

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
STAVEBNÁ FAKULTA

Ing. Dominika Macková

Autoreferát dizertačnej práce

**TECHNICKÉ OPATRENIA PRE ZABEZPEČENIE KVALITY
VODY V BUDOVÁCH**

na získanie akademického titulu „philosophiae doctor“, v skratke „PhD.“

v doktorandskom študijnom programe:

3659 Teória a technika prostredia budov

v študijnom odbore:

35. Stavebníctvo

Forma štúdia: denná

Miesto a dátum: Bratislava 2022

Dizertačná práca bola vypracovaná v dennej forme doktorandského štúdia na Stavebnej fakulte Slovenskej technickej univerzity v Bratislave

Predkladateľ: Ing. Dominika Macková
STU Bratislava
Stavebná fakulta
Katedra technických zariadení budov
Radlinského 11, 810 05 Bratislava

Školiteľ: doc. Ing. Jana Peráčková, PhD.
STU Bratislava
Stavebná fakulta
Katedra technických zariadení budov
Radlinského 11, 810 05 Bratislava

Oponenti: prof. Ing. Zuzana Vranayová, PhD.
Technická univerzita v Košiciach
Stavebná fakulta,
Ústavu pozemného staviteľstva
Vysokoškolská 4, 4200, Košice

prof. Ing. Danka Barloková, PhD.
STU Bratislava
Stavebná fakulta
Katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva
Radlinského 11, 810 05 Bratislava

Ing. Jakub Vrána, PhD.
Technika budov, s.r.o.
Křenová 42
602 00 Brno

Autoreferát bol rozoslaný dňa.....
Obhajoba dizertačnej práce sa koná dňa.....o.....h
na Stavebnej fakulte STU v Bratislave, Radlinského 11, 810 05 Bratislava.

.....
prof. Ing. Stanislav Unčík, PhD.
dekan Stavebnej fakulty
STU v Bratislave

ÚVOD

Zásobovanie objektov pitnou a hygienicky nezávadnou vodou je dôležité pre všetky typy budov. Základné faktory ovplyvňujúce kvalitu pitnej vody v budovách sú: výber správneho materiálu vodovodného potrubia, správny návrh potrubia a systému prípravy teplej vody, vhodné vedenie, usporiadanie a inštalácia potrubí vodovodu, dostatočná izolácia potrubí vodovodu, správna prevádzka bez stagnácie vody a správna údržba vodovodných potrubí, komponentov a zariadení. Teplota studenej vody je dôležitým ukazovateľom kvality vody. Podľa Vyhl. MZ SR č. 247/2017 Z. z by mala byť optimálne v rozmedzí 8 – 12 °C. S ohľadom na rozmnožovanie nežiadúcich baktérií vo vode je definovaná limitná hodnota teploty studenej vody na 25 °C. Pri distribúcii studenej vody v budove dochádza k jej stagnácii (pitná voda v potrubí stagnuje počas noci, víkendu, počas sviatkov, školských prázdnin a pod.). Nízke prietoky vody a nedostatočná výmena pitnej vody vo vodovode spôsobujú prekračovanie prípustnej teploty studenej pitnej vody. Systém vodovodu by mal byť navrhnutý tak, aby bola zabezpečená výmena vody v potrubí aspoň 1-krát týždenne.

V budovách sa väčšinou ideálne podmienky pre zabezpečenie hygieny pitnej vody nevyskytujú, výsledné hygienické riziká sa však dajú znížiť správne navrhnutým systémovým riešením, správnym technickým vyhotovením, prevádzkou a údržbou.

1 CIELE A METÓDY DIZERTAČNEJ PRÁCE

Zásobovanie budov pitnou vodou v požadovanej kvalite je jednou z najdôležitejších úloh technických zariadení budov, nakoľko potrubná sieť vodovodu je súčasťou každej stavby. Potrubie vodovodu musí počas celej svojej životnosti odolávať pôsobeniu rôzneho tlaku, teploty, chemickému a mechanickému namáhaniu, či pôsobeniu okolitého prostredia. Hlavným cieľom práce je **analyzovať technické opatrenia na zabezpečenie kvality pitnej v budovách.**

Z hlavného cieľa dizertačnej práce vyplývajú nasledovné čiastkové úlohy a ciele:

1. Analyzovať vplyv prietoku studenej pitnej vody na teplotu vody v potrubí
2. Analyzovať vplyv prietoku studenej pitnej vody na zmenu fyzikálno-chemických a mikrobiologických vlastností vody
3. Analyzovať spokojnosť konzumentov vody s dodávanou kvalitou pitnej vody
4. Stanoviť priebeh teploty studenej pitnej vody v potrubí počas stagnácie vody
5. Stanoviť technické opatrenia pre zabezpečenie kvality vody pre zásobovanie budov

Ciele dizertačnej práce sú spracované pomocou nasledujúcich metód:

1. Experimentálne meranie prietoku a teploty studenej pitnej vody
 - za pomoci ponorného snímača prietoku a teploty s príslušenstvom
2. Experimentálne meranie vybraných fyzikálno-chemických a mikrobiologických parametrov studenej pitnej vody
 - odoberaním vzoriek pitnej vody a ich vyhodnocovaním za pomoci rôznych prístrojov a mikrobiologickou analýzou v akreditovanom laboratóriu
3. Dotazníkový prieskum o používaní a kvalite pitnej vody
 - na základe dotazníkového prieskumu bola analyzovaná spokojnosť konzumentov s kvalitou dodávanej vody

4. Matematická analýza zvyšovania teploty studenej vody v čase
 - pomocou matematickej analýzy založenej na výpočte tepelných ziskov v potrubí je určená zmena teploty studenej vody vo vodovode počas stagnácie vody v potrubí.
5. Matematicko-počítačová simulácia priebehu teploty studenej vody v čase
 - zmena teploty studenej vody v čase je určená aj matematicko-počítačovou simuláciou v programe Ansys Fluent

2 EXPERIMENTÁLNE MERANIE KVALITY STUDENEJ PITNEJ VODY V OBJEKTE ZÁKLADNEJ ŠKOLY

Experimentálne meranie hygieny studenej pitnej vody prebiehalo v objekte základnej školy a pozostávalo z troch súčastí:

1. Meranie prietoku a teploty studenej pitnej vody za pomoci ponorného snímača prietoku a teploty s príslušenstvom,
2. Meranie vybraných fyzikálno-chemických a mikrobiologických parametrov studenej pitnej vody odoberaním vzoriek pitnej vody a ich vyhodnocovaním,
3. Vyhodnotenie spokojnosti konzumentov pitnej vody s dodávanou kvalitou vody prostredníctvom dotazníkového prieskumu.

Cieľom experimentálneho merania bolo:

- vyhodnotiť kvalitu vody za rôznych prevádzkových podmienok vodovodu,
- porovnať kvalitu pitnej vody počas jej používania a počas stagnácie vody v potrubí,
- analyzovať vplyv prietoku resp. stagnácie vody na teplotu,
- analyzovať vplyv prietoku resp. stagnácie vody na vybrané chemicko-fyzikálne a mikrobiologické parametre,
- vyhodnotiť spokojnosť konzumentov vody s jej kvalitou (chuť, teplota, zakalenie).

2.1. Metodika merania

Všetky súčasti experimentálneho merania sa uskutočnili v budove základnej školy v Bratislave.

Vodovod v budove základnej školy je riešený nasledovne:

- ležaté potrubie vnútorného vodovodu studenej vody je vedené v 1.PP. Ležaté potrubie bolo rekonštruované vo februári 2021. Súčasťou rekonštrukcie bola výmena pôvodného potrubia vodovodu z pozinkovanej ocele (**obr. 2.1a**) za potrubie nové potrubie, z ušľachtilej ocele (**obr. 2.1b**). V rámci rekonštrukcie ležatého potrubia vodovodu bola riešená aj izolácia tohto potrubia. Potrubie studenej vody bolo zaizolované nevhodne zvoleným textilným izolačným plsteným pásom (**obr. 2.1c**). Izolácia tohto typu nemá dostatočné tepelnoizolačné vlastnosti.
- stúpacie potrubie vodovodu ostali pôvodné, z pozinkovanej ocele, s porušenou staršou izoláciou z textilnej tkaniny resp. na mnohých miestach s chýbajúcou izoláciou.
- pripájacie potrubie a výtokové armatúry sú vymenené na 1.NP, na ostatných podlažiach sú pôvodné.

a)



b)



c)



Obr.2.1: Potrubie vodovodu v budove základnej školy [autorka]
a) pôvodné pozinkované potrubie, b) nové potrubie z ušľachtilej ocele, c) izolácia potrubia

Experimentálne meranie prebiehalo v mesiacoch február až október roku 2021.

Jednotlivé merania prebiehali v rôznych termínoch, porovnávané sú merania:

- počas odberu vody v potrubí, t.j. počas bežnej prevádzky školy,
- počas stagnácie vody v potrubí, napr. počas obmedzenej prevádzky školy cez obdobie pandémie koronavírusu alebo počas školských prázdnin.

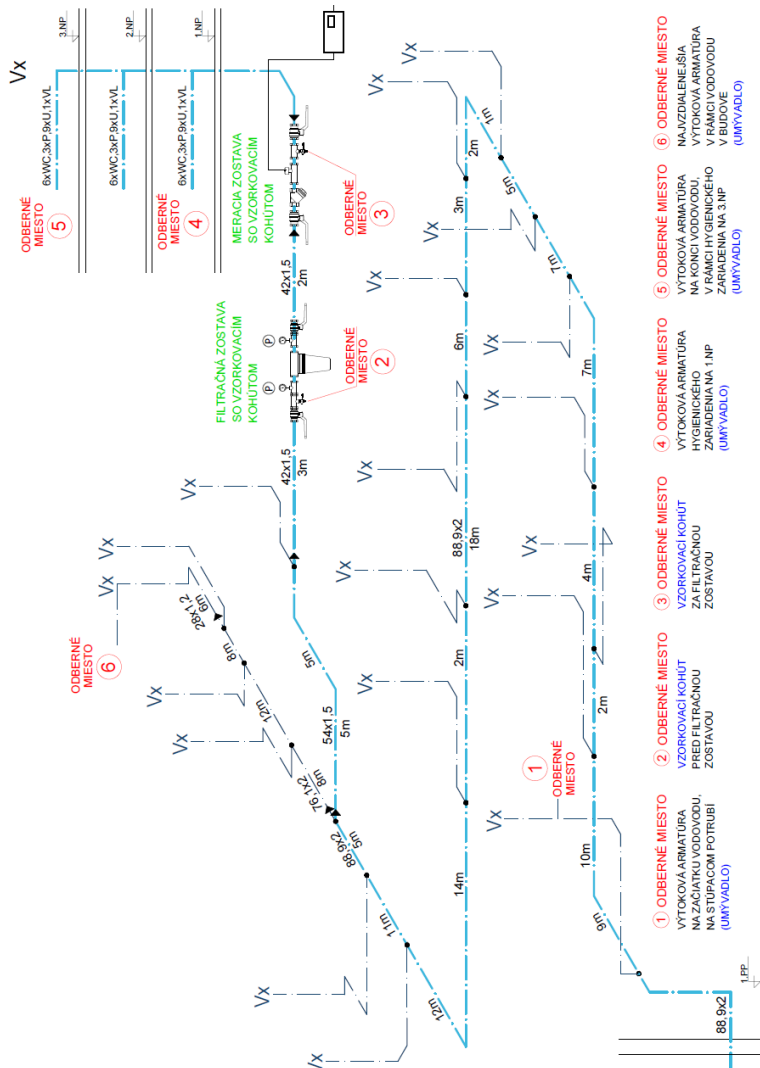
V tab. 2.1 sú uvedené merané parametre v rámci experimentálneho merania a použité prístroje resp. postupy merania:

Tab.2.1 Merané parametre a použité prístroje resp. postupy merania

MERANÝ PARAMETER	MERACÍ PRÍSTROJ / POSTUP
objemový prietok studenej vody Q_{PWC} (l/min)	ponorný snímač
teplota studenej vody θ_{PWC} (°C)	ponorný snímač, vpichový teplomer
pH vody (-)	multimeter HACH HQ 30D
tvrdosť vody (mmol/l)	kvapkový DUKE test
voľný chlór vo vode (mg/l)	kolorimeter HACH DR 890
celkový chlór vo vode (mg/l)	
železo vo vode (mg/l)	
meď vo vode (mg/l)	
dusitany vo vode (mg/l)	
dusičnany vo vode (mg/l)	
kultivovateľné mikroorganizmov pri 22 °C (KTJ/ml)	mikrobiologický rozbor v akreditovanom laboratóriu
kultivovateľné mikroorganizmov pri 36 °C (KTJ/ml)	
chuť pitnej vody (-)	dotazníkový spôsob
zakalenie pitnej vody (-)	

Odbery vody prebiehali z 5 odberných miest (obr. 2.2):

- 1. odberné miesto: výtoková armatúra na začiatku vodovodu (*umývadlo*),
- 2. odberné miesto: *vzorkovací kohút* pred filtráciou vody,
- 3. odberné miesto: *vzorkovací kohút* po filtrácii vody,
- 4. odberné miesto: výtoková armatúra hygienického zariadenia na 1.NP (*umývadlo*),
- 5. odberné miesto: výtoková armatúra na konci vodovodu, v rámci hygienického zariadenia na 3.NP (*umývadlo*).



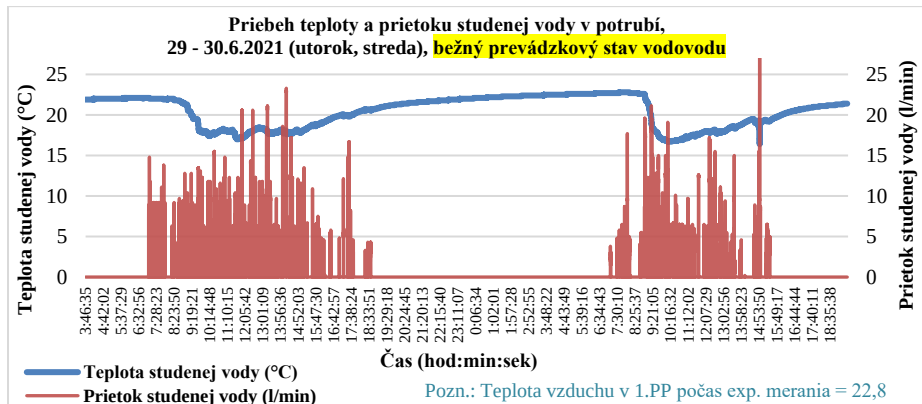
Obr.2.2 Schéma potrubia studenej pitnej vody v budove s označením meracích miest [autorka]

2.2 Výsledky experimentálneho merania prietoku a teploty studenej pitnej vody

V rámci merania bol analyzovaný vzájomný vplyv prietoku a teploty studenej vody v potrubí. Porovnané boli rôzne prevádzkové stavy vodovodu.

A) Bežný prevádzkový stav vodovodu

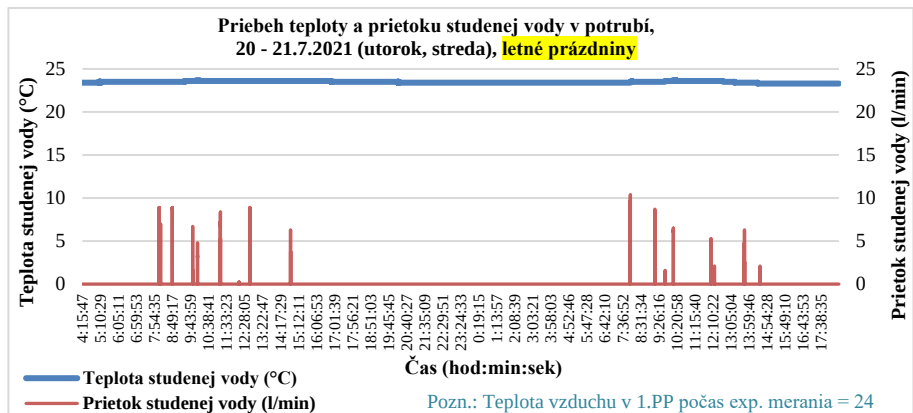
Na **obr. 2.3** je zobrazený priebeh teploty a prietoku počas bežného dňa v škole. Teplota studenej vody počas nočnej stagnácie dosahovala 23,2 °C. Cez deň vplyvom odberu vody teplota studenej vody klesla, postupne až na hodnotu 16,5 °C.



Obr. 2.3 Priebeh teploty a prietoku studenej vody pri bežnom prevádzkovom stave vodovodu [autorka]

B) Vodovod bez odberu vody (stagnácia vody v potrubí)

Na **obr. 2.4** je zobrazený priebeh teploty a prietoku vody počas letných prázdnin. V škole sa nachádzalo iba jej vedenie a zopár zamestnancov. Prietok vody bol takmer nulový. Teplota studenej vody bola ovplyvnená teplotou vzduchu v 1.PP, kde je vedené potrubie a bola 24 °C.



Obr. 2.4 Priebeh teploty a prietoku studenej vody počas stagnácie vody v potrubí cez prázdniny [autorka]

C) Čiastkový záver

Z výsledkov experimentálneho merania teploty a prietoku studenej vody je zrejmé, že:

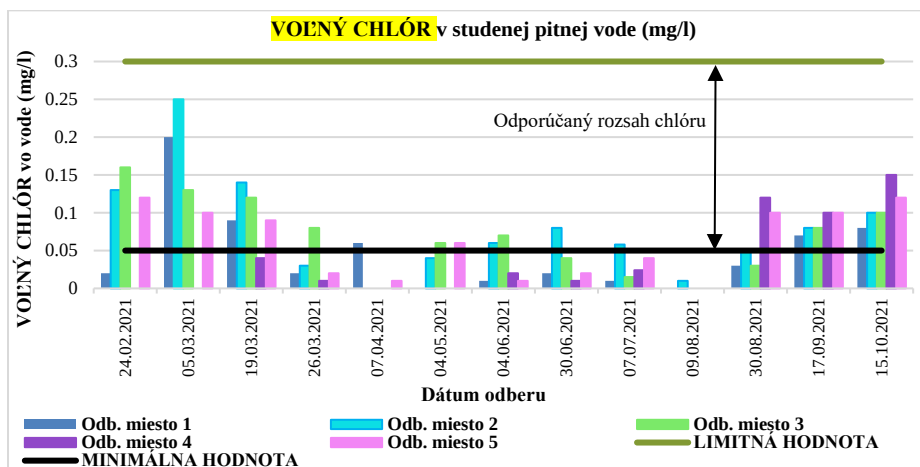
- Keď nedochádza k odberu vody z potrubia, teplota vody dosahuje hodnotu teploty okolitého prostredia. Nebezpečne sa to prejavilo najmä v letnom období, keď sa teplota studenej vody približovala k limitnej hodnote 25 °C.
- K nahrievaniu studenej vody v potrubí dochádza aj po obnove ležatých rozvodov, keďže potrubie je izolované izoláciou s nedostatočnými izolačnými vlastnosťami.
- Počas dostatočného odberu vody z potrubia teplota studenej vody klesala, pri niektorých meraniach teplota klesla v dôsledku odberu vody napr. z 23 na 16 °C, t.j. pokles bol o 7 K (**obr. 2.3**). Aby teplota studenej vody v potrubí významnejšie klesla je kvôli dlhému úseku ležatého potrubia potrebný dlhší časový interval odberu vody. V prípade analyzovaného vodovodu v škole je nutná výmena až 712 litrov vody.

2.3 Výsledky experimentálneho merania vybraných fyzikálno-chemických vlastností vody

Ďalším cieľom experimentálneho merania bolo vyhodnotiť kvalitu dodávanej studenej pitnej vody z fyzikálno-chemického a mikrobiologického hľadiska, odoberaním vzoriek studenej pitnej vody a ich vyhodnocovaním. Meranými veličinami boli: teplota studenej vody, pH vody, tvrdosť vody, obsah voľného chlóru, celkového chlóru, železa, medi, dusitanov a dusičnanov v pitnej vode. Kvôli analýze vplyvu stagnácie vody boli porovnané rôzne prevádzkové stavy vodovodu.

A) Koncentrácia voľného chlóru v pitnej vode

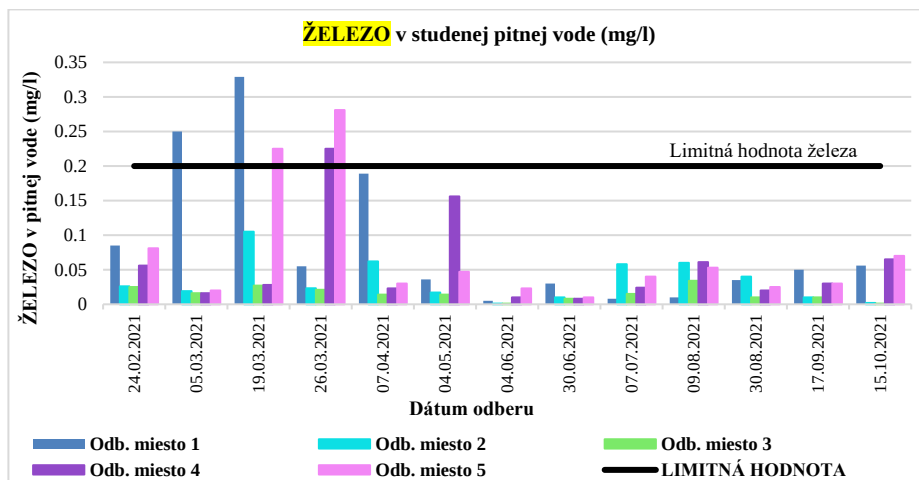
Na **obr. 2.5** sú zobrazené výsledky merania koncentrácie chlóru v pitnej vode v objekte základnej školy. **Limitná hodnota** koncentrácie chlóru je stanovená na **0,3 mg/l**. V legislatíve je stanovený aj požadovaný **minimálny obsah chlóru** v pitnej vode, ktorý by mal byť **0,05 mg/l**. Limitná hodnota voľného chlóru nebola pri experimentálnych meraniach ani raz prekročená. Pri takmer polovici meraní však nebola dodržaná požiadavka na minimálny obsah voľného chlóru v pitnej vode, čo značí nedostatočnú dezinfekciu vodovodu.



Obr. 2.5 Koncentrácia voľného chlóru v pitnej vode počas experimentálnych meraní [autorka]

B) Koncentrácia železa v pitnej vode

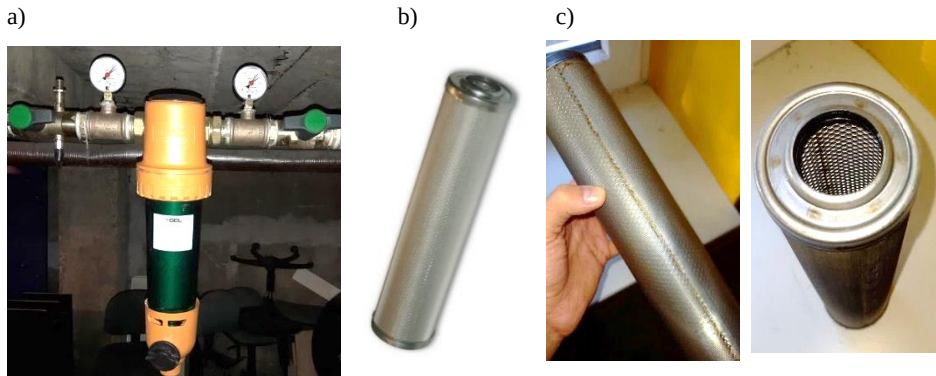
Pri oceľových potrubiach sa môže v dôsledku stagnácie pitnej vody uvoľňovať železo do vody. Železo spôsobuje žltú až hrdzavú farbu vody, príp. horkú chuť vody. **Limitná hodnota** obsahu železa vo vode je **0,2 mg/l** a aj keď po jej prekročení nehrozí zdravotné riziko, zakalenie alebo zmena zafarbenia diskvalifikujú vodu ako pitnú vodu. Počas merania boli zaznamenané prekročené limitné koncentrácie železa v pitnej vode (obr. 2.6), a to pri prvých meraniach, kedy žiaci chodili do školy iba v obmedzenom režime (kvôli pandémie koronavírusu) a niektoré úseky potrubia boli nedostatočne preplachované. Najkritickejšie sa to prejavilo na odberných miestach 1 a 5, čo sú umývadlá v predsieni k dievčenským WC na 1. a na 3. NP. Ani raz nebola zvýšená koncentrácia železa pri odberných miestach 2 a 3 – vzorkovacie kohúty nachádzajúce sa v 1.PP na novo-zrekonštruovanom potrubí. Pri ostatných odberných miestach boli koncentrácie vyššie, vplyvom staršieho stúpacieho alebo pripájacieho potrubia. K prekročeniu limitnej hodnoty nedošlo ani počas školských prázdnin, kedy sa v škole nachádzal personál a prebiehali aj rôzne rekonštrukčné práce, v rámci vodovodu teda dochádzalo k minimálnym odberom vody.



Obr. 2.6 Koncentrácia železa v pitnej vode počas experimentálnych meraní [autorka]

C) Monitorovanie zanášania filtra

V rámci meracej zostavy bola nainštalovaná filtračná časť obsahujúca odkaľovací filter typu Gel Depura Cyclon (**obr. 2.7a**), s umývateľnou nerezovou filtračnou vložkou s porozitou 90 µm (**obr. 2.7b**). Filtračná časť bola nainštalovaná z dôvodu zachytávania mechanických nečistôt a z dôvodu monitorovania zanášania potrubia vodovodu. Pred aj za filtrom boli nainštalované manometre, na monitorovanie tlaku. Ak je rozdiel tlaku pred a za filtrom vyšší ako 0,3 bar, indikuje to zanesenie filtračnej vložky a je potrebné ju vyčistiť. Počas 9 mesiacov prebiehajúceho experimentálneho merania nebol rozdiel tlakov ani raz zvýšený, čo značí, že potrubie vodovodu sa nezanášalo. Po 9 mesiacoch experimentálneho merania prebehlo odkalenie filtra a čistenie filtračnej vložky, vložka bola zanesená iba minimálne (**obr. 2.7c**), čo je taktiež znakom toho, že kvality vody v objekte z hľadiska jej čistoty je v poriadku.



*Obr. 2.7 Monitorovanie zanášania filtra počas 9 mesačného používania [autorka]
a) inštalovaný filter, b) filtračná vložka z ušľachtilej ocele (súčasť filtra) [112],
c) stav filtračnej vložky po 9 mesiacoch používania*

D) Čiastkový záver

Odoberaním vzoriek studenej vody a ich vyhodnocovaním sa dospelo k nasledovným záverom:

- Počas letného obdobia v dôsledku stagnácie vody a nahrievania interiérov bola limitná teplota 25 °C pri niektorých odberných miestach prekročená.
- Tvrdosť vody, pH vody, obsah dusitanov, dusičnanov, obsah medi a taktiež obsah kultivovateľných mikroorganizmov spĺňali pri každom meraní za každého prevádzkového stavu vodovodu požadované limitné hodnoty koncentrácie kontaminantu.
- Obsah voľného chlóru vo vode bol nedostatočný (**obr. 2.5**), voda je málo dezinfikovaná, čo spôsobilo pri niektorých meraniach zvýšenie obsahu železa v pitnej vode.
- Stagnácia vody v potrubí sa podpísala najmä na zvýšených koncentráciách železa v pitnej vode (**obr. 2.6**), kde v kombinácii so starším potrubným materiálom vodovodu spôsobila prekročenie limitnej hodnoty koncentrácie tohto kontaminantu.
- Počas 9 mesiacov monitorovania kvality vody v objekte školy sa nezanášal filter nainštalovaný v rámci meracej zostavy (**obr. 2.7**), čo značí, že kvalita vody v objekte základnej školy vyhovuje hygienickým požiadavkám.

3 MATEMATICKO-POČÍTAČOVÁ SIMULÁCIA PRIEBEHU TEPLoty STUDENEJ PITNEJ VODY V ČASE

Pri distribučných systémoch studenej pitnej vody a vnútorným prostredím v budove nastáva prenos tepla konvekciou (prúdením), pričom dochádza k nežiadúcemu nárastu teploty studenej vody v potrubí na hodnotu teploty okolitého prostredia. V rámci nasledujúcej kapitoly dizertačnej práce bude priebeh teploty studenej vody analyzovaný pomocou matematicko-počítačovej simulácie priebehu teploty vody v potrubí v čase, v dôsledku stagnácie vody, v závislosti od:

- doby stagnácie vody v potrubí (porovnaná bola doba stagnácie od 0 minút po 12 hodín),
- materiálu potrubia (porovnané bolo oceľové a plastové potrubie),
- menovitej svetlosti potrubia (porovnané boli dimenzie od DN 20 do DN 80),
- hrúbky izolácie potrubia (porovnané bolo potrubie s izoláciou od 0 po 30 mm).

A) Matematicko-fyzikálna metóda simulačného programu

Metodikou použitou na modelovanie priebehu teploty studenej vody v čase bola počítačová simulácia v programe Ansys Fluent. Program je založený na numerickom riešení sústavy parciálnych diferenciálnych rovníc, ktoré vyjadrujú zákon zachovania hmotnosti (rovnica kontinuity), zákon zachovania hybnosti (Navier-Stokesove rovnice) a zákon zachovania energie (rovnica energie).

V programe Ansys Fluent boli vypracované 2D simulácie nestacionárneho šírenia tepla, pre ktoré boli zvolené tieto okrajové podmienky vedenia vodovodného potrubia:

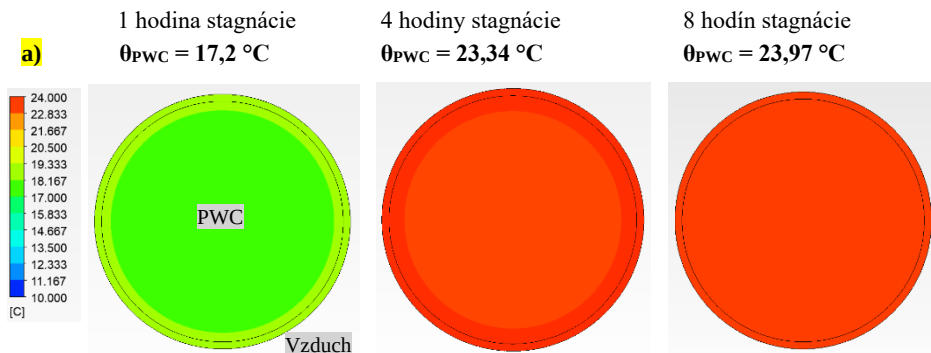
- voľne vedené potrubie studenej vody,
- potrubie vedené v šachte,
- potrubie vedené v stene,
- potrubie vedené v predstenovej konštrukcii,
- potrubie vedené v inšalačnom podhl'ade,
- potrubie vedené v podlahe.

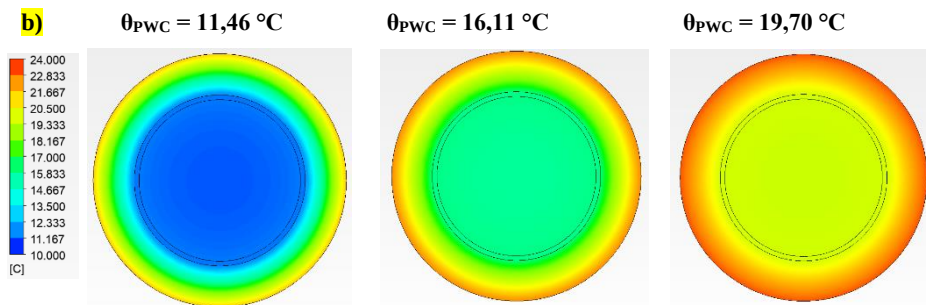
Pre jednotlivé výpočty boli uvažované nasledovné vstupné parametre:

- začiatková teplota studenej vody v potrubí: $\theta_{PWC} = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (odporúčaná teplota),
- rýchlosť prúdenia studenej vody v potrubí $v = 0\text{ m/s}$ (stagnácia vody),
- teplota okolitého prostredia: $\theta_i = 24\text{ }^{\circ}\text{C}$ (výpočtová teplota vzduchu v kúpeľni),
- prechod tepla konvekciou, so súčiniteľom prechodu tepla:
he = 14 W/(m².K) v prípade neizolovaného potrubia,
he = 10 W/(m².K) v prípade izolovaného potrubia

B) Simulácia priebehu teploty studenej vody vo voľne vedenom potrubí vodovodu

Na obr. 3.1 je zobrazený priebeh teploty studenej vody vo voľne vedenom oceľovom potrubí DN 50. Začiatková teplota studenej vody v porubí bola uvažovaná 10 °C, teplota okolitého prostredia (vzduchu) bola konštantná 24 °C. Na obr. 3.1a je zobrazený priebeh teploty pri nezaizolovanom potrubí, na obr. 3.1b je potrubie DN 50 s izoláciou hr. 13 mm. Po 8 hodinách stagnácie sa pri nezaizolovanom potrubí teplota studenej vody zvýšila z počiatočných 10 °C na 24 °C, pri zaizolovanom potrubí na 19,7 °C. Izolácia potrubia studenej vody má veľký vplyv na zabránenie nahrievania studenej vody od okolitého prostredia.





Obr. 3.1 Priebeg teploty studenej vody pri voľne vedenom oceleťovom potrubí DN 50 [autorka]
a) oceleťové potrubie DN 50 bez izolácie, b) oceleťové potrubie DN 50 s izoláciou 13 mm

C) Simulácia priebehu teploty vody v potrubí vedenom v inštaláčnej šachte

Nasledujúca simulácia analyzuje priebeh teploty vody pri umiestnení potrubí studenej vody (PWC), teplej vody (PWH), cirkulácie teplej vody (PWH-C) a potrubia kanalizácie (K) v šachte (obr. 2.9). V šachte je uvažované oceleťové potrubie studenej vody DN 50, plastliníkové potrubie teplej vody DN 40 a cirkulácie teplej vody DN 20. Teplá voda je navrhnutá s cirkuláciou, t.j. je uvažovaná konštantná teplota teplej vody 55 °C a teplej vody v cirkulačnom potrubí 50 °C. Začiatková teplota vzduchu v šachte sa uvažuje 24 °C, teplota studenej vody 10 °C. Potrubia sú izolované podľa normatívnych požiadaviek. Teplota studenej vody sa zvýšila zo začiatkových 10 °C po 4 hodinách na 18,5 °C a po 8 hodinách na 23,2 °C (obr. 3.2).

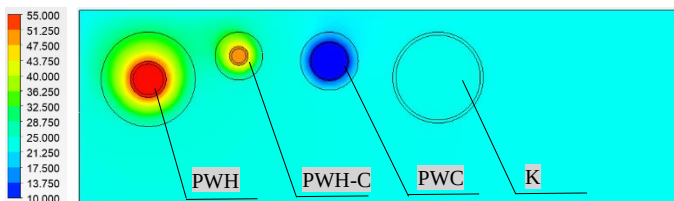
10 minút stagnácie

$$\theta_{PWC} = 12,83\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\theta_{PWH} = 55\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\theta_{PWH-C} = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\theta_A = 24,95\text{ }^{\circ}\text{C}$$



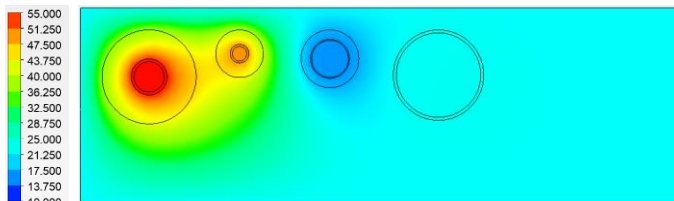
4 hodiny stagnácie

$$\theta_{PWC} = 18,24\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\theta_{PWH} = 55\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\theta_{PWH-C} = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\theta_A = 26,75\text{ }^{\circ}\text{C}$$



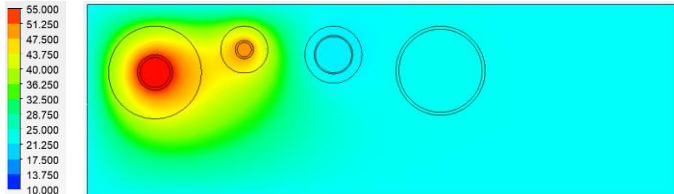
12 hodín stagnácie

$$\theta_{PWC} = 23,18\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\theta_{PWH} = 55\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\theta_{PWH-C} = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\theta_A = 27,11\text{ }^{\circ}\text{C}$$



Obr. 3.2 Priebeg teploty studenej vody pri potrubí vodovodu vedenom v šachte [autorka]

D) Čiastkový záver

Počas stagnácie vody v dôsledku vyššej teploty okolitého prostredia studená voda zvyšuje svoju teplotu. Z výsledkov simulácií vyplýva, že:

- potrubia je nutné izolovať na základe platných predpisov a normatívnych požiadaviek (studená voda [DIN 1998:200], teplovodné potrubia [Vyhl. MH SR č. 14/2016]),
- čím je väčšia dimenzia potrubia a hrúbka izolácie, tým pomalšie sa zvyšuje teplota studenej pitnej vody v potrubí počas stagnácie vody,
- pri rovnobežnom a súbežnom vedení potrubí je dôležité zabezpečiť dostatočné rozostupy medzi potrubiami, na základe normatívnych požiadaviek (uvedených napr. v [TNI CEN/TR 16 355]: pri vedení potrubia v stene, v podlahe a v predstene odstup minimálne 125 mm),
- ak to priestorové požiadavky umožňujú, vhodné je potrubie studenej vody umiestniť do samostatne oddelenej, tzv. „studenej“ šachty (podľa [TNI CEN/TR 16 355]),
- pri vedení potrubia v podhľadovej konštrukcii, je vhodné potrubie studenej vody viesť v najnižšej úrovni podhľadu, pod teplovodnými potrubiami,
- pri vedení potrubia studenej a teplej vody nad sebou (napr. v prípade uloženia v stene a v predstenej konštrukcii) je nutné dodržiavať odporúčanie na inštaláciu potrubia studenej vody vždy pod potrubím teplej vody (podľa [STN EN 806]).

4 TECHNICKÉ OPATRENIA PRE ZABEZPEČENIE KVALITY VODY PRE ZÁSOBOVANIE BUDOV

Na kvalitu studenej a teplej vody vplýva mnoho faktorov popísaných v dizertačnej práci. Výsledné hygienická riziká sa dajú znížiť rôznymi technickými opatreniami, ktoré boli analyzované v rámci tejto podkapitoly. **Z vykonanej analýzy v dizertačnej práci vyplývajú odporúčania, ktoré sú zhrnuté nasledovne:**

A) POTRUBIA VODOVODU TEPELNE IZOLOVAŤ

Hrúbka izolácie potrubia studenej vody je na základe spôsobu vedenia potrubí nasledovná:

- potrubie vedené v nevykurovaných miestnostiach, okolitá teplota $\leq 20\text{ }^{\circ}\text{C}$: **9 mm**
- potrubie v šachtách, kanáloch a podhľadoch, okolitá teplota $\leq 25\text{ }^{\circ}\text{C}$: **13 mm**
- potrubie vedené v technickej miestnosti, v šachtách, kanáloch alebo zavesených podhľadoch s tepelným zaťažením s okolitou teplotou $> 25\text{ }^{\circ}\text{C}$: **hrúbka rovná približne priemeru potrubia**
- potrubia vedené v predstenej inštalácii: **4 mm alebo v ochrannej rúrke**
- potrubia vedené v podlahe, vedené bez teplovodných potrubí: **4 mm alebo v ochrannej rúrke**
- potrubia vedené v podlahe, vedené súbežne s teplovodnými potrubiami: **13 mm**

Hrúbka izolácie potrubia teplej vody je na základe vnútorného priemeru potrubia nasledovná:

- do 22 mm vrátane: **20 mm**
- nad 22 mm do 35 mm vrátane: **30 mm**
- nad 35 mm do 100 mm vrátane: **hrúbka rovná približne priemeru potrubia**
- nad 100 mm: **100 mm**
- v miestach krížovania potrubí, spájania potrubí a pri prestupoch stien a stropov: **50 % požiadaviek riadkov 1 až 4**

B) DOSTATOČNÉ ODSUPOVÉ VZDIALENOSTI POTRUBIA STUDENEJ PITNEJ VODY OD TEPLOVODNÝCH POTRUBÍ

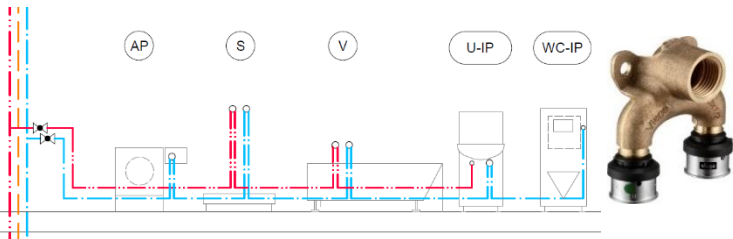
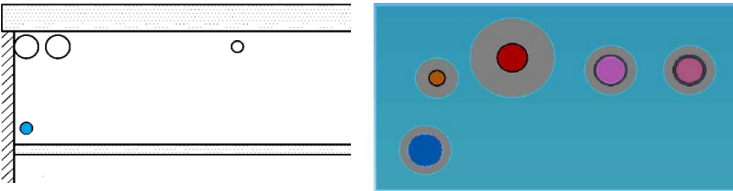
Okrem izolácie potrubia vodovodu je nutné zabezpečiť dostatočné odstupové vzdialenosti medzi potrubím studenej vody a teplovodnými potrubiami, s cieľom zamedziť vzájomnému prenosu tepla. **Odporúčania odstupových vzdialeností potrubí sú nasledovné:**

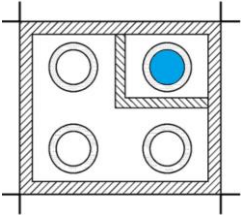
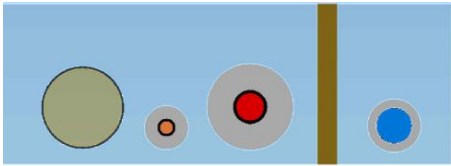
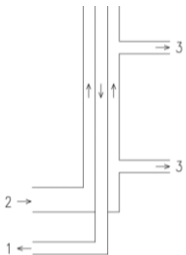
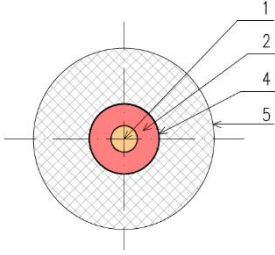
Spôsob vedenia vodovodu	Povrchová úprava	Odstupová vzdialenosť
Potrubie vedené v podlahe	Potrubie studenej vody vedené v podlahe súbežne s potrubím teplej vody:	
	dlažba	125 mm
	betónová podlaha	200 mm
	Potrubie studenej vody vedené v podlahe súbežne s podlah. vykurovaním:	
	dlažba alebo ľahký koberec	vzdialenosť závislosti od teploty v miestnosti a povrchovej úpravy a je od 175 do 400 mm
	pozn: potrubie studenej vody viesť tesne pri stene , medzi potrubím studenej vody a podlahovým vykurovaním izolácia s minimálnou hr. 20 mm .	
Potrubie vedené v stene	Potrubie studenej vody vedené v stene súbežne s potrubím teplej vody:	
	tehlová stena s omietkou	125 mm
	betónová stena	200 mm
	pozn: potrubie vodovodu viesť v samostatných drážkach	
	Potrubie studenej vody vedené v stene súbežne so stenovým vykurovaním:	
	rovnako ako v prípade potrubia vedeného v podlahe	
Potrubie vedené v predstenovej konštrukcii	Potrubie studenej vody vedené v predstene súbežne s potrubím teplej vody:	
	zabezpečiť rozostup potrubí min. 125 mm	
Potrubie vedené v šachte	Potrubie studenej vody vedené v šachte súbežne s potrubím teplej vody:	
	zabezpečiť rozostup potrubí min. 100 mm	
	pozn: potrubie studenej vody viesť v inej šachte ako teplovodné potrubia alebo predeliť šachtu a potrubie studenej vody viesť v oddelenej odizolovanej časti	
Potrubie vedené v podhl'adovej konštrukcii	Potrubie studenej vody vedené v podhl'ade súbežne s potrubím teplej vody:	
	zabezpečiť rozostup potrubí min. 100 mm	
	pozn: potrubie studenej pitnej vody viesť v najnižšej úrovni podhl'adu	

Odstupová vzdialenosť potrubí závisí nie len od spôsobu vedenia potrubia vodovodu, ale napr. aj od **spôsobu monáže potrubia** či **od dimenzie potrubia**.

C) ODPORÚČANIA PRE POTRUBIA VODOVODU

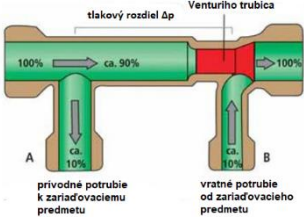
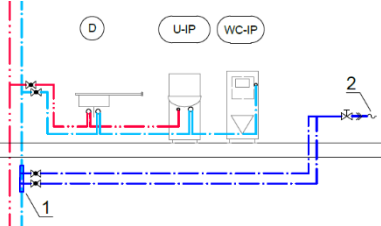
Okrem zabezpečenia požadovanej izolácie potrubia a dostatočných rozstupov potrubia studenej vody od teplovodných potrubí sú odporúčané nasledovné **opatrenia pre pripájacie, stúpacie a ležaté potrubia**:

Typ potrubia	Technické opatrenia	
	Využitie	Výhody
PRIPÁJACIE potrubie vodovodu	1. Sériová alebo okruhová inštalácia pripájacieho potrubia	
		
	- všetky typy budov - lepšie preplachovanie potrubia - významne znížené riziko stagnácie vody	
	2. Na konci pripájacieho potrubia umiestniť pravidelne používaný zariadený predmet, t.j. v prípade studenej vody WC, v prípade teplej vody umývadlo	
	- všetky typy budov - lepšie preplachovanie potrubia	
	pozn: pri vedení potrubí pitnej vody nad sebou, potrubie teplej vody je nutné umiestňovať nad potrubie studenej vody	
LEŽATÉ potrubie vodovodu	1. Potrubie studenej vody viesť pod teplovodnými potrubiami, nie vedľa nich	
		
	- všetky typy budov - pomalšie nahrievanie studenej pitnej vody od teplovodných potrubí počas stagnácie	

STÚPACIE potrubie vodovodu	1. Potrubie studenej viest' v oddelenom priestore šachty   - všetky typy budov - pomalšie nahrievanie studenej pitnej vody od teplovodných potrubí počas stagnácie
	2. Systém „rúrka v rúrke“ pre stúpacie potrubie teplej vody a cirkulácie   - všetky typy budov - energetické úspory - po otvorení zmiešavacej batérie začne takmer okamžite prúdiť teplá voda

D) ODPORÚČANIA TECHNICKÝCH OPATRENÍ

Okrem požadovanej izolácie potrubia a dostatočných rozstupov sú odporúčané nasledovné technické opatrenia pre zabezpečenie požadovanej teploty a výmeny vody v potrubí:

VENTURIHO ODDEĽOVAČ PRÚDENIA VODY	
Využitie	Výhody
 tlakový rozdiel Δp Venturiho trubica A: prívodné potrubie k zariadeniu predmetu B: vratné potrubie od zariadenia predmetu	 - menej využívané výtokové armatúry, napr. pripojenie vody na záhradnú hadicu, pripojenie kúpeľne pre hostí, dielne, garáže a pod. - zabezpečenie preplachovania toho úseku potrubia vodovodu, kde hrozí stagnácia - inštalácia do šachty, podlahy, pod stropom

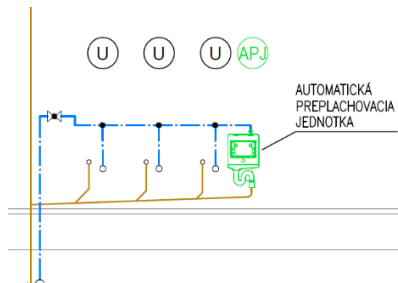
AUTOMATICKÉ PREPLACHOVACIE JEDNOTKY vodovodu

Využitie



- nepravidelne využívané hotely, penzióny, športové haly, školy počas školských prázdnin,
- nemocnice a domovy dôchodcov, so zvýšenými požiadavkami na hygienu vody

Výhody

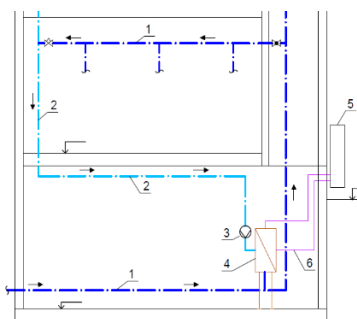


- zabezpečenie pravidelnej hygienickej výmena vody v potrubí
- viacero konštrukčných vyhotovení
- viacero prevádzkových režimov

pozn: v niektorých prípadoch možno vyriešiť výmenu vody použitím splachovacieho systému WC s elektronickým ovládaním

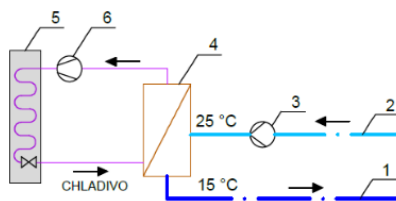
CIRKULÁCIA STUDENEJ PITNEJ VODY S CHLADENÍM

Využitie

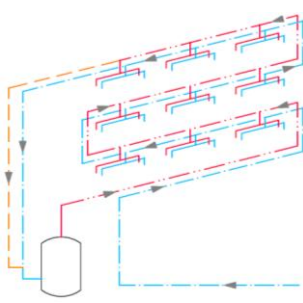
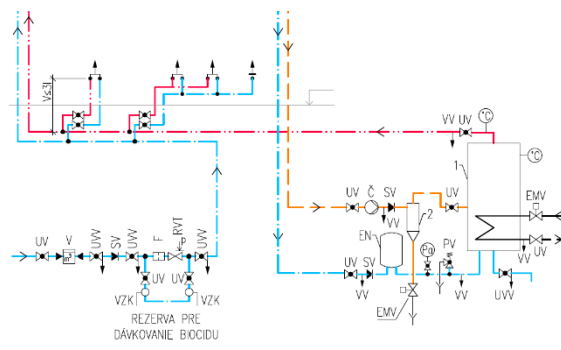


- v nepravidelne obsadzovaných objektoch a objektoch so zvýšenými požiadavkami na hygienu pitnej vody (napr. nemocnice, domovy dôchodcov)
- v objektoch, kde je do objektu privedená studená voda

Výhody



- zabezpečenie požadovanej teploty aj výmeny studenej vody v potrubí
- studená voda je do odberných miest dodávaná naozaj ako studená
- na chladenie studenej vody možno použiť obnoviteľné zdroje energie

ŠPIRÁLOVÉ VEDENIE potrubia vodovodu v budove	
Využitie	Výhody
	
- v nepravidelne obsadzovaných objektoch a objektoch so zvýšenými požiadavkami na hygienu pitnej vody (napr. nemocnice, materských škôlách, domovy dôchodcov, liečebno-kúpeľných zariadeniach)	- zabezpečená požadovaná výmena studenej aj teplej vody v potrubí, - hydraulická stabilita systému - zabezpečenie vhodnej teploty studenej pitnej vody vo všetkých odberných miestach

E) ČIASTKOVÝ ZÁVER

Potrubná sieť vodovodu je súčasťou každej stavby, preto musí spĺňať požiadavky súvisiace s hygienou, bezpečnou prevádzkou, životnosťou a podobne. V budovách sa väčšinou ideálne podmienky pre zabezpečenie hygieny pitnej vody nevyskytujú, výsledné hygienické riziká sa však dajú znížiť správne navrhnutým systémovým riešením vodovodu, jeho správnym technickým vyhotovením, prevádzkou a údržbou.

5 PRÍNOSY DIZERTAČNEJ PRÁCE

Cieľom dizertačnej práce bolo analyzovať technické opatrenia na zabezpečenie kvality pitnej vody v budovách. Na základe uskutočnených experimentálnych meraní a počítačových simulácií sme získali výsledky, ktoré môžu poslúžiť vednému odboru a tiež môžu byť využité v praxi.

5.1 PRÍNOSY DIZERTAČNEJ PRÁCE PRE VEDNÝ ODBOR

1. Na základe experimentálneho merania bol vyhodnotený:

- vplyv prietoku studenej pitnej vody na teplotu vody v potrubí a na zmenu fyzikálno-chemických a mikrobiologických vlastností vody.

2. Na základe matematickej analýzy a počítačovej simulácie bol vyhodnotený:

- vplyv stagnácie studenej vody v potrubí v čase.

Pri distribúcii studenej vody v budove sa nedá vyhnúť prenosu tepla medzi potrubím studenej

vody a spravidla teplejším okolitým prostredím. Prínosom matematickej analýzy a simulácie bola analýza vzájomných vplyvov rôznych faktorov vplývajúcich na teplotu studenej vody a vypracovanie odporúčaní pre inštaláciu a vedenie potrubia pri rôznych spôsoboch zabudovania potrubia v stavebnej konštrukcii.

5.2 PRÍNOSY DIZERTAČNEJ PRÁCE PRE ODBORNÚ PRAX

Na základe:

1. *teoretickej analýzy súčasného stavu problematiky*
2. *experimentálneho merania kvality pitnej vody*
3. *matematickej analýzy a simulácie priebehu teploty studenej vody v čase*

boli formulované výstupy a navrhnuté technické opatrenia využiteľné v odbornej praxi pri navrhovaní vodovodov vnútri budov.

Na základe:

4. *teoretickej analýzy rizikového manažmentu vodovodu v budovách*

boli formulované odporúčania plánu bezpečnosti pitnej vody, plánu prevádzky a údržby vodovodu v budovách.

Odporúčania pre ďalší výskum:

Bolo by prínosné vykonať experimentálne merania aj pre:

- objekt školy, ktorý neprešiel žiadnou rekonštrukciou potrubia vodovodu,
- iný objekt ako školské zariadenie,
- rôzne spôsoby inštalácie pripájacieho potrubia vodovodu,
- systém chladenia studenej pitnej vody,
- systém špirálového vedenia potrubia vodovodu,
- opatrenia pre štetenie pitnou vodou,
- vlastností stagnujúcej vody v potrubí na hasenie požiaru.

ZÁVER

Dizertačná práca sa zaoberá rôznymi spôsobmi zlepšenia kvality a hygieny pitnej vody v budove. Popisuje spôsoby zabezpečenia hygieny pitnej vody na základe použitého materiálu vodovodného potrubia, na základe materiálu a hrúbky izolácie potrubia, navrhuje spôsoby zabezpečenia požadovanej teploty a výmeny pitnej vody v potrubí, definuje požiadavky na vedenie a zabudovanie vodovodného potrubia v stavebnej konštrukcii a analyzuje zariadenia a armatúry zamedzujúce stagnáciu vody v potrubí.

Cesta k navrhovanej zmene vždy začína už u projektanta ZTI – pri správnom návrhu vodovodu v budove, prechádza do rúk inštalatérskych firm, je na strane prevádzkovateľa budovy, ale je aj v rukách investora. Pri projektovaní vodovodov, ich realizácii, prevádzke a údržbe je dôležité navrhovať riešenie s ohľadom nie na cenu, ale na všetky činitele, ktoré majú vplyv kvalitu a hygienu pitnej vody vo vodovodnom potrubí.

ZOZNAM VÝBERU POUŽITEJ LITERATÚRY

Monografie, knihy, odborné publikácie, zborníky, skriptá

- [1] ANSYS FLUENT THEORY GUIDE, Release 18.0, Ansys Inc. And Ansys Europe, 1052 s. 2016
- [2] FORUM WASSERHYGIENE: FWH-Richtlinie 01: Planung, Errichtung, Inbetriebnahme und Betrieb von Trinkwasserinstallationen in Gebäuden, Praxistaugliche Hinweise mit besonderem Fokus auf die hygienischen Aspekte, 2018
- [3] FORUM WASSERHYGIENE: FWH-Richtlinie 01: Risikomanagement und sicherer Betrieb von Trinkwasserinstallationen in Gebäuden, 2018
- [4] ILAVSKÝ, J., BARLOKOVÁ, D., BISKUPIČ, F.: Chémia vody a hydrobiológia, Bratislava STU, 2008, 340 s., ISBN 978-80-227-7
- [5] LA MURA S., MARLA JAPPOLO C., PITERÁ L. A., ANGERMANN J. P. and IZARD M.: Legionellosis Prevention in Building Water and HVAC Systems – A Practical Guide for Design, Operation and Maintenance to Minimize the Risk, REHVA Guidebook. 2013.
- [6] SCHAUER C., DINNE K., MAMPAEY J., SCHEE W.V.D., GATTO I., PERÁČKOVÁ J., PETRÁŠ D. and BLEYS B.: Hygiene in Potable Water Installations in Buildings: Requirements for Design, Deployment, Operation and Maintenance. REHVA Guidebook, 2019. 72 s., ISBN 978-2-930521-25-1.
- [7] VRANAYOVÁ Z., KÁPOSZTÁSÓVÁ D.: Vybrané zdravotnícké sústavy, Technická univerzita v Košiciach, ISBN 978-80-553-2056-4, 2015, 189 s.
- [8] World Health Organisation: Guidelines for drinking-water quality, 4th edition, incorporating the 1st addendum, Geneva 2017, ISBN 978-92-4-154995-0, 631 s.

Patenty, úžitkové vzory

- [9] Užitný vzor č. 25082 autorov doc. Zdeňka Pospíchala a Ing. Zdeňka Žabičky: Spirální rozvod potrubí vnitřního vodovodu. 2012

Smernice, vyhlášky, normy a zákony

- [10] DIN 1988-200: Codes of practice for drinking water installations - Part 200: Installation Type A (closed system) - Planning, components, apparatus, materials; DVGW code of practice.
- [11] STN EN 806 - 2: Vnútorný vodovod pre rozvod pitnej vody, časť 2 - Navrhovanie. 2005.
- [12] STN EN 1717: Ochrana pitnej vody pred znečistením vo vnútornom vodovode a všeobecné požiadavky na zabezpečovacie zariadenia na zamedzenie znečistenia pri spätnom prúdení
- [13] STN EN ISO 12241: Tepelná izolácia technických zariadení budov a priemyselných inštalácií. Výpočtové pravidlá, 2009
- [14] TNI CEN/TR 16 355: Preventívne opatrenia proti rozmnožovaniu baktérie Legionella vo vodovodných potrubíach na pitnú vodu vnútri budov, 2013
- [15] TNI CEN/TR 17801: Pokyny na koncepciu plánu bezpečnosti vody v budovách, 2022
- [16] Smernica Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) 2020/2184 zo 16. decembra 2020 o kvalite vody určenej na ľudskú spotrebu (prepracované znenie), 2020
- [17] Vyhláška MZ SR č. 247/2017 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o kvalite pitnej vody, kontrole kvality pitnej vody, programe monitorovania a manažmente rizík pri zásobovaní pitnou vodou, 2017

Štúdie, články, príspevky na konferenciách

- [18] BRATSKÁ Z., RIGANOVÁ N.: Je možné ochrániť kvalitu vody pred znečistením z potrubia? In: Peráčková, J. Sanhyga 2018: Zborník prednášok z 23. vedecko-technickej konferencie zdravotnej techniky. Piešťany, SR, 1. vyd. Bratislava : SSTP, 2019, s. 23–33. ISBN 978-80-89878-29-1.
- [19] DESHOMMES E., ANDREWS R.C., GAGNON G., MCCLUSKEY T., MCILWAIN B., DORÉ E., NOUR S., PRÉVOST M.: Evaluation of exposure to lead from drinking water in large buildings. In: Water Research, Volume 99, 1 August 2016, Pages 46-55 [online]
- [20] EORDOGNE M.M., TAKÁCS J: Analýza výskytu Legionel v sústavách teplej vody a opatrenia proti nim prostriedkami projektovania. In: Peráčková, J. Sanhyga 2017: Zborník prednášok z 22. vedecko-technickej konferencie. Piešťany, SR, október 2017. Bratislava: SSTP, 2017, s. 53–57. ISBN 978-80-89878-11-6.
- [21] ERDINGER L.: Zur Legionellenbelastung in Warmwassersystemen. In: Das Trinkwasser buch, Forum Wasserhygiene Kongres 2019, s. 36-44
- [22] European Technical Guidelines for the Prevention, Control and Investigation of Infections caused by Legionella species, 2017, 125 s.[online]

- [23] Geberit Slovensko, s.r.o. - Hygienické preplachovanie Geberit s novou riadiacou jednotkou a senzorovou technológiou. In: <https://www.asb.sk> [online]
- [24] HEINECKE O.: Kaltwasser Zirkulation mit Kuhlung. In: Das Trinkwasser buch, Forum Wasserhygiene Kongres 2019, s. 44-54
- [25] HUNTER P.R., BURGE S.H: Monitoring the bacteriological quality of potable waters in hospital. In: Journal of Hospital Infection, Volume 12, Issue 4, November 1988, Pages 289-294 [online]
- [26] ILAVSKÝ J., BARLOKOVÁ D.: Úprava pitnej vody v domácnosti – áno alebo nie? In: Peráčková, J. Sanhyga 2017: Zborník prednášok z 22. vedecko-technickej konferencie. Piešťany, SR, október 2017. Bratislava: SSTP, 2017, s. 45--53. ISBN 978-80-89878-11-6.
- [27] INKINEN J., KAUNISTO T., PURSIAINEN A., MIETTINEN I., KUSNETSOV J., RIIHINEN K., KEINÄNEN-TOIVOLA M.: Drinking water quality and formation of biofilms in an office building during its first year of operation, a full scale study. In: Water Research, Volume 49, 1 February 2014, Pages 83-91 [online]
- [28] JELENÍKOVÁ, I.: Analýza príčin korózie kovových potrubí v budovách. Dizertačná práca. Bratislava: SvF STU, 2012.
- [29] KAPOSZTASOVÁ, D., VRANAYOVÁ, Z.: Hygienic Water Audit Scheme as a Tool in the Fight against Legionella - problems and goals of the research project. In: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2018 [online]
- [30] KAPOSZTASOVÁ, D., VRANAYOVÁ, Z., PURCZ, P.: Water Distribution System in Building and Its Microbiological Contamination Minimization [online]
- [31] KEMPER GmbH + Co. KG: Předcházení stagnaci vody v systému pitné vody. In www.tzbinfo.sk [online]
- [32] KOUBKOVÁ I.: Vnitřní vodovody se zaměřením na plasty. Vliv kvality pitné vody na potrubí vnitřního vodovodu. In: Peráčková, J. Sanhyga 2016: Zborník prednášok z 21. vedecko-technickej konferencie. Piešťany, SR, október 2016. Bratislava: SSTP, 2016, s. 51--59. ISBN 978-80-89878-99-4.
- [33] LAUTENSCHLAGER K., BOON N., WANG Y., EGLI T., HAMMES F.: Overnight stagnation of drinking water in household taps induces microbial growth and changes in community composition. In: Water Research, Volume 44, Issue 17, September 2010, Pages 4868-4877 [online]
- [34] MICHALÍČKOVÁ S: Solárne chladenie v budovách s využitím slnečnej energie, ASB portál [online]
- [35] OČIPOVÁ D., VRANAYOVA Z., ŠIKULA O.: Risk management methods in hot water distributional systems to negate health risks from microbiological contamination. In: Environmental Engineering - The 8th International Conference, May 19--20, 2011, Vilnius, Lithuania [online]
- [36] OČIPOVÁ D., VRANAYOVA Z.: Riziková analýza – účinný nástroj pri eliminácii legionely z pitnej vody. In: Peráčková, J. Sanhyga 2008: Zborník prednášok. Piešťany, SR, október 2008. Bratislava: SSTP, 2008, s. 29--35. ISBN 978-80-89216-24-6.
- [37] PERÁČKOVÁ, J.: Pitná voda - potravina č.1. Ako si udržať jej kvalitu v budove? In: TZB Haustechnik. 2019, roč. 27, č. 3, s. 50-53, ISSN 1210-356X
- [38] PERÁČKOVÁ J.: Technické opatrenia na zabezpečenie teploty studenej pitnej vody In: Správa budov, roč. 12., s. 22--24., 2018
- [39] PERÁČKOVÁ, J.: Riziká a faktory ovplyvňujúce kvalitu vody pre ľudskú spotrebu. In: Peráčková, J. Sanhyga 2019. Bratislava: SSTP, 2019, s. 7-15. ISBN 978-80-89878-49
- [40] POSPÍCHAL Z.: Vodní generel velký nemocnice. In: Peráčková, J. Sanhyga 2021: Zborník prednášok z 25. vedecko-technickej konferencie. Piešťany, SR, október 2021. Bratislava: SSTP, 2021, s. 43--51. ISBN 978-80-89878-80-2.
- [41] POSPÍCHAL Z.: Uživatelský generel vnitřního vodovodu – 1. část: Stav – ekonomika – budoucnost. In: Topenářství instalace 07/2020
- [42] POSPÍCHAL Z.: Uživatelský generel vnitřního vodovodu – 2. část: Řešení pro budoucnost . In: Topenářství instalace 08/2020
- [43] SCHEE, V.D.W.G.: Regulation on Legionella prevention in collective water systems. CIB W062 Symposium 2005 [online]
- [44] VALÁŠEK, J.: Pozinkované potrubia vodovodov v budovách. In: TZB Haustechnik č. 1, 2011, s. 40 – 43.
- [45] VRANAYOVÁ Z., BRATSKÁ Z...: Ako skúsenosť s pandémiou Covid-19 ovplyvní prevádzku vodovodov v budovách? In: Peráčková, J. Sanhyga 2021: Zborník prednášok z 25. vedecko-technickej konferencie. Piešťany, SR, október 2021. Bratislava: SSTP, 2021, s.9--16. ISBN 978-80-89878-80-2.
- [46] VRANAYOVÁ, Z., SLEZIÁK T.: Uživatel má právo na zdravý vodu. In: Plynár, vodár, kúrenár, 2022, roč. 20, č. 2, s. 32-38, ISSN 1335-9614
- [47] VRÁNA, J.: Ochrana před znečištěním pitné vody zpětným průtokem. Normy, právní předpisy, třídy tekutin, ochranné jednotky In: www.voda.tzb-info.cz, 2018 [online]
- [48] VRÁNA J.: Rizika vyplývající z neuváženého šetření vodou. In: www.voda.tzb-info.cz, 2020 [online]
- [49] VRÁNA J.: Méne tradiční řešení cirkulace teplé vody. In: Topenářství instalace, 02/2016

- [50] ZEMPLÉNYI A., ZEMPLÉNYIOVÁ K.: Sme pripravení na novú legislatívu v rámci kontroly pitnej vody? In: TZB Haustechnik, 2022, roč. 30, č. 2, s. 51-53, ISSN 1210-356X
- [51] ŽABIČKA Z.: Vnitřní vodovod – mikrobiologická rizika a jejich možná řešení. In: Peráčková, J. Sanhyga 2016: Zborník prednášok z 21. vedecko-technickej konferencie. Piešťany, SR, október 2016. Bratislava: SSTP, 2016, s. 39--47. ISBN 978-80-89878-99-4.
- [52] ŽABIČKA Z.: Vady v rozvodoch vody. In: Peráčková, J. Sanhyga 2021: Zborník prednášok z 25. vedecko-technickej konferencie. Piešťany, SR, október 2021. Bratislava: SSTP, 2021, s. 57--62. ISBN 978-80-89878-80
- Firemné a komerčné podklady a internetové zdroje**
- [53] ENVIROPORÁL: Informačný portál rezortu MŽP SR: Kvalita pitnej vody [online]
- [54] GEBERIT: Hygiena pitnej vody Geberit, Spoľahlivá obrana proti stagnácii [online]
- [55] IVAR: Cyklónový filter typu Gel Depura s filtračnou vložkou [online]
- [56] KEMPER GMBH + CO. KG: Kaltwasser-Zirkulation mit KHS CoolFlow: Die vier Erfolgsfaktoren für eine einwandfreie Trinkwasserhygiene [online]
- [57] KEMPER GMBH + CO. KG: Hygienický systém KEMPER KHS, Venturiho delič proudění HHS [online]
- [58] VIEGA: Viega Smartloop Inliner: Cirkulačná technikou pre stúpacie potrubie teplej vody [online]
- [59] VIEGA: Základy kvality pitnej vody: prietokové nástenné koleno: Cirkulačná technika pre stúpacie potrubie teplej vody [online]
- [60] Wilseko s.r.o.: Čistenie vodovodných potrubí pre domácnosti, systém COMPREX® [online]

ZOZNAM PUBLIKAČNÝCH PRÁC AUTORKY

ADM Vedecké práce v zahraničných časopisoch registrovaných v databázach WOS alebo SCOPUS

- ADM01 MACKOVÁ, Dominika - PERÁČKOVÁ, Jana. Ensuring the required potable water temperature in water pipeline inside buildings. In *Periodica Polytechnica Mechanical Engineering*. Vol. 65, no. 4 (2021), s. 345-353. ISSN 0324-6051 (2020: 0.259 - SJR, Q3 - SJR Best Q). V databáze: SCOPUS: 2-s2.0-85116627465 ; DOI: 10.3311/PPME.18205 ; WOS: 000705061000001.
- ADM02 PERÁČKOVÁ, Jana - JUHOŠOVÁ, Dominika. Potable Water Hygiene from the Stagnation of Water Point of View. In *Periodica Polytechnica Mechanical Engineering*. Vol. 64, no. 4 (2020), s. 328-335. ISSN 0324-6051 (2020: 0.259 - SJR, Q3 - SJR Best Q). V databáze: SCOPUS: 2-s2.0-85095823000 ; DOI: 10.3311/PPME.16513 ; WOS: 000583805000008.

ADE Vedecké práce v ostatných zahraničných časopisoch

- ADE01 MACKOVÁ, Dominika - PERÁČKOVÁ, Jana. Heat Recovery from Sewer System in a Sport Complex. In *REHVA European HVAC Journal*. Vol. 57, iss. 4 (2020), s. 47-52. ISSN 1307-3729.
- ADE02 MACKOVÁ, Dominika - PERÁČKOVÁ, Jana. Opatrenia pre zabezpečenie teploty a výmeny studenej pitnej vody v budovách. In *Topenářství, instalace*. Roč. 55, č. 4-5 (2021), s. 84-90. ISSN 1211-0906.
- ADE03 MACKOVÁ, Dominika - PERÁČKOVÁ, Jana. Kvalita a hygiena pitnej vody v budovách. In *TZB Haustechnik*. Roč. 16, č. 2 (2022), s. 42-46. ISSN 1803-4802.
- ADE04 PERÁČKOVÁ, Jana - JUHOŠOVÁ, Dominika. Potable Water Management as a Rating Parameter of the Indoor Environment Quality. In *Magyar Épületgépészet*. Vol. 69, no. 5 (2020), s. 8-13. ISSN 1215-9913.

ADF Vedecké práce v ostatných domácich časopisoch

- ADF01 JUHOŠOVÁ, Dominika - PERÁČKOVÁ, Jana. Využitie odpadového tepla na predohrev vody pomocou rekuperačných výmenníkov tepla. In *TZB Haustechnik*. Roč. 27, č. 2 (2019), s. 56-60. ISSN 1210-356X.
- ADF02 JUHOŠOVÁ, Dominika - PERÁČKOVÁ, Jana. Zabezpečenie hygieny pitnej vody v pripájacom potrubí vodovodu. In *TZB Haustechnik*. Roč. 27, č. 5 (2019), s. 50-53. ISSN 1210-356X.
- ADF03 JUHOŠOVÁ, Dominika - PERÁČKOVÁ, Jana. Hospodárenie s pitnou vodou ako hodnotiaci parameter kvality vnútorného prostredia. In *TZB Haustechnik*. Roč. 28, č. 2 (2020), s. 50-53. ISSN 1210-356X.
- ADF04 JUHOŠOVÁ, Dominika - PERÁČKOVÁ, Jana. Certifikačný systém WELL ako hodnotiaci nástroj kvality pitnej vody v budove. In *TZB Haustechnik*. Roč. 28, č. 3 (2020), s. 50-52. ISSN 1210-356X.

AFC Publikované príspevky na zahraničných vedeckých konferenciách

- AFC01 JUHOŠOVÁ, Dominika - PERÁČKOVÁ, Jana. Recovery of waste heat from the sewer system. In *Revista Romana de Inginerie Civila*. Vol. 10, no. 3 (2019), s. 334-341. ISSN 2068-3987.

- AFC02 JUHOŠOVÁ, Dominika - PERÁČKOVÁ, Jana - KRAFČÍK, Milan. Recovery of waste heat from the sewer system in the sanitary equipment of a sport complex. In *7th International Youth Conference on Energy (IYCE) [elektronický zdroj] : proceeding, 3-6 July 2019, Bled, Slovenia*. 1. vyd. [s.l.] : IEEE, 2019, online, [7] s., art. no. 8991596. ISBN 978-1-7281-3923-4. V databáze: SCOPUS: 2-s2.0-85080867625 ; DOI: 10.1109/IYCE45807.2019.8991596.
- AFC03 JUHOŠOVÁ, Dominika - PERÁČKOVÁ, Jana. Vplyv pripájacieho potrubia vodovodu na hygienu pitnej vody. In *Juniorstav 2020 [elektronický zdroj] : zborník príspevků. 22. odborná konferencia doktorského štúdia s medzinárodnou účasťou. Brno, ČR, 23. 1. 2020 = Juniorstav 2020, proceedings of the 22nd International Conference of doctoral Students*. 1. vyd. Brno : ECON publishing, 2020, USB kľúč, s. 845-851. ISBN 978-80-86433-73-8.
- AFC04 MACKOVÁ, Dominika - PERÁČKOVÁ, Jana. Zabezpečenie požadovanej teploty studenej pitnej vody vo vodovode v budove. In *Juniorstav 2021 [elektronický zdroj] : zborník príspevků. 23. odborná konferencia doktorského štúdia s medzinárodnou účasťou. Brno, ČR, 28.1.2021 = Juniorstav 2021, proceedings of the 23th International Conference of Doctoral Students*. 1. vyd. Brno : ECON publishing, 2021, online, s. 751-756. ISBN 978-80-86433-75-2.
- AFC05 MACKOVÁ, Dominika - PERÁČKOVÁ, Jana. Effect of heat transfer between potable water cold and the environment inside building on water quality. In *6th World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium - WMCAUS 2021 [elektronický zdroj] : 30th August - 3th September 2021, Prague, Czech Republic*. 1. vyd. Bristol : IOP Publishing, 2021, online, [10] s., art. no. 032100. ISSN 1757-8981. V databáze: DOI: 10.1088/1757-899X/1203/3/032100.
- AFD Publikované príspevky na domácich vedeckých konferenciách**
- AFD01 JUHOŠOVÁ, Dominika - PERÁČKOVÁ, Jana. Experimentálne meranie efektívnosti využitia odpadového tepla pre predohrev teplej vody. In *Sanhyga 2018 [elektronický zdroj] : zborník prednášok z 23. vedecko-technickej konferencie zdravotnej techniky. Piešťany, SR, 11. - 12. 10. 2018*. 1. vyd. Bratislava : SSTP, 2018, CD-ROM, s. 167-174. ISBN 978-80-89878-30-7.
- AFD02 JUHOŠOVÁ, Dominika - PERÁČKOVÁ, Jana. Efektívnosť využívania odpadového tepla z vnútorných kanalizačných systémov na predohrev teplej vody. In *Meranie a rozpočítanie tepla 2018 [elektronický zdroj] : zborník prednášok z 18. konferencie s medzinárodnou účasťou. Senec, SR, 8. - 9. 11. 2018*. 1. vyd. Bratislava : SSTP, 2018, CD-ROM, s. 103-110. ISBN 978-80-89878-35-2.
- AFD03 JUHOŠOVÁ, Dominika - PERÁČKOVÁ, Jana. Využitie tepla zo splaškovej vody. In *Vnútorná klíma budov 2018 : zborník prednášok z 29. vedeckej konferencie. Úspory energie versus vnútorné prostredie. Nový Smokovec, SR, 27. - 28. 11. 2018*. 1. vyd. Bratislava : Slovenská spoločnosť pre techniku prostredia, 2018, s. 41-44. ISBN 978-80-89878-39-0.
- AFD04 JUHOŠOVÁ, Dominika - PERÁČKOVÁ, Jana. Pripájacie potrubia vodovodu z hľadiska hygieny pitnej vody. In *Sanhyga 2019 [elektronický zdroj] : zborník prednášok z 24. medzinárodnej vedecko-technickej konferencie. Piešťany, SR, 10. - 11. 10. 2019*. 1. vyd. Bratislava : SSTP, 2019, CD-ROM, s. 17-26.
- AFD05 JUHOŠOVÁ, Dominika - PERÁČKOVÁ, Jana - ČERMANOVÁ, Zuzana [Krippelová, Zuzana]. Hygiena pitnej vody v bytových domoch. In *Komplexná obnova bytových domov 2019. Energetická náročnosť a kvalita vnútorného prostredia budov : zborník prednášok z XIII. medzinárodnej odbornej konferencie. Podbanské, SR, 22. - 22. 11. 2019*. 1. vyd. Bratislava : Združenie pre podporu obnovy bytových domov, 2019, S. 100-103. ISBN 978-80-972493-8-0.
- AFD06 JUHOŠOVÁ, Dominika. Hygiena pitnej vody z hľadiska pripájajúcich potrubí vodovodu. In *Advances in Architectural, Civil and Environmental Engineering [elektronický zdroj] : 29th Annual PhD Student Conference on Applied Mathematics, Applied Mechanics, Building Technology, Geodesy and Cartography, Landscaping, Theory and Environmental Technology of Buildings, Theory and Structures of Buildings, Theory and Structures of Civil Engineering Works, Water Resources Engineering*. October 16th 2019, Bratislava. 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2019, CD-ROM, s. 217-224. ISBN 978-80-227-4972
- AFD07 JUHOŠOVÁ, Dominika - PERÁČKOVÁ, Jana. Installation and arrangement of branch pipes from the point of view of hygiene of potable water. In *Indoor Climate of Buildings 2019 [elektronický zdroj] : Energy Management for better Indoor Environment. Nový Smokovec, Slovakia, 8. - 11. December 2019*. 1. vyd. Bratislava : SSTP, 2019, CD-ROM, s. 185-194. ISBN 978-80-89878-55-0.
- AFD08 KRAFČÍK, Milan - PERÁČKOVÁ, Jana - JUHOŠOVÁ, Dominika. Denné priebehy odberu vody v bytových domoch na Slovensku. In *Komplexná obnova bytových domov 2018. Budovy s takmer nulovou potrebou energie : zborník prednášok z XII. medzinárodnej odbornej konferencie. Podbanské, SR, 21. - 23. 11. 2018*. 1. vyd. Bratislava : Združenie pre podporu obnovy bytových domov, 2018, S. 51-60.

- AFD09 MACKOVÁ, Dominika - PERÁČKOVÁ, Jana. Zabezpečenie kvality pitnej vody v budovách. In *Sanhyga 2020 : zborník prednášok z 25. medzinárodnej vedecko-technickej konferencie. 12. - 13. november 2020, Piešťany*. 1. vyd. Bratislava : SSTP, 2020, s. 29-37. ISBN 978-80-89878-66-6.
- AFD10 MACKOVÁ, Dominika. Technické opatrenia na zabezpečenie kvality studenej pitnej vody v budovách. In *Advances in Architectural, Civil and Environmental Engineering [elektronický zdroj] : 30th Annual PhD Student Conference on Applied Mathematics, Applied Mechanics, Building Technology, Geodesy and Cartography, Landscaping, Theory and Environmental Technology of Buildings, Theory and Structures of Buildings, Theory and Structures of Civil Engineering Works, Water Resources Engineering. October 14th 2020, Bratislava, Slovakia*. 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2020, CD-ROM, s. 292-297.
- AFD11 MACKOVÁ, Dominika. Simulácia priebehu teploty studenej pitnej vody pri rôznych spôsoboch zabudovania potrubia vodovodu v stavebnej konštrukcii. In *Advances in Architectural, Civil and Environmental Engineering [elektronický zdroj] : 31st Annual PhD Student Conference on Applied Mathematics, Building Technology, Geodesy and Cartography, Landscaping, Theory and Environmental Technology of Buildings, Theory and Structures of Buildings, Theory and Structures of Civil Engineering Works, Water Resources Engineering. October 13th 2021, Bratislava, Slovakia*. 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2021, CD-ROM, s. 242-248. ISBN 978-80-227-5150-6.
- AFH Abstrakty príspevkov z domácich konferencií**
- AFH01 MACKOVÁ, Dominika - PERÁČKOVÁ, Jana. Porovnanie požiadaviek na hospodárenie a kvalitu pitnej vody v certifikačných systémoch LEED, BREEAM a WELL. In *Zborník abstraktov z 31. ročníka vedeckej konferencie Vnútorná klíma budov 2020 : vnútorné prostredie budov, 1.-2. december 2020, online*. 1. vyd. Bratislava : Slovenská spoločnosť pre techniku prostredia, 2020, S. 9-10. ISBN 978-80-89878-68-0.

BEE Odborné práce v zahraničných zborníkoch (konferenčných aj nekonferenčných)

- BEE01 JUHOŠOVÁ, Dominika - PERÁČKOVÁ, Jana - KRAFČÍK, Milan - ČERMANOVÁ, Zuzana. Water consumption and water quality in apartment buildings in Slovakia. In *E-nova 2019 : Internationale Konferenz. Nachhaltige Technologien. Energie-Gebäude-Umwelt. Pinkafeld, Österreich, 21. und 22. November 2019*. 1. vyd. Graz, 2019, S. 255-262. ISBN 978-3-7011-0444-4.

BEF Odborné práce v domácich zborníkoch (konferenčných aj nekonferenčných)

- BEF01 MACKOVÁ, Dominika - PERÁČKOVÁ, Jana. Ako zabezpečiť kvalitu pitnej vody v bytových domoch? In *Komplexná obnova bytových domov 2020. Bezpečnosť a zdravie v domácnostiach: zborník zo XIV. medzinárodnej odbornej konferencie. Bratislava, SR, 19. - 20. 11. 2020*. 1. vyd. Bratislava: Združenie pre podporu obnovy bytových domov, 2020, S. 48-52. ISBN 978-80-973813-1-8.

SUMMARY

The dissertation thesis focuses on the issue of ensuring the hygiene and quality of potable cold water supplied to buildings. The thesis analyzes the requirements for water quality based on its physicochemical and microbiological properties, describes the requirements for potable water temperature and water exchange in the pipeline system, defines possibilities to ensure potable water hygiene based on the used water pipeline material, describes the requirements for water pipeline insulation and analyzes proper solutions of water pipeline installation in the building structure.

The issue of potable water hygiene depends on many factors: on people as final consumers of water, investors as construction financiers, our way of life and the degree of complexity of hygiene requirements. We need potable water every day for drinking, cooking, or cleaning proposes, we need it for a healthy and trouble-free life. It is therefore very important to carefully design the correct system for supplying the building with drinking water, for each building individually, taking into consideration all the factors that affect water quality.

As part of the dissertation, various factors that affect potable water hygiene and quality in the pipeline are assessed using an experimental measurements and computational simulation. The dissertation thesis is intended to contribute to ensuring the potable water hygiene and quality by incorporating technical measures into the water distribution system during its design, implementation, operation, and maintenance.