

## IŠVALYTŲ NUOTEKŲ ŠILUMOS PANAUDOJIMO GALIMYBIŲ ANALIZĖ

Darjuš Bogdan<sup>1</sup>, Kęstutis Čiuprinskas<sup>2</sup>

<sup>1</sup>magistrantas, <sup>2</sup>docentas

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

el. p. <sup>1</sup>[darjus.bogdan@stud.vilniustech.lt](mailto:darjus.bogdan@stud.vilniustech.lt); <sup>2</sup>[kestutis.ciuprinskas@vilniustech.lt](mailto:kestutis.ciuprinskas@vilniustech.lt)

**Anotacija.** Šiais laikais, energijos tiekimas iš atsinaujinančių energijos išteklių yra svarbus kiekvienos šalies energetikos sektoriuje, todėl būtina atkreipti dėmesį į šiluminį potencialą turinčius alternatyvius energijos išteklius.. Šio straipsnio tikslas yra atlikti Vilniaus nuotekų valykloje išvalytų nuotekų šilumos panaudojimo galimybių analizę. Darbe nustatomi valykloje išvalytų nuotekų temperatūros ir debito svyravimai, teorinis atliekinės šilumos potencialas. Apskaičiuojami prekybos paskirties pastato šilumos poreikiai. Remiantis šiais duomenimis nustatomi šilumos siurblio, naudojančio išvalytų nuotekų šilumą parametrai ir sudaromas sistemos skaitmeninis modelis bei įvertinamas pastato aprūpinimas šiluma.

**Reikšminiai žodžiai:** atsinaujinantys energijos ištekliai, nuotekų valykla, šilumos siurblys, šilumos energija, prekybos paskirties pastatas, energyPRO.

### Įvadas

Dėl pasauliniu mastu aktualių aplinkosauginių ir darnios plėtros tendencijų, energijos tiekimas iš atsinaujinančių energijos išteklių yra svarbus kiekvienos šalies energetikos sektoriuje. Atsinaujinančios energetikos plėtojimas prisideda prie nacionalinio energetinio saugumo, stabdo klimato kaitą, mažina oro užterštumą bei sukuria rentabilių paslaugų. 2014 m. spalio 23 d. Europos Taryba pritarė Europos Komisijos iškeltiems tikslams iki 2030 m. 40 % sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas (nuo 1990 m. lygio), 32 % energijos turi būti pagaminta iš atsinaujinančių energijos išteklių bei ES lygmeniu 32,5 % padidinti energijos vartojimo efektyvumą. Šie tikslai yra privalomi visoms ES narėms, tarp kurių yra ir Lietuva.

Lietuvos mastu siektini rezultatai energetikos sektoriuje yra apibrėžti Lietuvos Respublikos Seimo 2018 m. nutarimu Nr. XIII-1288 patvirtintoje Nacionalinėje energetinės nepriklausomybės strategijoje. Didelis dėmesys skiriamas iškastinio kuro naudojimo mažinimui energijos gamybai įvairiuose sektoriuose. 2030 metais atsinaujinančių energijos ir vietinių išteklių dalis centralizuoto šilumos tiekimo sektoriuje turi siekti 90 %. Norint pasiekti užsibrėžtus tikslus, atsinaujinančių energijos technologijų naudojimas yra neišvengiamas, o naujų šaltinių paieška yra nuolatinis procesas, todėl būtina atkreipti

dėmesį į šiluminį potencialą turinčius alternatyvius energijos išteklius.

Apie 40 % miestuose pagamintos šilumos yra išleidiama į nuotakyną kartu su panaudotu vandeniu, kaip atliekinė šiluma (Hepbasli et al., 2014). Priklausomai nuo vandens panaudojimo, nuotekų temperatūra svyruoja nuo 10 °C iki 40 °C (Somogyi, Sebestyén, & Domokos, 2018), todėl nuotekos, atitekančios į nuotekų valyklą, turi reikšmingą energinį potencialą, tačiau yra išvalomos ir išleidžiamos į gamtinį priimtuvą be papildomo apdorojimo. Jeigu nuotekų šiluminė energija būtų atgauta, yra keli jos panaudojimo būdai: šilumos tiekimas į centralizuoto šilumos tiekimo tinklus, pastato aprūpinimas šilumine energija ir kt.

Šio straipsnio tikslas yra atlikti Vilniaus nuotekų valykloje išvalytų nuotekų šilumos panaudojimo galimybių analizę ir įvertinti ar panaudojus išvalytų nuotekų šilumą šilumos siurblyje galima užtikrinti prekybos paskirties pastato šilumos energijos poreikį.

### Tyrimo objektas

Darbo tyrimui atlikti pasirinkta didžiausia Lietuvoje – Vilniaus miesto nuotekų valykla (žr. 1 pav.). Visos Vilniaus mieste susidarančios nuotekos surenkamos ir transportuojamos iki nuotekų valyklos, kur yra išvalomos mechaniniu ir biologiniu būdu. Nuotekų valykla yra

Vilniaus m., Titnago g. 74. Šalia Nuotekų valyklos nėra gyvenamosios paskirties teritorijų, šiaurės, rytų kryptimis aplink nuotekų valyklą yra miškai ir Neries upė, o vakarų ir pietų kryptimis ribojasi su Panerių girininkijos mišku.



1 pav. Vilniaus miesto nuotekų valykla (šaltinis: madeinvilnius.lt)

Aprūpinimo šiluma objektu pasirinktas artimiausias šilumos vartotojas – prekybos paskirties pastatas – parduotuvė „DEPO“ (žr. 2 pav.). Parduotuvės „DEPO“ sklypas yra Vilniaus miesto pietvakarinėje dalyje, Panerių seniūnijos šiaurėje, Maksimiškių g. 5. Pastatas yra nutolęs apie 2 km pietryčių kryptimi nuo Vilniaus m. nuotekų valyklos išvalytų nuotekų išleistuvo. Parduotuvėje prekiaujama statybos, namų ūkio, sodo, remonto prekėmis. Erdvė, kurioje prekiaujama prekėmis yra vieno aukšto, o administracinę pastato dalį, sudaro trys aukštai, kuriose yra administracinės patalpos, sanitariniai mazgai, darbuotojų patalpos ir patalpos techninei įrangai sandėliuoti. Pastato šildomas bendras plotas – 19 087 m<sup>2</sup>, tūris – 190 105 m<sup>3</sup>, aukštis – 15 m, o pagrindinis fasadas orientuotas į pietryčius. Pastatas yra 2018 metų statybos, B energinio naudingumo klasės. Pastatas šiluma aprūpinamas iš miesto centralizuoto šilumos tiekimo tinklų, kurių magistralė nutiesta Oslo gatvės infrastruktūros koridoriuje. Parduotuvė darbo dienomis dirba nuo 8 val. iki 21 val., šeštadienį – nuo 8 val. iki 20 val., o sekmadieniais nuo 9 val. iki 18 val.



2 pav. Parduotuvė „DEPO“ (šaltinis: contestus.lt)

## Tyrimo metodika

Tyrimas pradamas pradinių duomenų ir informacijos rinkimu apie tiriamus objektus, t. y. surenkami ir susisteminti duomenys apie išvalytų nuotekų debitą Vilniaus nuotekų valykloje bei apskaičiuojami „DEPO“ parduotuvės šilumos poreikiai. Įvertinus duomenų patikimumą, apskaičiuojamas šilumos potencialas išvalytuose nuotekose, esant skirtingiems temperatūrų skirtumams. Sekančiame etape atliekami šilumos siurblio skaičiavimai. Toliau sudaromas nagrinėjamos sistemos modelis energyPRO programa ir patikrinama ar parinktas šilumos siurblys užtikrins nagrinėjamo pastato šilumos poreikį, taip pat nustatoma šilumos siurblio veikimo trukmė, elektros energijos poreikis.

Darbe pateikiami susisteminti nuotekų temperatūros ir išvalytų nuotekų debito duomenys pagal UAB „Vilniaus vandenys“ parengtas ataskaitas „Ūkio subjektų technologinių procesų monitoringo ir taršos šaltinių išmetamų/išleidžiamų teršalų monitoringo nenuolatinių matavimų duomenys“ 2020 m. IV ketvirčiui ir 2021 m. I, II, III ketvirčiams.

Norminiai šilumos poreikiai pastatui šildyti apskaičiuojami remiantis 2018-02-28 išduotu pastato energinio naudingumo sertifikatu Nr. PER-0138-01578 (šaltinis <http://www.spsc.lt>). Pastato energijos sąnaudos šildymui yra lygios 9,43 kWh/m<sup>2</sup>/metai. Energijos poreikis patalpų šildymui apskaičiuojamas pagal 1 formulę:

$$Q_{šild} = Q_H \times A_p, \text{ kWh/metai}, \quad (1)$$

čia:  $Q_{šild}$  – šilumos poreikis patalpoms šildyti, kWh/metai;  $Q_H$  – e. sąnaudos šildymui iš pastato energinio naudingumo sertifikato, kWh/m<sup>2</sup>/metai;  $A_p$  – šildomų patalpų plotas, m<sup>2</sup>.

Šilumos poreikis karštam vandeniui ruošti nustatomas pagal pastatų karšto vandens sistemų įrengimo taisyklės (2017, Nr. 1-196). Metiniai šilumos poreikiai karštam vandeniui ruošti apskaičiuoti pagal 2 formulę:

$$Q_{KV} = Q_{lt} \times \left( \frac{365}{7} \right) \times t_{sav}, \text{ kWh/metai}, \quad (2)$$

čia:  $t_{sav}$  – parduotuvės savaitinis darbo laikas, h;  $Q_{lt}$  – šilumos srautas, reikalingas karštam vandeniui ruošti, paros vidutinio karšto vandens naudojimo valandą, kW.

Metiniai šilumos poreikiai vėdinimo sistemai nustatomi pagal 3 formulę:

$$Q_{vėd} = H_{ev} \times \Delta T \times t_{š.sez.} \times 10^{-3}, \text{ kWh/metai}, \quad (3)$$

čia:  $H_{ev}$  – vėdinimo savitieji šilumos nuostoliai, W/K;  $\Delta T$  – vidutinės lauko oro temperatūros šildymo sezono metu ir patalpos oro temperatūros skirtumas, K;  $t_{š.sez.}$  – parduotuvės darbo laikas šildymo sezono laikotarpiu, h.

Šilumos poreikis šildymo sezono metu yra nenutrūkstantis, todėl ir šilumos gamyba turi pastoviai užtikrinti poreikius. Skaičiuojant šilumos energijos potencialą vertintas minimalus nagrinėjamo laikotarpiu nustatytas valandinis nuotekų debitas. Kitas svarbus veiksnys skaičiuojant išvalytų nuotekų energinį potencialą yra nuotekų temperatūros sumažėjimas šilumos siurblyje. Šiame darbe vertinami trys skirtingi atvejai – kai temperatūra sumažėja 2 °C, 3 °C ir 4 °C. Kadangi nuotekos yra išvalomos mechaniškai ir biologiškai, jų fiziniai parametrai (savitoji šiluma, entalpija, tankis ir kt.) parinkti pagal supaprastintas formules vandens termofizinėms savybėms skaičiuoti (Popiel ir Wojtkowiak, 1998). Šilumos energijos potencialas skaičiuojamas pagal 4 formulę.

$$Q_{pot.} = \frac{Q_h \times \rho_n \times c_n \times \Delta T}{3,6} \times 10^{-6}, \text{ MW}, \quad (4)$$

čia:  $Q_{pot.}$  – išvalytų nuotekų šilumos energijos potencialas, MW;  $Q_h$  – minimalus arba vidutinis valandinis debitas, m<sup>3</sup>/h;  $\rho_n$  – nuotekų tankis, kg/m<sup>3</sup>;  $c_n$  – nuotekų savitoji šiluma, kJ/(kg·K);  $\Delta T$  – nuotekų temperatūrų prieš ir po šilumos siurblio skirtumas, K.

Išvalytų nuotekų šilumos potencialo pasisavinimui gali būti naudojamas šilumos siurblys. Darbe analizuojamo šilumos siurblio darbo agentas (refrižerantas) parenkamas R1234ze(E). Šis refrižerantas priskiriamas prie žemo globalinio atšilimo potencialo šaldymo agentų, o jo termodinaminiai parametrai yra analogiški į R134a (Rogoža, Šiupšinkas ir Bielskus, 2021). Skaičiavimuose priimama, kad refrižeranto temperatūra kondensatoriuje 65 °C, o garintuve –5 °C ir nubraižomas šilumos siurblio ciklas refrižeranto R1234ze(E) p-h diagramoje. Principinė šilumos siurblio schema pateikiama 3 pav. Punktyrinė linija schemoje nurodo termodinaminės sistemos ribas.

Šilumos srautas garintuve apskaičiuojamas pagal 5 formulę:

$$Q_g = M_{R1234} \times (h_6 - h_5), \text{ kW}, \quad (5)$$

čia:  $M_{R1234}$  – refrižeranto masinis debitas, kg/s;  $h_6$  – refrižeranto entalpija po garintuvo, kJ/kg;  $h_5$  – refrižeranto entalpija prieš garintuvą, kJ/kg.

Šilumos siurblio kompresoriui reikalinga galia apskaičiuojama pagal 6 formulę:

$$E_{KMi} = M_{R1234} \times e_{KMi}, \text{ kW}, \quad (6)$$

čia:  $M_{R1234}$  – refrižeranto masinis debitas, kg/s;  $e_{KMi}$  – savitasis vidinis kompresoriaus darbas, kJ/kg.

Šilumos siurblio COP gali būti apskaičiuotas pagal 7 formulę:

$$COP = \frac{Q_k}{E_{KMi}}, \quad (7)$$

čia:  $Q_k$  – kondensatoriaus šilumos srautas, kW;  $E_{KMi}$  – kompresoriaus galia, kW.

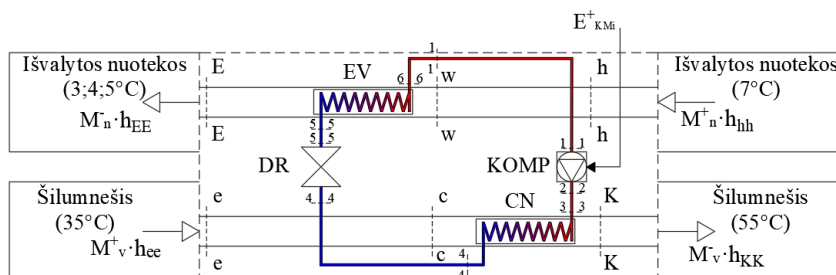
Programoje energyPRO sudaromas nagrinėjamos sistemos modelis. Modelis susidaro iš šilumos siurblio, kurio parametrai apskaičiuojami pagal 5–7 formules, šilumos siurbliui elektrą numatyta tiekti iš elektros tinklų. Šilumos siurblys aprūpina pastatą šilumos poreikiu šildymui, vėdinimui ir karštam vandeniui ruošti.

## Rezultatai

Pastato aprūpinimas šiluma modeliuojamas laikotarpiu nuo 2020 metų rugsėjo 22 d. iki 2021 metų rugsėjo 21 d. Išvalytų nuotekų ir lauko oro temperatūros pokytis bei debitas nagrinėjamame laikotarpyje pateikiamas 4 pav.

Iš viršutinio grafiko matyti, kad išvalytų nuotekų temperatūra nagrinėjamu laikotarpiu svyravo nuo ~3 °C iki ~20 °C. Kadangi pastebimi du žymūs nukrypimai (kai išvalytų nuotekų temperatūra krito iki 3 ir 4 °C) nuo bendros išvalytų nuotekų temperatūros kreivės, priimama, kad šie matavimai buvo atlikti neteisingai. Grafike matoma nuotekų temperatūros ir oro temperatūros priklausomybė – žemėjant lauko oro temperatūrai nukrenta ir išleidžiamų nuotekų temperatūra, tačiau ir esant lauko temperatūrai iki –20 °C nuotekų temperatūra nenukrenta žemiau 7 °C.

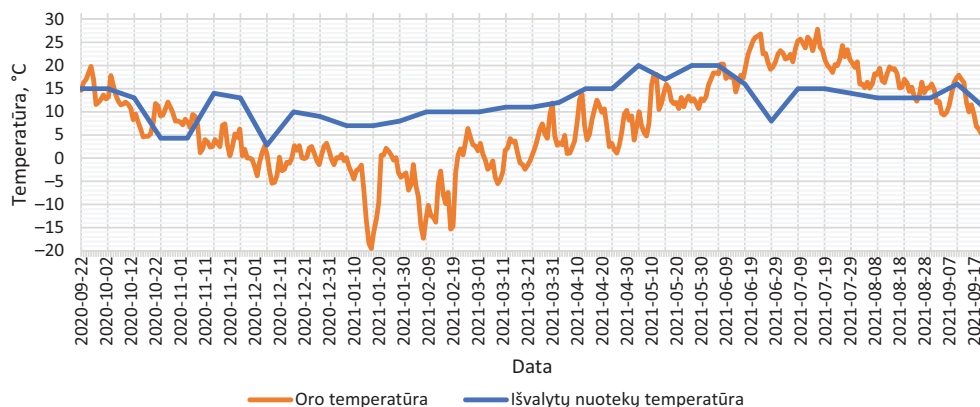
Kaip matome 4 pav. apatiniame grafike, priklauso- mai nuo paros debito svyruoja ir vidutinis bei minimalus valandos išvalytų nuotekų debitas. Pastebimas vienietinis staigus debito prieaugis, kai minimalus valandos debitas



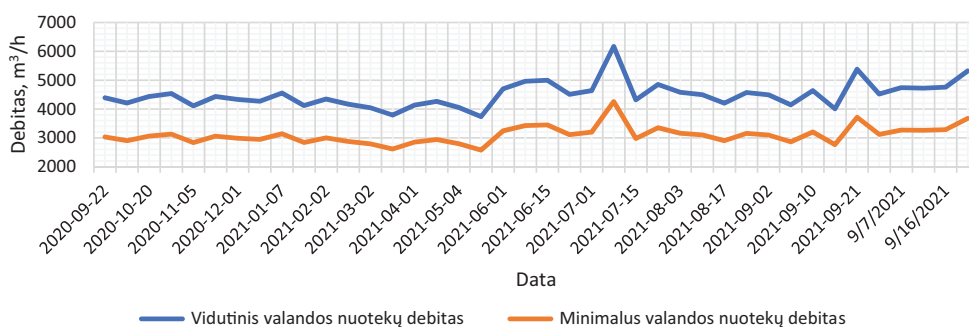
3 pav. Šilumos siurblio principinė skaičiuojamoji schema. Sutartiniai žymėjimai:

EV – garintuvas, KOMP – kompresorius, CN – kondensatorius, DR – droselinis vožtuvas, Mv – vandens tiekiamo į pastatą masinis debitas; Mn – išvalytų nuotekų masinis debitas, h... – entalpija tam tikrame pjūvyje

### Išvalytų nuotekų ir oro temperatūros priklausomybė



### Išvalytų nuotekų valandos debitai



4 pav. Išvalytų nuotekų ir lauko oro temperatūros priklausomybė ir išvalytų nuotekų valandos debitai

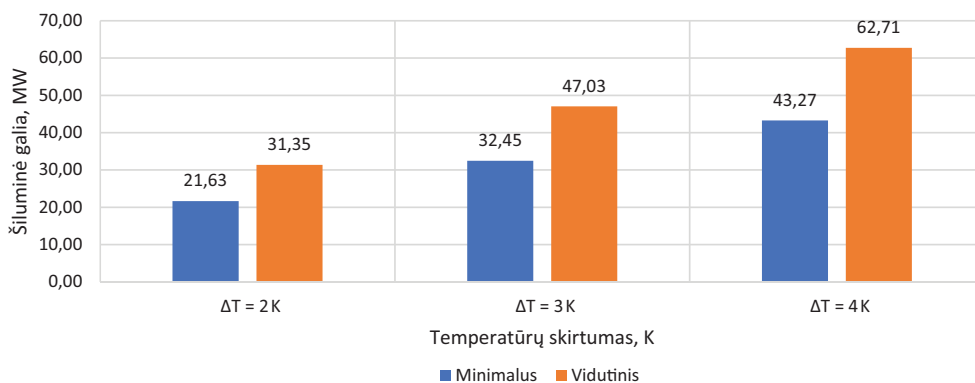
siekia ~4000 m<sup>3</sup>/h. Remiantis šiuo grafiku taip pat pastebima, kad visu nagrinėjamu laikotarpiu minimalus valandos debitas išsilaiko apie 3000 m<sup>3</sup>/h. Mažiausias išvalytų nuotekų debitas, nustatytas kovo 2 d., kai siekė 2577 m<sup>3</sup>/h.

Remiantis šiais duomenimis nustatytas Vilniaus nuotekų valykloje išvalomų nuotekų šiluminis potencialas,

esant skirtingiems temperatūrų skirtumams ir minimaliam bei vidutiniam debitui. Šie rezultatai pateikiami 5 pav.

5 pav. matome, kad didėjant nuotekų temperatūrų skirtumui prieš ir po šilumos atgavimo proceso, proporcingai didėja ir šiluminis nuotekų potencialas. Esant minimaliam valandos nuotekų debitui ~2577 m<sup>3</sup>/h ir  $\Delta T =$

### Nuotekų šiluminis potencialas



5 pav. Nuotekų šiluminio potencialo priklausomybė nuo nuotekų temperatūros sumažėjimo šilumos siurblyje

1 lentelė. Apskaičiuoto šilumos siurblio techniniai parametrai

Šilumos srautas kondensatoriuje, kW	Šilumos srautas garintuve, kW	Kompresoriui reikalinga galia, kW	Refrizeranto debitas, kg/s	Išvalytų nuotekų debitas, kg/s	Šilumnešio (vandens) debitas, kg/s	COP
400,00	259,89	140,11	2,93	15,46	4,79	2,85

2K, šilumos potencialas lygus 21,63 MW, o padidinus temperatūrų skirtumą dvigubai, padvigubėja ir teorinis šiluminis potencialas iki 43,27 MW.

Nustatyti metiniai parduotuvės „DEPO“ šilumos poreikiai:

- Patalpų šildymui – 180 MWh/metus;
- Vėdinimo sistemai – 386 MWh/metus;
- Karštam vandeniui ruošti – 34 MWh/metus.

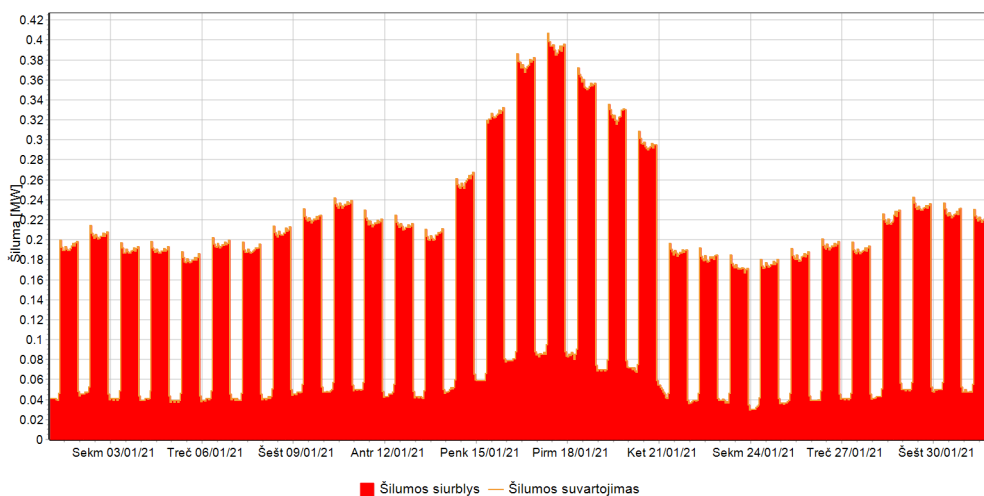
Pastato šilumos galia nustatyta energyPRO programos pagalba, ji yra lygi ~400kW. Remiantis turimais duomenimis, apskaičiuoti šilumos siurblio, kuris galėtų pastatą aprūpinti šilumos energija, parametrai. Tokio šilumos siurblio techniniai parametrai pateikiami 1 lentelėje.

Apskaičiuoto šilumos siurblio šiluminė galia – 400 kW, kompresoriui reikalinga elektros energijos galia – 140,11 kW. Žinant tai, apskaičiuotas tokio šilumos

siurblio naudingumo koeficientas COP, kuris yra lygus 2,85. Šie parametrai suvedami į energyPRO programoje sudaryto modelio šilumos siurblio lentelę ir tikrinami ar tikrai toks šilumos siurblys užtikrins pastato šilumos poreikius. Nustatytas reikalingas išvalytų nuotekų debitas yra lygus 55,66 m<sup>3</sup>/h. Turint omenyje tai, kad apskaičiuotas minimalus valandos nuotekų debitas, pagal išmatuotus dienos parodymas yra lygus 2577 m<sup>3</sup>/h, tai toks išvalytų nuotekų debitas viršija nagrinėjamo pastato poreikį 46 kartus.

EnergyPRO programa sudarytas metinis pastato šilumos gamybos ir vartojimo grafikas, o 6 pav. pateikiamas didžiausio šilumos suvartojimo mėnesio šilumos poreikių ir gamybos grafikas.

Kaip matome iš 6 pav. didžiausias sausio mėnesio šilumos poreikis yra mėnesio viduryje ir siekia



6 pav. Sausio mėnesio šilumos poreikių ir gamybos kreivė

2 lentelė. Mėnesinis energijos transformavimas

	Viso	Sau	Vas	Kov	Bal	Gegužė	Bir	Lie	Rugp	Rug	Spal	Lap	Gruod
Šilumos poreikis [MWh]	599,7	115,8	113,6	88,1	62	11,5	2,8	2,9	2,9	2,8	30,1	71	96,3
Šilumos siurblio šilumos gamyba [MWh]	599,7	115,8	113,6	88,1	62	11,5	2,8	2,9	2,9	2,8	30,1	71	96,3
Šilumos siurblio sunaudota elektra [MWh]	210,4	40,6	39,8	30,9	21,8	4,1	1	1	1	1	10,5	24,9	33,8
Įsijungimai	163	0	0	0	0	26	30	31	31	30	15	0	0
Veikimo valandos	7464	744	672	744	720	536	480	496	496	480	632	720	744
Pilnu apkrovimu veikimo valandos	1503	290	285	221	156	29	7	7	7	7	75	178	241



~400 kW, bendras šilumos poreikis sausio mėnesį siekia ~116 MWh. Šilumos poreikis svyruoja priklausomai nuo lauko oro temperatūros, šildymo vėdinimo sistemų darbo režimo bei karšto vandens vartojimo. 6 pav. taip pat matome, kad visą šilumos poreikį padengia apskaičiuotas šilumos siurblys, kurio visų metų mėnesiniai veikimo duomenys pateikti 2 lentelėje.

Kaip matome iš 2 lentelės, bendras pastato metinis šilumos poreikis lygus ~600 MWh, mėnesinis maksimalus poreikis pastebimas sausį ir yra lygus 115,8 MWh. Mažiausi šilumos poreikiai yra vasaros sezono metu, kuomet šiluma naudojama tik karštam vandeniui ruošti, šis poreikis lygus ~3 MWh. Sprendžiant iš šios suvestinės, bendras šilumos siurblio suvartotas elektros energijos kiekis yra 210,4 MWh. Šilumos siurblio įsijungimų skaičius lygus 0 parodo, kad šildymo sezono metu šilumos siurblys dirba pastoviai, daline arba pilna apkrova. Iš viso per metus šilumos siurblys veikia 7464 valandas, o pilnu apkrovimu veikia apytiksliai 20 proc. šio laiko, t. y. 1503 val.

## Išvados

Atliktas tyrimas, kurio metu buvo vertinama galimybė Vilniaus miesto nuotekų valykloje išvalytas nuotekas panaudoti šilumos atgavimui šilumos siurblyje, ir pagamintą šilumą panaudoti parduotuvės „DEPO“ šilumos poreikiams užtikrinti. Tyrimas leidžia daryti sekančias išvadas:

1. Laikotarpiu nuo 2020 metų rugsėjo 22 d. iki 2021 metų rugsėjo 21 d. Vilniaus miesto nuotekų valykloje išvalytų nuotekų temperatūra siekė 7–20 °C, o minimalus išvalytų nuotekų valandos debitas lygus 2577 m<sup>3</sup>/h. Teorinis išvalytų nuotekų šilumos potencialas lygus 43,27 MW.

2. Nustatytas šilumos siurblio, naudojančio išvalytas nuotekas kaip šilumos šaltinį tiriamo pastato šilumos aprūpinimui, COP lygus 2,85.

3. Atlikus modeliavimą energyPRO kompiuterinės įrangos pagalba, nustatyta, kad 400 kW šiluminės galios šilumos siurblys pilnai aprūpintų pastatą šilumos energija, t. y. šilumos siurblys per metus pagamintų 600 MWh šilumos ir suvartotų 210,4 MWh elektros.

Šis tyrimas sudaro sąlygas atlikti išsamesnę šilumos atgavimo iš išvalytų nuotekų ir panaudojimo pastate sistemos analizę, taip pat ekonominę ir ekologinę vertinimą.

## Literatūra

Cecconet, D., Raček, J., Callegari, A., & Hlavínek, P. (2020). Energy recovery from wastewater: A study on heating and

cooling of a multipurpose building with sewage-reclaimed heat energy. *Sustainability* (Switzerland), 12(1).

<https://doi.org/10.3390/su12010116>

Durđević, D., Balić, D., & Franković, B. (2019). Wastewater heat utilization through heat pumps: The case study of City of Rijeka. *Journal of Cleaner Production*, 231, 207–213.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.235>

energyPRO 4.5. 2019. EMD International A/S [žiūrėta 2022 m. kovo 28 d.]. Prieiga per internetą: <<https://www.emd-international.com/energypro/>>.

Hepbasli, A., Biyik, E., Ekren, O., Gunerhan, H., & Araz, M. (2014). A key review of wastewater source heat pump (WWSHP) systems. *Energy Conversion and Management*, 88, 700–722.

<https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.08.065>

Lietuvos Respublikos Aplinkos ministro įsakymas „Dėl statybos techninio reglamento STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas pavirtinimo“, 2016 m. lapkričio 11 d. Nr. D1-754, Vilnius.

Lietuvos Respublikos Energetikos ministro įsakymas „Dėl pastatų karšto vandens sistemų įrengimo taisyklių pavirtinimo“ 2017 m. liepos 19 d. Nr. 1-196, Vilnius.

Lietuvos Respublikos Aplinkos ministro įsakymas „Dėl statybos techninio reglamento STR 2.09.04:2008 „Pastato šildymo sistemos galia. Šilumos poreikis šildymui patvirtinimo“, 2008 m. gegužės 12 d. Nr. D1-248, Vilnius.

Lietuvos Respublikos Aplinkos ministro įsakymas „Dėl statybos techninio reglamento STR 2.09.02:2005 „Šildymas, vėdinimas ir oro kondicionavimas patvirtinimo“, 2005 m. birželio 9 d. Nr. D1-289, Vilnius.

Rogoža, A., Šiupšinskas, G., & Bielskus, J. (2021). Case analysis of heat pump integration in district heating system. *Mokslas – Lietuvos Ateitis / Science – Future of Lithuania*.

<https://doi.org/10.3846/mla.2021.15272>

Somogyi, V., Sebestyén, V., & Domokos, E. (2018). Assessment of wastewater heat potential for district heating in Hungary. *Energy*, 163, 712–721.

<https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.07.157>

## FEASIBILITY STUDY OF TREATED WASTEWATER HEAT USAGE IN WASTEWATER TREATMENT PLANT

D. Bogdan, K. Čiuprinskas

### Summary

Nowadays, the supply of energy from renewable energy sources is important in the energy sector of every country, so it is necessary to pay attention to alternative sources with thermal potential. The aim of this article is to perform an analysis of the possibilities of using heat from the wastewater treated at the Vilnius wastewater treatment plant. The work determines the temperature and flow fluctuations of the wastewater treated in the treatment plant, the theoretical heat potential. The heat demand of a commercial building is calculated. Based on these data, the parameters of a heat pump using treated wastewater are determined and a system model is created in a energy simulation software and the heat supply of the building is estimated.