	5,59	9,38	52	48
26	1090,01	587,26	143,18	0,00	161,75	1,20	0,37	0,02	28	0
27	965,97	586,68	29,41	303,59	170,48	0,73	1,75	2,35	52	1
28	868,02	586,17	7,40	267,07	169,53	0,60	6,67	15,74	51	4
Σ	38297,91	12303,78	2197,34	5395,16	4580,76	20,17	145,77	661,76	32	7

Vasario mėnesio vidutinė lauko oro temperatūra yra $-4,56^{\circ}\text{C}$, elektros suvartojimas – 12 MWh , šildymo sistema suvartoja – 38 MWh . Šildymo sistemos poreikius daugiausiai padengiama 72 %. Vidutiniškai per mėnesį padengia tik 32 %. Nors ir elektros poreikiai vasario mėnesį yra vieni iš mažiausių, tačiau per visą mėnesį pagamintas elektros kiekis gali padengti vos 7 % reikalingos elektros kiekio. Pastatui reikalingos energijos balansas pavaizduotas 29 pav.



29 pav. Vasario mėnesio pastatui energijos balansas

Pastato šildymo sistemai reikia papildomo šilumos šaltinio, kuris galėtų per vasario mėnesį padengti $26,1\text{ MWh}$ reikalingos energijos kiekio. Pastatą reikia prijungti prie elektros tinklų, todėl kad pastato elektros poreikių pagamintų iš AEI užtenka tik 7 %. Iš miesto elektros tinklų pastatui reikia $11,5\text{ MWh}$.

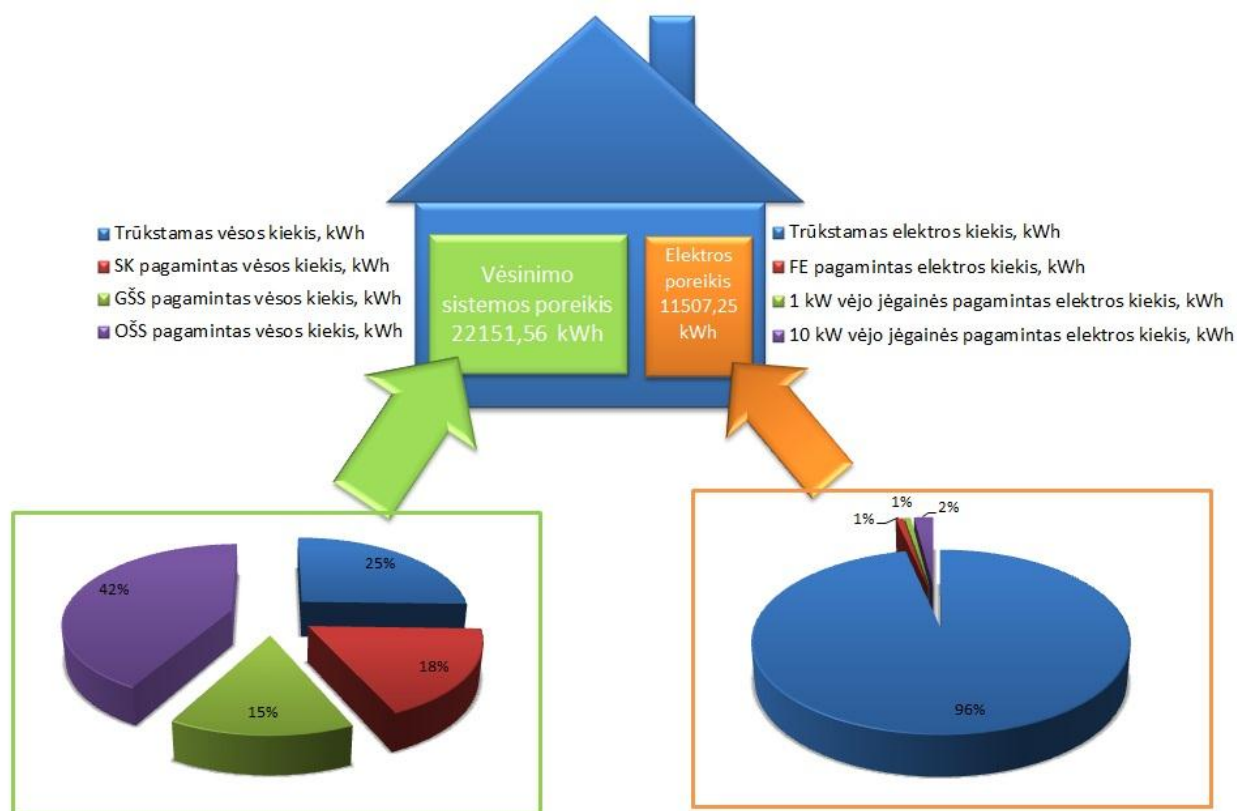
Antrasis būdingas laikotarpis yra pasirenkamas vasaros laikotarpis – liepos mėnuo. Liepos mėnesio per parą suvartojamos ir pagamintos energijos kiekiai pateikti 14 lentelėje.

14 lentelė. Liepos mėnesio per parą suvartojamos ir pagamintos energijos kiekiai

Diena	Vėsinimo sistemos poreikis, kWh	Elektros poreikis, kWh	SK pagamintas vėsos kiekis, kWh	GŠS pagamintas vėsos kiekis, kWh	OŠS pagamintas vėsos kiekis, kWh	FE pagamintas elektros kiekis, kWh	1 kW vėjo jėgainės pagamintas elektros kiekis, kWh	10 kW vėjo jėgainės pagamintas elektros kiekis, kWh	Padengia vėsinimo sistemos poreikių, %	Padengia elektros poreikių, %
1	576,73	18,00	43,83	151,80	310,05	1,86	6,68	47,10	88	309
2	628,68	540,25	251,52	0,00	310,05	3,98	7,03	13,81	89	5
3	789,78	540,25	299,48	172,18	310,05	4,32	1,46	1,23	99	1
4	701,83	540,25	123,10	151,86	310,05	2,79	0,00	0,00	83	1
5	635,55	540,25	145,57	0,00	310,05	3,19	0,63	0,00	72	1
6	465,39	540,25	40,73	172,25	310,05	1,61	4,84	45,03	112	10
7	371,44	18,00	111,86	151,93	310,05	2,90	3,18	8,62	154	82
8	470,86	18,00	77,41	0,00	310,05	2,54	0,81	0,11	82	19
9	799,24	540,25	214,03	172,32	309,67	3,62	5,56	14,73	87	4
10	930,24	540,25	174,91	151,99	310,05	3,39	1,97	2,67	68	1
11	778,80	540,25	22,61	0,00	310,05	1,19	0,29	0,00	43	0
12	707,61	540,25	106,78	172,39	310,05	2,88	0,98	0,09	83	1
13	745,67	540,25	133,07	152,05	310,05	3,07	1,98	2,92	80	1
14	666,49	18,00	270,48	0,00	310,05	4,39	3,61	7,37	87	85
15	529,49	18,00	141,07	172,46	310,05	3,14	0,00	0,00	118	17
16	494,86	540,25	86,20	152,13	310,05	2,37	2,22	2,44	111	1
17	483,59	540,25	75,36	0,00	310,05	2,28	0,00	0,00	80	0
18	665,69	540,25	150,79	172,53	310,05	3,08	3,52	6,60	95	2
19	825,41	540,25	168,58	152,18	310,05	3,01	0,34	0,00	76	1
20	839,73	540,25	199,36	0,00	310,05	3,61	1,91	2,16	61	1
21	955,67	18,00	103,53	172,60	308,14	2,35	0,00	0,00	61	13
22	1090,50	18,00	172,57	152,25	308,71	3,09	3,70	19,40	58	145
23	1224,62	540,25	212,31	0,00	309,60	3,44	6,63	28,25	43	7
24	1145,81	540,25	102,25	172,67	310,05	2,38	1,92	1,22	51	1
25	942,51	540,25	50,65	152,33	310,05	1,87	4,08	7,57	54	3
26	834,65	540,25	261,81	0,00	310,05	3,89	1,05	0,68	69	1
27	751,72	540,25	22,07	172,73	310,05	1,54	6,55	14,10	67	4
28	611,72	18,00	25,60	152,39	310,05	1,44	1,30	1,70	80	25
29	750,53	18,00	169,55	0,00	309,70	2,68	0,55	0,33	64	20
30	736,76	540,25	16,83	172,80	310,05	1,05	2,46	4,01	68	1
Σ	22151,56	11507,25	3973,91	3245,84	9297,05	82,91	75,24	232,12	75	4

Liepos mėnesio vidutinė lauko oro temperatūra yra 17 °C, elektros suvartojimas – 11,5 *MWh*, vėsinimo sistema suvartoja – 22 *MWh*. Kelias dienas per mėnesį vėsinimo sistemos poreikiai yra visiškai patenkinami iš AEI gaunama vėsa. Vidutiniškai per mėnesį padengia 75 % reikalingos vėsos poreikių. Elektros poreikiai liepos mėnesį yra vieni iš mažiausių, tačiau per

visą mėnesį pagamintas elektros kiekis gali padengti vos 4 % reikalingos elektros kiekio. Pastatui reikalingos energijos balansas pavaizduotas 30 pav.



30 pav. Liepos mėnesio pastato energijos balansas

Pastato vėsinimui reikia papildomo vėsos kiekio, kuris galėtų per liepos mėnesį padengti 5,6 *MWh* trūkstamo vėsos kiekio. Tačiau suminis vėsinimo sezono pagaminamos energijos kiekis padengia vėsinimo poreikius. Todėl trūkstamą vėsos kiekį padengia akumuliacinėse talpose sukaupta vėsa. Kaip ir vasario mėnesį, pastatą reikia prijungti prie elektros tinklų, todėl kad pastato elektros poreikių pagamintų iš AEI užtenka tik 4 %. Iš miesto elektros tinklų liepos mėnesiui pastatui reikia 11,1 *MWh*.

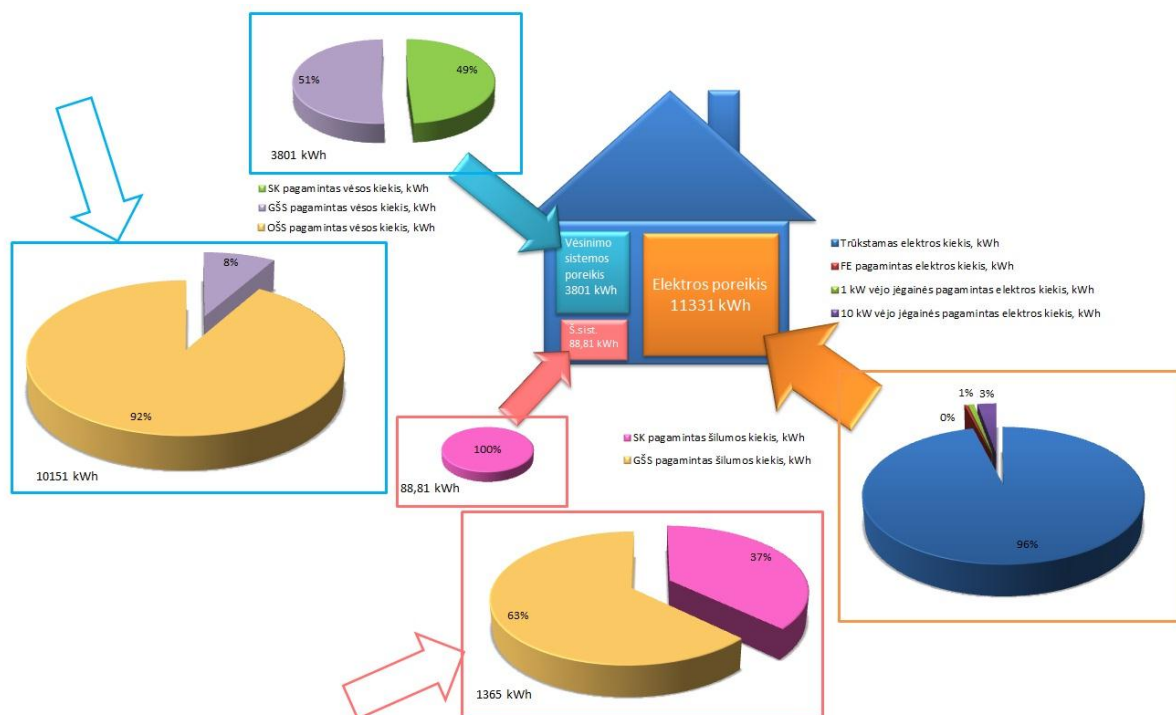
Trečiasis būdingas laikotarpis yra pasirenkamas pereinamuoju metų laiku – rugsėjo mėnuo. Rugsėjo mėnesį pastatą reikia ir vėsinti, ir šildyti. Rugsėjo mėnesio per parą suvartojamos ir pagamintos energijos kiekiai pateikti 15 lentelėje.

15 lentelė. Rugsėjo mėnesio per parą suvartojamos ir pagamintos energijos kiekiai

Diena	Šildymo sistemos poreikis, kWh	Vėsinimo sistemos poreikis, kWh	Elektros poreikis, kWh	SK pagamintas šilumos kiekis, kWh	GŠS pagamintas šilumos kiekis, kWh	SK pagamintas vėsos kiekis, kWh	GŠS pagamintas vėsos kiekis, kWh	OŠS pagamintas vėsos kiekis, kWh	FE pagamintas elektros kiekis, kWh	1 kW vėjo jėgainės pagamintas elektros kiekis, kWh	10 kW vėjo jėgainės pagamintas elektros kiekis, kWh	Padengia šildymo sistemos poreikių, %	Padengia vėsinimo sistemos poreikių, %	Padengia elektros poreikių, %
1	0,00	557,5	18,00	0,00	0,00	216,3	173,4	310	2,62	1,95	3,53			45
2	0,00	512,9	18,00	0,00	0,00	115,2	153,0	310	2,20	1,12	0,49			21
3	0,00	435,6	546,3	0,00	0,00	21,8	0,00	310	0,97	0,00	0,00			0
4	0,00	522,8	546,3	0,00	0,00	139,2	173,5	310	2,15	2,04	3,15			1
5	0,00	450,3	546,3	0,00	0,00	3,5	153,1	310	0,71	0,64	0,06			0
6	0,00	334	546,3	0,00	0,00	40,9	0,00	310	1,37	0,06	0,00			0
7	0,00	274,2	546,3	0,00	0,00	70,2	173,5	310	1,44	2,88	3,65			1
8	0,00	115,4	24,00	0,00	0,00	20,1	153,1	310	1,21	7,16	58,69			279
9	0,00	223,7	24,00	0,00	0,00	279,2	0,00	310	2,81	3,23	4,60			44
10	0,00	168,7	546,3	0,00	0,00	81,3	173,6	310	1,81	1,81	1,14			1
11	0,00	135,5	546,3	0,00	0,00	128,2	153,2	310	2,22	4,35	22,17			5
12	0,00	15,9	546,3	0,00	0,00	17,2	0,00	310	0,85	4,77	15,13			4
13	0,00	19,8	546,3	0,00	0,00	49,9	173,6	310	1,48	0,70	0,00			0
14	0,00	14,6	546,3	0,00	0,00	3,9	153,2	310	0,56	6,70	15,34			4
15	0,00	2,8	24,00	0,00	0,00	22,1	0,00	310	0,90	8,05	21,25			126
16	0,00	0,5	24,00	0,00	0,00	22,5	173,7	310	0,87	8,08	20,48			123
17	0,00	0,0	546,3	0,00	0,00	2,3	153,3	310	0,60	2,96	4,39			1
18	0,00	0,7	546,3	0,00	0,00	95,0	0,00	310	1,36	0,38	0,09			0
19	0,00	1,8	546,3	0,00	0,00	74,0	173,8	310	1,56	1,35	0,43			1
20	0,00	0,0	546,3	0,00	0,00	4,7	153,3	310	0,62	0,60	0,13			0
21	0,27	0,0	546,5	0,00	0,00	17,4	0,00	310	0,74	1,00	0,79			0
22	0,00	0,1	24,00	0,00	0,00	233,3	173,7	310	2,18	3,76	4,95			45
23	0,00	6,3	24,00	0,00	0,00	165,4	153,3	310	2,00	6,67	13,91			94
24	0,00	5,2	546,3	0,00	0,00	31,2	0,00	310	1,16	8,19	45,25			10
25	0,00	2,7	580,3	0,00	0,00	8,03	173,8	310	0,64	2,14	3,91			1
26	0,00	0,0	580,3	25,3	273,8	0,00	0,00	310	0,79	7,67	28,54			6
27	6,76	0,0	580,9	43,2	0,00	0,00	0,00	310	0,85	6,02	30,87			6
28	36,99	0,0	582,1	309,8	310,3	0,00	0,00	310	1,85	1,44	2,16			1
29	0,69	0,0	58,5	0,00	273,9	0,00	0,00	310	0,29	1,78	2,19			7
30	44,10	0,0	29,0	217,7	0,00	0,00	0,00	310	1,57	1,62	1,51			16
Σ	88,81	3801	11331	596	858	1863	2789	9301	40,41	99,14	308,83	1637	367	4

Rugsėjo mėnesio vidutinė lauko oro temperatūra yra 11,77 °C. Pagal Lietuvos meteorologinius duomenis, nuo rugsėjo 26 d. prasideda šildymo sezonas. Pastato elektros suvartojimas – 11,3 *MWh*, šildymo sistema suvartoja – 88,8 *kWh*, vėsinimo sistema suvartoja – 3,8 *MWh* energijos. Pagaminta iš AEI energija visiškai padengia šildymo sistemai reikalingos

energijos kiekį ir net yra šilumos perteklius, kuris bus panaudotas kitų dienų šilumos poreikiams tenkinti. Tokia pat situacija yra ir su vėsos poreikiais. Elektros poreikių nepatenkina iš AEI pagamintas elektros kiekis. Rugsėjo mėnesį pagamintas elektros kiekis gali padengti vos 4 % reikalingos elektros kiekio. Pastatui energijos balansas pavaizduotas 31 pav.



31 pav. Rugsėjo mėnesio pastato energijos balansas

Rugsėjo mėnesį iš AEI gaunama pakankamai energijos pastato šildymui ir vėsinimui. Nepanaudotos energijos kiekiai skirti šildymo sistemai sudaro $1,4 MWh$, vėsinimui – $10,2 MWh$. Šie pertekliniai kiekiai yra techninis potencialas spręsti sezoninį akumuliaciją. Sezoninio akumuliacinio savo darbe nenagrinėjau. Kaip ir kitais mėnesiais, taip ir rugsėjį pastatą reikia prijungti prie elektros tinklų, todėl kad pastato elektros poreikių pagamintų iš AEI užtenka tik 4 %. Iš miesto elektros tinklų rugsėjo mėnesiui pastatui reikia $10,9 MWh$.

Pastatas šildymo ir vėsinimo sistemoms reikalinga energija gamina naudojant AEI. Vėsinimui pagamintos energijos užtenka, o šildymui tik kai kuriais mėnesiais. todėl pastatui reikalingas papildomas šilumos šaltinis, kuris padengtų likusius energijos poreikius. Elektros gamybą naudojant AEI su pasirinktos galios technologijomis, administraciniam pastatui yra per maža. Elektros trūkumas kiekvieną mėnesį yra didelis. Todėl šį administracinį pastatą reikia prijungti prie elektros tinklų.

5.4. Pastato energijos poreikių jautrumo analizė

Pastato energijos suvartojimai priklauso nuo išorės oro temperatūros, patalpų temperatūros, šildomo pastato ploto, pastato kompaktiškumo, formos, atitvarų orientacijos, stiklinių atitvarų ploto, šilumos pritekčių. Pastato mikroklimato ir lauko oro parametrai nekinta, todėl keičiama pastato konfigūracija ir įstiklintų atitvarų plotas.

1 variantas yra tyrimų objektas, pagal kurį yra lyginami kiti variantai.

2 variante yra pakeista pastato forma. Pastato forma pakeistas į stačiakampį. Suminiai atitvarų plotai nukreipti į rytus ir į vakarus atitinka pradinį variantą, o sienos plotas, kuris yra nukreiptas į šiaurę ir į pietus yra sumažintas. Stiklinių atitvarų plotas į tam tikrą orientaciją nekeičiamas. Pastato plotas, turis ir pastate veikiančių inžinerinių sistemų palaikomi pastato mikroklimato parametrai nekinta.

3 variante yra keičiama pastato stiklinių atitvarų plotas pietinėje pastato pusėje. Plotas yra padidinamas dvigubai iki 36 % atitvarų ploto. Pastato energijos suvartojimai pateikti 16 lentelėje.

16 lentelė. Jautrumo analizės rezultatai

		Pradinis	Kubas	Pradinis+P stiklas 2k
		1 variantas	2 variantas	3 variantas
	ΣQ_s , MWh	188,4	181,9	125,5
	Q_{s}^{vid} , kWh	36,0	34,4	23,8
	ΣQ_v , MWh	70,1	52,2	143,6
	Q_v^{vid} , kWh	20,0	15,0	39,4
	ΣQ_E , MWh	168,8	168,8	168,5
	Q_E^{vid} , kWh	19,3	19,3	19,2
Sausis	$Q_s^{mėn}$, MWh	45,9	45,4	35,8
	$Q_v^{mėn}$, MWh	0,0	0,0	0,0
	$Q_E^{mėn}$, MWh	17,2	17,2	17,1
Vasaris	$Q_s^{mėn}$, MWh	38,3	37,9	27,5
	$Q_v^{mėn}$, MWh	0,0	0,0	0,0
	$Q_E^{mėn}$, MWh	13,6	13,6	13,5
Kovas	$Q_s^{mėn}$, MWh	25,2	24,0	13,6
	$Q_v^{mėn}$, MWh	0,0	0,0	0,0
	$Q_E^{mėn}$, MWh	14,0	14,1	14,0
Balandis	$Q_s^{mėn}$, MWh	4,1	2,7	0,5
	$Q_v^{mėn}$, MWh	0,0	0,0	3,6
	$Q_E^{mėn}$, MWh	13,1	13,1	13,1
Gegužė	$Q_s^{mėn}$, MWh	0,3	0,1	0,0
	$Q_v^{mėn}$, MWh	9,0	6,1	22,0
	$Q_E^{mėn}$, MWh	14,1	14,1	14,1
Birželis	$Q_s^{mėn}$, MWh	0,0	0,0	0,0
	$Q_v^{mėn}$, MWh	17,0	12,9	31,4
	$Q_E^{mėn}$, MWh	12,8	12,8	12,8
Liepa	$Q_s^{mėn}$, MWh	0,0	0,0	0,0

16 lentelės pabaiga

	$Q_{v}^{m\acute{e}n}$, MWh	22,9	18,1	38,5
	$Q_{E}^{m\acute{e}n}$, MWh	13,4	13,4	13,4
Rugpjūtis	$Q_{s}^{m\acute{e}n}$, MWh	0,0	0,0	0,0
	$Q_{v}^{m\acute{e}n}$, MWh	17,3	12,5	32,8
	$Q_{E}^{m\acute{e}n}$, MWh	13,9	13,9	13,9
Rugsėjis	$Q_{s}^{m\acute{e}n}$, MWh	0,1	0,0	0,0
	$Q_{v}^{m\acute{e}n}$, MWh	3,8	2,5	12,2
	$Q_{E}^{m\acute{e}n}$, MWh	12,6	12,6	12,6
Spalis	$Q_{s}^{m\acute{e}n}$, MWh	7,6	6,1	1,8
	$Q_{v}^{m\acute{e}n}$, MWh	0,0	0,0	2,2
	$Q_{E}^{m\acute{e}n}$, MWh	15,2	15,1	15,1
Lapkritis	$Q_{s}^{m\acute{e}n}$, MWh	24,7	23,8	14,0
	$Q_{v}^{m\acute{e}n}$, MWh	0,0	0,0	0,0
	$Q_{E}^{m\acute{e}n}$, MWh	14,5	14,5	14,5
Gruodis	$Q_{s}^{m\acute{e}n}$, MWh	42,3	41,9	32,3
	$Q_{v}^{m\acute{e}n}$, MWh	0,0	0,0	0,0
	$Q_{E}^{m\acute{e}n}$, MWh	14,5	14,5	14,4
Šildymą	%	56,6	59,0	85,0
Vėsinimą	%	102,9	138,0	50,0
Elektra	%	4,5	4,4	4,5

Atlikus jautrumo analize pastebėta, kad esant didesniai stiklinių atitvarų plotui pietinėje pastato pusėje energijos poreikis pastato šildymui yra mažesnis. Pagamintas šilumos kiekis iš AEI šiuo atveju gali padengti net 85 % pastatui reikalingo šilumos kiekio. Tačiau žymiai, beveik du kartus, išaugo energijos poreikis pastato vėsinimui.

Mažiausias vėsinimo kiekis yra 2 variantu, kur pastatas turi mažiausią išorinių atitvarų plotą. Šiuo atveju šildymo sistemai reikia beveik tiek pat energijos kiek ir pradiniam variante, bet poreikis vėsinimui sumažėjo 25 %.

Išvados

Dabartinius norminius reikalavimus atitinkantis administracinis pastatas, modeliavimo priemonėje TRNSYS, keičiant įstiklintų atitvarų plotą bei atitvarų šilumos perdavimo koeficientus, buvo transformuotas į mažaenerginį. Naudojant modeliavimo priemonę TRNSYS buvo sukurti pastato bei AEI generuojamų energijos srautų pastate modeliai. Mažaenerginio administracinio pastato modelis sukurtas siekiant įvertinti poreikius šildymui ir vėsinimui, o aprūpinimo energija modeliai buvo sukurti siekiant įvertinti, kiek pastatui reikalingos energijos gali padengti energija, gauta iš AEI. Administraciniame pastate šildymui, vėsinimui ir aprūpinimui elektra veikia šildymo, mechaninio vėdinimo, vėsinimo ir elektros tiekimo sistemos. Šios sistemos patalpose palaiko 20–26 °C temperatūrą.

1. Modeliavimo rezultatai parodė, kad metiniai energijos suvartojimai pastato šildymui sudaro 188 *MWh* (54 *kWh/m²*), vėsinimui – 70 *MWh* (20 *kWh/m²*), o elektros suvartojimas siekia – 169 *MWh* (48 *kWh/m²*). Energijos kiekius reikalingus šildymui ir vėsinimui gaminti sumodeliuotos trys technologijos. Metiniame pastato energijos balanse, energija pagaminta iš atsinaujinančių energijos išteklių gali padengti 56,6% reikalingos šiluminės energijos, 102,9 % energijos reikalingos vėsinimui ir 4,5 % reikalingo elektros kiekio.
2. Pastato šilumos ir vėsos poreikiams tenkinti buvo pasirinktos trys AEI technologijos – saulės kolektorių sistema, gruntinis šilumos siurblys, orinis šilumos siurblys. Jų modeliavimas TRNSYS metų eigoje parodė, kad:
 - 2.1. AEI technologija generuojanti energijos srautus – vakuuminių saulės kolektorių sistema, kuri per metus pagamintų 1,5 karto daugiau energijos nei plokštieji kolektoriai. Saulės kolektorių plotas ant pastato stogo sudaro 200 *m²*. Kolektoriuose pagamintas energijos kiekis šildymo sezono metu dengia 9,6 %, vasarą – 26,4 % pastatui reikalingos energijos kiekio.
 - 2.2. Technologija generuojanti energijos srautus iš AEI – gruntinis šilumos siurblys. Modeliuojant buvo nagrinėjama žemos temperatūros geoterminė energija – paviršinio grunto ir gręžinių šiluma. Gruntinio šilumos siurblio pagamintas energijos kiekis šildymo sezono metu ir vasarą padengtų po 22,5 % pastatui reikalingos energijos kiekio.
 - 2.3. Technologija generuojanti energijos srautus iš AEI – orinis šilumos siurblys. Jo pagamintas energijos kiekis šildymo sezono metu padengia 24,5 %, o vasarą – 54 % pastatui reikalingos energijos kiekio.

3. Elektros energijos gamybai naudojamos dvi AEI technologijos. Pirmoji elektrą gaminanti technologija buvo vėjo jėgainė. Sumodeliuotos dviejų galingumų vėjo jėgainės: 1 kW ir 10 kW. Per metus 1 kW vėjo jėgainė pagamintų 0,9 %, 10 kW – 3,3 % reikalingos elektros. Antroji AEI technologija generuojanti elektrą yra saulės foto elementai, kurie užima 100 m² pastato stogo. Per metus jie pagamina tik 0,3 % reikalingos elektros.
4. Elektros poreikiams tenkinti administraciniam pastatui reikėtų atsižvelgti ir į integruotus sprendinius, ypač saulės foto elementų bei vėjo jėgainių naudojimą. Tokiems pastatams, esant dabartinėms technologijoms, autonomiškumas elektros energijos gamyboje, matyt, nėra tikslingas.
5. Pastato energijos poreikių jautrumo analizės metu buvo pastebėta, kad esant didesniam stiklinių atitvarų plotui pietinėje pastato pusėje šilumos poreikis pastato šildymui yra mažesnis. Pagamintas šilumos kiekis iš AEI šiuo atveju gali padengti net 85 % pastatui reikalingo šilumos kiekio. Tačiau žymiai, beveik du kartus, išaugo energijos poreikis pastato vėsinimui. Mažiausias vėsinimo kiekis reikalingas stačiakampio ploto pastatui. Šiuo atveju šildymo sistemai reikia beveik tiek pat energijos kiek ir pradiniam (baziniame) variante, o poreikis vėsinimui sumažėtų 25 %.
6. Naudojant modeliavimo priemonę TRNSYS rekomenduoju modeliavimą pradėti nuo atskirų sistemų, vien tam, kad būtų įmanoma sujungti su kitomis sistemomis ir pastatu. Taip pat rekomenduoju, turėti kuo daugiau konkrečios informacijos apie reikiamą įrenginį, kad modeliavimo rezultatus būtų galima palyginti su gamintojų deklaruojamais rodikliais. Naudojintis mano rekomendacijomis modeliavimo galimybės TRNSYS padidėja.

Literatūros sąrašas

Bowea, A. J.; Zakay, N.; Ives, R. L. 2003. The field performance of a remote 10 kW wind turbine. *Renewable Energy*. 28: 13–33.

Buildit Solar. Solar Collector Efficiency Calculator [interaktyvus]. [žiūrėta 2012 m. sausio 21 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.builditsolar.com/References/Calculators/Collector-ColEfic.htm>>.

Cvetkovaitė, R. 2011. Magistrinis baigimasis darbas. „*Adsorbcinio šilumos transformatoriaus panaudojant saulės energiją efektyvumo analizė*“.

EPBD (Energy Performance of Building Directive) [interaktyvus]. [žiūrėta 2012 m. sausio 15 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.epbd.lt/4.html>>.

Europos Sąjungos direktyva 2010/31/ES dėl pastatų energinio naudingumo [interaktyvus]. [žiūrėta 2011 m. lapkričio 28 d.]. Prieiga per internetą. <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:LT:PDF>>.

Fluid Properties Calculator [interaktyvus]. [žiūrėta 2012 m. sausio 21 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.mhtl.uwaterloo.ca/old/onlinetools/airprop/airprop.html>>.

Gratia, E.; Herde A. 2003. Design of low energy office building. *Energy and Buildings*. 35: 473–491.

Gudzinskas, J.; Lukoševičius, V.; Martinaitis, V.; Tuomas, E. 2011. *Šilumos vartotojo vadovas*. Vilnius. Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija.

Haase, M.; Andresen, I.; Time, B.; Kvande, T.; Hestnes, A. G. 2008. Energy – efficient office building in Noeway – from low energy standard to passive house standard. *Passivhaus Norden*. 12: 328 – 335.

Henning, H. M. 2007. Solar assisted air conditioning of buildings – an overview. *Applied Thermal Engineering*. 27: 1734–1749.

HN 42:2009 „*Gyvenamųjų ir visuomeninių pastatų patalpų mikroklimatas*“. Valstybės žinios Nr. 159-7219, 2009.

HN 98:2000 „*Natūralus ir dirbtinis darbo vietų apšvietimas. Apšvietos ribinės vertės ir bendrieji matavimo reikalavimai*“. 2000. Nr. 83-2473.

International Energy Agency. 2010 executive summary. World Energy Outlook [interaktyvus]. [žiūrėta 2012 m. balandžio 11 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.iea.org/Textbase/npsum/weo2010sum.pdf>>.

Karlsson, J. F.; Moshfegh, B. 2006. Energy demand and indoor climate in a low energy building – changed control strategies and boundary conditions. *Energy and Buildings*. 38: 315–326.

Lietuvos energetikos konsultantų asociacija (LEKA) [interaktyvus]. [žiūrėta 2012 m. vasario 29 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.leka.lt/index.php?content=pages&lng=lt&page_id=31&news_id=78>.

Lietuvos Respublikos atsinaujinančių išteklių energetikos įstatymas [interaktyvus]. [žiūrėta 2012 m. kovo 22 d.]. Prieiga per internetą: <http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=398874>.

Lietuvos saulės energijos ištekliai. UAB „Saulės energija“ internetinis puslapis. [interaktyvus]. [žiūrėta 2012 m. gegužės 05 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.saulėsvejoenergija.lt/Fotoelektra/Istekliai/&Language=lt_LT>.

Motuzienė, V. 2010. *Istiklinimo įtakos viešųjų pastatų energijos poreikiams kompleksinė analizė*. Daktaro disertacija. Vilnius: Technika.

Nacionalinė energetikos (energetinės nepriklausomybės) strategija. Projektas. Pritarta Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2011 m. gegužės 25 d. nutarimu Nr. 591 [interaktyvus]. [žiūrėta 2012 m. kovo 22 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.enmin.lt/lt/nes/2.pdf>>.

RSN 156-94 „*Statybinė klimatologija*“. 1994. Nr. 24-294.

STR 2.05.01:2005 „*Pastatų atitvarų šiluminė technika*“. 2005. Valstybės žinios Nr. 100-3733.

The Engineering Toolbox. *Ethylene Glycol Heat-Transfer Fluid* [interaktyvus]. [žiūrėta 2012 m. sausio 21 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.engineeringtoolbox.com/ethylene-glycol-d_146.html>.

TRNSYS: Transient System Simulation Tool [interaktyvus]. [žiūrėta 2012 m. sausio 20 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.trnsys.com/>>.

UAB „AF – TERMA“ studijos ataskaita. 2007. *„Požeminės šiluminės energijos panaudojimo pastatų šildymui ir vėsinimui šalyje galimybių įvertinimas ir rekomendacijų dėl šios energijos panaudojimo minėtiems tikslams parengimas“* [interaktyvus]. [žiūrėta 2012 m. kovo 18 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.ena.lt/Ataskaitos/Geoterm_energ.pdf>.

UAB „AquaJazz“ [interaktyvus]. [žiūrėta 2012 m. balandžio 31 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.aquajazz.lt/saules-kolektoriai/vakuminiai-38/lt/saules-kolektorius-ktu-r9-1122.html>>.

U. S. Department of energy. *Contrasting the Capabilities of Building Energy Performance Simulation Programs* [interaktyvus]. [žiūrėta 2010 m. lapkričio 19 d.]. Prieiga per internetą: <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/pdfs/contrasting_the_capabilities_of_building_energy_performance_simulation_programs_v1.0.pdf>.

World energy consumption. Wikipedia, the free encyclopedia [interaktyvus]. [žiūrėta 2011 m. sausio 22 d.]. Prieiga per internetą: <http://en.wikipedia.org/wiki/World_energy_resources_and_consumption>.