

# Daugiabučių gyvenamųjų pastatų karšto vandens apskaitos efektyvumas bei vartojimo neapibrėžtumo analizė

**Romanas Savickas,**

**Alfonsas Skrinska**

*Šildymo ir vėdinimo katedra, Vilniaus  
Gedimino technikos universitetas,  
Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius  
El. paštas: skrinska@ap.vgtu.lt*

Straipsnyje pateikiama Vilniaus daugiabučių gyvenamųjų namų karšto vandens apskaitos efektyvumo analizė. Atlikus tyrimą nustatyta, kad daugiabučio gyvenamojo pastato karšto vandens vartotojų butuose suminis užfiksuotas karšto vandens kiekis visuomet yra mažesnis nei pastato įvadinio skaitiklio duomenys. Taip yra dėl karšto vandens apskaitos prietaisų techninių charakteristikų bei vartotojų karšto vandens vartojimo įpročių. Taip pat pateikiama tipinio daugiabučio gyvenamojo pastato ir šio pastato tipinio buto karšto vandens vartojimo neapibrėžtumo analizė bei nustatytas maksimalus suvartotino karšto vandens kiekis, kurio gali reikėti vartotojams.

**Raktažodžiai:** karštas vanduo, karšto vandens apskaita, karšto vandens vartojimas, neapibrėžtumo analizė

## 1. ĮVADAS

Nuolat kylant energijos kainoms, taupus jos naudojimas tampa vis aktualesne problema. Daugiabučiame gyvenamajame pastate šiluminė energija naudojama patalpoms šildyti bei karštam vandeniui ruošti, o nešildymo periodu – tikrai karštam vandeniui ruošti, todėl efektyvus karšto vandens naudojimas bei suvartoto karšto vandens kiekio tiksli apskaita tapo aktualūs. Karšto vandens apskaita yra reglamentuota LR teisės aktuose, o pačių apskaitos prietaisų rodomos reikšmės priklauso nuo apskaitos prietaiso tipo, dydžio, gamintojo bei darbo diapazono. Vienodo tipo prietaisai net ir skirtingų gamintojų yra gaminami panašiais principais, todėl jų veikimo charakteristikos turi tuos pačius principus bei veikia panašiai skirtinguose darbo diapazonuose. Tuo remiantis karšto vandens apskaitos prietaisų gamintojai nustato ribas, kuriose atitinkamas prietaisas turėtų dirbti, bei vidutines tų ribų paklaidas. Jei tik prietaiso darbo diapazonas viršija vieną ar kitą nustatytą ribą, matavimo paklaidos jau tampa žymiai didesnės nei gamintojų deklaruojamos, todėl labai svarbu yra ištirti, ar esami prietaisai yra parenkami ir dirba jiems skirtuose diapazonuose. Tačiau nagrinėjant apskaitos prietaisų darbo ribas prietaisas niekada nedirbs tik nustatytoje ribose, kartais jis dirbs ir žymiai platesnėse ribose, ir tai yra normalu. Todėl turėtų būti atlikta optimalaus diapazono darbo tikimybinė analizė. Šiame darbe nagrinėjamas karšto vandens apskaitos prietaisų efektyvumas, įvertintas karšto vandens vartojimo neapibrėžtumas bei atlikta dažniausiai pasitaikančių karšto vandens srautų tikimybinė analizė.

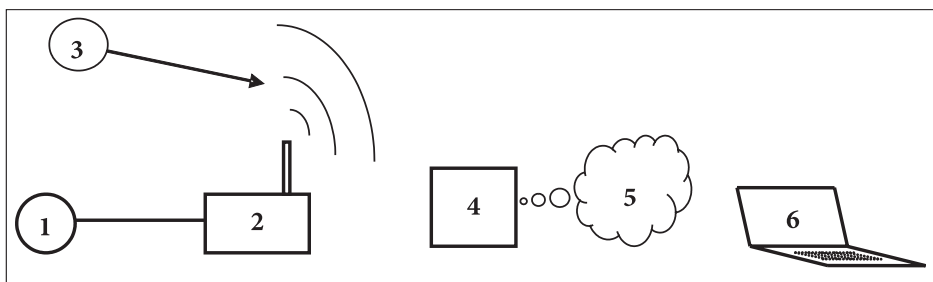
## 2. TYRIMO METODIKA

Karšto vandens neapibrėžtumo tyrimui pasirinktas naujai įrengtas arba rekonstruotas nepriklausomo tipo šilumos punktas. Karštas vanduo ruošiamas šilumos punkte naudojant centrali-

zuotai tiekiamą šilumą pagal nepriklausomą karšto vandens ruošimo schemą pasitelkus karšto vandens ruošimo šilumokaičius, pavaras, vožtuvus, automatiką bei kitus įrengimus. Principinė karšto vandens ruošimo schema parodyta 1 paveiksle. Karštas vanduo turi cirkuliacinį kontūrą, o vandens temperatūra yra reguliuojama naudojant automatiką, kuri atitinkamai atidaro arba uždaro karšto vandens vožtuvą. Nuo karšto vandens cirkuliacinio kontūro yra paskirstytos atšakos į karšto vandens maišytuvus. Šiose atšakose cirkuliacija nevyksta, vanduo pasikeičia tik tuomet, kai yra vartojamas karštas vanduo. Karšto vandens temperatūra yra fiksuojama iškart po karšto vandens ruošimo šilumokaičio. Visi analizuojami duomenys yra fiksuojami nuotoline duomenų surinkimo sistema.

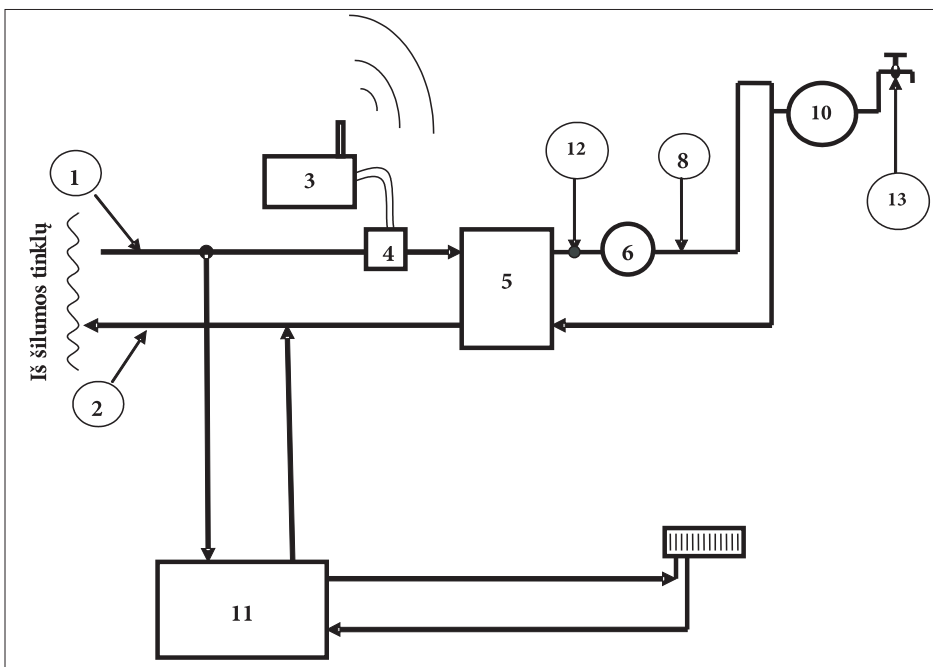
Tyrimui buvo pasirinkti daugiabučiai gyvenamieji namai, turintys nepriklausomą šildymo bei karšto vandens ruošimo sistemą ir cirkuliacinę karšto vandens tiekimo liniją. Visi šie objektai yra Vilniaus mieste. Karšto vandens faktinio suvartojimo duomenys buvo fiksuojami nuotoline duomenų surinkimo sistema bei jos prietaisais. Nuotolinės duomenų surinkimo sistemos prietaiso ir prie jo prijungtų įrengimų principinės schemos parodytos 1 ir 2 paveiksluose.

Duomenys tirti statistine duomenų analize, kuri yra plačiai taikoma tiriant pastatų šiluminės energijos ir karšto vandens vartojimą. Duomenys tirti pagal normaliojo skirstinio dėsnius. Konkretų Gauso pasiskirstymo pavidalą sąlygoja funkcijos tikimybės tankio maksimumo vieta  $x$  ašies atžvilgiu ir varpo pavidalo kreivės glaustumas bei funkcijos tikimybės tankio maksimumo padėtis  $y$  ašies atžvilgiu, arba, kitais žodžiais, maksimumo „aukštis“. Tuo remiantis normaliojo pasiskirstymo atveju tikimybės tankio kreivės formai bei padėčiai apibūdinti reikia dviejų parametrų, kuriuos įprasta žymėti raidėmis  $\mu$  (dažnai dar žymima  $a$  arba  $m$ ) ir  $\sigma$  (arba  $\sigma^2$ ). Parametras  $\mu$  nulemia maksimalaus tikimybės tankio vietą  $x$  ašyje, todėl nuo jo priklauso, ties kuria  $x$  reikšme bus susitelkęs didžiausias tikimybės tankis. Parametras



1 pav. Rubisafe prietaiso ir prie jo prijungtų įrengimų principinė schema.

Čia: 1 – karšto vandens impulsinis skaitiklis, 2 – šilumos tiekimo sistemos valdiklis, 3 – GSM ryšys, 4 – duomenų priėmimo centras, 5 – pasaulinis interneto tinklas, 6 – vartotojo kompiuteris



2 pav. Karšto vandens ruošimo bei apskaitos principinė schema.

Čia: 1 – tiekiamas šilumos srautas, 2 – grįžtamas šilumos srautas, 3 – šilumos tiekimo sistemos valdiklis, 4 – karšto vandens vožtuvas su pavara, 5 – karšto vandens šilumokaitis, 6 – karšto vandens siurblys, 7 – šaltas vanduo, 8 – karšto vandens cirkuliacinė sistema, 9 – pastato įvadinis karšto vandens skaitiklis, 10 – gyventojų buitinis karšto vandens skaitiklis, 11 – šildymo sistemos šilumokaitis, 12 – karšto vandens temperatūros jutiklis, 13 – karšto vandens maišytuvas, 14 – šildymo sistema

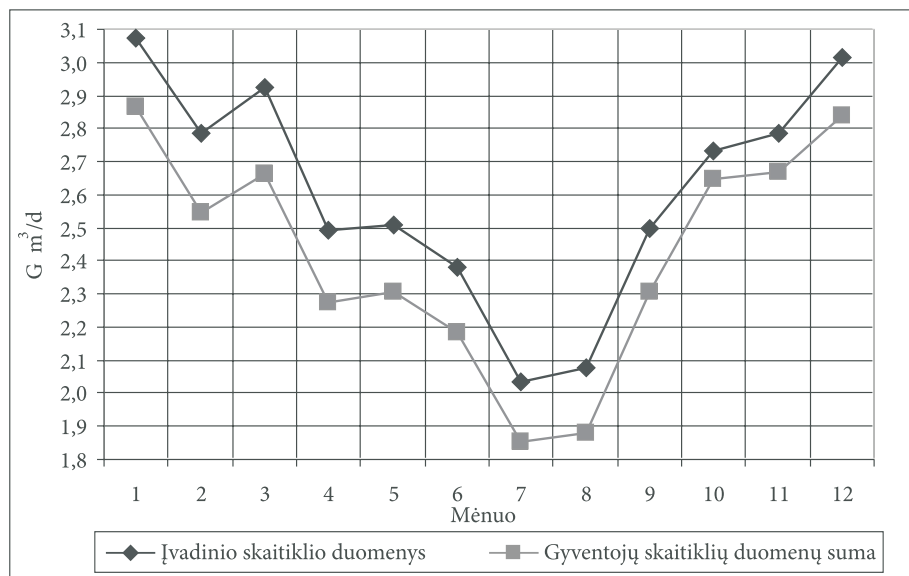
$\sigma$  nulemia tikimybės tankio kreivės aukštį ir jos suglaustumo laipsnį. Trijų sigma taisyklė teigia: jeigu atsitiktinis dydis yra pasiskirstęs pagal normalųjį dėsnį, tai stebimosios jo reikšmės, nuo vidurkio nutolusios daugiau kaip per 3 vidutinius kvadratinius nuokrypius, bus praktiškai labai retos, pasitaikys tik maždaug 3 kartus iš tūkstančio. O jeigu jos pasitaiko žymiai dažniau, tai tokio dydžio jau nėra pagrindo laikyti esant pasiskirsčiusiu pagal normalųjį dėsnį. Kitaip tariant, absoliuti dauguma (99,73%) tikimybės tankio susitelkia  $x$  reikšmių ruože nuo  $-3$  iki  $3$  (bendruoju atveju nuo  $-3\sigma$  iki  $3\sigma$ ) arba kai  $[\mu + 1\sigma_y; \mu - 1\sigma_y]$ , funkcija apima 68,27% duomenų, kai  $[\mu + 2\sigma_y; \mu - 2\sigma_y]$ , funkcija apima 95,45% duomenų, kai  $[\mu + 3\sigma_y; \mu - 3\sigma_y]$ , funkcija apima 99,73% duomenų. Inžineriniuose skaičiavimuose dažniausiai naudojama  $2\sigma$  taisyklė, kurią taikant žinoma, kad 95,45% reikšmių patenka į tiriamą intervalą.

### 3. KARŠTO VANDENS VARTOJIMO ĮVERTINIMAS DĖL APSKAITOS NETIKSLUMO

Atlikta karšto vandens suvartojimo analizė Vilniaus miesto daugiabučiuose gyvenamuosiuose pastatuose, nustatytas kiekvieno mėnesio visos karšto vandens vartojimo grupės vidutinis karšto vandens suvartojimas  $m^3$  per parą pagal pastato pagrindinį skaitiklį vandens apskaitos įvade ir pagal gyventojų suminius buitinius karšto vandens skaitiklius butuose. Tyrimui naudoti duomenys yra fiksuojami šiais skaitikliais, o duomenys registruojami nuotoline duomenų surinkimo sistema, todėl tai lei-

džia išvengti netikslumų, atsirandančių dėl gyventojų netikslaus bei ne laiku deklaruotų duomenų bei dėl gyventojų nesąžiningos elgsenos, kad skaitikliai parodytų mažesnius duomenis nei yra iš tikrųjų. Tokiu atveju tyrimo atlikti praktiškai būtų neįmanoma. Pasitelkus nuotolinę duomenų surinkimo sistemą visi duomenys, tiek įvadinio pastato skaitiklio, tiek visų gyventojų buitinių skaitiklių, yra užfiksuojami vienodu laiku. Suvartoto karšto vandens duomenys rodo aiškias vartojimo tendencijas per kalendorinius metus (3 pav.).

Iš 3 paveikslė parodytų tendencijų matyti, kad minimalus,  $2,03 m^3$  per parą, karšto vandens suvartojimas pagal pastato įvadinį skaitiklį yra vasarą (liepą), pagal gyventojų buitinių skaitiklių duomenų sumą taip pat yra liepą ir lygus  $1,86 m^3$  per parą. Šios reikšmės nesutampa ir liepą skiriasi 8,77%, todėl galime teigti, kad viena šių reikšmių neteisinga. Kyla klausimas, kuria reikšme reikėtų vadovautis ir priimti kaip teisingą. Tuo tarpu dar 1997 m. gruodžio 31 d. LR Vyriausybės nutarime Nr. 1507 numatyta, kad už suvartotą karštą vandenį gyventojai atsiskaitys pagal butuose įrengtų skaitiklių rodmenis. Tačiau atsiskaityti už karštą vandenį yra kur kas sudėtingiau: reikėtų matuoti vandens kiekį ir temperatūrą kiekviename bute. Ankstesnio tipo karšto vandens dvi-vamzdėse sistemose, sudarytose iš tiekimo ir cirkuliacinės linijų, galėdavome susidurti su faktu: jei tiekiamas debitas yra  $1 m^3/h$ , vartojamo vandens debitas  $0,1 m^3/h$ , cirkuliacinis debitas  $0,9 m^3/h$  ir skaitikliai turi  $\pm 3\%$  paklaidą, tai galimas atvejis, kad tiekimo linijoje skaitiklio duomenys bus su  $+3\%$  paklaida ( $1,03 m^3/h$ ), o cirkuliacinėje linijoje su  $-3\%$  paklaida ( $0,873 m^3/h$ ). Tuo atveju



3 pav. Karšto vandens vidutinis suvartojimas 1–12 mėn. pagal pastato įvadinį skaitiklį ir pagal gyventojų skaitiklių duomenų sumą m³/d

skirtumas bus net  $1,03 - 0,873 = 0,157 \text{ m}^3/\text{h}$  [1]. Galime daryti išvadą, kad visiškai neįvertinant karšto vandens tokie skaitikliai gali simuliuoti karšto vandens vartojimą net iki 6% tiekiamo vandens kiekio. Be to, tokie skaitikliai matuoja tūrio, o ne masės vienetais, todėl dėl temperatūrų skirtumo vartotojo nenaudai susidaro papildoma paklaida. Šio tyrimo metu yra išnagrinėta karšto vandens tiekimo sistema pagal nepriklausomą karšto vandens ruošimo tipą plokšteline šilumokaityje, todėl šių apskaitos problemų galime išvengti. Atlikus kalendorinių metų karšto vandens suvartojimo analizę matyti, kad per kalendorinius metus skirtumas tarp įvadinio pastato ir gyventojų buitinių skaitiklių duomenų sumos kinta nuo 3,09% spalį iki 9,06% kovą, o vidutinis skirtumas per metus sudaro 7,39%. Galime pastebėti akivaizdų dėsningumą, kad gyventojų skaitiklių duomenų suma visada yra mažesnė nei pastato įvadinio skaitiklio duomenys.

Karšto vandens skaitiklių gamintojų deklaruojamos paklaidos kinta nuo  $\pm 3\%$  iki  $\pm 5\%$  ir priklauso nuo pratekančio vandens srauto. Karšto vandens tiekėjai yra suinteresuoti teisingais duomenimis, skaitikliams reguliariai yra atliekamos metrologinės patikros, todėl galima teigti, kad tiek įvadinio, tiek gyventojų buitinių karšto vandens skaitiklių duomenys šiuo atveju yra teisingi, o esanti didesnė nei gamintojų deklaruojama paklaida turėtų būti susijusi su gyventojų skaitiklių naudojimo ypatumais. Pasaulyje nėra tokios karšto vandens skaitiklių gamybos technologijos, kuri būtų visapusiškai priimtina tiek tiekėjui, tiek vartotojui [2]. Yra žinoma, kad kai kurie gyventojai neatlieka savo buitinių karšto bei šalto vandens skaitiklių metrologinių patikrų ir jos nuo skaitiklių pastatymo laiko jau seniai yra pasibaigusios. Tai galėtų būti šio netikslumo tarp skaitiklių priežastis, tačiau minėtą hipotezę reikia atmesti, nes šiuo atveju visi skaitikliai buvo neseniai pastatyti ir jų metrologinės patikros laikotarpis yra dar nepasibaigęs.

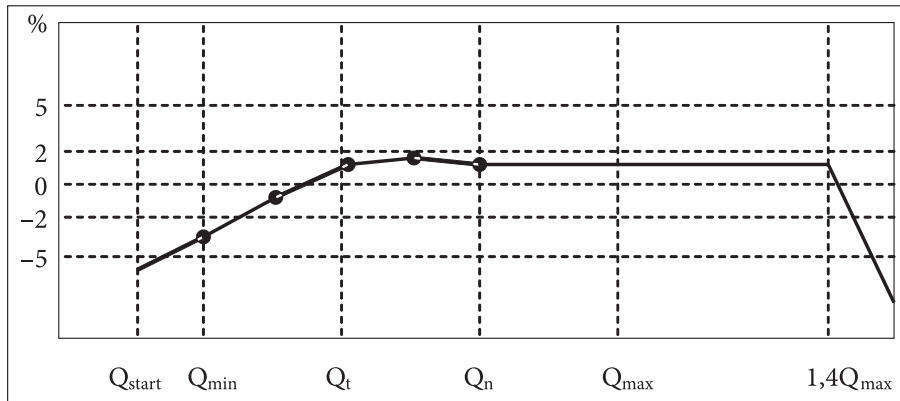
Viena šio netikslumo tarp pastato įvadinio ir gyventojų buitinių skaitiklių duomenų priežasčių gali būti tai: kai gyventojas, pageidaujamas šalto vandens, atsuka vandens maišytuvo rankeną, ji nebūtinai būna ties kraštutine šalto vandens riba ir praleidžia šiek tiek ir karšto vandens. Šis vandens kiekis gali būti pakankamai mažas, kad gyventojų skaitikliai jo neužfiksuotų.

Karšto vandens duomenys butuose fiksuojami vandens skaitikliais, kurių skersmuo  $dn = 15 \text{ mm}$ , nominalus srautas  $Q_n = 1,5 \text{ m}^3/\text{h}$ , pereinamasis srautas  $Q_t = 150 \text{ l/h}$ , mažiausias srautas  $Q_{\min} = 60 \text{ l/h}$ , jautrio slenkstis  $30 \text{ l/h}$ . Karšto vandens kiekio santykinė matavimo paklaida yra ne didesnė kaip  $\pm 5\%$ , kai vandens srautas nuo  $Q_{\min} = 60 \text{ l/h}$  iki  $Q_t = 150 \text{ l/h}$ , o kai srautas nuo  $Q_t = 150 \text{ l/h}$  iki maksimalaus srauto  $Q_{\max} = 3 \text{ m}^3/\text{h}$ , tuomet santykinė matavimo paklaida yra  $\pm 3\%$ . Jei skaitiklio skersmuo  $dn = 20 \text{ mm}$ , mažiausio srauto riba yra dar didesnė ir padidėja iki  $100 \text{ l/h}$ , tačiau tokie skaitikliai butuose montuojami labai retai, o tiriamuosiuose pastatuose jų nebuvo. Apibendrintos tiriamųjų karšto vandens skaitiklių charakteristikos pateiktos lentelėje.

Lentelė. Karšto vandens skaitiklių charakteristikos

Eil. Nr.	Karšto vandens srautas	Žymėjimas	Karšto vandens srauto dydis
1	Maksimalus srautas	$Q_{\max}$	$3 \text{ m}^3/\text{h}$
2	Nominalus srautas	$Q_n$	$1,5 \text{ m}^3/\text{h}$
3	Pereinamasis srautas	$Q_t$	$150 \text{ l/h}$
4	Mažiausias srautas	$Q_{\min}$	$60 \text{ l/h}$
5	Jautrio slenkstis	–	$30 \text{ l/h}$

Šios gamintojų deklaruojamos karšto vandens skaitiklių paklaidos leidžia teigti, kad kuo karšto vandens srautas yra mažesnis, tuo santykinė matavimo paklaida yra didesnė, o srautui esant mažesniai nei  $60 \text{ l/h}$ , paklaida yra didesnė nei  $\pm 5\%$ . Įvairių pasaulio karšto vandens skaitiklių gamintojų deklaruojamos paklaidos šiek tiek skiriasi tarpusavyje, tačiau kadangi skaitiklių veikimo principai yra panašūs, visų gamintojų deklaruojamų paklaidų elgesio charakteristikos turi tas pačias priklausomybes nuo debito tendencijas [3]. Kuomet per karšto vandens skaitiklį teka nominalus srautas  $Q_n$ , paklaida sudaro minus 0,5%, o srautui didėjant ar mažėjant paklaida artėja link nulinės reikšmės. Kai karšto vandens srautas pasiekia maksimalią  $Q_{\max}$  ribą, paklaida yra teigiama (plius 0,5%). Tuo tarpu karšto vandens skai-



4 pav. Karšto vandens skaitiklių paklaidos priklausomybės nuo karšto vandens srauto kreivės pavyzdys [4]

tiklio debitui mažėjant ir artėjant prie minimalios  $Q_{min}$  srauto reikšmės, paklaida nuo minus 0,5% keičiasi į teigiamą pusę, kerta nulinę ašį, tuomet vis tolygiai didėdama pasiekia 1,5% ribą, netoli  $Q_{min}$  reikšmės stabilizuojasi, pakeičia kryptį, pradeda staigiai mažėti, vėl kerta nulinę ašį ir esant minus 1,5% reikšmei pasiekia minimalaus srauto  $Q_{min}$  ribą. Kadangi karšto vandens skaitiklių paklaidos kreivė yra pakankamai sudėtingos formos, ji gali būti supaprastinta ją modifikuojant ir fiksuojant tik aktualių taškų reikšmes, o tarpinės reikšmės gali būti nustatomos tiesine interpoliacija du taškus sujungiant tiese. A. Ingimundarson, J. Wollerstrand ir L. Arvastson pateikia 4 paveiksle pavaizduotą karšto vandens skaitiklio paklaidos ir debito priklausomybę [4].

Nuo minimalaus srauto  $Q_{min}$  iki pereinamojo srauto  $Q_t$  ribos paklaida yra išmatuojama viename taške ir gautos reikšmės sujungiamos tiesėmis. Tokie patys veiksmai, siekiant gauti kreivę, atliekami ir tarp pereinamojo srauto  $Q_t$  ir nominalaus srauto  $Q_n$  reikšmių. Virš  $Q_n$  reikšmės yra priimama, kad debitui didėjant paklaidos reikšmė išlieka pastovi iki  $Q_{max}$  reikšmės ir tęsiasi iki  $1,4Q_{max}$  reikšmės.  $1,4Q_{max}$  reikšmė yra priimta laikyti reikšmę, parodančią ribą, iki kurios matuojant karšto vandens srautą nebus prarastas matavimo tikslumas. Taip pat yra priklausomybė, kad  $1,4Q_{max} = 2,8Q_n$ , nes maksimalaus srauto  $Q_{max}$  reikšmė yra du kartus didesnė nei nominalaus srauto  $Q_n$  reikšmė.

Iš minėtų autorių darbų galime teigti, kad mažėjant karšto vandens srautui, paklaida sparčiai auga į neigiamą pusę ir, pasiekusi pradinę  $Q_{start}$  reikšmę, ji jau viršija 5% ribą. Iš to galima daryti išvadą, kad jei karšto vandens srautas dažnai būna žemiau pradinės  $Q_{start}$  reikšmės, tokiu atveju gyventojų skaitiklių duomenys visuomet bus mažesni nei pastato įvadinio skaitiklio. Tai matyti ir 3 paveiksle: gyventojų karšto vandens skaitiklių duomenys visada yra mažesni nei pastato įvadinio skaitiklio, o vidutinė paklaida per metus yra minus 7,39%. Tai patvirtina, kad gyventojų naudojami debitai dažnai būna mažesni nei  $Q_{start}$  reikšmė. Tačiau ypač mažiems karšto vandens srautams yra priimta, kad karšto vandens skaitiklis nefiksuoja jokio srauto iki pradinės  $Q_{start}$  ribos [4]:

$$Q_{start} = Q_{min} / 4. \tag{1}$$

Mūsų nagrinėjamu atveju galime įvertinti, kokia turėtų būti karšto vandens srauto pradinė reikšmė, nuo kurios karšto vandens skaitikliai jau pradeda fiksuoti pratekantį karšto vandens srautą:

$$Q_{start} = Q_{min} / 4 = 60 / 4 = 15 \text{ l/h.}$$

Gaunama 15 l/h karšto vandens srauto riba yra lygi 250 ml per minutę srautui, o tokiu srautu tekančio vandens per vieną minutę pribėgtų pilna stiklinė. Tai tikrai yra realus karšto vandens srautas, kuris gali pasitaikyti buitėje.

Apibendrinus analizės rezultatus galima daryti išvadą, kad atliekant buitinio karšto vandens suvartojimo analizę pastatuose duomenis reikėtų vertinti ne pagal gyventojų įvadinį skaitiklių duomenų sumą, bet pagal pastato įvadinio skaitiklio duomenis, arba, duomenis analizuojant pagal gyventojų skaitiklius, juos padidinti 7,39%.

#### 4. KARŠTO VANDENS VARTOJIMO APSKAITOS ĮVERTINIMAS DĖL TEMPERATŪRŲ SKIRTUMO

Ankstesniame skyriuje pateikto karšto vandens skaitiklių gamintojų deklaruojamo  $\pm 5\%$  pastato karšto vandens įvadinio skaitiklio ir nustatyto gyventojų buitinių karšto vandens skaitiklių skirtumas nuo 7,39% sudaro 2,39%. Šis skirtumas yra dėl mažesnio karšto vandens srauto vartojimo nei  $Q_{start}$  reikšmė, tačiau kita priežastis yra tiekiamo karšto vandens temperatūrų skirtumas tarp pastato įvadinio karšto vandens skaitiklio ir gyventojų buitinių karšto vandens skaitiklių. Pastato šilumos punkte šaltas vanduo prateka per apskaitos prietaisą, skirtą karštam vandeniui matuoti, pašildomas karšto vandens ruošimo šilumokaityje ir tiekiamas cirkuliacine karšto vandens tiekimo linija iki gyventojų apskaitos prietaiso [5]. Tekėdamas šį atstumą karšto vandens srautas, kurio temperatūra apie 10°C [6], fiksuojamas įvadiniaje pastato skaitiklyje, tuomet pašildomas karšto vandens šilumokaityje iki gyventojų pageidaujamos temperatūros (dažnai 44°C [7, 8]) ir, tekėdamas iki gyventojų buitinio karšto vandens skaitiklio, atvėsta: kai yra didelis karšto vandens vartojimo pikas pastate – labai nežymiai, kai vartojimo nėra – šiek tiek daugiau, taip pat priklauso nuo karšto vandens tiekimo cirkuliacinės linijos ilgio.

Galime įvertinti šio temperatūrų skirtumo įtaką pastato įvadinio ir gyventojų buitinių karšto vandens skaitiklių duomenų skirtumui. Šiems skaičiavimams priimame, kad gyventojų buitinio karšto vandens skaitiklį galutinai pasiekia 50°C temperatūros karštas vanduo. Tokios temperatūros vandens tankis  $\rho = 988,0 \text{ kg/m}^3$  [9]. 1 m<sup>3</sup> vandens masę galime apskaičiuoti pagal formulę [9]:

$$m = \rho \cdot V = 988,0 \cdot 1,0 = 988,0 \text{ kg;} \tag{2}$$

čia  $m$  – vandens masė kg,  $\rho$  – vandens tankis kg/m<sup>3</sup>,  $V$  – vandens tūris m<sup>3</sup>.

Šalto vandens masė pastato šilumos punkto įvade yra ta pati, kaip ir iki gyventojų atitekėjusio karšto vandens, o skiriasi tik tūris, kuris dėl žemesnės temperatūros pastato įvade yra mažesnis. Kadangi šalto vandens prieš karšto vandens šilumokaitį tankis  $\rho = 999,8 \text{ kg/m}^3$ , tuomet

$$V = m / \rho = 988,0 / 999,8 = 0,988 \text{ m}^3;$$

čia  $V$  – šalto vandens tūris prieš karšto vandens šilumokaitį  $\text{m}^3$ , 988,0 – šalto vandens masė prieš karšto vandens šilumokaitį  $\text{kg}$ , 999,8 – šalto vandens prieš karšto vandens šilumokaitį tankis  $\text{kg/m}^3$ .

Galime teigti: kai pastato gyventojas suvartoja  $1,000 \text{ m}^3$  karšto vandens, įvadinio pastato karšto vandens skaitiklio prieš šilumokaitį duomenys bus mažesni ir lygūs  $0,988 \text{ m}^3$ . Skirtumas sudaro  $0,012 \text{ m}^3$ , arba  $1,17\%$ . Tai reiškia, kad dėl vandens temperatūrų skirtumo pastato įvadinis karšto vandens skaitiklis parodo  $1,17\%$  mažesnius karšto vandens suvartojimo duomenis nei gyventojų buitinis karšto vandens skaitiklis. Siekiant anuliuoti šią paklaidą, pastato įvadinį karšto vandens apskaitos prietaisą tikslingai statyti ne ant dar nepašildyto šalto vandens vamzdyno atšakos, o už karšto vandens šilumokaičio.

Atlikta karšto vandens apskaitos ypatybių analizė leidžia daryti išvadą, kad nors gyventojų buitiniai karšto vandens skaitikliai rodo  $1,17\%$  didesnę karšto vandens suvartojimą nei yra pratekęs faktinis karšto vandens srautas, tačiau net ir tai įvertinus gyventojų buitinių karšto vandens skaitiklių duomenų suma yra  $7,39\%$  mažesnė nei pastato įvadinio skaitiklio duomenys. Perkėlus pastato įvadinį karšto vandens apskaitos prietaisą nuo šalto vandens vamzdyno prieš karšto vandens šilumokaitį už šilumokaičio, skirtumas tarp apskaitos prietaisų papildomai padidėtų  $1,17\%$  nuo gyventojų skaitiklių karšto vandens tiekėjo nenaudai ir būtų lygus:

$$7,39\% + (100\% - 7,39\%) / 100 \cdot 1,17\% = 8,47\%.$$

Todėl galime daryti išvadą, kad karšto vandens apskaitos netikslumai dėl karšto vandens skaitiklių sudaro ne  $7,39\%$ , o  $8,47\%$ . Vadinas, karšto vandens tiekėjui apskaitos netikslumai padidėtų iki  $8,47\%$ , o šiuos veiksmus jam atlikti yra netikslinga. Įvertinus visų kalendorinių mėnesių karšto vandens suvartojimo duomenis ir atsižvelgus į anksčiau gautą išvadą, tolesni karšto vandens suvartojimo dėsningumai bus tiriami vadovaujantis pastato įvadinį karšto vandens skaitiklių duomenimis.

## 5. KARŠTO VANDENS SUVARTOJIMO NETOLYGUMO ĮVERTINIMAS TIPINIAME GYVENAMAJAME DAUGIABUČIAME PASTATE

Karšto vandens suvartojimo netolygumui įvertinti buvo pasirinktas tipinis dviejų laiptinių 9 aukštų gyvenamasis pastatas Vilniaus mieste. Kiekviena pastato laiptinė turi po 36 butus, kiekvienas aukštas turi po 4 butus. Yra žinoma, kad karšto vandens poreikiai priklauso nuo daugelio veiksnių, vienas kurių – buto gyventojų skaičius [10]. Pastato plotas yra  $3740 \text{ m}^2$ . Butuose yra įrengta individuali šilumos bei karšto vandens vartojimo nuotolinė apskaita. Kiekviename bute įrengti antimagnetiniai impulsiniai karšto vandens skaitikliai, o ant šildymo prietaisų šilumos dalikliai.

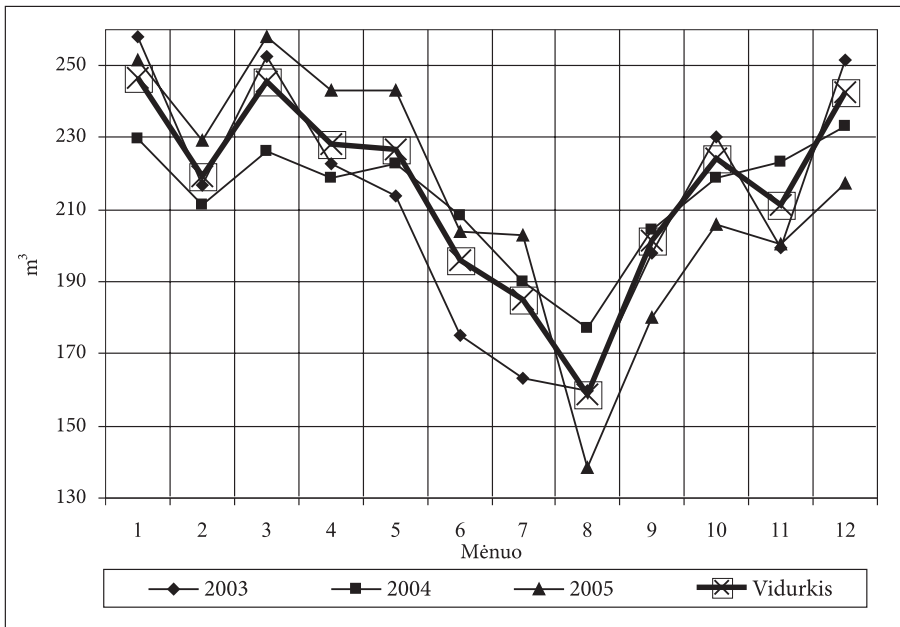
Vidutinis karšto vandens suvartojimas šiame pastate yra  $215,4 \text{ m}^3$  (arba  $0,058 \text{ m}^3 / \text{m}^2$ ) per mėn. ir kinta nuo  $158,5$  iki  $246,4 \text{ m}^3$  ( $0,042$ – $0,066 \text{ m}^3 / \text{m}^2$ ) per mėn. (5 pav.). Gyventojų karšto vandens suvartojimas priklauso nuo sezono: žiemą (sausį) vartojama daugiausiai –  $246,4 \text{ m}^3$  (arba  $0,066 \text{ m}^3 / \text{m}^2$ ) per mėn., iki rugpjūčio vartojama mažiau –  $158,5 \text{ m}^3$  (arba  $0,042 \text{ m}^3 / \text{m}^2$ ) per mėn., vėliau kyla iki maksimalaus žiemos suvartojimo.

Vieno tipinio daugiabučio gyvenamojo pastato karšto vandens suvartojimo pasiskirstymas pagal atskirus butus, įvertintas karšto vandens suvartojimu  $\text{m}^3$  per mėnesį  $1 \text{ m}^2$  buto plotui, pavaizduotas 6 paveiksle. Paveiksle matyti, kad per kalendorinį mėnesį  $1 \text{ m}^2$  buto plotui tenkančio karšto vandens suvartota vidutiniškai  $0,058 \text{ m}^3 / \text{m}^2$ . Šis dydis kinta pakankamai apibrėžtai –  $0,02$ – $0,14 \text{ m}^3 / \text{m}^2$ , išskyrus kelias išimtis. Šiame pastate yra 2 butai, kurių karšto vandens suvartojimas ištikus kalendorinius metus yra  $0 \text{ m}^3 / \text{m}^2$ , taip pat vienas dideliu karšto vandens suvartojimu išsiskiriantis vieno kambario butas – net  $0,23 \text{ m}^3 / \text{m}^2$ .

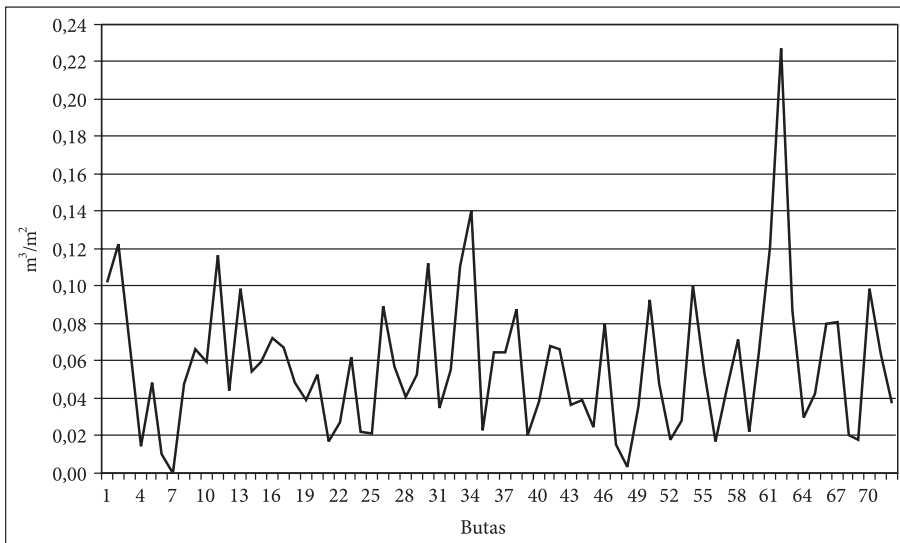
7 paveiksle pavaizduotas mėnesio karšto vandens suvartojimo  $\text{m}^3$ , tenkančio  $1 \text{ m}^2$  buto ploto, normalusis (Gauso) skirstinys pastatui. Šiame paveiksle matyti, kad tikimybės tankio funkcijos ekstremumas lygus  $10,5$  ir yra ties  $0,058 \text{ m}^3 / \text{m}^2$ , vidutine karšto vandens suvartojimo reikšme. Statistinėje analizėje yra labai svarbi 3S taisyklė, kuri teigia: jeigu atsitiktinis dydis yra pasiskirstęs pagal normalųjį skirstinį, tuomet jo reikšmės, nuo vidurkio nutolusios daugiau kaip per 3 vidutinius kvadratinus nuokrypius, bus praktiškai labai retos ir pasitaikys tik maždaug 3 kartus iš tūkstančio, arba kitaip tariant, absoliuti dauguma, t. y.  $99,73\%$ , tikimybės tankio susitelkia reikšmių ruože nuo  $-3S$  iki  $3S$ .

Inžineriniuose skaičiavimuose dažniausiai naudojama 2S taisyklė, kurią pritaikę žinome, kad  $95,45\%$  reikšmių patenka į tiriamą intervalą. Pritaikius 2S taisyklę 7 paveiksle matyti, kad į teigiamą pusę nukreipta 2S reikšmė yra lygi  $0,13 \text{ m}^3 / \text{m}^2$ , o į neigiamą pusę  $-2S$  lygi  $-0,02 \text{ m}^3 / \text{m}^2$ . Kadangi neigiamas karšto vandens suvartojimas negali būti, kaip pačią artimiausią nagrinėjamą žemutinę 2S reikšmę reikia priimti nulinę reikšmę. Tačiau projektuojant karšto vandens tiekimo sistemas aktualiausi yra karšto vandens suvartojimo maksimalūs pikai ir jų pasireiškimo tikimybė, todėl įdomiausia yra viršutinė 2S reikšmė –  $0,13 \text{ m}^3 / \text{m}^2$ . Ši reikšmė reiškia, kad didesnis karšto vandens suvartojimas nei  $0,13 \text{ m}^3 / \text{m}^2$  bus ypač retai, o šio teiginio patikimumas yra apibrėžtas  $95,45\%$  tikimybe. Vadinas, galime daryti išvadą, kad projektuojant šio daugiabučio gyvenamojo pastato karšto vandens tiekimo sistemą, reikėtų imti  $0,13 \text{ m}^3 / \text{m}^2$  karšto vandens suvartojimo mėnesio reikšmę kaip aukštutinę ribą, virš kurios didesnis karšto vandens suvartojimas bus mažai tikėtinas. 7 paveiksle pavaizduotas normalusis skirstinys su visomis 100% reikšmėmis, o 2S ribai atskirti nubrėžta papildoma linija.

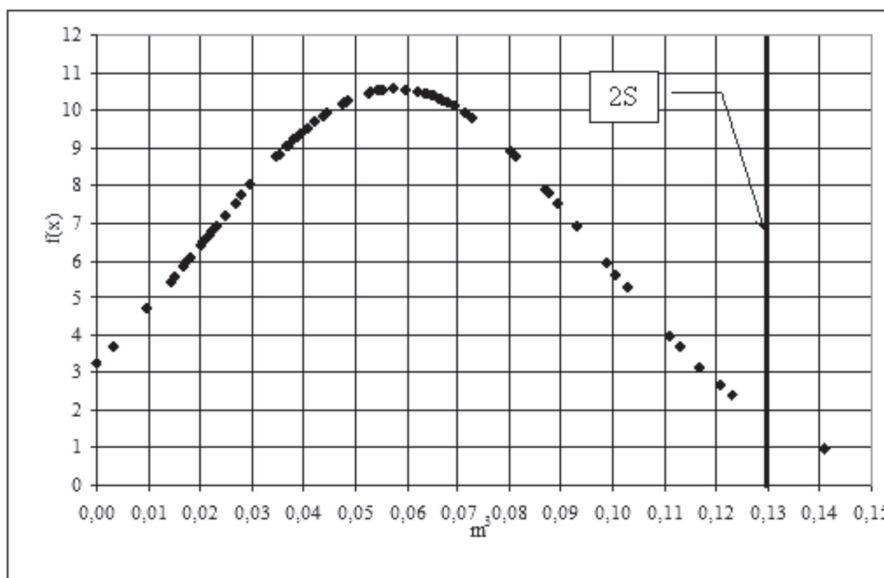
8 paveiksle parodytas karšto vandens suvartojimo  $\text{m}^3$  per parą bute Nr. 1 normalusis (Gauso) skirstinys. Tikimybės tankio funkcijos ekstremumas šiame bute yra  $2,76$  ir ties  $0,067 \text{ m}^3$  (arba  $1,05 \text{ l/m}^2$ ) vidutine karšto vandens suvartojimo reikšme per parą. Pritaikę 2S taisyklę 8 paveiksle matome, kad į teigiamą pusę nukreipta 2S reikšmė yra lygi  $0,36 \text{ m}^3$  (arba  $5,66 \text{ l/m}^2$ ), o į neigiamą pusę  $-2S$  lygi  $-0,22 \text{ m}^3$  (arba  $-3,46 \text{ l/m}^2$ ) per parą. Viršutinė 2S reikšmė, kuri lygi  $0,36 \text{ m}^3$  (arba  $5,66 \text{ l/m}^2$ ), reiškia, kad didesnis karšto vandens suvartojimas bus ypač retai, o šio teiginio patikimumas yra apibrėžtas  $95,45\%$  tikimybe. Vadinas, galime daryti išvadą, kad projektuojant šio buto karšto vandens



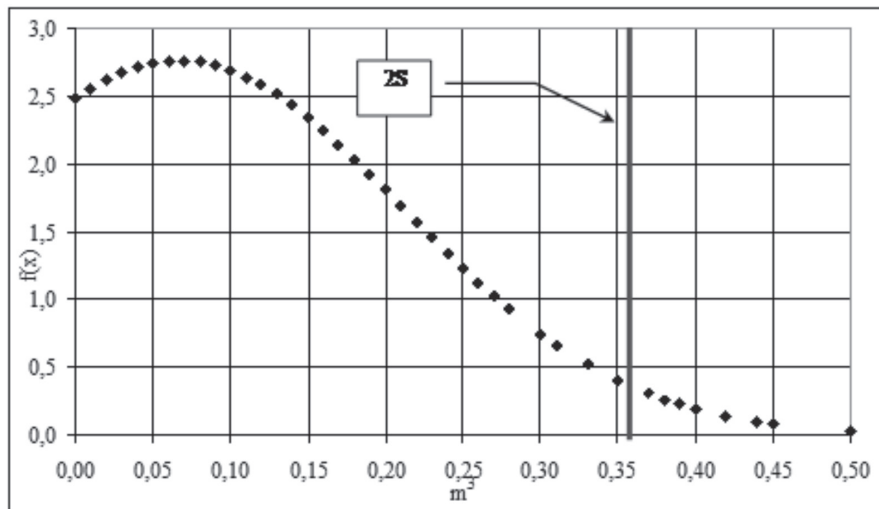
5 pav. Karšto vandens suvartojimas pastate 2003–2005 kalendoriniais metais



6 pav. Vidutinis mėnesio karšto vandens suvartojimas pastato butų 1 m<sup>2</sup>



7 pav. Mėnesio karšto vandens suvartojimo m<sup>3</sup>, tenkančio 1 m<sup>2</sup> buto ploto, standartinis normalusis (Gauso) skirstinys pastatui



8 pav. Karšto vandens suvartojimo  $m^3$  per parą bute standartinis normalusis (Gauso) skirstinys

tiekimo sistemą, reikėtų imti  $5,66 l/m^2$  karšto vandens suvartojimo paros reikšmę kaip aukštutinę ribą, virš kurios didesnis karšto vandens suvartojimas bus labai retai tikėtinas.

## 6. IŠVADOS

1. Nustatytos karšto vandens suvartojimo Vilniaus miesto tipiniuose daugiabučiuose gyvenamuosiuose pastatuose tendencijos per kalendorinius metus. Vidutinis karšto vandens suvartojimas daugiabučiuose gyvenamuosiuose pastatuose per parą yra  $1,51 l/m^2$ . Vasarą jis yra mažiausias, o minimali ( $1,16 l/m^2$ ) reikšmė yra liepą. Žiemą karšto vandens suvartojimas yra didžiausias ir maksimali ( $1,84 l/m^2$ ) reikšmė yra gruodį.

2. Atlikus vieno tipinio daugiabučio gyvenamojo pastato karšto vandens suvartojimo analizę nustatyta, kad vidutinis karšto vandens suvartojimas šiame pastate yra  $0,058 m^3/m^2$  per mėn. ir kinta nuo  $0,042$  iki  $0,066 m^3/m^2$  per mėn.

3. Atlikus tipinio daugiabučio pastato vieno tipinio buto karšto vandens suvartojimo analizę nustatyta, kad vidutinis karšto vandens suvartojimas šiame bute yra  $1,05 l/m^2$  per parą. Pritaikius 2S taisyklę matyti, kad maksimali karšto vandens suvartojimo per parą reikšmė yra  $5,58 l/m^2$  su 95,45% patikimumo lygiu.

4. Nustatyta, kad įvadinio pastato karšto vandens skaitiklio rodmenys visada yra didesni nei gyventojų buitinių karšto vandens skaitiklių duomenų suma. Vidutinis šių duomenų skirtumas per kalendorinius metus sudaro 7,39%.

5. Įvadinio pastato karšto vandens skaitiklio duomenų ir gyventojų buitinių karšto vandens skaitiklių duomenų skirtumas yra didesnis nei deklaruojamos karšto vandens skaitiklių gamintojų paklaidos, todėl norint nustatyti tikrąjį karšto vandens suvartojimą, duomenis reikia analizuoti pagal pastato įvadinio karšto vandens skaitiklio rodmenis.

6. Jei pastate nėra įvadinio karšto vandens skaitiklio arba jo rodmenys nežinomi, faktinį karšto vandens suvartojimą pastate galima įvertinti ir pagal gyventojų buitinių karšto vandens skaitiklių sumą, šią sumą padidinant vidutiniškai 7,39%.

7. Dėl vandens temperatūrų skirtumo tarp pastato įvadinio karšto vandens skaitiklio ir gyventojų buitinių karšto vandens skaitiklių vietose, gyventojų buitinis karšto vandens skaitiklis rodo 1,17% didesnius karšto vandens suvartojimo duomenis nei pastato įvadinis karšto vandens skaitiklis.

Norint naikinti šią paklaidą, pastato įvadinio karšto vandens apskaitos prietaisą tikslinga statyti ne ant dar nepašildyto šalto vandens vamzdyno atšakos, o už karšto vandens šilumokaičio, tačiau tuomet paklaida dar labiau padidėtų – iki 8,47%.

Gauta 2006 10 08

Priimta 2007 09 10

## Literatūra

1. Balčikonis R. Šilumos ir karšto vandens apskaitos problemos // Šiluminė technika. 1998. Nr. 1. P. 5–6.
2. JP Building Engineers, Center for Energy Efficiency in Buildings Heat Metering and Billing: Technical Options, Policines and Regulations. China, Bei Yin, 2002. P. xi.
3. Aquametro AG Hot Water. Rubi Technical Information. 2005. P. 7.
4. Ingimundarson A., Wollerstrand J., Arvastson L. On Sizing of Flow Meters Used in Customer Accounting Devices in District Heating Systems. 2005. P. 4.
5. Gedgaudas M., Šležas A., Kvedarauskas J., Tuomas E. Šilumos tiekimas. Vilnius, 1992. P. 61–87.
6. Stankevičius V., Karbauskaitė J. Gyvenamųjų namų šilumos nuostoliai. Kaunas: Technologija, 2000. P. 134–135.
7. Valstybinė kainų ir energetikos kontrolės komisija. 1999 m. spalio 19 d. nutarimas Nr. 85. „Dėl centralizuotos šilumos kainų taikymo, nustatant mokėjimus už patalpų šildymą ir karšto vandens tiekimą daugiabučio gyvenamojo namo butams tvarkos tvirtinimo“. Vilnius.
8. Valstybinė kainų ir energetikos kontrolės komisija. 2003 m. spalio 28 d. nutarimas Nr. O3–75 „Dėl 1999 m. spalio 19 d. nutarimu Nr. 85 patvirtintos centralizuotos šilumos kainų taikymo, nustatant mokėjimus už patalpų šildymą ir karšto vandens tiekimą daugiabučio gyvenamojo namo butams, tvarkos dalinio pakeitimo“. Vilnius.
9. Švenčianas P., Narbutas T. Šiluminė technika. Kaunas: Technologija, 1998.
10. Pastatų aprūpinimas šiluma // 5-osios tarptautinės konferencijos „Aplinkos inžinerija“ moksliniai pranešimai. Vilnius: Technika, 2002. P. 47.

Romanas Savickas, Alfonsas Skrinska

**EFFECTIVENESS OF HOT WATER ACCOUNT IN  
COMPARTMENT BUILDINGS AND ANALYSIS OF  
CONSUMPTION UNCERTAINTY**

*Summary*

The article presents an effectiveness analysis of hot water accounting in compartment houses of Vilnius. The total fixed hot water amount in flats is always less than input meter readings because of the technical characteristics of hot water meters and hot water users' customary use. Also, the hot water consumption uncertainty analysis of a typical multiflat dwelling building and its typical flat, the maximal consumption of hot water necessary for a consumer are presented.

**Key words:** hot water, hot water account, hot water consumption, uncertainty analysis

Романас Савицкас, Алфонсас Скринска

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ УЧЕТА ГОРЯЧЕЙ ВОДЫ В  
МНОГОКВАРТИРНЫХ ЗДАНИЯХ И АНАЛИЗ  
НЕУСТОЙЧИВОСТИ ПОТРЕБЛЕНИЯ**

*Резюме*

Рассматривается эффективность учета горячей воды в многоквартирных зданиях города Вильнюс. Отмечено, что зафиксированное суммарное количество горячей воды в квартирах многоквартирных зданий всегда ниже, чем значения вводного счетчика. Это происходит из-за технических характеристик счетчика и навыков потребления горячей воды. Приводится анализ неравномерности потребления горячей воды в типичных многоквартирных зданиях и в типичных квартирах, установлено максимальное количество горячей воды, в котором могут нуждаться потребители.

**Ключевые слова:** горячая вода, потребление горячей воды, учет потребления горячей воды, анализ неустойчивости