24-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminė konferencija
Proceedings of the 24 th Conference for Junior Researchers „Science – Future of Lithuania“

PASTATŲ ENERGETIKA / BUILDING ENERGETICS

2021 m. gegužės 11 d. Vilnius
11 May 2021, Vilnius, Lithuania
http://jmk.pinzs.vgtu.lt

ISSN 2029-7157
eISSN 2029-7149
ISBN 978-609-476-259-8
eISBN 978-609-476-258-1

https://doi.org/10.3846/pinzs.2021.08

TREČIOS IR KETVIRTOS KARTOS ŠILUMOS TIEKIMO TINKLŲ ANALIZĖ GYVAVIMO CIKLO POŽIŪRIU

Vladislav Šarko[1], Artur Rogoža[2]
[1]magistrantas, [2]docentas
Vilniaus Gedimino technikos universitetas,
el. p. [1]vladislav.sarko@stud.vgtu.lt; [2]artur.rogoza@vilniustech.lt

Anotacija. Centralizuoto šilumos tiekimo (CŠT) tinklai yra svarbi šilumos tiekimo sistemos dalis techniniu ir organizaciniu aspektais. Modernizavus CŠT sistemas iki beveik nulinių CO_2 emisijų, galima svariai prisidėti prie klimato kaitos mažinimo. Darbe analizuojamas modernizuotų daugiabučių pastatų kvartale esantis trečios kartos CŠT tinklas. Modernizuotų daugiabučių kvartalą šiluma aprūpinančioje katilinėje deginamas iškastinis kuras – gamtinės dujos. Darbe, taikant gyvavimo ciklo analizės metodą, nagrinėjama esama trečios kartos CŠT sistema ir sumodeliuota ketvirtos kartos CŠT sistema. Lyginant sistemas buvo vertinami projektiniai šilumos nuostolių srautai ir tinklų statybai sunaudotų medžiagų kiekiai. Atliekant gyvavimo ciklo analizę, kiekvienoje fazėje nustatyti išmetamų teršalų kiekiai ir pirminės energijos poreikiai gamybai, eksploatacijai, transportavimui bei sunaikinimui.

Reikšminiai žodžiai: centralizuotas šilumos tiekimas, modernizavimas, ketvirtos kartos CŠT, gyvavimo ciklo analizė, CO_2 emisijos.

Įvadas

Visuotinis atšilimas ir klimato kaitos problemos tampa vis aktualesnės, todėl svarbu yra diegti mažai anglies dioksido į aplinką išskiriančias technologijas. Centralizuoto šilumos tiekimo (CŠT) sistemos gali padidinti pastatų šildymo efektyvumą rajonuose ir savivaldybėse, naudojant efektyvesnes šilumos gamybos ir išmetamųjų teršalų mažinimo technologijas (Soltero et al., 2018). Siekiant patenkinti energijos poreikio augimą, reikia taikyti technologijas, kurios efektyviai paskirstytų energiją. Centralizuoto šilumos tiekimo sistemos yra laikomos vienos efektyviausių priemonių tvariam šiluminės energijos paskirstymui, ypač kai šilumos gamybos įranga yra efektyvi ir mažai teršianti aplinką (taikant išmetamųjų teršalų mažinimo priemones). Tuo tarpukai šilumai gaminti yra naudojami atsinaujinantys energijos šaltiniai (ypač biomasė, saulės ir geoterminė energija), pastebimai yra sumažinamas šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetamas kiekis.

Europoje CŠT sistemos aprūpina šiluma apie 60 milijonų ES piliečių, o 140 milijonų žmonių gyvena miestuose, kuriuose yra bent viena tokia sistema. Pagal „Heat Roadmap Europe” (Connolly et al., 2014; Euroheat & Power, 2018; Möller et al., 2018) duomenis, jei urbanizacijos tendencija tęsis ir bus įgyvendintos tinkamos investicijos, iki 2050 m. CŠT sistemos galėtų padengti beveik pusę Europos šilumos poreikio. „Heat Road Europe” projekto rezultatai rodo, kad ateityje CŠT sistemos gali keturis kartus padidinti savo tiekiamos šilumos dalį visoje Europoje – nuo 13 % iki beveik 50% (Euroheat & Power, 2018).

Nuolat ieškoma būdų kaip padidinti CŠT sistemų efektyvumą, sumažinti šilumos paskirstymo nuostolius ir optimizuoti šilumos tiekimo valdymą. Skirtingas CŠT sistemų kartas galima klasifikuoti pagal jų veikimo temperatūrą, kai darbinė temperatūra yra mažinama, siekiant minimizuoti šilumos nuostolius tinkluose (Ziemele et al., 2017, 2016).

Šiuolaikinės CŠT sistemos koncepcija, siekiant aprūpinti šiluma vartotojus, yra šilumos tiekimas iš vieno ar kelių šilumos šaltinių vamzdynais, kuriais cirkuliuoja šilumnešis (karštas vanduo arba vandens garas). Centralizuoti šilumos tinklai yra svarbi šilumos tiekimo dalis techniniu ir organizaciniu aspektais. Siekiant pagerinti bendrą energijos vartojimo efektyvumą, galima integruoti atsinaujinančios energijos technologijas į CŠT sistemas, kurias galima modernizuoti taip, kad jos būtų efektyvios ir jose būtų beveik nulinės CO_2 dujų emisijos, o tai labai

© 2021 Vladislav Šarko, Artur Rogoža. Leidėjas Vilniaus Gedimino technikos universitetas. Šis straipsnis yra atvirosios prieigos straipsnis, turintis Kūrybinių bendrijų (Creative Commons) licenciją (CC BY 4.0), kuri leidžia neribotą straipsnio ar jo dalių panaudą su privaloma sąlyga nurodyti autorių ir pirminį šaltinį.

aktualu mažinant klimato kaitą. Pagal ES energijos vartojimo efektyvumo didinimo direktyvą (Direktyva 2012/27/ES), efektyvia CŠT sistema laikoma tokia, kurioje naudojama bent 50 % atsinaujinančios energijos išteklių. Deja, bet daugelis CŠT sistemų operatorių dar neišnaudojo realių galimybių sumažinti CO_2 dujų emisijas, kurias pasiekė tokios šalys kaip Islandija, Švedija (Werner, 2017). Siekiant panaudoti atsinaujinačių energijos šaltinių integravimą į CŠT sektorių, reikia gana nemažai senų CŠT sistemų technologiškai kompleksiškai modernizuoti ar atnaujinti. Šis procesas apima šilumos vartojimo mažinimą (namų modernizavimas), šilumos paskirstymo nuostolių mažinimą (šilumnešio nuotėkio mažinimas, vamzdyno optimizavimas, temperatūros žeminimas) ir šilumos gamybos optimizavimą (šilumos šaltinių diversifikacija). Be to, esamose CŠT sistemose dažnai reikia tobulinti ir netechnologinius aspektus. Dėl šios priežasties CŠT sistemų efektyvumo didinimo procesas yra kompleksiškas ir sudėtingas. Tam reikia skirti nemažai laiko ir lėšų.

Kai kurios CŠT sistemos dažnai yra prastai techniškai prižiūrimos. Daugelis CŠT sistemų vis dar gali pagerinti efektyvumą ir sumažinti iškastinio kuro naudojimą. Šio darbo tikslas yra atlikti esamos 3 kartos CŠT sistemos ir sumodeliuotos 4 kartos CŠT sistemų analizę, remiantis gyvavimo ciklo analizės rezultatais.

Trečios ir ketvirtos kartos CŠT apibūdinimas

Trečioji CŠT karta atsirado prėjusio šimtmečio aštuntajame dešimtmetyje (Eric & Vad, 2018). Trečioji karta dar vadinama „Skandinavijos CŠT technologija", nes daugelis CŠT sistemų komponentų gamintojų yra įsikūrę Skandinavijoje. Trečioji karta naudoja iš anksto izoliuotus vamzdžius, kad būtų juos lengviau įrengti ir sumažinti įrengimo bei keitimo išlaidas. Vamzdžiai yra tiesiogiai užkasti grunte ir gali veikti žemesnėje temperatūroje (paprastai žemiau 100°C). Pagrindinis šių sistemų kūrimo stimulas buvo tiekimo saugumas gerinant energijos vartojimo efektyvumą po dviejų naftos krizių, dėl kurių buvo sutrikęs naftos tiekimas. Tokios sistemos dažniausiai naudojo anglį, gamtines dujas, biomasę ir buitines atliekas kaip energijos šaltinius. Kai kuriose sistemose energijos išteklių derinyje naudojama ir geoterminė bei saulės energija (Lund et al., 2014). Pavyzdžiui, Paryžius nuo 1970 m. namų šildymui, kaip vieną iš išteklių, naudoja geoterminę energiją iš 55–70°C temperatūros šaltinio, esančio 1–2 km gilyje nuo paviršiaus.

Ketvirtoji CŠT karta atsirado maždaug XXI a. pradžioje ir šiuo metu yra diegiama, t. y. 2020–2050 m. (Eric & Vad, 2018). Ketvirtoji karta yra nukreipta į kovą su klimato kaita, kai į CŠT sistemą integruojama didelė kintamos atsinaujinančios energijos dalis (Lake et al., 2017), užtikrinant lankstumą elektros energijos sistemai. Pavyzdžiui, Danijoje 2016 m. buvo diegiama 4-oji CŠT sistemų karta (Yang et al., 2016b).

Remiantis Lund et al. (2014) apžvalga, šios kartos sistemos turi atitikti šiuos požymius:

- Galimybė tiekti žemos temperatūros termofikacinį vandenį patalpų šildymui ir karštam vandeniui ruošti esamiems ir naujiems mažai energijos naudojantiems pastatams.
- Galimybė paskirstyti šilumą tinkluose su minimaliais nuostoliais.
- Galimybė panaudoti šilumą iš žemos temperatūros šaltinių ir integruoti atsinaujinančios šilumos šaltinius, pvz., saulės ir geoterminę šilumą.
- Galimybė integruoti dalį pažangiųjų energijos sistemų (t. y. integruoti pažangūs elektros, dujų, vandens ir šilumos tinklai).
- Galimybė užtikrinti sisteminį planavimą, sąnaudų optimizavimą ir vartotojų ir tiekėjų motyvacines priemones, taip pat strategines investicijas, susijusias su perėjimu į tvarias energetikos sistemas.

Lyginant su ankstesnėmis CŠT sistemų kartomis, 4 kartos CŠT sistemų šilumnešio temperatūros yra sumažinamos iki 70°C ir žemiau, siekiant, kad būtų padidintas sistemos energijos tiekimo efektyvumas. Potencialūs šilumos ištekliai yra atliekinė šiluma, kogeneracinės ir biomasės jėgainės, geoterminės ir saulės šilumos sistemos, didelės galios šilumos siurbliai, perteklinė šiluma iš vėsinimo (pvz., duomenų centrų aklimatizacija) ir kiti energijos šaltiniai. Šių energijos šaltinių ir šiluminių akumuliacinių talpų (ŠAT), įskaitant sezonines ŠAT, tikslas yra suteikti lankstumo vėjo ir saulės energijos gamybai. Pavyzdžiui, šilumos siurbliai gali būti naudojami šilumos gamybai, kai yra vėjo energijos perteklius. Todėl didelės galios šilumos siurbliai laikomi pagrindine technologija, skirta pažangioms energijos sistemoms, turinčioms didelę atsinaujinančios energijos dalį (iki 100 %). Žemos temperatūros CŠT sistemų iššūkis yra užtikrinti minimalią karšto buitinio vandens temperatūrą, kad būtų išvengta *Legionella* bakterijų atsiradimo (Yang et al., 2016a), galinčių keletą valandų išgyventi esant kiek aukštesnei nei 50°C temperatūrai.

Atsižvelgiant į karšto vandens talpų dydį ir higienos reikalavimus, gali tekti nuolat arba bent laikinai palaikyti karšto vandens temperatūrą 60 °C. Tai reikalauja šiek tiek

didesnės paduodamos temperatūros šilumos šaltinyje. Vis dėlto, yra galimų sprendimų, kad būtų užtikrintas 60 °C temperatūros karšto vandens tiekimas, net, jei CŠT tinklo paduodamo srauto temperatūra yra žemesnė.

Siekiant padidinti esamos 3 kartos CŠT sistemos energijos tiekimo efektyvumą, šiame tyrime buvo atliktas esamos 3 kartos CŠT ir sumodeliuotos 4 kartos CŠT sistemų palyginimas.

Tyrimo metodika

Tyrimui pasirinktas modernizuotų daugiabučių pastatų kvartalas, esantis Buivydiškių k., Zujūnų sen., Vilniaus rajone. Modernizuotame daugiabučių pastatų kvartale yra įdiegta trečios kartos CŠT sistema, kuri yra keičiama modeliuojant į ketvirtos kartos CŠT sistemą.

Tiriamo objekto CŠT tinklo vamzdynų ilgis – 1182,9 m (pagal planą), vamzdynų skersmenys (be izoliacinio sluoksnio) magistraliniuose ruožose svyruoja nuo 50 iki 150 mm, o atšakose nuo 25 iki 80 mm, metinis kvartalo vartotojų šilumos poreikis – 29,100 MWh, tiekiamo šilumnešio temperatūra yra 80 °C, o grįžtamo – 65°C, šilumnešio slėgiai atitinkamai – 5,0 bar ir 2,5 bar. Katilinėje yra įrengti du dujiniai katilai, kuriems dujos tiekiamos iš miesto dujų skirstymo tinklo. Jų bendra galia yra 4,86 MW.

Kvartalą sudaro 15 pastatų, kurių bendras šildomas plotas yra 30542 m^2. Tai yra daugiabučiai gyvenamieji namai ir mokykla. Šilumos tinklų modernizavimas buvo įvykdytas 2012 m. (antros kartos CŠT tinklai pakeisti į mažiau nuostolių turinčius trečios kartos tinklus – pramoniniu būdu izoliuotus vamzdžius paklotus bekanaliu būdu).

Pastatų aukštingumas svyruoja nuo 2 iki 5 aukštų. Pastatų statybos metai 1964–1980 m. m. Visų pastatų modernizavimas vyko 2013–2019 m. Pastatų energinis naudingumas pagerintas nuo E iki B klasės.

Tyrimui naudojamas metodas: gyvavimo ciklo analizė. Gyvavimo ciklo analizė (GCA) (angl. *life cycle assesment*) – yra labai populiari analizė, skirta įvertinti galimas aplinkos apkrovas ir išteklius, sunaudotus kiekviename produkto ar paslaugos tiekimo grandinės etape. Nors šios analizės naudojimas daugiausiai susijęs su gaminių poveikio aplinkai įvertinimu, tačiau yra įvertinamas visas produkto gyvavimo ciklas – nuo atsiradimo iki sunaikinimo. Gyvavimo ciko analizės metu yra vertinamos keturios pagrindinės fazės: gamyba, eksploatavimas, transportavimas, sunaikinimas-perdirbimas. GCA yra svarbi priemonė atliekant sprendimų priėmimą. Ji naudojama aplinkosauginiame kontekste siekiant nustatyti alternatyvas, turinčias mažesnį neigiamą poveikį aplinkai. Jos holistinis požiūris, apimantis paslaugos ar produkto gyvavimo ciklą, sumažina riziką, kad bus vykdoma veikla, daranti didelį neigiamą poveikį aplinkai. Vis dėl to, priimami sprendimai turėtų suderinti GCA teikiamą informaciją apie aplinką su technologiniais, socialiniais ir ekonominiais aspektais.

Darbo tikslui pasiekti naudojami kompiuterinio modeliavimo įrankis: „SimaPro 7.3.0“. Reikalingų duomenų surinkimui panaudota specializuotos kompiuterinės programos „SimaPro 7.3.0“ duomenų bazė Ecoinvent.

Tyrime nagrinėjamos visos CŠT tinklo konstrukcinės dalys. Skaičiuojamos visos sudedamosios dalys, t. y. visi elementai ir medžiagos, kurių svoris yra nustatytas pagal gamintojų technines specifikacijas. Nagrinėtos medžiagų gamybos, eksploatacijos, transportavimo bei sunaikinimo fazės. Gyvavimo fazių nagrinėjimo metu, kiekvienai medžiagai tenkantis išmetamų į aplinką teršalų bei pirminės energijos kiekis gaunamas iš „SimaPro“ programos. Eksploatacijos metu numatomi periodiniai elementų keitimai. Sunaikinimo fazėje vertinama kiekviena medžiaga – nustatoma, ką su ja numatoma daryti, t. y. kaip sunaikinti ar perdirbti, ir tokiu būdu sutaupyti pirminės energijos poreikį bei sumažinti išmetamų teršalų kiekį.

Tyrimo metu nustatomas sistemos poveikis aplinkai gamybos, eksploatavimo, transportavimo ir sunaikinimo fazėse, atsižvelgiant į šiuos kriterijus, pagal GCA metodiką:

- pirminės neatsinaujinančios energijos suvartojimas, MJ;
- ozono sluoksnio ardymas, kg CFC-11 dujų;
- vandens rūgštėjimas, kg SO_2;
- vandens telkinių eutrofikacija, kg PO_4;
- visuotinis atšilimas; kg CO_2.

CŠT sistemų analizei buvo sukurti du modeliai:

- Esama 3-ios kartos CŠT sistema po pastatų modernizavimo (iki B klasės);
- Ketvirtos kartos CŠT sistema su modernizuotų pastatų kvartalu (B klasė).

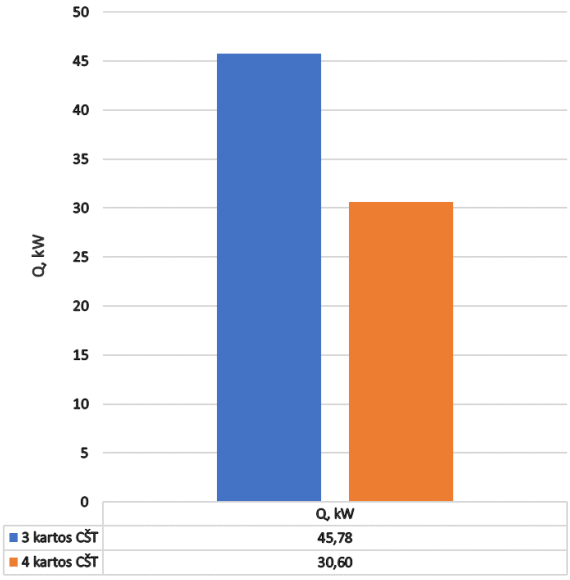
Pirmo modelio apibūdinimas. Esamas 3-ios kartos CŠT tinklas ir modernizuoti pastatai (iki B klasės). Šilumnešio temperatūra T_1 = 80 °C, T_2 = 65 °C. Tinklus sudaro iš anksto izoliuoti vamzdžiai, pakloti bekanaliu būdu.

Antro modelio apibūdinimas. modeliuojamas 4-tos kartos CŠT tinklas ir modernizuotų pastatų (iki B klasės) kvartalas. Esami CŠT tinklai modernizuoti iki 4-tos kartos CŠT tinklų, atsižvelgiant į modernizuotų pastatų šilumos poreikius. Šilumnešio temperatūra yra T_1 = 70 °C, T_2 = 55 °C. Tinklus sudaro iš anksto izoliuoti mažesnių skersmenų (lyginant su 3-ios kartos tinklais)

vamzdžiai pakloti bekanaliu būdu. Šilumos šaltinis nekeičiamas.

Rezultatai

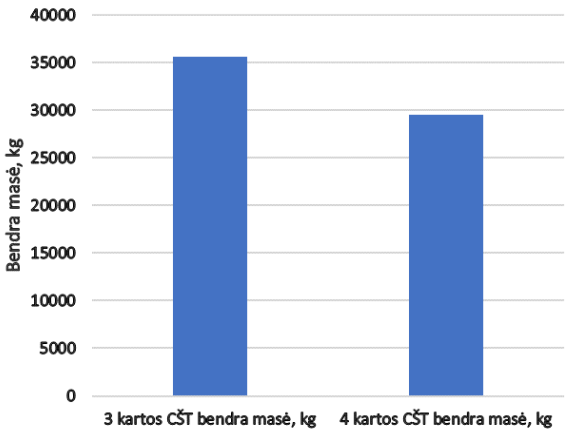
CŠT tinklams buvo atlikti hidrauliniai ir šilumos nuostolių skaičiavimai. Rezultatai yra pateikti 1 pav.



1 pav. Esamos 3-ios kartos ir modeliuojamos 4-tos kartos CŠT tinklų projektiniai šilumos nuostolių srautai

Nustatyta, kad pereinant iš 3-ios kartos CŠT tinklų prie 4-tos kartos CŠT tinklų, šilumos nuostolių srautas šilumos tinkluose sumažėja. sumažėja 24%.

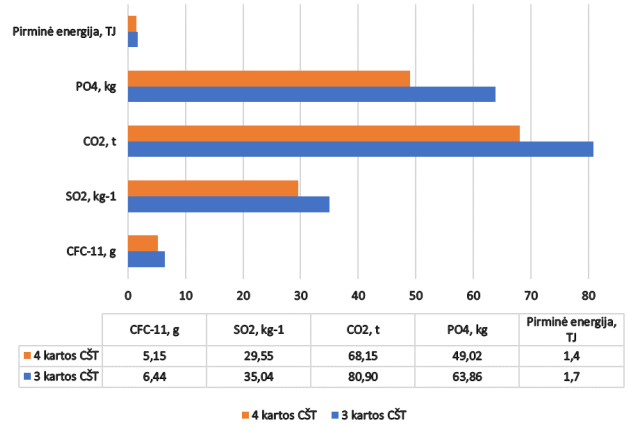
Atliekant inventorizacinę analizę, CŠT sistema buvo suskaidyta į elementus, kurie susmulkinti į medžiagas, nustatant jų svorius gamybos metu. Inventorizacinės analizės rezultatai pateikti 2 pav.



2 pav. 3-ios ir 4-tos kartų CŠT tinklų inventorizacinės analizės suminis medžiagų kiekis

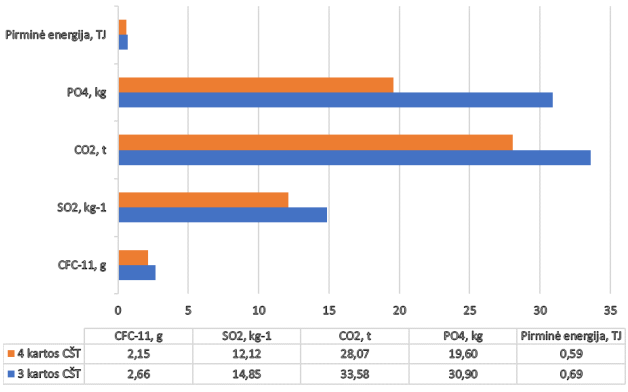
Iš gautų inventorinės analizės rezultatų nustatyta, kad didžiausią visos CŠT sistemos svorio dalį sudaro vamzdynai, t. y. 3-ios kartos CŠT tinklų – 29,2 tonų, o 4-tos kartos – 23,4 tonų. Lyginant su kitais CŠT sistemos elementais, vamzdynai yra 6 kartus sunkesni. Pereinant prie 4-tos kartos CŠT tinklų, suminis medžiagų kiekis sumažėja 17 %.

Kiekvienoje gyvavimo ciklo analizės fazėje buvo analizuojamos ir lyginamos esama trečios ir sumodeliuota ketvirtos CŠT sistemos.



3 pav. Esamos 3-ios kartos ir sumodeliuotos 4-tos kartos CŠT palyginimas gamybos fazėje

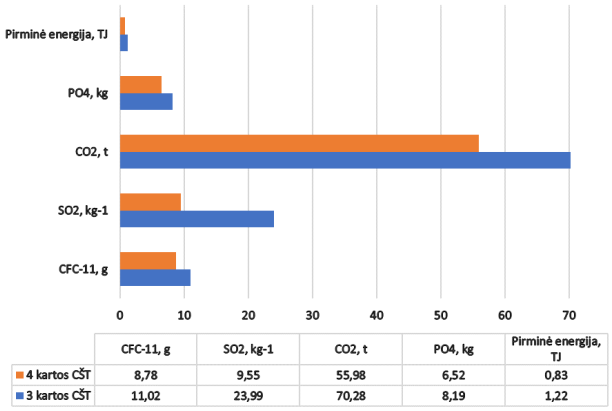
3 pav. yra pateiktas esamos 3-ios kartos CŠT ir sumodeliuotos 4-tos kartos CŠT tinklų palyginimas gamybos fazėje. Esamų 3-ios kartos CŠT tinklų gamybai sunaudota 1,2 karto daugiau pirminės energijos negu sumodeliuotų 4-tos kartos CŠT tinklų gamybai.



4 pav. Esamos 3-ios kartos ir sumodeliuotos 4-tos kartos CŠT palyginimas eksploatavimo fazėje

4 pav. yra pateiktas esamos 3-ios kartos CŠT ir sumodeliuotos 4-tos kartos CŠT tinklų palyginimas eksplo-

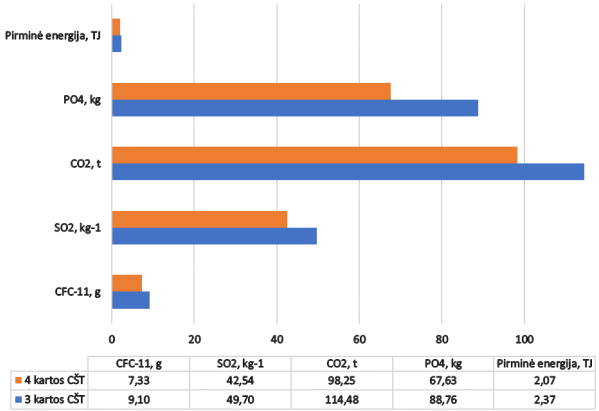
atavimo fazėje. Esamų 3-ios kartos CŠT tinklų eksploatavimui sunaudota 1,14 karto daugiau pirminės energijos negu sumodeliuotų 4-tos kartos CŠT tinklų.



	CFC-11, g	SO2, kg-1	CO2, t	PO4, kg	Pirminė energija, TJ
4 kartos CŠT	8,78	9,55	55,98	6,52	0,83
3 kartos CŠT	11,02	23,99	70,28	8,19	1,22

5 pav. Esamos 3-ios kartos ir sumodeliuotos 4-tos kartos CŠT palyginimas transportavimo fazėje

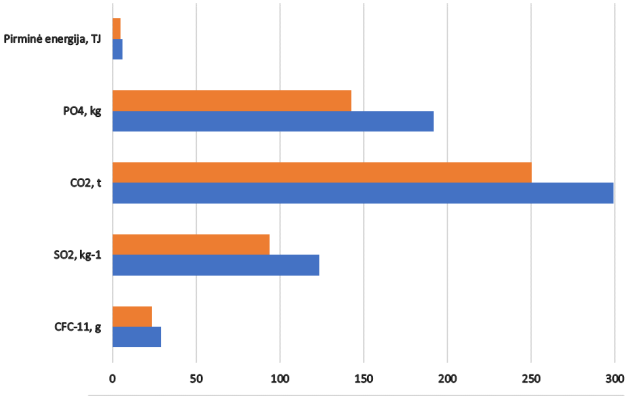
5 pav. yra pateiktas esamos 3-ios kartos CŠT ir sumodeliuotos 4-tos kartos CŠT tinklų palyginimas transportavimo fazėje. Vamzdynai bei kiti elementai atvežti iš Danijos, atstumas 1759 km., o betonas nejudamoms atramoms naudojamas vietinio gamintojo. Esamų 3-ios kartos CŠT tinklų transortavimui sunaudota 1,5 karto daugiau pirminės energijos negu sumodeliuotų 4-tos kartos CŠT tinklų transportavimui.



	CFC-11, g	SO2, kg-1	CO2, t	PO4, kg	Pirminė energija, TJ
4 kartos CŠT	7,33	42,54	98,25	67,63	2,07
3 kartos CŠT	9,10	49,70	114,48	88,76	2,37

6 pav. Esamos 3-ios kartos ir sumodeliuotos 4-tos kartos CŠT palyginimas sunaikinimo fazėje

6 pav. yra pateiktas esamos 3-ios kartos CŠT ir sumodeliuotos 4-tos kartos CŠT tinklų palyginimas sunaikinimo fazėje. Esamų 3-ios kartos CŠT tinklų sunaikinimui sunaudota 1,14 karto daugiau pirminės energijos negu sumodeliuotų 4-tos kartos CŠT tinklų sunaikinimui.



	CFC-11, g	SO2, kg-1	CO2, t	PO4, kg	Pirminė energija, TJ
4 kartos CŠT	23,41	93,76	250,45	142,78	4,91
3 kartos CŠT	29,23	123,58	299,24	191,71	5,95

7 pav. Esamos 3-ios kartos ir sumodeliuotos 4-tos kartos CŠT gyvavimo ciklo palyginimas

7 pav. yra pateiktas esamos 3-ios kartos CŠT ir sumodeliuotos 4-tos kartos CŠT tinklų gyvavimo ciklo palyginimas. Esamų 3-ios kartos CŠT sistemai sunaudota 1,14 karto daugiau pirminės energijos negu sumodeliuotai 4-tos kartos CŠT sistemai. Esamai 3-ios kartos CŠT sistemai pirminės energijos visuose fazėse sunaudota 5,9 TJ, o sumodeliuotai 4-tos kartos CŠT sistemai 4,3 TJ.

Išvados

1. Pereinant iš 3 kartos CŠT tinklų prie 4 kartos CŠT tinklų, projektinis šilumos nuostolių srautas šilumos tinkluose sumažėja: pereinant prie 4 kartos CŠT tinklų projektinis šilumos nuostolių srautas tinkluose sumažėja 24 %.

2. Atlikus esamos 3 kartos CŠT ir sumodeliuotos 4 kartos CŠT sistemų palyginimą, nustatyta, kad 3 kartos CŠT variante sunaudojamas suminis pirminės energijos kiekis 18 % didesnis, negu 4 kartos CŠT variante. Taip pat 3 kartos CŠT variante ozono sluoksnio ardymas 20 % didesnis, negu 4 kartos CŠT variante. Be to 3 kartos CŠT variante vandens rūgštėjimas 24 % didesnis, negu 4 kartos CŠT variante. Taip pat 3 kartos CŠT variante vandens telkinių eutrofikacija 26 % didesnė, negu 4 kartos CŠT variante. Taip pat 3 kartos CŠT variante visuotinį atšilimą skaitinančių CO_2 išskiriamas kiekis 16 % didesnis, negu 4 kartos CŠT variante.

Literatūra

Connolly, D., Lund, H., Mathiesen, B. V., Werner, S., Möller, B., Persson, U., Boermans, T., Trier, D., Østergaard, P. A., & Nielsen, S. (2014). Heat roadmap Europe: Combining district heating with heat savings to decarbonise the EU energy system. *Energy Policy*, *65*, 475–489. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.10.035

Direktyva 2012/27/ES 2012 m. spalio 25 d. dėl energijos vartojimo efektyvumo, kuria iš dalies keičiamos direktyvos 2009/125/EB ir 2010/30/ES bei kuria panaikinamos direktyvos 2004/8/EB ir 2006/32/EB

Eric, J., & Vad, B. (2018). *"Progression of District Heating-1st to 4th generation."* www.4dh.dk

Euroheat & Power. (2018). *European heating sector well positioned for renewables integration*. https://www.euroheat.org/news/european-heating-sector-well-positioned-renewables-integration/

Lake, A., Rezaie, B., & Beyerlein, S. (2017). Review of district heating and cooling systems for a sustainable future. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 67, pp. 417–425). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.061

Lund, H., Werner, S., Wiltshire, R., Svendsen, S., Thorsen, J. E., Hvelplund, F., & Mathiesen, B. V. (2014). 4th Generation District Heating (4GDH). Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems. In *Energy* (Vol. 68, pp. 1–11). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.02.089

Möller, B., Wiechers, E., Persson, U., Grundahl, L., & Connolly, D. (2018). Heat Roadmap Europe: Identifying local heat demand and supply areas with a European thermal atlas. *Energy*, *158*, 281–292. https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.06.025

Soltero, V. M., Chacartegui, R., Ortiz, C., & Quirosa, G. (2018). Techno-economic analysis of rural 4th generation biomass district heating. *Energies*, *11*(12). https://doi.org/10.3390/en11123287

Werner, S. (2017). International review of district heating and cooling. In *Energy* (Vol. 137, pp. 617–631). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.04.045

Yang, X., Li, H., & Svendsen, S. (2016a). Modelling and multi-scenario analysis for electric heat tracing system combined with low temperature district heating for domestic hot water supply. *Building Simulation*, *9*(2), 141–151. https://doi.org/10.1007/s12273-015-0261-4

Yang, X., Li, H., & Svendsen, S. (2016b). Energy, economy and exergy evaluations of the solutions for supplying domestic hot water from low-temperature district heating in Denmark. *Energy Conversion and Management*, *122*, 142–152. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.05.057

Ziemele, J., Gravelsins, A., Blumberga, A., & Blumberga, D. (2017). Combining energy efficiency at source and at consumer to reach 4th generation district heating: Economic and system dynamics analysis. *Energy*, *137*, 595–606. https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.04.123

Ziemele, J., Gravelsins, A., Blumberga, A., & Blumberga, D. (2016). The Effect of Energy Efficiency Improvements on the Development of 4th Generation District Heating. *Energy Procedia*, *95*, 522–527. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.09.079

LIFE CYCLE ANALYSIS OF THIRD AND FOURTH GENERATION HEAT SUPPLY NETWORKS

V. Šarko, A. Rogoža

Summary

District heating (DH) networks are an important part of the heat supply system in technical and organizational aspects. Upgrading DH systems to near-zero CO_2 emissions can make a significant contribution to mitigating climate change. The paper analyses the third generation DH network in the district of modernized multi-apartment buildings. The boiler house, which supplies heat to the modernized apartment block, burns fossil fuels - natural gas. In the work, using the life cycle analysis method, the existing third generation DH system is analysed and the fourth generation DH system is modelled. When comparing the systems, the design heat loss flows and the amounts of materials used for the construction of the networks were assessed. During the life cycle analysis, the emissions and primary energy needs for production, operation, transportation and destruction were determined in each phase.