

ZACHYTÁVANIE DAŽĎOVÝCH VÔD V OBCIACH SLOVENSKEJ REPUBLIKY: ŠPECIFICKÝ PRÍKLAD ŠETRENIA VEREJNÝCH FINANCIÍ

Renáta Farkas¹, Peter Zaujec^{2,3}, Michal Klobučník¹

¹ *Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra ekonomickej a sociálnej geografie, demografie a územného rozvoja, e-mail: renata.farkas@uniba.sk, michal.klobucnik@uniba.sk*

² *Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra fyzickej geografie a geoinformatiky, e-mail: zaujec8@uniba.sk*

³ *Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniová 17, 833 15 Bratislava, Slovenská republika, e-mail: peter.zaujec@shmu.sk*

Abstract: Rainwater is a precious source of nature. It is becoming increasingly significant due to climate change. Unfortunately, without effective water retention measures in built-up areas, it typically enters the public sewage systems and becomes part of municipal wastewater. In Slovakia, the removal of municipal wastewater falls under the administration of individual water companies, which determine a special price for implementing this service. Since water retention measures minimize the flow of rainwater into the wastewater disposal system, the primary goal of our article was to determine the amount of potential savings of public finances by applying them to individual municipalities in Slovakia. Our specific example considered three buildings with different roof sizes (2,000, 3,000, and 4,000 m²) and input variables valid for 2022 (average annual rainfall, unit price for sewer). It expressed the possible amount of annual savings for the studied locations between 5,400 and 9,800 EUR.

Keywords: rainwater, rainwater harvesting, water companies, climate change, water retention measures, self-government, Slovak Republic

1 ÚVOD

Problematika adaptácie miest na zmenu klímy sa stáva jednou z najdôležitejších tém v diskusiách miestnych samospráv, ako aj v politickom diskurze vo všeobecnosti (Szpak et al., 2022). Mestá, ktoré sa historicky považovali za útočiská pred katastrofami sa stávajú, a v mnohých prípadoch sa už stali, ohniskami rizík a prírodných nešťastí (Wamsler et al., 2013). Z dôvodu, že zmena klímy môže spôsobiť zmeny v hydrologických procesoch, a tým zvýšiť pravdepodobnosť extrémnych udalostí, ako sú suchá a povodne, lokálne samosprávy zohrávajú dôležitú úlohu v systémoch

hospodárenia s dažďovou vodou. Reagujú tak na výzvy spojené s nadbytkom alebo nedostatkom vodných zdrojov (de Sá Silva et al., 2022; Szpak et al., 2022).

Podľa Siedmej národnej správy SR o zmene klímy došlo v období 1881 – 2016 na území Slovenska k výraznému nárastu priemernej ročnej teploty vzduchu o 2 °C (Kianička, 2017). Navyše vplyvom klimatickej zmeny nastala zmena aj vo výskyte extrémnejších prípadov počasia (MŽP SR, 2018). Napríklad časové obdobie 1980 – 2016 sa vyznačovalo veľkou variabilitou úhrnov zrážok (152 % normálu v roku 2010, 74 % normálu v roku 2003), ktorá spôsobila na jednej strane epizódy vážneho sucha a na druhej strane lokálne alebo regionálne povodne (Kianička, 2017). Frekvencia sucha a jej závažnosť v Európe je badateľný od roku 1950 (Spinoni et al., 2015). Uvedené zistenie dopĺňa aj Zuzulová et al. (2019), ktorá vo väčšine skúmaných lokalít Slovenska v období 1956 – 2016 analýzou ročných lineárnych trendov Palmerových indexov sucha vykázala aridný trend. Podľa Tinákovvej (2020) na Slovensku sa vyparí každý rok viac ako 2/3 vody pochádzajúcej z atmosférických zrážok a od roku 2000 sa tento podiel výraznejšie zvyšuje kvôli stúpajúcej teplote, ktorá zvyšuje výpar a mení vodnú bilanciu krajiny.

Prvým cieľom nášho článku bolo preto vykonanie analýzy najnovších priemer-
ných ročných úhrnov zrážok Slovenska pre celé rozpätie rokov 1991 – 2020, aj pre jeho jednotlivé dekády. Našu pozornosť sme pritom orientovali na identifikáciu trendu vývoja ročných úhrnov zrážok pre vybrané meteorologické stanice. Následne sme sa zamerali na manažment vodných zdrojov, ktorý sa považuje za prevládajúcu oblasť boja proti negatívnym dôsledkom zmeny klímy, ako v prípade mitigácie efektu mestského ostrova tepla, tak aj v prípade adaptácie na suchu, resp. na lokálne povodne (Wamsler et al., 2013). Článok sme ďalej doplnili o témy atmosférických zrážok, odvádzanie zrážkových vôd a napokon samotné vodozádržné opatrenia a systémy zberu dažďovej vody. Boj proti nepriaznivým vplyvom sucha a rozsiahlych zrážok v mestských oblastiach je možné totiž dosiahnuť efektívne navrhnutými systémami na zachytávanie dažďovej vody, ako sú zelené strechy, dažďové nádrže, infiltračné priekopy a ďalšie (Onderka et al., 2020).

Vzhľadom na súčasnú hospodársku situáciu, náš článok sme rozšírili o ekonomický aspekt. Najprv sme poukázali na súčasný stav a vývoj cien stočného spomínanými vodárenskými spoločnosťami, po ktorom sme sa orientovali na stručný prehľad projektov Operačného programu KŽP 2014 – 2020 zameraných na vodozádržné opatrenia. Keďže za hlavnú bariéru implementácie vodozádržných opatrení sa označujú práve investičné náklady (de Sá Silva et al., 2022), zisťovali sme do akej miery a s akou úspešnosťou sa angažujú miestne samosprávy v projektoch zameraných na získanie nenávratných finančných príspevkov na ich zriadenie. V závere článku sme hľadali odpoveď na ústrednú otázku, koľko môžu ušetriť slovenské obce pri realizácii vodozádržných opatrení vzhľadom na stočné. Napokon naše konečné zistenia sme diskutovali aj s prihliadnutím na neekonomické aspekty.

2 MANAŽMENT VODNÝCH ZDROJOV

Podľa definície Svetovej banky (WB, 2022): „*Manažment vodných zdrojov predstavuje proces plánovania, rozvoja a riadenia vodných zdrojov z hľadiska kvantity aj kvality vody naprieč všetkými spôsobmi využívania vody*“. Jeho hlavným cieľom je zabezpečenie vodných zdrojov pre rýchlo rastúcu a urbanizujúcu sa globálnu populáciu na pozadí rastúcich klimatických a neklimatických neistôt. Zahŕňa riadenie rizík súvisiacich s vodou vrátane povodní, sucha a kontaminácie.

Nadväzujúc na častejší výskyt extrémnych zrážkových situácií v dôsledku zmeny klímy musí manažment vodných zdrojov na Slovensku čeliť narušeniu stacionarity systémov vodného hospodárenia. Systémy hospodárenia s vodou boli totiž v rozvinutých krajinách navrhnuté za predpokladu fluktuácie prírodných systémov v rozmedzí určitých hraničných hodnôt (Milly et al., 2008). Zánik uvedenej stacionarity sa potom môže prakticky prejaviť, ak kanalizácie a prvky miestnej infraštruktúry slúžiace na odvádzanie zrážok nie sú schopné odvádzat' vodu v čase privalových dažďov, čo vedie k vzniku lokálnych povodní.

Dôvodom je vyššia teplota vzduchu v prízemnej vrstve atmosféry, spôsobená globálnym otepľovaním, ktorá priamo ovplyvňuje schopnosť vzduchu prijať vodnú paru (na 1 °C pripadá nárast obsahu vodnej pary asi o 6 – 7 % pri rovnakej relatívnej vlhkosti vzduchu) (Pecho a Faško, 2010). Ako však uvádza Lapin et al. (2010), vyššia priemerná teplota vzduchu nemá na svedomí „iba“ vyššie riziko výdatných zrážok za podmienok cyklonálneho počasia alebo intenzívnej konvekcie, ale aj vyššie riziko sucha za podmienok anticyklonálneho počasia. Nárast priemernej ročnej teploty vzduchu, ako aj častejší výskyt vln horúčav pri dlhodobu relatívne stálom množstve ročných atmosférických zrážok, indikujú rast skutočného, ale aj potenciálneho výparu z krajiny, ktorý môže viesť k jej vysušovaniu. Vysušovanie krajiny si takisto vyžaduje realizáciu adaptačných riešení vo fyzickej štruktúre miest.

Jednotlivé adaptačné opatrenia v oblasti vodných zdrojov sa najnovšie viažu na budovanie zelenej a modrej infraštruktúry, vrátane modifikovania už existujúcej sivej infraštruktúry. Práve kombinácia týchto troch druhov infraštruktúry vedie podľa Alvesa et al. (2019) k najúspešnejšej adaptácii proti povodniam. Kým šedá a modrá infraštruktúra vyniká v znížení rizika záplav, zelená infraštruktúra prináša viacero ďalších výhod. K priamym výhodám budovania zelenej infraštruktúry (napr. zelených striech, fasád, dažďových záhrad a pod.) zaraďujeme zachytávanie zrážok, ako aj znížovanie povrchovej a pocitovej teploty v mestách (Gill et al., 2007; Norton et al., 2015). Medzi nepriame výhody je možné začleniť rôzne zdravotné benefity (Tzoulas et al., 2007), alebo zvýšenie kvality života mestského obyvateľstva (Nazir et al., 2014).

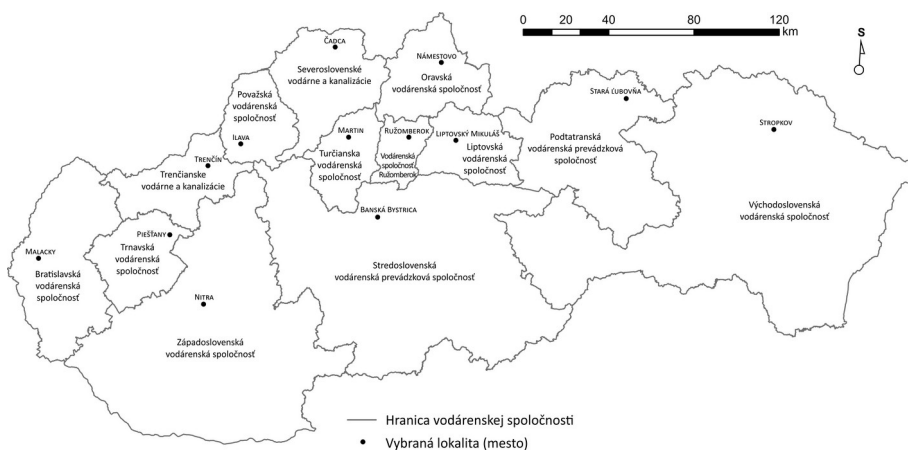
3 ATMOSFÉRICKE ZRÁŽKY A ICH ODVÁDZANIE Z NEHNUTEĽNOSTÍ VEREJNOU KANALIZÁCIU

Vodu, ktorá je v prírode obsiahnutá vo všetkých troch skupenstvách a je najrozšírenejšou látkou na Zemi, radíme medzi základné podmienky existencie života. Pre

náš výskum bola najdôležitejšia voda, ktorá sa zúčastňuje na hydrologickom cykle v podobe atmosférických zrážok. Vyparovanie vody z oceánov a následná kondenzácia, resp. depozícia vodnej pary je dôležitou súčasťou tvorby zrážok. Hlavnými podmienkami kondenzácie a depozície je dostatočné nasýtenie vzduchu vodnou parou, prítomnosť kondenzačných jadier (na ktorých dochádza ku kondenzácii, resp. depozícii už pri nižšom presýtení) a dostatok podporných výstupných pohybov. Atmosférické zrážky sú najviac ovplyvnené geografickou polohou územia, nadmorskou výškou a zveternosťou alebo náveternosťou územia k prevládajúcemu prúdeniu prinášajúcemu vlhké vzduchové hmoty, resp. frontálne systémy (SHMÚ, 2022). Úhrn zrážok sa meria v milimetroch (mm), čo v prepočte znamená: 1 mm = 1 liter vody na m².

Podľa Zákona č. 442/2002 Z. z. o verejných vodovodoch a verejných kanalizáciách a o zmene a doplnení zákona č. 276/2001 Z. z. o regulácii v sieťových odvetviach v znení neskorších predpisov § 2 písmena e) voda z povrchového odtoku predstavuje vodu z atmosférických zrážok, ktorá je odvádzaná verejnou kanalizáciou. Ide teda o súčasť komunálnych odpadových vôd. Odvádzanie zrážkových vôd z nehnuteľností verejnou kanalizáciou spadá na Slovensku v súčasnosti pod správu fyzických alebo právnických osôb, ktorým bolo udelené živnostenské oprávnenie na prevádzkovanie verejných kanalizácií a ktorí prevádzkujú verejnú kanalizáciu.

Ako to zobrazuje obr. 1, územie Slovenska sa člení na 13 vodárenských oblastí regionálnych vodárenských spoločností, ktoré prevádzkujú verejné vodovody a verejné kanalizácie I. kategórie, resp. v mimoriadnych prípadoch verejné vodovody a verejné kanalizácie II. alebo III. kategórie a určujú cenu vodného a stočného.



Obrázok 1 Vybrané lokality (mestá) a ich zaradenie v rámci vodárenských spoločností na Slovensku v roku 2022. Zdroj: Vodárenské spoločnosti (vodárne a kanalizácie) na území SR

4 VODOZÁDRŽNÉ OPATRENIA A SYSTÉM ZACHYTÁVANIA DAŽĎOVEJ VODY

Ako poukázala Zelenáková et al. (2014), tok zrážkovej vody stekajúci do systému likvidácie odpadových vôd môže byť v oblasti manažmentu vodných zdrojov minimalizovaný zavedením vodozádržných opatrení. V mestskom prostredí to znamená využitie zelených striech, priepustných dlažieb, odvodňovacích kanálov, vsakovacích priekop a jazierok, obnovu mestských kanálov a v neposlednom rade zachytávanie zrážok pomocou retenčných nádrží a objektov (Európska únia, 2014). Pri predmetnom zbere dažďovej vody dochádza k jej zachytávaniu zo striech, strešných terás a nepriepustných povrchov, skladovaniu súbežne so zabránením jej odtoku, ďalej nožnej úprave a následnej distribúci (de Sá Silva et al., 2022). Všeobecne k výhodám systémov zachytávania zrážkovej vody je možné zaradiť zo spotrebiteľskej strany znižovanie finančných nákladov na vodné a nami skúmané stočné, znížené náklady na energie využívané pri tradičnom zásobovaní vodou vrátane zníženia emisií skleníkových plynov. Napokon na strane dodávateľa de Sá Silva et al. (2022) označuje zníženie špičkového odtoku, ako aj dlhšiu životnosť centralizovanej infraštruktúry na distribúciu vody v dôsledku zníženia dopytu.

Systémy zachytávania dažďovej vody vo svete môžu mať rozličné uplatnenia. V posledných desaťročiach sa v moderných mestách čoraz viac využíva zber dažďovej vody ako súčasť zdrojov zásobovania vodou (Sharma et al., 2016). Okrem toho sa často používajú kvôli zabezpečeniu vody na zavlažovanie, na zvýšenie efektívnosti využívania vody na trvalý rast plodín v suchých a polosuchých oblastiach, zníženie objemov prietoku dažďovej vody v mestách a vo všeobecnosti na zmiernenie závislosti od mestských vodných zdrojov. V posledných rokoch sa vytvorilo množstvo metód na odhad spoľahlivosti systémov zachytávania dažďovej vody, teda správne dimenzovanie komponentov systému (veľkosť plochy strechy, veľkosť nádrže) pre danú klimatickú oblasť (Wallace et al., 2015).

Stav implementácie systémov zberu zrážkovej vody je v európskych krajinách rôzny. Za aktuálneho lídra Campisano et al. (2017) označuje Nemecko, ako v oblasti propagácie, tak aj rozšíreného používania tejto technológie na domáce použitie. V uvedenej krajine je v dôsledku podpory pre domácnosti (prostredníctvom grantov a dotácií) takmer tretina novostavieb vybavená systémom na zber dažďovej vody. Oblúba inštalácie systémov zberu dažďovej vody však rastie aj v ďalších krajinách, ako Rakúsko, Švajčiarsko, Belgicko a Dánsko (Campisano et al., 2017).

V nedávnej minulosti boli na Slovensku vodozádržné opatrenia vrátane implementácie systémov na zber dažďovej vody podporené z Operačného Programu KŽP 2014 – 2020 (špecifický cieľ 2.1.1: Zníženie rizika povodní a negatívnych dôsledkov zmeny klímy) (MŽP SR, 2015). V programovom období EÚ 2021 – 2027 túto úlohu zabezpečuje Operačný Program Slovensko (špecifický cieľ RSO2.4 Podpora adaptácie na zmenu klímy a prevencie rizika katastrof, ako aj odolnosti, a to s prihliadnutím na ekosystémové prístupy) (MIRRI SR, 2022).

5 DÁTA A POUŽITÉ METÓDY

Každá jedna vodárenská spoločnosť zabezpečuje verejnú službu pre mestá a obce. Svoje služby viažu na určité územie a svoju pôsobnosť (či už v rámci obcí alebo okresov) uvádzajú na svojich oficiálnych webových stránkach. Z týchto získaných dát sme vytvorili mapu vodárenských spoločností, vodární a kanalizácií s regionálnym pôsobením na území Slovenska (obr. 1). Jednotlivé lokality konkrétnych vodárenských spoločností sme vybrali na základe toho, že disponovali údajom o priemernom ročnom úhrne zrážok za obdobie 2018 – 2022. Tieto údaje sme čerпали z meteorologických posudkov, ktoré si vodárenské spoločnosti nechávajú vypracovať od SHMÚ za poplatok. Keďže uvedené meteorologické posudky pokrývajú iba časť slovenských miest, do našej vzorky sme nemohli vybrať populačne najväčšie mesto na území každej jednej vodárenskej spoločnosti.

Pri vytváraní výsledkov sme pracovali s dátami, ktoré nám poskytlo Oddelenie klimatológie SHMÚ. K dispozícii sme mali ročné úhrny zrážok celej staničnej siete SR za obdobie 1991 – 2020. Okrem toho bola v dátach informácia o indikatíve zrážkomernej stanice, názve stanice, dátume, výške úhrnu, súradniciach, nadmorskej výške a počte dní v roku, v ktorom daná stanica merala. Jednalo sa o 798 staníc, no nie v každom roku všetky stanice merali. Z toho dôvodu sme museli stanice, ktoré v danom roku nepretržite nemerali, filtrovať a vytvoriť tak vždy raster pre skúmaný rok z cca 600 staníc. Vyššie spomínané dáta sme potrebovali na vytvorenie máp priemerného ročného úhrnu zrážok v jednotlivých dekádach, resp. v celom období.

Na základe údajov z bodových meraní zrážkometerov, ktoré nám poskytol SHMÚ, sme použili interpoláciu bodových meraní zrážkových úhrnov. Využili sme metódu Topo to Raster, ktorá je primárne určená pre generovanie hydrologicky korektného modelu reliéfu z výškových bodov a vrstevníc, no môže byť využitá aj na interpoláciu bodovo meraných zrážok (Šercl, 2008). Spomínaná metóda počíta odhad interpolovanej hodnoty zo štyroch susedných bodov a využíva pritom iteračnú metódu konečných diferencií (Šercl, 2008). Na takéto spracovanie dát sme využili softvér ArcGIS. Podrobne sa môžete dočítať o tejto metodike spracovania dát v práci Zaujec (2022).

Pre vytváranie výsledkov vývoja priemerného ročného úhrnu atmosférických zrážok na vybraných meteorologických staniaciach SR v období 1991 – 2020 sme využívali 5-ročné jednoduché kľzavé priemery. Tie sme použili z dôvodu výpočtu stočného, do ktorého vstupuje premenná reprezentujúca priemerný ročný úhrn zrážok za predchádzajúcich 5 rokov ku vzťahu skúmaného roka. Taktiež sme využili lineárny trend, ktorý nám vyjadruje nárast, resp. pokles priemerných úhrnov zrážok v skúmanom období. Túto časť výsledkov sme skúmali na 10 rôznych staniaciach, konkrétne Sliac-letisko, Bratislava-Koliba, Ráztočno, Nitra-Janíkovce, Bratislava-letisko, Dolný Hričov (Žilina-letisko), Kežmarok, Liptovský Mikuláš, Boľkovce (Lučenec) a Košice-letisko.

Na stránkach vodárenských spoločností sú zverejnené aj aktuálne platné ceny za vodné a stočné. Ceny vodného a stočného pre odberateľov stanovuje Úrad pre reguláciu sieťových odvetví (ÚRSO), pričom pri určovaní ceny zohrávajú úlohu viaceré

faktory. Dôležitým činiteľom je, že každá vodárenská spoločnosť na Slovensku má svoje špecifiká vyplývajúce z teritória v ktorom pôsobí. Kým niektoré vodárenské spoločnosti pôsobia na území len niekoľkých okresov, iné z hľadiska teritória zasahujú do viacerých krajov (obr. 1). Na základe preštudovaných informácií zverejnených na stránkach vodárenských spoločností zohľadňuje sa tu teda aj rozsah ekonomicky oprávnených nákladov, ktoré možno do ceny stočného započítať. Ide napríklad o spotrebu materiálu, elektrickej energie, náklady na opravy a udržiavanie kanalizácie, poplatky za odbery povrchovej a podzemnej vody, technologické či mzdové náklady. Do ceny vstupuje aj výška primeraného zisku či plánovaný objem odvedenej a čistenej odpadovej vody v nasledujúcom roku. Ďalší faktor, zásadne vplývajúci na rozdielnosť cien vodárenských spoločností na Slovensku, je aj hustota zaľudnenia a s tým súvisiace množstvo odberateľov na území konkrétnej vodárenskej spoločnosti. Niektoré vodárenské spoločnosti majú na 1 km vodovodného či kanalizačného potrubia napojených niekoľkonásobne viac odberateľov ako iné spoločnosti, čo znamená, že majú aj nižšie náklady, a zároveň vyššie tržby (napr. môžeme uviesť pre porovnanie Bratislavskú VS a Liptovskú VS). Keďže sme v rámci výskumu využívali aj staršie dáta tohto ukazovateľa, historické ceny sme získali prostredníctvom Úradu pre reguláciu sieťových odvetví (www.urso.gov.sk).

Spôsob výpočtu množstva vôd z povrchového odtoku z nehnuteľnosti odvádzaných do verejnej kanalizácie, skr. stočné definuje Vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 397/2003 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o meraní množstva vody dodanej verejným vodovodom a množstva vypúšťaných vôd, o spôsobe výpočtu množstva vypúšťaných odpadových vôd a vôd z povrchového odtoku a o smerných číslach spotreby vody (v znení zákona č. 209/2013 Z. z.).

$$Q = Hz \cdot S \cdot \psi$$

kde Q – množstvo vôd z povrchového odtoku odvádzaných do verejnej kanalizácie,
 H_z – ročný priemer z dlhodobého zrážkového úhrnu pre danú lokalitu podľa údajov SHMÚ vypočítaný z úhrnu zrážok za obdobie predchádzajúcich piatich rokov,
 S – veľkosť príslušnej plochy, z ktorej vody z povrchového odtoku odtekajú do verejnej kanalizácie,
 ψ – súčiniteľ odtoku stanovený v závislosti od charakteru povrchu plochy.

Vysvetlivky ku charakteru plochy:

- kategória A – zastavané plochy a málo priepustné spevnené plochy (strechy, betónové, asfaltové povrchy a pod.), súčiniteľ odtoku 0,9;
- kategória B – čiastočne priepustné spevnené plochy (dlažby s vyškárovaným pieskom, štrkom a pod.), súčiniteľ odtoku 0,4;
- kategória C – dobre priepustné plochy pokryté vegetáciou (trávniky, záhrady a pod.), súčiniteľ odtoku 0,05.

Parciálna časť nášho výskumu bola zacielená na štruktúru projektov vidieckych obcí, miest, či iných subjektov, ktoré sa zapojili do projektových výziev zameraných na vodozádržné opatrenia. Údaje o podaných žiadostiach (schválených resp. neschválených) sme získali z oficiálnej stránky Operačného programu Kvalita životné-

ho prostredia (www.op-kzp.sk). Súčasťou výskumu bolo i overenie cez staršie programové dokumenty tohto operačného programu, či neboli vyhlásené výzvy zamerané na vodozádržné opatrenia pred skúmaným programovým obdobím 2014 – 2020.

Vodárenské spoločnosti si v pravidelných intervaloch nechávajú vypracovať meteorologické posudky o priemernom ročnom úhrne atmosférických zrážok tých lokalít, ktoré spadajú do ich pôsobnosti. Tieto údaje (zverejnené aj na ich webových stránkach) využívajú pri výpočte celkovej ceny za stočné v rámci fakturovaného obdobia. Nám tieto údaje poslúžili pri osobitnom výpočte novej ročnej úspory vybraných miest SR na stočnom a to zavedením vodozádržných opatrení.

V našom prípade sme zohľadňovali predovšetkým populačnú veľkosť vybraných miest. Väčšie mestá disponujú pravdepodobne viacerými verejnými objektami, z ktorých striech môže byť zadržovaná voda a môžu sa teda celkovo viac priblížiť veľkostným požiadavkám našich troch objektov (2 000, 3 000 a 4 000 m²). V prípade výberu menších miest (napr. Malacky, resp. Ilava) konkrétnych vodárenských spoločností (Bratislavská, resp. Považská) zohrávala rolu dostupnosť údajov priemerného ročného úhrnu zrážok (niektoré spoločnosti nezverejňujú údaje priemerného ročného úhrnu zrážok na svojich webových stránkach, získali sme ich teda prostredníctvom faktúry za vodné a stočné skúmaného roku od obyvateľov daných miest).

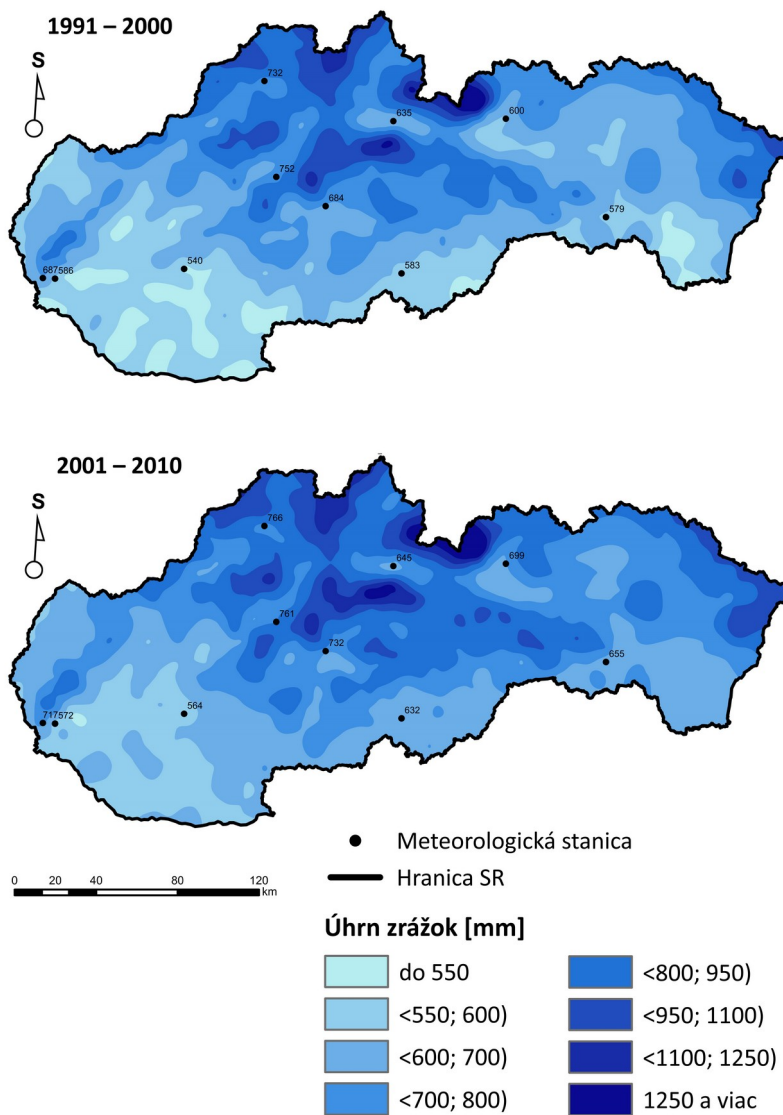
Pri definovaní 3 objektov rôznej plochy sme uvažovali, že dažďová voda bude zadržovaná iba zo striech kategórie A (súčiniteľ odtoku má hodnotu 0,9). Keďže sme chceli vyjadriť možnú ročnú finančnú úsporu, príklad nepredpokladá, že nainštalované vodozádržné zariadenia (dažďové záhrady, vsakovacie objekty, či retenčné nádrže) budú zachytenú vodu postupne odvádzať do kanalizačnej siete. Celkovú možnú ročnú úsporu za stočné (v EUR) sme získali vynásobením dvoch premenných:

- Q – množstvo vôd z povrchového odtoku odvádzaných do verejnej kanalizácie (m³/rok);
- Cena za stočné v roku 2022 (EUR s DPH za m³).

Možná ročná úspora (v EUR) pri zavedení vodozádržných opatrení sa skladá z celkovej sumy parciálnych cien (úspor) za stočné troch vybraných objektov s rôznymi plochami striech.

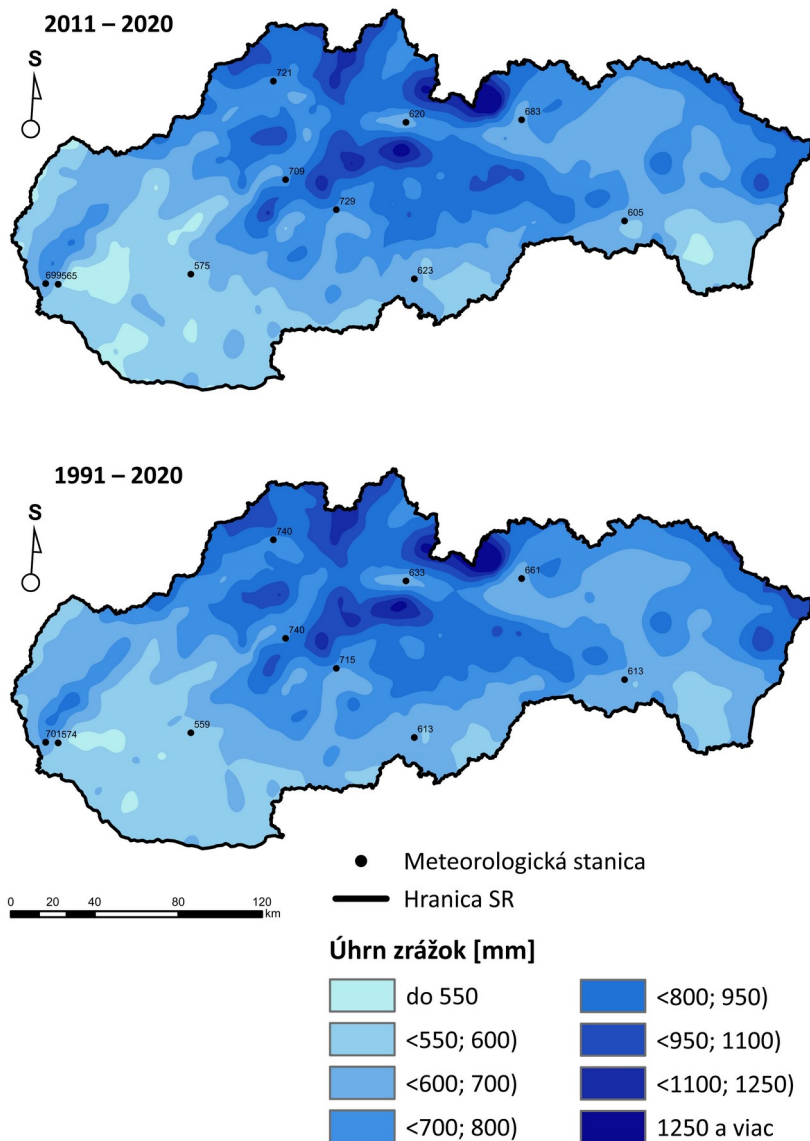
6 VÝSLEDKY

Napriek tomu, že Slovensko je malou krajinou, priemerné ročné úhrny zrážok sú na jeho území najmä kvôli členitému reliéfu rôznorodé. Priemerný ročný úhrn zrážok, ktorý bol pre súbor meteorologických staníc spracovaný, nevykazuje na území Slovenska relatívne veľké zmeny. Tento fakt je dôležitý z dôvodu vstupu priemerného ročného úhrnu zrážok do vzorca na výpočet stočného. Z pohľadu priemerného ročného úhrnu zrážok môžeme konštatovať, že najmenej daždivá bola dekáda 1991 – 2000. Naopak najviac daždivé bolo desaťročie 2001 – 2010, čo bolo spôsobené veľmi daždivým rokom 2010 (obr. 2).



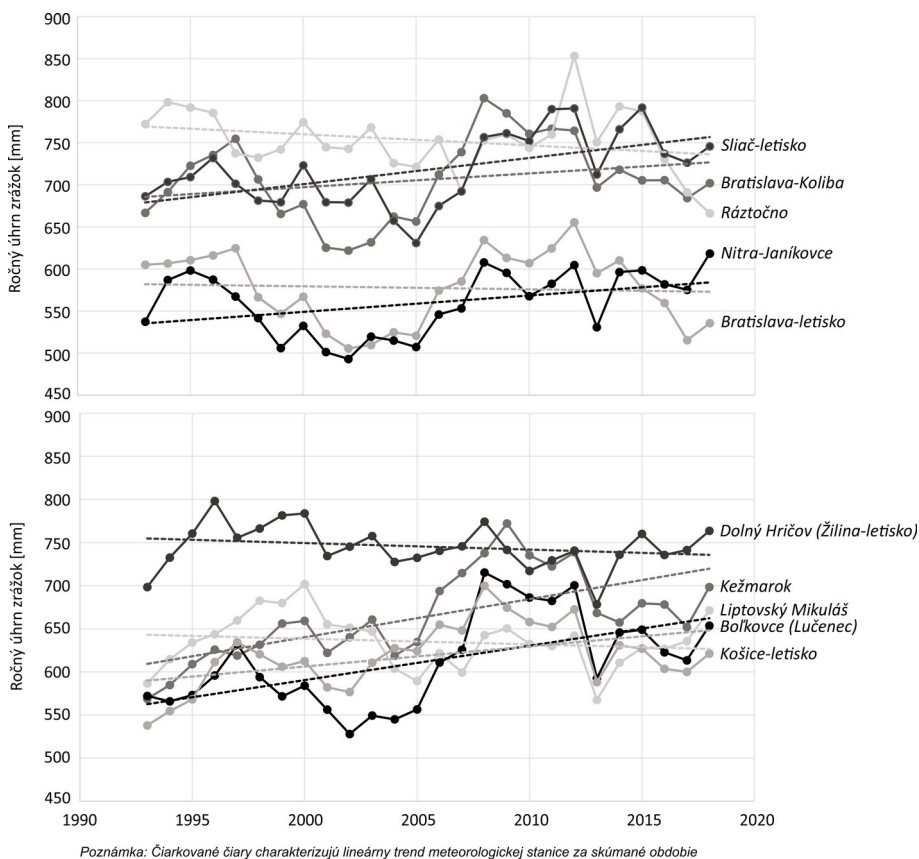
Obrázok 2 Priemerný ročný úhrn atmosférických zrážok na Slovensku v období 1991 – 2000 a 2001 – 2010. Zdroj: dáta SHMÚ

Výsledná mapa poslednej skúmanej dekády 2011 – 2020 (obr. 3) nám najviac pripomínala priemerný ročný úhrn v celom skúmanom období. Spracované priemerné ročné úhrny zrážok nám indikujú, že aj pri častejšom výskyte sucha vo všeobecnosti v období 1991 – 2020 nedošlo k zníženiu, no skôr k slabému zvýšeniu priemerného ročného úhrnu zrážok.



Obrázok 3 Priemerný ročný úhrn atmosférických zrážok na Slovensku v období 2011 – 2020 a 1991 – 2020. Zdroj: dáta SHMÚ

Pri skúmaní vývoja priemerného ročného úhrnu atmosférických zrážok sme zaznamenali na šiestich vybraných meteorologických staniách mierny nárast a na štyroch vybraných staniách slabý pokles atmosférických zrážok (obr. 4). Výsledky takéhoto typu naznačujú, že celková cena za stočné bude vo vybraných lokalitách v dôsledku vývoja ročných úhrnov zrážok skôr slabô rásť, ako klesať.

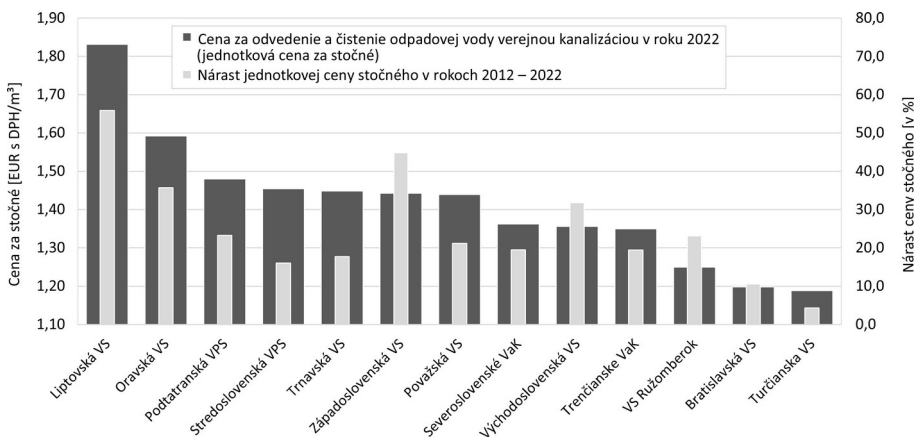


Obrázok 4 Vývoj priemerného ročného úhrnu atmosférických zrážok na vybraných meteorologických staniciach SR v období 1991 – 2020. Zdroj: dáta SHMÚ, vlastné spracovanie (5-ročný klzavý priemer, lineárny trend)

Čo sa týka vývoja cien stočného, v rokoch 2012 – 2022 v každej jednej regionálnej vodárenskej spoločnosti, resp. vodárni a kanalizácií došlo k jej nárastu (obr. 5). Najprudší nárast ceny v relatívnom vyjadrení dosiahli Liptovská (56 %), Západoslovenská (45 %), Oravská (36 %) a Východoslovenská vodárenská spoločnosť (32 %). Samotná výška ceny stočného bola v roku 2022 najvyššia taktiež v Liptovskej (1,83 €/m³) a Oravskej vodárenskej spoločnosti (1,59 €/m³). Na opačnom konci rebríčka stáli Turčianska (1,10 €/m³) a Bratislavská vodárenská spoločnosť (1,19 €/m³).

Keďže za hlavnú bariéru implementácie vodozádržných opatrení sa označujú práve investičné náklady (de Sá Silva et al., 2022), zisťovali sme do akej miery a s akou úspešnosťou sa angažujú miestne samosprávy v projektoch zameraných na získanie nenávratných finančných príspevkov na ich zriadenie. Zo všetkých 2927 lokálnych samospráv Slovenska sa uchádzalo o finančné prostriedky z Operačného

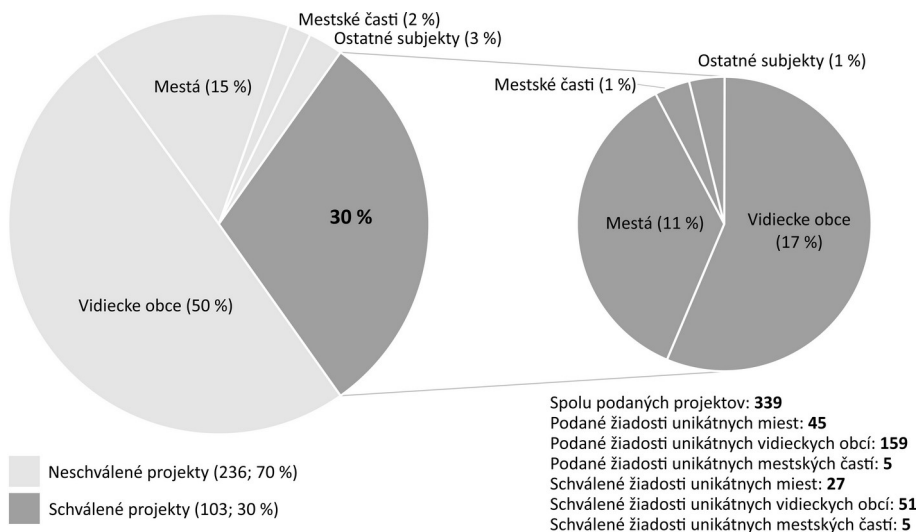
programu Kvalita životného prostredia pre projekty zamerané na vodozádržné opatrenia len 159 vidieckych obcí, 45 miest a 5 mestských častí (celkovo len cca 7 % samospráv). Ich podrobnejšiu štruktúru zobrazuje obr. 6. Na priloženom grafe vidíme aj veľký nepomer v úspešnosti podaných projektov. Zo súhrnného množstva 339 podaných projektov (pričom niektoré mestá, obce či mestské časti si projekt podali aj viackrát) bolo schválených spolu iba 103 projektov (30 %). Z úspešných projektov bolo 27 žiadostí unikátnych miest, 51 žiadostí unikátnych obcí a 5 žiadostí unikátnych mestských častí.



Obrázok 5 Nárast ceny stočného jednotlivých regionálnych vodárenských spoločností na Slovensku v rokoch 2012 – 2022 a jeho výška v roku 2022. Zdroj: Vodárenské spoločnosti (vodárne a kanalizácie) na území SR

V rámci aplikačného výskumu sme predostreli špecifický príklad, ako by mohli samosprávy prostredníctvom vodozádržných opatrení ušetriť finančné prostriedky na stočnom (tab. 1). V našom prípade sme príklad ilustrovali na 3 objektoch s rozličnou plochou strechy, ktorých rozmery sú blízke rozmerom stiech verejných budov (napr. mestských úradov, základných škôl, športových hál atď.). Je zrejmé, že nie všetky objekty disponujú týmito plochami, na druhej strane však treba podotknúť, že hlavne vo väčších mestách sa nachádza oveľa viac verejných objektov (viac ako 3), na ktoré je možné implementovať vodozádržné opatrenia. Ako už naznačili parciálne výsledky výskumu, z dlhodobého hľadiska nemožno počítať so znižovaným priemerného ročného úhrnu zrážok v jednotlivých lokalitách Slovenska. Faktom zostáva, že vodárenské spoločnosti jednotkovú cenu za stočné (teda za odvedenie a čistenie odpadovej vody verejnou kanalizáciou) pravidelne zvyšujú. Z toho vyplýva, že sa výška ročne ušetrených finančných prostriedkov zavedením konkrétnych vodozádržných opatrení môže neustále mierne zvyšovať. Tabuľka ukazuje, že pri zohľadnení vstupných premenných platných za rok 2022 (priemerný ročný úhrn zrážok, jednotková cena za stočné) a nami stanovených strešných plôch objektov (2 000, 3 000 a 4 000 m²) by sa možná ročná úspora financií vo vybraných lokalitách pohy-

bovala v intervale od cca 5 400 do 9 800 EUR. Toto rozpätie je spôsobené variabilitou priemerného ročného úhrnu zrážok a zároveň aj rozdielnou výškou jednotkovej ceny za stočné vo vybraných lokalitách. Viac ušetria mestá, v ktorých je vysoká jednotková cena za stočné (napr. Liptovský Mikuláš) alebo vyššia hodnota priemerného úhrnu zrážok (Čadca, Banská Bystrica, prípadne Námestovo). Avšak ani pri mestách s nižším priemerným ročným úhrnom zrážok (napr. Malacky, Piešťany), či s nižšou jednotkovou cenou za stočné (Malacky, Martin) nemožno považovať finančnú úsporu za zanedbateľnú.



Obrázok 6 Štruktúra projektov zameraných na vodozádržné opatrenia v rámci Operačného programu KŽP (2014 – 2020) Zdroj: Operačný program Kvalita životného prostredia

6 DISKUSIA A ZÁVER

Zmena klímy v súčasnosti ovplyvňuje už každý obývaný región Zeme (Masson-Delmotte et al., 2021). Nie je tomu inak ani na Slovensku, kde spôsobila v období 1881 – 2016 významný nárast priemernej ročnej teploty vzduchu o 2 °C (Kianička, 2017). Jedným z nepriaznivých dôsledkov tejto zmeny je, že môže spôsobiť zmeny v hydrologických procesoch, a tým zvýšiť pravdepodobnosť extrémnych udalostí, ako sú suchá a povodne (de Sá Silva et al., 2022). Už obdobie 1980 – 2016 sa vyznačovalo na Slovensku veľkou variabilitou úhrnov zrážok (152 % normálu v roku 2010, 74 % normálu v roku 2003), ktorá spôsobila na jednej strane epizódy vážneho sucha a na druhej strane lokálne alebo regionálne povodne (Kianička, 2017). Vykonaním analýzy priemerných ročných úhrnov zrážok pre obdobie 1991 – 2020 sme

Tabuľka 1 Špecifický príklad šetrenia finančných prostriedkov vo vybraných mestách SR pri zavedení vodozádržných opatrení (3 objekty s rôznou veľkosťou strechy, fakturovaný rok 2022)

Vybraná lokalita (mesto)	Vodárenská spoločnosť/vodárne a kanalizácie	Priemerný ročný úhrn zrážok (HZ) za obdobie 2018 – 2022 (mm/rok)	Sr = súčet redukovanej plochy pri danej veľkosti pôdorysnej plochy, z ktorej bude voda zadržovaná (Kategória plochy A = súčiniteľ odtoku 0,9)			Q = Množstvo vôd z povrchového odtoku odvádzaných do verejnej kanalizácie (m ³ /rok)			Cena za stočné v roku 2022 (EUR s DPH za m ³)	Celková cena za stočné podľa veľkosti striech vybraných objektov (EUR)			Možná ročná úspora (EUR)
			Veľkosť strechy (ZŠ, MŠ, športová hala...)			Veľkosť strechy (ZŠ, MŠ, športová hala...)				Veľkosť strechy (ZŠ, MŠ, športová hala...)			
			2 000 m ²	3 000 m ²	4 000 m ²	2 000 m ²	3 000 m ²	4 000 m ²		2 000 m ²	3 000 m ²	4 000 m ²	
Námestovo	Oravská VS	760,0	1 800	2 700	3 600	1 368	2 052	2 736	1,5925	2 179	3 268	4 357	9 804
Čadca	Severoslovenské VaK	884,0	1 800	2 700	3 600	1 591	2 387	3 182	1,3622	2 168	3 251	4 335	9 754
Banská Bystrica	Stredoslovenská VPS	810,0	1 800	2 700	3 600	1 458	2 187	2 916	1,4546	2 121	3 181	4 242	9 544
Liptovský Mikuláš	Liptovská VS	640,0	1 800	2 700	3 600	1 152	1 728	2 304	1,8314	2 110	3 165	4 220	9 494
Stará Ľubovňa	Podtatranská VPS	740,6	1 800	2 700	3 600	1 333	2 000	2 666	1,4803	1 973	2 960	3 947	8 880
Ilava	Považská VS	747,0	1 800	2 700	3 600	1 345	2 017	2 689	1,4392	1 935	2 903	3 870	8 708
Stropkov	Východoslovenská VS	770,0	1 800	2 700	3 600	1 386	2 079	2 772	1,3566	1 880	2 820	3 760	8 461
Nitra	Západoslovenská VS	587,4	1 800	2 700	3 600	1 057	1 586	2 115	1,4429	1 526	2 288	3 051	6 865
Trenčín	Trenčianske VaK	613,7	1 800	2 700	3 600	1 105	1 657	2 209	1,3501	1 491	2 237	2 983	6 711
Ružomberok	VS Ružomberok	662,0	1 800	2 700	3 600	1 192	1 787	2 383	1,2498	1 489	2 234	2 979	6 702
Piešťany	Trnavská VS	558,8	1 800	2 700	3 600	1 006	1 509	2 012	1,4485	1 457	2 185	2 914	6 556
Martin	Turčianska VS	666,0	1 800	2 700	3 600	1 199	1 798	2 398	1,1888	1 425	2 138	2 850	6 413
Malacky	Bratislavská VS	558,5	1 800	2 700	3 600	1 005	1 508	2 011	1,1982	1 205	1 807	2 409	5 420

Zdroj: Vodárenské spoločnosti (vodárne a kanalizácie) na území SR

však preukázali, že zrážok na území Slovenska vo všeobecnosti neubúda. Pripájame sa tak k Repelovi et al. (2021), podľa ktorého v súčasnosti na Slovensku nedochádza k výrazným zmenám úhrnov zrážok a tak sa problém povodní a hydrologického sucha javí ako komplexnejší. Percepciu sucha odôvodňujeme najmä zvyšujúcou sa evapotranspiráciou v dôsledku zvyšujúcich sa teplôt a rastúcou frekvenciou vln horúčav v strednej Európe (Lapin et al., 2015; Tomczyk et al., 2016). Ako ďalší príklad uvádzame viacročné sucho v rokoch 2014 – 2018, ktoré podľa Moravca et al. (2021) nebolo spôsobené deficitom zrážok, ale vysokými teplotami, ktoré zvýšili výpar pôdnej vlhkosti. Prínos uvedenej analýzy priemerných ročných úhrnov však tkvie aj v skutočnosti, že zobrazuje najnovší klimatický normál pre obdobie 1991 – 2020. Najznámejšie spracovania oproti tomu ešte pochádzajú z Atlasu krajiny Slovenskej republiky (Faško a Šťastný, 2002, klimatický normál 1961 – 1990) a Klimatického atlasu SHMÚ (SHMÚ, 2015, klimatický normál 1981 – 2010).

Množstvo zrážkovej vody stekajúcej do komunálnych odpadových vôd priamo ovplyvňuje výpočet stočného, ktorý stál v centre pozornosti nášho článku. V období 2012 – 2022 v relatívnom vyjadrení vyčnievali Liptovská (+56 %), Západoslovenská (+45 %), Oravská (+36 %) a Východoslovenská vodárenská spoločnosť (+32 %). V absolútnom vyjadrení tiež Liptovská (1,83 €/m³) a Oravská vodárenská spoločnosť (1,59 €/m³), kde sme spozorovali najvyššiu cenu stočného pre rok 2022. Pri skúmaní vývoja priemerného ročného úhrnu atmosférických zrážok sme zaznamenali na šiestich vybraných meteorologických staniách mierny nárast a na štyroch vybraných staniách slabý pokles atmosférických zrážok. To podporuje názor, podľa ktorého sa opatrenia pre zníženie ceny stočného majú týkať najmä zmeny súčiniteľa odtoku, ktorý je stanovený v závislosti od charakteru povrchu zastavanej plochy.

Zmena súčiniteľa odtoku sa dosahuje aplikovaním vodozádržných opatrení. Keďže za hlavnú bariéru ich implementácie sa označujú práve investičné náklady (de Sá Silva et al., 2022), zisťovali sme do akej miery a s akou úspešnosťou sa angažujú miestne samosprávy v projektoch zameraných na získanie nenávratných finančných príspevkov na ich zriadenie. Naše výsledky predostreli veľmi nepriaznivý stav, kedy zo všetkých 2927 lokálnych samospráv Slovenska sa uchádzalo o finančné prostriedky z Operačného programu Kvalita životného prostredia pre projekty zamerané na vodozádržné opatrenia len 159 vidieckych obcí, 45 miest a 5 mestských častí (celkovo len cca 7 % samospráv). Navyše zo súhrnného množstva 339 podaných projektov bolo schválených spolu iba 103 projektov (30 %). Zastávame preto názor, podľa ktorého by sa mal na osvetu a rozvoj projektového manažmentu systémov zberu dažďovej vody, či vodozádržných opatrení klásť na Slovensku väčší dôraz. Podľa Suleimana et al. (2020) sa implementácia týchto systémov môže zvýšiť rozšírením počtu a rozsahu aktérov v mestskom vodohospodárstve, zavedením nových odborníkov, či zapojením viacerých mestských agentúr a organizácií do plánovacích procesov.

Kým iní autori sa zameriavali v rámci problematiky vodozádržných opatrení, či systémov zberu dažďovej vody slovenských lokalít na odhad optimálnej kapacity retenčných nádrží (Onderka et al., 2020) alebo analýzu efektívnosti týchto systémov

(Stec a Zeleňáková, 2019), my sme na našom príklade poukázali na možnú ročnú úsporu vybraných obcí na stočnom v rozsahu od 5400 do 9 800 EUR. Pre danú vzorku miest sme zároveň identifikovali subjekty, ktoré majú najväčší potenciál ušetriť verejné financie. Ide predovšetkým o mestá, ktoré platia vysokú jednotkovú cenu za stočné (napr. Liptovský Mikuláš) alebo majú vyššiu hodnotu priemerného úhrnu zrážok (Čadca, Banská Bystrica, prípadne Námestovo). Podobný cieľ sledovali aj články, ktoré sa snažili identifikovať vhodné lokality pre implementáciu vodozádržných opatrení, napr. Mahmoud et al. (2015) alebo Hashim a Sayl (2021). Z dôvodu, že vodárenské spoločnosti jednotkovú cenu za stočné pravidelne zvyšujú, je možné očakávať, že uvedená suma ročne ušetrených finančných prostriedkov sa bude zavedením konkrétnych vodozádržných opatrení neustále zvyšovať. Taktiež vo väčších mestách, kde sa nachádza oveľa viac verejných objektov, sa môže výška ušetrených nákladov na stočnom vyšplhať na úroveň desiatok tisíc eur. Navyše zachytená zrážková voda môže byť opätovne využitá napr. pri zavlažovaní zelených plôch, splachovaní záchodov, resp. na opätovnú konzumáciu po špecifickej úprave a tým spôsobom jednotlivé miestne samosprávy môžu dosiahnuť dodatočné finančné úspory aj na splácaní vodného (Li et al., 2010; Zeleňáková, 2014).

Aplikovanie vodozádržných opatrení má okrem spomínaných výhod aj neekonomické pozitíva. Opätovné využitie dažďovej vody predstavuje skvelú alternatívu efektívneho hospodárenia s vodou, ktorá významne prispieva aj k šetreniu pitnej vody na Slovensku (Zeleňáková, 2014). Výsledky v Írsku ukazujú, že systémy na zachytávanie dažďovej vody môžu potenciálne znížiť ročnú spotrebu vody z vodovodu o 12 % až 25 % (McCarton et al., 2022). V jednotlivých častiach mesta Turín zas úspora úžitkovej (nepitnej) vody pre domáce použitie by sa podľa odhadov pohybovala od 29 % do 62 % v závislosti od charakteristík budov, zatiaľ čo zníženie špičky prietoku odvádzaného do kanalizácie počas extrémnych búrok by bolo v rozsahu 57 – 67 % (Carollo et al., 2022). Systémy zberu zrážkovej vody však prispievajú na základe de Sá Silva et al. (2022) aj k zníženej spotrebe energií využívanej pri tradičnom systéme zásobovaní vodou, ako aj zníženiu emisií skleníkových plynov. Pozitívny účinok uplatňujú v oblasti adaptácie na zmenu klímy, kde decentralizáciou systémov hospodárenia s vodou zvyšujú bezpečnosť zásobovania vodou a tým zvyšujú odolnosť miest v oblasti manažmentu vodných zdrojov (de Sá Silva et al., 2022; Szpak, et al., 2022). Napriek slabým stránkam zberu zrážkovej vody, akými sú vysoké investičné náklady, ovplyvnenosť časovým rozloženým zrážok a dopytom po vode, či pomalé tempo zmeny smerom k udržateľnejším postupom hospodárenia s vodou, tieto systémy vo všeobecnosti výrazne prispievajú k udržateľnosti miest a vidieckych oblastí (Su et al., 2009; Suleiman et al., 2020; de Sá Silva et al., 2022) a mali by sa viac presadzovať aj na Slovensku.

PodĎakovanie

Ďakujeme SHMÚ za poskytnutie dát ročných úhrnov zrážok pre celú databázu staníc v skúmanom období 1991 až 2020. Zároveň sme vďačný projektu VEGA 1/0252/2023 – Odolnosť priestorových systémov – jej faktory, diferenciácia a dôsledky, ktorý finančne podporil náš príspevok.

Literatúra

- ALVES, A., GERSONIUS, B., KAPELAN, Z., VOJINOVIC, Z., SANCHEZ, A. 2019. Assessing the Co-Benefits of green-blue-grey infrastructure for sustainable urban flood risk management. *Journal of Environmental Management*, 239, 244-254.
- CAMPISANO, A., BUTLER, D., WARD, S., BURNS, M. J., FRIEDLER, E., DEBUSK, K., FISHER-JEFFES, L., GHISI, E., RAHMAN, A., FURAMAI, H., HAN, M. 2017. Urban rainwater harvesting systems: Research, implementation and future perspectives. *Water Research*, 115, 195-209.
- CAROLLO, M., BUTERA, I., REVELLI, R. 2022. Water savings and urban storm water management: Evaluation of the potentiality of rainwater harvesting systems from the building to the city scale. *Plos One*, 17, 11, 1-20.
- DE SA SILVA, A. C. R., BIMBATO, A. M., BALESTIERI, J. A. P., VILANOVA, M. R. N. 2022. Exploring environmental, economic and social aspects of rainwater harvesting systems: A review. *Sustainable Cities and Society*, 76, 1-9.
- EUROPEAN UNION, 2014. *Natural Water Retention Measures*. Technical Report. Brussels, European Union.
- FAŠKO, P., ŠTASTNÝ, P. 2002. Priemerné ročné úhrny zrážok. In *Atlas krajiny Slovenskej republiky*. Bratislava, Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky a Banská Bystrica, Slovenská agentúra životného prostredia, 99 s.
- KIANIČKA, J. (ed.) 2017. The Seventh National Communication of the Slovak Republic on Climate Change. Under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol. Ministry of Environment of the Slovak Republic & Slovak Hydrometeorological Institut, Bratislava. [online] [cit. 2023-09-27]. Dostupné na: <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/976840315_Slovakia-NC7-1-7NC_SVK.pdf>
- GILL, S. E., HANDLEY, J. F., ENNOS, A. R., PAULEIT, S. 2007. Adapting cities for climate change: the role of the green infrastructure. *Built Environment*, 33, 1, 115-133.
- HASHIM, H. Q., SAYL, K. N. 2021. Detection of suitable sites for rainwater harvesting planning in an arid region using geographic information system. *Applied Geomatics*, 13, 2, 235-248.
- LAPIN, M., DAMBORSKÁ, I., GERA, M., HRVOL, J., MELO, M. 2015. Trends of evapotranspiration in Slovakia, including scenarios up to 2100. In *International Bioclimatological Conference: Toward Climatic Services*, Nitra, Slovak Bioclimatological Society SAS (5 p.).
- LAPIN, M., GERA, M., KREMLER, M. 2010. Scenáre zmeny teploty a vlhkosti vzduchu na Slovensku a možné dôsledky v mestách. *Životné prostredie*, 44, 5, 227-231.
- LI, Z., BOYLE, F., REYNOLDS, A. 2010. Rainwater harvesting and greywater treatment systems for domestic application in Ireland. *Desalination*, 260, 1-8.
- MAHMOUD, S. H., MOHAMMAD, F. S., ALAZBA, A. A. 2015. Delineation of potential sites for rainwater harvesting structures using a geographic information system-based decision support system. *Hydrology Research*, 46, 4, 591-606.
- MASSON-DELMOTTE, V., ZHAI, P., PIRANI, A., CONNORS, S. L., PÉAN, C., BERGER, S., CAUD, N., CHEN, Y., GOLDFARB, L., GOMIS, M. I., HUANG, M., LEITZELL, K., LONNOY, E., MATTHEWS, J. B. R., MAYCOCK, T. K., WATERFIELD, T., YELEKÇI, O., YU, R., ZHOU, B. (eds.). 2021. *IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. [online] [cit. 2023-09-27]. Dostupné na: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM_final.pdf>
- MCCARTON, L., O'HOGAIN, S., NASR, A. 2022. NBS for resilient cities and communities the circular economy of water—investigating the spatial variation of rainwater harvesting systems in Ireland. *Nature-Based Solutions*, 2, 1-25.

- MILLY, P. C., BETANCOURT, J., FALKENMARK, M., HIRSCH, R. M., KUNDZEWICZ, Z. W., LETTENMAIER, D. P., STOUFFER, R. J. 2008. Stationarity is dead: Whither water management? *Science*, 319, 5863, 573-574.
- MIRRI SR, 2022. *Program Slovensko 2021 – 2027*. [online] [cit. 2023-09-27]. Dostupné na: <<https://mirri.gov.sk/wp-content/uploads/2022/05/Program-Slovensko-vlastny-material.pdf>>
- MŽP SR, 2015. *Operačný program Kvalita životného prostredia na obdobie 2014 – 2020*. Bratislava: Ministerstvo životného prostredia SR, 2023. 14. verzia.
- MŽP SR, 2018. *Stratégia adaptácie Slovenskej republiky na zmenu klímy*. Bratislava: Ministerstvo životného prostredia SR, 2018. Aktualizovaná verzia.
- MORAVEC, V., MARKONIS, Y., RAKOVEC, O., SVOBODA, M., TRNKA, M., KUMAR, R., HANEL, M. 2021. Europe under multi-year droughts: how severe was the 2014–2018 drought period? *Environmental Research Letters*, 16, 3, 1-13.
- NAZIR, N. N. M., OTHMAN, N., NAWAWI, A. H. 2014. Green infrastructure and its roles in enhancing quality of life. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 153, 384-394.
- NORTON, B. A., COUTTS, A. M., LIVESLEY, S. J., HARRIS, R. J., HUNTER, A. M., WILLIAMS, N. S. 2015. Planning for cooler cities: A framework to prioritise green infrastructure to mitigate high temperatures in urban landscapes. *Landscape and Urban planning*, 134, 127-138.
- ONDERKA, M., PECHO, J., NEJEDLÍK, P. 2020. Storage capacity of rain tanks optimized for the local climate in two metropolitan areas of Slovakia. *Acta Hydrologica Slovaca*, 21, 2, 152-159.
- PECHO, J., FAŠKO, P. 2010. Nebezpečenstvo extrémnych privalových zrážok v lete. *Slovenský hydrometeorologický ústav*. [online] [cit. 2022-10-29]. Dostupné na: <<https://www.shmu.sk/sk/?page=2049&id=142>>
- REPEL, A., ZELENÁKOVÁ, M., JOTHIPRAKASH, V., HLA VATÁ, H., BLIŠŤAN, P., GARGAR, I., PURCZ, P. 2021. Long-Term Analysis of Precipitation in Slovakia. *Water*, 13, 7, 1-13.
- SHARMA, A. K., COOK, S., GARDNER, T., TJANDRAATMADJA, G. 2016. Rainwater tanks in modern cities: A review of current practices and research. *Journal of Water and Climate Change*, 7, 3, 445-466.
- SHMÚ, 2015. *Klimatický atlas Slovenska*. 132. ISBN 978-80-88907-90-9.
- SHMÚ, 2022. *Klimatické pomery Slovenskej republiky*. Slovenský hydrometeorologický ústav. [online] [cit. 2022-12-19]. Dostupné na: <<https://www.shmu.sk/sk/?page=1064>>
- SPINONI, J., NAUMANN, G., VOGT, J., BARBOSA, P. 2015. European drought climatologies and trends based on a multi-indicator approach. *Global and Planetary Change*, 127, 50-57.
- STEC, A., ZELENÁKOVÁ, M. 2019. An analysis of the effectiveness of two rainwater harvesting systems located in Central Eastern Europe. *Water*, 11, 3, 1-16.
- SU, M. D., LIN, C. H., CHANG, L. F., KANG, J. L., LIN, M. C. 2009. A probabilistic approach to rainwater harvesting systems design and evaluation. *Resources, Conservation and Recycling*, 53, 7, 393-399.
- SULEIMAN, L., OLOFSSON, B., SAURÍ, D., PALAU-ROF, L. 2020. A breakthrough in urban rain-harvesting schemes through planning for urban greening: Case studies from Stockholm and Barcelona. *Urban Forestry & Urban Greening*, 51, 1-11.
- SZPAK, A., MODRZYŃSKA, J., PIECHOWIAK, J. 2022. Resilience of Polish cities and their rainwater management policies. *Urban Climate*, 44, 1-13.
- ŠERCL, P. 2008. Hodnocení metod odhadu plošných srážek. *Meteorologické zprávy*, 61, 2, 33-43.
- TINÁKOVÁ, M. 2020. *As many as two-thirds of the water in Slovakia evaporates every year*. Slovenská akadémia vied. [online] [cit. 2024-04-17]. Dostupné na: <https://www.sav.sk/?lang=en&doc=services-news&source_no=20&news_no=8920>

- TOMCZYK, A. M., BEDNORZ, E. 2016. Heat waves in Central Europe and their circulation conditions. *International Journal of Climatology*, 36, 2, 770-782.
- TZOULAS, K., KORPELA, K., VENN, S., YLI-PELKONEN, V., KAŽMIERCZAK, A., NIEMELA, J., JAMES, P. 2007. Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review. *Landscape and Urban Planning*, 81, 3, 167-178.
- Vyhlaska Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 397/2003 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o meraní množstva vody dodanej verejným vodovodom a množstva vypúšťaných vôd, o spôsobe výpočtu množstva vypúšťaných odpadových vôd a vôd z povrchového odtoku a o smerných číslach spotreby vody (v znení zákona č. 209/2013 Z. z.)*
- WALLACE, C. D., BAILEY, R. T., ARABI, M. 2015. Rainwater catchment system design using simulated future climate data. *Journal of Hydrology*, 529, 1798-1809.
- WAMSLER, C., BRINK, E., RIVERA, C. 2013. Planning for climate change in urban areas: from theory to practice. *Journal of Cleaner Production*, 50, 68-81.
- WORLD BANK, 2022. *Water Resources Management*. [online] [cit. 2022-10-29]. Dostupné na: <<https://www.worldbank.org/en/topic/waterresourcesmanagement#2>>
- Zákon č. 442/2002 Z. z. o verejných vodovodoch a verejných kanalizáciách a o zmene a doplnení zákona č. 276/2001 Z. z. o regulácii v sieťových odvetviach v znení neskorších predpisov.*
- ZAUJEC, P. 2022. *Zrážkové pomery Slovenska pri severných a južných cyklonálnych situáciách*. Bratislava. Diplomová práca. Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta. 118 s.
- ZELEŇÁKOVÁ, M., MARKOVIČ, G., KAPOŠTÁSOVÁ, D., VRANAYOVÁ, Z. 2014. Rainwater management in compliance with sustainable design of buildings. *Procedia Engineering*, 89, 1515-1521.
- ZUZULOVÁ, V., ŽILINSKÝ, M., ŠIŠKA, B. 2019. Seasons of Drought in Slovakia During the Period from 1957 to 2016. *Acta Regionalia et Environmentalica*, 16, 2, 38-44.

Rainwater harvesting in Slovak municipalities: a specific example of public finances saving

Summary

Our research paper deals with a significantly under-studied issue in scientific research in Slovakia. The theory includes an explanation of how climate change impacts the management of water resources. It provides an overview of water retention measures and various applications of rain harvesting systems in other European countries. The analytical part demonstrates the latest climate normal for 1991–2020 in terms of average annual precipitation totals, which we calculated based on the data provided by the Slovak Hydrometeorological Institute. In the second half of the analytical part, our paper analyzes the development of the sewage price of individual regional water companies and the use of the Operational program Quality of Environment for financing water retention measures by the local government. Finally, our study contains a table dedicated to possible annual savings of public savings calculated based on the available variables.

The primary goal of our article was to determine the specific amount of these potential savings of public finances on sewer's calculation price through implementing water retention measures by individual local governments in Slovakia. To accomplish this task, we had to consider two main variables. The first was the average amount of precipitation included in the sewer's calculation price within the individual regional water companies, waterworks, and sewers. When looking at this variable (Figures 2 and 3) we concluded that even with the more frequent occur-

rence of drought in 1991–2020, there was no decrease in the average annual rainfall. When exploring the development of the average amount of atmospheric precipitation in selected locations, we recorded a slight annual increase at six selected meteorological stations and a slight decrease at four stations. In addition, the unit price of sewer (the second variable) increased for the monitored period 2012–2022 in every regional water company (Figure 5).

After detecting the insufficiently used potential of Slovak municipalities to acquire funds for projects focused on water retention measures (Figure 6), we directed our attention to selected locations. Our specific example (Table 1) contained a selected group of 13 cities for which we calculated the possible amount of annual savings between 5,400 and 9,800 EUR. For these results, we considered three buildings with different roof areas (2,000, 3,000, and 4,000 m²) and input variables valid for 2022 (average annual rainfall, unit price for sewer). As regional water companies are gradually raising the unit price for sewers, we assume that the calculated amount of financial resources saved annually by introducing water retention measures will constantly rise over time. We also think that the cost savings on sewage in larger cities, with a high number of public objects, can amount to tens of thousands of euros per year. In addition, the collected rainwater can be used for irrigating green areas, which allows local governments to achieve additional financial savings even on paying water bills.

Overall, our research paper revealed major deficiencies in rainwater management and rainwater harvesting systems of Slovak municipalities. In contrast to traditional understanding, rainwater should be considered as a precious source of nature rather than a threat. Its retention contributes to mitigating the intensifying effects of urban heat islands and climate change impacts, such as heatwaves, drought, or water scarcity. Considering the growing economic expenses of sewage cost and the calculated possible amounts of potential savings by capturing rainwater and preventing it's entering municipal wastewater; we suggest local authorities a more amplified exploit of the available funds for water retention measures.