

Vývoj softwarového nástroje RainWaterManager

LUDEK BUREŠ, RADEK ROUB, TOMÁŠ HEJDUK, JAN KOPP, FILIP URBAN

Klíčová slova: hospodaření s dešťovou vodou – klimatická změna – ČSN 75 9010 – TNV 75 9011

ABSTRAKT

Hospodaření se srážkovou vodou je v současné době jedním z často diskutovaných témat ohledně dalšího územního rozvoje měst a obcí. Stejná otázka je řešena také v kontextu klimatické změny a jejího vlivu na již existující zástavbu. Aktuálně nejčastějším řešením pro likvidaci srážkových vod je jejich odvádění pomocí kanalizačních systémů. V kontextu klimatické změny tento koncept nakládání s dešťovou vodou začíná ukazovat své nedostatky. Srážková voda je rychle odvedena, což negativně ovlivňuje vláhové poměry v městské krajině. Důsledkem toho pak bývá její vysychání a přehřívání. Dalším nedostatkem je přetěžování stokových sítí během extrémních srážkových událostí. Řešením pro odstranění těchto nedostatků může být snaha o zadržení srážky v místě jejího dopadu. Tento koncept s sebou ale nese řadu otázek. Jaká opatření k tomuto účelu lze využít? Jaké jsou prostorové nároky na tvorbu těchto opatření? Jaká je cena jejich realizace? Může samospráva vyžadovat realizaci těchto opatření po soukromých investorech? Odpovědi na tyto otázky nejsou mnohdy triviální a závisí na konkrétních okolnostech a množství posuzovaných kritérií. Určitou pomoc v tomto ohledu nabízí software RainWaterManager. Tento nástroj pomáhá uživateli zvolit vhodné opatření pro hospodaření se srážkovou vodou, odhadnout jeho efektivitu, prostorové a ekonomické nároky a ukazuje cesty, jak lze jejich realizaci prosazovat.

ÚVOD

Ve velkých městech po celém světě jsou již delší dobu navrhována různá adaptační opatření, jejichž součástí je i zlepšení hospodaření se srážkovou vodou [1, 2]. Současný koncept stále ve velké míře spoléhá na její odvedení z místa dopadu. K tomu jsou obvykle využívány jednotné nebo oddílné kanalizační systémy. Nedostatky tohoto řešení pak jsou přetěžování stokových sítí a negativní ovlivnění vláhových podmínek v místě dopadu srážky [3]. K přetěžování stokových sítí dochází zejména v případech výskytu extrémních srážkových událostí. Absence vláhy v půdním profilu, způsobená rychlým odvedením vody, pak negativně ovlivňuje městskou zeleň, snižuje hodnotu přirozeného výparu, a napomáhá tak ke vzniku tepelných ostrovů a celkově ke zhoršení městského mikroklimatu. Vzhledem ke stále se zesilujícím projevům klimatické změny lze očekávat, že četnost extrémních srážkových úhrnů a průměrné teploty se budou v budoucnu zvyšovat [4]. Odpovědi na tyto problémy by měl být nový systém pro hospodaření se srážkovou vodou. Hlavní filozofií tohoto systému je zadržení a využití srážkové vody v místě jejího dopadu. Prosazování těchto přístupů v městech ČR je prozatím ve stadiu plánování nebo realizace prvotních projektů. Vzhledem k potřebě adaptace na změnu klimatu je jejich aplikace v praxi sice podporována, nicméně často naráží na technické,

ekonomické, legislativní nebo institucionální obtíže [5, 6]. Tato přírodě blízká opatření pro hospodaření se srážkovou vodou (dále jen opatření HDV) jsou prosazována pod názvem modro-zelená infrastruktura (MZI), jejímž smyslem je snížit negativní dopady změn klimatu a zvýšit komfort městského prostředí pro jeho obyvatele [7–9].

Existuje více typů opatření HDV, které je možné pro hospodaření se srážkovou vodou ve smyslu koncepce MZI využít. Primárně lze tato opatření rozdělit do pěti kategorií dle jejich funkce:

1. zachycení a využití vody (nádrže na srážkovou vodu a její další využití, např. závlaha),
2. plošná retence (zelené střechy, propustné a polopropustné povrchy),
3. liniové a bodové vsakování (vsakovací průlehy, vsakovací rýhy, vsakovací šachty, podzemní nádrže se vsakováním),
4. odvodnění území do recipientu (odvodňovací příkopy),
5. zadržení vody s regulovaným odtokem (povrchové a podzemní nádrže s regulovaným odtokem, suché nádrže – poldry, umělé mokřady).

Kompletní výčet těchto opatření je obsáhlý a rozmanitý. Jednotlivá opatření HDV se od sebe liší typem opatření, efektivností, realizačními a prostorovými nároky. Řazena jsou sem také opatření, jež jsou již delší dobu využívána pro hospodaření se šedými vodami, či zaváděna ve smyslu rozvoje zelené infrastruktury, nebo jejich kombinace [7, 9, 10]. Z pohledu zavádění je jejich realizace často spojena s novou výstavbou, nicméně mohou být dodatečně realizována i v již existující městské zástavbě. Z pohledu vlastní realizace je aplikovatelnost jednotlivých opatření závislá především na fyzicko-geografických podmínkách dané lokality a dostupnosti vhodných ploch (především v případě realizace v již existující zástavbě). Samostatnou otázkou je poté nákladnost jejich realizace a potřeba jejich provozní údržby. Pro investora pak vyvstává důležitá otázka – pro realizaci kterého opatření se rozhodnout?

METODIKA A MATERIÁL

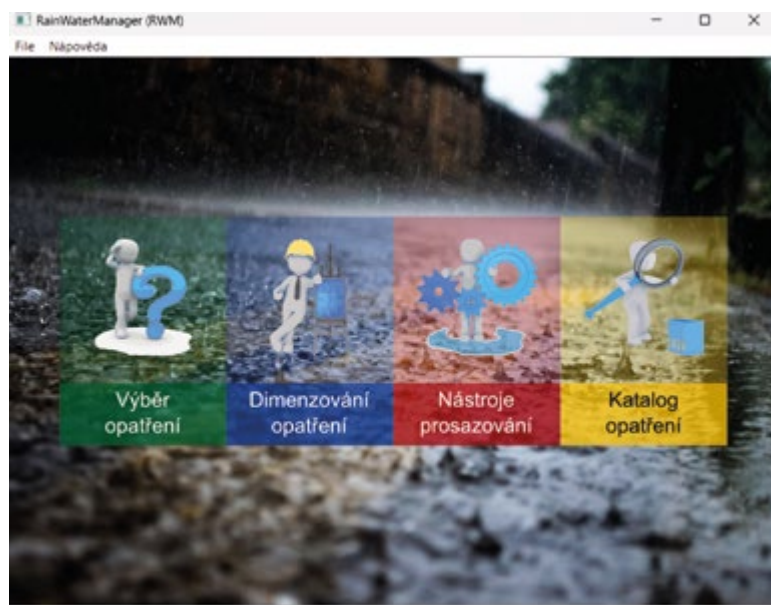
Vývoj softwaru RWM

Software RainWaterManager (RWM) byl vyvinut jako podpora pro uživatele v rozhodovacím procesu o volbě opatření HDV. Primárně má software pomoci s výběrem vhodného opatření HDV, hodnocením jeho efektivitu a prosazováním

jeho realizace. Sekundárně má pak zvýšit povědomí o jejich existenci a využití. Do softwaru je celkově zahrnuto 17 opatření HDV (*suchá nádrž; retenční nádrž; podzemní retenční nádrž; dešťový záhon; zelené střechy; systém plošného vsakování; vsakovací podélné prvky; soustředné povrchové vsakování; vsakovací galerie; vsakovací šachta; podzemní vsakovací drén; akumulace srážkové vody; tůň, mokřad v urbanizované krajině; bylinné záhony; zelené fasády; výsadba stromů a keřů; vodní prvky*). Podrobně jsou jednotlivá opatření popsána v katalogu opatření HDV [10]. Digitální verze katalogu HDV je součástí softwaru RWM.

Software RWM je koncepčně rozdělen do čtyř samostatných modulů. Ty jsou přístupné přes úvodní okno (obr. 1). Jednotlivými moduly jsou:

- „Výběr opatření“
- „Dimenzování opatření“
- „Nástroje prosazování“
- „Katalog opatření“



Obr. 1. Úvodní obrazovka softwaru RWM
Fig. 1. RWM software splash window

„Výběr opatření“

Tento modul pomáhá uživateli s výběrem vhodného opatření HDV. Uživatel volí přednastavené odpovědi na 11 vybraných otázkách. Otázky pokrývají širokou škálu tematických okruhů zahrnující tematické zaměření, využití prostoru, přírodní podmínky, lokální omezení a náklady na realizaci i údržbu. Celkem je k dispozici 38 možných odpovědí. Konkrétní zvolené odpovědi jsou použity jako vstupní kritéria pro hodnocení vhodnosti opatření. K tomuto hodnocení je využita multikriteriální analýza (MCA) [11, 12]. V procesu MCA jsou vždy hodnocena všechna opatření HDV dostupná v RWM. Na základě volby konkrétního kritéria dojde k bodovému ohodnocení všech opatření HDV. Míra bodového ohodnocení závisí na míře vhodnosti daného opatření pro zvolené kritérium. V případě, že volené kritérium plně koresponduje s potřebami daného opatření, je toto ohodnoceno plným počtem bodů. V ostatních případech je opatření ohodnoceno méně body v závislosti na míře korespondence. K ohodnocení je použita bodová škála 1–5 (1 – nejméně, 5 – nejvíce). S přidáním každého dalšího kritéria je každému opatření připsán příslušný počet bodů. Opatření, jež takto získá nejvyšší bodové ohodnocení, je vybráno jako nejvhodnější. Bodové hodnoty vztahů mezi kritérii a opatřeními jsou definovány v preferenční matici. Tato matice byla přednastavena za

účelem dosažení maximální objektivity. Nicméně uživatel může preferenční matici pozměnit, a tím do procesu MCA propsat své vlastní preference.

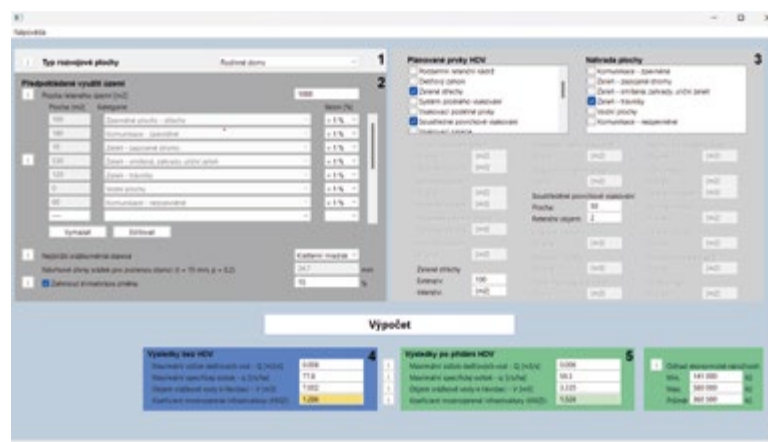
Výsledky MCA jsou uživateli demonstrovány grafickou a numerickou formou. Každému opatření je v rámci RWM přidělen piktogram. Piktogramy jsou řazeny sestupně na základě dosaženého bodového skóre z MCA. Relativní hodnota skóre (max. 100 %) je pak uvedena pod příslušným piktogramem. Prezentace výsledků MCA v okně „Výběr opatření“ je uvedena na obr. 2. Po kliknutí na piktogram je uživateli zobrazen detailní popis konkrétního opatření HDV a jeho aplikace v praxi.



Obr. 2. Prezentace výsledků MCA v modulu „Výběr opatření“
Fig. 2. Presentation of MCA results in the "Measure selection" module

„Dimenzování opatření“

V tomto modulu může uživatel zjednodušeně vypočítat hodnoty vybraných hydrologických charakteristik v řešeném území a vliv vybraného opatření HDV na tyto hodnoty. Uživatel tak může zhodnotit potřebný rozsah plánovaného opatření, jeho efektivitu nebo cenu. Grafická podoba panelu „Dimenzování“ je na obr. 3.



Obr. 3. Grafická podoba modulu „Dimenzování“
Fig. 3. Graphic form of the "Measure dimensioning" module

K primárnímu odhadu hydrologických charakteristik je potřeba zadat zjednodušený popis předpokládaného využití území. Uživatel zadá velikosti jednotlivých ploch, které spolu tvoří zájmové území, z nabídky vybere jejich typ a přiřadí jim hodnotu sklonu. Nutností je také uvést výšku návrhové srážky. Výšku srážky je možné zadat manuálně (nutná znalost výšky srážky pro déšť s dobou trvání $t = 15$ min a dobou opakování $p = 0,2$ pro danou lokalitu), nebo použít data z nejbližší srážkoměrné stanice, jež program nabízí. Ve výpočtu lze zohlednit také předpokládaný vliv budoucí klimatické změny na hodnotu intenzity srážek [4, 13, 14]. Samotný výpočet je realizován na základě racionální

metody [15]. Vybranými hydrologickými charakteristikami jsou hodnoty maximálního odtoku dešťových vod, maximálního specifického odtoku a objemu srážkové vody k nakládání. Dále je počítán koeficient modro-zelené infrastruktury (KMZI).

Do primárního odhadu může být následně přidán typ a rozsah opatření HDV, jež uživatel zamýšlí realizovat. Těž je nutné zadat, jaký typ plochy bude opatřením nahrazován. Následně dojde k novému výpočtu, který zohledňuje vliv opatření HDV na vybrané hydrologické charakteristiky. Při volbě opatření HDV je počítána také odhadovaná cena jeho realizace.

„Prosazování opatření“

Modul „Prosazování opatření“ je primárně určen pro zástupce z řad veřejné správy. Jde o přehled nástrojů, které lze využít k podpoře a prosazování účinného hospodaření se srážkovou vodou v městských a obecních rozvojových lokalitách. Jednotlivé nástroje jsou založeny na zveřejněných obecných seznamech nástrojů a jejich specifikacích. Jsou kategorizovány dle hierarchické úrovně veřejné správy, dotčeného subjektu a fáze procesu (plánování, implementace, provoz). Cílem je nalezení nejvhodnějšího nástroje pro danou situaci. Celkově je zpracováno 18 typů nástrojů rozdělených do pěti kategorií (normativní; koncepční; koordinační a organizační; ekonomické; dobrovolné a etické) [16]. Pro výběr nástroje je opět využito metody MCA [11, 12]. Kritéria MCA jsou stanovena na základě volby odpovědí (celkem 17 možných odpovědí) na čtyři výchozí otázky. Prezentace výsledků je obdobná jako u modulu „Výběr opatření“. Také zde je možné přes kliknutí na piktogram přejít na detail daného nástroje. Grafická podoba modulu „Prosazování opatření“ je na obr. 4.



Obr. 4. Grafická podoba modulu „Prosazování opatření“

Fig. 4. Graphic form of the „Enforcement tools“ module

„Katalog opatření“

Součástí softwaru je i plnohodnotná digitální verze *Katalogu opatření efektivního hospodaření se srážkovou vodou na rozvojových plochách urbanizovaných území* [10]. Katalog obsahuje informace o projektovém rámci a jeho vazbě na řešení projektu TA ČR „SS03010080 – Interdisciplinární přístupy efektivního hospodaření se srážkovou vodou na rozvojových plochách urbanizovaných území v ekonomickém, sociálním a environmentálním kontextu“, metodiku tvorby katalogu, katalog prvků efektivního hospodaření se srážkovou vodou, katalog funkčních typů rozvojových ploch a katalog nástrojů prosazování efektivního hospodaření se srážkovou vodou.

Software RWM je koncipován jako samostatně spustitelná aplikace (*.exe) vyvinutá v programovacím jazyce C++. Jeho spuštění nevyžaduje žádnou instalaci. Software je k dispozici ve formě distribučního balíku, ten obsahuje program RWM a příložené dokumenty, na něž se odkazuje (katalog opatření HDV). Využití softwaru není nijak zpoplatněno ani jinak omezeno. Software je umístěn na adrese: <https://www.fzp.czu.cz/rwm>

VÝSLEDKY

Program RWM slouží pro podporu rozhodování v oblasti nakládání se srážkovou vodou. Tomu odpovídají i výsledky, které uživatelé poskytují. Moduly „Výběr opatření“ a „Prosazování opatření“ pomáhají uživatelé v rozhodovacím procesu týkajícím se volby samotného opatření HDV nebo k nalezení cesty pro jeho prosazování v praxi. Tato rozhodování jsou podpořena detailními popisy jednotlivých opatření (nástrojů) doplněnými o příklady jejich užití v praxi. Jiný typ výsledků nabízí modul „Dimenzování opatření“. Zde jsou zjednodušeně odhadnuty vybrané hydrologické charakteristiky bez opatření HDV a následně s jejich zohledněním. Uživatel tak získá představu o účinnosti jím vybraného opatření HDV. Vypočten je také cenový odhad realizace. Uživatel má díky tomu možnost vzájemně porovnávat ekonomickou a funkční efektivitu mezi jednotlivými typy opatření.

Dalšími výsledky jsou:

- Maximální odtok dešťových vod – udává maximální odtok (průtok) vody (Q [m^3/s]), který odtéká z řešeného území po/ během srážkové události. Výpočet je realizován racionální metodou dle normy ČSN 75 6101.
- Specifický odtok – q [$l/s/ha$] vyjadřuje, jaké množství vody odtéká za jednotku času z jednotky plochy povodí (subpovodí).
- Nezpracovaný objem srážkové vody – udává objem vody (V [m^3]), který oteče z řešeného území po/během srážkové události s dobou trvání 15 min. Výpočet tohoto objemu je proveden na základě racionální metody (ČSN 75 6101).
- Koeficient modro-zelené infrastruktury (KMZI) – hodnotí statistiku ploch v území z hlediska ekosystémových funkcí zeleně (např. mikroklima, biodiverzita, pobytová funkce) a funkcí přirozeného oběhu vody (retence, vsakování, výpar a čištění vody).
- Odhad ekonomické náročnosti – jde o orientační cenu za realizaci daných opatření HDV. Cena se počítá jako jednotková cena (Kč) za $1 m^2$ (případně $1 m^3$) realizace daného opatření HDV, násobena daným počtem jednotek. V případě volby více opatření se pak jedná o součet cen za realizaci jednotlivých opatření.

DISKUZE

Smyslem softwaru RWM není jakýmkoli způsobem nahrazovat projekční činnost spojenou s návrhy opatření pro hospodaření se srážkovou vodou. Primárně je orientován na zvýšení povědomí drobných investorů a zástupců veřejné správy o dané problematice. Tomu odpovídá i samotná koncepce softwaru, který se snaží o maximální možné zjednodušení dané problematiky doplněné o množství vysvětlovacích informací. RWM má těmto skupinám uživatelů pomoci zvýšit povědomí o možnostech využití jednotlivých opatření HDV a jejich vlivu na hydrologickou situaci v území, jež spravují. Uživatelé tak mohou získat např. informace o tom, jaký rozsah opatření HDV je nutné realizovat, aby nedocházelo k žádnému odtoku z jejich pozemku, případně obdrží přehled o cenách realizace těchto opatření. Zástupcům veřejné správy modul „Prosazování opatření“ dále ukazuje cesty, jak lze prosazovat výstavbu těchto opatření v rámci jejich municipality. To ovšem neznamená, že RWM nemůže být využit např. uživateli z řad stavebních inženýrů nebo projektantů. Těmto skupinám nabízí možnost rychlého orientačního zhodnocení jednotlivých opatření HDV, případně pomoc s odhadem prostorových a ekonomických nároků na realizaci jimi plánovaných opatření. Program mohou také využívat studenti ekonomických nebo technických oborů, kteří se s danou problematikou při svém studiu setkávají.

Moduly „Výběr opatření“ a „Prosazování opatření“ ve svých rozhodovacích mechanismech využívají metodu MCA [11, 12]. Ta umožňuje porovnat hodnotící kritéria z různých oblastí zájmu (s různými jednotkami, binárního

charakteru atd.). V případě modulu „Výběr opatření“ jsou pro výběr zvolena kritéria zohledňující přírodní, technická nebo legislativní omezení pro výstavbu, jež vyplývají zejména z požadavků příslušných technických norem [17, 18]. Funkční typ rozvojové plochy zohledňuje vhodnost aplikace jednotlivých opatření pro různé typy městské zástavby [10]. Obsažena jsou též kritéria společenské potřeby (např. nutnost řešit sucho, povodně) či kritéria, která vyplynula z komunikace se zástupci samospráv (cena realizace, potřeba údržby). Proces MCA dokáže rovněž pracovat s individuálními preferencemi hodnotícího. V případě RWM to znamená, že uživatel může vstoupit do tohoto procesu a upravit nastavené hodnoty preferenční matice. Defaultní nastavení bylo provedeno po obsáhlé diskuzi řešitelského týmu projektu SS03010080. Hodnotící kritéria v modulu prosazování opatření byla vybrána a hodnocena především na základě rešerše odborné literatury (domácí i zahraniční) nebo na základě zkušeností z pilotních lokalit a konzultací se zástupci státní správy [19].

Hydrologické charakteristiky produkované modulem „Dimenzování opatření“ jsou počítány na základě racionální metody, jejíž modifikace pro tyto účely uvádí norma ČSN 75 6101. Program RWM při výpočtu uvažuje blokový déšť s periodicitou $p = 0,2$ a dobou trvání $t = 15$ min. Hodnoty pro tyto deště jsou převzaty z normy TNV 75 9010. Otázkou je ovšem aktuálnost údajů o těchto deštích. Seznam stanic např. zahrnuje i již neexistující stanice (např. Plzeň – Doudlevec). RWM však nabízí možnost zadat aktuální, místně platné údaje.

Výběr hydrologických charakteristik zohledňuje obecné požadavky na nakládání s dešťovými vodami. Hodnota maximálního odtoku je pro uživatele důležitá zejména ve vazbě na odvedení vody, která nebyla na pozemku zasáknuta nebo zadržena. Tento odtok je odváděn ve směru hydraulického spádu do recipientu (dešťová kanalizace, vodní tok). Správce recipientu pak může ve svých regulativních vyžadovat dodržení maximální hodnoty nátoků do recipientu. Specifický odtok navazuje na požadavky normy TNV 75 9011, jež doporučuje, aby odtok srážkových vod nepřesahoval hodnotu specifického odtoku 3 l/s/ha. Nezpracovaný objem srážkové vody udává hodnotu objemu srážky, který nebyl zpracován (zadržen, zasáknut) a bude odtékat z řešeného území. Pokud chce uživatel zadržet veškerou srážkovou vodu, bude tak vědět, jaký objem vody je potřeba ještě zadržet nebo zasáknout.

RWM pracuje i s předpokládaným vlivem klimatické změny na hodnoty intenzity srážek. Některé studie se v tomto ohledu zaměřují na sezónní předpovědi [4, 13], jiné na konkrétní dobu trvání srážky [14]. Studie se shodují na tom, že dojde k nárůstu intenzity srážek. Otázkou zůstává, jak velký tento nárůst bude. RWM na tyto skutečnosti (a také vzhledem k jejich nejistotě) používá relativní navýšení intenzity srážek. Defaultně je nastavena hodnota 15 %, přičemž povolený rozsah navýšení intenzity má rozmezí 10–20 %.

Součástí výsledků je též koeficient modro-zelené infrastruktury (KMZI). Tento index hodnotí opatření HDV z hlediska ekosystémových funkcí zeleně a funkcí přirozeného oběhu vody. Index byl zaveden v rámci projektu SS03010080. Důvodem jeho zavedení byla absence podobného indexu v rámci ČR. Nejpodobnějšími indexy byly v tomto ohledu indexy HGF (Helsinki Green Factor) [20] a BAF [21]. Ani jeden z těchto faktorů však není přizpůsoben prostředí ČR – neposkytuje hodnoty pro všechna zamýšlená opatření HDV a kategorie ploch stanovené pro součinitele odtoku, na jejichž základě je realizován výpočet racionální metodou. Z tohoto důvodu byly chybějící hodnoty na základě rozboru zahraniční literatury [20–23] expertně odhadnuty.

ZÁVĚRY

Cílem příspěvku je představit software RainWaterManager (RWM), popsat jeho základní funkce a možnosti jeho využití. Software RWM je koncipován jako podpůrný prvek při rozhodování o volbě vhodného opatření pro hospodaření se srážkovou vodou (HDV). Uživatelům pomáhá s volbou vhodného opatření HDV stanovením jeho orientačního rozsahu, efektivity, cenové nákladnosti

a s nalezením mechanismů, jak lze zavádění opatření HDV v praxi prosazovat. Součástí RWM je také katalog opatření HDV. V katalogu jsou jednotlivá opatření detailně popsána a uvedeny příklady jejich aplikace v praxi. RWM je primárně určen pro uživatele z řad veřejné správy i laické veřejnosti. Nicméně výsledky produkované RWM mohou být využity stavebními inženýry, projektanty či studenti vysokých škol, kteří se při svém studiu setkávají s plánováním opatření HDV nebo ohodnocováním jejich socioekonomických funkcí.

Poděkování

Příspěvek vznikl za podpory programu Technologické agentury ČR Prostředí pro život a projektu „SS03010080 – Interdisciplinární přístupy efektivního hospodaření se srážkovou vodou na rozvojových plochách urbanizovaných území v ekonomickém, sociálním a environmentálním kontextu“ a za podpory Ministerstva zemědělství, institucionální podpora MZE- RO0223.

Literatura

- [1] CZWA. *Studie hospodaření se srážkovými vodami v urbanizovaných územích*. Praha: Asociace pro vodu ČR, MŽP, 2019.
- [2] MORISON, P. J., BROWN, R. R. Understanding the Nature of Publics and Local Policy Commitment to Water Sensitive Urban Design. *Landscape and Urban Planning*. 2011, 99, s. 83–92.
- [3] HLAVÍNEK, P., PRAX, P., KUBÍK, J. *Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území*. Brno: ARDEC, 2007.
- [4] RULFOVÁ, Z., BERANOVÁ, R., KYSELÝ, J. Climate Change Scenarios of Convective and Large-Scale Precipitation in the Czech Republic Based on EURO-CORDEX Data. *International Journal of Climatology*. 2017, 37(5), s. 2 451–2 465.
- [5] VÍTEK, J., STRÁNSKÝ, D., KABELKOVÁ, I. a kol. *Hospodaření s dešťovou vodou v ČR*. Praha: ZO ČSOP Koniklec, 2015. 127 s.
- [6] AUBRECHTOVÁ, T., GELETIČ, J., HALÁSOVÁ, O. a kol. Administrativní reakce českých měst na adaptační procesy související s klimatickými změnami. *Urbanismus a územní rozvoj*. 2019, 22(1), s. 4–12.
- [7] VÍTEK, J. a kol. *Hospodaření se srážkovými vodami – cesta k modrozelené infrastruktuře. Olomoucké stavební standardy k integraci modrozelené infrastruktury*. Olomouc: J.V. PROJEKT V.H., s. r. o., 2018.
- [8] STRÁNSKÝ, D., KABELKOVÁ, I. Systém dokumentů pro koncepční hospodaření se srážkovou vodou v obcích. *Urbanismus a územní rozvoj*. 2022, 25(5), s. 40–44.
- [9] MACHÁČ, J., HEKRLÉ, M. a kol. *Modrozelená města: Příklady adaptačních opatření v ČR a jejich ekonomické hodnocení*. Ústí nad Labem: Institut pro ekonomickou a ekologickou politiku (IEEP), 2022. 86 s. ISBN 978-80-7561-405-6.
- [10] KOPP, J., HEJDUKOVÁ, P., JEZEK, J. a kol. *Katalog opatření efektivního hospodaření se srážkovou vodou na rozvojových plochách urbanizovaných území*. Plzeň: Západočeská univerzita, 2022. 108 s.
- [11] FIALA, P., JABLONSKÝ, J., MANAS, M. *Vícekritériální rozhodování*. Praha: Vysoká škola ekonomická, 1997.
- [12] BROŽOVÁ, H., HOUŠKA, M., ŠUBRT, T. *Modely pro vícekritériální rozhodování*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2009.
- [13] FISCHER, A. M. a kol. Projected Changes in Precipitation Intensity and Frequency in Switzerland: A Multi-Model Perspective. *International Journal of Climatology*. 2015, 35(11), s. 3 204–3 219.
- [14] SVOBODA, V. a kol. Projected Changes of Rainfall Event Characteristics for the Czech Republic. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*. 2016, 64(4), s. 415.
- [15] ČSN 75 6101. *Stokové sítě a kanalizační přípojky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
- [16] KOPP, J., HEJDUKOVÁ, P., KUREKOVÁ, L. a kol. Kategorizace nástrojů prosazování efektivního hospodaření se srážkovou vodou na rozvojových plochách. *Trendy v podnikání*. 2022, 12(1), s. 14–23, ISSN 1805-0603.
- [17] ČSN 75 9010. *Vsakovací zařízení srážkových vod*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
- [18] TNV 75 9011. *Hospodaření se srážkovou vodou*. Praha: Sweco Hydroprojekt a. s., 2013.
- [19] KOPP, J. a kol. Možnosti efektivního hospodaření se srážkovou vodou na rozvojových plochách urbanizovaných území. *Regionální rozvoj mezi teorií a praxí*. 2021, 4, s. 1–15.
- [20] JUHOLA, S. Planning for a Green City: The Green Factor Tool. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2018, 34, s. 254–258.
- [21] BECKER, C. W. a kol. *Der Biotopflächenfaktor als ökologischer Kennwert. Grundlagen zur Ermittlung und Zielgrößenbestimmung*. Berlin 1990.

[22] *Climate-Proof City – The Planner's Workbook*. Helsinki: City of Helsinki Environment Centre, 2014. Dostupné z: <https://ilmastotyokalut.fi/en/>

[23] *Developing the City of Helsinki Green Factor Method. Report summary. iWater – Integrated Storm Water Management*. Interreg Central Baltic. Helsinki: City of Helsinki Environment Centre, 2016. Dostupné z: <https://www.integratedstormwater.eu>

Autoři

Ing. Luděk Bureš, Ph.D.¹

✉ buressl@fzp.czu.cz

ORCID: 0000-0002-8358-8932

Ing. Radek Roub, Ph.D.¹

✉ roub@fzp.czu.cz

ORCID: 0000-0002-6838-2047

Ing. Tomáš Hejduk, Ph.D.²

✉ hejduk.tomas@vumop.cz

ORCID: 0009-0007-8702-5911

doc. RNDr. Jan Kopp, Ph.D.³

✉ kopp@kge.zcu.cz

ORCID: 0000-0002-4768-613X

Ing. Filip Urban⁴

✉ urban@vrv.cz

ORCID: 0009-0004-9564-3638

¹Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta životního prostředí

²Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha

³Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta ekonomická

⁴Vodohospodářský rozvoj a výstavba, a. s., Praha

Příspěvek prošel lektorským řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2023.11.001

DEVELOPMENT OF THE RAINWATERMANAGER SOFTWARE TOOL

BUREŠ, L.¹; ROUB, R.¹; HEJDUK, T.²; KOPP, J.³; URBAN, F.⁴

¹Czech University of Life Sciences Prague, Faculty of Environmental Sciences

²Research Institute for Soil and Water Conservation, Prague

³University of West Bohemia, Faculty of Economics, Plzeň

⁴Water Management Development and Construction joint stock Company, Prague

Keywords: Rainwater management – climate change – ČSN 75 9010 – TNV 75 9011

Rainwater management is currently one of the frequently discussed topics in the further territorial development of cities and municipalities. The same question is also addressed in the context of climate change and its effect on already existing urban areas. Currently, the most common solution for the disposal of rainwater is its drainage using sewage systems. In connection with climate change, this concept of rainwater management is beginning to show its disadvantages. Rainwater is quickly drained away, which negatively affects the moisture conditions in the urban landscape. The consequence of this is its drying and overheating. Another disadvantage is the overloading of sewer networks during extreme rainfall events. The solution to eliminate these disadvantages can be an effort to retain the precipitation at the point of its impact. But this concept brings with it a number of questions. What measures can be used for this purpose? What are the spatial requirements for creating these measures? What is the price of their implementation? Can the local government demand the implementation of these measures by private investors? The answers to these questions are often not trivial and depend on the specific circumstances and the number of assessed criteria. Some help in this regard comes from the RainWaterManager software. This tool helps to choose appropriate measures for rainwater management, to estimate its effectiveness, spatial and economic requirements and shows the ways how their implementation can be promoted.

