

IŠTRAUKIAMOJO PATALPŲ ORO NAUDOJIMO ŠILUMOS SIURBLIUI „ORAS–VANDUO“ GALIMYBIŲ TYRIMAS

Jonas ŽIŽYS*, Violeta MISEVIČIŪTĖ

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Aplinkos inžinerijos fakultetas,
Pastatų energetikos katedra, Saulėtekio al. 11, Vilnius, Lietuva*

**El. paštas: jonas.zizys@stud.vilniustech.lt*

Gauta 2023 m. kovo 6 d.; priimta 2023 m. balandžio 3 d.

Santrauka. Straipsnyje analizuojamos šilumos siurblio „oras–vanduo“ sistemos, įrengtos daugiabučiame ir administraciniame pastatuose, naudojančios iš patalpų ištraukiamą orą. Tiriamasis objektas – Vilniaus daugiabutyje įrengta tokio tipo sistema. Išanalizavus šią sistemą, siekiama ją pritaikyti plačiau – administracinės paskirties pastatui. Šiuo tikslu sudaromi skaitiniai modeliai abiejų pastatų atvejais, taikant „EnergyPRO“ programinę įrangą. Atlikus modeliavimo skaičiavimus, pateikiami energinių rodiklių rezultatai ir įvertinamos įvairių sistemų pritaikymo galimybės.

Reikšminiai žodžiai: šilumos siurblys „oras–vanduo“, iš patalpų ištraukiamas oras, daugiabutis pastatas, administracinis pastatas, COP, „EnergyPRO“.

Įvadas

Šiuolaikiniame pasaulyje didžioji dalis suvartojamo kuro yra iškastinis: nafta, anglys, gamtinės dujos. Tačiau, kaip žinia, Europos Sąjungos politika šiuo klausimu aiški – kuo labiau didinti atsinaujinančios energetikos dalį iš bendro valstybių suvartojamos energijos kiekio. To priežastys yra akivaizdžios: noras mažinti šiltnamio efektą sukeliančių išmetamųjų dujų kiekį deginant iškastinį kurą, taip pat mažinti priklausomybę nuo nestabilios šio kuro rinkos (Europos Parlamentas ir Europos Sąjungos Taryba, 2020). Atsinaujinančios energijos technologijos, pritaikant energijos vartojimo efektyvumo priemones, yra perspektyvus sprendimas kovojant su visuotinio atšilimo padariniais (Januševičius & Streckienė, 2015).

Pastatų komforto lygis gerėja griežtėjant pastatų energiniam naudingumui keliamiems reikalavimams, tačiau tai reikalauja vis daugiau energinių sąnaudų (Byrne et al., 2011). Viena iš gana plačiai naudojamų ir energinius išteklius taupyti leidžiančių atsinaujinančios energijos technologijų yra šilumos siurbliai (toliau – ŠS). Šilumos siurblių sistemos suteikia galimybes išgauti šilumą iš skirtingų šaltinių (oro, vandens, geoterminių gelmių) ir ją panaudoti tiek komerciniuose, tiek gyvenamuosiuose pastatuose. Kaip minėta, esant nestabiliam iškastinio kuro rinkai, būtina taupyti energiją ir pagerinti bendrą jos naudojimo efektyvumą (Correa & Cuevas,

2018). Būtent tokie ir yra šilumos siurbliai – įrenginiai, turintys didelį, apie 50 % siekiantį energijos sutaupymo potencialą (Shen et al., 2017). Negana to, šilumos siurbliai (ŠS) labai pakeičia balansą tarp dujų ir elektros vartojimo (sumažina pirmąjį ir padidina pastarąjį), o tai turi ir didelį poveikį piniginių sąnaudų sumažėjimui už energinius išteklius (Jenkins et al., 2008).

ŠS veikimo efektyvumas itin priklauso nuo lauko oro sąlygų ir šilumos poreikio (Vocale et al., 2014). Būtent čia ir atsiranda didžiausios problemos, naudojant šiuos siurblius Lietuvos klimato sąlygomis: žemos lauko oro temperatūros šaltuoju laikotarpiu labai sumažina našumo koeficiento COP (angl. *Coefficient of Performance*) rodiklį. Pagrindinė priežastis yra ta, kad, esant žemoms temperatūroms, galintis atsirasti šerškšnas mažina šilumos perdavimo efektyvumą garintuvui, dėl to oro srautas gali būti ir iš viso užblokuotas (Vocale et al., 2014).

Darbo tikslas – įvertinti ištraukiamojo patalpų oro naudojimo ŠS „oras–vanduo“ (arba šilumos siurblio) veikimui galimybes.

1. Tyrimo objektai

Siekiant ištirti ištraukiamojo patalpų oro naudojimo šilumos siurbliui „oras–vanduo“ galimybes, pirmiausia nagrinėjama jau reali, įdiegta tokia sistema. Vienas iš nedaugelio žinomų objektų su tokia sistema – daugiabutis

gyvenamasis 16 aukštų namas adresu: Architektų g. 77, Vilniuje. 2012 m. buvo nuspręsta renovuoti daugiabučio pastato karšto vandens cirkuliacijai ruošimo sistemą – prieš tai buvo naudojama šiluma iš centralizuotų šilumos tinklų. 2014 m. užbaigus pastato renovaciją, daugiabučio namo karšto vandens cirkuliacijai ruošti pasirinkta sistema su dviem „oras–vanduo“ šilumos siurbliais, kurių šilumos šaltinis – iš patalpų ištraukiamas oras.

Daugiabučio namo gyvenamosiose patalpose numatyta natūrali oro ištraukimo sistema, šalinant orą iš sanitarinių mazgų ir virtuvės patalpų į techninį aukštą, iš kurio šiltas oras išeina į lauką per bendrą vertikalią vėdinimo šachtą. Bendra oro šalinimo šachta uždengiama lengvosios konstrukcijos perdanga, o oras iš techninio aukšto šalinamas priverstiniu būdu per pačius čia įrengtus du šilumos siurblius. ŠS, reguliuojami ventiliatorių, palaiko norminį ištraukiamojo oro kiekį ir šalinamojo oro šilumą naudoja karšto vandens cirkuliacijai.

Siekiant plačiau pritaikyti nagrinėto daugiabučio pastato technologiją, pasirinktas tipinis administracinis – biuro paskirties pastatas adresu: Spaudos g. 6, Vilnius. Pastatas iš viso yra 11 aukštų antžeminėje dalyje ir 3 aukštų požeminėje dalyje (automobilių stovėjimo vietos). Tai 2019 m. statybos pastatas, kurio energinio naudingumo klasė yra A. Toliau nagrinėjamos inžinerinės sistemos ir galimybės pastatui įdiegti ŠS, kurių šilumos šaltinis būtų iš patalpų ištraukiamas oras.

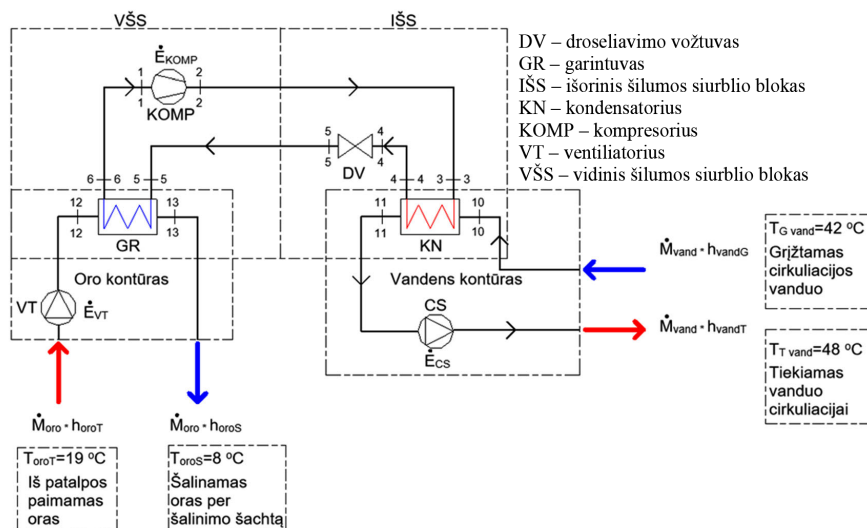
2. Tyrimo metodika

Atliekant tyrimą, skaitiniai sistemos su ŠS „oras–vanduo“ modeliai sudaromi programa „EnergyPRO“. Tai programinė įranga, skirta sudėtingiems energetikos modeliams su kombinuota elektros ir šilumos energijos tiekimo sistema (šildymas, karštas vanduo ir vėsinimas)

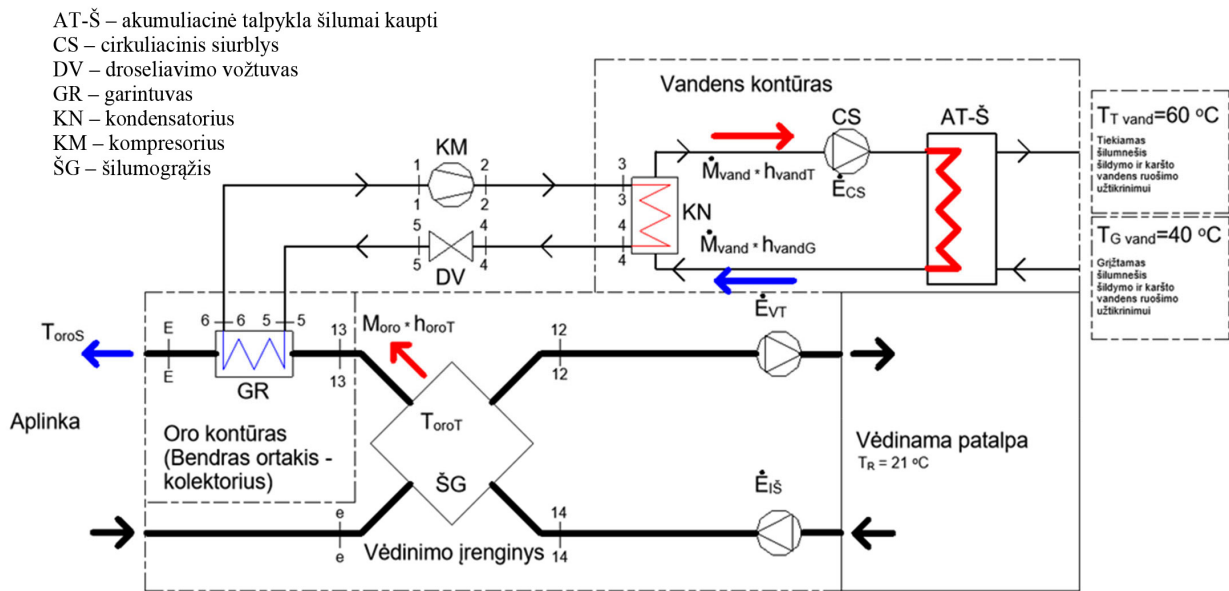
modeliuoti ir analizuoti (EMD International, 2023). Oro šiluma naudojama karšto vandens cirkuliacijai. „EnergyPRO“ programa taip pat gali būti naudojama išsamiai techninei ir finansinei esamų ir naujų energetikos modelių analizei labai patogioje vartotojui aplinkoje, suteikiant vartotojui aiškią projekto apžvalgą. Programinė įranga siūlo daugybę techninių ir ekonominių ataskaitų, įskaitant grafinį modeliuojamo objekto veikimo atvaizdavimą.

Siekiant sudaryti skaitinį modelį (1 pav.) daugiabučiam pastatui, pirmiausia sudaroma modelio schema.

1 paveiksle pateiktoje ŠS principinėje schemoje paveikduoti du kontūrai – oro kontūras ir vandens kontūras. Oro kontūre šilumos mainai tarp oro ir freono vyksta dėl šilumokaičio – garintuvo (GR). Ventiliatoriai (VT) pasiurbia orą į vidinį šilumos siurblio (VŠS) bloką. Numatyta, kad pasiurbiamo oro temperatūra visuomet būtų pastovi – 19 °C, oras natūraliai ištraukiamas iš daugiabučio sanitarinių mazgų ir virtuvių. Orui perėjus garintuvą (atidavus šilumą freonui), į lauką per specialią angą šalinamo oro temperatūra yra 8 °C. Tolimesnėje stadijoje freono garai pereina į kompresorių (KOMP), kuriame yra stipriai suspaudžiami – įkaitinami. Įkaitę freono garai patenka į išorinio šilumos siurblio (IŠS) bloko šilumokaitį – kondensatorių (KN). Jau vandens kontūre, freonui perėjus kondensatorių, šiluma atiduodama šilumnešiu – vandeniui, naudojamam daugiabučio namo karšto vandens cirkuliacijai palaikyti. Grįžtamosios linijos šilumnešio vandens temperatūra lygi 42 °C ir kondensatoriuje ji pakeliama iki 48 °C. Šilumnešio cirkuliaciją palaiko cirkuliacinis siurblys (CS). Iš kondensatoriaus išėjęs freonas pereina per droselinį vožtuvą (DV), kuriame praradęs slėgį atvėsta. Galiausiai freonas sugrįžta į garintuvą ir taip ciklas kartojamas iš naujo.



1 paveikslas. ŠS prijungimo daugiabutyje gyvenamajame name principinė schema



2 paveikslas. ŠS prijungimo administraciniame pastate principinė schema

Sudarant modelį administraciniam pastatui, sudaroma 2 pav. pateikiama schema.

Iš 2 paveikslo matyti, kad ŠS „oras–vanduo“ gamins šiluminę energiją pastatui šildyti ir karštam vandeniui ruošti. Kadangi priverstinio vėdinimo sistemos ištraukiamas oras pirmiausia panaudojamas šilumai atgauti, oras garintuvui naudojamas jau už vėdinimo įrenginio šilumogrąžio (ŠG). Vandens kontūre, kondensatoriuje (KN) šiluminė energija perduodama vandeniui. Kadangi šiluminės energijos poreikiai šildyti yra tik nuo rugsėjo 1 d. iki gegužės 31 d., o karšto vandens ruošimo poreikiai yra visų metų laikotarpiu, tačiau tik maždaug trečdajį paros laiko, tam numatoma naudoti ir akumuliacinę talpyklą šilumai kaupiti (AT-Š). Tariama, kad viršutinė akumuliacinės talpyklos vandens temperatūra bus 60 °C, o apatinė vandens temperatūra 40 °C. Akumuliacinės talpyklos sukaupta šiluma, kaip minėta, naudojama karštam vandeniui ruošti ir patalpoms šildyti.

„EnergyPRO“ programa sudaryti modeliai skaičiuojami remiantis toliau pateikiamomis (1–4) formulėmis.

Garintuvo vėsinimo galia:

$$\dot{Q}_{GR} = \dot{M}_{R410a} \cdot (h_6 - h_5), \text{ kW}, \quad (1)$$

čia \dot{M}_{R410a} – freono R410a srautas, kg/s; h_6 – freono entalpija už garintuvo, kJ/kg; h_5 – freono entalpija prieš garintuvą, kJ/kg.

Kondensatoriaus šildymo galia:

$$\dot{Q}_{KN} = \dot{M}_{R410a} \cdot (h_4 - h_3), \text{ kW}, \quad (2)$$

čia \dot{M}_{R410a} – freono R410a srautas, kg/s; h_4 – freono entalpija už kondensatoriaus, kJ/kg; h_3 – freono entalpija prieš kondensatorių, kJ/kg.

Kompresoriaus elektrinė galia:

$$\dot{E}_K = \dot{M}_{R410a} \cdot e_{KMib} \text{ kW}, \quad (3)$$

čia \dot{M}_{R410a} – freono R410a srautas, kg/s; e_{KMib} – savitasis vidinis kompresoriaus darbas, kJ/kg.

Šilumos siurblio efektyvumas:

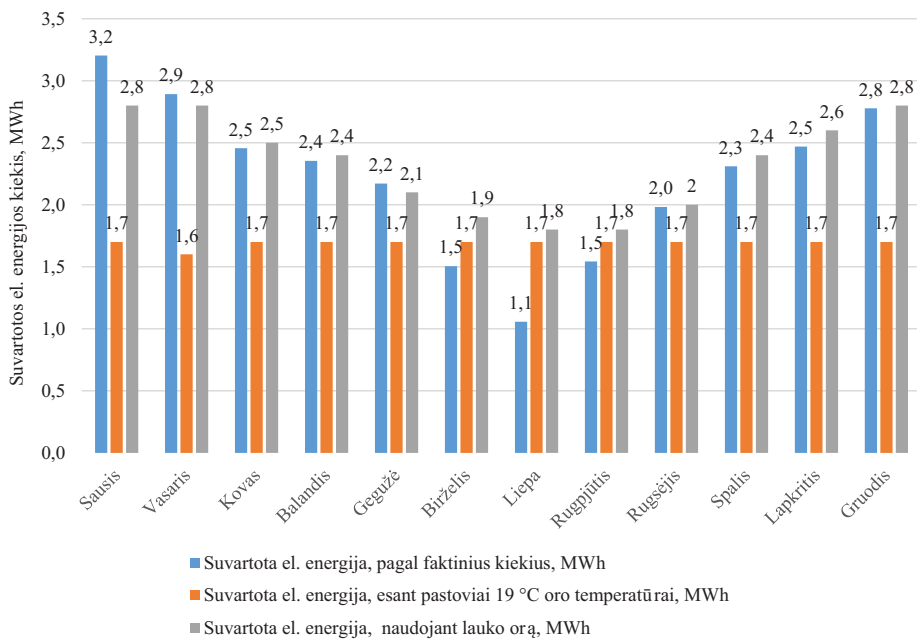
$$\varepsilon_{\dot{Q}_{KN}} = \frac{\dot{Q}_{KN}}{\dot{E}_K}, \text{ kW}, \quad (4)$$

čia \dot{Q}_{KN} – kondensatoriaus šildymo galia, kW; \dot{E}_K – kompresoriaus elektrinė galia, kW.

3. Tyrimo rezultatai

Daugiabučiam namui su ŠS „oras–vanduo“ iš viso buvo sukurti du modeliai: modelis, kai šilumai atgauti naudojamas pastovios temperatūros ištraukiamas iš patalpų oras, bei modelis, kai šilumos siurblys naudoja lauko orą. Šie rezultatai palyginti su realiais daugiabučio suvartotos elektros energijos kiekiais (3 pav.).

Iš 3 paveikslo matyti, kad, palyginus modeliavimo rezultatus su faktiškai suvartotais kiekiais, mažiausias yra elektros energijos kiekis, reikalingas ŠS veikti visų metų laikotarpiu, kai naudojamas pastovios temperatūros 19 °C oras. Šiuo atveju reikalingas metinis elektros energijos kiekis lygus 20,3 MWh. Galima pastebėti, kad tiek mėnesių, tiek metiniai elektros energijos kiekiai gana panašūs, jeigu lygintume faktiškai suvartotą energijos kiekį, kuris lygus 26,7 MWh, gautą naudojant lauko orą, kuris lygus 27,9 MWh. Nors gaunami mažesni elektros energijos sąnaudų rezultatai, naudojant ištraukiamą iš patalpų orą, jie yra vis dėlto nedideli. To priežastis – realiai eksploatuojama įranga jau naudojama 9 metus.



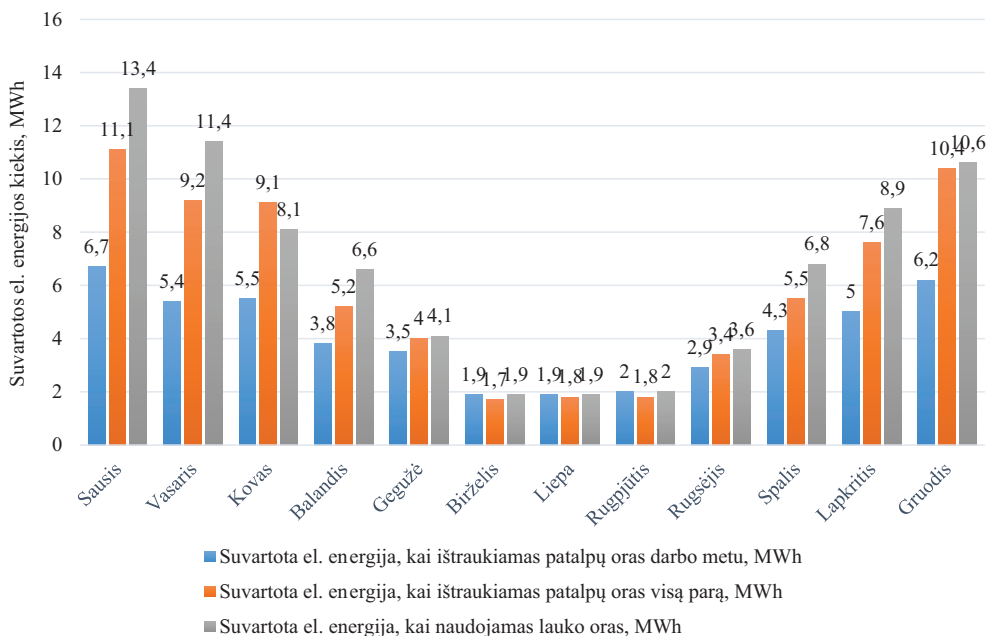
3 paveikslas. Daugiabučio ŠS elektros energijos rezultatų palyginimas

Administraciniam pastatui buvo sudaryti trys modeliai:

1. Modelis, kai šilumai atgauti naudojamas ištraukiamas iš patalpų oras (perėjęs per vėdinimo įrenginio šilumogrąžį) ir veikia tik pastato naudojimo metu (nuo 08:00 iki 18:00 val.).
2. Identiškas modelis kaip ir aprašytas anksčiau, tačiau sistema veikia visą parą, visas savaitės dienas.
3. Modelis, kai sistema veikia visą laiką, tačiau šilumos šaltinis yra lauko oras.

Modeliavimo rezultatai pateikiami 4 paveiksle.

Iš 4 paveikslo matyti, jeigu šilumos siurblys veikia tik biuro darbo metu, elektros sąnaudos yra arba lygios 49,1 MWh. Tačiau labai svarbus aspektas tas, kad šiuo atveju neužtikrinami visų mėnesių pastato šilumos poreikiai ir būtina įvertinti papildomo šilumos šaltinio šilumos poreikius. Kai ŠS veikia visą parą, 7 dienas per savaitę, naudojant iš patalpų ištraukiamą orą, elektros sąnaudos yra ar lygios 70,8 MWh. Elektros energijos sąnaudos, kai garintuvo šilumos šaltinis yra lauko oras,



4 paveikslas. Biuro ŠS elektros energijos rezultatų palyginimas

lygios 79,3 MWh. Abiem šiais atvejais užtikrinami pastato mėnesio šilumos poreikiai, bet antruoju atveju elektros poreikiai yra 12 % didesni.

Išvados

1. Nustatyta, kad daugiabučio namo ŠS sistemai mažiausiai elektros karšto vandens ruošimo cirkuliacijai reikia tuomet, kai ištraukiamo iš patalpų oro temperatūra yra pastovi ir lygi 19 °C. Šiuo atveju metiniai elektros energijos poreikiai lygūs 20,3 MWh, kurie mažesni 23 %, nei naudojant lauko orą.
2. Kai administracinio pastato ŠS veikia tik biuro darbo metu, elektros sąnaudos yra 49,1 MWh, tačiau neužtikrinami pastato mėnesio šilumos poreikiai ir būtina papildomai įvertinti šiluminės energijos šaltinį.
3. Kai administracinio pastato ŠS veikia visą parą, 7 dienas per savaitę ir naudoja iš patalpų ištraukiamą orą, užtikrinami visi mėnesio šilumos poreikiai.

Literatūra

- Byrne, P., Miriel, J., & Lenat, Y. (2011). Experimental study of an air-source heat pump for simultaneous heating and cooling – Part 2: Dynamic behaviour and two-phase thermosiphon defrosting technique. *Applied Energy*, 88(9), 3072–3078. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.03.002>
- Correa, F., & Cuevas, C. (2018). Air-water heat pump modeling for residential heating and domestic hot water in Chile. *Applied Thermal Engineering*, 143, 594–606. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2018.07.130>
- EMD International. (2023). *EnergyPRO software*. <https://www.emd-international.com/energypro/>
- Europos Parlamentas ir Europos Sąjungos Taryba. (2020). *2018 m. gruodžio 11 d. Europos Parlamento ir Tarybos direk-*

tyva (ES) 2018/2001 dėl skatinimo naudoti atsinaujinančiųjų išteklių energiją (nauja redakcija).

- Januševičius, K., & Streckienė, G. (2015). Analysis of air-to-water heat pump in cold climate: comparison between experiment and simulation. *Mokslas – Lietuvos Ateitis / Science – Future of Lithuania*, 7(4), 468–474. <https://doi.org/10.3846/mla.2015.823>
- Jenkins, D., Tucker, R., Ahadzi, M., & Rawlings, R. (2008). The performance of air-source heat pumps in current and future offices. *Energy and Buildings*, 40(10), 1901–1910. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2008.04.015>
- Shen, B., New, J., & Baxter, V. (2017). Air source integrated heat pump simulation model for EnergyPlus. *Energy and Buildings*, 156, 197–206. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.09.064>
- Vocale, P., Morini, G. L., & Spiga, M. (2014). Influence of outdoor air conditions on the air source heat pumps performance. *Energy Procedia*, 45, 653–662. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.01.070>

INVESTIGATION OF THE POSSIBILITIES OF USING AIR REMOVED FROM THE PREMISES FOR AN AIR-WATER HEAT PUMP

J. ŽIŽYS, V. MISEVIČIŪTĖ

Abstract. The article analyzes air-water heat pump systems in multi-apartment residential and administrative buildings, the heat source of which is air extracted from the premises. An existing real system installed in an apartment building in Vilnius is reviewed. After analyzing this system, the aim is to apply it more broadly – to an administrative building. For this purpose, numerical models for both buildings are created using “EnergyPRO” software. After the simulation calculations, the results of the energy indicators are presented, and the application possibilities of various systems are evaluated.

Keywords: office building, COP, apartment building, EnergyPRO, air extracted from the premises, air-water heat pump.