

Karšto vandens tiekimo kokybės uptykinimas kintant apkrovai

**Sigitas Masaitis,
Vaclovas Kveselis**

*Lietuvos energetikos institutas,
Regionø energetikos plėtros
laboratorija, Breslaujos g. 3,
LT-44403 Kaunas*

Petras Urbonas

*Vilniaus Gedimino technikos
universitetas,
Saulėtekio al. 11,
LT-10223 Vilnius-40*

ŠT tiekimo sistemos Lietuvoje yra nuolatos modernizuojamos, siekiant pagerinti jø efektyvumą. Paprastai modernizacija apima šilumos mazgø ir vamzdynø pakeitimà, siekiant sumažinti šilumos nuostolius ir didinti šilumos tiekimo efektyvumą. Nauji šilumos mazgai, aprūpinti automatiniu valdymu, veikia ŠT tinklø eksploatacijos parametrus. Šiluminio-hidraulinio modeliavimo rezultatai leidžia àvertinti šilumnešio temperatūros pokyčius vamzdynuose, keičiantis apkrovai. Siekiant išvengti þemos tiekiamo šilumnešio temperatūros, kuri neptykinina šilumos tiekimo kokybės reikalavimø. Gali būti taikomos konkrečios techninės priemonės.

Raktaþodþiai: centralizuotas šilumos tiekimas, buitinio karšto vandens tiekimas, šilumos tiekimo kokybė, hidraulinis ir šiluminis modeliavimas, apkrovos modelis

1. ÁVADAS

Anksčiau projektuotose centralizuoto šilumos tiekimo sistemose vyraujantis metodas buvo vadinamasis kokybinis reguliavimas, pagrastas skirtingomis tiekiamo šilumnešio temperatūromis priklausomai nuo lauko klimato sąlygø: oro temperatūros, vėjo stiprumo. Pastovaus srauto sumaiðymo àrenginiai buvo naudojami šilumos mazguose šilumnešio temperatūrai sumažinti prieš šildymo ir buitinio karšto vandens ruošimo átaisus. Tačiau toks paprastas šilumos tiekimo reguliavimas reikalauja gerai subalansuotø tinklø ir vidaus šilumos paskirstymo sistemø pastatuose. Dėl vartotojø atsijungimo, pastatø ávado sklendþiø uþdarymo, vidinio šildymo prietaisø pakeitimo sistemos išbalansuojamos, ir šilumos tiekimo kokybės standartai paþeidþiami. Árengus modernius šilumos mazgus, aprūpintus automatiniu šildymo valdymu, ir vidines šilumos paskirstymo sistemas išsprendþiama ši problema. Tuo tarpu nauji šilumos mazgai ne tik reguliuoja šilumos tiekimà, bet ir keičia šilumnešio sratà, praeinantà pro mazgà. Taip šilumnešio debitas katilinėje nėra pastovus, ir reguliavimo modelis tampa sudėtingesnis, apimantis kokybinius ir kiekybinius sistemos elementus.

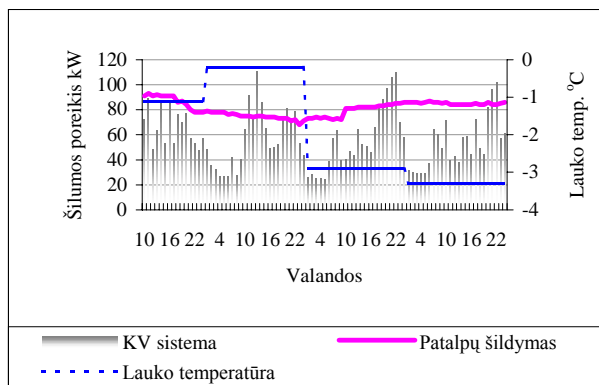
Kartu mažesni šilumnešio greičiai vamzdynuose, kada šilumos poreikis yra mažiausias (pvz., vasaros naktà), sąlygoja didesnà temperatūros sumažėjimà, ir nutolusius vartotojus šilumnešis gali pasiekti þemesnės temperatūros, neatitinkantis karšto vandens

ruošimo standartø. Aukštesnė tiekimo temperatūra katilinėje arba reikiamo šilumnešio greičio išlaikymas centrinio šildymo tinkluose (ŠT) ar tinklo dalyje, kuria šiluma tiekama tokiems vartotojams, gali išsprasti šià problemà. Abiem atvejais išauga šilumos tiekimo nuostoliai. Optimalus sprendimas, uptykinantis mažiausius šilumos tiekimo nuostolius ir reikiamas temperatūras, gali būti rastas, naudojant tinklo modeliavimo programas, kurios buvo sukurtos apkrovos kitimui àvertinti.

2. METODAI IR PRIELAIDOS

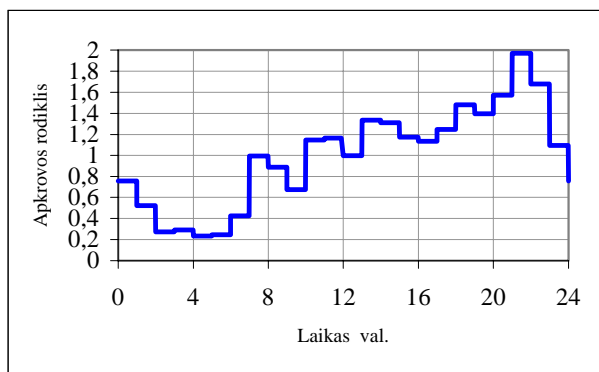
Realus šilumos poreikio per parà vienam vartotojui – daugiabuèiam gyvenamajam namui – kitimo modelis gana sudėtinga kreivė, kurioje yra didelis pikø, minimumø ir maksimumø skaièius (1 pav.). Nepaisant to, modeliavimo programos laiko þingsniø skaièius dažnai yra ribojamas. Kita vertus, šilumnešio temperatūra gerai izoliuotuose vamzdynuose kinta labai iš lėto, todėl šiame modelyje šilumos poreikio kitimas àvertinamas vidutinėmis kasvalandinėmis apkrovomis.

1 pav. parodyti duomenys atskirai iliustruoja šilumos poreikápatalpø šildymui ir KV ruošimui. Pastarasis gali būti išskaidomas á dvi dalis: šiluma buitinio vandens šildymui ir gyvatukø šildymui vonios patalpose bei šilumos nuostoliai vidiniuose karšto vandens vamzdynuose. Tyrimui yra nepalankiausias šilumos tiekimo režimas, kai patalpos nešildomos (vasaros metu), ir šiluma tiekama tik karštam vandeniui ruošti. Šilumos



1 pav. Išmatuotas šilumos poreikio pobūdis gyvenamajam namui

poreikio modelis kasvalandinės apkrovos rodiklio forma, naudojamas CDT modeliavimui, pateiktas 2 pav.



2 pav. Modeliavimui naudota šilumos poreikio diagrama

Šilumos mazgø modeliavimas. Modelyje, kuris naudojamas hidrauliniam ir šiluminiam CDT tinklo modeliavimui, pastatø šilumos mazgai laikomi automatinėmis srauto valdymo sklendėmis, uptykinanėmis šilumos tiekimà pastatams priklausomai nuo tiekiamo šilumnešio temperatūros ir projekcinio temperatūrø skirtumo tarp tiekimo ir gràþinimo vamzdynø:

$$G = Q/[\rho \cdot c \cdot (t_s - t_r)]; \tag{1}$$

čia t_s – skaičiuojama tiekimo temperatūra pastato šilumos mazgo ávade, t_r – projekcinė gràþinimo temperatūra, kuri turėtų uptykrinti tinkamà šilumos mazgo darbà. Toks metodas apima savireguliovimà: kai tiekimo temperatūra nukrinta, srautas iðauga, ir maþiau nukrenta temperatūra tiekimo vamzdyne.

Seni šilumos mazgai, kuriuose nėra automatinio srauto valdymo prietaisø, priimami kaip bendros paskirties sklendės, kurios dalinai uþdaromos, suderinant šilumnešio srautà su vidutiniu šilumos poreikiu. Ðiuo atveju gràþinamo srauto temperatūra yra apskaičiuojama kiekvienam apkrovos rodikliui:

$$t_r = t_s - \frac{Q}{G \cdot \rho \cdot c}; \tag{2}$$

čia \hat{G} – ið anksto nustatytas srauto debitas priklausomai nuo slėgiø skirtumo tarp tiekimo ir gràþinimo linijø.

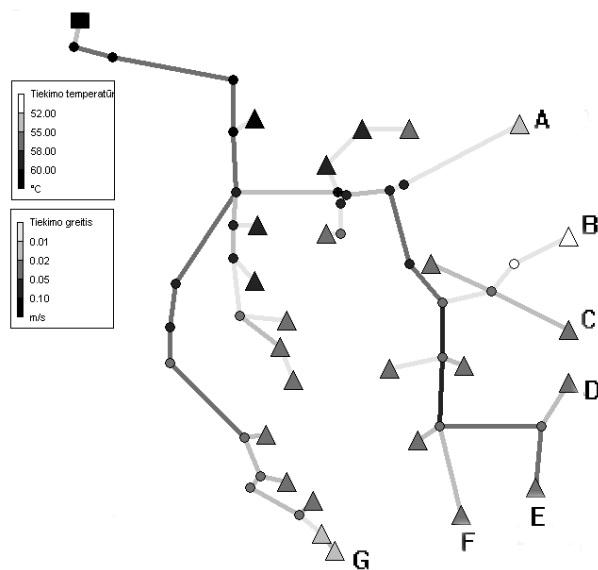
Kitos modeliavimo programos charakteristikos pateiktos ankstesnėse publikacijose [1, 2].

3. TYRIMO OBJEKTAS

Tai maþo miestelio CŠT sistema, tiekianti šilumà 25 gyvenamiesiems pastatams ir 5 kitiems vartotojams – vidurinei mokyklai, vaikø darþeliui, savivaldybės ástaigoms. Visas šildomas plotas yra apie 22 000 m². Bendras šilumos poreikis 2003 m. buvo 4,9 GWh, CDT tinklø ilgis – 2,044 km. Katilinės galia – 12 MW (du katilai po 6 MW kiekvienas); naudojamas kuras – gamtinės dujos. Visi vartotojai turi árengtus paprastus šilumos mazgus su automatiniu šildymo reguliovimu.

Pati sistema turi daug panaðumø su kitomis maþomis Lietuvos CDT sistemomis. Bendra linijinė tinklo metinė apkrova yra 2,4 MWh vienam tinklo metrui. Maksimalus vartotojø šilumos poreikis þemiausiai projektinei lauko temperatūrai yra 1,8 MW, o vidutinis vartotojø šilumos poreikis karšto vandens ruošimui – 0,13 MW. CDT tinklas yra nepakankamai apkrautas, ir šilumnešio greitis vamzdyuose gana maþas. Esant minimaliam apkrovimui kai kuriuose vamzdyuose, greiðiai gali būti maþesni nei 0,02 m/s. Santykiniai šilumos nuostoliai vamzdyuose vasaros metu, apskaičiuoti ið iðmatuoto vartojimo pastatuose, ir ið katilinės pateikta šiluma sudaro iki 33%. Netgi vieno katilo galia didesnė uþ maksimalø poreikà daugiau kaip du kartus.

Modeliuojant pagrindinis dëmesys buvo kreipiamas á toli nuo katilinės esančius vartotojus, kuriø tiekimo nuostoliai yra didþiausi. Raidės A–G paþymi tirtus vartotojus (3 pav.).



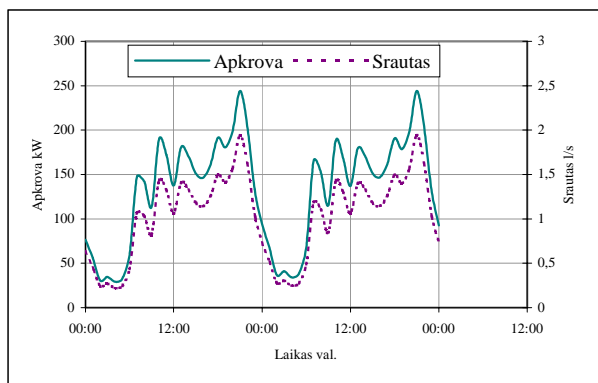
3 pav. Bendra tiriamo CŠT tinklo schema

Prieš modeliavimą buvo surinkti kai kurie techniniai duomenys, siekiant patikrinti matematinio modelio atitikimą taikomoms prielaidoms. Konkrečiai, išmatuotos tiekimo ir grąžimo temperatūros, slėgiai ir srautai, kurie buvo naudojami kaip kontroliniai dydžiai. Kitos reikšmės – bendras šilumos poreikis, šilumos vartojimas šildymui ir karšto vandens ruošimui atskiruose pastatuose – buvo naudojamos šilumos poreikio bazinėms reikšmėms nustatyti.

4. MODELIAVIMO REZULTATAI

Modeliavimo rezultatai, atsilyvelgus anksčiau pateiktas prielaidas, rodo, kad šilumos tiekimo kokybės pažeidimo tikimybė yra gana aukšta nutolusiems vartotojams. Tuo pat metu negauta rezultatų, kurie rodytų visos sistemos hidraulinio ir šiluminio režimo pažeidimus. Tiekimo ir grąžimo temperatūros išlieka projektinio reikšmių ribose (63–33°C), nepaisant gana didelio apkrovos ir srauto kitimo katilinėje (4 pav.). Apkrovos kitimas katilinėje yra mažesnis už vartotojų poreikio kitimą dėl gana pastovaus papildomo šilumos poreikio šilumos nuostolių ČDT tinkluose kompensavimo.

Nutolusiems vartotojams, 2 pav. paŕymėtiems nuo „A“ iki „F“, tiekiamų temperatūrų dinamika parodyta 5 pav. Ėia pradinėje modeliavimo stadijoje, apimančioje laiko intervalą nuo 0 iki 6 valandos, pasiekiamas sistemos šiluminis balansas, pradėdant vienoda šilumnešio temperatūra visuose vamzdžiuose ir vartotojų ėrengimuose, kuri lygi tiekimo temperatūrai (šiuo atveju 63°C).

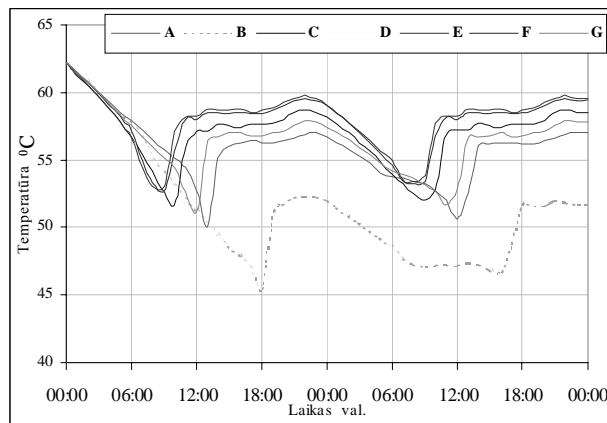


4 pav. Apkrova ir srauto greitis katilinėje

Mažiausia tiekimo temperatūra stebima vartotojo „B“ ėvade, kurio šilumos poreikis yra mažas, o vamzdynai iki jo ilgi. Kiti vartotojai, turintys didesnius šilumos poreikius, gauna tokios temperatūros šilumnešį, kurios užtenka pašildyti karštą vandenį iki sanitarinio normos (daugiau kaip 53°C) dienā, ir tik anksti rytā temperatūra gali būti pernelyg žema. Didėjant šilumos poreikiui nuo 6 val. ryto tiekimo temperatūra greitai auga ir išlieka 57–59°C lygio likusiu dienos metu.

Ądomu pastebėti skirtingā reikalingā laiko trukmę temperatūrų atstatymui po nakties mažo poreikio laiko

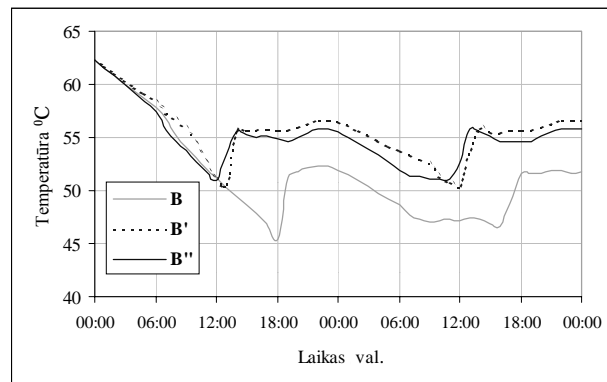
intervalo. Toli esantiems vartotojams tam reikia nuo 3 iki 6 valandų. Tai reikšia, kad jie gaus žemesnę temperatūrą karštą vandenį ėryto. Natūralu, kad jie turi teisę skųstis šilumos tiekėjo bloga paslaugos kokybe, nes jie moka tik už sunaudoto karšto vandens tūrā.



5 pav. Tiekiamo šilumnešio nutolusiems vartotojams temperatūros dinamika

Vartotojui, paŕymėtam „B“, negali būti tiekama tinkamos kokybės šiluma be specialių techninių priemonių, kurios padidintų srauto greitā vamzdyne. Per didelio skersmens vamzdžių pakeitimas mažesniais, apskaičiuotais esamai maksimaliai apkrovai, gali būti viena tokių priemonių. Pakeitus 30 m ilgio 150 mm skersmens vamzdžio segmentā ė 82 mm, šilumos tiekimo kokybė ženkliai pagerės (linija B' 6 pav.). Tačiau tai yra gana brangi priemonė, ir jos atsipirkimo laikas labai ilgas.

Kitas sprendimas gali būti srauto greičio padidinimas, naudojant apvadinę linijā vartotojų ėrengimuose, siekiant palaikyti aukštesnā srauto greitā, šiuo atveju grąžimo temperatūra taip pat išaugs. Reikalinga šildymo kokybė gali būti užtikrinta, pakeliant grąžimo temperatūrā nuo 35 iki 45°C, nekeičiant vamzdžio ir išvengiant didelių investicijų. Tiekimo temperatūros dinamika šiuo atveju parodyta 6 pav. (kreivė B'').



6 pav. Vamzdžio skersmens pakeitimo (B') ir apvadinę linijos (B'') efektas tiekiamo šilumnešio temperatūros dinamikai

Ūilumos nuostoliø pokyèiai ir investicijos ávairiems sprendimams pateikti lentelėje.

Lentelė. Nagrinėto sprendimø palyginimas

Sprendimo būdas	Šilumos nuostoliai % (+ padid., -sumaþ.)	Investicijos Lt
Padidinus ið katilinės tiekiamo ūilumneðio temperatūrą	+ 1,06	-
Pakeitus vamzdyno skersmeną	-0,64	19680
Padidinus cirkuliaciją	+ 0,06	-

5. IÐVADOS

• Bendruoju atveju ūilumos tiekimo kokybė iðlieka viena pagrindiniø problemø, ypaè maþose CDT sistemose. Tai yra sumaþėjusios CDT apkrovos dël vartotojø atsijungimo ir sumaþėjusio KV vartojimo rezultatas. Nepakankama ūilumos tiekimo kokybė daþnai bûna viena prieþasė, turinėiø átakos vartotojo apsisprendimui pakeisti ūildymo bûdà, pvz., pereiti prie individualiø dujiniø ūildymo katilø. Modeliavimo rezultatai rodo, kad kai kuriems nutolusiems vartotojams ūilumos tiekimo kokybė negali bûti uptykrinta nerekonstravus specialiø techniniø priemoniø ar tinklø.

• Modeliavimo árankis gali bûti naudingas nustatant ir randant bûdus ðiai problemai iðspræsti. Tinkamo skersmens vamzdynai yra techniniu poþiūriu efektyviausias bûdas uptykrinti ūilumos tiekimo kokybæ. Nepaisant to, kitos techninės priemonės taip pat gali padėti spræsti ðia problemà, kai vamzdþius pakeisti netikslinga dël dideliø investiciniø iðlaidø ir aukðtos esamø vamzdynø likutinės vertės. Srauto greièiø padidinimas vartotojams, prijungtiems tinklo atðakø galuose, padeda pagerinti ūildymo kokybæ ne tik jiems, bet ir visiems vartotojams. Nedidelis cirkuliacijos iðlaidø padidėjimas daugeliu atvejø yra priimtinas, palyginti su tinklø atnaujinimo iðlaidomis, kadangi esant maþoms apkrovoms slėgiø skirtumo padidėjimas katilinėje tarp tiekimo ir gráþimo trasø yra neþymus dël maþo srauto debito ir maþø pradinio srauto greièiø.

Gauta 2004 11 10

Literatūra

1. Minkštimas R. Modeling of energy supply networks, its elements and investigation of operating parameters. Ph. Dr. Thesis. Kaunas, 2000
2. Minkštimas R., Kveselis V., Strazdas D. Improvement of heat supply and distribution efficiency at too high permeability of pipelines. Proceedings of the Int. Conf.

“Energy Efficiency, Energy Markets and Environmental Protection in the New Millennium” June 13–15, 2001. Sopron, Hungary,

PAÞYMĖJIMAI

- c – savitoji šiluma kJ/kg °C;
- RH – santykinė drėgmė;
- G – srauto greitis m³/s;
- r – šilumnešio tankis kg/m³;
- s – tiekimo;
- r – gráþimo.

Sigitas Masaitis, Petras Urbonas, Vaclovas Kveselis

HEAT SUPPLY QUALITY ASSURANCE FOR VARYING LOADING

Summary

DH supply systems in Lithuania undergo various modernizations aimed to increase their efficiency. Typically, modernizations include replacement of substations, reduction of heat losses in pipes and a more efficient heat production. The new substations equipped with automatic control devices were found to impact the operating parameters of DH networks. Results of hydraulic and thermal simulation allow estimating a potential deviation of heat carrier temperature depending on loading variations during the day and night. Specific technical measures can be applied to avoid low temperatures that do not meet heat supply quality requirements.

Key words: district heating, domestic hot water supply, heat supply quality, hydraulic and thermal simulation, loading patterns

Сигитас Масайтис, Пятрас Урбонас, Вацловас Квеселис

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПРИ ПЕРЕМЕННОЙ НАГРУЗКЕ

Ð a ç þ i á

Ūilumø tiekimo kokybės uptykinimas kintant apkrovai. Lietuvos šilumos tiekimo sistemos patiria įvairių modernizacijų, kurių tikslas – padidinti efektyvumą. Tipiškai modernizacijos apima šilumos šaltinių pakeitimą, šilumos nuostolių vamzdynuose mažinimą ir šilumos gamybos efektyvumą. Naujos šilumos šaltiniai, aprūpinti automatiniais valdymo įrenginiais, turi įtaką šilumos tiekimo sistemų veikimo parametrams. Hidraulinės ir termalinės simuliacijos leidžia įvertinti potencialų šilumos nešėjo temperatūros nuokrypį priklausomai nuo apkrovos svyravimų dienos ir nakties metu. Galima taikyti technines priemones, kurios padėtų išvengti žemos temperatūros, neatitinkančios šilumos tiekimo kokybės reikalavimų.

Reikšminiai žodžiai: šilumos tiekimas, namų šilumos tiekimas, šilumos tiekimo kokybė, hidraulinė ir termalinė simuliacija, apkrovos režimai