

Slovenská technická univerzita v Bratislave
Stavebná fakulta
Katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva

Ing. Réka Wittmanová

**Matematické modelovanie odtokového procesu v
urbanizovanom území v kontexte klimatickej zmeny**

Autoreferát dizertačnej práce

Na získanie akademického titulu philosophiae doctor v doktorandskom študijnom
programe:

Vodohospodárske inžinierstvo

Bratislava 2021

Dizertačná práca bola vypracovaná v dennej forme doktorandského štúdia na Katedre zdravotného a environmentálneho inžinierstva Stavebnej fakulty Slovenskej technickej univerzity v Bratislave.

Predkladateľ: **Ing. Réka Wittmanová**
Stavebná fakulta STU
Radlinského 11
810 05 Bratislava

Školiteľ: **prof. Ing. Štefan Stanko, PhD.**
Katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva
Stavebná fakulta STU, Bratislava

Oponenti:

Autoreferát bol rozoslaný dňa:

Obhajoba dizertačnej práce sa koná8.2021 o na Katedre Zdravotného a environmentálneho inžinierstva Stavebnej fakulty Slovenskej technickej univerzity v Bratislave, Radlinského 11

Prof. Ing. Stanislav Unčík, PhD.
Dekan Stavebnej fakulty STU v Bratislave

Obsah

1	Úvod.....	4
2	Ciele dizertačnej práce.....	5
3	Experimentálna časť	6
3.1	Metodika práce	6
3.2	Vstupné údaje	6
3.2.1	Charakterizácia vybraného záujmového územia.....	7
3.2.2	Analýza zrážkového režimu záujmového územia	8
3.3	Inventarizačná analýza.....	9
3.3.1	Inventarizácia zberačov - Materiál a profily stôk.....	9
3.3.2	Inventarizácia zberačov - Analýza hustoty potrubnej siete	10
3.3.3	Inventarizácia odľahčovacích komôr.....	10
3.3.4	Analýza zástavby záujmového územia	11
3.4	Simulačný model stokovej siete.....	11
3.4.1	Základný zaťažovací stav SC1.....	12
3.4.2	Overenie presnosti modelu	13
3.4.3	Zaťažovací stav SC2.....	14
3.4.4	Zaťažovací stav SC3.....	15
3.4.5	Zaťažovací stav SC4.....	16
3.4.6	Zaťažovací stav SC5.....	18
3.4.7	Porovnanie výsledkov simulácií	18
3.4.8	Diskusia.....	20
4	Záver.....	22
5	Literatúra	26
6	Publikačná činnosť	40

1 Úvod

Stokové siete tvoria neoddeliteľnú súčasť mestskej infraštruktúry. Predstavujú komplexný systém zberu, transportu a čistenia odpadových vôd (splaškových aj dažďových vôd), ktorý má významný ekonomický, sociálny a environmentálny vplyv na urbánne prostredie. Stokové siete tvoria spojovací článok medzi vodným cyklom v prírodnom a v zastavanom prostredí. Správne navrhnuté a prevádzkované stokové siete sú schopné obmedziť až celkom vylúčiť vznik lokálnych povodní a odľahčenie odpadových vôd do recipientu, a tým udržiavať životné prostredie na požadovanej úrovni [1; 2].

V období rapidného nárastu urbanizácie na Slovensku a vo svete je nutné prehodnotiť zastaranú koncepciu návrhu stokových sietí a hospodárenia s dažďovými vodami v mestách, ktoré nevyhovujú ideám trvalo udržateľného rozvoja. Pôvodná koncepcia bola založená na myšlienke najrýchlejšieho odvedenia vôd z mestského prostredia. Nové ponímanie hospodárenia s dažďovými vodami treba prispôsobiť novým podmienkam v prostredí spôsobenými klimatickou zmenou [5].

Posudzovanie hydraulikkej kapacity stokových sietí a ich vplyvu na recipient sa vykonáva pomocou numerického modelovania. Zrážkovo-odtokové modely simulujú prevádzku stokových sietí v podmienkach zjednodušeného systému mestského povodia. Fyzikálne javy v prostredí sú nahradené matematickými vzťahmi opisujúcimi tieto procesy. Na výpočet povrchového odtoku bolo vyvinutých niekoľko modelov: modely lineárnej a nelineárnej nádrže, metóda Muskingum, metóda kinetickej vlny a mnohé ďalšie. Tieto metódy tvoria základ pre svetovo uznávané a používané zrážkovo-odtokové modely [9].

Zrážkovo odtokové modely podrobne demonštrujú zrážkovo-odtokový proces a sú schopné simulovať prietoky v sieti, transport znečistenia a jeho vplyv na recipient. Pri výbere vhodného simulačného modelu sa prihliada na cieľ posúdenia a ponúkané funkcie jednotlivých modelov. Na simuláciu správania sa stokovej siete pri zmenách hydrologických a hydrogeologických charakteristík urbanizovaných území je najvhodnejšie použiť kombináciu hydrologického a hydraulického modelu. Výsledky simulácií zrážkovo-odtokových procesov sa následne aplikujú ako vstupné údaje do hydraulického modelu stokovej siete [4]. Na hydrologicko – hydraulických modeloch (HH model) sa zakladajú aj nasledovné modelové nástroje: SWMM od EPA, MIKE

URBAN od firmy DHI, CivilStorm od firmy Bentley, WARMF vyvinutý firmou System Water Resources, Inc. a mnohé iné.

2 Ciele dizertačnej práce

V súčasnosti sú čoraz častejšie badateľné zmeny v hydrologických charakteristikách mestských oblastí spôsobené vysokou urbanizáciou a klimatickou zmenou. Predkladaná práca rieši posúdenie východnej časti kanalizačnej siete mesta Trnava. Intenzívna výstavba stokových sietí v mestách prebiehala v polovici minulého storočia a vplyvom vysokej miery urbanizácie sú niektoré časti siete poddimenzované a v nevhovujúcom stave.

Cieľom predkladanej dizertačnej práce bolo zostrojiť matematický model stokovej siete za účelom simulácie prevádzky stokovej siete pri pôsobení rôznych dažďových udalostí, ktoré reflektujú pôsobenie zmeny klímy na urbánne oblasti. Vytvorením modelu stokovej siete v programe MIKE URBAN bolo mojím cieľom posúdiť a analyzovať východnú časť kanalizačnej siete mesta Trnava, konkrétne povodie hlavného kanalizačného zberača A, z hľadiska jej hydraulickkej kapacity. Zámerom simulácií bola analýza správania sa prietokového režimu v súvislosti so zaťažením rôznymi dažďovými udalosťami.

K hlavným cieľom predkladanej práce patrí:

- Analýza stavu stokovej siete záujmového územia, vypracovanie inventarizačnej analýzy, ktorá bude základom pre tvorbu modelu.
- Analýza zástavby a povrchov záujmového územia.
- Vytvorenie matematického modelu stokovej siete, pomocou ktorého sa bude skúmať hydraulická kapacita jednotlivých zberačov.
- Vytvorenie zaťažovacích stavov.
- Simulácia rôznych zaťažovacích stavov. Zaťažovacie stavy budú zvolené, tak aby reprezentovali aktuálny stav siete pri bežnej dažďovej udalosti a extrémnych zrážkach.
- Vyhodnotenie výsledkov simulácií a spracovanie preťažených úsekov.

3 Experimentálna časť

3.1 Metodika práce

Metóda výskumu a naplnenia cieľov dizertačnej práce spočívala v detailnom spracovaní a posúdení vybranej lokality na vytvorenie modelu stokovej siete v programe MIKE URBAN a následnú simuláciu zrážkovoodtokového procesu a prúdenia dažďového prietoku v stokovej sieti. Pomocou simulácií sa skúmal a posudzoval stav siete pri rôznych zaťažovacích scenároch, ktoré sú založené na rozličných periodicitách a trvaní zrážok. Počiatočná fáza výskumu – inventarizačná analýza sa sústreďovala na zber a spracovanie vstupných údajov o posudzovanom povodí a stokovej sieti. Po nej nasledovalo určenie zaťažovacích stavov a ústredná časť práce, samotný model stokovej siete a simulácie jednotlivých zaťažovacích stavov. Ďalšími krokmi bolo spracovanie výsledkov simulácií a ich interpretácia. Pre potreby jednotlivých fáz výskumu dizertačnej práce bolo nutné vykonať:

- získanie podkladových materiálov o existujúcej stokovej sieti,
- získanie podkladov o napojených obciach na stokovú sieť,
- analýzu údajov o zrážkovom režime záujmového územia,
- detailnú prehliadku záujmového územia za účelom objektívneho určenia odtokových súčiniteľov,
- inventarizačnú analýzu stokovej siete na základe získaných podkladov,
- vytvorenie modelu stokovej siete v programe MIKE URBAN,
- určenie zaťažovacích stavov,
- vyhodnotenie výsledkov simulácií.

3.2 Vstupné údaje

Vytvorenie modelu stokovej siete a simulácií prevádzky si vyžadujú dáta o súčasnom stave stokovej siete, ktoré budú slúžiť na kalibráciu a verifikáciu samotného modelu. Údaje o stokovej sieti boli poskytnuté Trnavskou vodárenskou spoločnosťou a. s., ktorá prevádzkuje verejnú kanalizáciu vo vybranej oblasti. V ďalších kapitolách bude charakterizované vybrané záujmové územie a následne všetky vstupné údaje budú zosumarizované a bližšie špecifikované v inventarizačnej analýze. Na kalibráciu a verifikáciu modelu boli poskytnuté charakteristiky zrážkových udalostí Slovenským hydrometeorologickým ústavom.

3.2.1 Charakterizácia vybraného záujmového územia

Predkladaná práca rieši posúdenie časti jednotnej stokovej siete mesta Trnava, ktoré sa nachádza v centrálnej oblasti Trnavskej pahorkatiny a spadá pod Trnavský samosprávny kraj, okres Trnava. Stredom mesta preteká riečka Trnávka, ktorá rozdeľuje mesto na západnú a východnú časť. Vymedzené záujmové územie sa rozprestiera na východ od tejto rieky, ktorá zároveň slúži ako recipient pre čistiareň odpadových vôd ČOV Zeleneč a odľahčovacie komory. Dlhodobý priemerný prietok Trnávky (Q_a) je $0,76 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a priemerný prietok (Q_{355}) je $0,08 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

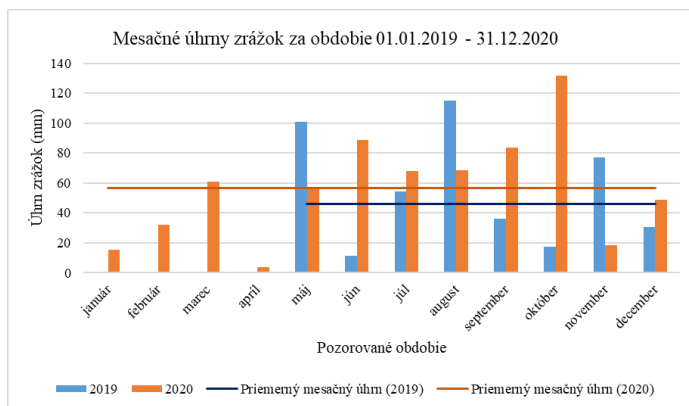
Mesto je rozčlenené na šesť mestských obvodov. Celková plocha rozloha katastrálneho územia mesta je $71,5 \text{ km}^2$ (7150 ha), z toho $17,1 \text{ km}^2$ (1710 ha) patrí do intravilánu. Celkový počet obyvateľov je 63 924 (k 31.12.2018) a hustota obyvateľstva je 894 obyvateľov na km^2 . Mesto sa rozprestiera v oblasti s nadmorskou výškou v rozpätí 156 m n. m. – 140 m n. m. Záujmové územie, ktoré je predmetom predkladanej práce, patrí do štyroch mestských a 23 urbanistických obvodov. Kanalizačná sústava predmetného územia je tvorená hlavným zberačom A, do ktorého v strednej časti intravilánu ústia zberače I, II, III, V, zberačmi D, C odvodňujúce severovýchodnú časť intravilánu (UO Kopánka). Na konci úseku, tesne pred OK1D zberač C ústi do zberača D. Na zberač A sú napojené prostredníctvom odtoku z OK (zberač I). Východná časť záujmového územia je odvodnená zberačmi A9a, AN2, AN, ktoré sú tiež zaústené do zberača A. V južnej časti územia sa na zberač A napájajú uličné zberače AM a AI. Po ich zaústení sa zberač A napája na zberač B, ktorý smeruje priamo čistiareň odpadových vôd – ČOV Zeleneč. Predmetné územie je vybavené deviatimi odľahčovacími komorami, ktoré ústia do Trnávky, jedným rozdeľovacím objektom na zberači AN, dvoma regulačnými šachtami a jednou čerpacou stanicou na zberači DN. Odľahčovanie komory sú navrhnuté so zmiešavacím pomerom 1:4.

Na stokovú sieť mesta Trnava sú napojené aj splaškové kanalizácie okolitých obcí, ktoré sa nachádzajú v povodí riek Blava, Trnávka a Parná. Na konkrétne záujmové územie sú napojené obce Dolná Krupá a Špačince patriace do povodia rieky Blava a obce Boleráz, Šelpice a Bohdanovce n. Trnavou v povodí rieky Trnávka. Stoková sieť mesta Trnava bola vybudovaná postupne podľa rozvoja mesta, preto je možné podľa informácií získaných z územného plánu mesta v staršej zástavbe zastaraná a kapacitne

preťažovaná. Spôsobuje to mnohé prevádzkové ťažkosti a tiež obmedzenia z hľadiska rozvoja mesta a napojenia okolitých obcí na ČOV [135].

3.2.2 Analýza zrážkového režimu záujmového územia

Pri posudzovaní stokových sietí je výhodné poznať aktuálne trendy v charakteristike zrážkového režimu záujmového územia. Slovenský hydrometeorologický ústav prevádzkuje v okolí záujmového územia zrážkomerné stanice v Bohdanovciach nad Trnavou, Jaslovských Bohuniciach a priamo v Trnave. Za účelom predmetného prieskumu nám z SHMÚ poskytli denné a minútové zrážkové úhrny za obdobie od 01.05. 2019 do 31.01.2021. Za sledované obdobie 21 mesiacov spadlo v záujmovom území 1165,9 mm zrážok. Z toho 443,4 mm zrážok spadlo v období od 01.05.2019 do 31.12.2019, zbytok 677,5 mm v období od 01.01.2020 do 31.12.2020 a 45 mm v januári 2021. Na Grafe 1 sú znázornené mesačné úhrny zrážok, priemerný mesačný úhrn v roku 2019 a v roku 2020.



Graf 1 Mesačné úhrny zrážok za obdobie 01.05.2019 - 31.12.2020 (Zdroj: SHMÚ)

Slovenský hydrometeorologický ústav vyhodnotil dlhodobý 30 – ročný priemer úhrnu atmosférických zrážok pre stanicu Jaslovské Bohunice (554,7 mm) [44]. Na zrážkomernej stanici v Trnave bolo nameraných v roku 2020 o 22,15% viac ako je dlhodobý 30- ročný priemer 1989 – 2018. Vzhľadom na chýbajúce údaje zo začiatku roku 2019, nie je možné tento údaj porovnať s dlhodobým 30 - ročným priemerom.

3.3 Inventarizačná analýza

Cieľom inventarizačnej analýzy je získať a sumarizovať všetky dostupné údaje o stokovej sieti a jej objektoch, ktoré potrebné na vytvorenie modelu stokovej siete. Pri vypracovaní modelu som vychádzala z údajov získaných z dokumentov poskytnutých prevádzkovou spoločnosťou.

Posudzovaná časť stokovej siete mesta Trnava sa skladá z nasledovných hlavných zberačov: Hlavný kanalizačný zberač A, ktorý je trasovaný na ľavom brehu Trnávky odvádza odpadové a dažďové vody z východnej časti mesta. Jeho dĺžka je 3,520 km. Napájajú sa na neho 2 zberače z historického jadra (I a II) a 13 uličných stôk v južnej časti záujmového územia. Historické jadro je odkanalizované zberačmi I, II, V. Centrum historického jadra odvodňuje zberač I, ktorého dĺžka bez uličných stôk je 1,306 km. Počet pripojených uličných stôk je 12. Na zberač II sa pripája 9 uličných stôk. Bez bočných prítok je dĺžka zberača 1,686 km. Zberač V ústi do hlavného kanalizačného zberača a jeho dĺžka je 1,071 km bez uličných stôk. Na tento zberač sa napája 8 uličných stôk. Severovýchodnú časť mesta odvodňujú zberače C, D a DN. Zberač C s dĺžkou 1,845 km ústi do zberača D s dĺžkou 1,742 km. V mieste odľahčovacej komory OK 01 D je zaústený aj zberač DN, ktorý odvodňuje športový areál Slávia a novú výstavbu v mestskej časti Kopánka. Na zberač C sa napája zberač VD s dĺžkou 0,672 km bez uličných stôk. Zberače A9a a AN-2 zabezpečujú odvodnenie východnej časti záujmového územia s dĺžkou 2,457 km (bez uličných stôk). Do zberača AN-2 ústi zberač AN-1 pred OK 02 AN1 a za touto odľahčovacou komorou pokračuje zberač AN s dĺžkou 1,546 km bez uličných stôk.

3.3.1 Inventarizácia zberačov - Materiál a profily stôk

Vzhľadom na vek a charakter stokovej siete v záujmovom území väčšina potrubí bola vybudovaná z betónu. Plastové a sklolaminátové potrubia boli použité pri výstavbe nových stôk a rekonštrukcii niektorých častí. Väčšina potrubí stokovej siete až 89,99 % z celkovej dĺžky siete záujmového územia bola vybudovaná z betónových potrubí. Pre betónové potrubia sú charakteristické tri typy profilov. Najväčšie zastúpenie majú kruhové profily (79,5 %), ktoré môžeme lokalizovať na sieti v rozmedzí od DN 300 po DN 1600. Tlakové profily tvoria 15,7 % a vajcové profily 4,8 % z celkovej dĺžky betónových stôk.

3.3.2 Inventarizácia zberačov - Analýza hustoty potrubnej siete

Pri určení stupňa hustoty potrubnej siete bolo povodie záujmového územia rozdelené na 5 charakteristických sub-povodií. Sub-povodia boli určené na základe hydrotechnickej situácie stokovej siete v závislosti od umiestnenia hlavných zberačov. Priemerný stupeň hustoty potrubnej siete bol vypočítaný na základe celkovej dĺžky posudzovanej stokovej siete a celkovej plochy povodia, jeho hodnota je 9,6. Povodie P1 zahŕňa oblasti spadajúce pod zberače D, C, VD a A9a. Je charakterizovaná ako husto osídlená a zastavaná oblasť záujmového územia. Zástavbu je možné charakterizovať ako zmiešanú, časť územia tvoria rodinné domy, časť sídlisko so športovým areálom a časť spevnené plochy parkoviska a obchodné centrum. Stupeň hustoty siete je 10,9. Povodie P2 má tiež vysoký stupeň hustoty potrubnej siete až 11,5. Toto povodie je situované v historickom centre záujmového územia, ktorá má nepriepustnú povrchovú úpravu. Toto povodie zahŕňa zberače I, II, V a časť zberača A. Povodie P3 vykazuje nižší stupeň hustoty odvodnenia, avšak je potrebné poznamenať, že predmetné povodie je situované v oblasti sídliska s rozľahlými zelenými plochami. Najnižší stupeň hustoty siete vykazuje povodie P4 (5,7), ktoré sa rozprestiera v oblasti priemyselného areálu a zástavby rodinných domov. Povodie P5 má tiež vysoký stupeň hustoty potrubnej siete až 10,8. Daná oblasť patrí do povodia zberačov A a AN, a zástavba je tvorená bytovými, rodinnými domami a priemyselným areálom.

3.3.3 Inventarizácia odľahčovacích komôr

Celkový počet odľahčovacích komôr na jednotnej stokovej sieti mesta Trnava je 22. V predmetom záujmovom území výskumu dizertačnej práce sa ich nachádza 9. Odľahčovacie komory OK 1AN (OK 17), OK 1AM (OK 18b) a OK1 AI (OK 19) majú štandardný tvar. Odľahčovacia komora OK 1D má atypický tvar, keďže je konštrukčne osadená do tlamového profilu zberača D. Komory OK 1II (OK 13) a OK 1I (OK 14) majú neštandardný tvar. Ďalšou atypickou odľahčovacou komorou je OK 3A (OK 15), ktorá je vybavená bočným priepadom a čelným prelivom. Škrtenie odtoku je zabezpečené dnovým odtokom do škrtiacej stoky, počas rekonštrukcie bola prerobená na sútokovú šachtu. Súčasťou OK2 AN1 (OK 16) je aj rozdeľovacia komora. Odľahčovacia komora OK1A2 (OK 18a) je spojená so sútokovou komorou a je vybavená bočným aj čelným priepadom. Odpadová voda z povodia záujmového územia má charakter bežných splaškových vôd a nepredpokladá sa žiadny výskyt obzvlášť

škodlivých látok. Tvar odľahčovacích komôr sa odvíja od prierezov a profilov prítokových stôk. Všetky odľahčovacie komory sú vyhotovené z betónu.

3.3.4 Analýza zástavby záujmového územia

Analýza zástavby záujmového územia tvorí dôležitú súčasť prípravných činností pred tvorbou samotného modelu. Jej cieľom je určiť parametre potrebné na zadefinovanie veľkosti povrchového odtoku, a to odtokový súčiniteľ a priepustnosť povrchov. Predmetná analýza bola vykonaná na základe poskytnutých podkladových materiálov, ktoré obsahovali mapové podklady, dát z katastrálnych máp na mapovom portáli ZBGIS a terénnej obhliadky záujmového územia. Charakter zástavby a povrchovej úpravy záujmového územia je veľmi rôznorodý. Záujmové územie je charakterizované šiestimi základnými typmi spôsobu zástavby: zástavbou bytových domov (sídliisko), zástavbou rodinných domov, priemyselnými a obchodnými areálmi, zelenými plochami (parky a ihriská), historickým jadrom, dopravnými a podobnými plochy.

3.4 Simulačný model stokovej siete

Podľa údajov vyplývajúcich z inventarizačnej analýzy bol zostavený model stokovej siete pomocou 509 uzlov (492 šachiet, 9 nádrží, 8 výustov), 514 úsekov (potrubí), 8 priestorov, ktoré prezentujú odľahčovacie komory. Povodie stokovej siete bolo rozdelené na 500 okrskov, ktoré boli vytýčené pomocou Theissonových polygónov. Model bol zaťažený 5 zaťažovacími stavmi, ktorých charakteristiky sú zhrnuté v tabuľke 3. 1. Základný zaťažovací stav (SC1) predstavuje podmienky prúdenia bezdažďového prietoku v sieti za predpokladu nasledovných podmienok: špecifická potreba vody sa pohybovala v rozmedzí $130 - 90 \text{ l} \cdot \text{osobu}^{-1} \cdot \text{deň}^{-1}$ a nerovnomernosť odtoku splaškových vôd počas dňa bola zadaná ako cyklická okrajová, ktorá vychádza z časového prerozdelenia denného prietoku podľa Urcikána a Rusnaka [16] pre sídliská a stredne veľké mestá. Na stokovú sieť záujmového územia sú napojené aj okolité obce patriace do povodia riek Trnávka a Blava. Prítoky splaškových odpadových vôd z týchto povodií sú bližšie stanovené v inventarizačnej analýze (kapitola 4.2.1, tabuľka 4.1). Prietok z priľahlých obcí bol v modeli zadefinovaný ako konštantný prítok do konkrétnych bodov. Zaťažovací stav SC2 simuluje prietok dažďových aj bezdažďových odpadových. Na simuláciu zrážkovej udalosti sa použil návrhový blokový dažď s periodicitou $P = 0,5$, dažď s výskytom raz za 2 roky, s trvaním

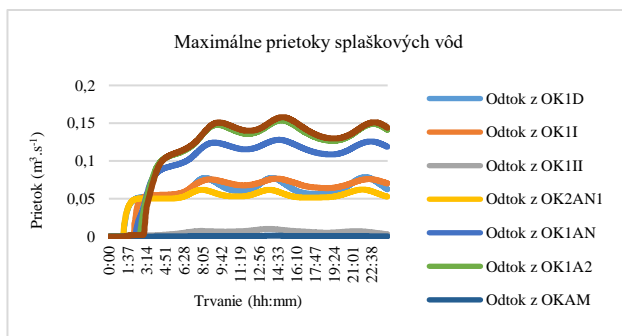
30 minút a maximálnou výdatnosťou $q_{15} = 169,071 \cdot s^{-1} \cdot ha^{-1}$. Vplyv klimatickej zmeny opisuje zaťažovací stav SC3, kde sa na simuláciu zrážkovej udalosti použil návrhový blokový dážď s periodicitou $P = 0,1$, trvaním 30 minút a maximálnou výdatnosťou $q_{15} = 241,151 \cdot s^{-1} \cdot ha^{-1}$. Zaťažovacie stavy SC3 a SC4 slúžia na ilustráciu prietokového režimu siete počas skutočných dažďových udalostí, ktoré sa vyskytli 20. 06. 2020 a 13. 10. 2020. Dažďová udalosť zo dňa 20. 06. 2020 trvala 9 hodín a 47 minút a celkový úhrn zrážok bol 44,35 mm, pričom maximálny hodinový úhrn bol 6,6 mm medzi 19:00 a 20:00. Predmetný model bol kalibrovaný pomocou údajov poskytnutých prevádzkovou spoločnosťou stokovej siete, skompletizované v inventarizačnej analýze, pri štandardných prevádzkových podmienok. Kalibračné parametre konštrukcie stokovej siete sú zhrnuté v kapitole „Materiál a profily stôk“ a parametre charakterizujúce vlastnosti okrskov sú sumarizované v kapitole „Analýza zástavby záujmového územia“.

Tabuľka 3.1 Prehľad zaťažovacích stavov

Z.S.	Charakteristika	Špecifická spotreba vody ($l \cdot os^{-1} \cdot d^{-1}$)	Trvanie simulácie/ Trvanie dažďa (min)	Priemerná výdatnosť ($l \cdot s^{-1} \cdot ha^{-1}$)	Max. výdatnosť ($l \cdot s^{-1} \cdot ha^{-1}$)
SC1	Bezdažďový prietok	130-90	1440/0	-	-
SC2	Dažďový a bezdažďový prietok ($P = 0,5$)	130-90	168/30	154,05	169,07
SC3	Dažďový a bezdažďový prietok ($P = 0,1$)	130-90	228/30	226,03	241,15
SC4	Dažďový a bezdažďový prietok (20.06.2020)	130-90	2822/587	5,14	18,35
SC5	Dažďový a bezdažďový prietok (13.10.2020)	130-90	2822/795	3,06	7,53

3.4.1 Základný zaťažovací stav SC1

Základný zaťažovací stav (SC1) simuluje situáciu bezdažďového obdobia v stokovej sieti. V roku 2019 bolo takýchto dní 157 (43 %) a v roku 2020 až 229 (62,5 %). Nakoľko sa jedná o rozsiahlu stokovú sieť uvádzam výsledky modelovania len pre vybrané úseky, ktoré reprezentujú hodnoty pre odtok z odľahčovacích komôr.



Graf 2 Maximálny prietok na škrtiacich stokách odľahčovacích komôr v bezdažďovom období.

Maximálny prietok na úseku škrtiacej stoky OK1D je $73 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Tento úsek sa ďalej napája na stoku I, ktorá ústi do OK1I a maximálny prietok za touto odľahčovacou komorou je $76 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Uličná stoka II sa napája na zberač A s maximálnym prietokom $9 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Maximálny prietok z východnej časti siete (stôk AN1, AN2) je $58 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$, za odľahčovacou komorou OK1AN je už prietok $128 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ a za OK1A2 je $154 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Maximálny prietok na zberači A pred napojením na zberač B, ktorý smeruje na ČOV Zelenec je $158 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Z tabuľky vyplýva, že všetky škrtiace stoky majú dostatočnú kapacitu na prevedenie bezdažďového prietoku. Najrizikovejšia je škrtiaca stoka OKAM, ktorá je podľa modelu naplnená pri maximálnom prietoku až na 65 %.

3.4.2 Overenie presnosti modelu

Na overenie presnosti modelu, verifikáciu, boli použité dve rôzne štatistické analýzy: Pearsonov výberový korelačný koeficient a Nash – Sutcliffov koeficient účinnosti. Na verifikáciu modelu boli použité údaje namerané na predmetnej stokovej sieti prevádzkovou spoločnosťou počas bezdažďového stavu v rôznych časových intervaloch v úsekoch pred odľahčovacími komorami. V tabuľke 3. 2 sú uvedené namerané prietoky v odľahčovacích komorách prevádzkovou spoločnosťou a nasimulované prietoky v zaťažovacom stave SC1. Hodnoty nasimulovaných prietokov boli odčítané z časových radov prietokov pre konkrétny čas.

Pearsonov koeficient dosahuje hodnotu 0,96 a Nash – Sutcliffov koeficient hodnotu 0,63. Hodnoty koeficientov indikujú, že model dobre reprezentuje prietokovú situáciu

v predmetnej stokovej sieti. Tabuľka 3.2 neuvádza čas merania prietoku v OK1A2 z toho dôvodu, že tento prietok bol iba odhadnutý.

Tabuľka 3.2 Namerané a simulované prietoky v odľahčovacích komorách

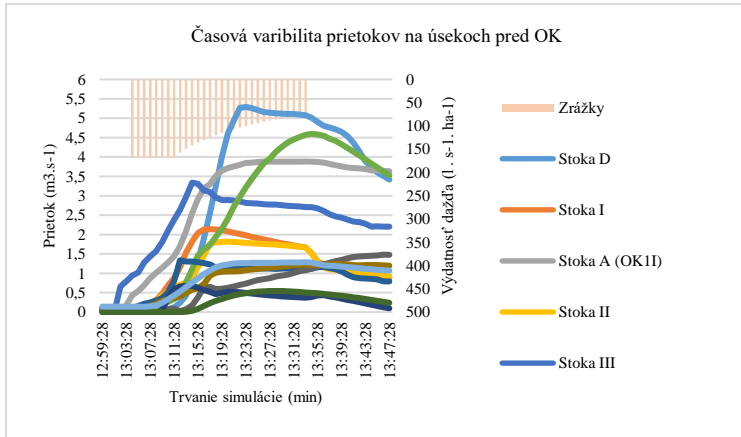
	Čas merania	Namerané prietoky ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	Simulované prietoky ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)
OK1D	11:00	40	60,1
OK1II	8:30	7	7,2
OK1I	11:30	55	68,0
OK3AIII	12:00	6	8,3
OK2AN1	9:00	40	58,0
OK1AN	9:00	70	124,0
OK1A2	neudané	115	136,0
OK1AM	11:00	10	2,6
OK1AI	14:00	1	1,1

Počas niekoľkých obhliadok nebolo možné presne zmerať prietok v komore z dôvodu nepravidelného prúdenia odpadovej vody. Prietokové pomery v odľahčovacej komore sú komplikované. V minulosti bol s komorou prepojený aj zberač B, ktorý bol neskôr zahradený. V súčasnosti je však zahradenie poškodené. Pri obhliadke sa zistilo, že určitý objem odpadových vôd zo zberača ďalej oteká do zberača B.

3.4.3 Zaťažovací stav SC2

Druhá simulácia bola zameraná na modelovanie stavu stokovej siete počas dažďa s periodicitou $P = 0,5$. Ako modelový dážď sa použil blokový dážď s trvaním 30 minút. Simulácia trvala 45 minút a začiatok dažďovej udalosti bol nastavený na 6 minútu po začiatku simulácie. Okrajové podmienky definujúce bezdažďový prietok sú rovnaké ako v prípade zaťažovacieho stavu SC1, ktorý bol následne definovaný ako počiatočná podmienka simulácie.

Celkový maximálny prietok v sieti počas simulácie bol dosiahnutý v úseku nad odľahčovacou komorou OK1D, kde prietok v 38 minúte dosiahol hodnotu $4\,711\,1 \cdot \text{s}^{-1}$. Minimálny prietok v tomto čase bol $378\,1 \cdot \text{s}^{-1}$ v úseku pred OK AM. Graf 3 znázorňuje zmenu prietoku v čase trvania simulácie na úsekoch pred odľahčovacími komorami.



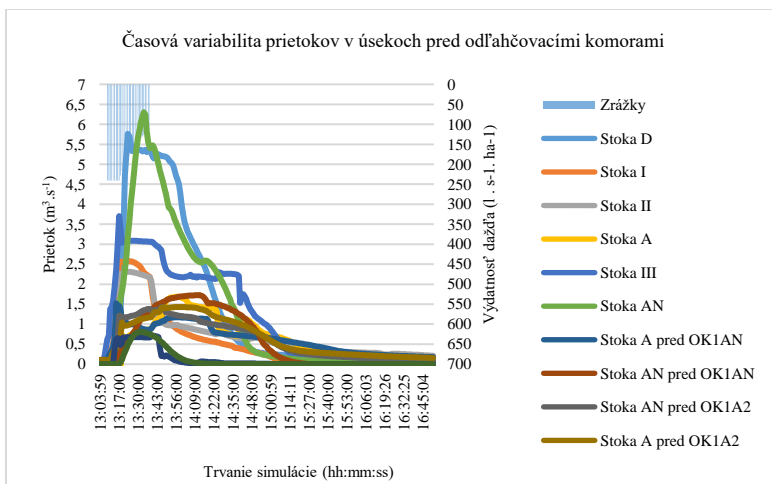
Graf 3 Časová variabilita prietokov v úsekoch pred OK

Celkový počet kanalizačných úsekov bol počas simulácie rozdelený na 1744 menších úsekov, vďaka čomu je jednoduchšia prezentácia výsledkov posúdenia siete. Pri hodnotení výsledkov posudzovania sa berie do úvahy počet zaplavených uzlov (šácht) a počet zaplavených a preťažených úsekov. Za zaplavené uzly sa považujú tie, v ktorých hladina OV vystúpila nad úroveň terénu, resp. v ktorých tlaková čiara je v úrovni vyššej ako je nadmorská výška terénu. V prípade preťažených úsekov sa vyhodnocuje režim prúdenia a plnenie potrubia. Ak je pomer maximálnej výšky hladiny OV v potrubí k priemeru stoky väčšia ako 1,0, potom je v danom potrubí tlakové prúdenie a úsek sa považuje za preťažený. Týmto pomerom sa vyjadruje plnenie potrubia. Tlak v potrubí je závislý od rozdielu hladiny vody v potrubí a hornej hrany potrubia. Vyjadruje sa v výške vodného stĺpca [138]. Simulácia vykazuje 46 zaplavených uzlov, čo tvorí 9,04 % z celkového počtu uzlov siete. Zaplavených úsekov je 156, teda 8,9 % z celkového počtu úsekov a preťažených je až 51,7 % siete (901 úsekov). Na obrázku 4.10 sú znázornené zaplavené úseky a zaplavené uzly.

3.4.4 Zaťažovací stav SC3

Tretia simulácia bola zameraná na modelovanie stavu stokovej siete zaťažením dažďovou udalosťou s periodicitou $P = 0,1$. Ako modelový dažď sa použil náhradný blokový dažď s trvaním 30 minút. Celá simulácia trvala 228 minút a začiatok dažďovej udalosti bol nastavený na 6 minútu po začiatku simulácie. Bezdažďový prietok je

nastavený ako počiatočná podmienka a je identická so zaťažovacím stavom SC1. Najvyššie prietoky sa boli detekované v úsekoch pred OK2AN1 ($5\,418\text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$) a pred OK1D ($5\,288\text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$). Tieto úseky zhromažďujú odpadové vody zo severnej a severovýchodnej časti záujmového územia. Graf 4 znázorňuje časový priebeh prietoku v týchto úsekoch počas trvania simulácie. Pri zaťažovacom stave SC3 vykazuje simulácia až 145 zaplavených uzlov, čo tvorí 28,5 % z celkového počtu. Percentuálny podiel zaplavených úsekov k celkovému počtu je 28,7 %, čo predstavuje 501 úsekov. Zaplavené úseky a body sú znázornené na obrázku 4. 12. Počet preťažených úsekov dosiahol hodnotu 1327, čo predstavuje 76,1% z celkového počtu úsekov.



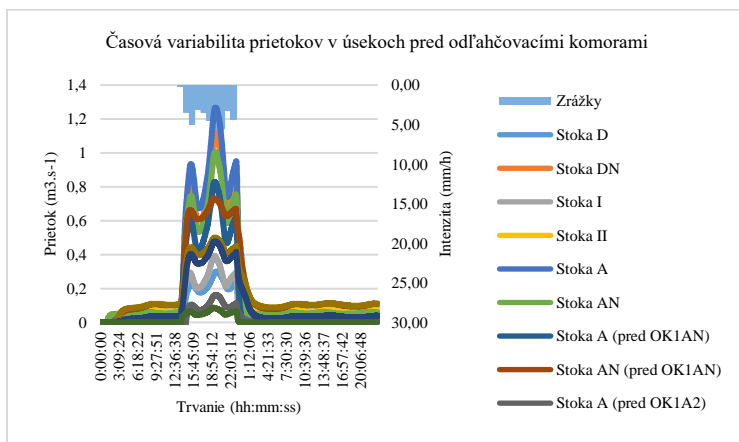
Graf 4 Časová variabilita prietokov v úsekoch pred odľahčovacími komorami

Pri zaťažovacom stave SC3 vykazuje simulácia až 145 zaplavených uzlov, čo tvorí 28,5 % z celkového počtu. Percentuálny podiel zaplavených úsekov k celkovému počtu je 28,7 %, čo predstavuje 501 úsekov. Zaplavené úseky a body sú znázornené na obrázku 4. 12. Počet preťažených úsekov dosiahol hodnotu 1327, čo predstavuje 76,1% z celkového počtu úsekov.

3.4.5 Zaťažovací stav SC4

Zaťažovací stav SC4 simuluje prietokové pomery v stokovej sieti pri pôsobení reálnej zrážkovej udalosti, ktorá bola nameraná v záujmovom území SHMÚ

20.06.2020. Táto zrážková udalosť bola najvýraznejšia z hľadiska celkového množstva spadnutých zrážok za deň v roku 2020. Trvala 9 hodín a 47 minút a celkový úhrn zrážok za tento deň je 44,35 mm, pričom maximálny úhrn zrážok bol 6,6 mm medzi 19:00 a 20:00. Priebeh dažďovej udalosti je znázornený na grafe 8. Prietok splaškových vôd je definovaný ako počiatočná okrajová podmienka a jej množstvo je identické ako v prípade zaťažovacieho stavu SC1. Maximálny prietok v sieti nastáva v čase 19:34:37 v úseku na hlavnom zberači A, jeho hodnota je $1\,266\text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Maximálne zaplavenie potrubí nastáva v čase 22:58:04 a maximálne plnenie potrubí v čase 22:55:06. Časová variabilita prietokov na stokovej sieti je znázornená na grafe 5. Vplyv zrážkovej udalosti je možné sledovať ešte 4 hodiny po jej skončení.

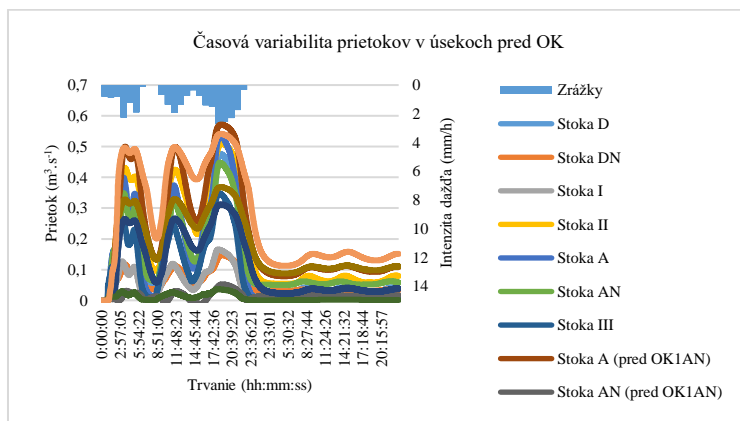


Graf 5 Časová variabilita prietokov v úsekoch pred odľahčovacími komorami

Pri zaťažení siete reálnym dažďom vykazuje simulácia 3 zaplavené body a 5 zaplavených úsekov, ktorých priemer je DN 300 (87 m) a DN 600 (100 m). Tieto úseky sa nachádzajú v oblasti so strednou hustotou zástavby. Počet preťažených úsekov bol 132, teda 7,6 % z celkového počtu úsekov. Na obrázku 4.14 sú znázornené preťažené úseky siete. Bledofialovou sú vyznačené úseky, kde tlaková čiara je vo výške 0 – 0,25 m nad hornou hranou potrubia. Tmavofialové a modré sú úseky v rozmedzí 0,25 – 1 m nad hornou hranou potrubia. Odtieňmi zelenej sú vyznačené úseky s tlakovou čiarou vo výške 1 – 2,5 m nad hranou potrubia. Interval 2,5 – 3 m predstavujú oranžové a červené úseky.

3.4.6 Zaťažovací stav SC5

Reálnu zrážkovú udalosť (zo dňa 13.10.2020) simuluje aj zaťažovací stav SC5. Intenzita zrážkovej udalosti je oproti zaťažovaciemu stavu SC4 rovnomernejšie rozložená v čase. Zrážková udalosť trvá 13 hodín a 15 minút, pričom maximálny hodinový úhm zrážok je 2,71 mm (18:00 - 19:00). V intervaloch medzi 7:00 - 10:00 a 23:00 - 24:00 je zrážkový úhm rovný 0. Zaťažovací stav SC1 bol použitý ako počiatočná okrajová podmienky udávajúca prietok splaškových v sieti. V čase 18:56:36 nastáva maximálny prietok v sieti. V úseku pred OK1AN je jeho hodnota $572 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$, pre OK1II je dosahuje až $536 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Časovú variabilitu prietokov v úsekoch pred odľahčovacími komorami znázorňuje graf 6.



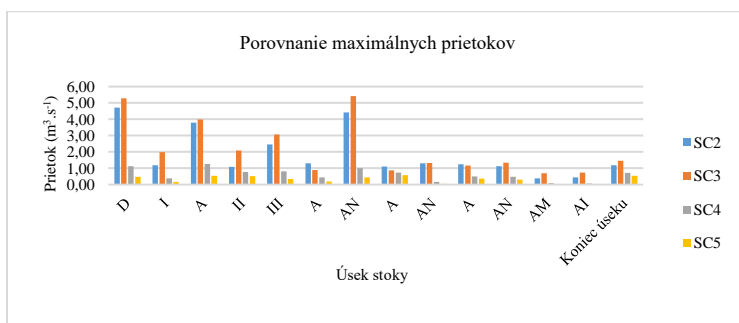
Graf 6 Časová variabilita prietokov v úsekoch pred OK

Simulácia pri zaťažovacom stave SC5 vykazuje 3 zaplavené uzly a 5 zaplavených úsekov. Predmetné úseky majú priemer DN 300 s dĺžkou 86 m a DN 600 s dĺžkou 100 m. tlakové prúdenie sa objavuje v 73 úsekoch stokovej siete.

3.4.7 Porovnanie výsledkov simulácií

Vplyv klimatickej zmeny na zmenu zrážkového režimu môžeme sledovať prakticky každodenne. V posledných rokoch sledujeme striedanie dlhých období sucha s extrémnymi zrážkovými udalosťami, ktoré pri preťažení stokových sietí môžu spôsobovať pluvialné povodne, prípadne ohrozenie nehnuteľností spätným vzduťm prípojok.

Podľa STN 75 6101:2016 by sa v súčasnosti mali navrhovať stokové siete navrhovať komplexnými návrhovými metódami a podľa odporúčanej návrhovej periodicite zaplavenia podľa tabuľky 5 predmetnej normy. Táto tabuľku uvádza, že mestské centrá a priemyselno-komerčné areály sa majú navrhovať na periodicitou zaplavenia $P = 0,03$ (raz za 30 rokov) a obytné plochy na periodicitu zaplavenia $P = 0,05$ (raz za 20 rokov) [18]. Vzhľadom na skutočnosť, že predmetná stoková sieť bola projektovaná a budovaná podľa starších noriem bolo posúdenie vykonané pre náhradné blokové dažde s periodicitou $P = 0,5$ (SC2) a $P = 0,1$ (SC3) a skutočné dažďové udalosti namerané v záujmovom území (SC4 a SC5). Zhrnutie maximálnych prietokov jednotlivých zaťažovacích stavov znázorňuje graf 7. Najvyššie maximálne prietoky sa samozrejme objavili pri zaťažovacom stave SC3, ktoré prevyšujú maximálne prietoky zaťažovacieho stavu SC2 v priemere o 25 %, SC4 v priemere o 68 % a SC5 v priemere o 81 %.



Graf 7 Porovnanie maximálnych prietokov

Dĺžku a maximálny prietok odľahčenia ovplyvňuje priebeh dažďovej udalosti zaťažovacieho stavu. Zaťažovacie stavy SC2 a SC3 s exponenciálnym priebehom, náhlym začiatkom a ukončením dažďovej udalosti, kratším trvaním, ale vyššou výdatnosťou majú značne vyššie maximálne prietoky. Vzhľadom na trvanie dažďovej udalosti sa však vyznačujú krátkym trvaním odľahčenie. Pričom zaťažovacie stavy SC4 a SC5, ktoré majú menšiu výdatnosť, ale dlhšie trvanie vykazujú menšie maximálne prietoky s dlhším trvaním odľahčenie. Odľahčovacia komora OKAM pri zaťažovacom stave SC5 neodľahčuje zmiešané odpadové vody. Simulácie zrážkových udalostí preukázali preťaženie siete pri všetkých zaťažovacích stavoch. Zaťažovací stav SC2

s náhradným blokovým dažďom a periodicitou $P = 0,5$ zaplavuje 46 bodov a 156 úsekov, pričom preťažených je až 901 úsekov siete. Rápidný nárast preťažených úsekov vykazujú zaťažovací stav SC3. Celkový počet preťažených úsekov je 1327. Oproti SC2 je to nárast o 32 %. Počet zaplavených bodov je 145 a zaplavených úsekov 501. Simulácie reálnych zrážkových udalostí (SC4 a SC5) preukázali rovnaký počet zaplavených bodov (3) a zaplavených úsekov (5). Tieto úseky majú celkovú dĺžku 186 m a preťažené potrubie má priemer DN 300 (86 m) a DN 600 (100 m). Zaťažovací stav SC4 vykazuje preťaženie v 132 úsekoch siete a SC5 v 73 úsekoch.

3.4.8 Diskusia

Podľa piatej hodnotiacej správy IPCC sa vplyv globálneho otepľovania a klimatickej zmeny prejaví zvýšenými intenzitami a početnosťou dažďových udalostí [41]. Zmeny v dažďových charakteristikách umocnené nevhodným plánovaním využitia územia, zvýšeným podielom nepriepustných plôch a stratou retenčnej kapacity povrchov môže viesť k rozšíreným pluvialným povodniam. Tento novodobý fenomén vzniká pri extrémnych zrážkach, ktoré preťažujú stokové siete a okolité prostredie nie je schopné absorbovať zvýšený povrchový odtok [142]. Vzhľadom na stav stokových sietí na Slovensku je možnosť vzniku pluvialných povodní v budúcnosti obzvlášť pravdepodobná.

Výsledky predkladanej dizertačnej práce zachytávajú a reflektujú možný vplyv klimatickej zmeny a extrémnych zrážok na stokovú sieť v podmienkach stredne veľkého mesta. Aj napriek tomu, že zaťažovací stav SC5 sa vyznačuje charakteristikami bežného dažďa, t. j. takmer rovnomernou intenzitou po celú dobu trvania a maximálnym hodinovým zrážkovým úhrnom 2,71 mm. Výsledky simulácie naznačujú, že pri tejto dažďovej udalosti je preťažených 73 úsekov stokovej siete (4,18 % z celkového počtu úsekov). Jedná sa hlavne o úseky uličných stôk s malým priemerom (DN 300 až DN 600) a úseky na zberači A po sútoku so zberačmi I, II, III, AN. V čase maximálnych prietokov v týchto úsekoch dochádza k tlakovému prúdeniu.

Zaťažovací stav SC4 simuluje reálnu zrážkovú udalosť zo dňa 20. 06. 2020, ktorá sa z hľadiska intenzity zrážok a trvania môže definovať ako lejak. Pri maximálnej hodinovej intenzite 6,6 mm vykazuje simulácia maximálny prietok na hlavnom zberači A $1,266 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Percentuálny podiel medzi maximálnym prietokom na zberači A v zaťažovacom stave SC5 a SC4 je až 57,6 %. Priemerný percentuálny podiel medzi

maximálnymi prietokmi v týchto zaťažovacích stavoch je 47,6 %, pričom počet preťažených úsekov je 132 (7,56 % z celkového počtu úsekov siete).

Vzhľadom na nízke intenzity reálnych dažďov sa vplyv klimatickej zmeny premietol do zaťažovacích stavov SC2 a SC3, ktoré predstavujú zrážkové udalosti ovplyvnené klimatickou zmenou. Trvanie dažďovej udalosti v oboch zaťažovacích stavoch je 30 minút a výdatnosť dažďov je odvodená z redukovaných kriviek blokových dažďov pre periodicitu $P = 0,5$ a $P = 0,1$. Luan, Zhang, Liu, Wang a Ma (2018) skúmali pomocou softvéru MIKE URBAN vplyv dažďových udalostí s rôznou periodicitou v povodí urbanizovanej oblasti Lincheng (Čína). Zo záveru je zrejmé, že zvyšovaním doby opakovania rastie maximálny prietok v sieti, počet preťažených úsekov a počet zaplavených uzlov [143]. Pri simulácii SC2 bol maximálny prietok na sieti dosiahnutý v úseku pred OK 1D a jeho hodnota bola $4,711 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Maximálny prietok v tomto úseku v SC4 je 76,3 % nižší. Na koncovom úseku pred napojením na zberač B je maximálny prietok v SC2 o 39,7 % vyšší ako pri SC4. Prietok v zaťažovacom stave SC2 je v priemere o 63,5 % vyšší ako pri pôsobení reálneho dažďa v SC4. Simulácia SC2 vykazuje 901 preťažených úsekov, čo predstavuje nárast o 85,3 % oproti simulácii SC4. Počet zaplavených uzlov je a zaplavených úsekov, čo je oproti SC4 nárast o 93,4 % a 96,7 %. Výsledky simulácie SC3 vykazujú v počte zaplavených uzlov nárast o 68,2 % a počte zaplavených úsekov 68,8 % v porovnaní so zaťažovacím stavom SC2. Celkový počet preťažených úsekov sa zvýšil o 32,1 % oproti zaťažovaciemu stavu SC2. Maximálne prietoky v úsekoch pred odľahčovacími komorami sa v priemere zvýšili o 13 %. Podobným výsledkom dospel aj Berggren, Olofsson, Viklander, Svesson a Gustafsson, ktorí vo svojej štúdií konštatujú, že vplyvom budúcich klimatických scenárov sa bude prietok a počet zaplavených uzlov zvyšovať [66]. Pričom v ďalšej práci z roku 2014 skúmali vplyv klimatickej zmeny pomocou dvoch rôznych návrhových dažďov – blokového dažďa a chicagského dažďa. Z výsledkov tejto štúdie vyplýva, že v prípade blokového dažďa dochádza k nižšiemu maximálnemu prietoku a menšiemu počtu zaplavených bodov ako pri chicagskom návrhovom daždi [144].

Výskumom v oblasti adaptácie stokových sietí na zmenu klímy, jej priamych a nepriamych účinkov na zmeny v oblasti mestských povodí sa celosvetovo venuje množstvo výskumníkov [47], [51], [68], [134] a mnohí ďalší. Kourtis a Tsihrintzis

(2021) sa vo svojej rešeršnej štúdií venujú objasneniu vplyvu klimatickej zmeny na zrážky a potrebu prehodnotenia IDF kriviek, adaptačné stratégie a nové návrhové kritériá a sumarizujú modelové nástroje využívané na hodnotenie stokových sietí [68].

Po analýze výsledkov simulácií je možné skonštatovať, že vplyv zmeny klímy v kontexte budúcich prevádzkových podmienok stokových sietí v urbanizovaných územiach nesmieme zanedbať. Po uvážení stavu preťaženia siete v centrálnych oblastiach záujmového územia, pri jednotlivých zaťažovacích stavoch, treba pristúpiť k návrhu adaptačných opatrení na zníženie dažďového prítoku do stokovej siete.

4 Záver

Predkladaná dizertačná práca s názvom „Matematické modelovanie odtokového procesu v urbanizovanom území v kontexte klimatickej zmeny“ sa zoberá získavaním a analýzou údajov o správaní sa prietokov vplyvom pôsobenia rôznych dažďových udalostí ovplyvnených klimatickou zmenou. Na riešenie danej problematiky bola vybraná východná časť stokovej siete mesta Trnava, povodie zberača A. Na vybranom záujmovom území boli vykonané terénne obhliadky s cieľom získavania údajov na kalibráciu matematického modelu stokovej siete. Vzhľadom na pretrvávajúcu pandemickú situáciu v čase riešenia dizertačnej práce boli terénne merania vykonané prevádzkovou spoločnosťou stokovej siete. Merané boli prietoky v jednotlivých odľahčovacích komorách.

S cieľom o vytvorení najpresnejšieho matematického modelu bola prevedená rozsiahla inventarizačná analýza, ktorá zoskupovala nielen všetky potrebné vstupné a okrajové podmienky modelu, ale aj kalibračné parametre. Počas nej sa skúmala skladba stokovej siete z hľadiska materiálového zloženia, tvary a profily stôk. Z analýzy vyplýva, že 89,99 % stôk bola vybudovaná z betónu, 9,60 % tvoria rúry z PVC a iba 0,4 % sú potrubia zo sklolaminátu. PVC potrubia sú ukladané v nových obytných štvrtiach a sklolaminátové potrubia boli použité pri rekonštrukciách určitých úsekov. Z hľadiska tvarovej variability siete je najčastejšie použitý kruhový profil potrubia (79,5 %), tlamový profil (15,7 %) a vajcové profily (4,8 %). Priemerná hustota potrubnej siete bola vypočítaná pre celé povodie a dosiahla hodnotu 9,6 km/km². Hustota potrubnej siete bola určená aj pre povodia jednotlivých zberačov a jej hodnoty sú znázornené v tabuľke 4.5, na základe ktorej môžeme skonštatovať, že hustota potrubnej siete záujmového územia je vyhovujúca. V rámci inventarizácie sa vykonala

aj podrobná analýza odľahčovacích komôr. Po terénnych obhliadkach záujmového územia sa vykonala analýza zástavby a nepriepustnosti záujmového územia, počas ktorej sa zostrojila mapa nepriepustnosti. Bola zostrojená na základe určenia odtokového súčiniteľa vzorových kanalizačných okrskov, ktoré boli prevedené na hodnoty nepriepustnosti.

Na základe výsledkov inventarizačnej analýzy bol vytvorený model stokovej siete v programe MIKE URBAN, ktorý slúži na hydrodynamické modelovanie pomaly meniaceho neustáleného prúdenia v stokových sieťach a v otvorených kanáloch. Model stokovej siete bol vytvorený na základe údajov o topológii objektov stokovej siete z GIS a výsledkov inventarizačnej analýzy. Kanalizačné okrsky boli skonštruované pomocou Theissonových polygónov a boli k nim priradené charakteristiky o počtoch obyvateľov a nepriepustnosti. Následne prebehli simulácie jednotlivých zaťažovacích stavov. Pre účely dizertačnej práce bolo určených päť zaťažovacích stavov:

- Základný zaťažovací stav SC1, ktorý simuloval prúdenie bezdažďového prietoku v stokovej sieti.
- Zaťažovací stav SC2, ktorý slúžil na simuláciu zmiešaného prietoku a bol zaťažený náhradným blokovým dažďom s periodicitou $P = 0,5$ a trvaním 30 minút.
- Zaťažovací stav SC3 predstavuje zvýšenú výdatnosť zrážkovej udalosti a predstavuje možný vplyv klimatickej zmeny na stokové siete. Zaťažovací dažď má periodicitu $P = 0,1$ a trvanie 30 minút.
- Zaťažovacie stavy SC4 a SC5 boli zaťažené reálnymi zrážkovými udalosťami z dňa 20. 06. 2020 a 13. 10. 2020. Predmetné zrážkové udalosti sa vyznačovali s najvyššími zrážkovými úhmmi sa rok 2020.

Na získanie predstavy o prevádzke predmetnej stokovej siete bola vytvorená simulácia zaťažovacieho stavu SC1, ktorá popisovala bežnú prevádzku siete v bezdaždivom období. Táto simulácia bola použitá na aj kalibráciu a verifikáciu siete. Dĺžka predmetnej simulácie bola nastavená na 24 hodín a maximálny prietok v sieti bol zaznamenaný o 14. – tej hodine a 55. – tej minúte na koncovom úseku záujmového územia pred napojením na zberač B. Na overenie presnosti modelu – verifikáciu modelu boli použité dve štatistické analýzy, Pearsonov korelačný koeficient a Nash – Sutcliffov

koeficient. Pearsonov koeficient dosahuje hodnotu 0,96 a Nash – Sutcliffov koeficient hodnotu 0,63. Hodnoty koeficientov indikujú, že model dobre reprezentuje prietokovú situáciu v predmetnej stokovej sieti. Vzhľadom na skutočnosť, že predmetná stoková sieť bola projektovaná a budovaná podľa starších noriem bolo posúdenie vykonané pre náhradné blokové dažde s periodicitou $p = 0,5$ (SC2) a $p = 0,1$ (SC3). V porovnaní s dažďovými udalosťami zaťažovacích stavov SC4 a SC5 vykazujú vyššiu intenzitu zrážok, a preto sú vhodné na extrémnych podmienok na sieti. Z výsledkov simulácie zaťažovacieho stavu SC2 vyplýva, že predmetná stoková sieť je z hľadiska hydraulickej kapacity preťažená v 901 úsekoch (51,7 % z celkovej siete). Počet zaplavených uzlov je 46 (9,04 % z celkového počtu uzlov) a počet zaplavených úsekov je 156. Pri simulácii zaťažovacieho stavu SC3 sa zistilo, že z celkového počtu uzlov je zaplavených 145, teda 28,5 % a až 501 úsekov (28,7 %). Počet preťažených úsekov dosiahol hodnotu 1327, teda 76,1 % z celkového počtu. Zaťažovací stav SC4 simuluje prevádzku stokovej siete pri reálnej zrážkovej udalosti z dňa 20. 06. 2020. Celkový zrážkový úhm a tento deň bol 44,35 mm a dážď trval 9 hodín a 47 minút. Maximálny prietok v sieti nastáva v čase 19:34:37 v úseku na hlavnom zberači A, maximálne zaplavenie potrubí nastáva v čase 22:58:04 a maximálne plnenie potrubí v čase 22:55:06. Odľahčenie prietokov nastáva 39. – tej minúte po začiatku dažďovej udalosti a v priemere trvá 675 minút. Z výsledkov simulácie vyplýva, že boli zaplavené 3 uzly 5 priľahlých úsekov. Celková dĺžka zaplavených úsekov bolo 186 m. Preťažených úsekov bolo 132. V týchto úsekoch bola tlaková čiara nad hornou hranou potrubia.

Reálnu zrážkovú udalosť (zo dňa 13.10.2020) simuluje aj zaťažovací stav SC5. Zrážková udalosť trvá 13 hodín a 15 minút, pričom maximálny hodinový úhm zrážok je 2,71 mm (18:00 - 19:00). V čase 18:56:36 nastáva maximálny prietok v sieti. Simulácia pri zaťažovacom stave SC5 vykazuje 3 zaplavené uzly a 5 zaplavených úsekov. Predmetné úseky majú priemer DN 300 s dĺžkou 86 m a DN 600 s dĺžkou 100 m. tlakové prúdenie sa objavuje v 73 úsekoch stokovej siete.

Z výsledkov simulácií je možné dedukovať nasledovné závery:

- Predmetná stoková sieť bola počas reálnych zrážkových udalostí preťažená len minimálne, a preto by bolo potrebné dané úseky bližšie preskúmať a určiť dôvody zaplavenia.

- Odľahčovacie komory vykazujú prepady aj pri zaťažovacom stave SC5, ktorý simuluje podmienky bežnej dažďovej udalosti. Vzhľadom na predstavy mesta do budúcnosti je potrebné vyriešiť stav odľahčovacích komôr a znížiť dažďový prítok do stokovej siete. S uvážením budúceho smerovania záujmového územia navrhujem využitie vodozádržných opatrení, kombináciu technických a prírode blízkych opatrení a ich začlenenie do systému odvodnenia záujmového územia.
- Vplyv klimatickej zmeny vykreslený pomocou zaťažovacieho stavu SC3 by bolo potrebné v budúcnosti riešiť systematicky v celom meste (nielen v predmetnom záujmovom území), aby bolo možné posúdiť celkové prietoky a ich vplyv na čistiareň odpadových vôd.

Zmeny v zrážkovom režime môžeme v súčasnosti sledovať každodenne. Posledné roky sa vyznačujú striedaním dlhých období sucha, dobrým príkladom je rok 2018, s krátkodobými extrémnymi zrážkami. Vzhľadom na postupnú redukciiu štyroch ročných období na dva polroky sa pravdepodobnosť výskytu extrémnych zrážok mení, čo môže spôsobiť problémy nielen pri preťažovaní stokových sietí, ale aj kapacitné vyladenie procesov čistenia odpadových vôd. Podľa predpovedí klimatických modelov má ročný úhrn zrážok tendenciu nárastu približne o 10 %, pričom pravdepodobnosť výskytu silných zrážkových udalostí môže narásť až o 50 % [42]. Pri týchto predpokladoch je potrebné do mestských odvodňovacích systémov implementovať prvky na redukciiu prítoku povrchového odtoku do stokovej siete, ktoré budú korešpondovať s požiadavkami adaptácie na zmenu klímy a ich pôsobenie môže prispieť k zníženiu dopadu klimatickej zmeny na mestské prostredie. Hydrodynamické modelovanie má v tomto smere veľký potenciál vo vodo hospodárskej praxi na Slovensku, pretože súčasný stav väčšiny stokových sietí je vzhľadom na budúce pôsobenie klimatickej zmeny a rapidnej urbanizácie nevyhovujúci.

5 Literatúra

[1] GARCIA L., BARREIRO-GOMEZ J., ESCOBAR E., TELLEZ D., QUIJANO N., OCAMPO-MARTINEZ C. Modeling and real-time control of urban drainage systems: A review. *Advances in Water Resources*, 2015. Volume 85. Pages 120-132. ISSN 0309-1708.

[2] BUTLER, D., DAVIES, J. W. *Urban Drainage 3rd edition*. Abingdon: Spon Press, 2011. 652 s. ISBN 978-0415455251.

[3] MONTSERRAT, A., BOSCH, L., KISER, M.A., POCH, M., COROMINAS, L. Using data from monitoring combined sewer overflows to assess, improve, and maintain combined sewer systems. *Science of The Total Environment*, 2015. Volume 505. Pages 1053-1061. ISSN 0048-9697.

[4] RADINJA, M., COMAS, J., COROMINAS, L., ATANASOVA, N. Assessing stormwater control measures using modelling and a multi-criteria approach. *Journal of Environmental Management*, 2019. Volume 243. Pages 257-268. ISSN 0301-4797.

[5] LI, Y., HUANG, J.J., HU, M., YANG, H., TANAKA, K. Design of low impact development in the urban context considering hydrological performance and life-cycle cost. *Journal of Flood Risk Management*, 2020. Volume13. Issue3. ISSN 1753-318X.

[6] CAO, Q., YU, D.Y., GEORGESCU, M., WU, J.G., WANG, W. Impacts of future urban expansion on summer climate and heat-related human health in eastern China. *Environment International*, 2018. Volume 112. Pages 134-146. ISSN 0160-4120.

[7] NIYOGI, D., LEI, M., KISHTAWAL, C., SCHMID, P., SHEPHERD, M. Urbanization impacts on the summer heavy rainfall climatology over the eastern United States. *Earth Interactions*. 2017, Volume 21. Issue 5. Page 1–17. ISSN 1087-3562.

[8] GAROFALO, G., GIORDANO, A., PIRO, P., SPEZZANO, G., VINCI, A. A distributed real-time approach for mitigating CSO and flooding in urban drainage systems. *Journal of Network and Computer Applications*, 2017. Volume 78. Pages 30-42. ISSN 1084-8045.

[9] SOKÁČ, M., SZTRUHÁR, D., SINČÁK, P., BUNDZEL, M. *Využitie prostriedkov hydroinformatiky v mestskej hydrológii*. Bratislava: Ústav vedecko-technických informácií pre pôdohospodárstvo Nitra, 1999. ISBN 80-85330-64-4.

[10] HLAVÍNEK, P., DRTEL, M. *Technologický projekt - časť Stokovanie*. Brno: ARDEC, 2010. 76 s. ISBN 978-80-86020-70-9.

[11] NATIONAL RESEARCH COUNCIL et. al. *Privatization of Water Services in the United States: An Assessment of Issues and Experience*. Washington, DC: The National Academies Press, 2002. ISBN 0-309-07444-4.

[12] BURIAN, S.J., EDWARDS, F.S. *Historical Perspectives of Urban Drainage. Global Solutions for Urban Drainage*, 2002. ISBN 9780784406441.

[13] *The History of Sanitary Sewers*. Paris [online]. © 2021 The History of Sanitary Sewers. [cit. 10. 01. 2021]. Dostupné z: <http://www.sewerhistory.org/photosgraphics/paris/>.

[14] *OpenLearn*. How London got its Victorian sewers [online] 30. 08. 2019, ©2021. The Open University. [cit. 10. 01. 2021]. Dostupné z: <https://www.open.edu/openlearn/science-maths-technology/engineering-technology/how-london-got-its-victorian-sewers>.

[15] ÚTERSKÝ, M., STANKO, Š., RAČEK, J., KORYTÁŘ, I., HLAVÍNEK, P. Výstavba zděných stok v České a Slovenské republice. *Vodovod.info – vodárenský informační portál* [online]. 09/2018, [cit. 18. 02. 2019]. ISSN 1804-7157. Dostupné z: <http://vodovod.info>.

[16] URČIKÁN, P., RUSNÁK, D. *Stokovanie a čistenie odpadových vôd. Stokovanie I. Navrhovanie stokových sietí*. Bratislava: Slovenská technická univerzita v Bratislave, 2004. 324 s. ISBN 80-227-2136-0.

[17] PELEG, N., BLUMENSAAT, F., MOLNAR, P., FATICHI, S., BURLANDO, P. Partitioning the impact of spatial and climatological rainfall variability in urban drainage modeling. *Hydrology and Earth System Sciences*, 2017. Volume 21. Issue 3. Pages 1559-1572.

[18] STN 75 6101. *Gravitačné kanalizačné systémy mimo budov*.

[19] STN EN 13508-1. *Prieskum a posudzovanie stokových sietí a systémov kanalizačných potrubí mimo budov. Časť 1: Všeobecné požiadavky*.

[20] STRÁNSKÝ, D., HAVLÍK, V., KABELKOVÁ, I. et. al. *Metodická příručka -Posouzení stokových systémů urbanizovaných povodí*. Asociace čistírenských expertů České republiky, 2009.

[21] STRÁNSKÝ, D., FATKA, P. Reliability and Safety of Sewer System. *10th International Conference on Urban Drainage*. Lyngby: Technical University of Denmark, 2005.

[22] MAMOON, A.A., JAHAN, S., HE, X., JOERGENSEN, N.E., RAHMAN, A. First flush analysis using a rainfall simulator on a micro catchment in an arid climate.

Science of The Total Environment, 2019. Volume 693. Article No. 133552. ISSN 0048-9697.

[23] KONG, F., BAN, Y., YIN, H., JAMES, P., DRONOVA, I. Modeling stormwater management at the city district level in response to changes in land use and low impact development. *Environmental Modelling & Software*, 2017. Volume 95. Pages 132-142. ISSN 1364-8152

[24] UNITED NATIONS, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. *World Urbanization Prospects: the 2018 Revision (ST/ESA/SER.A/420)*. New York: United Nations, 2019.

[25] PRAMANIK, S., PUNIA, M. Land use/land cover change and surface urban heat island intensity: source–sink landscape-based study in Delhi, India. *Environment, Development and Sustainability*, 2020, Volume 22. Issue 8. Pages 7331–7356.

[26] KC, S., SHRESTHA, S., NINSAWAT, S., CHONWATTANA, S. Predicting flood events in Kathmandu Metropolitan City under climate change and urbanisation. *Journal of Environmental Management*, 2021. Volume 281. Article No. 111894. ISSN 0301-4797.

[27] GAO, B., GAO, L., XU, D., ZHANG, M., QU, X., LI, Y. A novel method for evaluating the potential release of trace metals associated with rainfall leaching/runoff from urban soils. *Science of The Total Environment*, 2019. Volume 664. Pages 37-44. ISSN 0048-9697.

[28] GOGATE, N.G., KALBAR, P., RAVAL, P.M. Assessment of stormwater management options in urban contexts using Multiple Attribute Decision-Making. *J. Journal of Cleaner Production*, 2017. Volume 142. Part 4. Pages 2046-2059. ISSN 0959-6526.

[29] GOONETILLEKE, A. et al. Stormwater reuse, a viable option: Fact or fiction? *Economic Analysis and Policy*, 2017. Volume 56. Pages 14-17. ISSN 0313-5926.

[30] LI, J., JIANG, CH., LEI, T., LI, Y. Experimental study and simulation of water quality purification of urban surface runoff using non-vegetated bioswales. *Ecological Engineering*, 2016. Volume 95. Pages 706-713. ISSN 0925-8574.

[31] SLAVÍK, V., GRÁC, R., KLOBUČNÍK, M., KOHÚTOVÁÁ, K. Development of suburbanization of Slovakia on the example of the Bratislava region. *Urban Regions as Engines of Development*. Polish Academy of Science, 2011, Pages 35-58.

[32] VÍTEK, J. et. al. *Hospodaření se srážkovými vodami – cesta k modrozelené infrastruktuře. Olomoucké stavební standardy k integraci modrozelené infrastruktury*. Olomouc: JV PROJEKT VH s.r.o., 2018.

[33] ARRAU C.P., PEÑA, M.A. The Urban Heat Island (UHI) Effect. *urban heat islands (UHIs)* [online]. [cit. 20. 01. 2021]. Dostupné z: <https://www.urbanheatislands.com/>.

[34] DEBBAGE, N., SHEPHERD, J.M. The urban heat island effect and city contiguity. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2015. Volume 54. Pages 181-194. ISSN 0198-9715.

[35] MOHAJERANI, A. BAKARIC, J., JEFFREY-BAILEY, T. The urban heat island effect, its causes, and mitigation, with reference to the thermal properties of asphalt concrete. *Journal of Environmental Management*, 2017. Volume 197. Pages 522-538. ISSN 0301-4797.

[36] OKE, T.R. The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 1982, Volume 108, Issue 455, Pages 1-24. ISSN 0035-9009.

[37] SANTAMOURIS, M. Recent progress on urban overheating and heat island research. Integrated assessment of the energy, environmental, vulnerability and health impact. Synergies with the global climate change. *Energy and Buildings*, 2020. Volume 207. Article No. 109482. ISSN 0378-7788.

[38] STONE, B., HESS, J.J., FRUMKIN, H. Urban form and extreme heat events: are sprawling cities more vulnerable to climate change than compact cities. *Environmental Health Perspectives*, 2010, Volume 118. Issue 10, Pages 1425-1428.

[39] YANG, J., WANG, Z-H., KALOUSH, K.E. Environmental impacts of reflective materials: Is high albedo a 'silver bullet' for mitigating urban heat island? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2015. Volume 47. Pages 830-843. ISSN 1364-0321.

[40] SYNNEFA, A., KARLESSI, T., GAITANI, N., SANTAMOURIS, M., ASSIMAKOPOULOS, D.N., PAPAKATSIKAS, C. Experimental testing of cool colored thin layer asphalt and estimation of its potential to improve the urban microclimate. *Building and Environment*, 2011. Volume 46. Issue 1. Pages 38-44. ISSN 0360-1323.

[41] FIELD, C.B. et. al. *IPCC, 2014: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.

Cambridge, New York: Cambridge University Press, 2014. 1132 s. ISBN 978-1-107-64165-5.

[42] MINISTERSTVO ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA SR. *Stratégia adaptácie Slovenskej republiky na zmenu klímy* [online]. 2018. [cit. 12. 03. 2021]. Dostupné z: <https://www.minzp.sk/files/odbor-politiky-zmeny-klimy/strategia-adaptacie-sr-zmenu-klimy-aktualizacia.pdf>.

[43] GDINA, M. et. al. *The Seventh National Communication of the Slovak Republic on Climate Change. Under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol*. Bratislava 2017.

[44] MADARA, M., KAJABA, P., FAŠKO, P. Úhrn atmosférických zrážok za rok 2018. *SHMÚ - Slovenský hydrometeorologický ústav* [online]. 29. 04. 2019, © 2021 Slovenský hydrometeorologický ústav [cit. 7. 05. 2021]. Dostupné z: <http://www.shmu.sk/sk/?page=2049&id=996>.

[45] RECANATESI, F., PETROSELLI, A., RIPA, M.N. LEONE, A. Assessment of stormwater runoff management practices and BMPs under soil sealing: A study case in a peri-urban watershed of the metropolitan area of Rome (Italy). *Journal of Environmental Management*, 2017. Volume 201. Pages 6-18. ISSN 0301-4797.

[46] XU, D., OUYANG, Z., WU, T., HAN, B. Dynamic Trends of Urban Flooding Mitigation Services in Shenzhen, China. *Sustainability*, 2020. Volume 12. Issue 11. Article No. 4799. ISSN 2071-1050.

[47] QIN, Y. Urban Flooding Mitigation Techniques: A Systematic Review and Future Studies. *Water*, 2020, Volume 12. Issue 12. Article No. 3579. ISSN 2073-4441.

[48] VAN OOTEGEM, L., VERHOFSTADT, E., VAN HERCK, K., CRETEN, T. Multivariate pluvial flood damage models. *Environmental Impact Assessment Review*, 2015. Volume 54. Pages 91-100. ISSN 0195-9255.

[49] BHATTARAI, R., YOSHIMURA, K., SETO, S., NAKAMURA, S., OKI, T. Statistical model for economic damage from pluvial floods in Japan using rainfall data and socioeconomic parameters. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 2016. Volume 16. Issue 5. Pages 1063-1077.

[50] GHAZAL, R., ARDESHIR, A., ZAHEDI RAD, I. Climate change and stormwater management strategies in Teheran. *Procedia Engineering*, 2014. Volume 89. Pages 780-787. ISSN 1877-7058.

[51] ARNEL, N.W., GOSLING, S.N. The impacts of climate change on river flood risk at the global scale. *Climatic Change*, 2016. Volume 134. Issue 3. Pages 387-401.

[52] LI, M., KWAN, M.P., YIN, J., YU, D., WANG, J. The potential effect of a 100-year pluvial flood event on metro accessibility and ridership: A case study of central Shanghai, China. *Applied Geography*, 2018. Volume 100. Pages 21-29. ISSN 0143-6228.

[53] HAMMOND, M.J., CHEN, A.S., DJORDJEVIĆ, S., BUTLER D., MARK, O. Urban flood impact assessment: A state-of-the-art review. *Urban Water Journal*, 2015. Volume 12. Issue 1. Pages 14-29.

[54] FRATINI, C. F., GELDOF, G.D., KLUCK, J., MIKKELSEN, P.S. Three Points Approach (3PA) for urban flood risk management: A tool to support climate change adaptation through transdisciplinarity and multifunctionality. *Urban Water Journal*, 2012. Volume 9. Issue 5. Pages 317-331. ISSN 1573-062X.

[55] GLASS, E., NESET, T.-S., KJELLSTRÖM, E., ALMÅS, A.J. Increasing house owners adaptive capacity: Compliance between climate change risks and adaptation guidelines in Scandinavia. *Urban Climate*, 2015. Volume 14. Part 1. Pages 41-51. ISSN 2212-0955.

[56] SIMAN, C. Počasie na Slovensku v roku 2018. *SHMÚ - Slovenský hydrometeorologický ústav* [online] 01. 01 2019, © 2021 Slovenský hydrometeorologický ústav [cit. 02. 02. 2021]. Dostupné z: <http://www.shmu.sk/sk/?page=2049&id=970>.

[57] MOBINI, S., BECKER, P., LARSSON, R., BERNDTSSON, R. Systemic Inequity in Urban Flood Exposure and Damage Compensation. *Water*, 2020. Volume 12. Issue 11. Article No. 3152. ISSN 2073-4441.

[58] *imhd.sk*. Prázdné obratisko pod Mostom SNP počas jarnej búrky [online]. 06. 06. 2018, © imhd.sk, 2000 – 2021. [cit. 02. 02. 2021] Dostupné z: <https://imhd.sk/ba/galeria-media/u/12144/Preru%C5%A1en%C3%A1-prem%C3%A1vka-MHD-po-silnej-b%C3%BArke-6-6-2018-18-00-23-59/196534/Pr%C3%A1zdne-obratisko-pod-Mostom-SNP-po%C4%8Das-jarnej-b%C3%BArky?ref=ba%2Fdoc%2Fsk%2F17534%2FPrerusena-premavka-MHD-po-silnej>.

[59] SØRENSEN, J. Floods in Malmö, Sweden. *baravanligtgvatten.com* [online]. 10. 02. 2015 [cit. 15. 02. 2021]. Dostupné z: <https://baravanligtgvatten.com/2015/02/10/floods-in-malmo-sweden/>.

[60] AHIABLAME, L.M., ENGEL, B.A., CHAUBEY, I. Effectiveness of low impact development practices in two urbanized watersheds: Retrofitting with rain barrel/cistern and porous pavement. *Journal of Environmental Management*, 2013. Volume 119. Pages 151-161. ISSN 0301-4797.

[61] FLETCHER, T.D. et. al. SUDS, LID, BMPs, W. SUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal*, 2015. Volume 12. Issue 7. Pages 525-542. ISSN 1573-062X.

[62] WOODS BALLARD, B., WILSON, S., UDALE - CLARKE, H., SCOTT, T., ASHLEY, R., KELLAGHER, R., *The SuDS Manual. Version 5* [online]. London: CIRIA, 2015. © CIRIA 2015. 964 p. ISBN: 978-0-86017-760-9. [cit. 24. 02. 2021]. Dostupné z: <http://www.scotsnet.org.uk/documents/nrdg/ciria-report-c753-the-suds-manual-v6.pdf>.

[63] LIU, Y., ENGEL, B.A., COLLINGSWORTH, P.D., PIJANOWSKI, B.C. Optimal implementation of green infrastructure practices to minimize influences of land use change and climate change on hydrology and water quality: Case study in Spy Run Creek watershed, Indiana. *Science of The Total Environment*, 2017. Volumes 601–602. Pages 1400-1411. ISSN 0048-9697.

[64] DENAULT, C., MILLAR, R.G, LENCE B.J. Assessment of possible impacts of climate change in an urban catchment. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 2006. Volume 42. Issue 3. Pages 685-697.

[65] GRUM, M., JORGENSEN, A.T., JOHANSEN, R.M., LINDE, J.J. The effect of climate change on urban drainage: an evaluation based on regional climate model simulations. *Water Science & Technology*, 2006. Volume 54. Issue 6-7. Pages 9-15. ISSN 0273-1223.

[66] BERGGREN, K., OLOFSSON, M., VIKLANDER, M., SVENSSON, G., GUSTAFSSON, A.M. Hydraulic Impacts on Urban Drainage Systems due to Changes in Rainfall Caused by Climatic Change. *Journal of Hydrologic Engineering*, 2011. Volume 17. Issue 1. Pages 92-98.

[67] SZTRUHÁR, D., SOKÁČ, M. *Hydrológia urbanizovaných území*. Bratislava: Slovenská technická univerzita v Bratislave, 2005. ISBN:80-277-2220-0.

[68] KOURTIS, I. M., TSIHRINTZIS, V. A. Adaptation of urban drainage networks to climate change: A review. *Science of The Total Environment*, 2021. Volume 771. Article No. 145431. ISSN 0048-9697.

[69] WANG, A., QU, N., CHEN, Y., LI, Q., GU, S. A 60-Minute Design Rainstorm for the Urban Area of Yangpu District, Shanghai, China. *Water*, 2018, Volume 10. Issue 3. Article No. 312. ISSN 2073-4441.

[70] BALBASTRE-SOLDEVILA, R., GARCÍA-BARTUAL, R., ANDRÉS-DOMÉNECH, I. A Comparison of Design Storms for Urban Drainage System Applications. *Water*, 2019, Volume 11. Issue 4. Article No. 757. ISSN 2073-4441.

- [71] GONG, Y., LIANG, X., LI, X., LI, J., FANG, X., SONG, R. Influence of Rainfall Characteristics on Total Suspended Solids in Urban Runoff: A Case Study in Beijing, China. *Water*, 2016. Volume 8. Issue 7. Article No. 278. ISSN 2073-4441.
- [72] RIVARD, G. Design Storm Events for Urban Drainage Based on Historical Rainfall Data: a Conceptual Framework for a Logical Approach. *Journal of Water Management Modeling*, 1996. Volume 4. ISSN 2292-6062.
- [73] ELLOUZE, M., HABIB, A., RIADH, S. A triangular model for the generation of synthetic hyetographs. *Hydrological Sciences Journal*, 2009. Volume 54. Issue 2. Pages 287-299. ISSN 0262-6667.
- [74] VENEZIANO, D., VILLANI, P. Best linear unbiased design hyetograph. *Water Resources Research*, 1999. Volume 35. Issue 9. Pages 2725-2738.
- [75] KEIFER, C.J., CHU, H.H. Synthetic storm pattern for drainage design. *Journal of Hydraulic Engineering*, 1957. Volume 83. Pages 1-25.
- [76] ADAMS, B.J., HOWARD, C.D.D. Design Storm Pathology. *Canadian Water Resources Journal*, 1986. Volume 11. Issue 3. Pages 49-55. ISSN 0701-1784
- [77] CHOW, V. T., MAIDMENT, D. R., MAYS, L. W. *Applied Hydrology*. New York: McGraw-Hill, 1988. ISBN: 0-07-100174-3.
- [78] YEN, B.C., CHOW, V.T. Design hyetographs for small drainage structures. *Journal of the Hydraulics Division*, 1980. Volume 106. Pages 1055-1076.
- [79] PRODANOVIC, P., SIMONOVIC, S. P. *Generation of Synthetic Design Storms for the Upper Thames River Basin. Assessment of Water Resources Risk and Vulnerability to Changing Climatic Conditions*. 2004. ISSN 1913-3200.
- [80] KELLAGHER, R. *The Wallingford Procedure - for design and analysis of urban storm drainage*. Wallingford: HR Wallingford Ltd, 1981.
- [81] PILGRIM, D.H. A CORDERY, I. Rainfall Temporal Patterns for Design Floods. *Journal of Hydraulic Engineering*, 1975. Volume 101. Pages 81-95.
- [82] GARCÍA-BARTUAL, R. A ANDRÉS-DOMÉNECH, I. A two-parameter design storm for Mediterranean convective rainfall. *Hydrology and Earth System Sciences*, 2017, Volume 21. Issue 5. Pages 2377-2387.
- [83] PAN, C., WANG, X., LIU, L., HUANG, H., WANG, D. Improvement to the Huff Curve for Design Storms and Urban Flooding Simulations in Guangzhou, China. *Water*, 2017. Volume 9. Issue 6. Article No. 411. ISSN 2073-4441.

- [84] RUSNÁK, D. *Významnosť okrajových podmienok hydraulického posudzovania stôk*. Bratislava: SPEKTRUM STU, 2018. ISBN 978-80-227-4861-2.
- [85] WATT, W.E., CHOW, K.C., HOGG, W.D., LATHEM, K.W. A 1-h urban design storm for Canada. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 1986. Volume 13. Number 3. Pages 293-300.
- [86] NA, W., YOO, C. Evaluation of Rainfall Temporal Distribution Models with Annual Maximum Rainfall Events in Seoul, Korea. *Water*, 2018. Volume 10. Issue 10. Article No. 1468. ISSN 2073-4441.
- [87] HUFF, F.A. Time distribution of rainfall in heavy storms. *Water Resources Research*, 1967. Volume 3. Issue 4. Pages 1007-1019. ISSN 0043-1397.
- [88] EL-SAYED, E. A. H. Development of synthetic rainfall distribution curves for Sinai area. *Ain Shams Engineering Journal*. 2019, Volume 9. Issue 4. Pages 1949-1957. ISSN 2090-4479.
- [89] ELSEBAIE, I. H. Developing rainfall intensity–duration–frequency relationship for two regions in Saudi Arabia. *Journal of King Saud University – Engineering Sciences*. 2012, Volume 24. Issue 2. Pages 131-140. ISSN 1018-3639.
- [90] SUN, Y., WENDI, D., KIM, D. E., LIONG, S.-Y. Deriving intensity–duration–frequency (IDF) curves using downscaled in situ rainfall assimilated with remote sensing data. *Geoscience Letters*, 2019. Volume 6. Article No. 17.
- [91] MADSEN, H., MIKKELSEN, P. S., ROSBJERG, D., HARREMOES, P. Regional estimation of rainfall intensity-duration-frequency curves using generalized least squares regression of partial duration series statistics. *Water Resources Research*, 2002. Volume 38. Issue 11. Pages 21-1-21-11. ISSN 0043-1397.
- [92] AWADALLAH, A.G., AWADALLAH, N.A. A Novel Approach for the Joint Use of Rainfall Monthly and Daily Ground Station Data with TRMM Data to Generate IDF Estimates in a Poorly Gauged Arid Region. *Open Journal of Modern Hydrology*, 2013. Volume 3. No. 1. Pages 1-7. ISSN 2163-0461.
- [93] OMBADI, M., NGUYEN, P., SOROOSHIAN, S., HSU, K. Developing Intensity-Duration-Frequency (IDF) Curves From Satellite-Based Precipitation: Methodology and Evaluation. *Water Resources Research*, 2018. Volume 54. Issue 10. Pages 7752- 7766.
- [94] LUTZ, J., GRINDE, L., DYRRDAL, A. V. Estimating Rainfall Design Values for the City of Oslo, Norway—Comparison of Methods and Quantification of Uncertainty. *Water*, 2020. Volume 12. Issue 6. Article No. 1735. ISSN 2073-4441.

- [95] DE PAOLA, F., GIUGNI, M., TOPA, M.E., BUCCHIGNANI, E. Intensity-Duration-Frequency (IDF) rainfall curves, for data series and climate projection in African cities. *SpringerPlus*, 2014. Volume 3. Article No. 133.
- [96] HOSSEINZADEHTALAEI, P., TABARI, H., WILLEMS, P. Climate change impact on short-duration extreme precipitation and intensity–duration–frequency curves over Europe. *Journal of Hydrology*, 2020. Volume 590. Article No. 125249. ISSN 0022-1694.
- [97] RAMMAL, M., BERTHIER, E. Runoff Losses on Urban Surfaces during Frequent Rainfall Events: A Review of Observations and Modeling Attempts. *Water*, 2020. Volume 12. Issue 10. Article No. 2777. ISSN 2073-4441.
- [98] FARRENY, R., MORALES-PINZÓN, T., GUIASOLA, A., TAYA, C., RIERADEVALL, J., GABARRELL, X. Roof selection for rainwater harvesting: Quantity and quality assessments in Spain. *Water Research*, 2011. Volume 45. Issue 10. Pages 3245-3254. ISSN 0043-1354.
- [99] ZANKOWSKI, J., SUN, Y., POON, C., PASSAUER, E., NASSAR, A., MEHTA, K. Gutter design and selection for roof rainwater catchment systems. Proceedings of the 3rd IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC), 2013. Pages 226-231. ISBN: 978-147992402-8.
- [100] HÖRNSCHEMEYER, B., HENRICHS, M., UHL, M. SWMM-UrbanEVA: A Model for the Evapotranspiration of Urban Vegetation. *Water*, 2021. Volume 13. Issue 2. Article No. 243. ISSN 2073-4441.
- [101] REDFERN, T.W., MACDONALD, N. KJELDSSEN, T.R. Current understanding of hydrological processes on common urban surfaces. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 2016. Volume 40. Issue 5. Pages 699-713.
- [102] AKAN, O.A. *Urban Stormwater Hydrology: A Guide to Engineering Calculations*. Boca Raton: CRC Press, 1993. ISBN: 0-87762-967-6.
- [103] PAZWASH, H. *Urban Storm Water Management*. Boca Raton: CRC Press, 2016. ISBN 9781482298963.
- [104] *MOUSE. Runoff. Reference manual*. MIKE URBAN - © DHI, 2017.
- [105] LOUCKS, D.P., VAN BEEK, E. *Water resources systems planning and management: An introduction to methods, models and applications*. Paris: UNESCO, 2005. 680 s. ISBN 92-3-103998-9.

- [106] CADUS, D., POETSCH, M. *Dynamic Modelling of Urban Rainfall Runoff and Drainage Coupling DHI MIKE URBAN and MIKE FLOOD* [online] [cit. 19. 02. 2021] Dostupné z: https://www.geography.at/study/analysis/cadus_poetsch_seminar-paper.pdf.
- [107] ZOPPOU, C. Review of urban storm water models. *Environmental Modelling & Software*, 2001. Volume 16. Issue 3. Pages 195-231. ISSN 1364-8152.
- [108] RUSNÁK, D., STANKO, Š., ŠKULTÉTYOVÁ, I. Rain model - Boundary condition in sewer network appraisal. *Pollack Periodica*, 2016. Volume 11. Issue 2. Pages 105-112. ISSN 1788-1994.
- [109] ZÁCHA, P. Metoda konečných objemů. *energetika.cvut.cz* [online]. [cit. 12. 12. 2018]. Dostupné z: <http://energetika.cvut.cz/wp-content/uploads/2018/06/FLUENT-prednaska-1a-Zacha-LS-2014.pdf>.
- [110] ARFAOUI, H. Stabilization method for the Saint-Venant equations by boundary control. *Transactions of the Institute of Measurement and Control*, 2020. Volume 42. Issue 16. Pages 3290-3302.
- [111] YU, C.W., HODGES, B.R., LIU, F. A new form of the Saint-Venant equations for variable topography. *Hydrology and Earth System Sciences*, 2020. Volume 24. Issue 8. Pages 4001-4024.
- [112] AN, H., LEE, S., NOH, S. J., KIM, Y., NOH, J. Hybrid Numerical Scheme of Preissmann Slot Model for Transient Mixed Flows. *Water*, 2018. Volume 10. Issue 7. Article No. 899. ISSN 2073-4441.
- [113] MARANZONI, A., DAZZI, S., AURELI, F., MIGNOSA, P. Extension and application of the Preissmann slot model to 2D transient mixed flows. *Advances in Water Resources*, 2015. Volume 82. Pages 70-82. ISSN 0309-1708.
- [114] ELLIOTT, A.H., TROWSDALE, S.A. A review of models for low impact urban stormwater drainage. *Environmental Modelling & Software*, 2007. Volume 22. Issue 3. Pages 394-405. ISSN 1364-8152.
- [115] TRUDEAU, M.P., RICHARDSON, M. Empirical assessment of effects of urbanization on event flow hydrology in watersheds of Canada's Great Lakes-St Lawrence basin. *Journal of Hydrology*, 2016. Volume 541. Part B. Pages 1456-1474. ISSN 0022-1694.
- [116] ZOPPOU, C. *Review of Storm Water Models*. Canberra: CSIRO Land and Water, 1999. ISBN: 0-643-06075-8.

[117] PINA, R. D., OCHOA-RODRIGUEZ, S., SIMOES, N. E., MIJIC, A., MARQUES, A. S., MAKSIMOVIC, Č. Semi- vs. Fully-Distributed Urban Stormwater Models: Model Set Up and Comparison with Two Real Case Studies. *Water*, 2016. Volume 8. Issue 2. Article No. 58. ISSN 2073-4441.

[118] WONG, T.H F., FLETCHER, T.D., DUNCAN, H.P., JENKINS, G.A. Modelling urban stormwater treatment—A unified approach. *Ecological Engineering*, 2006. Volume 27. Issue 1. Pages 58-70. ISSN 0925-8574.

[119] EPA- *United States Environmental Protection Agency*. Environmental Modeling Community of Practice. Hydrological Simulation Program - FORTRAN (HSPF) [online]. [cit. 15. 02. 2021]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/ceam/hydrological-simulation-program-fortran-hspf>.

[120] WILLEY, R.G. *HEC-5Q: System Water Quality Modeling*. 1986.

[121] *HEC-RAS - Hydrologic Center - Army.mil*. HEC-HMS [online]. [cit. 15. 02. 2021]. Dostupné z: <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/>.

[122] EPA- *United States Environmental Protection Agency*. National Stormwater Calculator. Tool to help control runoff and promote the natural movement of water [online]. [cit. 15. 02. 2021]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/water-research/national-stormwater-calculator>.

[123] *HEC-RAS - Hydrologic Center - Army.mil*. HEC-RAS [online]. [cit. 15. 02. 2021]. Dostupné z: <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>.

[124] *USGS – science for a changing world*. Water Resources Applications Software [online]. [cit. 15. 02. 2021]. Dostupné z: https://water.usgs.gov/cgi-bin/man_wrdapp?wspr88.

[125] *Bentley*. Hydraulic Calculator Software [online]. © 2021 BENTLEY SYSTEMS [cit. 15. 02. 2021] Dostupné z: <https://www.bentley.com/en/products/product-line/hydraulics-and-hydrology-software/flowmaster>.

[126] ROSSMAN, A.L. *Storm Water Management Model User's Manual Version 5.1* [online]. September 2015, 353 p. [cit. 10. 04. 2021]. Dostupné z: https://www.epa.gov/sites/production/files/2019-02/documents/epaswmm5_1_manual_master_8-2-15.pdf

[127] *WATER ONLINE*. Wallingford Software - Software Tools For The Water Industry [online]. 28. 07. 2003 [cit. 15. 02. 2021] Dostupné z: <https://www.wateronline.com/doc/wallingford-software-software-tools-for-the-w-0001>.

[128] Bentley. Comprehensive Stormwater Modeling and Analysis Software [online]. © 2021 BENTLEY SYSTEMS [cit. 15. 02. 2021]. Dostupné z: <https://www.bentley.com/en/products/product-line/hydraulics-and-hydrology-software/civilstorm>.

[129] DHI. *MIKE URBAN. Collection System. Modelling of storm water drainage networks and sewer collection systems. User guide*. 2019.

[130] HERNES, R.R., GRAGNE, A.S., ABDALLA, E.M.H., BRASKERUD, B.C., ALFREDSSEN, K., MUTHANNA, T.M. Assessing the effects of four SUDS scenarios on combined sewer overflows in Oslo, Norway: evaluating the low impact development module of the Mike Urban model. *Hydrology Research*, 2020. Volume 51. Issue 6. Pages 1437-1354.

[131] LIU, Y., ZHANG S., SU, H., WANG, D., GU, Q. Modelling and Application of Urban Drainage Based on Mike Urban Model. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2020. Volume 474.

[132] ANNI, A. H., COHEN, S., PRASKIEVICZ, S. Sensitivity of urban flood simulations to stormwater infrastructure and soil infiltration. *Journal of Hydrology*, 2020. Volume 588. Article No. 125028. ISSN 0022-1694.

[133] NGUYEN, T. T., NGO, H. H., GUO, W., WANG, X. C. A new model framework for sponge city implementation: Emerging challenges and future developments. *Journal of Environmental Management*, 2020. Volume 253. Article No. 109689. ISSN 0301-4797.

[134] BROEKHUIZEN, I., MUTHANNA, T. M., LEONHARDT, G., VIKLANDER, M. Urban drainage models for green areas: Structural differences and their effects on simulated runoff. *Journal of Hydrology X*, 2019. Volume 5. Article No.100044. ISSN 2589-9155.

[135] EKOPOLIS – Ateliér architektúry, urbanizmu a územného plánovania. *Územný plán mesta Trnava (AKTUALIZOVANÉ ZNENIE 2009)*. 2010.

[136] LEE, J., CHUNG, G., PARK, H., PARK, I. Evaluation of the Structure of Urban Stormwater Pipe Network Using Drainage Density. *Water*, 2018. Volume 10. Issue 10. Article No. 1444. ISSN 2073-4441.

[137] SIMPERLER, L., HIMMELBAUER, P., ERTL, T., STOEGLEHNER, G. Prioritization of stormwater management sites in urban areas. *Journal of Environmental Management*, 2020. Volume 265. Article No. 110507. ISSN 0301-4797.

[138] DHI. *MIKE URBAN Model Manager, User Guide*. 2017.

[139] Mrnčo, I., Blštak, P., Hudec, P., Gibala, T., Michaeli, E. Tvorba a kalibrácia zrážkovoodtokového modelu územia pre potreby protipovodňového varovného systému. *Acta facultatis studiorum humanitatis et naturae Universitas Prešovensis, Prírodné vedy, Folia geographica*. 2014. Volume 56. No. 1. ISSN 1336-6157.

[140] OSTERTAGOVÁ, E. *Aplikovaná štatistika*. Košice: Equilibria, 2013. ISBN 978-80-8143-067-1.

[141] BABEI, S., GHAZAVI, R., ERFANIAN, M. Urban flood simulation and prioritization of critical urban sub-catchments using SWMM model and PROMETHEE II approach. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 2018. Volume 105. Pages 3-11. ISSN 1474-7065.

[142] ABEBE, Y., TEFAMARIAN, S. Chapter Three - Climate Change Impact and Adaptation for Urban Drainage Systems. *Climate Adaptation Engineering*, 2019. Pages 73-98. ISBN 9780128167823.

[143] LUAN, Q., ZHANG, K., LIU, J., WANG, D., MA, J. The applicatio of Mike Urban model in drainage and waterlogging in Lincheng county, China. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*, 2018. (379) Pages 381-386.

[144] Berggren, K., Packman, J., Ashley, R., Viklander, M. Climate changed rainfalls for urban drainage capacity assessment. *Urban Water Journal*, 2014. Volume 11. Issue 7. Pages 543-556.

6 Publikačná činnosť

ADE Vedecské práce v ostatných zahraničných časopisoch

- ADE01 CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - HOLUBEC, Michal - GREGUŠOVÁ, Veronika - ŠKULTÉTYOVÁ, Ivona. LCA study of environmental impacts of WWTP. In *Czech Journal of Civil Engineering [elektronický zdroj]*. Vol. 3, iss. 2 (2017), online, s. 29-34. ISSN 2336-7148.
- ADE02 CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - STANKO, Štefan - ŠKULTÉTYOVÁ, Ivona - MARKO, Ivana. LCA analýza čistiarní odpadových vôd v podmienkach Slovenskej republiky. In *Odpadové fórum*. Roč. 20, č. 11 (2019), s. 20-21. ISSN 1212-7779.
- ADE03 CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - LUKÁČOVÁ, Kristína [Galbová, Kristína] - DUBCOVÁ, Mária - ŠKULTÉTYOVÁ, Ivona. Optimalizácia prevádzky čistiarne odpadových vôd s využitím princípov LCA. In *Czech Journal of Civil Engineering [elektronický zdroj]*. Vol. 5, iss. 2 (2019), online, s. 15-20. ISSN 2336-7148.
- ADE04 HOLUBEC, Michal - HRUDKA, Jaroslav - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - STANKO, Štefan. CFD analysis of wastewater sedimentation tank. In *Czech Journal of Civil Engineering [elektronický zdroj]*. Vol. 3, iss. 2 (2017), online, s. 58-65. ISSN 2336-7148.
- ADE05 HRUDKA, Jaroslav - RUSNÁK, Dušan - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka]. Increasing the efficiency of separating rainwater in the CSO chamber by mathematical modeling. In *Czech Journal of Civil Engineering [elektronický zdroj]*. Vol. 3, iss. 2 (2017), online, s. 73-78. ISSN 2336-7148.
- ADE06 HRUDKA, Jaroslav - MARKO, Ivana - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka]. Analysis of the suitability of decentralized and centralized wastewater management in large area. In *Czech Journal of Civil Engineering [elektronický zdroj]*. Vol. 4, iss. 2 (2018), online, s. 63-68. ISSN 2336-7148.
- ADE07 HRUDKA, Jaroslav - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - MARKO, Ivana. Assessment of existing stormwater network by application extreme rain intensity. In *Czech Journal of Civil Engineering [elektronický zdroj]*. Vol. 4, iss. 2 (2018), online, s. 57-62. ISSN 2336-7148.
- ADE08 LUKÁČOVÁ, Kristína [Galbová, Kristína] - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - MARKO, Ivana. Dažďové vody v urbanizovanej krajine. In *Czech Journal of Civil Engineering [elektronický zdroj]*. Vol. 5, iss. 2 (2019), online, s. 55-61. ISSN 2336-7148.
- ADE09 WITTMANOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - STANKO, Štefan - MARKO, Ivana. Assessment of heavy precipitation events impacts on the combined sewer collector. In *Vodovod.info*. Roč. 11, č. 13 (2021), online, [8] s. ISSN 1804-7157.

ADF Vedecké práce v ostatných domácich časopisoch

- ADF01 DUBCOVÁ, Mária - GREGUŠOVÁ, Veronika - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka]. Analýza vplyvu kalu z čistiarne odpadových vôd využitím LCA metódy. In *Vodohospodársky spravodajca*. roč. 59, č. 11-12 (2016), s. 20-22. ISSN 0322-886X.
- ADF02 DUBCOVÁ, Mária - ŠKULTÉTYOVÁ, Ivona - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka]. Energetická bilancia ČOV s využitím LCA analýzy. In *Vodohospodársky spravodajca*. Roč. 62, č. 7-8 (2019), s. 22-24. ISSN 0322-886X.

ADM Vedecké práce v zahraničných časopisoch registrovaných v databázach Web of Science alebo SCOPUS

- ADM01 CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - STANKO, Štefan - DUBCOVÁ, Mária. Usage of the Life Cycle Assessment method for environmental impact assessment of Wastewater treatment plant. In *Pollack Periodica*. Vol. 14, no. 1 (2019), s. 151-160. ISSN 1788-1994 (2019: 0.262 - SJR, Q3 - SJR Best Q). V databáze: SCOPUS: 2-s2.0-85067180968 ; DOI: 10.1556/606.2019.14.1.15.
- ADM02 CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - STANKO, Štefan - MARKO, Ivana - HRUDKA, Jaroslav. Implementation of the percolation facilities for rainwater runoff reduction. In *Pollack Periodica*. Vol. 14, No. 2 (2019), s. 201-210. ISSN 1788-1994 (2019: 0.262 - SJR, Q3 - SJR Best Q). V databáze: SCOPUS: 2-s2.0-85072226566 ; DOI: 10.1556/606.2019.14.2.18.
- ADM03 CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - LUKÁČOVÁ, Kristína [Galbová, Kristína] - ŠKULTÉTYOVÁ, Ivona - STANKO, Štefan - DUBCOVÁ, Mária. Estimation of Emissions in the Wastewater Treatment Plant Operation. In *Waste Forum [elektronický zdroj]*. no. 3 (2019), online, s. 226-234. ISSN 1804-0195 (2019: 0.132 - SJR, Q4 - SJR Best Q). V databáze: SCOPUS: 2-s2.0-85072512715.
- ADM04 CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - MARKO, Ivana - HRUDKA, Jaroslav - ŠKULTÉTYOVÁ, Ivona - STANKO, Štefan. Present condition analysis and design of sewer collector recovery. In *Pollack Periodica*. Vol. 15, no. 3 (2020), s. 184-195. ISSN 1788-1994 (2019: 0.262 - SJR, Q3 - SJR Best Q). V databáze: SCOPUS: 2-s2.0-85096217238 ; DOI: 10.1556/606.2020.15.3.18.
- ADM05 MARKO, Ivana - STANKO, Štefan - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka]. Comparison of the adsorbent efficiency of different types of granulated activated charcoal. In *Pollack Periodica*. Vol. 14, no. 3 (2019), s. 87-95. ISSN 1788-1994 (2019: 0.262 - SJR, Q3 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.1556/606.2019.14.3.9 ; SCOPUS: 2-s2.0-85078788198.
- ADM06 MARKO, Ivana - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - HRUDKA, Jaroslav - ŠKULTÉTYOVÁ, Ivona - STANKO, Štefan - BRANDEBUROVÁ, Paula [Brandeburová]. Laboratory analysis of the rainwater runoff from an urbanized area. In *Pollack Periodica*. Vol. 15, no. 3 (2020), s. 196-207. ISSN 1788-1994 (2019: 0.262 - SJR, Q3 - SJR Best Q). V databáze: SCOPUS: 2-s2.0-85096233857 ; DOI: 10.1556/606.2020.15.3.19.

AEC Vedecké práce v zahraničných recenzovaných vedeckých zborníkoch, monografiách

- AEC01 ŠKULTÉTYOVÁ, Ivona - DUBCOVÁ, Mária - HRUDKA, Jaroslav - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - MARKO, Ivana. Energy Balance of WWTP Using LCA Analysis. In *International Journal of Engineering Research in*

Africa Vol. 47. 1. vyd. Baech (Switzerland) : Trans Tech Publications, 2020, S. 119-125. ISSN 1663-3571. ISBN 978-3-0357-1381-7. V databáze: WOS: 000520850000012 ; SCOPUS: 2-s2.0-85083388118 ; DOI: 10.4028/www.scientific.net/JERA.47.119.

AFC Publikované príspevky na zahraničných vedeckých konferenciách

- AFC01 CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - STANKO, Štefan - DUBCOVÁ, Mária. LCA analýza a jej využitie pri posudzovaní čistiarň odpadových vôd. In *Juniorstav 2018 [elektronický zdroj] : zborník príspevků. 20. odborná konferencia doktorského studia. Brno, ČR, 25. 1. 2018* = Juniorstav 2018, proceedings of the 20th International Conference of Ph.D. Students. 1. vyd. Brno : ECON publishing, 2018, USB kľúč, s. 767-772. ISBN 978-80-86433-69-1.
- AFC02 CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - MARKO, Ivana - DUBCOVÁ, Mária - TROŠANOVÁ, Mária. Analýza jednotnej stokovej siete a posúdenie návrhu opatrení na hospodárenie s dažďovou vodou. In *Mladá voda břehy mele 2018, zborník príspevků 1. konference, 14. 06. 2018, Brno [elektronický zdroj]*. 1. vyd. Brno : Young Water Professionals Czech Republic, 2018, online, s. 89-97. ISBN 978-80-270-3802-2.
- AFC03 CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - DUBCOVÁ, Mária - STANKO, Štefan. Návrh opatrení na redukciu dažďových vôd v jednotnej stokovej sieti. In *Městské vody 2018 = Urban water 2018 : zborník přednášek konference s mezinárodní účastí. Velké Bílovice, ČR, 4. - 5. 10. 2018*. 1. vyd. Brno : ARDEC, 2018, S. 203-210. ISBN 978-80-86020-87-7.
- AFC04 CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - HOLUBEC, Michal - ŠKULTÉTYOVÁ, Ivona - RUSNÁK, Dušan - STANKO, Štefan. Assessment of municipal wastewater treatment plants based on LCA methodology. In *SGEM 2018. 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference. Volume 18. Ecology, Economics, Education and Legislation : conference proceedings. Albena, Bulgaria, 2 July - 8 July 2018*. 1. vyd. Sofia : STEF 92 Technology, 2018, S. 67-74. ISSN 1314-2704. ISBN 978-619-7408-46-1. V databáze: SCOPUS: 2-s2.0-85058802494 ; DOI: 10.5593/sgem2018/5.1/S20.009.
- AFC05 CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - STANKO, Štefan. Redukcia dažďového prítoku do jednotnej stokovej siete pomocou podpovrchových vsakovacích zariadení. In *Juniorstav 2019 [elektronický zdroj] : zborník príspevků. 21. odborná konference doktorského studia s mezinárodní účastí. Brno, ČR, 31. 1. 2019* = Juniorstav 2019, proceedings of the 21st International Conference of doctoral Students. 1. vyd. Brno : ECON publishing, 2019, USB kľúč, s. 384-388. ISBN 978-80-86433-71-4.
- AFC06 CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - MARKO, Ivana - HRUDKA, Jaroslav - ŠKULTÉTYOVÁ, Ivona. Vplyv kvality vsakovanej vody na hydrologické podložie. In *Městské vody 2019 = Urban water 2019 [elektronický zdroj] : zborník přednášek konference s mezinárodní účastí. Velké Bílovice, ČR, 3. - 4. 10. 2019*. 1. vyd. Brno : ARDEC, 2019, USB kľúč, s. 157-164. ISBN 978-80-86020-90-7.
- AFC07 CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - STANKO, Štefan. Využitie matematického modelu pri obnove stokových sietí. In *Juniorstav 2020 [elektronický zdroj] : zborník príspevků. 22. odborná konference doktorského studia s*

- mezinárodní účasti. Brno, ČR, 23. 1. 2020 = Juniorstav 2020, proceedings of the 22nd International Conference of doctoral Students. 1. vyd. Brno : ECON publishing, 2020, USB klíč, s. 547-552. ISBN 978-80-86433-73-8.
- AFC08 CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - MARKO, Ivana - STANKO, Štefan - ŠKULTÉTYOVÁ, Ivona - HRUDKA, Jaroslav. Impact of stormwater runoff in the urbanized area. In *Advances in Environmental Engineering (AEE2019) [elektronický zdroj] : proceedings. November 25-27, 2019, Ostrava, Czech Republic*. 1. vyd. Bristol : IOP Publishing, 2020, online, [5] s., art. no. 012008. ISSN 1755-1307. V databáze: SCOPUS: 2-s2.0-85079609468 ; WOS: 000538681400008 ; DOI: 10.1088/1755-1315/444/1/012008.
- AFC09 DUBCOVÁ, Mária - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - MARKO, Ivana - TROŠANOVÁ, Mária. Spôsoby spracovania dát na posúdenie environmentálnych dopadov z ČOV. In *Mladá voda břehy mele 2018, sborník příspěvků 1. konference, 14. 06. 2018, Brno [elektronický zdroj]*. 1. vyd. Brno : Young Water Professionals Czech Republic, 2018, online, s. 98-103. ISBN 978-80-270-3802-2.
- AFC10 DUBCOVÁ, Mária - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - ŠKULTÉTYOVÁ, Ivona. Analýza a návrh spracovania dát pre environmentálne zhodnotenie dopadov čistiarnie odpadových vôd. In *Městské vody 2018 = Urban water 2018 : sborník přednášek konference s mezinárodní účastí. Velké Bílovice, ČR, 4. - 5. 10. 2018*. 1. vyd. Brno : ARDEC, 2018, S. 159-164. ISBN 978-80-86020-87-7.
- AFC11 HRUDKA, Jaroslav - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - STANKO, Štefan. Monitoring kvality prvého splachu na území Slovenskej republiky. In *Městské vody 2019 = Urban water 2019 [elektronický zdroj] : sborník přednášek konference s mezinárodní účastí. Velké Bílovice, ČR, 3. - 4. 10. 2019*. 1. vyd. Brno : ARDEC, 2019, USB klíč, s. 165-170. ISBN 978-80-86020-90-7.
- AFC12 HRUDKA, Jaroslav - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - MARKO, Ivana - STANKO, Štefan - ŠKULTÉTYOVÁ, Ivona. The impact of intense rainfall on a storm sewage system of the east part of Tmava city. In *Advances in Environmental Engineering (AEE2019) [elektronický zdroj] : proceedings. November 25-27, 2019, Ostrava, Czech Republic*. 1. vyd. Bristol : IOP Publishing, 2020, online, [5] s., art. no. 012022. ISSN 1755-1307. V databáze: SCOPUS: 2-s2.0-85079680193 ; WOS: 000538681400022 ; DOI: 10.1088/1755-1315/444/1/012022.
- AFC13 MARKO, Ivana - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - TROŠANOVÁ, Mária - DUBCOVÁ, Mária. Účinnosť zeolitu a aktívneho uhlia pri odstraňovaní bromičnanov z vody. In *Mladá voda břehy mele 2018, sborník příspěvků 1. konference, 14. 06. 2018, Brno [elektronický zdroj]*. 1. vyd. Brno : Young Water Professionals Czech Republic, 2018, online, s. 137-142. ISBN 978-80-270-3802-2.
- AFC14 MARKO, Ivana - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - STANKO, Štefan - ŠKULTÉTYOVÁ, Ivona - HRUDKA, Jaroslav. Analysis of the recent state of sewage network in Serbia. In *Advances in Environmental Engineering (AEE2019) [elektronický zdroj] : proceedings. November 25-27, 2019, Ostrava, Czech Republic*. 1. vyd. Bristol : IOP Publishing, 2020, online, [6] s., art. no. 012038. ISSN 1755-1307. V databáze: SCOPUS: 2-s2.0-85079616708 ; WOS: 000538681400038 ; DOI: 10.1088/1755-1315/444/1/012038.

- AFC15 TROŠANOVÁ, Mária - DUBCOVÁ, Mária - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - MARKO, Ivana. Možnosti zhodnotenia kalov z čistenia komunálnych odpadových vôd. In *Mladá voda behy mele 2018, sborník príspevků 1. konferencie, 14. 06. 2018, Brno [elektronický zdroj]*. 1. vyd. Brno : Young Water Professionals Czech Republic, 2018, online, s. 121-127. ISBN 978-80-270-3802-2.
- AFC16 WITTMANOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - HRUDKA, Jaroslav - MARKO, Ivana - STANKO, Štefan. Vplyv extrémnych zrážok na jednotnú kanalizáciu. In *Městské vody 2020 = Urban water 2020 [elektronický zdroj] : sborník přednášek konference s mezinárodní účastí. Velké Bílovice, 1. - 2. října 2020*. 1. vyd. Brno : ARDEC, 2020, CD-ROM, s. 136-143. ISBN 978-80-86020-91-4.
- AFC17 WITTMANOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - STANKO, Štefan. Vplyv dažďového odtoku na hydraulické podmienky kanalizačného zberača. In *Juniorstav 2021 [elektronický zdroj] : sborník príspevků. 23. odborná konference doktorského studia s mezinárodní účastí. Brno, ČR, 28.1.2021 = Juniorstav 2021, proceedings of the 23th International Conference of Doctoral Students*. 1. vyd. Brno : ECON publishing, 2021, online, s. 457-462. ISBN 978-80-86433-75-2.

AFD Publikované príspevky na domácich vedeckých konferenciách

- AFD01 CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - STANKO, Štefan. Návrh odvádzania odpadových vôd v obci Ohrady. In *Konferencia mladých výskumníkov - KOMVY 2016 [elektronický zdroj] : zborník z konferencie. Duchonka, SR, 15. - 16. 11. 2016*. 1. vyd. Bratislava : Slovenská technická univerzita v Bratislave, 2016, CD-ROM, s. 8-13. ISBN 978-80-227-4654-0.
- AFD02 CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - DUBCOVÁ, Mária - GREGUŠOVÁ, Veronika. Odvádzanie odpadových vôd v okrese Dunajská Streda. In *Konferencia mladých výskumníkov - KOMVY 2016 [elektronický zdroj] : zborník z konferencie. Duchonka, SR, 15. - 16. 11. 2016*. 1. vyd. Bratislava : Slovenská technická univerzita v Bratislave, 2016, CD-ROM, s. 1-7. ISBN 978-80-227-4654-0.
- AFD03 CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - TROŠANOVÁ, Mária - STANKO, Štefan. Posúdenie environmentálnych vplyvov čistiarne odpadových vôd Kútinky na životné prostredie. In *Konferencia mladých výskumníkov - KOMVY 2017 [elektronický zdroj] : zborník prednášok. Chvojnica, SR, 20. - 22. 11. 2017*. 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2017, CD-ROM, s. 4-11. ISBN 978-80-227-4749-3.
- AFD04 CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - DUBCOVÁ, Mária - MARKO, Ivana. Alternatívne riešenia nakladania s dažďovými vodami. In *Zborník prednášok z Konferencie mladých výskumníkov - KOMVY 2018 [elektronický zdroj] : Podhájska, SR, 17. - 19. september 2018*. 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2018, CD-ROM, s. 26-33. ISBN 978-80-227-4847-6.
- AFD05 CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - DUBCOVÁ, Mária - MARKO, Ivana. Hodnotenie vplyvu kalového hospodárstva pomocou metodiky LCA. In *Zborník prednášok z Konferencie mladých výskumníkov - KOMVY 2018 [elektronický zdroj] : Podhájska, SR, 17. - 19. september 2018*. 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2018, CD-ROM, s. 39-44. ISBN 978-80-227-4847-6.
- AFD06 CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka]. Redukcia dažďového prítoku do stokovej siete pomocou umelých infiltračných zariadení. In *Advances in Architectural, Civil and Environmental Engineering [elektronický zdroj] : 28th 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 24th 2018, Bratislava.* 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2018, CD-ROM, s. 429-434. ISBN 978-80-227-4864-3.
- AFD07 CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - STANKO, Štefan. Posúdenie hydraulickej kapacity kanalizačného zberača. In *Chémia a technológie pre život [elektronický zdroj] : 21. celoslovenská študentská vedecká konferencia s medzinárodnou účasťou. Bratislava, 6. 11. 2019.* 1. vyd. Bratislava : Slovenská chemická knižnica, 2019, USB kFúč, s. 457-458. ISBN 978-80-8208-015-8.
- AFD08 CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka]. Hydraulické posúdenie kanalizačného zberača. 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. 479-484. ISBN 978-80-227-4972-5.
- AFD09 CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - HRUDKA, Jaroslav - MARKO, Ivana - STANKO, Štefan. Application of mathematical models in design and assessment of sewer network facilities. In *Young Scientist 2020 [elektronický zdroj] : proceedings of the 12th International Scientific Conference of Civil and Environmental Engineering for PhD. Students and Young Scientists. 15-16 October 2020, High Tatras, Slovakia.* 1. vyd. Bristol : IOP Publishing, 2020, online, [5] s., art. no. 012005. ISSN 1757-899X. V databáze: DOI: 10.1088/1757-899X/867/1/012005 ; SCOPUS: 2-s2.0-85093955606.
- AFD10 HOLUBEC, Michal - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - MARKO, Ivana. Klimatická zmena na území Slovenskej republiky. In *Zborník prednášok z Konferencie mladých výskumníkov - KOMVY 2018 [elektronický zdroj] : Podhájska, SR, 17. - 19. september 2018.* 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2018, CD-ROM, s. 50-54. ISBN 978-80-227-4847-6.
- AFD11 HRUDKA, Jaroslav - STANKO, Štefan - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - MARKO, Ivana. Posúdenie kanalizačného zberača pri zvyšujúcej sa intenzite zrážok. In *Zborník prednášok z Konferencie mladých výskumníkov - KOMVY 2018 [elektronický zdroj] : Podhájska, SR, 17. - 19. september 2018.* 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2018, CD-ROM, s. 63-71. ISBN 978-80-227-4847-6.
- AFD12 HRUDKA, Jaroslav - ŠKULTÉTYOVÁ, Ivona - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - MARKO, Ivana. Hydrodynamické posúdenie pretokových rýchlostí v aktivačnej nádrži. In *Zborník prednášok z Konferencie mladých výskumníkov - KOMVY 2018 [elektronický zdroj] : Podhájska, SR, 17. - 19. september 2018.* 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2018, CD-ROM, s. 92-98. ISBN 978-80-227-4847-6.
- AFD13 HRUDKA, Jaroslav - MARKO, Ivana - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka]. Posúdenie vhodnosti centralizovaného a decentralizovaného odvádzania splaškových vod z kopaničiarskych usadlostí. In *Zborník prednášok z Konferencie*

- mladých výskumníkov - KOMVY 2018 [elektronický zdroj] : Podhájska, SR, 17. - 19. september 2018. 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2018, CD-ROM, s. 78-84. ISBN 978-80-227-4847-6.*
- AFD14 LUKÁČOVÁ, Kristína [Galbová, Kristína] - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - MARKO, Ivana. Zelená a modrá infraštruktúra: príležitosť pre vytváranie "smarter" miest? In *Zborník prednášok z Konferencie mladých výskumníkov - KOMVY 2018 [elektronický zdroj] : Podhájska, SR, 17. - 19. september 2018. 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2018, CD-ROM, s. 21-25. ISBN 978-80-227-4847-6.*
- AFD15 MARKO, Ivana - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - DUBCOVÁ, Mária. Plán obnovy vodovodných sietí vo vybraných vodárenských spoločnostiach na Slovensku. In *Zborník prednášok z Konferencie mladých výskumníkov - KOMVY 2018 [elektronický zdroj] : Podhájska, SR, 17. - 19. september 2018. 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2018, CD-ROM, s. 72-76. ISBN 978-80-227-4847-6.*
- AFD16 MARKO, Ivana - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - DUBCOVÁ, Mária. Porovnanie sorpčných vlastností aktívneho uhlia pri úprave pitnej vody. In *Zborník prednášok z Konferencie mladých výskumníkov - KOMVY 2018 [elektronický zdroj] : Podhájska, SR, 17. - 19. september 2018. 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2018, CD-ROM, s. 99-105. ISBN 978-80-227-4847-6.*
- AFD17 MARKO, Ivana - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - RÓZSA, Gergely - STANKO, Štefan. Surface runoff as a potential source of pollution. In *Young Scientist 2020 [elektronický zdroj] : proceedings of the 12th International Scientific Conference of Civil and Environmental Engineering for PhD. Students and Young Scientists. 15-16 October 2020, High Tatras, Slovakia. 1. vyd. Bristol : IOP Publishing, 2020, online, [5] s., art. no. 012030. ISSN 1757-899X. V databáze: DOI: 10.1088/1757-899X/867/1/012030 ; SCOPUS: 2-s2.0-85093966016.*
- AFD18 MARKO, Ivana - WITTMANOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - RÓZSA, Gergely - STANKO, Štefan. Analýza koncentrácie adsorbovateľných organických halogénov (AOX) v povrchovom odtoku. In *Proceedings from 9th Conference of Young Researchers - KOMVY 2020 [elektronický zdroj] : virtuálny priestor, Bratislava, SR, 27. 11. 2020. 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2020, CD-ROM, s. 39-46. ISBN 978-80-227-5057-8.*
- AFD19 RÓZSA, Gergely - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - MARKO, Ivana. Analýza využiteľnosti vody na zbernom dvore. In *Zborník súťažných prác mladých odborníkov 2019 [elektronický zdroj] : Bratislava, 14. novembra 2019. 1. vyd. Bratislava : Slovenský hydrometeorologický ústav, 2019, CD-ROM, [7] s. ISBN 978-80-99929-03-7.*
- AFD20 RÓZSA, Gergely - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - ŠUTŮŠ, Marek - ŠKULTÉTYOVÁ, Ivona. Possibilities of usability of sediments flowing into a combined sewer network. In *Young Scientist 2020 [elektronický zdroj] : proceedings of the 12th International Scientific Conference of Civil and Environmental Engineering for PhD. Students and Young Scientists. 15-16 October 2020, High Tatras, Slovakia. 1. vyd. Bristol : IOP Publishing, 2020, online, [5] s., art. no. 012036. ISSN 1757-899X. V databáze: DOI: 10.1088/1757-899X/867/1/012036 ; SCOPUS: 2-s2.0-85093976153.*

- AFD21 RÓZSA, Gergely - WITTMANOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - ŠUTŮŠ, Marek - ŠKULTÉTYOVÁ, Ivona. Analýza možného negatívneho vplyvu COVID-19 na produkciu komunálneho odpadu vo vybranej lokalite. In *Proceedings from 9th Conference of Young Researchers - KOMVY 2020 [elektronický zdroj] : virtuálny priestor, Bratislava, SR, 27. 11. 2020*. 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2020, CD-ROM, s. 73-78. ISBN 978-80-227-5057-8.
- AFD22 RUSNÁK, Dušan - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - STANKO, Štefan. Analytical tool for design rainfall within Slovak republic dedicated for design and assessment of sewerage systems. In *Konferencia mladých výskumníkov - KOMVY 2017 [elektronický zdroj] : zborník prednášok. Chvojnica, SR, 20. - 22. 11. 2017*. 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2017, CD-ROM, s. 91-99. ISBN 978-80-227-4749-3.
- AFD23 WITTMANOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka]. Vplyv intenzívneho dažďa na jednotnú stokovú sieť. 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. 638-643. ISBN 978-80-227-5052-3.
- AFD24 WITTMANOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - RÓZSA, Gergely - CSÓKA, Marek - STANKO, Štefan. Prevádzka kanalizačného zberača v Trnave počas extrémnych zrážok. In *Proceedings from 9th Conference of Young Researchers - KOMVY 2020 [elektronický zdroj] : virtuálny priestor, Bratislava, SR, 27. 11. 2020*. 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2020, CD-ROM, s. 91-98. ISBN 978-80-227-5057-8.

AFG Abstrakty príspevkov zo zahraničných konferencií

- AFG01 CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - STANKO, Štefan - DUBCOVÁ, Mária. Usage of the LCA method for environmental impact assessment of wastewater treatment plant. In *Architectural, Engineering and Information Sciences : abstract book. 13th Miklós Iványi International PhD & DLA Symposium. November 3-4, 2017, Pécs, Hungary*. Pécs : Pollack Press, 2017, S. 30. ISBN 978-963-642-780-1.
- AFG02 CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - STANKO, Štefan - MARKO, Ivana. Combined sewer network assessment in the implementation of the rainwater runoff reduction objects. In *Abstract book for the 14th Miklós Iványi International PhD & DLA Symposium [elektronický zdroj] : Architectural, Engineering and Information Sciences. Hungary, Pécs, 29-30 October 2018*. Pécs : Pollack Press, 2018, USB kľúč, [1] s. ISBN 978-963-429-284-5.
- AFG03 CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - MARKO, Ivana - HRUDKA, Jaroslav - ŠKULTÉTYOVÁ, Ivona - STANKO, Štefan. Present condition analysis of sewer network in urban catchments. In *Abstract book for the 15th Miklós Iványi International PhD & DLA Symposium [elektronický zdroj] : Architectural, Engineering and Information Sciences. Hungary, Pécs, 28-29 October 2019*. Pécs : Pollack Press, 2019, USB kľúč, [1] s., paper 65. ISBN 978-963-429-449-8.
- AFG04 MARKO, Ivana - STANKO, Štefan - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka]. Comparison of the adsorbent efficiency of different types of granulated activated

carbon. In *Abstract book for the 14th Miklós Iványi International PhD & DLA Symposium [elektronický zdroj] : Architectural, Engineering and Information Sciences. Hungary, Pécs, 29-30 October 2018*. Pécs : Pollack Press, 2018, USB klúč, [1] s. ISBN 978-963-429-284-5.

- AFG05 MARKO, Ivana - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - HRUDKA, Jaroslav - ŠKULTÉTYOVÁ, Ivona - STANKO, Štefan. Laboratory analysis of the surface runoff from an urbanized area. In *Abstract book for the 15th Miklós Iványi International PhD & DLA Symposium [elektronický zdroj] : Architectural, Engineering and Information Sciences. Hungary, Pécs, 28-29 October 2019*. Pécs : Pollack Press, 2019, USB klúč, [1] s., paper 71. ISBN 978-963-429-449-8.
- AFG06 RÓZSA, Gergely - WITTMANOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - ŠUTŮŠ, Marek - ŠKULTÉTYOVÁ, Ivona. The impact of COVID-19 on the amount of municipal waste. In *Abstract book for the 16th Miklós Iványi International PhD & DLA Symposium [elektronický zdroj] : Architectural, Engineering and Information Sciences. Hungary, Pécs, 26-27 October 2020*. Pécs : Pollack Press, 2020, online, [1] s., paper no. 92. ISBN 978-963-429-578-5.

AFH Abstrakty príspevkov z domácich konferencií

- AFH01 CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - LUKÁČOVÁ, Kristína [Galbová, Kristína] - ŠKULTÉTYOVÁ, Ivona - STANKO, Štefan. Environmental Impacts Analysis of Sludge Management with the use of LCA. In *HORVÁT, Miroslav. TOP 2018 : proceedings of abstract of the 24th international scientific conference Engineering for environment protection. Vysoké Tatry, Slovensko, 19. - 21. 9. 2018*. 1. vyd. Bratislava : SPEKTRUM, 2018, S. 5. ISBN 978-80-227-4835-3.

BEE Odborné práce v zahraničných zborníkoch (konferenčných aj nekonferenčných)

- BEE01 CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - STANKO, Štefan - MARKO, Ivana. Environmentálne hodnotenie prevádzky kalového hospodárstva komunálnej čistiarne odpadových vôd. In *Voda 2019 [elektronický zdroj] : zborník prednášiek a posterových sdelení z 13. bienáľni konferencie CzWA. Poděbrady, ČR, 18. - 20. září 2019*. 1. vyd. Brno : CzWA service, 2019, USB klúč, s. 515-518. ISSN 2694-7013.
- BEE02 HRUDKA, Jaroslav - MARKO, Ivana - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - ŠKULTÉTYOVÁ, Ivona. Analýza kvalitatívnych ukazovateľov prvého splachu z ciest na území Slovenskej republiky. In *Voda 2019 [elektronický zdroj] : zborník prednášiek a posterových sdelení z 13. bienáľni konferencie CzWA. Poděbrady, ČR, 18. - 20. září 2019*. 1. vyd. Brno : CzWA service, 2019, USB klúč, s. 528-531. ISSN 2694-7013.
- BEE03 MARKO, Ivana - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - STANKO, Štefan. Využitelnosť regulačných objektov na stokovej sieti na Slovensku. In *Voda 2019 [elektronický zdroj] : zborník prednášiek a posterových sdelení z 13. bienáľni konferencie CzWA. Poděbrady, ČR, 18. - 20. září 2019*. 1. vyd. Brno : CzWA service, 2019, USB klúč, s. 541-544. ISSN 2694-7013.