



AUKŠTŪJŲ PANERIŲ MIKRRAJONO (VILNIAUS M.) VANDENTIEKIO SISTEMOS HIDRAULINIS MODELIAVIMAS IR OPTIMIZAVIMAS

Simas Janušas¹, Mindaugas Rimeika²

*VGTU AIF Aplinkos apsaugos ir vandens inžinerijos katedra
El. p. ¹simasjanusas@gmail.com; ²mindaugas.rimeika@vgtu.lt*

Anotacija. Hidraulinis modelis yra modernus įrankis, kuris taikomas vandentiekio sistemos darbo analizei visame pasaulyje. Pasitelkiant hidraulinį modeliavimą, galima analizuoti įvairius scenarijus vandentiekio tinkle, kad būtų galima parinkti tinkamus inžinerinius sprendimus sistemai optimizuoti. Šiame straipsnyje nagrinėjama didžiausio Vilniaus pramoninio rajono – Aukštųjų Panerių raj. vandentiekio sistema. Tyrimo metu buvo atlikti natūriniai debito matavimai bei sudarytas mikrorajono vandentiekio tinklo hidraulinis modelis, kuris buvo sukalibruotas sumodeliuotus rezultatus lyginant su atliktų matavimų duomenimis. Buvo nustatyta, kad Aukštųjų Panerių raj. vandentiekio tinkle vandens nuostoliai sudaro 13 %. Nustatyta, kad nagrinėjamoje vandentiekio sistemoje vandens tekėjimo greitis nėra optimalus ir siekia ne daugiau nei 0,5 m/s. Modeliavimo metu atlikta slėgio tinkle analizė. Taip pat atlikta vandens išbuvimo trukmės tinkle analizė, vandentiekio sistemos darbo analizė kilus gaisrui ir avarijai vandentiekio tinkle. Pateikiamos rekomendacijos dėl Aukštųjų Panerių raj. vandentiekio sistemos darbo optimizavimo priemonių.

Reikšminiai žodžiai: hidraulinis modelis, vandentiekis, vandentiekio sistemos darbo optimizavimas, hidraulinio modelio kalibravimas, debito matavimas.

Įvadas

Vandentiekio tinkų sistemos, kurios yra itin svarbios aprūpinant bendruomenes vandeniu, apima vamzdžius, siurblius, uždaramąją armatūrą ir rezervuarus bei yra sukurtos tiekti vandenį užtikrinant pakankamą jo kiekį, slėgį ir kokybę kiekvienam vartotojui. Jų sąnaudos sudaro 60–80 % visos vandens tiekimo sistemos, todėl svarbu optimizuotas požiūris ne tik atsižvelgiant į techninius aspektus, bet ir finansinius (pradinės ir eksploatacinės sąnaudos) (Elsheikh ir kt., 2013)

Modernus vandentiekio tinklų valdymas reikalauja patikimų ir tvirtų sprendimų, siekiant efektyviai paskirstyti investicijas tuo pačiu teikiant efektyvias paslaugas vartotojams (Giustolisi, 2016). Šiam tikslui pasiekti ieškomi šiuolaikiški ir modernūs būdai. Vienas iš tokių būdų yra vandentiekio tinklo hidraulinio modelio taikymas.

Hidrauliniai modeliai yra skaičiavimo rezultatų reprezentacijos ir/ar realių sistemų veikimo funkcijų reprodukcijos. Hidraulinio modeliavimo įrenginiai yra skaitmeninės programos, su kuriomis galima sukurti vandentiekio sistemos modelį. Šie modeliai atkartoja vandentiekio sistemos darbą, sprendžiant hidraulinę lygtis. Šis įrankis leidžia modelio naudotojams gauti informaciją

apie visus sistemos elementus konkrečiu metu, taip teikiant svarbią pagalbą net pačių sudėtingiausių sistemų valdymui ir veiklos kontrolei (Coelho ir Andrade-Campos, 2013).

Hidraulinis vandentiekio sistemos modeliavimas tampa standartine praktika vandentvarkos srityje vertinant vandens kokybę, hidrauliką ir ekonominius šios sudėtingos sistemos aspektus. Tinkamai sukurtas hidraulinis modelis, naudojant pažangias technologijas, (pvz., GIS – geografinės informacinės sistemos, telemetrijos sistemos, tikslūs gaisrams gesinti skirti debito skaičiavimai, vandens kokybės analizė ir vandens nuostolių vertinimas) tapo nepakeičiamu vandentvarkos specialistų įrankiu (Farmani ir kt., 2007).

Lietuvoje hidrauliniai vandentiekio tinklo modeliai dar tik pradami diegti ir taikyti vandens tiekimo įmonėse. Tačiau ateityje hidraulinis modelio naudojimas turėtų tapti kiekvienos vandens tiekimo įmonės efektyvaus darbo dalimi (Rimeika ir Jurkienė, 2016).

Tyrimo tikslas – išanalizuoti Aukštųjų Panerių raj. (Vilniaus m.) vandentiekio sistemos veikimą ir pateikti rekomendacijas dėl jos darbo optimizavimo priemonių.

Metodika

Aukštieji Paneriai yra įsikūrę pietrytinėje Vilniaus miesto dalyje. Tai didžiausias pramoninis rajonas Vilniuje, kuriame 2009 metų duomenimis gyveno tik 1500 gyventojai. Aukštųjų Panerių mikrorajoną vandeniu aprūpina Aukštųjų Panerių vandenvietė, kuri įsikūrusi Kirtimų g. 6A, Vilniuje. Ši vandenvietė vandenį tiekia į Aukštuosius Panerius, Vaidotus (1268 gyv.), Pagirius (3451 gyv.), Liudvinavą bei Gariūnus. Aukštųjų Panerių mikrorajono vandentiekio tinklų skersmenys yra pasiskirstę nuo DN32 mm iki DN400 mm. Pagrindinės vamzdinių medžiagos: ketus, polietilenas (PE).

Tyrimo metu Aukštųjų Panerių raj. vandentiekio tinklo analizei bei galimiems tinklo darbo optimizavimo scenarijams sukurti naudotas hidraulinis modelis. Hidraulinio vandentiekio tinklo modeliui sudaryti naudojama programinė įranga *WaterGEMS*, *Bentley Systems Inc.* (JAV).

Sukurta tiriamojo mikrorajono hidraulinį modelį sudarė:

- 100 km vandentiekio tinklas;
- vandenvietė su siurbliais;
- buitiniai ir pramoniniai vandens suvartojimai;
- vandentiekio tinklo armatūra.

Aukštųjų Panerių raj. vandentiekio vamzdinių planas sudarytas naudojantis UAB „Vilniaus vandenys“ pateikta GIS informacija apie vamzdžių skersmenis, ilgį ir medžiagą, iš kurios jie pagaminti. Importuojant duomenis į *WaterGEMS* modeliavimo programą nustatyta tinklo geometrijos klaidų (vamzdiniai nesujungti arba sujungti netinkamose vietose), kurias teko surasti ir ištaisyti mechaniniu būdu. Į hidraulinį modelį įtraukti tie vamzdžiai, kurių skersmuo yra lygus DN100 mm bei didesnio skersmens vamzdžiai (iki DN400 mm). Kadangi gautoje informacijoje medžiaga nurodyta tik 40 % vamzdžių, tai tiems vamzdžiams, kurių medžiaga žinoma, priskirti atitinkami šurkštumo koeficientai (1 lentelė), o likusiųjų vamzdžių duomenys (medžiaga ir šurkštumo koeficientas) nustatyti kaip ketaus ($c = 130$). Taip pat dalies vamzdžių skersmenys buvo nenurodyti ar nurodyti

1 lentelė. Naudotos šurkštumo koeficientų reikšmės

Medžiaga	Šurkštumo koeficientas c (Hazen-Viljamso)
Ketus	130
Polietilenas (PE)	140
Plienas	140
PVC	150

klaidingai, todėl ši informacija buvo patikslinta konsultuojantis su tinklą eksploatuojančios organizacijos darbuotojais.

Hidrauliniam modelyje buvo analizuojami tik tie tinklai, kurie priklauso vandentiekio tinklus eksploatuojančiai organizacijai ir nepriklausantys eksploatuotojui, tačiau sužiedinantys vandentiekio tinklą. Iš viso į hidraulinį modelį įtraukta tiek vamzdžių:

- DN100-150 mm 20,8 km;
- DN150-200 mm 24,8 km;
- DN200-300 mm 29,3 km;
- \geq DN300 mm 25,4 km.

Duomenys apie vandens suvartojimą paimti iš UAB „Vilniaus vandenys“ duomenų bazės, kurioje kaupiami duomenys apie apskaitomą vandens kiekį. Iš viso Aukštuosiuose Paneriuose yra 3416 vandens vartotojų, iš kurių 732 yra juridiniai subjektai, o 2684 yra privatūs vartotojai. Sukėlus vartotojus į hidraulinį modelį, jie buvo priskirti artimiausiam vandentiekio tinklo taškui. Nustatant vidutinį vandens suvartojimą naudoti 2018 metų duomenys. Nustačius vidutiniškai per mėnesį suvartojamo vandens kiekį, buvo apskaičiuoti valandos duomenys (m^3/h), reikalingi hidrauliniam modeliui sukurti. Buitinių bei pramoninių vartotojų grupėms buvo sudaryti paros vandens suvartojimo grafikai, kuriuose matoma, kiek yra faktiškai suvartojama vandens konkrečiu paros metu.

Aukštųjų Panerių mikrorajone veikia viena vandenvietė. Vilniaus vandens tiekimo įmonė vykdo iš vandenvietės tiekiamo vandens debito apskaitą. Šie duomenys naudojami hidrauliniam modeliui kurti

Kuriant hidraulinį modelį suvedami reikalingi siurblių techniniai parametrai:

- siurblių tiekiamas debitas (m^3/h);
- palaikomas slėgis (bar);
- siurblių darbo efektyvumas (%);
- galingumas (kW).

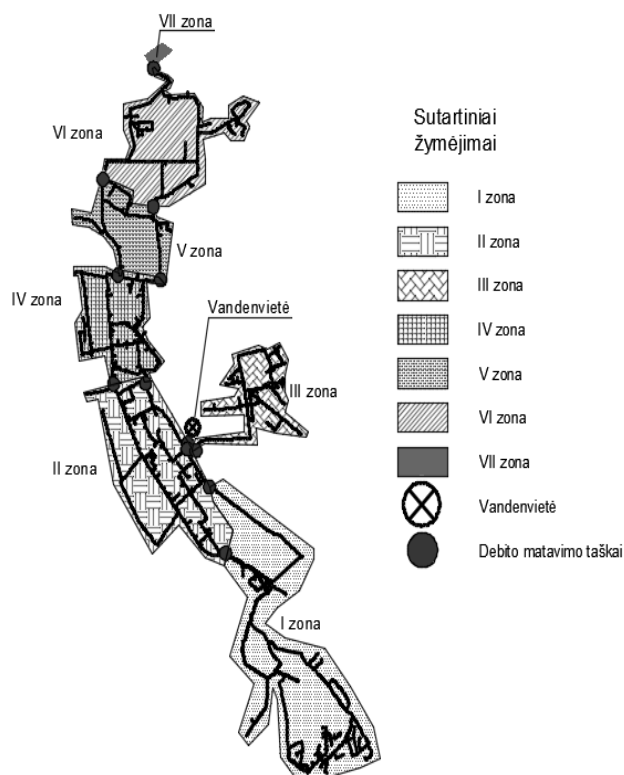
Pagal duomenis, gautus iš Vilniaus vandens tiekimo įmonės SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) sistemos, sudarytas vandens siurblinėje netolygumo 24 valandų trukmės, 15 min. periodiškumo grafikas Sudarytas tipinės darbo dienos (antradienio) grafikas.

Kitame hidraulinio modelio kūrimo etape yra parenkamos matavimų vietos bei atliekami matavimai. Geriausi rezultatai būtų pasiekiami, jei suplanuotose taškuose matavimai atliekami vienu metu. Kadangi vandentiekio tinklo darbo sąlygos nuolat kinta, tai matavimai vandentiekio tinkle turėtų būti atliekami esant vienodomis darbo sąlygomis, kad perkeltant matavimo duomenis į hidraulinį modelį nenukentėtų tikslumas ir kokybė (Rimeika ir Jurkienė, 2016).

Prieš atliekant matavimus Aukštųjų Panerių mikrorajone vandentiekio tinklas buvo suskirstytas į matuojamas zonas. Iš viso vandentiekio tinkle sudarytos 7 zonos. I paveiksle pateiktos nagrinėjamos teritorijos vandentiekio zonos, debito matavimo taškai bei tinklų išdėstymo planas. Tinklas skirstomas į zonas atsižvelgiant į šiuos parametrus:

- vandens vartotojų pobūdis;
- vandentiekio tinkle palaikomas slėgis;
- tinklo ypatybės.

I zonoje vyrauja buitiniai vartotojai (Pagirių ir Vaidotų kaimai). II–VI zonoje didžiąją suvartojamo vandens dalį sudaro pramonės įmonės. VII zona gerokai mažesnė už likusias, tačiau šioje zonoje eksploatuojami itin didelį vandens kiekį sunaudojantys Vilniaus nuotekų valymo įrenginiai, todėl norint užtikrinti modelio tikslumą, matavimus svarbu atlikti ir šioje vietoje.



1 paveikslas. Aukštųjų Panerių raj. vandentiekio tinklas su zonomis bei debito matavimo taškais

Atliekant matavimus buvo įrengta 12 matavimo taškų. Trys debitomačiai buvo sumontuoti ant iš vandenvietės ištekančių vamzdžių, du ant DN400 mm vamzdžių, kuriais tiekiamas vanduo į visas zonas, išskyrus III zoną, dar vienas buvo pastatytas ant DN200 mm vamzdžio, kuriuo tiekiamas vanduo į III zoną. Du DN400 mm debitomačiai buvo sumontuoti atskiriant I ir II zonas. Kiti du

debitomačiai, vienas DN300 mm (V. A. Graičiūno g.), kitas DN250 mm (Ugniagesių g.), buvo sumontuoti tarp II ir IV zonų. Du DN300 mm debitomačiai buvo sumontuoti atskiriant IV ir V zonas. V ir VI zonos atskirti taip pat buvo sumontuoti du DN300 mm debitomačiai. VII zonai atskirti buvo sumontuotas vienas DN200 mm debitomatis. Matavimams atlikti buvo naudojami OPTIFLUX 2000 elektromagnetiniai debitomačiai. Matavimo duomenys buvo kaupiami naudojant IFC 3000 duomenų kaupiklius, kurie skirti debito ir slėgio duomenims kaupti. Visa kaupiama informacija buvo perduodama į SCADA sistemą, iš kurios paimti duomenys buvo naudojami tinklo analizei bei hidraulinio modelio kalibravimui.

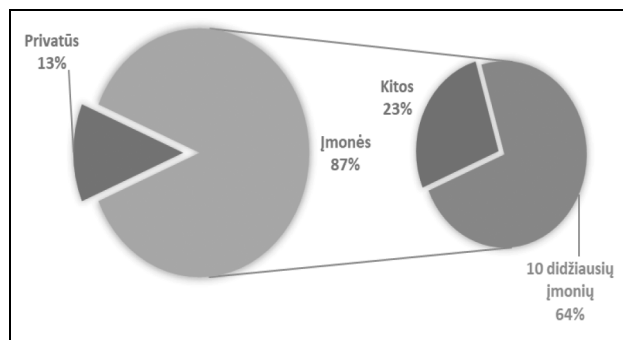
Toliau atliktas hidraulinio modelio kalibravimas. Kalibruojant modelį buvo sulyginami sumodeliuoti rezultatai su išmatuotais. Modelis buvo kalibruojamas tikslinant duomenis apie suvartoto vandens kiekius, keičiant vamzdinių šurkštumo koeficientus bei ieškant galimų į modelį suvestos informacijos apie vandentiekio tinklą neatitikimų.

Atlikus kalibravimą buvo modeliuojami scenarijai vandentiekio sistemos analizei. Analizuoti šie scenarijai:

- tipinės darbo dienos analizė;
- mikrorajone kilęs gaisras, kurio metu sunaudojamas vandens kiekis padidėja 15 l/s;
- uždaromas vienas iš dviejų vamzdžių, kuriais tiekiamas vanduo į didžiąją mikrorajono dalį;
- vandens išbuvimo trukmės analizė.

Rezultatai ir analizė

Išnagrinėjus informaciją apie 2018 metais deklaruotus suvartoto vandens kiekius, matomas akivaizdus skirtumas tarp buitinių ir juridinių vartotojų. Nustatyta, kad juridinių vartotojų valdomi objektai suvartoja net 87 % (3557 m³/d.) viso per parą suvartojamo vandens (4075 m³/d.) (2 paveikslas).



2 paveikslas. Aukštųjų Panerių raj. Suvartojamo vandens pasiskirstymas

10 didžiausių pramoninių objektų suvartojamas vandens kiekis sudaro beveik du trečdalius Aukštųjų Panerių mikrorajono juridinių objektų suvartojamo vandens. Daugiausiai vandens suvartoja Vilniaus nuotekų valymo įrenginiai (1715 m³/d.), tai yra 42 % nuo bendro vandens suvartojimo ir 48 % nuo juridinių objektų suvartojamo vandens.

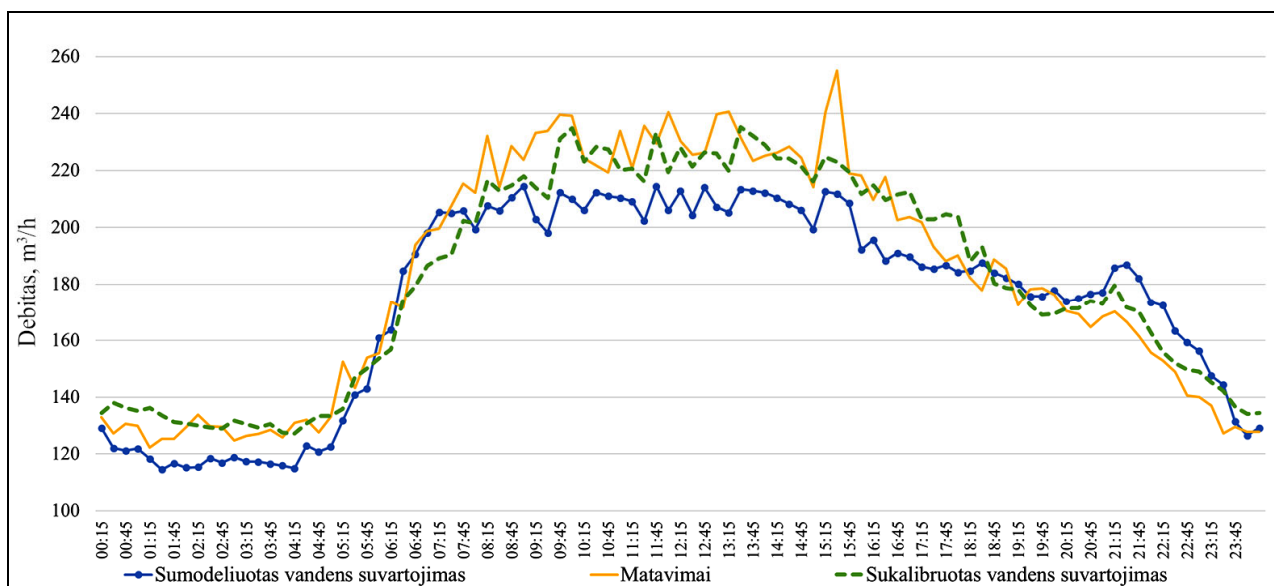
Matavimai buvo atliekami Aukštųjų Panerių raj. vandentiekio tinkle 2019 metų rugsėjo-lapkričio mėnesiais. Išanalizavus atliktų matavimų duomenis pastebimas neatitikimas tarp išmatuotų tarp deklaruoto ir išmatuoto vandens kiekio. Palyginimas pateiktas 2 lentelėje. Skirtumas tarp šių reikšmių sudaro 518 m³/d. Šis kiekis yra 13 % didesnis už deklaruotą vandens kiekį, tad daroma prielaida, kad šis vandens kiekis yra vandens nuostoliai.

2 lentelė. Deklaruoto bei išmatuoto vandens kiekio palyginimas

Zona	2018 metais deklaruotas vandens kiekis, m ³ /d.	Išmatuotas vandens kiekis, kuris suvartojamas zonoje m ³ /d.	Vartotojų skaičius
I	684	694	1893
II	495	762	263
III	232	208	797
IV	528	865	352
V	226	196	34
VI	195	137	76
VII	1715	1731	1
Suma	4075	4593	3416

Pagal suvartojamo vandens kiekį ir esamą vartotojų skaičių galima matyti, kad I ir III zonose vyrauja privatūs vartotojai, o likusiose zonose daugiausiai juridinių vartotojų valdomi objektai.

Buvo sumodeliuotas ir sukalibruotas į vandentiekio sistemą tiekiamas vandens kiekis (3 paveikslas). Iš grafiko matoma, kad sumodeliuotas tiekiamo į tinklą vandens kiekis yra mažesnis nei išmatuotas, taip pat nevysiškai sutampa vandens suvartojimo pobūdis. Didžiausios neatitiktys nustatytos nakties valandomis (tarp 1 ir 4 valandos) ir dienos valandomis (tarp 8 ir 17 valandos), kai sumodeliuotas debitas yra mažesnis 15–25 m³/h už išmatuotąjį, taip pat vakare (21–24 valandomis), kai sumodeliuotas debitas yra 10–15 m³/h didesnis už išmatuotą. Atlikus modelio kalibravimą, šie skirtumai tapo nežymūs, tačiau vis tiek pastebima, kad kalibruotas debitas ryto valandomis (7–9 valandą) yra mažesnis už išmatuotą bei vakare (21–24 valandomis) kalibruotas debitas yra šiek tiek didesnis nei išmatuotas. Modeliui kalibruoti buvo koreguojami vandens suvartojimo grafikai, keičiamas vamzdžių šiuurkštumo koeficientas bei modeliuojami nuostolių taškai. Visame tinkle buvo sumodeliuoti 10 taškų, kuriuose nuolatos bendrai teka 25 m³/h vandens, kuris nėra deklaruojamas. Po keturis tokius taškus buvo sumodeliuota II zonoje (du taškai po 3 m³/h ir du po 2 m³/h) ir IV zonoje (du taškai po 4 m³/h ir du po 2 m³/h), nes ten didžiausias skirtumas tarp deklaruoto ir išmatuoto vandens kiekio. Po vieną tokį tašką buvo sumodeliuota I zonoje (2 m³/h) bei VII zonoje (1 m³/h).



3 paveikslas. Debito tiekiamo į Aukštųjų Panerių raj. vandentiekio tinklą matavimo duomenys bei sumodeliuoti duomenys

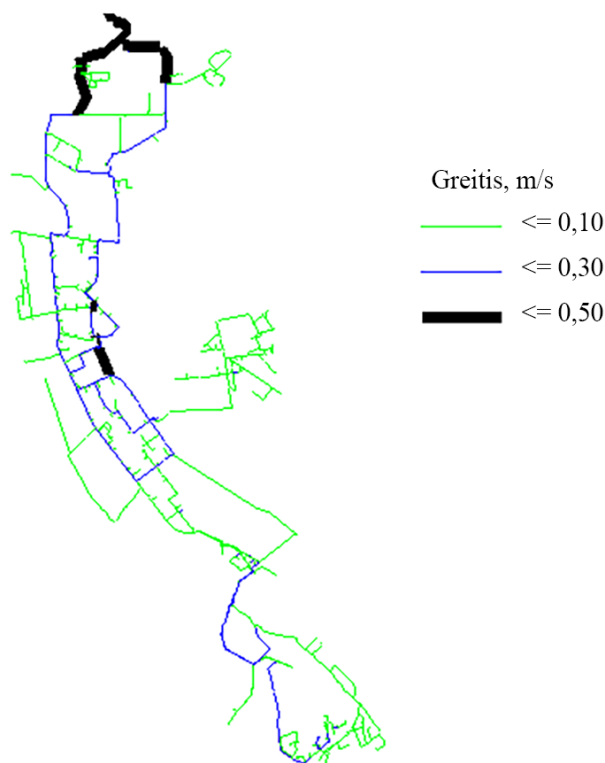
Atlikus slėgio tinkle analizę, pastebėta, kad dalyje tinklo nuolatos palaikomas aukštas slėgis. I zonoje Vaidotų kaime bei Pagirių kaime (Pagirių, Vokės, Naujojoje ir Lauko gatvėse) slėgis svyruoja nuo 5,5 iki 6,0 barų, II zonoje Naujojoje ir Kazbėjų gatvėse nuo 5,4 iki 6,0 barų, Šiaurinėje VI zonos dalyje slėgis svyruoja nuo 5,4 iki 6,9 barų, o rytinėje dalyje, nors ir yra slėgio reguliatorius, kuris sumažina slėgį iki 3,0 barų, tačiau yra sumontuotas kalvos viršūnėje ir slėgis vis tiek siekia iki 7,0 barų, VII zonoje ties nuotekų valymo įrenginiais slėgis siekia iki 7,5 baro. Kitose Aukštųjų Panerių vandentiekio tinklo vietose slėgis pasiskirstęs nuo 2,0 ir neviršija 5 barų. Tose vietose, kur pastebimas aukštas slėgis, vandentiekio tinklas patiria didžiules apkrovas, todėl kyla didelė avarijos tikimybė. Kaip slėgio mažinimo priemonė galėtų būti naudojami slėgio reguliatoriai. Atlikus analizę, kai tinkle sumontuojami 2 slėgio reguliatoriai VI zonoje (Kuro gatvėje bei Kuro ir Paneriškių gatvių sankryžoje), nustatyta, kad slėgį šiaurinėje zonos dalyje galima sumažinti iki 4,1 baro (buvo 6,9 bar). Taip pat slėgis VII zonoje sumažėja iki 5,4 baro (buvo 7,5 bar). Toks pakeitimas galėtų padėti užtikrinti vamzdžių ilgaamžiškumą.

Išanalizavus scenarijų, kurio metu Aukštuosiuose Paneriuose modeliuojamas gaisras, kai viename tinklo taške papildomai sunaudojama 15 l/s vandens aukščiausiam tinklo taške esančiame I zonoje Povilo Matulionio gatvėje, nustatyta, kad slėgis nei vienoje tinklo vietoje nenukrinta žemiau nei 1,8 baro, todėl net ir gaisro metu visiems vartotojams yra užtikrinamas nenutrūkstamas ir pakankamo slėgio (≥ 1 bar (STR 2.07.01:2003)) vandens tiekimas.

Atlikus scenarijaus modeliavimą, kurio metu uždaromas vienas iš dviejų vamzdžių, kuriais į mikrorajoną tiekiamas vanduo, nustatyta, kad slėgis aukščiausiam tinklo taške sumažėja iki 1,4 baro, todėl visiems vartotojams vanduo tiekiamas nenutrūkstamai tenkinant minimalius slėgio reikalavimus vandentiekio tinkle (≥ 1 bar).

Aukštųjų Panerių raj. vandentiekio tinkle vandens tekėjimo greitis (4 paveikslas) neviršija 0,5 m/s, kas neatitinka optimalaus vandens tekėjimo greičio vamzdyne, kuris būtų 0,8–1,4 m/s, nei minimalaus 0,5 m/s (STR 2.07.01:2003). Minimalaus vandens tekėjimo greičio reikalavimą tenkina mažiau nei 1 % analizuojamo tinklo vamzdinių, o 70 % vamzdžių vandens tekėjimo greitis yra 0,1 m/s ar mažesnis. Dėl tokios priežasties vanduo vamzdyne užsistovi.

Atlikus vandens išbuvimo trukmės tinkle analizę nustatyta, kad didžiojoje dalyje vandentiekio tinklo ji neviršija 48 valandų, tačiau III ir IV zonų vakarinėse



4 paveikslas. Vandens tekėjimo greičio pasiskirstymas Aukštųjų Panerių raj. vandentiekio tinkle

dalyse (Kazbėjų bei Liudvinavo gatvėse), kur vyrauja gyvenamieji namai, vandens išbuvimo trukmė siekia iki 96 valandų. Tam, kad būtų užtikrinama gera vandens kokybė, rekomenduojama, jog vandens išbuvimo trukmė vandentiekio tinkle neviršytų 24 valandų. Vandens per ilgo išbuvimo trukmės problemą Aukštųjų Panerių raj. galima būtų išspręsti paklojus apie 380 metrus naujo 150 mm skersmens vamzdžio (nuo Kazbėjų iki V. A. Graičiūno gatvės ir tarp Liudvinavo bei Lentvario gatvių), taip esamą vandentiekio tinklą rekonstruojant į žiedinį. Įgyvendinus šį planą, vandens išbuvimo trukmė probleminėse vandentiekio tinklo vietose neviršytų 24 valandų. Toks pakeitimas darytų įtaką apie 300 vartotojų.

Išvados

1. Norint nustatyti, kaip vandens suvartojimas pasiskirstęs tinkle, būtina atlikti natūrinius debito matavimus, prieš tai vandentiekio tinklą suskirsčius į zonas.
2. Hidraulinio modelio tikslumui užtikrinti turi būti atliekamas jo kalibravimas, lyginant sumodeliuotus rezultatus su atliktais matavimais.
3. Aukštųjų Panerių raj. vandentiekio tinkle yra 13 % vandens nuostolių arba 518 m³/d.

4. Aukštųjų Panerių raj. slėgis yra pasiskirstęs nuo 2,0 iki 7,5 bar. Slėgiui tinkle sumažinti rekomenduojama įrengti 2 slėgio reguliatorius, kad būtų užtikrintas tinklo ilgaamžiškumas.
5. Atlikus sumodeliuotų kritinių situacijų (scenarijų) analizę nustatyta, kad (gaisro gesinimas, avarija tinkle) Aukštųjų Panerių raj. vandentiekio sistema veikia tinkamai.
6. Aukštųjų Panerių raj. vandentiekio tinkle vandens tekėjimo greitis siekia iki 0,5 m/s. Kadangi šis greitis nėra optimalus, ir dėl per didelio vamzdynų skersmens vanduo tinkle užsistovi.
7. Nagrinėtoje vandentiekio sistemoje vandens išbuvimu trukmė siekia iki 96 valandų. Rekomenduojama pakloti 380 metrų naujo vamzdyno, kad būtų sumažinama vandens išbuvimu trukmė tinkle.

Literatūra

- Coelho, B., & Andrade-Campos, A. (2013). Efficiency achievement in water supply systems – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 30, 59–84. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.09.010>
- Elsheikh, M., Saleh, H., Rashwan, I., & El-Samadoni, M. (2013). Hydraulic modelling of water supply distribution for improving its quantity and quality. *Sustainable Environment Research*, 23(6), 403–411.
- Farmani, R., Ingeduld, P., Savic, D., Walters, G., Svitak, Z., & Berka, J. (2007). Real-time modelling of a major water supply system. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Water Management*, 160(2), 103–108. <https://doi.org/10.1680/wama.2007.160.2.103>
- Giustolisi, O. (2016). Enhanced wdn hydraulic modelling and detection of Burst Leakages. *Procedia Engineering*, 162, 3–14. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.002>
- Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija. (2003). Vandentiekis ir nuotekų šalintuvas. Pastato inžinerinės sistemos. Lauko inžineriniai tinklai (STR 2.07.01:2003). *Valstybės žinios*, 2003-08-29, Nr. 83-3804.
- Rimeika, M. ir Jurkienė, A. (2016). Hidraulinio modelio taikymas vandens nuostoliams mažinti. *Mokslas – Lietuvos ateitis*, 8, 461–467. <https://doi.org/10.3846/mla.2016.958>

HYDRAULIC MODELING AND OPTIMIZATION OF WATER DISTRIBUTION SYSTEM IN AUKŠTIEJI PANERIAI DISTRICT (VILNIUS CITY)

S. Janušas, M. Rimeika

Summary

The hydraulic model is a modern tool used to analyze the operation of a water distribution system in all over the world. Hydraulic modeling can be used to analyze a variety of scenarios within a water distribution network to identify appropriate engineering solutions to optimize the system. This article deals with the water distribution system of the largest industrial district in Vilnius city – Aukštieji Paneriai. During the study, flow measurements were made and a hydraulic model of the water distribution network was created, which was calibrated by comparing modeled results with measured values. It was estimated that the water loss in Aukštieji Paneriai water distribution network amounts to 13%. It was determined that water velocity in the studied water distribution system is not optimal and does not exceed 0.5 m/s. Network pressure analysis was performed during the simulation. The analysis of the water age in the network, the analysis of the water distribution system operation in case of fire and accident in the network was also performed. Recommendations are provided on what measures could be used to optimize Aukštieji Paneriai district water distribution system operation.

Keywords: hydraulic model, water supply, optimization of water distribution system, hydraulic model calibration, flow measurement.