

Saulės skaičiavimai Raseinių centralizuoto šilumos tiekimo įmonei



PlanEnergi

LinnLaurbergJensen

PlanEnergi

E-mail: llj@planenergi.dk

Tel.: + 45 9682 0450

Kokybė užtikrinta

DanielTrier

E-mail: dt@planenergi.dk

Tel.: +45 2517 0400

NORTH JUTLAND

Jyllandsgade 1

DK-9520 Skørping

Tel. +45 9682 0400

Fax +45 9839 2498

MIDDLE JUTLAND

Vestergade 48 H, 2. floor

DK-8000 Aarhus C

Tel. +45 9682 0400

Fax +45 8613 6306

ZEALAND

Postaladdress:

A.C. MeyersVaenge 15

2450 København SV

Visitorsaddress:

Frederikskaj 10 A, 1st fl, 1.143

2450 Copenhagen SV

Tel.: +45 2224 2562

www.planenergi.dk

planenergi@planenergi.dk

CVR: 7403 8212

2014 m.

Turinys

1 Projektas.....	4
2 Prielaidos.....	4
2.1 Metodas	4
2.2 Saulės spinduliuotė ir klimatiniai duomenys.....	4
2.3 Raseinių duomenys	4
2.4 Šilumos poreikis	5
2.5 Investicijos.....	5
3 Techninės centralizuoto saulės šildymo charakteristikos	6
3.1 Saulės kolektoriai	6
3.2 Saugykla.....	7
3.3 Saulės centralizuoto šilumos tiekimo sistema	7
3.4 Saulės spinduliuotė	8
4 Skaičiavimai	9
5 Energetiniai rezultatai	9
5.1 Šilumos gamyba	9
5.2 Biokuro vartojimas	10
5.3 Saulės kolektorių veikimas	10
6 Ekonominiai rezultatai.....	12
6.1 Biudžetas	12
6.2 Vidutiniai metiniai kaštai.....	12
6.3 Jautrumo analizė	14
7 Išvados.....	17

Lentelės ir paveikslų sąrašas

1 lentelė: Katilų duomenys.....	5
2 lentelė: Temperatūros CŠT tinkle.....	5
3 lentelė: Investiciniai kaštai	5
1 pav.: Principinė centralizuoto šilumos tiekimo jėgainės schema.....	8
2 pav.: Saulės spinduliuotė Lietuvoje (Tiesioginė normalinė spinduliuotė), kWh/m ² (http://solargis.info/)	8
3 pav.: Saulės spinduliuotė Europoje (Tiesioginė normalinė spinduliuotė), kWh/m ² (http://solargis.info/)	9
4 lentelė: Šilumos gamyba paskaičiuotuose scenarijuose	10
5 lentelė: Metinis biokuro suvartojimas	10
4 pav.: Saulės kolektorių veikimas	11
5pav.: Mėnesinė gamyba iš saulės kolektorių.....	11
6 lentelė: Investicijų biudžetas.....	12
7 lentelė: Vidutiniai metiniai kaštai su 3% palūkanų norma	13
8 lentelė: Jautrumo analizė: biokuro kainos augimas 16%.	14
6 pav.: Vidutinė šilumos kaina skaičiavimams su padidinta biokuro kaina.....	15
9 lentelė: Jautrumo analizė: Investicijų sumažinimas 10%.	15

1 Projektas

Šių skaičiavimų paskirtis yra pateikti analizę, ar šilumos gamyba, naudojant saulės terminius kolektorius yra ekonomiškai centralizuoto šilumos tiekimo įmonei Raseiniuose – ir prie kokių sąlygų saulės šiluminė energija galėtų būti ekonomiškai. Šilumos gamybai Raseiniuose pagrinde naudojamas kietasis biokuras (medienos skiedra), kuris šiuo metu leidžia gana pigiai gaminti šilumą.

2 Prielaidos

2.1 Metodas

Skaičiavimai katilinės eksploatacijai atliekami naudojant programą energyPRO. EnergyPRO yra modelis naudojamas įvairių tipų energetinių sistemų analizei valandiniu pagrindu. Modelio strategija yra minimizuoti grynąsias gamybos sąnaudas. Taigi, modelis imituoja sistemos darbą kas valandą, gaminant pigiausią šilumos vienetą.

Programos EnergyPRO duomenys yra gaunami iš Excel lapo ir naudojami tolimesniam apdorojimui bei ekonominiams skaičiavimams. Valandinės laiko duomenų serijos su lauko temperatūra ir saulės spinduliuote Raseiniuose gautos iš NCAR (National Center for Atmospheric Research) duomenų ir naudojamos EnergyPRO.

2.2 Saulės spinduliuotė ir klimatiniai duomenys

Programoje EnergyPRO galima generuoti duomenis internete arba iš NCAR, arba iš CFSR. NCAR (National Center for Atmospheric Research) peranalizuoja projekto pateiktus klimatinis duomenis ir pateikia juo keturis kartus per parą į pasaulinį tinklą nuo 1948 metų iki šių dienų. Skaičiavimuose naudojami duomenys yra gauti iš CFSR. CFSR yra Climate Forecast System Reanalysis santrumpa. Kaip ir NCAR, CFSR remiasi pasauliniais duomenų šaltiniais, tokiais kaip antžeminės oro stotys, oro balionai, oro uostų ataskaitos, komercinių lėktuvų ir palydovų matavimai.

CFSR duomenys turi pasaulinio tinklo rezoliuciją 0,3 x 0,3 laipsnio ir vienos valandos laiko rezoliuciją. Laiko serijas galima atsisiųsti laikotarpiu nuo 1980 m. iki 2010 m. Laiko serijos nuo 2011 m. yra prieinamos sistemoje CFSR 2. CFSR 2 turi tinklo rezoliuciją 0,2 x 0,2 laipsnio ir 1 valandos laiko rezoliuciją. CFSR duomenys pateikia šį klimato duomenų rinkinį:

- Oro temperatūra [°C];
- Saulės spinduliuotė [W/m^2];
- Vėjo greitis [m/s];
- Krituliai [mm];
- Drėgmė [%].

Skaičiuojant duomenis iš CFSR 2 naudojama lauko temperatūra ir saulės spinduliuotė Raseinių regione. Daugiau informacijos apie saulės radiaciją Lietuvoje rasite 3.4 skyriuje.

2.3 Raseinių duomenys

Kai kurios prielaidos skaičiavimuose yra paremtos duomenimis, kuriuos pateikė Raseinių katilinė. Raseinių katilinę sudaro trys skysto kuro katilai ir du kietojo biokuro katilai su sekančiomis charakteristikomis:

1 lentelė: Katilų duomenys

Katilai	Gamintojas	Galia, MW	Efektyvumas, %	Kuras	Kuro šilumingumas, kcal/kg
Šilumos generatorius, katilas nr. 1	DKVR 4/13	2,7	90	Mazutas	9530
Šilumos generatorius, katilas nr. 2	DKVR 4/13	2,7	90	Mazutas	9530
Šilumos generatorius, katilas nr. 3	KVGM 20/150	20	90	Mazutas	9530
Šilumos generatorius, katilas nr. 4	VŠK-3	3	89	Kietasis biokuras	2200
Šilumos generatorius, katilas nr. 5	VŠK-7	7	89	Kietasis biokuras	2200

Priimta, kad mazuto katilai naudojami tik kaip rezervinės galios, todėl šiuose skaičiavimuose nebus naudojami šilumos gamybai. Tai reiškia, kad biokuro katilai dirba pilna laiko apkrova ir gamina 100 % šilumos poreikių.

Medienos skiedrų kaina 54 Lt/MWh, kas atitinka 40,0 €/toną. Biokuro energetinė vertė priimta 2,56 MWh/t., 2014 m. rudenį. Eksploatacijos kaštai (angl. Operational and maintenance O&M) skaičiuojami 5,6 €/MWh_{th} biokuro katilams ir saulės kolektorių šilumai yra 0,8 €/MWh_{th}. Temperatūros CŠT tinkle yra pateiktos 2 lentelėje.

2 lentelė: Temperatūros CŠT tinkle

Mėnuo	T _{grįžtama} [°C]	T _{paduodama} [°C]
Sausis	44,9	70,2
Vasaris	42,6	65,0
Kovas	44,5	69,6
Balandis	42,1	62,2
Gegužė	47,5	61,7
Birželis	47,3	61,4
Liepa	47,5	62,0
Rugpjūtis	47,6	61,9
Rugsėjis	47,3	61,8
Spalis	42,4	62,3
Lapkritis	40,0	62,1
Gruodis	41,7	62,7

2.4 Šilumos poreikis

Metinis šilumos poreikis siekia 33 000 MWh per metus., šią informaciją pateikė Raseinių katilinės. Iš skaičiavimų, kur įvertinamos regiono lauko temperatūros, maksimali reikalinga skaičiuojama šilumos galia - 11,9 MW šalčiausią metų dieną. Karšto vandens poreikis ne šildymo sezono metu siekia 4 190 MWh per metus.

2.5 Investicijos

Investiciniai kaštai saulės terminų kolektorių plotui mažėja didėjant kolektorių plotui. Čia pateikti investiciniai kaštai, kurie buvo naudojami kolektorių laukui skaičiuoti:

3 lentelė: Investiciniai kaštai

Kolektorių plotas, m ²	2500	5000	7500	10000	12500	15000	17500	20000
Investiciniai kaštai, €/m ²	300	280	255	235	230	225	215	210

Investicijos į saulės kolektorius, investicijos į šilumos saugyklą taip pat kinta priklausomai nuo šilumos saugyklos talpos. Investicijos į šilumos saugyklą gali būti apskaičiuotos naudojantis formule:

$$\text{Saugyklos kaina [€]} = 92 \text{ [€/m}^2\text{]} \times \text{Saugyklos tūris [m}^3\text{]} + 181000 \text{ [€]}$$

Investicijos į saulės terminius kolektorius, šiluminę saugyklą, įrangą saulės laukui yra pagrįstos investicijomis iš panašių projektų. Investicijos žemei įsigyti skaičiuojamos pagal Raseinių regiono duomenis ir priimtos nuo 4 400 €/ha iki 5 800 €/ha. Skaičiavimams naudojo vidutinės 5100 €/ha vertes. Reikalingas žemės plotas paskaičiuojamas naudojantis sekančia formule:

$$d_{eilės} = \frac{A_{žemė} \times S_{kolektorius}}{A_{kolektorius} \times f_{ilgis} \times f_{plotis}}$$

Kur:

$d_{eilės}$ – atstumas tarp eilių [m];

$A_{žemė}$ – žemės plotas [m^2];

$A_{kolektorius}$ – visas kolektorių plotas [m^2];

$S_{kolektorius}$ – šoninis saulės kolektoriaus ilgis [m];

f_{ilgis} ir f_{plotis} – nenaudojamo ploto dėl saulės kolektoriaus ploto kompensavimo rodikliai, pvz., jei 3% yra pridedami, tai f_{ilgis} ir f_{plotis} bus lygūs 1,03.

3 Techninės centralizuoto saulės šildymo charakteristikos

3.1 Saulės kolektoriai

Iš esmės centralizuotas saulės šildymas yra centralizuoto šilumos ir karšto vandens tiekimas iš saulės energijos per CŠT sistemą, kurioje vanduo yra pašildomas centralizuotai iš grupės saulės kolektorių, t.y. centralizuotų saulės jėgainių arba CSŠJ. Pašildytas vanduo yra paskirstomas per centralizuoto šilumos tiekimo vamzdynus. Centralizuoto šilumos tiekimo sistemoms kolektoriai paprastai yra įrengiami ant žemės ilgomis eilėmis, sujungtomis nuosekliai. Danijos sistemose saulės šildymo sistemos paprastai pasiima grįžtantį vandenį ir pašildo jį iki pageidaujamos paduodamos temperatūros. Būtent šis procesas ir yra priimtas skaičiavimuose.

Toliau įvedamas pagrindinis saulės terminio kolektoriaus koeficientas: tokia formulė taikoma saulės kolektoriui (be susidūrimo kampo modifikatoriaus):

$$Y = A * (G * \eta_0 - a_1 * (T_m - T_a) - a_2 * (T_m - T_a)^2)$$

Kur:

Y - saulės produktyvumas, t.y. šilumos gamyba [W];

A - saulės kolektoriaus plotas [m^2];

G - saulės radiacija ant saulės kolektorių, [W/m^2];

T_m - kolektoriaus vidutinė temperatūra, [$^{\circ}C$], tai yra vidutinė tarp šalto vandens, įtekančio į kolektorių, temperatūros ir karšto vandens, išeinančio iš kolektoriaus, temperatūros;

T_a - lauko temperatūra [$^{\circ}C$].

Geriausiems rezultatams gauti lauko temperatūros duomenys turėtų būti pateikti bent kas valandą. Saulės kolektoriaus efektyvumas nustatomas trimis parametrais:

η_0 - išskirtas (maksimalus) kolektoriaus efektyvumas [-];

a_1 - pirmos eilės koeficientas kolektoriaus efektyvumo lygtyje [$W/(m^2 \cdot K)$];

a_2 - antros eilės koeficientas kolektoriaus efektyvumo lygtyje [$W/(m^2 \cdot K)^2$].

Šie trys parametrai yra prieinami terminiams kolektoriams, testuotiems pagal ASHRAE standartus ir reitinguojamiems pagal SRCC (ASHRAE, 2003; SRCC, 1995), o taip pat terminiams kolektoriams, testuojamiems, o pagal neseną Europos standartą saulės terminiams kolektoriams (CEN, 2001). Daug saulės

terminių kolektorių parametrų pavyzdžių galima rasti internete (pvz. Solar Keymark Database^{*1}). Skaičiavimuose buvo naudojami tokie koeficientai, kurie gauti tipiniam Danijos plokščiajam terminui kolektoriui:

$$\eta_0 = 0,815;$$

$$a_1 = 2,43 \text{ [W/(m}^2\text{*K)]};$$

$$a_2 = 0,012 \text{ [W/(m}^2\text{*K)}^2\text{]}.$$

Dar daugiau, modelyje yra susidūrimo kampo modifikatorius, IAM arba K_0 . Saulė ne visada išsidėsčiusi vertikaliai kolektoriaus plokštumai; susidūrimo kampas bendru atveju kinta tiek paros, tiek metų bėgyje.

Modifikatoriaus koeficientas naudojamas, kadangi terminio kolektoriaus dangos stiklo pralaidumas kinta priklausomai nuo susidūrimo kampo. Kitais žodžiais tariant IAM įvedamas, siekiant įvertinti, kad stiklo dangos atspindėjimas didėtų, esant didesniam susidūrimo kampui. Susidūrimo 50° kampui yra susidūrimo kampo modifikatorius $K_{50} = 0,94$. Duotam susidūrimo kampui kiekvieną metų valandą η_0 yra padauginamas iš atitinkamo IAM duotam susidūrimo kampui.

Centralizuotas saulės šildymas gali turėti dideles šilumos saugyklas, kurių talpa nuo vienos dienos iki sezoninių talpyklų (STES). Šiluminė talpykla padidina saulės dalį, kuri yra dalis tarp gautos saulės energijos ir visos energijos poreikio sistemoje. Idealiu atveju tikslas naudoti sezoninę talpyklą yra išsaugoti saulės energiją, surinktą vasaros metu žiemos mėnesiams.

Lyginant su mažomis saulės šildymo sistemomis, centralizuotos saulės šildymo sistemos turi geresnį kainos veiksmingumo santykį dėl žemesnių instaliavimo kaštų, aukštesnį šilumos efektyvumą ir reikalauja mažiau priežiūros. Centralizuotos saulės sistemos energija taip pat gali būti naudojamos vėsinimui centralizuoto vėsinimo forma. Šiuo atveju bendras efektyvumas yra aukštas dėl aukštos koreliacijos tarp energijos poreikio ir saulės spinduliuotės.

3.2 Saugykla

Paprastai 20 – 25% šilumos poreikio gali būti padengta iš saulės šilumos, kombinuojant ją su šilumos saugykla centralizuotoje saulės sistema. Sistemoms, kur didesnė dalis saulės padengimo yra pageidautina, svarstyta sezoninė šilumos talpykla. Normaliai 40% saulės padengimo ir daugiau, reikalinga sezoninė šilumos talpykla. Tinkamo dydžio talpykla paprastai yra 200-300 l/m² saulės terminio kolektoriaus ploto. Kuo didesnė saulės šilumos dalis, tuo didesnės reikalinga šiluminės saugyklos talpa.

Sistema šildo šilumos talpyklą su saulės terminiais kolektoriais ir naudoja tą šilumą patalpų šildymui ir/arba buitinio karšto vandens ruošimui. Jei vandens temperatūra šilumos saugyklos viršuje yra per daug aukšta, tada naudojamas šaltas vanduo atšaldymui iki reikalingos temperatūros.

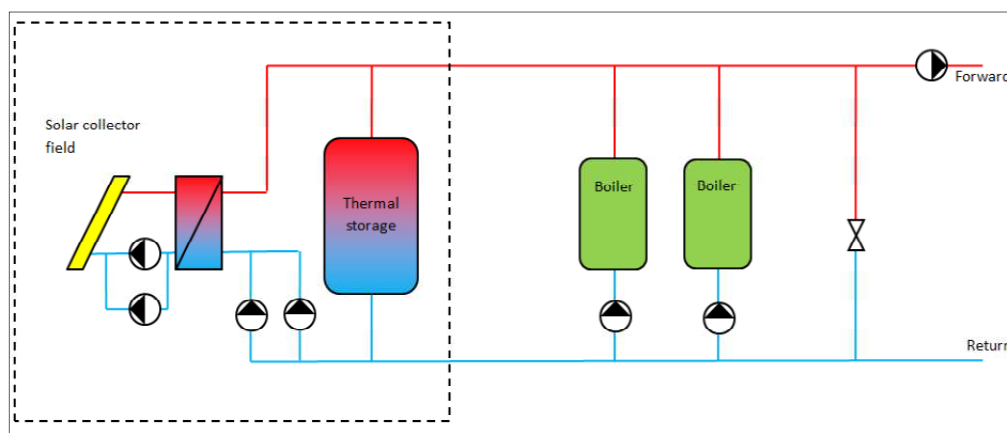
Iš kai kurių šiluminių talpyklų įmanoma (su keliais išėjimais) ištraukti šilumą skirtinguose aukščiuose. Tokiose talpyklose galima naudoti vandenį, kurio temperatūra išlaikoma pageidaujamos temperatūros (pvz., iš vidurinės talpyklos dalies), tuo tarpu išlaikant aukštą vandens temperatūrą talpyklos viršutinėje dalyje, jei viršutinėje dalyje esanti vandens temperatūra yra aukštesnė nei reikalinga. Tai yra itin naudinga, jei jūs eksploatuojate itin dideles saugyklas, kur svarbu palaikyti gerą šiluminį išsimaišymą (pvz., 2000 m³ saugyklai).

3.3 Saulės centralizuoto šilumos tiekimo sistema

Paprastas principas, rodantis saulės terminių kolektorių lauką, sujungtą su jėgaine, parodytas 1 pav. Sistemai reikalinga visa eilė dalių: saulės kolektoriai ir pagrindai jiems, pastatas techninei įrangai, šilumokaičiai kartu su perdavimo vamzdynais ir siurbliais, šilumos saugykla, azoto stotis ir sklendės.

¹ www.solarkeymark.dk/CollectorCertificates

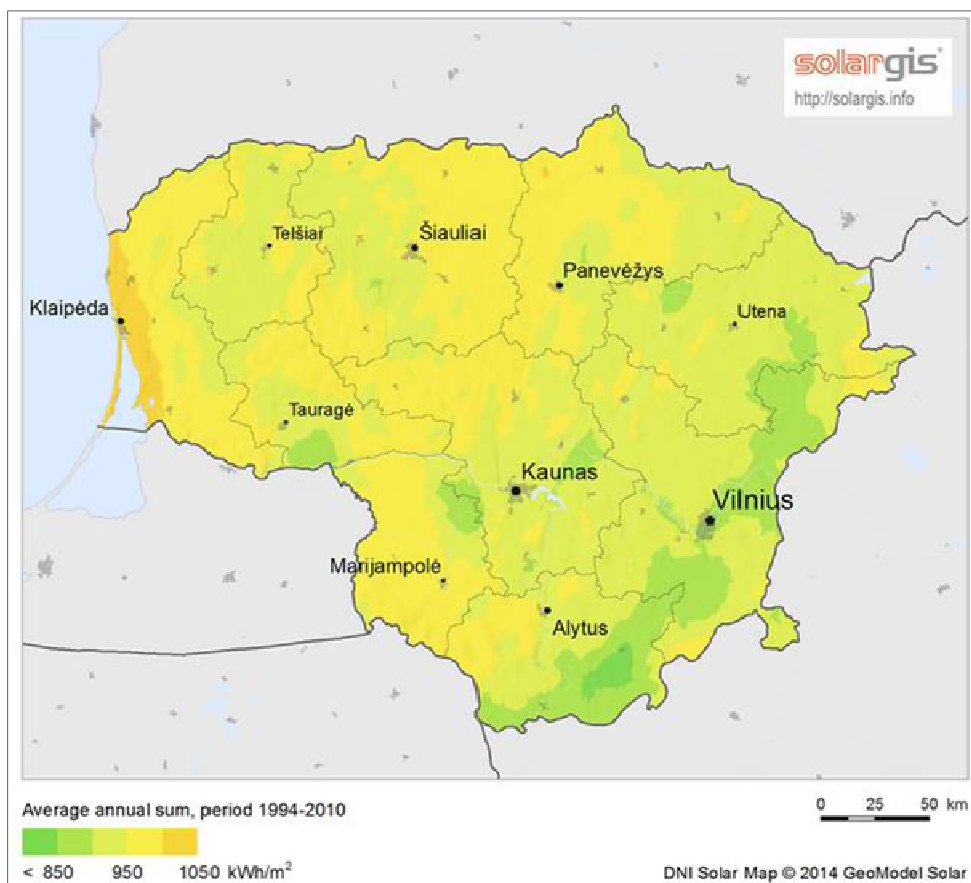
Be to, reikia samdyti profesionalius rangovus atlikti darbui žemės paruošimui, vamzdynų sujungimui su jėgaine kartu ir apželdinti plotą ir kitais žemės darbais. Sistemą taip pat reikia pajungti prie elektros tinklo, norint prijungti siurblius ir sistemos valdymo ir priežiūros įrangą.



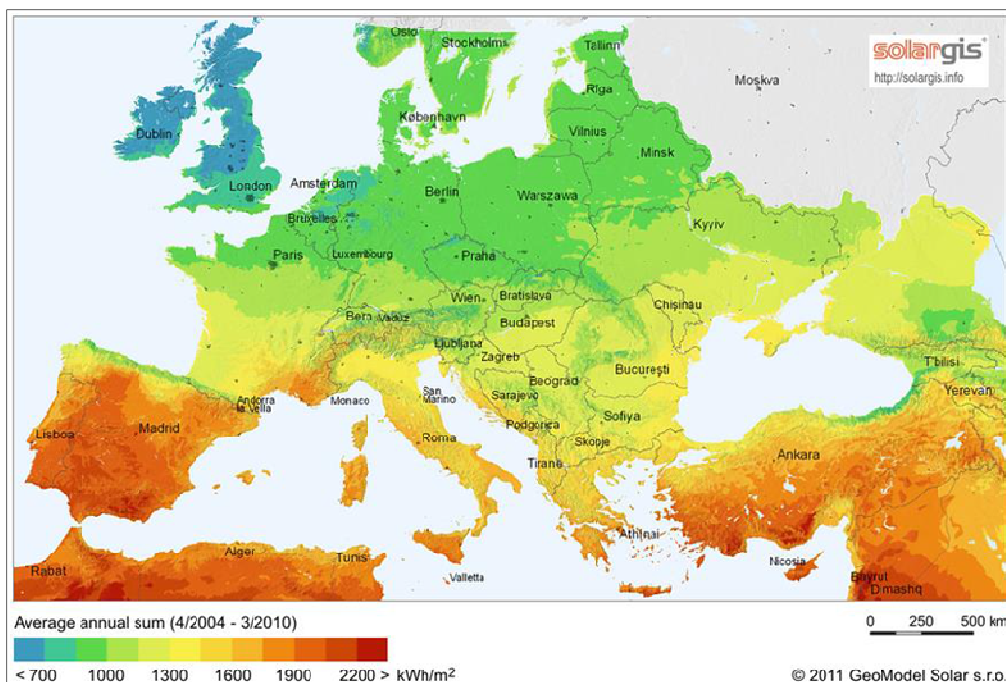
1 pav.: Principinė centralizuoto šilumos tiekimo jėgainės schema

3.4 Saulės spinduliuotė

Saulės spinduliuotė Lietuvoje kinta nuo 850 iki 1050 kWh/m², žiūr. 2 pav. Saulės spinduliuotė Lietuvoje palygintina su saulės spinduliuote Danijoje, bet yra žemesnė nei saulės spinduliuotė Pietų Europoje, žiūr. 3 pav., kur saulės spinduliuotė siekia daugiau kaip 2 200 kWh/m² kai kuriose vietovėse.



2 pav.: Saulės spinduliuotė Lietuvoje (Tiesioginė normalinė spinduliuotė), kWh/m² (<http://solargis.info/>)



3 pav.: Saulės spinduliuotė Europoje (Tiesioginė normalinė spinduliuotė), kWh/m² (<http://solargis.info/>)

4 Skaičiavimai

Siekiant atlikti analizę, buvo sudarytas modelis su numatytu (baziniu) scenarijum ir įvairios saulės dalies gamyba nuo 5000 m² iki 20000 m² su 2 500 m² žingsniu. Apytikslis saugyklos dydis nustatytas kaip ¼ m³ per m² saulės kolektoriaus, buvo naudojamas skaičiavimuose. Tai reiškia, kad tokie scenarijai buvo sugeneruoti naudojant programą EnergyPRO:

0. Bazinė situacija, kai katilinė eksploatuojama naudojant įmonės pateiktus duomenis.

1. 2500 m² saulės kolektoriai sujungto su Raseinių CŠT katiline.
- 2a. 5000 m² saulės kolektoriai sujungto su Raseinių CŠT katiline.
- 2b. 5500 m² saulės kolektoriai ir 1250 m³ saugykla sujunta su Raseinių CŠT katiline.
3. 7500 m² saulės kolektoriai ir 1875 m³ saugykla sujunta su Raseinių CŠT katiline.
4. 10000 m² saulės kolektoriai ir 2500 m³ saugykla sujunta su Raseinių CŠT katiline.
5. 12500 m² saulės kolektoriai ir 3125 m³ saugykla sujunta su Raseinių CŠT katiline.
6. 15000 m² saulės kolektoriai ir 3750 m³ saugykla sujunta su Raseinių CŠT katiline.
7. 17500 m² saulės kolektoriai ir 4375 m³ saugykla sujunta su Raseinių CŠT katiline.
8. 20000 m² saulės kolektoriai ir 5000 m³ saugykla sujunta su Raseinių CŠT katiline.

5 Energetiniai rezultatai

Šiame skyriuje pateikti rezultatai, gauti iš EnergyPRO ir Excel programų skaičiavimų.

5.1 Šilumos gamyba

Šilumos gamybos pasiskirstymas remiasi biokuro (medienos skiedros) ir saulės šilumos naudojimu parodytas 3 lentelėje. Kaip matyti 3 lentelėje, saulės padengimas kinta nuo maždaug 3,8% 1 scenarijuje iki 26% 8 scenarijuje.

4 lentelė: Šilumos gamyba paskaičiuotuose scenarijuose

Šilumos gamyba	Saulės kolektorių plotas		2,500 m ²	5,000 m ²	7,500 m ²	7,500 m ²	10,000 m ²
	Šiluminės talpyklos tūris		0 m ³	0 m ³	0 m ³	1,875 m ³	2,500 m ³
Medienos katilas	MWh	33,295	32,018	31,113	30,690	29,392	28,165
Saulės šiluma	MWh	0	1,277	2,182	2,605	3,903	5,131
Viso	MWh	33,295	33,295	33,295	33,295	33,295	33,295
Saulės dalis	%	0%	3,80%	6,60%	7,80%	11,70%	15,40%

Šilumos gamyba	Saulės kolektorių plotas		12,500 m ²	15,000 m ²	17,500 m ²	20,000 m ²
	Šiluminės talpyklos tūris		3,125 m ³	3,750 m ³	4,375 m ³	5,000 m ³
Medienos katilas	MWh	33,295	27,091	26,170	25,348	24,616
Saulės šiluma	MWh	0	6,204	7,125	7,947	8,679
Viso	MWh	33,295	33,295	33,295	33,295	33,295
Saulės dalis	%	0%	18.6%	21.4%	23.9%	26.1%

5.2 Biokuro vartojimas

Ateityje biokuro ištekliai gali tapti riboti. Todėl gali būti naudinga papildyti šilumos gamybą su ilgalaikiais tvariais ištekliais, tokiais kaip saulės šiluma. Toliau 4 lentelėje matome, kiek turto, naudojant įvairias saulės šilumos dalis galima sutaupyti kasmet.

5 lentelė: Metinis biokuro suvartojimas

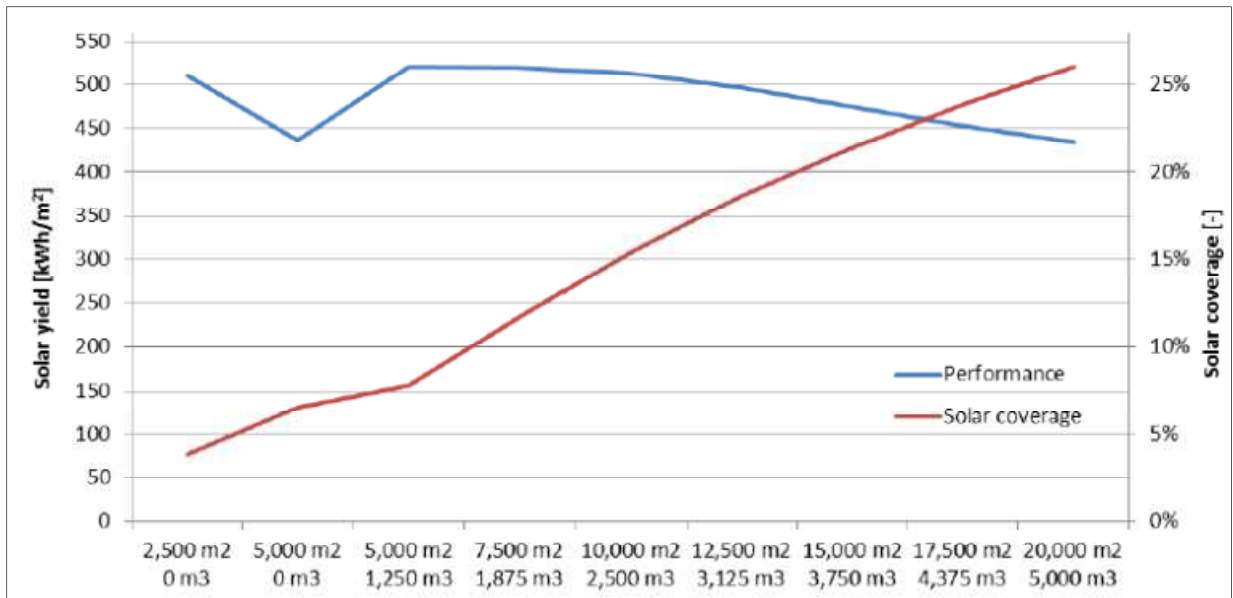
Kuras	Saulės kolektorių plotas		2,500 m ²	5,000 m ²	7,500 m ²	7,500 m ²	10,000 m ²
	Šiluminės talpyklos tūris		0 m ³	0 m ³	0 m ³	1,875 m ³	2,500 m ³
Biokuro sunaudojimas	MWh	37,408	35,973	34,957	34,481	33,022	31,644
	tonos	14,622	14,061	13,664	13,478	12,908	12,369

Kuras	Saulės kolektorių plotas		12,500 m ²	15,000 m ²	17,500 m ²	20,000 m ²
	Šiluminės talpyklos tūris		3,125 m ³	3,750 m ³	4,375 m ³	5,000 m ³
Biokuro sunaudojimas	MWh	37,408	30,438	29,403	28,479	27,657
	tonos	14,622	11,898	11,493	11,132	10,810

Saulės kolektoriai padeda sumažinti biokuro naudojimą iki maždaug 10 000 MWh kasmet, atitinkamai iki maždaug 3 800 tonų medienos skiedrų. Kuro sumažinimas gaunamas kaip rezultatas sumažinantis katilinės eksploatacijos kaštus, kurie parodyti kitame skyriuje.

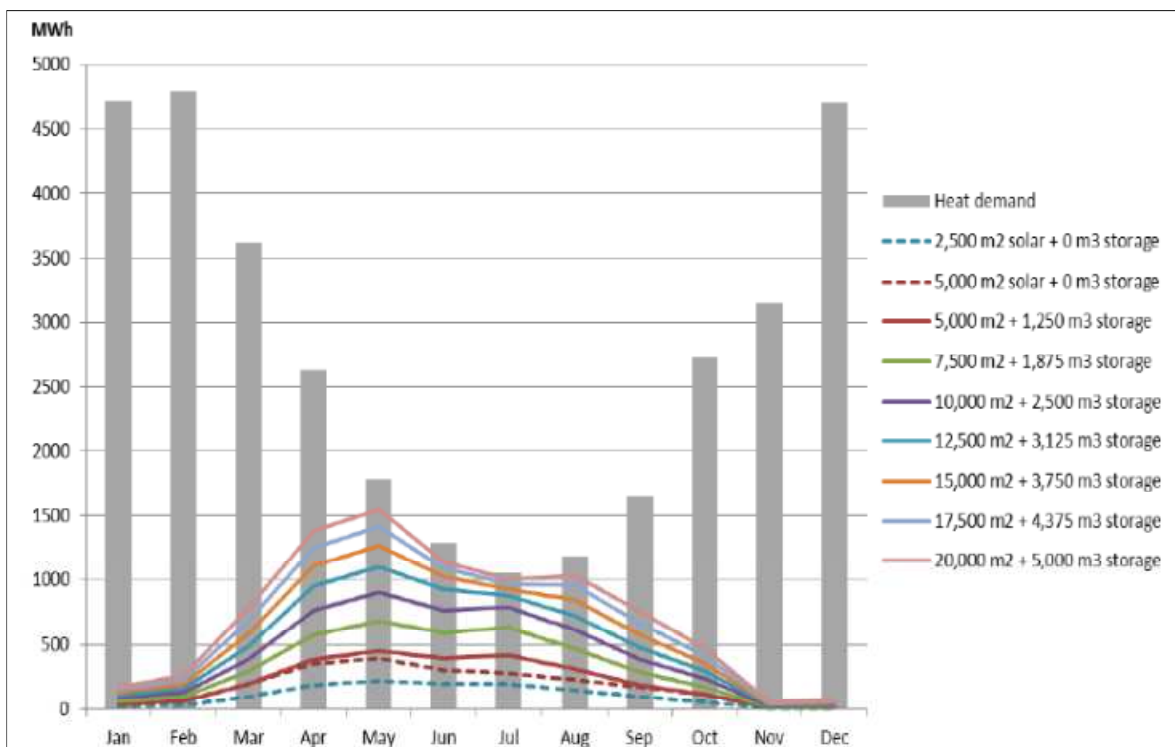
5.3 Saulės kolektorių veikimas

Saulės kolektorių veikimas kinta kartu su saulės šilumos dalimi šilumos gamyboje, kadangi didesnė dalis dažnai reikalauja didesnės saugyklos talpos 1 m² saulės kolektoriaus. 4 pav. matome vidutinę gamybą iš 1 m² saulės kolektoriaus kiekviename skaičiavimo scenarijuje. Saulės padengiama dalis parodyta antroje vertikalioje ašyje.



4 pav.: Saulės kolektorių veikimas

Nuo labai didelės gamybos saulės kolektoriams pirmame scenarijuje su maždaug 500 kWh/m², veikimas yra sumažinamas iki maždaug 430 kWh/m² didžiausiai saulės padengiamai daliai. Mėnesinė gamyba iš saulės kolektorių kiekviename skaičiavime, lyginant su mėnesiniu šilumos poreikiu, parodyta 5 pav.



5 pav.: Mėnesinė gamyba iš saulės kolektorių

6 Ekonominiai rezultatai

6.1 Biudžetas

Skaičiuojamas biudžetas visiems skaičiavimams, pagrįstoms investicijomis iš 2.5 skyriaus, pateiktas 6 lentelėje.

6 lentelė: Investicijų biudžetas

2,500 m² saulės kolektoriai	0	m³ šiluminė saugykla				
Investicijos saulės kolektoriams	2,500	m ² saulės kolektoriai	300	€/m ²	750,000	€
Investicijos saugyklai	0	m ³	0	€	0	€
Investicijos žemei	0.57	ha	5,100	€/ha	2,884	€
Viso					1,455,768	€
5,000 m² saulės kolektoriai	0	m³ šiluminė saugykla				
Investicijos saulės kolektoriams	5,000	m ² saulės kolektoriai	280	€/m ²	1,400,000	€
Investicijos saugyklai	0	m ³	0	€	0	€
Investicijos žemei	1.131	ha	5,100	€/ha	5,768	€
Viso					1,405,768	€
5,000 m² saulės kolektoriai	1,250	m³ šiluminė saugykla				
Investicijos saulės kolektoriams	5,000	m ² saulės kolektoriai	280	€/m ²	1,400,000	€
Investicijos saugyklai	1,250	m ³	296,000	€	296,000	€
Investicijos žemei	1.131	ha	5,100	€/ha	5,768	€
Viso					1,701,768	€
7,500 m² saulės kolektoriai	1,875	m³ šiluminė saugykla				
Investicijos saulės kolektoriams	7,500	m ² saulės kolektoriai	255	€/m ²	1,912,500	€
Investicijos saugyklai	1,875	m ³	353,500	€	353,500	€
Investicijos žemei	2.261	ha	5,100	€/ha	8,652	€
Viso					2,274,652	€
10,000 m² saulės kolektoriai	2,500	m³ šiluminė saugykla				
Investicijos saulės kolektoriams	10,000	m ² saulės kolektoriai	235	€/m ²	2,350,000	€
Investicijos saugyklai	2,500	m ³	411,000	€	411,000	€
Investicijos žemei	2.261	ha	5,100	€/ha	11,535	€
Viso					2,772,535	€
12,500 m² saulės kolektoriai	3,125	m³ šiluminė saugykla				
Investicijos saulės kolektoriams	12,500	m ² saulės kolektoriai	230	€/m ²	2,875,000	€
Investicijos saugyklai	3,125	m ³	468,500	€	468,500	€
Investicijos žemei	2.83	ha	5,100	€/ha	14,419	€
Viso					3,357,919	€
15,000 m² saulės kolektoriai	3,750	m³ šiluminė saugykla				
Investicijos saulės kolektoriams	15,000	m ² saulės kolektoriai	225	€/m ²	3,375,000	€
Investicijos saugyklai	3,750	m ³	526,000	€	526,000	€
Investicijos žemei	3.39	ha	5,100	€/ha	17,303	€
Viso					3,918,303	€
17,500 m² saulės kolektoriai	4,375	m³ šiluminė saugykla				
Investicijos saulės kolektoriams	17,500	m ² saulės kolektoriai	215	€/m ²	3,762,500	€
Investicijos saugyklai	4,375	m ³	583,500	€	583,500	€
Investicijos žemei	3.96	ha	5,100	€/ha	20,187	€
Viso					4,366,187	€
20,000 m² saulės kolektoriai	5,000	m³ šiluminė saugykla				
Investicijos saulės kolektoriams	20,000	m ² saulės kolektoriai	210	€/m ²	4,200,000	€
Investicijos saugyklai	5,000	m ³	641,000	€	641,000	€
Investicijos žemei	4.52	ha	5,100	€/ha	23,071	€
Viso					4,864,071	€

6.2 Vidutiniai metiniai kaštai

Šilumos gamyba iš saulės kolektorių yra sezoninė, kai gamyba yra didelė vasaros laikotarpiu ir negaminama arba labai mažai gaminama žiemos mėnesiais. Kadangi mazuto katilai šiuose skaičiavimuose šilumos

negamina, šilumos gamyba iš saulės kolektorių pakeičia tik pigesnę šilumą iš biokuro katilų. Skaičiavimai investicijoms amortizuotomis su realia palūkanų norma² 3% per 30 metų parodyti 7 lentelėje.

7 lentelė: Vidutiniai metiniai kaštai su 3% palūkanų norma

	Saulės kolektorių plotas		2,500 m ²	5,000 m ²	7,500 m ²	7,500 m ²	10,000 m ²
	Šiluminės talpyklos tūris		0 m ³	0 m ³	0 m ³	1,875 m ³	2,500 m ³
Eksplotacijos kaštai	€/metus	771,915	743,326	723,078	713,610	684,541	657,073
Eksplotaciniai sutaupymai	€/metus		28,589	48,837	58,305	87,374	114,842
Investicijos	€		752,884	1,455,768	1,751,768	2,274,652	2,772,535
Kapitalo kaštai	€/metus		38,412	74,272	89,374	116,051	141,453
Paprastasis atsipirkimo laikotarpis	Metai		26	30	30	26	24
Grynasis sutaupymas	€/metus		-9,823	-25,435	-31,069	-28,677	-26,611
Šilumos gamybos savikaina	€/MWh	23.2	22.3	21.7	21.4	20.6	19.7
Šilumos gamybos savikaina įskaitant kapitalo kaštus	€/MWh	23.2	23.5	23.9	24.1	24.0	24.0

	Saulės kolektorių plotas		12,500 m ²	15,000 m ²	17,500 m ²	20,000 m ²
	Šiluminės talpyklos tūris		3,125 m ³	3,750 m ³	4,375 m ³	5,000 m ³
Eksplotacijos kaštai	€/metus	771,915	633,052	612,434	594,024	577,639
Eksplotaciniai sutaupymai	€/metus		138,863	159,481	177,891	194,276
Investicijos	€		3,357,919	3,918,303	4,366,187	4,864,071
Kapitalo kaštai	€/metus		171,319	199,909	222,76	248,161
Paprastasis atsipirkimo laikotarpis	Metai		24	25	25	25
Grynasis sutaupymas	€/metus		-32,456	-40,428	-44,869	-53,885
Šilumos gamybos savikaina	€/MWh	23.2	19.0	18.4	17.8	17.3
Šilumos gamybos savikaina įskaitant kapitalo kaštus	€/MWh	23.2	24.2	24.4	24.5	24.8

Sutaupymas iš šilumos gamybos saulės kolektoriuose negali finansuoti investicijų prie esamų prielaidų – nes yra neigiamas grynasis sutaupymas nuo 10 000 € ir beveik iki 5 4000 € kasmet. Atsipirkimo laikotarpis yra paskaičiuotas kaip paprastas atsipirkimo laikotarpis, kai eksploatacijos sutaupymai yra padalijami iš investicijų. Šiame kontekste reikėtų pastebėti, kad kainos yra fiksuotos per visą skaičiavimo laikotarpį.

Tai yra teisinga saulės energijos atveju, tačiau tikimasi, kad biokuro kaina išaugs per ateinančius 30 metų. Šiam faktui yra skirtas dėmesys tolesniame skyriuje „Jautrumo analizė“.

Vidutiniai šilumos gamybos kaštai su kapitalo kaštais investicijoms yra tarp 23,5 €/MWh ir 24,8 €/MWh, kas yra daugiau nei 23,2 €/MWh pateiktos situacijos duomenyse.

Kapitalo kaštai čia skaičiuojami 30 metų laikotarpiui, kas atitinka techninį sistemos gyvavimo laikotarpį. Toliau atlikta eilė jautrumo skaičiavimų.

² Realioji palūkanų norma yra maždaug nominalioji palūkanų norma minus infliacija, pvz., nominalioji palūkanų norma 5% minus infliacija 2% rezultate duoda maždaug realioji palūkanų norma 3%.

6.3 Jautrumo analizė

Danijos energetikos agentūra tiki, kad biokuro kaina augs apytiksliai po 1% kasmet. Tai atitinka vidutinę biokuro kainą per ateinančius 30 metų išaugsianti 16% daugiau nei ji yra dabar. 8 lentelėje metiniai vidutiniai kaštai parodyti kiekvienam scenarijui, kur biokuro kaina yra 16% didesnė nei baziniame skaičiavimo scenarijuje. Biokuro kaina šiuose skaičiavimuose yra 46,5 €/ton.

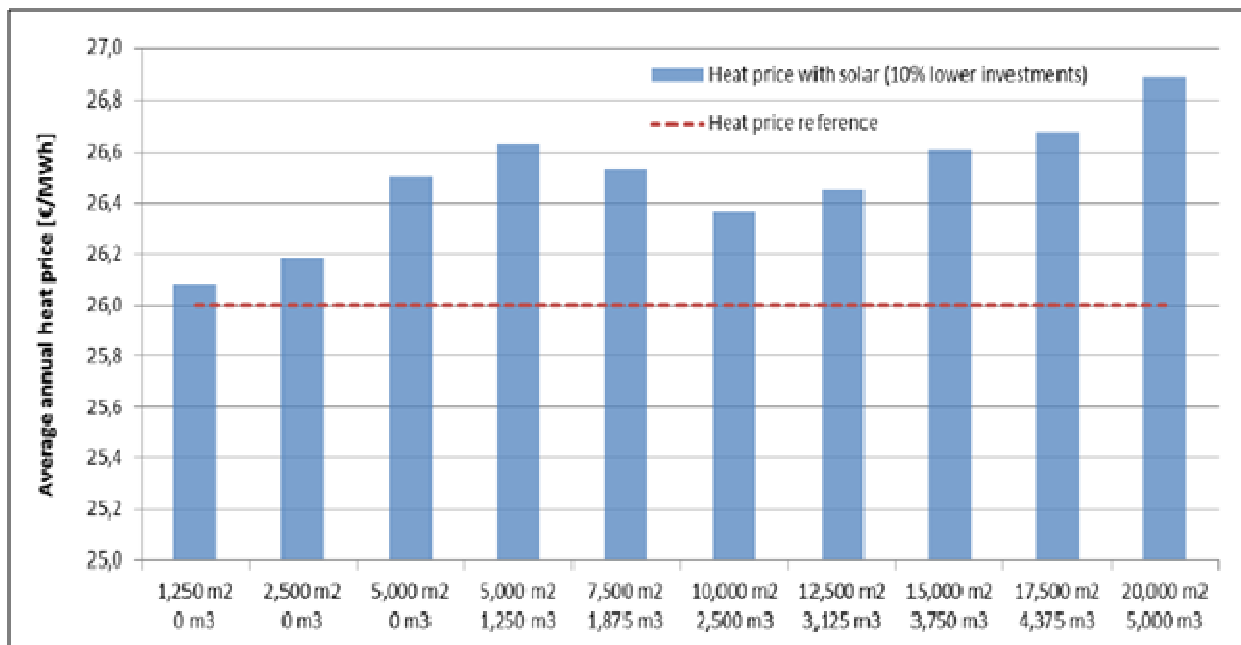
Kadangi mažiausia šilumos kaina su saulės šildymo sistema aptinkama esant mažiausiems saulės kolektorių plotams, skaičiavimas buvo atliktas ir papildomam scenarijui, kuris taiko pusę 1 scenarijaus kolektorių plotą, t.y. 1 250 m² saulės kolektorių. (Kolektorių 1 m² kaina yra priimta 300 €/m²)

8 lentelė: Jautrumo analizė: biokuro kainos augimas 16%.

	Saulės kolektorių plotas		1,200 m ²	2,500 m ²	5,000 m ²	7,500 m ²	7,500 m ²
	Šiluminės talpyklos tūris		0 m ³	0 m ³	0 m ³	0 m ³	1,875 m ³
Eksplotacijos kaštai	€/metus	865,641	849,232	833,457	810,662	800,004	767,280
Eksplotaciniai sutaupymai	€/metus		16,409	32,184	54,979	65,637	98,361
Investicijos	€		376,442	752,884	1,455,768	1,751,768	2,274,652
Kapitalo kaštai	€/metus		19,206	38,412	74,272	89,374	116,051
Paprastasis atsipirkimo laikotarpis	Metai		23	23	26	27	23
Grynasis sutaupymas	€/metus		-2,797	-6,228	-19,293	-23,737	-17,69
Šilumos gamybos savikaina	€/MWh	26.0	25.5	25.0	24.3	24.0	23.0
Šilumos gamybos savikaina įskaitant kapitalo kaštus	€/MWh	26.0	26.1	26.2	26.6	26.7	26.5

	Saulės kolektorių plotas		10,000 m ²	12,500 m ²	15,000 m ²	17,500 m ²	20,000 m ²
	Šiluminės talpyklos tūris		2,500 m ³	3,125 m ³	3,750 m ³	4,375 m ³	5,000 m ³
Eksplotacijos kaštai	€/metus	865,641	736,358	709,315	686,104	665,379	646,933
Eksplotaciniai sutaupymai	€/metus		129,283	156,326	179,537	200,262	218,708
Investicijos	€		2,772,535	3,357,919	3,918,303	4,366,187	4,864,071
Kapitalo kaštai	€/metus		141,453	171,319	199,909	222,760	248,161
Paprastasis atsipirkimo laikotarpis	Metai		21	21	22	22	22
Grynasis sutaupymas	€/metus		-12,170	-14,993	-20,372	-22,498	-29,453
Šilumos gamybos savikaina	€/MWh	26.0	22.1	21.3	20.6	20.0	19.4
Šilumos gamybos savikaina įskaitant kapitalo kaštus	€/MWh	26.0	26.4	26.4	26.6	26.7	26.9

Su aukštesne biokuro kaina, paprastas atsipirkimo laikotarpis mažėja ir šiuose jautrumo skaičiavimuose yra tarp 21 ir 27 metų. 6 pav. parodyta vidutinė šilumos kaina, palyginus su įmonės atveju, kai įvertintas biokuro kainos augimas. Mažiausia saulės šildymo sistemos kaina pasiekia beveik tą patį lygį, kaip ir įmonės pateikta referencinė kaina.



6 pav.: Vidutinė šilumos kaina skaičiavimams su padidinta biokuro kaina.

Mažiausiai šilumos kainai, skirtai saulės šildymo sistemai subalansuoti su referencine pateikta šilumos kaina, biokuro kaina turėtų būti 25% didesnė atžvilgiu vidutinės biokuro kainos per skaičiavimo laikotarpį, jei ši kaina išaugtų 1,5% per metus.

Kaip alternatyvi jautrumo analizė, tolimesni skaičiavimai tiria situaciją, kurioje investicijos rodomos 10% pigesnės. Iš čia visos investicijos pateiktuose skaičiavimuose sumažintos 10%. Investicijų sumažinimas amortizuotas su realia 3% palūkanų norma per 30 metų, duoda tokį rezultatą:

9 lentelė: Jautrumo analizė: Investicijų sumažinimas 10%.

	Saulės kolektorių plotas		1,200 m ²	2,500 m ²	5,000 m ²	7,500 m ²	7,500 m ²
	Šiluminės talpyklos tūris		0 m ³	0 m ³	0 m ³	0 m ³	1,875 m ³
Eksplotacijos kaštai	€/metus	771,915	757,338	743,326	723,078	713,61	684,541
Eksplotaciniai sutaupymai	€/metus		14,577	28,589	48,837	58,305	87,374
Investicijos	€		376,442	677,595	1,310,191	1,576,591	2,047,186
Kapitalo kaštai	€/metus		19,206	34,57	66,845	80,437	104,446
Paprastasis atsipirkimo laikotarpis	Metai		26	24	27	27	23
Grynasis sutaupymas	€/metus		-4,629	-5,981	-18,008	-22,132	-17,072
Šilumos gamybos savikaina	€/MWh	23	23	22	22	21	21
Šilumos gamybos savikaina įskaitant kapitalo kaštus	€/MWh	23	23	23	24	24	24

Tęsinys kitame puslapyje...

	Saulės kolektorių plotas		10,000 m ²	12,500 m ²	15,000 m ²	17,500 m ²	20,000 m ²
	Šiluminės talpyklos tūris		2,500 m ³	3,125 m ³	3,750 m ³	4,375 m ³	5,000 m ³
Eksploatacijos kaštai	€/metus	771,915	657,073	633,052	612,434	594,024	577,639
Eksploataciniai sutaupymai	€/metus		114,842	138,863	159,481	177,891	194,276
Investicijos	€		2,495,282	3,022,127	3,526,473	3,929,568	4,377,664
Kapitalo kaštai	€/metus		127,307	154,187	179,918	200,484	223,345
Paprastasis atsipirkimo laikotarpis	Metai		22	22	22	22	23
Grynasis sutaupymas	€/metus		-12,465	-15,324	-20,437	-22,593	-29,069
Šilumos gamybos savikaina	€/MWh	23	20	19	18	18	17
Šilumos gamybos savikaina įskaitant kapitalo kaštus	€/MWh	23	24	24	23	24	24

Mažesnės investicijos sumažina neigiamus grynuosius sutaupymus saulės šildymo sistemai. Šis rezultatas duoda šilumos gamybos kainą tarp 23,3 €/MWh ir 24,1 €/MWh, kuri yra prie mažesnių ir beveik artima įmonės nurodytai situacijai.

7 Išvados

Iš skaičiavimų su įvairiom saulės kolektorių poreikio padengimo dalimis prie užsiduotų investicijų, amortizuotų su 3% metine palūkanų norma per 30 metų, galima daryti išvadą, kad investicijos nėra ekonomiškai naudingos Raseinių CŠT katilinei prie užsiduotų prielaidų. Tačiau, jei priimsime, kad biokuro kaina ateityje augs, saulės šildymo sistema galiausiai gali pasirodyti besanti ekonomiškai sprendimas. Ateities pasaulinis biokuro poreikis gali priversti augti biokuro kainas, ko pasekoje bus ekonomiškai pakeisti dalį biokuro į saulės šilumą ir eksportuoti dalį biokuro į kitas šalis.

Vidutinė šilumos gamybos kaina mažiausiai saulės šildymo sistemai mažėja iki nurodyto referencinio lygio, jei priimama, kad biokuro kaina augs, priimant metinį 1,5% augimą.

Galima daryti išvadą, kad nors saulės šildymo sistema prie užsiduotų prielaidų nėra ekonomiškai tiriamai centralizuoto šilumos tiekimo katilinei, saulės šilumos gamyba Raseiniuose gali pasiekti konkurencingus kaštus, jei biokuro kainos ateityje augs.