



**VILNIUS  
TECH**

Vilnius Gediminas  
Technical University

# **Atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimo planavimas atliekant energijos vartojimo auditą**

Pastatų energetikos katedra

doc. dr. Juozas Bielskus

[juozas.bielskus@vilniustech.lt](mailto:juozas.bielskus@vilniustech.lt)



**VILNIUS  
TECH**

Vilnius Gediminas  
Technical University

# Turinys

- Saulės kolektoriai ir jų planavimas;
- Saulės jėgainės planavimas;
- Šilumos siurblių planavimas;
- Praktinis uždavinys.

# Tvarumo nauda planuojant AEI sprendimus pastatuose

**AEI diegimas pastatuose padeda įgyvendinti tvarumo principus ir prisideda prie klimato kaitos švelninimo.** Vertinant AEI sprendimus, svarbu įtraukti šiuos tvarumo aspektus:

- **CO<sub>2</sub> emisijų mažinimas** – naudojant saulės energiją ar šilumos siurblius, mažėja iškastinio kuro naudojimas, todėl mažėja ir šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijos.
- **Pirminės energijos vartojimo mažinimas** – AEI leidžia dalį arba visą energiją gaminti vietoje, sumažinant priklausomybę nuo centralizuotų šaltinių.
- **Pastato energinė klasė** – AEI integracija dažnai reikalinga siekiant A ar A++ energinio naudingumo klasės.
- **Energijos savarankiškumas** – PV ir kaupikliai leidžia padidinti autonomiją (aktuali kritinėse situacijose, pvz. elektros tiekimo sutrikimų metu).
- **ES ir LR žalioji politika** – AEI atitinka nacionalinius ir ES klimato tikslus.



# Pirminės energijos ir CO<sub>2</sub> emisijų vertinimas

2.18 lentelė

| Eil.<br>Nr. | Energijos šaltinis                                                                 | $f_{PRP}$<br>vnt | $f_{PRP}$<br>vnt | $M_{CO_2}$ , kgCO <sub>2</sub> /kWh |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------|-------------------------------------|
| 1           | Mazutas                                                                            | 1,1              | 0                | 0,28                                |
| 2           | Orimulsija                                                                         | 1,1              | 0                | 0,29                                |
| 3           | Dyzelinas, krosninis skystas kuras, skalūnų alyva                                  | 1,1              | 0                | 0,27                                |
| 4           | Suskystintos dujos                                                                 | 1,1              | 0                | 0,23                                |
| 5           | Tepalai                                                                            | 1,1              | 0                | 0,34                                |
| 6           | Durpės                                                                             | 1,1              | 0                | 0,37                                |
| 7           | Akmens anglis                                                                      | 1,2              | 0                | 0,34                                |
| 8           | Biokuras (mediena, šiaudai, biodujos, bioalyva ir kt.)                             | 0,1              | 1                | 0                                   |
| 9           | Gamtinės dujos                                                                     | 1,1              | 0                | 0,2                                 |
| 10          | Elektra, gaminama hidroelektrinėse                                                 | 0,06             | 1                | 0,01                                |
| 11          | Elektros įvairių gamybos būdų vidurkis                                             | 2,8              | 0                | 0,6                                 |
| 12          | Fotovoltiniai Saulės kolektoriai                                                   | 0,01             | 1                | 0                                   |
| 13          | Vandeni šildantys Saulės kolektoriai                                               | 0                | 1                | 0                                   |
| 14          | Vėjo elektrinės                                                                    | 0,01             | 1                | 0                                   |
| 15          | Šiluma iš šilumos tinklų (Lietuvos vidurkis)                                       | 0,91             | 0,40             | 0,17                                |
| 27          | Šiluma iš UAB „Litesko“ filialo „Alytaus energija“ šilumos tinklų                  | 0,54             | 0,67             | 0,09                                |
| 32          | Šiluma iš UAB „Litesko“ filialo „Marijampolės šiluma“ Marijampolėje šilumos tinklų | 0,82             | 0,47             | 0,15                                |

2.18 lentelė iš STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“

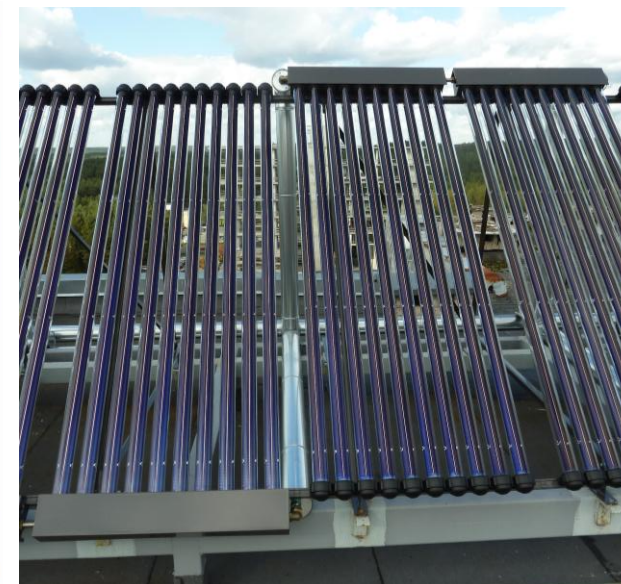
# Saulės kolektoriai

**Visos saulės šildymo sistemos turi pagrindinį komponentą – saulės kolektorių.** Jame saulės spindulinė energija šildo šilumnešį (vandenį, orą, neužšąlančius skysčius).

Saulės energija (trumpo elektromagnetinės bangos), praėjusi pro saulės kolektoriaus skaidrią apsauginę dangą, yra sugerama šilumai laidžios medžiagos (vario/aluminio) absorberio plokštelių, kur virsta šiluma ir nuvedama vamzdeliais cirkuliuojančiu vandeniu, neužšąlančiu skysčiu ar oru, tolesniam panaudojimui, t. y. karšto vandens paruošimui, daliniam šildymui ar vėsinimui.

**Saulės kolektoriai yra skirstomi į:**

- Plokščiuosius:
  - Neįstiklintus (žemos temperatūros);
  - Įstiklintus;
- Vakuuminius;
- Fokusuojančiuosius.

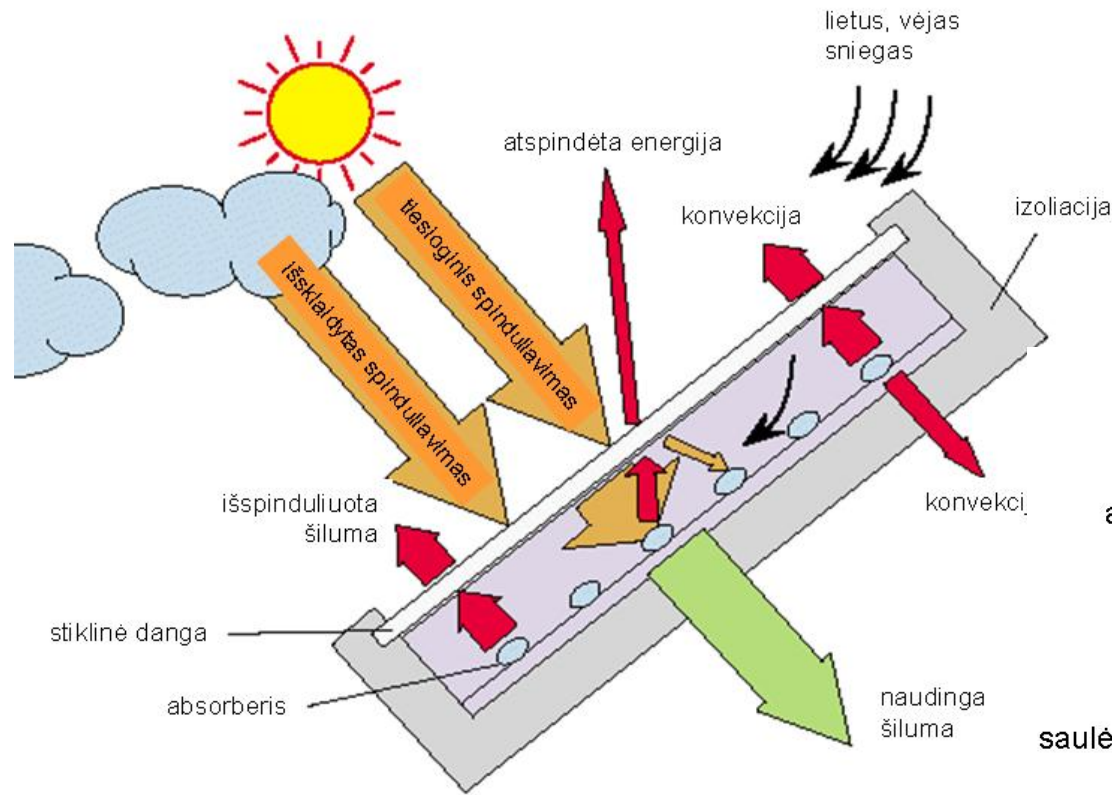




VILNIUS  
TECH

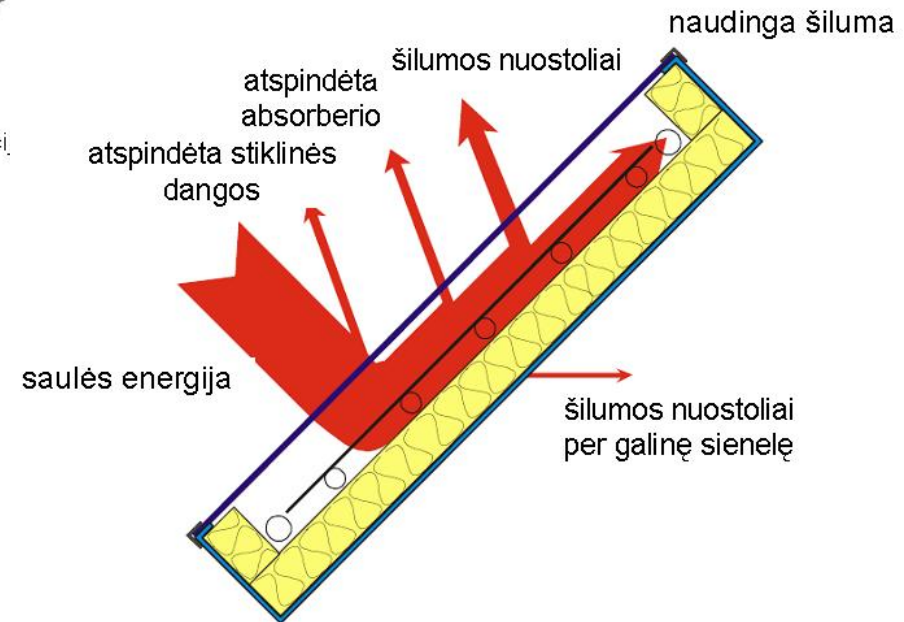
Vilnius Gediminas  
Technical University

# Šiluminiai procesai plokščiajame saulės kolektoriuje



$$\eta = \eta_0 - k_1 \cdot \left( \frac{T_m - T_a}{G_S} \right) - k_2 \cdot \left( \frac{(T_m - T_a)^2}{G_S} \right)$$

$$Q = A \cdot G_S \cdot \eta, (W)$$



# Kas domina Auditorių?

## **Įrengta (esama) sistema:**

- Saulės kolektorių plotas?
- Galia?
- Pagamintas kiekis?
- Investicijos / sutaupymai?

## **Naujai planuojama sistema:**

- Saulės kolektorių plotas?
- Galia?
- Pagamintas kiekis?
- Investicijos / sutaupymai?



Šaltinis: 10x Wolf Hochleistungs-Sonnenkollektor TopSon F3-1Q, Quer, 23,0 m<sup>2</sup>, schwarzgrau - Heizung und Solar zu Discountpreisen

## 1. Galima naudinga šilumos gamyba:

Apskaičiuoti **metinį potencialą** – remiamasi tipiniais **saulės spinduliuotės duomenimis** konkrečiai vietai.

## 2. Techninės montavimo galimybės (montavimas + integracija):

Ar yra tinkamas stogas ar kita konstrukcija montavimui (kryptis, kampas, apkrova)?

Ar nėra šešėliavimo nuo aplinkinių objektų?

Ar galima saulės kolektorių integruoti į esamą šildymo ar karšto vandens sistemą (techninis suderinamumas)?

Ar pastate yra ar gali būti įrengta šilumos kaupimo talpa?

## 3. Galimas stogo plotas:

Įvertinama kiek kolektorių modulių galėtų tilpti.

## 4. Poreikio atitikimas:

Koks yra **esamas karšto vandens ar šildymo poreikis**?

Įvertinama, **kokią dalį to poreikio galėtų padengti saulės kolektoriai**.

## 5. Ekonominė analizė (orientacinė):

Įvertinamos **apytikslės investicijos**.

Skaičiuojamas **sutaupyto energijos kiekis per metus**, galimi sutaupymai €.

Galimas **atsipirkimo laikas**.



# Kaip įvertinti esamą sistemą?

Esamos sistemos galimas vertinimas tik tokiu jeigu yra apskaita.

Pagamintas šilumos kiekis skaičiuojamas:

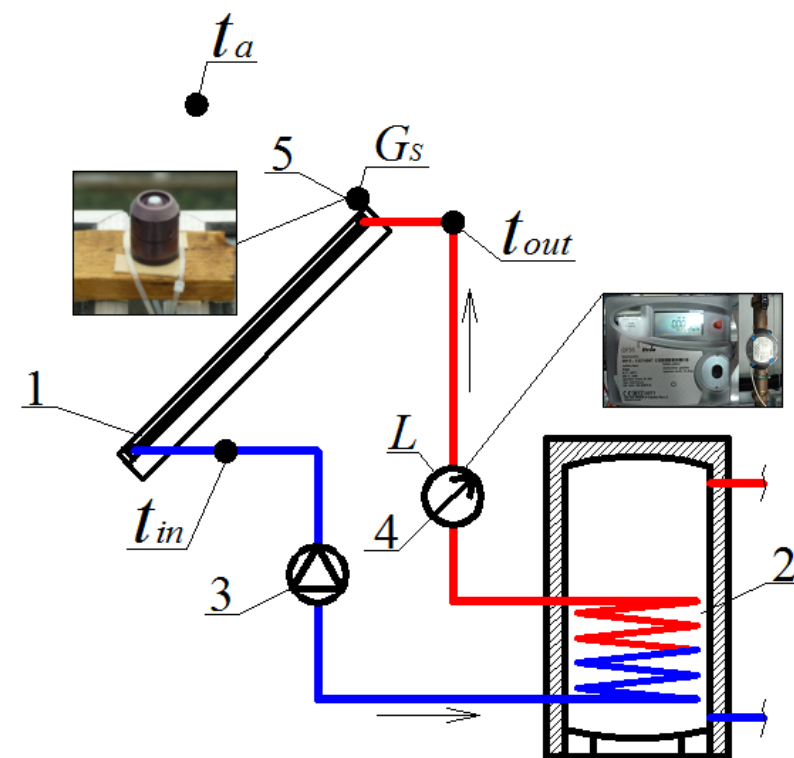
$$Q_f = \frac{M \cdot c_p \cdot (T_{out} - T_{in})}{3,6}, (W)$$

čia:  $M$  – masinis debitas, kg/h;  $c_p$  – šilumnešio savitoji šiluma, kJ/(kg·K);  $T_{in}$ ,  $T_{out}$  – įtekanti ir ištekti iš kolektoriaus šilumnešio temperatūra, kJ/(kg·K).

Tuomet faktinis saulės kolektorių efektyvumas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\eta_f = \frac{Q_f}{A \cdot G_s}.$$

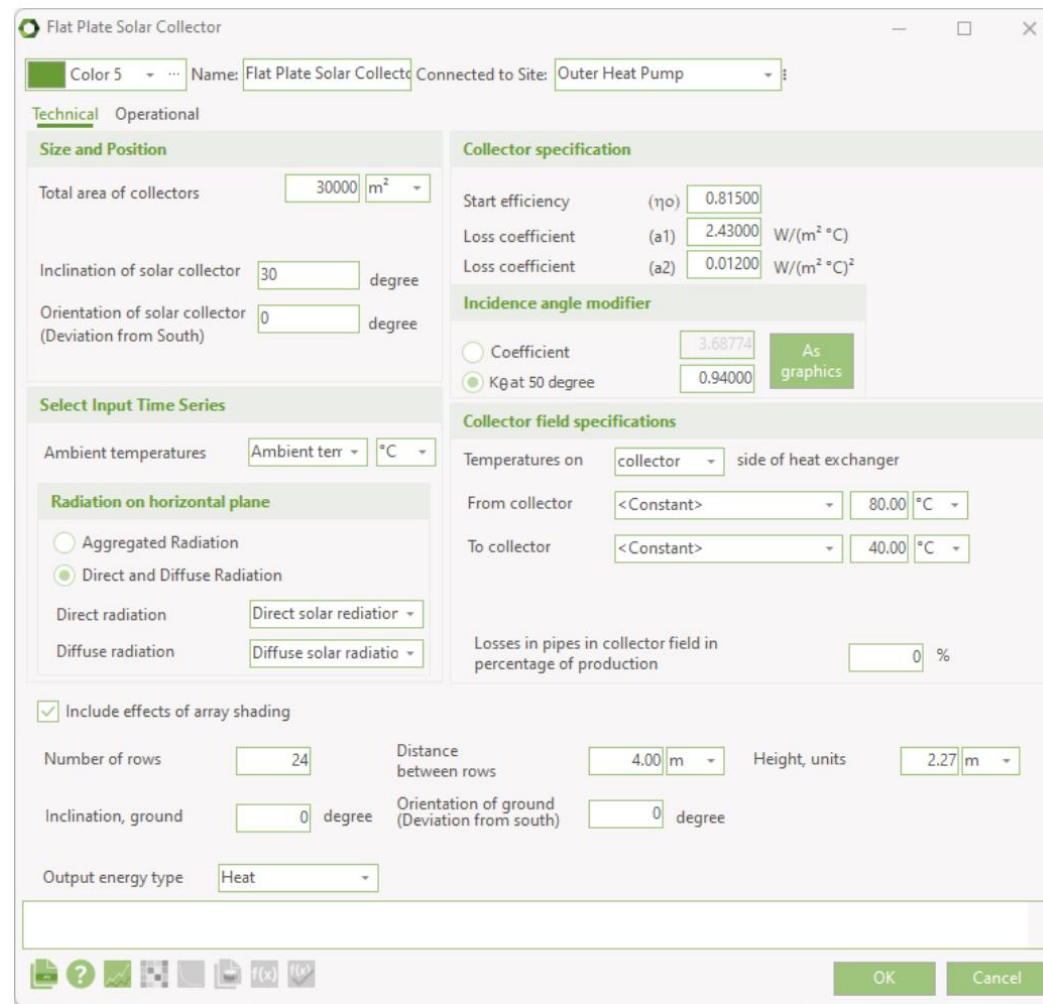
čia:  $\eta_f$  – faktinis efektyvumas;  $Q_f$  – pagamintas faktinis šilumos srautas, W;  $G_s$  – bendras saulės spinduliuotės intensyvumas į paviršių, W/(m<sup>2</sup>);  $A$  – saulės kolektorių naudingas plotas, m<sup>2</sup>.



1 – plokščiasis saulės kolektorius; 2 – šilumos akumuliacinė talpa;  
3 – cirkuliacinis siurblys; 4 – debitomatis.

# O kaip įvertinti naują sistemą?

- Naujai projektuojamos sistemos patikimas vertinimas galimas naudojant dinaminio modeliavimo priemones, tokias kaip Polysun, EnergyPro...
- Arba naudojant analitinius metodus.



The screenshot shows the 'Flat Plate Solar Collector' configuration window. It is divided into several sections:

- Technical / Operational:** Tabs at the top.
- Size and Position:**
  - Total area of collectors: 30000 m<sup>2</sup>
  - Inclination of solar collector: 30 degree
  - Orientation of solar collector (Deviation from South): 0 degree
- Select Input Time Series:**
  - Ambient temperatures: Ambient terr °C
  - Radiation on horizontal plane:**
    - ☐ Aggregated Radiation
    - ☒ Direct and Diffuse Radiation
    - Direct radiation: Direct solar radiation
    - Diffuse radiation: Diffuse solar radiation
- Collector specification:**
  - Start efficiency ( $\eta_0$ ): 0.81500
  - Loss coefficient ( $a_1$ ): 2.43000 W/(m<sup>2</sup> °C)
  - Loss coefficient ( $a_2$ ): 0.01200 W/(m<sup>2</sup> °C)<sup>2</sup>
  - Incidence angle modifier:**
    - ☐ Coefficient: 3.68774
    - ☒ K<sub>θ</sub> at 50 degree: 0.94000
- Collector field specifications:**
  - Temperatures on: collector side of heat exchanger
  - From collector: <Constant> 80.00 °C
  - To collector: <Constant> 40.00 °C
  - Losses in pipes in collector field in percentage of production: 0 %
- Include effects of array shading:** ☒
- Array layout:**
  - Number of rows: 24
  - Distance between rows: 4.00 m
  - Height, units: 2.27 m
  - Inclination, ground: 0 degree
  - Orientation of ground (Deviation from south): 0 degree
  - Output energy type: Heat

Buttons at the bottom: OK, Cancel.

# Supaprastintas atvejis

Kolektooriaus pasvirimo kampas: 60  
Saulės kolektooriaus parametrai Topson F-3

$\eta_0 = 0,804$   
 $k_1 = 3,235 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$   
 $k_2 = 0,0117 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K}^2)$   
 $A = 2,22 \text{ m}^2$

$T_{in} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$   
 $T_{out} = T_{in} + 25 = 75 \text{ }^\circ\text{C}$   
 $G_S = 800 \text{ W/m}^2$

– įtekanti vandens temperatūra į saulės kolektoorių. Ji labai priklauso nuo sistemos jungimo tipo.  
– ištektanti temperatūra. Ji labai priklauso nuo sistemos jungimo tipo.  
Collector tests are typically done at a minimum incident radiation level  $G$  of about  $800 \text{ W/m}^2$ .

$$\eta = \eta_0 - k_1 \cdot \left( \frac{T_m - T_a}{G_S} \right) - k_2 \cdot \left( \frac{(T_m - T_a)^2}{G_S} \right)$$

| Mėnuo      | Dienų skaičius | $T_a, \text{ }^\circ\text{C}$ | $G, \text{ W/m}^2$ | $E_{coll}, \text{ kWh/m}^2$ | $E, \text{ kWh/m}^2$ | $\eta$ | $q_c, \text{ kWh/m}^2$ |
|------------|----------------|-------------------------------|--------------------|-----------------------------|----------------------|--------|------------------------|
| Sausis     | 31             | -5,1                          | 37,04              | 27,6                        | 16,4                 | 0,46   | 12,8                   |
| Vasaris    | 28             | -4,4                          | 75,48              | 50,7                        | 34,9                 | 0,47   | 23,7                   |
| Kovas      | 31             | -0,7                          | 124                | 92,3                        | 73,7                 | 0,49   | 45,2                   |
| Balandis   | 30             | 5,5                           | 151,22             | 108,9                       | 107,3                | 0,53   | 57,3                   |
| Gegužė     | 31             | 11,9                          | 187,52             | 139,5                       | 157,7                | 0,56   | 78,4                   |
| Birželis   | 30             | 15,4                          | 190,32             | 137,0                       | 164,2                | 0,58   | 79,6                   |
| Liepa      | 31             | 16,7                          | 177,16             | 131,8                       | 157,0                | 0,59   | 77,5                   |
| Rugpjūtis  | 31             | 16,2                          | 170,94             | 127,2                       | 131,7                | 0,59   | 74,5                   |
| Rugsėjis   | 30             | 11,9                          | 131                | 94,3                        | 81,4                 | 0,56   | 53,0                   |
| Spalis     | 31             | 7,2                           | 78,36              | 58,3                        | 42,4                 | 0,54   | 31,2                   |
| Lapkritis  | 30             | 2                             | 34,1               | 24,6                        | 16,6                 | 0,51   | 12,4                   |
| Gruodis    | 31             | -2,4                          | 26,52              | 19,7                        | 10,4                 | 0,48   | 9,5                    |
| $\Sigma E$ |                | 6,2                           |                    | 1012                        | 994                  |        | <b>555,1 kWh</b>       |

$$q = \eta(T_m, T_a, G) \cdot E_c$$

Maksimali kolektooriaus galia mėnesį: **1183 W**

Kai  $G_s = 1000 \text{ W/m}^2$ , ir  $T_a = 25 \text{ }^\circ\text{C}$

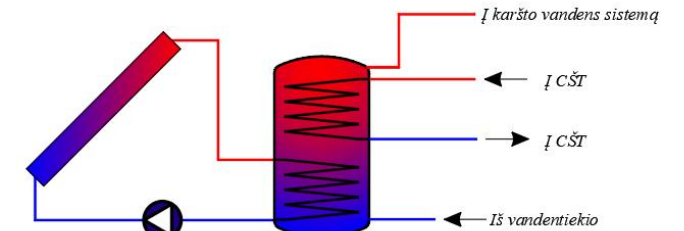
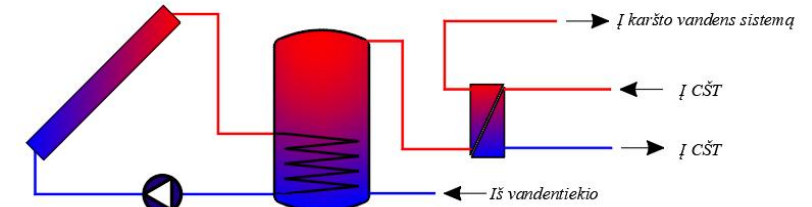
Dienų kiekis atitinkamą metų mėnesį  $t_m$  (vnt.) ir vidutinės mėnesio išorės oro temperatūros  $\theta_{e,m}$  ( $^\circ\text{C}$ )

|                                   |  | Metų mėnesio numeris |      |      |     |      |      |      |      |      |     |    |      |
|-----------------------------------|--|----------------------|------|------|-----|------|------|------|------|------|-----|----|------|
|                                   |  | 1                    | 2    | 3    | 4   | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10  | 11 | 12   |
| $t_m$ , vnt                       |  | 31                   | 28   | 31   | 30  | 31   | 30   | 31   | 31   | 30   | 31  | 30 | 31   |
| $\theta_{e,m}$ , $^\circ\text{C}$ |  | -5,1                 | -4,4 | -0,7 | 5,5 | 11,9 | 15,4 | 16,7 | 16,2 | 11,9 | 7,2 | 2  | -2,4 |

## STR 2.01.02:2016. PASTATŲ ENERGINIO NAUDINGUMO PROJEKTAVIMAS IR SERTIFIKAVIMAS

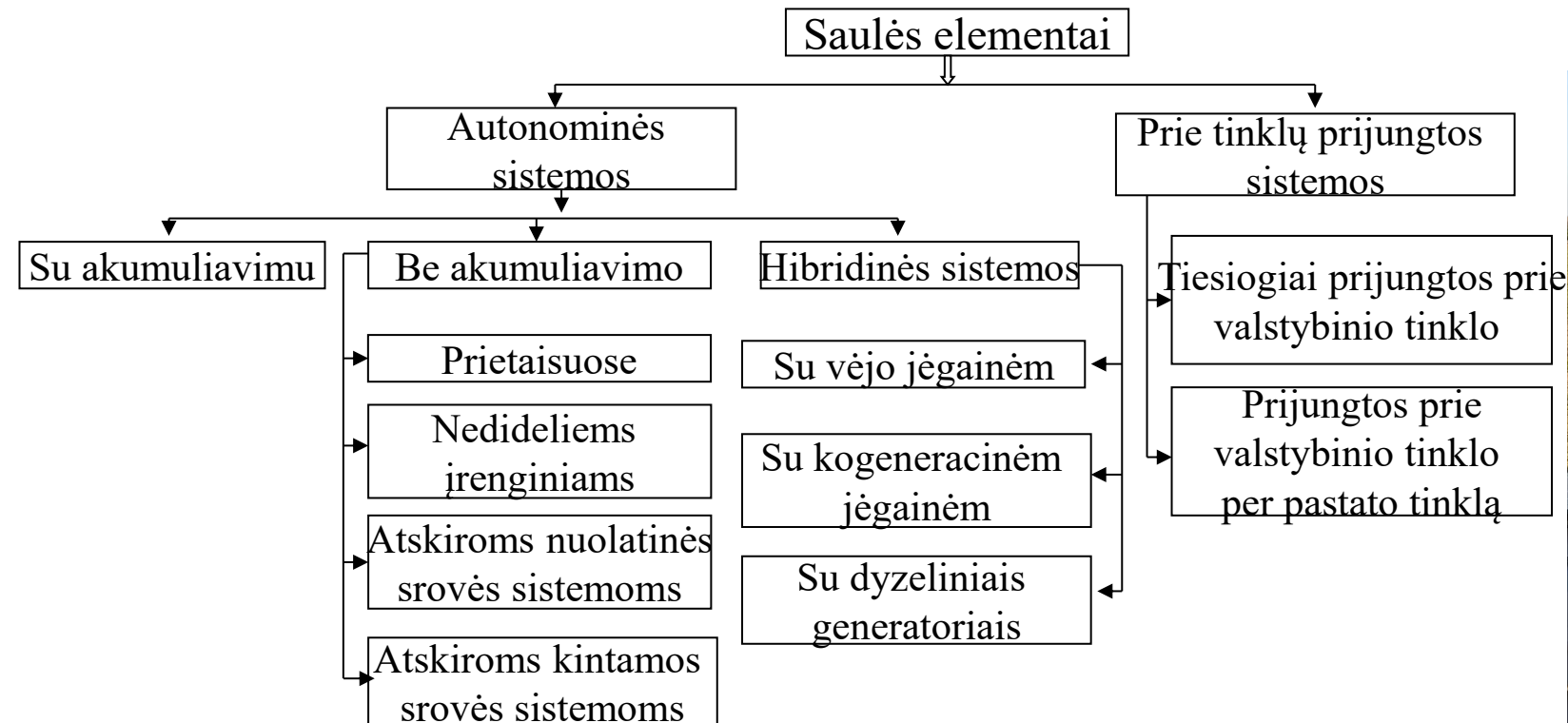
Bendrosios Saulės spinduliuotės duomenys sausio–balandžio mėnesiais

| Vidutiniai per parą bendrosios Saulės spinduliuotės šrauto tankiai $I_{sol,vnt}$ , $I_{sol,gru}$ , $I_{sol,bnu}$ , $I_{sol,ap}$ ir $I_{sol,d}$ ( $\text{W/m}^2$ ) į įvairios orientacijos atitvaras sausio–balandžio atsižvelgiant į atitvaros pasvirimo kampą nuo horizontaliosios plokštumos $\gamma$ ( $^\circ$ ) |                                                      |                                                      |                                                      |                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Atitvarų apibūdinimas                                                                                                                                                                                                                                                                                                | sausis                                               | vasaris                                              | kovas                                                | balandis                                            |
| Į Š orientuotos atitvaros                                                                                                                                                                                                                                                                                            | $0,001 \cdot \gamma^2 - 0,163 \cdot \gamma + 22,3$   | $0,0037 \cdot \gamma^2 - 0,533 \cdot \gamma + 51,4$  | $0,0094 \cdot \gamma^2 - 1,36 \cdot \gamma + 98,1$   | $0,0101 \cdot \gamma^2 - 1,95 \cdot \gamma + 149$   |
| Į ŠR orientuotos atitvaros                                                                                                                                                                                                                                                                                           | $0,001 \cdot \gamma^2 - 0,162 \cdot \gamma + 22,3$   | $0,0032 \cdot \gamma^2 - 0,487 \cdot \gamma + 51,4$  | $0,0057 \cdot \gamma^2 - 0,994 \cdot \gamma + 98,6$  | $0,0032 \cdot \gamma^2 - 1,19 \cdot \gamma + 149$   |
| Į R orientuotos atitvaros                                                                                                                                                                                                                                                                                            | $-0,0004 \cdot \gamma^2 + 0,013 \cdot \gamma + 22,4$ | $-0,0003 \cdot \gamma^2 - 0,076 \cdot \gamma + 51,6$ | $-0,0013 \cdot \gamma^2 - 0,162 \cdot \gamma + 98,8$ | $-0,0052 \cdot \gamma^2 - 0,163 \cdot \gamma + 149$ |
| Į PR orientuotos atitvaros                                                                                                                                                                                                                                                                                           | $-0,0022 \cdot \gamma^2 + 0,299 \cdot \gamma + 22,4$ | $-0,0039 \cdot \gamma^2 + 0,461 \cdot \gamma + 51,6$ | $-0,0075 \cdot \gamma^2 + 0,655 \cdot \gamma + 98,9$ | $-0,0118 \cdot \gamma^2 + 0,627 \cdot \gamma + 149$ |
| Į P orientuotos atitvaros                                                                                                                                                                                                                                                                                            | $-0,0027 \cdot \gamma^2 + 0,406 \cdot \gamma + 22,4$ | $-0,0053 \cdot \gamma^2 + 0,716 \cdot \gamma + 51,6$ | $-0,0096 \cdot \gamma^2 + 0,996 \cdot \gamma + 98,8$ | $-0,0145 \cdot \gamma^2 + 0,907 \cdot \gamma + 149$ |
| Į PV orientuotos atitvaros                                                                                                                                                                                                                                                                                           | $-0,002 \cdot \gamma^2 + 0,256 \cdot \gamma + 22,4$  | $-0,0041 \cdot \gamma^2 + 0,488 \cdot \gamma + 51,6$ | $-0,0073 \cdot \gamma^2 + 0,631 \cdot \gamma + 98,9$ | $-0,011 \cdot \gamma^2 + 0,504 \cdot \gamma + 149$  |
| Į V orientuotos atitvaros                                                                                                                                                                                                                                                                                            | $-0,0002 \cdot \gamma^2 - 0,028 \cdot \gamma + 22,4$ | $-0,0005 \cdot \gamma^2 - 0,005 \cdot \gamma + 51,6$ | $-0,0012 \cdot \gamma^2 - 0,185 \cdot \gamma + 98,8$ | $-0,0039 \cdot \gamma^2 - 0,325 \cdot \gamma + 149$ |
| Į ŠV orientuotos atitvaros                                                                                                                                                                                                                                                                                           | $0,001 \cdot \gamma^2 - 0,163 \cdot \gamma + 22,3$   | $0,0031 \cdot \gamma^2 - 0,479 \cdot \gamma + 51,4$  | $0,0058 \cdot \gamma^2 - 1,01 \cdot \gamma + 98,6$   | $0,0042 \cdot \gamma^2 - 1,3 \cdot \gamma + 149$    |
| Į horizontalių paviršių                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 22                                                   | 52                                                   | 99                                                   | 149                                                 |
| Į Saulės spinduliams statmeną paviršių                                                                                                                                                                                                                                                                               | 31,6                                                 | 75,4                                                 | 122,5                                                | 184,8                                               |



# Saulės elementai

Saulės elementas tai toks įrenginys, kuris tiesiogiai verčia saulės energiją į elektrą. Paskutiniu metu yra daug ir įvairios paskirties šių įrenginių, pagal tam tikrus požymius. Iš jų sudarytos sistemos gali būti suskirstytos:



# Elektros energijos akumuliavimas

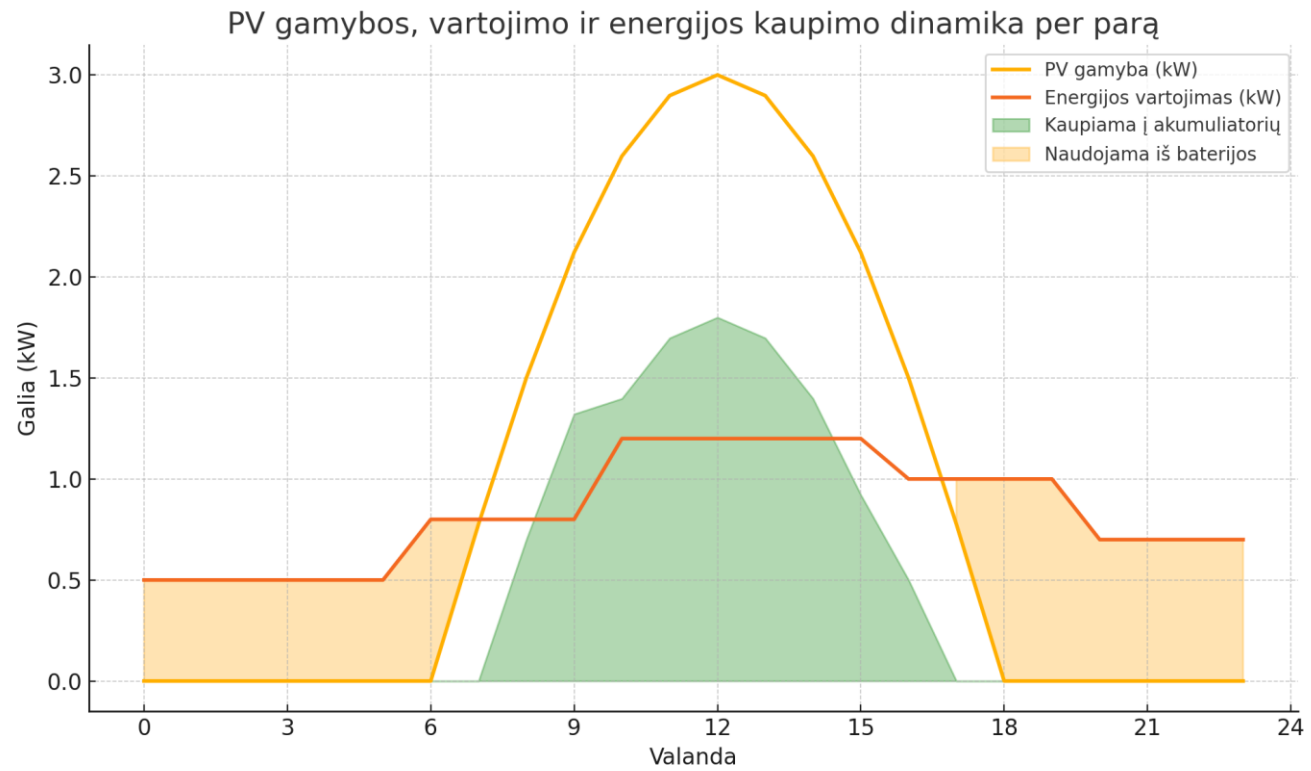
Pasirinkus „Atsiskaitymas pagal elektros energijos persiuntimo paslaugos tarifą“, **vietinis elektros akumuliavimas tampa itin aktualus**. Šis planas reiškia, kad **gaminantis vartotojas turi mokėti už elektros perdavimą** pagal galiojantį tarifą, todėl jam gali būti **finansiškai naudingiau** kuo **daugiau** savo **pagamintos energijos suvartoti vietoje**, užuot ją siuntus į tinklą ir vėliau susigrąžinus su papildomais kaštais.



Šaltinis: 17,76 kWh aukštos įtampos  
akumuliatorius Dyness Tower T17 – Elmitra

# Akumulatoriai (energijos kaupimas) – nauda pastatams su PV sistemomis

- Kaupia perteklinę PV elektrą dienos metu, leidžia ją naudoti vakare ar naktį.
- Didina suvartojimo lygį – mažiau elektros perkama iš tinklo.
- Leidžia išvengti didelių elektros kainų piko metu (jei taikomi biržos tarifai).
- Užtikrina atsarginį elektros tiekimą sutrikimų metu.
- Naudojami kartu su valdikliais, leidžiančiais optimizuoti krovimą / iškrovimą.
- Tikslus ekonominis efektas priklauso nuo vartojimo grafiko ir elektros kainų dinamikos.



# Į ką reikia atsižvelgti vertinant PV elektrinę

## 1. Esamos sistemos analizė:

Kiek pastatas vartoja elektros energijos per metus (kWh)?

Koks vartojimo profilis – ar pagrindinis vartojimas dieną (kai gamins PV)?

## 2. Stogo ar ploto galimybės:

Kiek modulių realiai galima sumontuoti (m<sup>2</sup> ir galia)?

Ar nėra šešėliavimo?

## 3. Esamos sistemos apribojimai:

Ar pastate yra senas elektros įvadas, kuris ribos prijungiamą galią?

Ar yra baterijos, UPS ar kitų sistemų, kurias galima integruoti?

## 4. Ekonominis vertinimas:

Kiek energijos galima pagaminti per metus (kWh)?

Kiek galima sutaupyti per metus (€)?

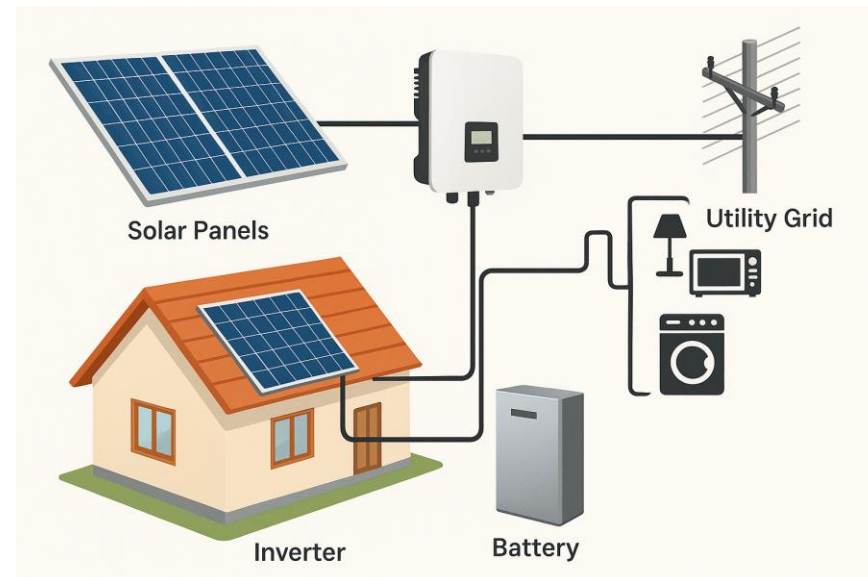
Koks būtų atsipirkimo laikotarpis, atsižvelgiant į paramą?

## 5. Papildomos vertės ir rizikos:

Ar vartotojui svarbi tvarumo nauda, aplinkosaugos rodikliai?

Ar yra planų didinti energijos vartojimą (elektromobiliai, šilumos siurbliai)?

Kokios yra prijungimo ir leidimų gavimo rizikos?



# PV sistemos skaičiavimas

**PVGIS** (Photovoltaic Geographical Information System) – Europos Komisijos mokslininkų sukurtas įrankis saulės energijos potencialui skaičiuoti.

**Pagrindinės funkcijos:**

Saulės spinduliuotės duomenys ( $\text{kWh/m}^2$ );

PV sistemų metinės gamybos modeliavimas ( $\text{kWh/kWp}$ );

Orientacijos, kampo, nuostolių poveikio analizė;

Mėnesiniai grafikai ir lentelės.

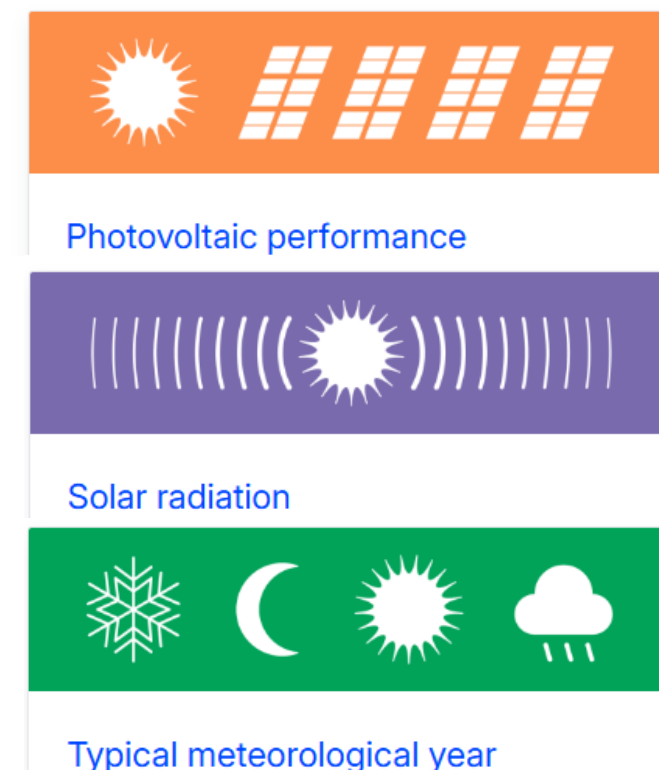
**Privalumai:**

Nemokamas;

Tinkamas visai Europai;

Naudojamas audito, projektavimo, mokymo tikslais.

## PVGIS online tool



GRID CONNECTED

TRACKING PV

OFF-GRID

MONTHLY DATA

DAILY DATA

HOURLY DATA

TMY

MONTHLY IRRADIATION DATA

Solar radiation database\*  
PVGIS-SARAH3

Start year\*  
2023

End year\*  
2023

Irradiation:  
☒ Global horizontal irradiation  
☐ Direct Normal Irradiation  
☐ Global irradiation optimum angle  
☒ Global irradiation at angle: 60

Ratio:  
☐ Diffuse/global ratio

Temperature:  
☒ Average temperature

Address: Eg. Ispra, Italy

Go!

Lat/Lon: Eg. 45.815 Eg. 8.611

Go!

Cursor:  
Selected: 54.694, 25.297  
Elevation (m): 98  
PVGIS ver. 5.3

Use terrain shadows:  
☒ Calculated horizon  
☐ Upload horizon file  
Choose File No file chosen  
Switch to version 5.2

GRID CONNECTED

TRACKING PV

OFF-GRID

MONTHLY DATA

DAILY DATA

HOURLY DATA

TMY

PERFORMANCE OF GRID-CONNECTED PV

Solar radiation database\*  
PVGIS-SARAH3

PV technology\*  
Crystalline silicon

Installed peak PV power [kWp]\*  
10

System loss [%]\*  
14

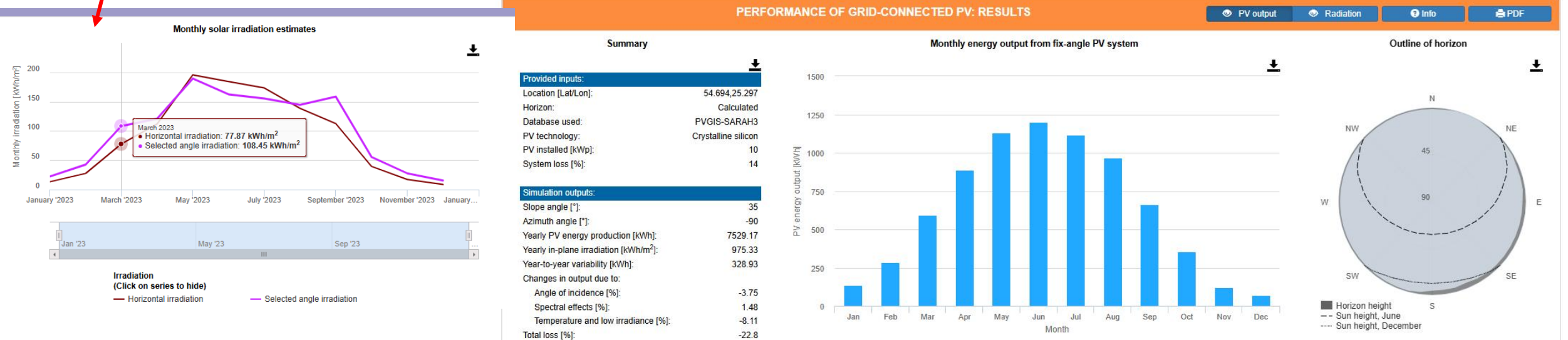
Fixed mounting options  
Mounting position\*  
Roof added / Building integrated  
Slope [°]\*  
35  
Azimuth [°]\*  
-90  
☐ PV electricity price  
PV system cost (your currency)  
Interest [%/year]  
Lifetime [years]

Optimize slope  
Optimize slope and azimuth

Visualize results

CSV

JSON

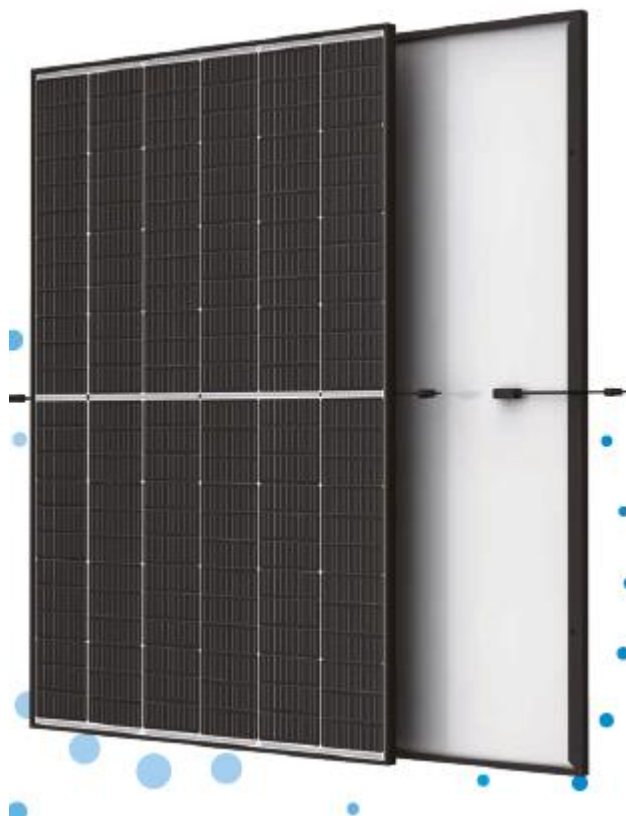




VILNIUS  
TECH

Vilnius Gediminas  
Technical University

# PV modulių skaičiaus parinkimas



## ELECTRICAL DATA (STC)

|                                      | TSM-415<br>DE09R.08 | TSM-420<br>DE09R.08 | TSM-425<br>DE09R.08 | TSM-430<br>DE09R.08 | TSM-435<br>DE09R.08 |
|--------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Peak Power Watts- $P_{MAX}$ (Wp)*    | 415                 | 420                 | 425                 | 430                 | 435                 |
| Power Tolerance- $P_{MAX}$ (W)       | 0/+5                | 0/+5                | 0/+5                | 0/+5                | 0/+5                |
| Maximum Power Voltage- $V_{MPP}$ (V) | 41.0                | 41.3                | 41.5                | 41.8                | 42.0                |
| Maximum Power Current- $I_{MPP}$ (A) | 10.11               | 10.17               | 10.24               | 10.30               | 10.36               |
| Open Circuit Voltage- $V_{OC}$ (V)   | 49.4                | 49.7                | 49.9                | 50.3                | 50.6                |
| Short Circuit Current- $I_{SC}$ (A)  | 10.64               | 10.69               | 10.74               | 10.81               | 10.86               |
| Module Efficiency $\eta_m$ (%)       | 20.8                | 21.0                | 21.3                | 21.5                | 21.8                |

STC: Irradiance 1000 W/m<sup>2</sup>, Cell Temperature 25 °C, Air Mass AM1.5 \*Measuring tolerance: ±3%

Šaltinis: DT-M A Datasheet\_Verxes DE09R.08\_EN\_2022\_A\_web

$$N_{mod} = \frac{PV_{kWp}}{435} = \frac{10000}{435} = 22,99 \text{ vnt.} \Rightarrow 23 \text{ vnt. modulių}$$

Orientacinis stogo plotas 1 kW Saulės jėgainei:

- Plotas be takų apie 5 – 6 m<sup>2</sup>
- Plotas su praėjimo takias apie 7 – 9 m<sup>2</sup>

Module Dimensions

1762×1134×30 mm

# Investicijos į saulės elektrinę

Rekomenduojama saulės  
elektrinės galia

**10** kW

Sutaupysite per metus

**1173** EUR

4850 Eur — Elektrinės kaina be paramos

4.1 m — **Atsipirkimas nuo įrengimo**

2300 Eur — Elektrinės kaina su parama

2 m — **Atsipirkimas nuo paramos gavimo**

## 10 kW saulės elektrinė (kaina su įrengimo darbais)

**6290** su PVM € 3060 atgavus paramą

# Vėsinimo technologijos naudojant šilumos energiją

Aukštų parametrų šiluma naudojama vėsos gamybai. Galima išskirti šiuos pagrindinius vėsinimo būdus:

- Absorbicija;
- Adsorbicija.

„Kauno energija“ žengia į vėsumos tiekimo rinką: įsigytas absorbicinis įrenginys

2020-04-11 05:00:00 | Kauno.diena.lt inf.

Spausdinti Teksto dydis



Absorbicinis šilumos siurblys iškraunamas AB „Kauno energija“ „Inkaro“ katilinėje.

„Kauno energijos“ nuotr.

Šaltinis: „Kauno energija“ žengia į vėsumos tiekimo rinką: įsigytas absorbicinis įrenginys | KaunoDiena.lt



**VILNIUS  
TECH**

Vilnius Gediminas  
Technical University

# Adsorbcinis vėsinimas pavyzdys

Universitetinės Freiburgo (Vokietija) ligoninės laboratorijos oro kondicionavimo sistema:

- Sistemą sudaro 70 kW adsorbcinė vėsinimo mašina;
- Šiluma vasaros metu gaminama vakuuminiuose saulės kolektoriuose, kurių bendras plotas 170 m<sup>2</sup>;
- Projektas veikia nuo 2017 m;
- Trūkumas – didelės elektros sąnaudos aušinimo bokštuose.



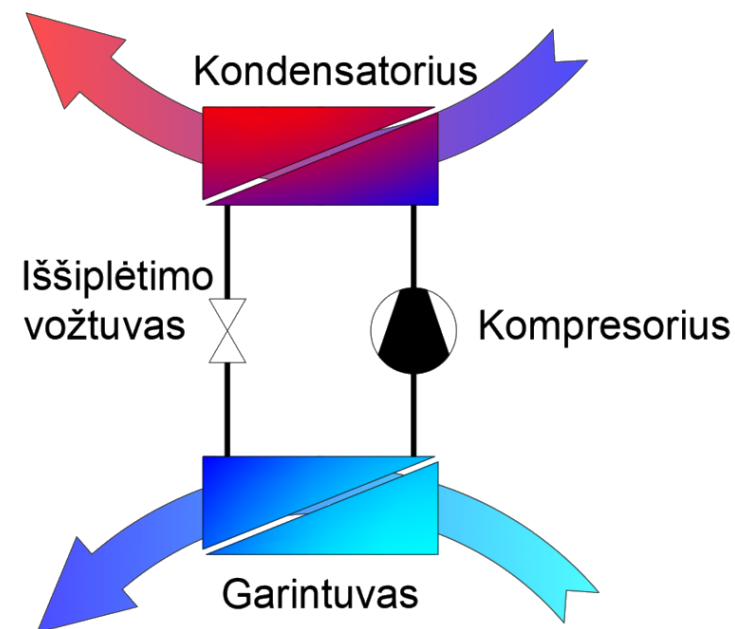
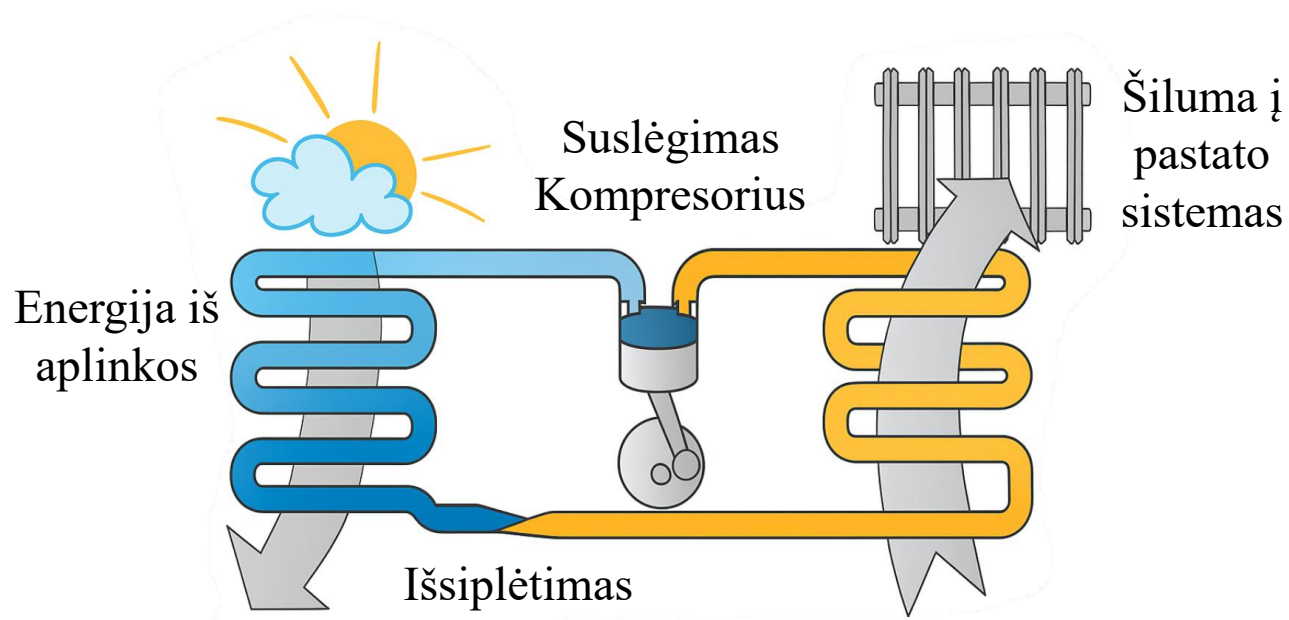


**VILNIUS  
TECH**

Vilnius Gediminas  
Technical University

# Šilumos siurbLIAI (veikimo principas)

**Šilumos siurblys** per garintuvą paima šilumą iš aplinkos – oro, vandens arba grunto. Ši šiluma perduodama šaltčio agentui (toliau vadinsime freonu), kuris garuoja – virsta dujomis. Dujinės būsenos freonas patenka į kompresorių, kuriame suspaudžiamas. Dėl to jo temperatūra ir slėgis smarkiai padidėja. Įkaitusios dujos teka į kondensatorių, kur atvėsta ir kondensuojasi – vėl tampa skysčiu. Kondensacijos metu išsiskirianti šiluma perduodama pastato šildymo sistemai. Toliau atvėsęs freonas teka per išsiplėtimo vožtuvą, kur sumažėja jo slėgis ir temperatūra. Galiausiai jis grįžta į garintuvą, ir ciklas kartojasi.



# Šilumos siurblio efektyvumo vertinimas

$$COP = \frac{\theta_{HP,hw}}{P_{HP} + P_{HP,aux}};$$

$\theta_{HP,hw}$  – šildymo galia, W;

$P_{HP}$  – kompresoriaus galia, W;

$P_{HP,aux}$  – papildomų įrenginių galia, W;

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

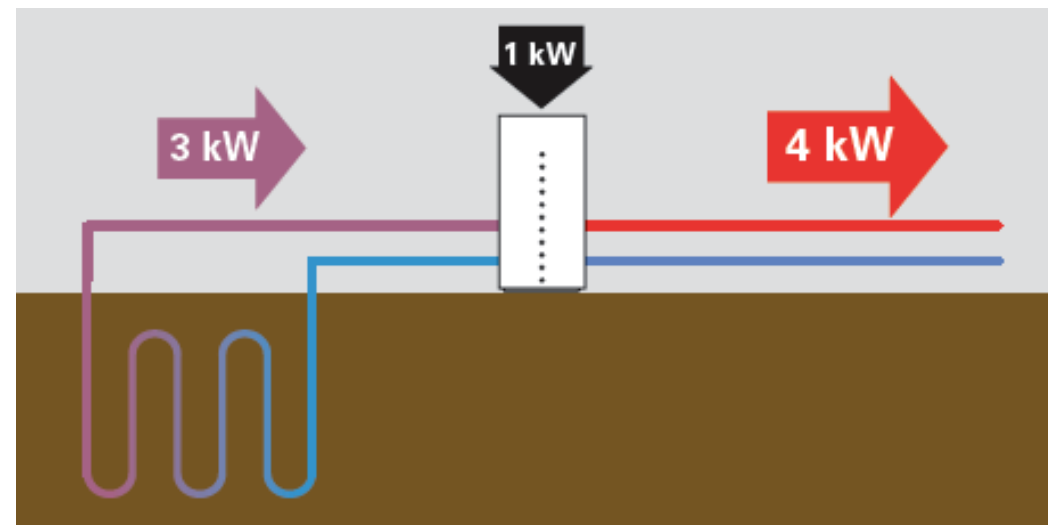
$SPF_{g,t}$  – bendras sezoninis efektyvumo koeficientas;

$Q_{out,g,h}$  – šildymo sistemai suteiktas šilumos kiekis, kWh;

$Q_{out,g,DHW}$  – karšto vandens ruošimui suteiktas šilumos kiekis, kWh;

$E_{in,g}$  – šilumos siurblio elektros energijos sąnaudos, kWh;

$W_g$  – papildomų įrenginių elektros energijos sąnaudos, kWh;



**STR 2.01.02:2016 Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas:**

**Sezoninis naudingumo koeficientas (SPF).** Apskaičiuojamas **dauginant COP**, nustatytą pagal LST EN 14511-3:2013 [3.35] arba LST EN 13141-8:2014 [3.44] bandymų metodus prie standartinių bandymo sąlygų, dauginant **iš 0,9**. **COP vertė prie standartinių bandymo sąlygų imama iš siurblio techninės dokumentacijos, jei nėra duomenų, imama iš 2.17 lentelės.** (Suvestinėje redakcijoje nuo 2024-05-01 2.17 lentelės nėra.)



# VILNIUS Šilumos siurblio oras-vanduo lentelės TECH

Vilnius Gediminas  
Technical University

10.4. ANK 020 HP | HA (400V/3N/50Hz) Heating capacity and input power

| TAE °C | TEMPERATURE OF THE WATER PRODUCED (°C) |            |      |            |            |      |            |            |      |            |            |      |            |            |      |            |            |      |            |            |      |            |            |      |
|--------|----------------------------------------|------------|------|------------|------------|------|------------|------------|------|------------|------------|------|------------|------------|------|------------|------------|------|------------|------------|------|------------|------------|------|
|        | 25                                     |            |      | 30         |            |      | 35         |            |      | 40         |            |      | 45         |            |      | 50         |            |      | 55         |            |      | 60         |            |      |
|        | Ph<br>(kW)                             | Pe<br>(kW) | COP  | Ph<br>(kW) | Pe<br>(kW) | COP  | Ph<br>(kW) | Pe<br>(kW) | COP  | Ph<br>(kW) | Pe<br>(kW) | COP  | Ph<br>(kW) | Pe<br>(kW) | COP  | Ph<br>(kW) | Pe<br>(kW) | COP  | Ph<br>(kW) | Pe<br>(kW) | COP  | Ph<br>(kW) | Pe<br>(kW) | COP  |
| -20    | 4.48                                   | 1.57       | 2.85 | 4.18       | 1.84       | 2.27 | 3.84       | 2.05       | 1.87 | 3.46       | 2.22       | 1.56 | 3.04       | 2.37       | 1.28 | 2.57       | 2.52       | 1.02 |            |            |      |            |            |      |
| -18    | 4.61                                   | 1.57       | 2.94 | 4.31       | 1.84       | 2.34 | 3.99       | 2.06       | 1.94 | 3.63       | 2.23       | 1.63 | 3.23       | 2.39       | 1.35 | 2.79       | 2.54       | 1.10 |            |            |      |            |            |      |
| -16    | 4.76                                   | 1.57       | 3.03 | 4.47       | 1.84       | 2.43 | 4.16       | 2.06       | 2.02 | 3.81       | 2.24       | 1.70 | 3.44       | 2.40       | 1.43 | 3.02       | 2.56       | 1.18 |            |            |      |            |            |      |
| -14    | 4.93                                   | 1.56       | 3.16 | 4.65       | 1.84       | 2.53 | 4.35       | 2.06       | 2.11 | 4.02       | 2.25       | 1.79 | 3.66       | 2.41       | 1.52 | 3.28       | 2.57       | 1.28 | 2.86       | 2.74       | 1.04 |            |            |      |
| -12    | 5.11                                   | 1.55       | 3.30 | 4.84       | 1.83       | 2.64 | 4.55       | 2.06       | 2.21 | 4.24       | 2.25       | 1.88 | 3.91       | 2.41       | 1.62 | 3.55       | 2.57       | 1.38 | 3.16       | 2.75       | 1.15 |            |            |      |
| -10    | 5.29                                   | 1.54       | 3.44 | 5.04       | 1.83       | 2.75 | 4.76       | 2.06       | 2.31 | 4.47       | 2.25       | 1.99 | 4.16       | 2.41       | 1.73 | 3.83       | 2.58       | 1.48 | 3.47       | 2.75       | 1.26 | 3.09       | 2.96       | 1.04 |
| -8     | 5.49                                   | 1.54       | 3.56 | 5.24       | 1.82       | 2.88 | 4.98       | 2.05       | 2.43 | 4.71       | 2.25       | 2.09 | 4.42       | 2.42       | 1.83 | 4.12       | 2.58       | 1.60 | 3.80       | 2.76       | 1.38 | 3.45       | 2.96       | 1.17 |
| -7     | 5.59                                   | 1.53       | 3.65 | 5.34       | 1.82       | 2.93 | 4.98       | 2.09       | 2.38 | 4.83       | 2.25       | 2.15 | 4.57       | 2.44       | 1.87 | 4.27       | 2.58       | 1.66 | 3.96       | 2.76       | 1.43 | 3.64       | 2.97       | 1.23 |
| -6     | 5.68                                   | 1.53       | 3.71 | 5.45       | 1.82       | 2.99 | 5.20       | 2.05       | 2.54 | 4.95       | 2.25       | 2.20 | 4.69       | 2.42       | 1.94 | 4.41       | 2.58       | 1.71 | 4.12       | 2.76       | 1.49 | 3.82       | 2.97       | 1.29 |
| -4     | 5.87                                   | 1.53       | 3.84 | 5.65       | 1.82       | 3.10 | 5.42       | 2.05       | 2.64 | 5.19       | 2.25       | 2.31 | 4.95       | 2.42       | 2.05 | 4.71       | 2.59       | 1.82 | 4.45       | 2.77       | 1.61 | 4.19       | 2.98       | 1.41 |
| -2     | 6.06                                   | 1.53       | 3.96 | 5.85       | 1.82       | 3.21 | 5.63       | 2.06       | 2.73 | 5.42       | 2.26       | 2.40 | 5.21       | 2.43       | 2.14 | 5.00       | 2.60       | 1.92 | 4.78       | 2.78       | 1.72 | 4.55       | 2.98       | 1.53 |
| 0      | 6.23                                   | 1.54       | 4.05 | 6.03       | 1.84       | 3.28 | 5.84       | 2.07       | 2.82 | 5.65       | 2.27       | 2.49 | 5.46       | 2.44       | 2.24 | 5.28       | 2.61       | 2.02 | 5.09       | 2.79       | 1.82 | 4.91       | 3.00       | 1.64 |
| 1      | 6.32                                   | 1.55       | 4.08 | 6.12       | 1.84       | 3.33 | 5.94       | 2.08       | 2.86 | 5.76       | 2.28       | 2.53 | 5.59       | 2.45       | 2.28 | 5.42       | 2.62       | 2.07 | 5.25       | 2.80       | 1.88 | 5.08       | 3.00       | 1.69 |
| 2      |                                        |            |      | 6.42       | 1.85       | 3.47 | 6.05       | 1.94       | 3.12 | 5.88       | 2.29       | 2.57 | 5.68       | 2.28       | 2.49 | 5.55       | 2.63       | 2.11 | 5.38       | 2.81       | 1.91 | 5.16       | 3.01       | 1.71 |
| 4      |                                        |            |      | 7.48       | 1.88       | 3.98 | 7.14       | 2.11       | 3.38 | 6.88       | 2.31       | 2.98 | 6.67       | 2.48       | 2.69 | 6.47       | 2.65       | 2.44 | 6.25       | 2.83       | 2.21 | 5.98       | 3.03       | 1.97 |
| 6      |                                        |            |      | 8.40       | 1.91       | 4.40 | 8.04       | 2.15       | 3.74 | 7.76       | 2.35       | 3.30 | 7.52       | 2.52       | 2.98 | 7.28       | 2.68       | 2.72 | 7.02       | 2.86       | 2.45 | 6.69       | 3.06       | 2.19 |
| 7      |                                        |            |      | 8.82       | 1.94       | 4.55 | 8.58       | 2.18       | 3.94 | 8.16       | 2.37       | 3.44 | 7.87       | 2.55       | 3.09 | 7.65       | 2.70       | 2.83 | 7.36       | 2.88       | 2.56 | 7.01       | 3.08       | 2.28 |
| 8      |                                        |            |      | 9.20       | 2.04       | 4.51 | 8.83       | 2.24       | 3.94 | 8.53       | 2.41       | 3.54 | 8.26       | 2.58       | 3.20 | 7.99       | 2.75       | 2.91 | 7.69       | 2.93       | 2.62 | 7.31       | 3.12       | 2.34 |
| 10     |                                        |            |      | 9.89       | 2.14       | 4.62 | 9.51       | 2.33       | 4.08 | 9.19       | 2.50       | 3.68 | 8.90       | 2.67       | 3.33 | 8.60       | 2.84       | 3.03 | 8.26       | 3.01       | 2.74 | 7.84       | 3.19       | 2.46 |
| 12     |                                        |            |      | 10.46      | 2.22       | 4.71 | 10.08      | 2.41       | 4.18 | 9.75       | 2.58       | 3.78 | 9.45       | 2.74       | 3.45 | 9.13       | 2.91       | 3.14 | 8.75       | 3.08       | 2.84 | 8.30       | 3.26       | 2.55 |
| 14     |                                        |            |      | 10.94      | 2.29       | 4.78 | 10.56      | 2.48       | 4.26 | 10.22      | 2.65       | 3.86 | 9.91       | 2.81       | 3.53 | 9.57       | 2.97       | 3.22 | 9.17       | 3.14       | 2.92 | 8.68       | 3.32       | 2.61 |
| 16     |                                        |            |      | 11.14      | 2.35       | 4.74 | 10.83      | 2.54       | 4.26 | 10.56      | 2.71       | 3.90 | 10.28      | 2.87       | 3.58 | 9.97       | 3.03       | 3.29 | 9.59       | 3.20       | 3.00 | 9.11       | 3.37       | 2.70 |
| 18     |                                        |            |      | 11.44      | 2.41       | 4.75 | 11.14      | 2.59       | 4.30 | 10.87      | 2.76       | 3.94 | 10.60      | 2.92       | 3.63 | 10.29      | 3.08       | 3.34 | 9.90       | 3.24       | 3.06 | 9.41       | 3.42       | 2.75 |
| 20     |                                        |            |      | 11.68      | 2.45       | 4.77 | 11.39      | 2.64       | 4.31 | 11.12      | 2.80       | 3.97 | 10.85      | 2.96       | 3.67 | 10.54      | 3.12       | 3.38 | 10.15      | 3.28       | 3.09 | 9.65       | 3.45       | 2.80 |
| 22     |                                        |            |      | 11.87      | 2.49       | 4.77 | 11.58      | 2.67       | 4.34 | 11.32      | 2.84       | 3.99 | 11.05      | 3.00       | 3.68 | 10.74      | 3.15       | 3.41 | 10.35      | 3.31       | 3.13 | 9.84       | 3.49       | 2.82 |
| 24     |                                        |            |      | 12.01      | 2.52       | 4.77 | 11.72      | 2.70       | 4.34 | 11.47      | 2.87       | 4.00 | 11.20      | 3.03       | 3.70 | 10.89      | 3.18       | 3.42 | 10.50      | 3.34       | 3.14 | 9.98       | 3.51       | 2.84 |
| 26     |                                        |            |      | 12.10      | 2.55       | 4.75 | 11.83      | 2.73       | 4.33 | 11.57      | 2.89       | 4.00 | 11.31      | 3.05       | 3.71 | 11.00      | 3.20       | 3.44 | 10.60      | 3.36       | 3.15 |            |            |      |
| 28     |                                        |            |      | 12.16      | 2.56       | 4.75 | 11.89      | 2.75       | 4.32 | 11.65      | 2.91       | 4.00 | 11.39      | 3.07       | 3.71 | 11.07      | 3.22       | 3.44 | 10.68      | 3.38       | 3.16 |            |            |      |
| 30     |                                        |            |      | 12.20      | 2.58       | 4.73 | 11.93      | 2.76       | 4.32 | 11.69      | 2.92       | 4.00 | 11.43      | 3.08       | 3.71 | 11.12      | 3.23       | 3.44 | 10.72      | 3.39       | 3.16 |            |            |      |
| 32     |                                        |            |      | 12.20      | 2.58       | 4.73 | 11.95      | 2.76       | 4.33 | 11.71      | 2.93       | 4.00 | 11.46      | 3.09       | 3.71 | 11.15      | 3.24       | 3.44 | 10.74      | 3.40       | 3.16 |            |            |      |
| 34     |                                        |            |      | 12.19      | 2.58       | 4.72 | 11.95      | 2.77       | 4.31 | 11.72      | 2.93       | 4.00 | 11.46      | 3.09       | 3.71 | 11.15      | 3.24       | 3.44 | 10.75      | 3.40       | 3.16 |            |            |      |
| 36     |                                        |            |      | 12.17      | 2.58       | 4.72 | 11.94      | 2.76       | 4.33 | 11.71      | 2.93       | 4.00 | 11.46      | 3.09       | 3.71 | 11.15      | 3.24       | 3.44 | 10.75      | 3.40       | 3.16 |            |            |      |
| 38     |                                        |            |      | 12.15      | 2.57       | 4.73 | 11.92      | 2.76       | 4.32 | 11.70      | 2.93       | 3.99 | 11.46      | 3.09       | 3.71 | 11.15      | 3.24       | 3.44 | 10.74      | 3.40       | 3.16 |            |            |      |
| 40     |                                        |            |      | 12.13      | 2.56       | 4.74 | 11.91      | 2.75       | 4.33 | 11.69      | 2.92       | 4.00 | 11.45      | 3.08       | 3.72 | 11.15      | 3.24       | 3.44 | 10.74      | 3.39       | 3.17 |            |            |      |
| 42     |                                        |            |      | 12.11      | 2.54       | 4.77 | 11.90      | 2.73       | 4.36 | 11.70      | 2.91       | 4.02 | 11.46      | 3.07       | 3.73 | 11.16      | 3.23       | 3.46 | 10.75      | 3.39       | 3.17 |            |            |      |



**VILNIUS  
TECH**

Vilnius Gediminas  
Technical University

# Didelės galios šilumos siurblio oras-vanduo lentelės



## FENAGY 2xH-2600 AW 4+4B

| Operating point                               | -                 | 1         | 2         | 3         | 4         | 5         | 6         | 7         |
|-----------------------------------------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Part load                                     | %                 | 100%      | 100%      | 100%      | 100%      | 100%      | 100%      | 100%      |
| <b>Overall data</b>                           |                   |           |           |           |           |           |           |           |
| Ambient temperature                           | °C                | -10       | -5        | 0         | 5         | 10        | 15        | 20        |
| Water inlet temperature                       | °C                | 45        | 45        | 45        | 45        | 45        | 45        | 45        |
| Water outlet temperature                      | °C                | 80        | 80        | 80        | 70        | 70        | 70        | 70        |
| Evaporation temperature                       | °C                | -15       | -11       | -7        | -2        | 4         | 8         | 13        |
| Cooling load (heat pump)                      | kW                | 1958      | 2504      | 3040      | 3456      | 3882      | 4148      | 4416      |
| Heating load (heat pump)                      | kW                | 3606      | 4266      | 4900      | 5374      | 5832      | 6114      | 6380      |
| Compressor (heat pump)                        | kW                | 1721      | 1847      | 1959      | 2024      | 2068      | 2088      | 2092      |
| COP (heat pump)                               | -                 | 2,10      | 2,31      | 2,50      | 2,66      | 2,82      | 2,93      | 3,05      |
| <b>Evaporator-data (air)</b>                  |                   |           |           |           |           |           |           |           |
| Air flow                                      | m <sup>3</sup> /h | 1.700.808 | 1.700.808 | 1.700.808 | 1.984.606 | 1.984.606 | 1.984.606 | 1.984.606 |
| Relative humidity                             | %                 | 90        | 85        | 85        | 80        | 90        | 85        | 85        |
| Air temperature after evaporator              | °C                | -13       | -8        | -4        | 1         | 7         | 11        | 16        |
| Power consumption evaporator fans             | kW                | 37,6      | 37,6      | 37,6      | 43,8      | 43,8      | 43,8      | 43,8      |
| Defrost heat                                  | kW                | 99,6      | 143,0     | 231,0     | 0,0       | 0,0       | 0,0       | 0,0       |
| <b>Heat rejection side (district heating)</b> |                   |           |           |           |           |           |           |           |
| Heating capacity incl. defrost (nominel)      | kW                | 3508      | 4124      | 4668      | 5374      | 5832      | 6114      | 6380      |
| Flow                                          | m <sup>3</sup> /h | 88,84     | 104,48    | 118,32    | 190,58    | 206,90    | 216,86    | 226,34    |
| Pressure loss                                 | kPa               | 18        | 24        | 30        | 71        | 83        | 90        | 97        |
| Power consumption water pump                  | kW                | 0,6       | 1,0       | 1,4       | 5,4       | 6,8       | 7,8       | 8,8       |
| <b>Total power consumption</b>                |                   |           |           |           |           |           |           |           |
| Auxillary power (PLC, valves)                 | kW                | 20        | 20        | 20        | 16        | 16        | 16        | 16        |
| Totally (evaporators, pumps, compressors and  | kW                | 1779      | 1906      | 2018      | 2089      | 2135      | 2155      | 2160      |
| Current consumption (running)                 | Amp               | 2986      | 3190      | 3372      | 3488      | 3564      | 3598      | 3606      |
| <b>Efficiencies (nominal data)</b>            |                   |           |           |           |           |           |           |           |
| COP-hot total nominel                         | -                 | 1,97      | 2,16      | 2,31      | 2,57      | 2,73      | 2,84      | 2,95      |
| Lorentz-efficiency                            |                   | 0,47      | 0,48      | 0,48      | 0,44      | 0,43      | 0,40      | 0,37      |



VILNIUS  
TECH

Vilnius Gediminas  
Technical University

# Šilumos siurblio efektyvumo nustatymas

Šilumos siurblio oras – vanduo pagamintas šilumos kiekis apskaičiuojamas pagal formulę:

$$Q = \frac{M \cdot c_p \cdot (T_{išt.} - T_{įt.})}{3,6}$$

čia:  $M$  – masinis debitas, kg/h;  $c_p$  – šilumnešio specifinė šiluma, kJ/(kg · K);  $T_{išt.}$ ,  $T_{įt.}$  – ištekanči ir įtekanti į šilumos siurblį šilumnešio temperatūra, °C.

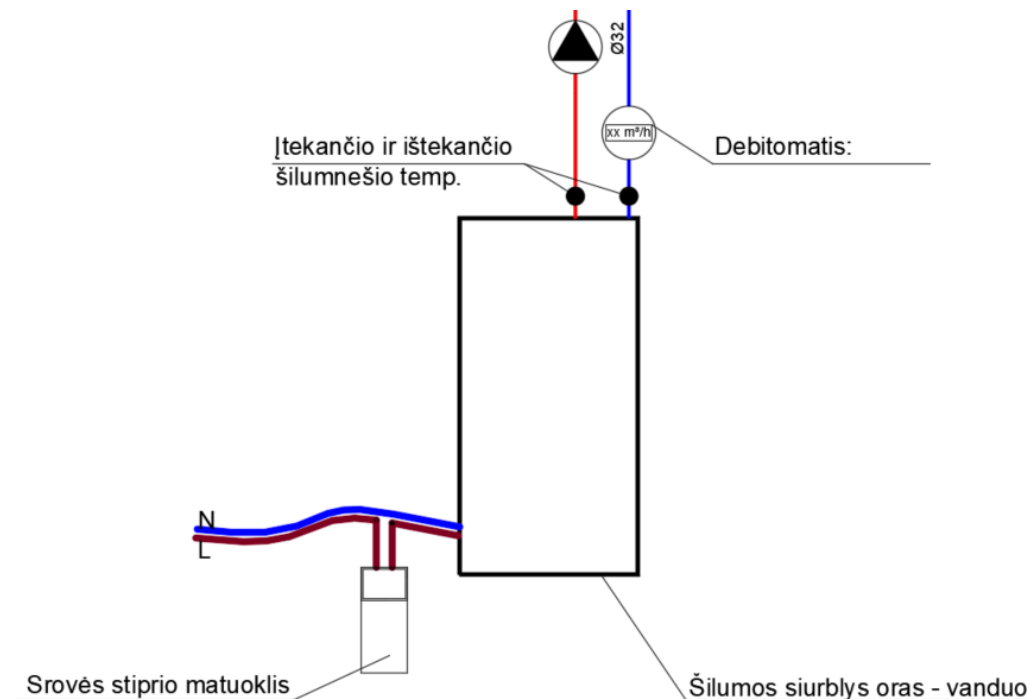
Suvartotas elektros energijos kiekis (galia) apskaičiuojama remiantis supaprastinta formule:

$$P_{el} = U \cdot I \cdot \cos \varphi, W$$

$$P_{el} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi, W$$

čia:  $U$  – įtampa tinkle, V;  $I$  – srovės stipris, A;  $\cos \varphi$  - galios koeficientas, jis parodo, kokia pilnutinės galios dalis paverčiama kitos rūšies energija. Šilumos siurblio faktinis efektyvumas skaičiuojamas remiantis pagal formulę:

$$COP = \frac{Q}{P}.$$

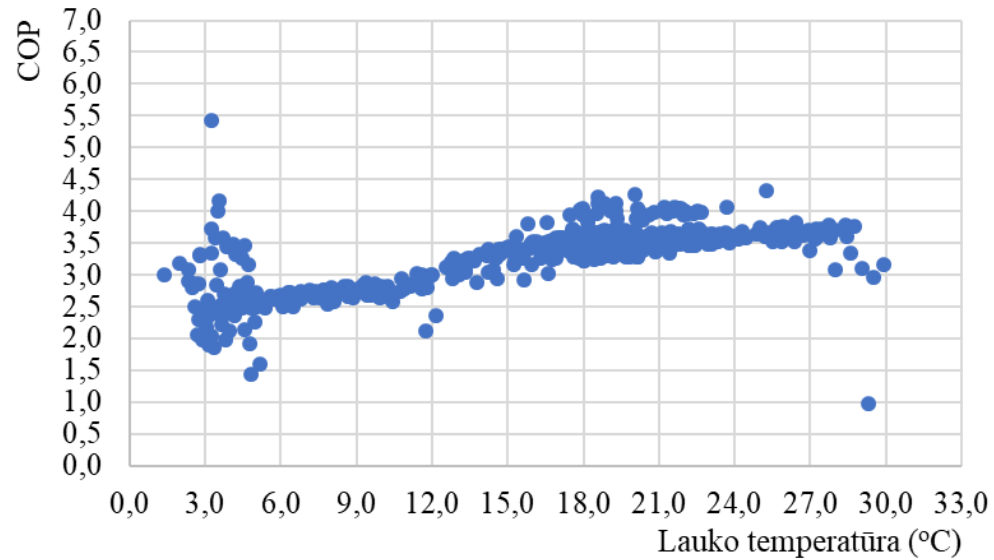




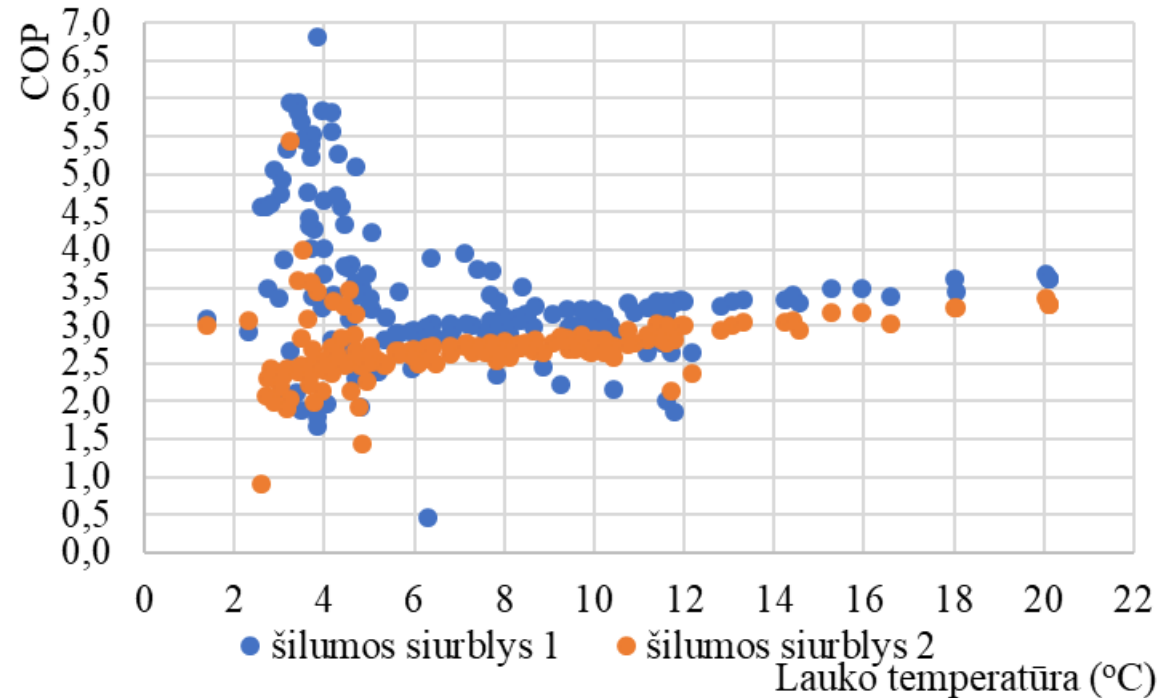
VILNIUS  
TECH

Vilnius Gediminas  
Technical University

# Šilumos siurblio tyrimo rezultatai



Tiekiamo šilumnešio temperatūra palaikoma 50 °C

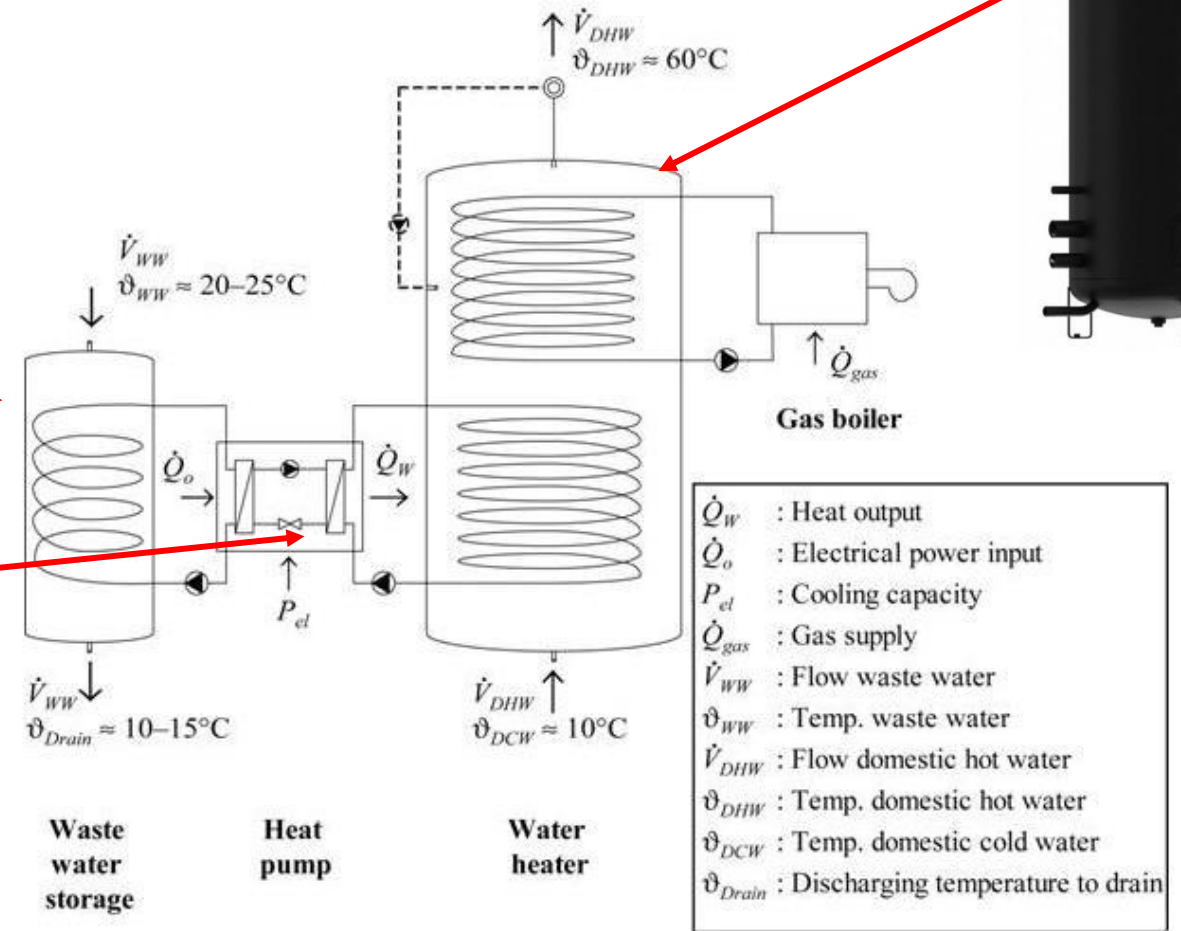




VILNIUS  
TECH

Vilnius Gediminas  
Technical University

# Šiluma iš pastato nuotekų



šaltinis: <https://www.rehva.eu/rehva-journal/chapter/in-house-waste-water-heat-recovery>

# Į ką reikia atsižvelgti vertinant Šilumos siurblių

## 1. Energijos poreikio analizė:

- Kiek pastatas suvartoja šiluminės energijos per metus (kWh)?
- Ar yra karšto vandens poreikis ištisus metus?
- Ar pastate reikalingas ir vėsinimas vasarą?

## 2. Pastato techninės savybės:

- Ar yra tinkama šildymo sistema (pvz., grindinis šildymas)?
- Ar yra pakankamai vietos įrengti vidinį ir išorinį siurblio bloką?
- Koks yra esamas energijos šaltinis (dujos, kietas kuras, elektra)?

## 3. Sistemos apribojimai:

- Ar pakanka elektros įvado galios siurbliui veikti?
- Ar pastate galima integruoti rezervinį šildymo šaltinį (pvz., katilą, CŠT)?
- Ar yra vietos šilumos akumuliacinei talpai?

## 4. Ekonominis vertinimas:

- Kiek galima pagaminti šilumos energijos per metus (kWh)?
- Kiek galima sutaupyti iš degalų ar elektros sąnaudų (€)?
- Koks būtų atsipirkimo laikotarpis, atsižvelgiant į paramą?

## 5. Papildomos vertės ir rizikos:

- Ar naudotojui svarbus CO<sub>2</sub> emisijų mažinimas, A++ klasė?
- Ar yra planų ateityje integruoti PV sistemą ar vėsinimo funkciją?
- Kokia rizika dėl triukšmo, šilumos siurblio efektyvumo žiemą, serviso prieinamumo?



**VILNIUS  
TECH**

Vilnius Gediminas  
Technical University

# Šilumos siurblio pagaminto šilumos kiekio vertinimas

**Tikslas:** Įvertinti, kiek šilumos per sezoną pagamina šilumos siurblys, žinant išorės temperatūrų pasiskirstymą ir COP priklausomybę nuo temperatūros.

## **Reikalingi duomenys:**

- Temperatūrų trukmės lentelė (val./mėn.)
- Šilumos siurblio galios kreivė pagal lauko temperatūrą
- COP priklausomybės formulė arba lentelė
- Pastato šilumos poreikio kreivė (jei yra)



VILNIUS  
TECH

Vilnius Gediminas  
Technical University

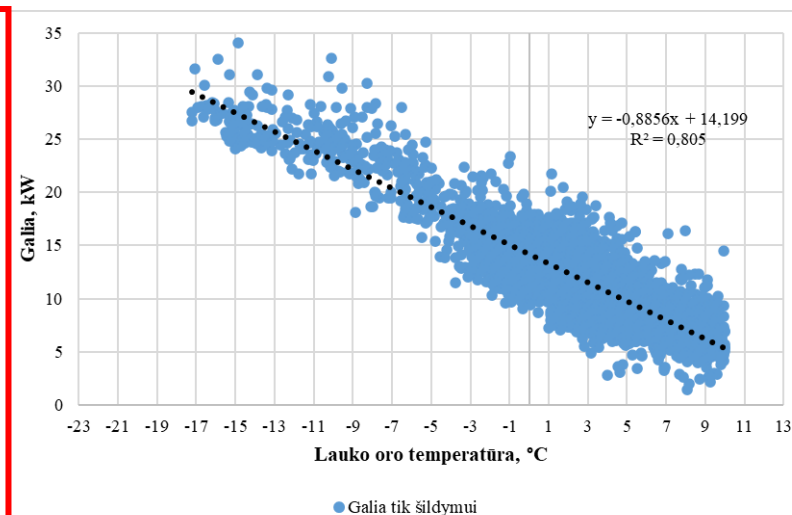
# Šilumos siurblio pagaminto šilumos kiekio vertinimas

Įvairios oro temperatūros (°C) vidutinė mėnesių ir metų trukmė (val.), Vilnius

8 lentelė

| Temperatūros<br>intervalas<br>[nuo ... iki] | Mėnuo |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       | Metų  |
|---------------------------------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
|                                             | 1     | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12    |       |
| 35,0...35,9                                 |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |
| 34,0...34,9                                 |       |      |      |      |      |      | 0,2  | 0,1  |      |      |      |       | 0,3   |
| 33,0...33,9                                 |       |      |      |      |      | 0,4  | 0,3  | 1,1  |      |      |      |       | 1,8   |
| 32,0...32,9                                 |       |      |      |      |      | 0,3  | 1,7  | 1,0  |      |      |      |       | 3,0   |
| 31,0...31,9                                 |       |      |      |      |      | 0,5  | 2,8  | 1,4  | 0,1  |      |      |       | 4,8   |
| 30,0...30,9                                 |       |      |      |      | 0,2  | 1,3  | 4,6  | 3,3  | 0,3  |      |      |       | 9,7   |
| 29,0...29,9                                 |       |      |      |      | 0,4  | 3,1  | 6,7  | 3,7  |      |      |      |       | 13,9  |
| 28,0...28,9                                 |       |      |      | 0,3  | 0,9  | 5,2  | 9,7  | 6,4  | 0,2  |      |      |       | 22,7  |
| 27,0...27,9                                 |       |      |      | 0,1  | 2,7  | 7,4  | 12,8 | 12,8 | 1,1  |      |      |       | 36,9  |
| 26,0...26,9                                 |       |      |      | 0,1  | 3,5  | 10,7 | 15,2 | 12,7 | 1,9  |      |      |       | 44,1  |
| 25,0...25,9                                 |       |      |      | 0,9  | 6,9  | 13,0 | 20,9 | 15,7 | 2,4  |      |      |       | 59,8  |
| 24,0...24,9                                 |       |      |      | 1,5  | 9,5  | 16,0 | 24,4 | 24,1 | 3,7  |      |      |       | 79,2  |
| 23,0...23,9                                 |       |      |      | 2,7  | 12,2 | 21,9 | 30,8 | 25,3 | 5,0  |      |      |       | 97,9  |
| 22,0...22,9                                 |       |      |      | 4,1  | 13,9 | 22,1 | 37,7 | 28,4 | 6,5  |      |      |       | 112,7 |
| 21,0...21,9                                 |       |      |      | 4,3  | 19,2 | 28,4 | 40,3 | 36,5 | 9,1  | 0,2  |      |       | 138,0 |
| 20,0...20,9                                 |       |      |      | 5,7  | 21,9 | 37,9 | 51,8 | 45,0 | 15,7 | 0,9  |      |       | 178,9 |
| 19,0...19,9                                 |       |      |      | 7,1  | 24,0 | 40,7 | 58,7 | 49,3 | 18,1 | 2,5  |      |       | 200,4 |
| 18,0...18,9                                 |       |      |      | 8,8  | 27,6 | 45,2 | 61,0 | 58,6 | 22,5 | 2,9  |      |       | 226,6 |
| 17,0...17,9                                 |       |      | 0,4  | 11,4 | 31,4 | 50,1 | 60,6 | 63,0 | 30,8 | 4,4  |      |       | 252,1 |
| 16,0...16,9                                 |       |      | 0,8  | 14,9 | 38,6 | 57,4 | 63,9 | 60,3 | 36,3 | 6,2  |      |       | 278,4 |
| 15,0...15,9                                 |       |      | 1,3  | 17,8 | 42,1 | 54,3 | 57,5 | 64,3 | 50,7 | 9,3  | 0,1  |       | 297,4 |
| 14,0...14,9                                 |       |      | 1,8  | 20,3 | 46,6 | 53,6 | 52,3 | 59,0 | 53,7 | 16,0 | 0,2  |       | 303,5 |
| 13,0...13,9                                 |       |      | 3,0  | 24,4 | 46,8 | 57,1 | 47,5 | 48,4 | 63,7 | 22,0 | 0,4  |       | 313,3 |
| 12,0...12,9                                 |       |      | 5,5  | 26,8 | 52,4 | 49,2 | 32,7 | 42,9 | 67,7 | 33,9 | 1,4  |       | 312,5 |
| 11,0...11,9                                 |       |      | 5,4  | 32,8 | 51,5 | 44,3 | 20,8 | 31,5 | 68,3 | 40,1 | 4,9  |       | 299,6 |
| 10,0...10,9                                 | 0,4   |      | 7,2  | 40,6 | 55,9 | 37,9 | 15,0 | 22,9 | 60,7 | 51,1 | 8,2  | 0,2   | 300,1 |
| 9,0...9,9                                   | 0,4   | 0,6  | 10,3 | 38,6 | 48,6 | 22,7 | 7,7  | 12,6 | 48,4 | 52,8 | 13,3 | 1,2   | 257,2 |
| 8,0...8,9                                   | 1,0   | 1,0  | 12,8 | 46,0 | 45,1 | 15,9 | 4,8  | 7,0  | 42,3 | 61,5 | 25,0 | 2,8   | 265,2 |
| 7,0...7,9                                   | 2,1   | 2,9  | 17,8 | 50,2 | 35,1 | 12,3 | 1,4  | 4,4  | 33,5 | 61,9 | 39,0 | 6,2   | 266,8 |
| 6,0...6,9                                   | 2,9   | 5,9  | 24,1 | 48,1 | 33,2 | 5,6  | 0,1  | 1,7  | 29,6 | 59,9 | 45,7 | 9,8   | 266,6 |
| 5,0...5,9                                   | 8,8   | 8,8  | 33,0 | 50,2 | 23,8 | 2,9  | 0,1  | 0,4  | 16,4 | 58,7 | 53,4 | 15,7  | 272,2 |
| 4,0...4,9                                   | 17,0  | 17,6 | 47,6 | 47,8 | 16,1 | 1,8  |      | 0,2  | 11,0 | 54,5 | 61,1 | 25,5  | 300,2 |
| 3,0...3,9                                   | 26,1  | 30,2 | 57,2 | 45,6 | 11,9 | 0,7  |      |      | 7,2  | 48,2 | 63,6 | 38,9  | 329,6 |
| 2,0...2,9                                   | 41,5  | 40,2 | 65,2 | 37,6 | 9,1  |      |      |      | 5,3  | 37,6 | 59,5 | 52,4  | 348,4 |
| 1,0...1,9                                   | 58,4  | 60,0 | 72,8 | 36,9 | 5,1  | 0,1  |      |      | 3,9  | 32,1 | 53,0 | 66,5  | 388,8 |
| 0,0...0,9                                   | 89,9  | 87,6 | 77,1 | 34,0 | 4,5  |      |      |      | 2,1  | 30,7 | 72,6 | 103,5 | 502,0 |
| -1,0...-0,1                                 | 66,6  | 51,3 | 58,2 | 26,8 | 2,1  |      |      |      | 1,3  | 23,1 | 54,4 | 76,6  | 360,4 |
| -2,0...-1,1                                 | 49,0  | 47,1 | 52,6 | 16,9 | 0,7  |      |      |      | 0,4  | 15,7 | 40,8 | 56,6  | 279,8 |

| Temperatūros<br>intervalas<br>[nuo ... iki] | Mėnuo |      |      |     |     |   |   |   |     |     |      |      | Metų  |
|---------------------------------------------|-------|------|------|-----|-----|---|---|---|-----|-----|------|------|-------|
|                                             | 1     | 2    | 3    | 4   | 5   | 6 | 7 | 8 | 9   | 10  | 11   | 12   |       |
| -3,0...-2,1                                 | 44,6  | 42,5 | 42,4 | 8,3 | 0,4 |   |   |   | 0,1 | 9,0 | 32,0 | 45,8 | 225,1 |
| -4,0...-3,1                                 | 37,5  | 41,0 | 34,0 | 4,5 | 0,1 |   |   |   |     | 5,1 | 21,2 | 41,1 | 184,5 |
| -5,0...-4,1                                 | 39,9  | 35,3 | 25,3 | 2,2 |     |   |   |   |     | 2,4 | 19,2 | 31,0 | 155,3 |
| -6,0...-5,1                                 | 38,0  | 32,5 | 22,9 | 1,2 |     |   |   |   |     | 0,9 | 12,1 | 27,5 | 135,1 |
| -7,0...-6,1                                 | 33,0  | 26,5 | 20,2 | 0,5 |     |   |   |   |     | 0,2 | 8,8  | 24,6 | 113,8 |
| -8,0...-7,1                                 | 29,0  | 24,7 | 13,7 |     |     |   |   |   |     | 0,2 | 7,2  | 18,4 | 93,2  |
| -9,0...-8,1                                 | 23,1  | 20,3 | 9,5  |     |     |   |   |   |     |     | 6,9  | 14,5 | 74,3  |
| -10,0...-9,1                                | 20,3  | 17,4 | 7,0  |     |     |   |   |   |     |     | 5,1  | 15,0 | 64,8  |
| -11,0...-10,1                               | 16,9  | 15,6 | 4,2  |     |     |   |   |   |     |     | 2,9  | 13,2 | 52,8  |
| -12,0...-11,1                               | 15,1  | 12,9 | 3,4  |     |     |   |   |   |     |     | 2,6  | 9,9  | 43,9  |
| -13,0...-12,1                               | 15,2  | 10,8 | 2,3  |     |     |   |   |   |     |     | 2,0  | 9,2  | 39,5  |
| -14,0...-13,1                               | 12,6  | 8,1  | 1,6  |     |     |   |   |   |     |     | 0,9  | 7,2  | 30,4  |
| -15,0...-14,1                               | 11,4  | 8,2  | 1,0  |     |     |   |   |   |     |     | 0,9  | 7,1  | 28,6  |
| -16,0...-15,1                               | 9,7   | 5,7  | 1,5  |     |     |   |   |   |     |     | 0,7  | 5,6  | 23,2  |
| -17,0...-16,1                               | 7,0   | 5,9  | 0,2  |     |     |   |   |   |     |     | 0,3  | 3,7  | 17,1  |
| -18,0...-17,1                               | 6,0   | 4,4  | 0,3  |     |     |   |   |   |     |     | 0,0  | 3,7  | 14,4  |
| -19,0...-18,1                               | 4,8   | 4,0  |      |     |     |   |   |   |     |     | 0,4  | 2,6  | 11,8  |
| -20,0...-19,1                               | 4,7   | 2,3  | 0,2  |     |     |   |   |   |     |     | 0,2  | 2,9  | 10,3  |
| -21,0...-20,1                               | 1,9   | 2,2  |      |     |     |   |   |   |     |     |      | 2,2  | 6,3   |
| -22,0...-21,1                               | 2,9   | 1,6  | 0,2  |     |     |   |   |   |     |     |      | 1,0  | 5,7   |
| -23,0...-22,1                               | 2,2   | 1,0  |      |     |     |   |   |   |     |     |      | 0,7  | 3,9   |
| -24,0...-23,1                               | 1,7   | 0,9  |      |     |     |   |   |   |     |     |      | 0,4  | 3,0   |
| -25,0...-24,1                               | 1,3   | 0,5  |      |     |     |   |   |   |     |     |      | 0,2  | 2,0   |
| -26,0...-25,1                               | 0,3   | 0,6  |      |     |     |   |   |   |     |     |      | 0,2  | 1,1   |
| -27,0...-26,1                               | 0,3   | 0,3  |      |     |     |   |   |   |     |     |      | 0,1  | 0,7   |
| -28,0...-27,1                               | 0,2   |      |      |     |     |   |   |   |     |     |      |      | 0,2   |
| -29,0...-28,1                               | 0,2   |      |      |     |     |   |   |   |     |     |      | 0,2  | 0,4   |
| -30,0...-29,1                               | 0,1   |      |      |     |     |   |   |   |     |     |      | 0,1  | 0,2   |
| -31,0...-30,1                               |       |      |      |     |     |   |   |   |     |     |      |      |       |

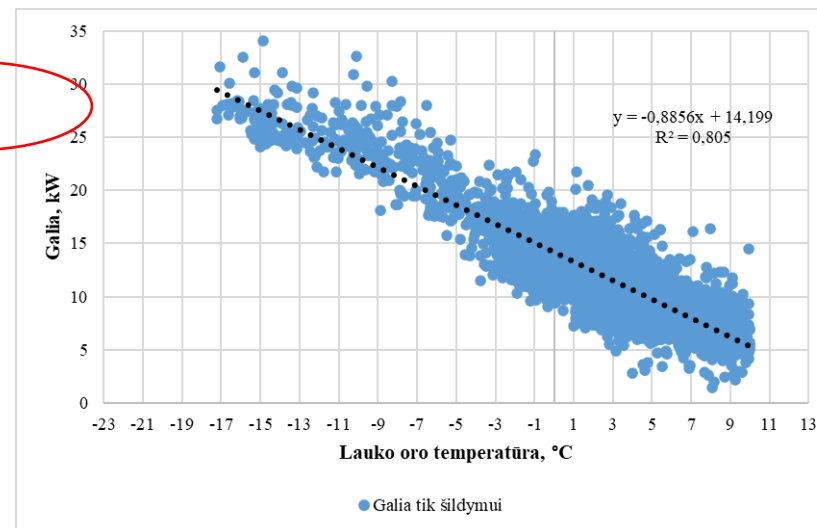


STR 2.01.12:2024  
„STATYBŲ KLIMATOLOGIJA“

# Šilumos siurblio pagaminto šilumos kiekio vertinimas

| Pastato                               |       |       |        |
|---------------------------------------|-------|-------|--------|
| Temperatūros intervalas [nuo ... iki] | Metų  | P, kW | Q, kWh |
| 9,0...9,9                             | 257,2 | 6,23  | 1602   |
| 8,0...8,9                             | 265,2 | 7,11  | 1887   |
| 7,0...7,9                             | 266,8 | 8,00  | 2134   |
| 6,0...6,9                             | 266,6 | 8,89  | 2369   |
| 5,0...5,9                             | 272,2 | 9,77  | 2660   |
| 4,0...4,9                             | 300,2 | 10,66 | 3199   |
| 3,0...3,9                             | 329,6 | 11,54 | 3804   |
| 2,0...2,9                             | 348,4 | 12,43 | 4330   |
| 1,0...1,9                             | 388,8 | 13,31 | 5176   |
| 0,0...0,9                             | 502   | 14,20 | 7128   |
| -1,0...-0,1                           | 360,4 | 15,08 | 5436   |
| -2,0...-1,1                           | 279,8 | 15,97 | 4468   |
| -3,0...-2,1                           | 225,1 | 16,86 | 3794   |
| -4,0...-3,1                           | 184,5 | 17,74 | 3273   |
| -5,0...-4,1                           | 155,3 | 18,63 | 2893   |
| -6,0...-5,1                           | 135,1 | 19,51 | 2636   |
| -7,0...-6,1                           | 113,8 | 20,40 | 2321   |
| -8,0...-7,1                           | 93,2  | 21,28 | 1984   |
| -9,0...-8,1                           | 74,3  | 22,17 | 1647   |
| -10,0...-9,1                          | 64,8  | 23,06 | 1494   |
| -11,0...-10,1                         | 52,8  | 23,94 | 1264   |
| -12,0...-11,1                         | 43,9  | 24,83 | 1090   |
| -13,0...-12,1                         | 39,5  | 25,71 | 1016   |
| -14,0...-13,1                         | 30,4  | 26,60 | 809    |
| -15,0...-14,1                         | 28,6  | 27,48 | 786    |
| -16,0...-15,1                         | 23,2  | 28,37 | 658    |
| -17,0...-16,1                         | 17,1  | 29,25 | 500    |
| -18,0...-17,1                         | 14,4  | 30,14 | 434    |
| -19,0...-18,1                         | 11,8  | 31,03 | 366    |
| -20,0...-19,1                         | 10,3  | 31,91 | 329    |
| -21,0...-20,1                         | 6,3   | 32,80 | 207    |
| -22,0...-21,1                         | 5,7   | 33,68 | 192    |
| -23,0...-22,1                         | 3,9   | 34,57 | 135    |

65,9MWh



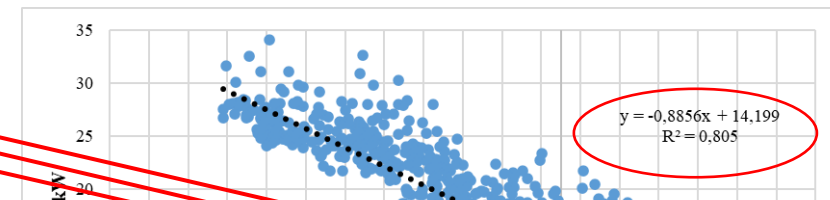
# Šilumos siurblio pagaminto šilumos kiekio vertinimas

| Pastato                               |       | Šilumos siurblys |        |                     |                     |      |                      |                      |
|---------------------------------------|-------|------------------|--------|---------------------|---------------------|------|----------------------|----------------------|
| Temperatūros intervalas [nuo ... iki] | Metų  | P, kW            | Q, kWh | P <sub>h</sub> , kW | P <sub>e</sub> , kW | COP  | Q <sub>h</sub> , kWh | Q <sub>e</sub> , kWh |
| 9,0...9,9                             | 257,2 | 6,23             | 1602   | 7,99                | 2,75                | 2,91 | 2053,8               | 706,2                |
| 8,0...8,9                             | 265,2 | 7,11             | 1887   | 7,99                | 2,75                | 2,91 | 2118,9               | 728,2                |
| 7,0...7,9                             | 266,8 | 8,00             | 2134   | 7,65                | 2,7                 | 2,83 | 2041,0               | 721,2                |
| 6,0...6,9                             | 266,6 | 8,89             | 2369   | 7,28                | 2,68                | 2,72 | 1940,8               | 713,5                |
| 5,0...5,9                             | 272,2 | 9,77             | 2660   | 6,47                | 2,65                | 2,44 | 1761,1               | 721,8                |
| 4,0...4,9                             | 300,2 | 10,66            | 3199   | 6,47                | 2,65                | 2,44 | 1942,3               | 796,0                |
| 3,0...3,9                             | 329,6 | 11,54            | 3804   | 5,55                | 2,63                | 2,11 | 1829,3               | 867,0                |
| 2,0...2,9                             | 348,4 | 12,43            | 4330   | 5,55                | 2,63                | 2,11 | 1933,6               | 916,4                |
| 1,0...1,9                             | 388,8 | 13,31            | 5176   | 5,42                | 2,62                | 2,07 | 2107,3               | 1018,0               |
| 0,0...0,9                             | 502   | 14,20            | 7128   | 5,28                | 2,61                | 2,02 | 2650,6               | 1312,2               |
| -1,0...-0,1                           | 360,4 | 15,08            | 5436   | 5                   | 2,6                 | 1,92 | 1802,0               | 938,5                |
| -2,0...-1,1                           | 279,8 | 15,97            | 4468   | 5                   | 2,6                 | 1,92 | 1399,0               | 728,6                |
| -3,0...-2,1                           | 225,1 | 16,86            | 3794   | 4,71                | 2,59                | 1,82 | 1060,2               | 582,5                |
| -4,0...-3,1                           | 184,5 | 17,74            | 3273   | 4,71                | 2,59                | 1,82 | 869,0                | 477,5                |
| -5,0...-4,1                           | 155,3 | 18,63            | 2893   | 4,41                | 2,58                | 1,71 | 684,9                | 400,5                |
| -6,0...-5,1                           | 135,1 | 19,51            | 2636   | 4,41                | 2,58                | 1,71 | 595,8                | 348,4                |
| -7,0...-6,1                           | 113,8 | 20,40            | 2321   | 4,27                | 2,58                | 1,66 | 485,9                | 292,7                |
| -8,0...-7,1                           | 93,2  | 21,28            | 1984   | 4,12                | 2,58                | 1,6  | 384,0                | 240,0                |
| -9,0...-8,1                           | 74,3  | 22,17            | 1647   | 3,83                | 2,58                | 1,48 | 284,6                | 192,3                |
| -10,0...-9,1                          | 64,8  | 23,06            | 1494   | 3,83                | 2,58                | 1,48 | 248,2                | 167,7                |
| -11,0...-10,1                         | 52,8  | 23,94            | 1264   | 3,55                | 2,57                | 1,38 | 187,4                | 135,8                |
| -12,0...-11,1                         | 43,9  | 24,83            | 1090   | 3,55                | 2,57                | 1,38 | 155,8                | 112,9                |
| -13,0...-12,1                         | 39,5  | 25,71            | 1016   | 3,28                | 2,57                | 1,28 | 129,6                | 101,2                |
| -14,0...-13,1                         | 30,4  | 26,60            | 809    | 3,28                | 2,57                | 1,28 | 99,7                 | 77,9                 |
| -15,0...-14,1                         | 28,6  | 27,48            | 786    | 3,02                | 2,56                | 1,18 | 86,4                 | 73,2                 |
| -16,0...-15,1                         | 23,2  | 28,37            | 658    | 3,02                | 2,56                | 1,18 | 70,1                 | 59,4                 |
| -17,0...-16,1                         | 17,1  | 29,25            | 500    | 2,79                | 2,54                | 1,1  | 47,7                 | 43,4                 |
| -18,0...-17,1                         | 14,4  | 30,14            | 434    | 2,79                | 2,54                | 1,1  | 40,2                 | 36,5                 |
| -19,0...-18,1                         | 11,8  | 31,03            | 366    | 2,57                | 2,52                | 1,02 | 30,3                 | 29,7                 |
| -20,0...-19,1                         | 10,3  | 31,91            | 329    | 2,57                | 2,52                | 1,02 | 26,5                 | 26,0                 |
| -21,0...-20,1                         | 6,3   | 32,80            | 207    | -                   | -                   | -    | -                    | -                    |
| -22,0...-21,1                         | 5,7   | 33,68            | 192    | -                   | -                   | -    | -                    | -                    |
| -23,0...-22,1                         | 3,9   | 34,57            | 135    | -                   | -                   | -    | -                    | -                    |

65,9MWh

22,9MWh

11,4MWh

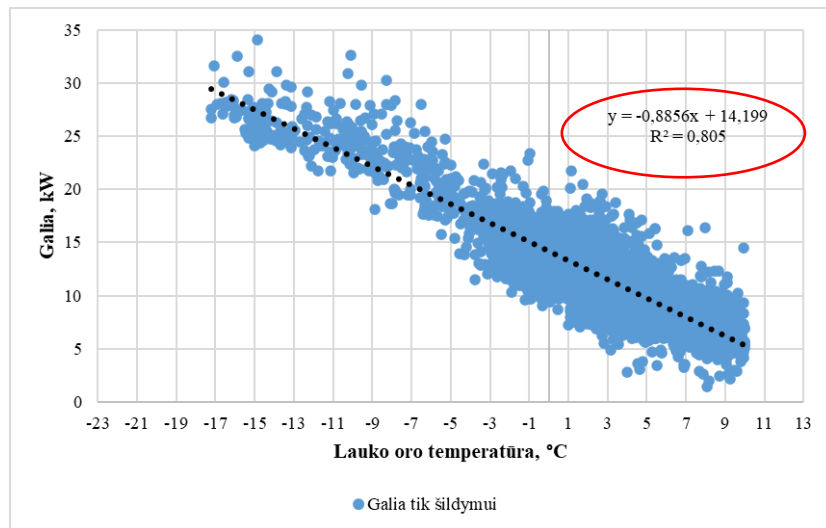


10.4. ANK 020 HP HA (400V/3N/50Hz) Heating capacity and input power

| T <sub>air</sub> °C | TEMPERATURE OF THE WATER PRODUCED (°C) |         |      |         |         |      |         |         |      |         |         |      |         |         |      |         |         |      |         |         |      |         |         |     |
|---------------------|----------------------------------------|---------|------|---------|---------|------|---------|---------|------|---------|---------|------|---------|---------|------|---------|---------|------|---------|---------|------|---------|---------|-----|
|                     | 25                                     |         |      | 30      |         |      | 35      |         |      | 40      |         |      | 45      |         |      | 50      |         |      | 55      |         |      | 60      |         |     |
|                     | Ph (kW)                                | Pe (kW) | COP  | Ph (kW) | Pe (kW) | COP  | Ph (kW) | Pe (kW) | COP  | Ph (kW) | Pe (kW) | COP  | Ph (kW) | Pe (kW) | COP  | Ph (kW) | Pe (kW) | COP  | Ph (kW) | Pe (kW) | COP  | Ph (kW) | Pe (kW) | COP |
| -20                 | 4.48                                   | 1.57    | 2.85 | 4.18    | 1.84    | 2.27 | 3.84    | 2.05    | 1.87 | 3.46    | 2.22    | 1.56 | 3.04    | 2.37    | 1.28 | 2.57    | 2.52    | 1.02 |         |         |      |         |         |     |
| -18                 | 4.61                                   | 1.57    | 2.94 | 4.31    | 1.84    | 2.34 | 3.99    | 2.06    | 1.94 | 3.63    | 2.23    | 1.63 | 3.23    | 2.39    | 1.35 | 2.79    | 2.54    | 1.10 |         |         |      |         |         |     |
| -16                 | 4.76                                   | 1.57    | 3.03 | 4.47    | 1.84    | 2.43 | 4.16    | 2.06    | 2.02 | 3.81    | 2.24    | 1.70 | 3.44    | 2.40    | 1.43 | 3.02    | 2.56    | 1.18 |         |         |      |         |         |     |
| -14                 | 4.93                                   | 1.56    | 3.16 | 4.65    | 1.84    | 2.53 | 4.35    | 2.06    | 2.11 | 4.02    | 2.25    | 1.79 | 3.66    | 2.41    | 1.52 | 3.28    | 2.57    | 1.28 | 2.86    | 2.74    | 1.04 |         |         |     |
| -12                 | 5.11                                   | 1.55    | 3.30 | 4.84    | 1.83    | 2.64 | 4.55    | 2.06    | 2.21 | 4.24    | 2.25    | 1.88 | 3.91    | 2.41    | 1.62 | 3.55    | 2.57    | 1.38 | 3.16    | 2.75    | 1.15 |         |         |     |
| -10                 | 5.29                                   | 1.54    | 3.44 | 5.04    | 1.83    | 2.75 | 4.76    | 2.06    | 2.31 | 4.47    | 2.25    | 1.99 | 4.16    | 2.41    | 1.73 | 3.83    | 2.58    | 1.48 | 3.47    | 2.75    | 1.26 | 3.09    | 2.96    | 1.0 |
| -8                  | 5.49                                   | 1.54    | 3.56 | 5.24    | 1.82    | 2.88 | 4.98    | 2.05    | 2.43 | 4.71    | 2.25    | 2.09 | 4.42    | 2.42    | 1.83 | 4.12    | 2.58    | 1.60 | 3.80    | 2.76    | 1.38 | 3.45    | 2.96    | 1.1 |
| -7                  | 5.59                                   | 1.53    | 3.65 | 5.34    | 1.82    | 2.93 | 4.98    | 2.09    | 2.38 | 4.83    | 2.25    | 2.15 | 4.57    | 2.44    | 1.87 | 4.27    | 2.58    | 1.66 | 3.96    | 2.76    | 1.43 | 3.64    | 2.97    | 1.2 |
| -6                  | 5.68                                   | 1.53    | 3.71 | 5.45    | 1.82    | 2.99 | 5.20    | 2.05    | 2.54 | 4.95    | 2.25    | 2.20 | 4.69    | 2.42    | 1.94 | 4.41    | 2.58    | 1.71 | 4.12    | 2.76    | 1.49 | 3.82    | 2.97    | 1.2 |
| -4                  | 5.87                                   | 1.53    | 3.84 | 5.65    | 1.82    | 3.10 | 5.42    | 2.05    | 2.64 | 5.19    | 2.25    | 2.31 | 4.95    | 2.42    | 2.05 | 4.71    | 2.59    | 1.82 | 4.45    | 2.77    | 1.61 | 4.19    | 2.98    | 1.4 |
| -2                  | 6.06                                   | 1.53    | 3.96 | 5.85    | 1.82    | 3.21 | 5.63    | 2.06    | 2.73 | 5.42    | 2.26    | 2.40 | 5.21    | 2.43    | 2.14 | 5.00    | 2.60    | 1.92 | 4.78    | 2.78    | 1.72 | 4.55    | 2.98    | 1.5 |
| 0                   | 6.23                                   | 1.54    | 4.05 | 6.03    | 1.84    | 3.28 | 5.84    | 2.07    | 2.82 | 5.65    | 2.27    | 2.49 | 5.46    | 2.44    | 2.24 | 5.28    | 2.61    | 2.02 | 4.99    | 2.79    | 1.82 | 4.91    | 3.00    | 1.6 |
| 1                   | 6.32                                   | 1.55    | 4.08 | 6.12    | 1.84    | 3.33 | 5.94    | 2.08    | 2.86 | 5.76    | 2.28    | 2.53 | 5.59    | 2.45    | 2.28 | 5.42    | 2.62    | 2.07 | 5.25    | 2.80    | 1.88 | 5.08    | 3.00    | 1.6 |
| 2                   |                                        |         |      | 6.42    | 1.85    | 3.47 | 6.05    | 1.94    | 3.12 | 5.88    | 2.29    | 2.57 | 5.68    | 2.28    | 2.49 | 5.55    | 2.63    | 2.11 | 5.38    | 2.81    | 1.91 | 5.16    | 3.01    | 1.7 |
| 4                   |                                        |         |      | 7.48    | 1.88    | 3.98 | 7.14    | 2.11    | 3.38 | 6.88    | 2.31    | 2.98 | 6.67    | 2.48    | 2.69 | 6.47    | 2.65    | 2.44 | 5.25    | 2.83    | 2.21 | 5.98    | 3.03    | 1.9 |
| 6                   |                                        |         |      | 8.40    | 1.91    | 4.40 | 8.04    | 2.15    | 3.74 | 7.76    | 2.35    | 3.30 | 7.52    | 2.52    | 2.98 | 7.28    | 2.68    | 2.72 | 6.02    | 2.86    | 2.45 | 6.69    | 3.06    | 2.1 |
| 7                   |                                        |         |      | 8.82    | 1.94    | 4.55 | 8.58    | 2.18    | 3.94 | 8.16    | 2.37    | 3.44 | 7.87    | 2.55    | 3.09 | 7.65    | 2.70    | 2.83 | 6.36    | 2.88    | 2.56 | 7.01    | 3.08    | 2.2 |
| 8                   |                                        |         |      | 9.20    | 2.04    | 4.51 | 8.83    | 2.24    | 3.94 | 8.53    | 2.41    | 3.54 | 8.26    | 2.58    | 3.20 | 7.99    | 2.75    | 2.91 | 6.69    | 2.93    | 2.62 | 7.31    | 3.12    | 2.3 |
| 10                  |                                        |         |      | 9.89    | 2.14    | 4.62 | 9.51    | 2.33    | 4.08 | 9.19    | 2.50    | 3.68 | 8.90    | 2.67    | 3.33 | 8.60    | 2.84    | 3.03 | 6.26    | 3.01    | 2.74 | 7.84    | 3.19    | 2.4 |
| 12                  |                                        |         |      | 10.46   | 2.22    | 4.71 | 10.08   | 2.41    | 4.18 | 9.75    | 2.58    | 3.78 | 9.45    | 2.74    | 3.45 | 9.13    | 2.91    | 3.14 | 7.57    | 3.08    | 2.84 | 8.30    | 3.26    | 2.5 |
| 14                  |                                        |         |      | 10.94   | 2.29    | 4.78 | 10.56   | 2.48    | 4.26 | 10.22   | 2.65    | 3.86 | 9.91    | 2.81    | 3.53 | 9.57    | 2.97    | 3.22 | 7.17    | 3.14    | 2.92 | 8.68    | 3.32    | 2.6 |
| 16                  |                                        |         |      | 11.14   | 2.35    | 4.74 | 10.83   | 2.54    | 4.26 | 10.56   | 2.71    | 3.90 | 10.28   | 2.87    | 3.58 | 9.97    | 3.03    | 3.29 | 59      | 3.20    | 3.00 | 9.11    | 3.37    | 2.7 |
| 18                  |                                        |         |      | 11.44   | 2.41    | 4.75 | 11.14   | 2.59    | 4.30 | 10.87   | 2.76    | 3.94 | 10.60   | 2.92    | 3.63 | 10.29   | 3.08    | 3.34 | 50      | 3.24    | 3.06 | 9.41    | 3.42    | 2.7 |
| 20                  |                                        |         |      | 11.68   | 2.45    | 4.77 | 11.39   | 2.64    | 4.31 | 11.12   | 2.80    | 3.97 | 10.85   | 2.96    | 3.67 | 10.54   | 3.12    | 3.38 | 61      | 3.28    | 3.09 | 9.65    | 3.45    | 2.8 |
| 22                  |                                        |         |      | 11.87   | 2.49    | 4.77 | 11.58   | 2.67    | 4.34 | 11.32   | 2.84    | 3.99 | 11.05   | 3.00    | 3.68 | 10.74   | 3.15    | 3.41 | 63      | 3.31    | 3.13 | 9.84    | 3.49    | 2.8 |
| 24                  |                                        |         |      | 12.01   | 2.52    | 4.77 | 11.72   | 2.70    | 4.34 | 11.47   | 2.87    | 4.00 | 11.20   | 3.03    | 3.70 | 10.89   | 3.18    | 3.42 | 50      | 3.34    | 3.14 | 9.98    | 3.51    | 2.8 |
| 26                  |                                        |         |      | 12.10   | 2.55    | 4.75 | 11.83   | 2.73    | 4.33 | 11.57   | 2.89    | 4.00 | 11.31   | 3.05    | 3.71 | 1.00    | 3.20    | 3.44 | 60      | 3.36    | 3.15 |         |         |     |
| 28                  |                                        |         |      | 12.16   | 2.56    | 4.75 | 11.89   | 2.75    | 4.32 | 11.65   | 2.91    | 4.00 | 11.39   | 3.07    | 3.71 | 1.07    | 3.22    | 3.44 | 68      | 3.38    | 3.16 |         |         |     |
| 30                  |                                        |         |      | 12.20   | 2.58    | 4.73 | 11.93   | 2.76    | 4.32 | 11.69   | 2.92    | 4.00 | 11.43   | 3.08    | 3.71 | 1.12    | 3.23    | 3.44 | 72      | 3.39    | 3.16 |         |         |     |
| 32                  |                                        |         |      | 12.20   | 2.58    | 4.73 | 11.95   | 2.76    | 4.33 | 11.71   | 2.93    | 4.00 | 11.46   | 3.09    | 3.71 | 1.15    | 3.24    | 3.44 | 74      | 3.40    | 3.16 |         |         |     |
| 34                  |                                        |         |      | 12.19   | 2.58    | 4.72 | 11.95   | 2.77    | 4.31 | 11.72   | 2.93    | 4.00 | 11.46   | 3.09    | 3.71 | 1.15    | 3.24    | 3.44 | 75      | 3.40    | 3.16 |         |         |     |
| 36                  |                                        |         |      | 12.17   | 2.58    | 4.72 | 11.94   | 2.76    | 4.33 | 11.71   | 2.93    | 4.00 | 11.46   | 3.09    | 3.71 | 1.15    | 3.24    | 3.44 | 75      | 3.40    | 3.16 |         |         |     |
| 38                  |                                        |         |      | 12.15   | 2.57    | 4.73 | 11.92   | 2.76    | 4.32 | 11.70   | 2.93    | 3.99 | 11.46   | 3.09    | 3.71 | 1.15    | 3.24    | 3.44 | 74      | 3.40    | 3.16 |         |         |     |
| 40                  |                                        |         |      | 12.13   | 2.56    | 4.74 | 11.91   | 2.75    | 4.33 | 11.69   | 2.92    | 4.00 | 11.45   | 3.08    | 3.72 | 1.15    | 3.24    | 3.44 | 74      | 3.39    | 3.17 |         |         |     |
| 42                  |                                        |         |      | 12.11   | 2.54    | 4.77 | 11.90   | 2.73    | 4.36 | 11.70   | 2.91    | 4.02 | 11.46   | 3.07    | 3.73 | 1.16    | 3.23    | 3.46 | 75      | 3.39    | 3.17 |         |         |     |

| Temperatūros intervalas [nuo ... iki] | Pastato |       |         |                     | Šilumos siurblys    |         |                      |                      |
|---------------------------------------|---------|-------|---------|---------------------|---------------------|---------|----------------------|----------------------|
|                                       | Metų    | P, kW | Q, kWh  | P <sub>h</sub> , kW | P <sub>e</sub> , kW | COP     | Q <sub>h</sub> , kWh | Q <sub>e</sub> , kWh |
| 9,0...9,9                             | 257,2   | 6,23  | 1602    | 7,99                | 2,75                | 2,91    | 2055,0               | 706,2                |
| 8,0...8,9                             | 265,2   | 7,11  | 1887    | 7,99                | 2,75                | 2,91    | 2118,9               | 728,2                |
| 7,0...7,9                             | 266,8   | 8,00  | 2134    | 7,65                | 2,7                 | 2,83    | 2041,0               | 721,2                |
| 6,0...6,9                             | 266,6   | 8,89  | 2369    | 7,28                | 2,68                | 2,72    | 1940,8               | 713,5                |
| 5,0...5,9                             | 272,2   | 9,77  | 2660    | 6,47                | 2,65                | 2,44    | 1761,1               | 721,8                |
| 4,0...4,9                             | 300,2   | 10,66 | 3199    | 6,47                | 2,65                | 2,44    | 1942,3               | 796,0                |
| 3,0...3,9                             | 329,6   | 11,54 | 3804    | 5,55                | 2,63                | 2,11    | 1829,3               | 867,0                |
| 2,0...2,9                             | 348,4   | 12,43 | 4330    | 5,55                | 2,63                | 2,11    | 1933,6               | 916,4                |
| 1,0...1,9                             | 388,8   | 13,31 | 5176    | 5,42                | 2,62                | 2,07    | 2107,3               | 1018,0               |
| 0,0...0,9                             | 502     | 14,20 | 7128    | 5,28                | 2,61                | 2,02    | 2650,6               | 1312,2               |
| -1,0...-0,1                           | 360,4   | 15,08 | 5436    | 5                   | 2,6                 | 1,92    | 1802,0               | 938,5                |
| -2,0...-1,1                           | 279,8   | 15,97 | 4468    | 5                   | 2,6                 | 1,92    | 1399,0               | 728,6                |
| -3,0...-2,1                           | 225,1   | 16,86 | 3794    | 4,71                | 2,59                | 1,82    | 1060,2               | 582,5                |
| -4,0...-3,1                           | 184,5   | 17,74 | 3273    | 4,71                | 2,59                | 1,82    | 869,0                | 477,5                |
| -5,0...-4,1                           | 155,3   | 18,63 | 2893    | 4,41                | 2,58                | 1,71    | 684,9                | 400,5                |
| -6,0...-5,1                           | 135,1   | 19,51 | 2636    | 4,41                | 2,58                | 1,71    | 595,8                | 348,4                |
| -7,0...-6,1                           | 113,8   | 20,40 | 2321    | 4,27                | 2,58                | 1,66    | 485,9                | 292,7                |
| -8,0...-7,1                           | 93,2    | 21,28 | 1984    | 4,12                | 2,58                | 1,6     | 384,0                | 240,0                |
| -9,0...-8,1                           | 74,3    | 22,17 | 1647    | 3,83                | 2,58                | 1,48    | 284,6                | 192,3                |
| -10,0...-9,1                          | 64,8    | 23,06 | 1494    | 3,83                | 2,58                | 1,48    | 248,2                | 167,7                |
| -11,0...-10,1                         | 52,8    | 23,94 | 1264    | 3,55                | 2,57                | 1,38    | 187,4                | 135,8                |
| -12,0...-11,1                         | 43,9    | 24,83 | 1090    | 3,55                | 2,57                | 1,38    | 155,8                | 112,9                |
| -13,0...-12,1                         | 39,5    | 25,71 | 1016    | 3,28                | 2,57                | 1,28    | 129,6                | 101,2                |
| -14,0...-13,1                         | 30,4    | 26,60 | 809     | 3,28                | 2,57                | 1,28    | 99,7                 | 77,9                 |
| -15,0...-14,1                         | 28,6    | 27,48 | 786     | 3,02                | 2,56                | 1,18    | 86,4                 | 73,2                 |
| -16,0...-15,1                         | 23,2    | 28,37 | 658     | 3,02                | 2,56                | 1,18    | 70,1                 | 59,4                 |
| -17,0...-16,1                         | 17,1    | 29,25 | 500     | 2,79                | 2,54                | 1,1     | 47,7                 | 43,4                 |
| -18,0...-17,1                         | 14,4    | 30,14 | 434     | 2,79                | 2,54                | 1,1     | 40,2                 | 36,5                 |
| -19,0...-18,1                         | 11,8    | 31,03 | 366     | 2,57                | 2,52                | 1,02    | 30,3                 | 29,7                 |
| -20,0...-19,1                         | 10,3    | 31,91 | 329     | 2,57                | 2,52                | 1,02    | 26,5                 | 26,0                 |
| -21,0...-20,1                         | 6,3     | 32,80 | 207     | -                   | -                   | -       | -                    | -                    |
| -22,0...-21,1                         | 5,7     | 33,68 | 192     | -                   | -                   | -       | -                    | -                    |
| -23,0...-22,1                         | 3,9     | 34,57 | 135     | -                   | -                   | -       | -                    | -                    |
| 65,9MWh                               |         |       | 22,9MWh |                     |                     | 11,4MWh |                      |                      |

# Šilumos siurblio pagaminto šilumos kiekio vertinimas



Šilumos siurblys užtikrina 34,7 % reikiamo šilumos kiekio, o trūkstamas (43 MWh) organizuojamas kitais būdais, pvz. CŠT.  
Nagrinėjamo laikotarpio SPF:

$$SPF = \frac{Q_h \text{ (MWh/sezonas)}}{Q_e \text{ (MWh/sezonas)}} = \frac{22,9}{11,4} = 2,0$$

# Ką svarbu įvertinti planuojant AEI sprendimus

Atliekant energijos vartojimo auditą, svarbu vertinti ne tik AEI technologijos tipą, bet ir poreikio pobūdį, sezoniškumą, technines montavimo sąlygas, integracijos galimybes bei ekonominę ir aplinkosauginę naudą. Tinkamai įvertinus šiuos veiksnius, galima pateikti argumentuotą ir racionalų sprendimą, kuris tinka konkrečiam pastatui ir jo vartotojams.

| Vertinimo kriterijus              | Saulės kolektoriai                                | Saulės elektrinės (PV)                                             | Šilumos siurbliai                                      |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| <b>Poreikis (energijos tipas)</b> | Karštas vanduo / šildymas (dalinis)               | Elektra (bendras suvartojimas)                                     | Šildymas, vėsinimas, karštas vanduo                    |
| <b>Naudojimo sezoniškumas</b>     | Efektyviausi vasarą / pereinamuoju laikotarpiu    | Daugiausia energijos pagamina šiltuoju ir pereinamuoju laikotarpiu | Gali veikti ištisus metus                              |
| <b>Techninės sąlygos</b>          | Pietinis stogas, šilumos talpykla, vengti šešėlių | Pietinis stogas, vengti šešėlių                                    | Elektros galia, vieta įrengimui                        |
| <b>Integracijos galimybės</b>     | Su karšto vandens ir / ar šildymo sistema         | Su elektros skirstomuoju tinklu / kaupimu                          | Su šildymo / grindinio šildymo, karšto vandens sistema |
| <b>Tvarumo aspektas</b>           | CO <sub>2</sub> mažinimas (šiluma iš saulės)      | CO <sub>2</sub> mažinimas, energijos savarankiškumas               | Sumažina iškastinio kuro vartojimą                     |

**Ačiū už dėmesį**