

## Zadržiavanie vody v mestách – teória a praktické riešenia

Jurík, E., Pokrývková, J.: Urban Water Retention – Theoretical Aspects and Practical Measures. *Životné prostredie*, 2018, 52, 1, p. 42 – 48.

*The water cycle in nature is slowly changing through formation of towns and villages and consequent development of industrial centres and transport routes. Although cities are growing and changing, and their surface is increasingly modernised, underground sewerage networks have remained the same; old, insufficient and leaky. This contradiction troubles most cities in the world. Rainwater management is essential in urban areas, otherwise it can quickly become another form of wastewater with both organic and inorganic pollution. However, appropriate rainwater management will provide water retention for multiple water usage in towns and municipalities. Current water retention design options are discussed in this paper. Priority in designing water retention in urban areas must always be given to ground water infiltration at the point of rainwater origin. If this is impossible, rainwater should be diverted to the nearest suitable location for retention and later community use.*

*Key words: rainwater, urban areas, retention measures, sustainability*

Orografické, geologické a pedologické podmienky a tiež rastlinný kryt vytvárali prirodzené predpoklady na rozdelenie zrážok v krajine. Najväčší rozsah zmien kolobehu vody v krajine sa udial v 20. storočí, kedy okrem zmien povrchu krajiny sa zmenili aj potreby využitia vody a maximalizovala sa spotreba vody pre priemysel, obyvateľstvo, energetiku a poľnohospodárstvo (Muchová et al., 2011).

Voda v sídlach spôsobovala v minulosti problémy s rozmočením ciest a chodníkov, odplavovaním úrodnej pôdy zo záhrad, a tak ľudia začali riešiť tento problém jej odvádzaním, bezpečným a rýchlym odtokom zo zastavaných území mimo miest, obcí aj so získaným znečistením do potokov a riek (Markovič et al., 2014). Výsledkom boli suché a čisté ulice miest a obcí a odnos rôznych znečisťujúcich látok do pomerne čistých tokov, ktoré prinesené znečistenie stihli biologicky spracovať a rozložiť. Postupom času sa začala zhoršovať kvalita riek, a následne aj kvalita života v mestách. Spevnené plochy, v lete vysušené a rozpálené, prehrievali ulice a pri výdatných dažďoch odviekli rýchlo vodu z mesta, čím sa zvýšil prietok v tokoch a spôsoboval vyššie povodňové škody pod mestom.

Napriek tomu sa stratégia budovania stokových sietí s čo najrýchlejším odvodom splaškových vôd a vôd z dažďov udržala po viac ako 2 000 rokov. Až keď sa stali rieky nesmierne znečistené a neumožňovali využívať ich vody, začali sa budovať čistiarnie odpadových vôd.

S demografickým rozvojom miest sa stokové siete s pôvodnou starou koncepciou stali technicky nezvládnuteľné a najmä ekonomicky mimoriadne nákladné. Preťažené stokové siete sa stávajú vo veľkomestách brzdu ich rozvoja. Priestory miest, ktoré kedysi obývali stovky ľudí s malou spotrebou vody a produkciou odpadových

vôd, sú takmer úplne zastavané, obývajú ich alebo pracujú v nich tisíce ľudí a všetka spotrebovaná voda odtéka do stokovej siete. Mesto na povrchu sa mení, modernizuje, rozrastá. Stoková sieť pod povrchom je skoro tá istá, nedostatočná, netesná, stará. Tento rozpor trápi takmer každé mesto na svete. A tak, ako sa hľadalo riešenie pre znečistené rieky a začali sa budovať čistiarnie odpadových vôd, hľadá sa v súčasnosti nové, vhodné riešenie pre zvyšujúce sa množstvo odtokanej vody, lacnejšie, funkčné, efektívne a aj časovo nenáročné, pretože klimatické zmeny zvýšili tlak na záujem miest o vyriešenie tohto problému. Mestá sú prehriate, vzduch je suchý a trpia ľudia, zvieratá a aj stromy a iná vegetácia v meste. V prípade intenzívnych zrážok mesto nezvláda nápor vody a zalieva ulice spolu s pivnicami a inými podzemnými priestormi. V posledných tridsiatich rokoch bolo každé desaťročie teplejšie ako predchádzajúce. Vzhľadom na pretrvávajúcu a rastúcu zmenu klímy v Európe sa zvýšila frekvencia extrémnych výkyvov počasia, ako sú búrky, hurikány a povodne, ktoré striedajú mimoriadne suchá. To všetko postihuje celú krajinu, ale oveľa významnejšie mestá a obce.

Plán rozvoja miest v oblasti kanalizácií však žiadnu zmenu nepredpokladá. Naďalej sa počíta s výstavbou klasickej kanalizácie. V horizonte do roku 2030 žiadne alternatívne riešenia v pláne rozvoja kanalizácií nie sú pripravené. Je to snáď aj preto, že Slovensko vo výstavbe stokových sietí zaostáva za okolitými krajinami a pripojenie na verejnú kanalizáciu je menšie v porovnaní s okolitými krajinami.

Berieme to ako nevýhodu alebo ako výhodu? Veď práve v obciach s nedostatočnými stokovými sieťami máme možnosť prehodnotiť staré prežité schémy odve-

denia odpadových vôd a budovať siete podľa nových požiadaviek. Máme možnosť, ale potrebujeme prepracovať riešenia na nové podmienky – odvádzať len splaškové vody a hospodáriť s inými, napr. zrážkovými vodami, vodami v potokoch, riekach a i. v meste alebo obci. Tak by sme sa priblížili k stavu pred zmenou pôvodných lúk alebo polí na ulice, domy alebo obchody a školy.

Slovensko sa ako jedna z posledných krajín snaží vytvoriť riešenie, hoci len ako vzorové projekty. A tak sa tu objavujú nové pojmy – *zelené opatrenia, využitie zrážkových vôd, zadržanie zrážkových vôd v krajine* a potom *zelené strechy, modré strechy* alebo *zelené steny*.

Je to nové riešenie alebo niečo, čo si jednoducho vyžiadala neudržateľnosť klasického riešenia – voda – kanál – rieka? A ak neudržateľnosť, tak aká? Ekonomická, lebo náklady na rekonštrukcie, opravu, výstavbu a prevádzku zastaranej stokovej siete sa stávajú neúnosné? Alebo hydrologická, pretože z územia, z ktorého odtekalo 5 – 10 % zo zrážok s veľkým časovým zdržaním, odteka v súčasnosti 95 až 100 % z privalovej zrážky a takmer okamžite do rieky, kde je tiež zvýšený prietok? Alebo sociálna, pretože sa už ľudia nechcú zdržiavať v prehriatych centrách miest a odchádzajú do okrajových častí miest alebo von z mesta. Možno je to problém kvality vôd, do ktorých sa po dažďoch aj vďaka tolerancii noriem a zákonov dostávajú čerstvé splaškové odpadové vody s choroboplodnými organizmami. Sú nariadené, ale vírusy a baktérie sú privedené bezprostredne do riek, hoci s predpísaným nariadením dažďovou vodou.

Príčinou, že stále vífazi staré klasické riešenie, je nezáujem legislatívy, neriešenie problému v územných plánoch rozvoja a predovšetkým odporom investorov systematicky riešiť problém.

Nedávno sme boli požiadaní riešiť zadržanie dažďových vôd na novovznikajúcom sídlisku v jednom z väčších miest na Slovensku. Investor po výstavbe obytných domov prejavil záujem o jeho riešenie tzv. zelenými opatreniami tesne pred odovzdaním domov, v čase keď všetky vody zo striech a spevnených plôch boli zvedené do stokovej siete a voda sa nedala dostať na iné miesto ako do kanalizácie. Navyše aj pôda takmer vôbec neumožňovala infiltráciu vody, lebo zmenou terénu sa odstránila pôvodná ornica, zmenil sa smer sklonu územia a pôda bola pri výstavbe významne utlačená. Riešenie na poslednú chvíľku a v daných podmienkach by bolo len pozlátkou na betóne.

### **Teoretické aspekty hospodárenia s vodou v mestách**

Pri otázke riešenia hospodárenia s vodou v mestách a obciach sa najčastejšie hovorí o *Integrovanom manažmente vody v mestách* (IUWM), ktorý zahŕňa riadenie splaškových, priemyselných a dažďových vôd ako súvislostí v štruktúre riadenia prírodných zdrojov pri využití mestskej oblasti ako jednotky riadenia (UNEP, 2003). To možno opísať aj ako holistické riadenie všetkých druhov

vody v mestskej prostredí, aby sa minimalizoval vplyv na vodné zdroje v krajine (množstvo a kvalitu) a aby sa maximalizovala jeho využiteľnosť v meste. Takéto riešenia sú predmetom projektantov stokových sietí, ktorí sa snažia predovšetkým o bezpečné odvedenie do čistiare odpadových vôd. Lepšie hospodárenie s vodami v urbanizovaných územiach by malo byť navrhnuté tak, aby uľahčilo šetrnejšie zaobchádzanie s vodnými zdrojmi na území mesta tak, že sa zabezpečí primeraná úroveň zohľadnenia celkového vodného cyklu v každej etape plánovacieho systému.

Pojem zelená infraštruktúra si našiel miesto v dokumentoch Európskej únie, ale aj v mnohých publikáciách – vedeckých alebo odborných (European Commission, 2013). V diskusii v Európskom parlamente zaznelo objasnenie, že zelená infraštruktúra je nástroj na dosiahnutie ekologických, hospodárskych a sociálnych výhod založených na prirodzených riešeniach. Podľa niektorých štúdií sú tieto infraštruktúry výhodné z ekonomického hľadiska, sú trvácnejšie, v mnohých prípadoch napomáhajú vytvárať nové pracovné príležitosti na miestnej úrovni, niekedy môžu byť alternatívou, niekedy súčasťou tradičných riešení, môžu byť zavedené do siete prírodných a poloprírodných oblastí a ak sa strategicky plánujú s ďalšími environmentálnymi prvkami, môžu poskytnúť široké spektrum ekosystémových služieb.

Úloha zelenej infraštruktúry sa stáva nevyhnutnou a pre svoje fungovanie si vyžaduje, aby sa rozšírila na európskej, ale aj vnútroštátnej a miestnej úrovni. Je potrebné transponovať európsku stratégiu do opatrení členských štátov, stimulovať zásahy založené na využívaní prirodzených riešení, a teda na trvalo udržateľnom využívaní prírodných zdrojov. Niekoľko možností využitia zelenej infraštruktúry sa ponúka napr. v mestách pri navrhovaní a implementácii nových zelených plôch, pásov zelene, parkov, záhrad, stromov, zelených striech a stien, pri intervenciách prispôsobenia, integrácie, riadenia a rozvoja existujúcich ekologických infraštruktúr s cieľom zmierniť účinky horúčav a zlepšiť miestnu mikroklimu.

Anglická definícia zelenej infraštruktúry je uvedená v diele *Green Infrastructure Guidance* (Gale, Harries, 2009): „Zelená infraštruktúra je strategicky plánovaná a dodávaná sieť, ktorá zahŕňa najširšiu škálu kvalitných zelených plôch a iných environmentálnych prvkov. Mala by byť navrhnutá a riadená ako multifunkčný zdroj schopný poskytovať tieto ekologické služby a kvalitu života, ktoré požadujú komunity, ktorým slúžia a ktoré potrebujú na podporu udržateľnosti. Jej návrh a riadenie by malo tiež rešpektovať a posilňovať charakter a rozlišovaciu spôsobilosť oblasti s ohľadom na biotopy a typy krajiny“. Táto definícia je komplexnejšia a zrozumiteľnejšia, nie sú v nej uvedené len zelené plochy, ale aj technické prvky na udržateľnosť zelene predovšetkým hospodárením s vodou.

Zelená infraštruktúra je často zamieňaná s pojmom zeleň v meste. Medzi oboma pojmi je základný rozdiel, pretože zeleň v meste nepredstavuje multifunkčné

Tab. 1. Priemerné hodnoty obsahu látok v zrážkach na Slovensku

Ukazovateľ	Merná jednotka	Rozsah nameraných hodnôt (Jurík et al., 2015)	Rozsah nameraných hodnôt (Hlavínek a kol., 2007)
pH	–	4,3 – 5,8	–
Elektrická vodivosť	uS.cm <sup>-1</sup>	40 – 75	–
Na <sup>+</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	0,2 – 1,6	0,25
K <sup>+</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	0,03 – 0,4	0,19
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	0,5 – 3,4	0,9
Ca <sub>2</sub> <sup>+</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	1,9 – 5,5	0,37
Mg <sub>2</sub> <sup>+</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	0,1 – 0,5	0,06
Fe <sub>3</sub> <sup>+</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	0,02 – 0,4	0,17
Al <sub>3</sub> <sup>+</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	0,05 – 0,8	–
Cl <sup>-</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	0,4 – 3,7	0,31
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	2,8 – 10	2,4
F <sup>-</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	0,1 – 0,8	0,012
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	8,3 – 15,8	1,7
Zn <sup>+</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	–	0,007

chápanie, ale len tvorbu zelených plôch. Zeleň v mestách je klasické opatrenie na estetické usporiadanie verejných plôch už po stáročia. Umiestňovanie zelene v centrách miest a tepelne ohrozených častiach je len praktickým použitím zelene s potrebnou zvýšenou starostlivosťou vzhľadom na charakter miesta.

### Využitie zrážkových vôd v mestách

Využitie zrážkových vôd je jeden z najstarších spôsobov hospodárenia so zdrojmi vody v krajine. Ako príklady sú často uvádzané údaje o použití zrážkovej vody v domácnostiach alebo budovách na splachovanie záchodov, na umývanie áut alebo podláh a v poslednom rade dokonca aj na pranie (Szomorová a kol., 2013). Týmto systémom sa zrážková voda opäť premieňa na odpadové vody a potrebuje stokové systémy na odtok do čistiare odpadových vôd. V mnohých budovách sa presadilo hlavne splachovanie alebo polievanie zelene zadržanou vodou. Jej využitie však naráža práve na jej kvalitu, voda z dažďa alebo snehu patrí k zvláštnym druhom odpadových vôd, jej znečistenie býva buď organické, ale aj anorganické. Podľa pôvodu sa riadi aj jej množstvo či znečistenie. Voda je najčastejšie znečistená mechanicky z nečistôt na pevných plochách, ale aj chemicky od emisií v ovzduší (tzv. kyslé dažde). Jej odtok nasleduje prakticky bezprostredne po jej výskyte. Až po presnom stanovení kvality zrážkových vôd je možné uvažovať nad ich vhodným využitím (tab. 1).

Ďalším pojmom sú prírode blízke opatrenia na zadržanie vody (*Natural Water Retention Measures, NWRM*). Tento pojem viac súvisí s opatreniami, kto-

ré sa riešia v krajine alebo s integrovaným vodným hospodárstvom v mestách. „Prírode blízke opatrenia na zadržanie vody sú multifunkčné zariadenia, ktorých cieľom je chrániť a riadiť vodné zdroje s použitím prírodných prostriedkov alebo procesov. Ich význam je predovšetkým v krajine a na veľkých voľných plochách. V mestách je priestor základnou obmedzujúcou podmienkou. Retenčné opatrenia pre prírodnú vodu alebo prírode blízke opatrenia na zadržanie vody majú primárnu funkciu zvyšovať a/alebo obnovovať retenčnú kapacitu vodonosnej vrstvy, pôdy a vodných ekosystémov. Tieto vylepšené funkcie umožňujú dodanie viacerých služieb a výhod spoločnosti a zároveň prispievajú k dosiahnutiu cieľov škály stratégií a politík v oblasti životného prostredia“ (European Commission, 2014).

### Zadržiavanie vody v mestách

Zadržiavania vody v mestách a obciach musí byť podriadené tomu, čo sa bude následne diať s vodou. Možností, ktoré sa dnes využívajú je viacero:

- krátke zadržanie vody v podzemných alebo povrchových nádržiach a následné odvedenie do stokovej siete v zvolenom odstupe po skončení dažďa;
- dlhšie zdržanie vody v povrchových alebo podzemných priestoroch a následná pomalšia spotreba, napr. na splachovanie a pod.;
- dlhšie zdržanie vody v povrchových alebo podzemných priestoroch a následná pomalšia infiltrácia do pôdneho prostredia;
- dlhšie zdržanie vody v povrchových alebo podzemných priestoroch a následná pomalšia infiltrácia do prekoreneneho prostredia stromov alebo inej vegetácie a následná evapotranspirácia s vplyvom na teplotu a vlhkosť okolia;
- dlhšie zdržanie vody v povrchových alebo podzemných priestoroch a následná pomalšia spotreba pre potreby vegetácie pomocou závlahy alebo technického prívodu k rastlinám, ktoré sú napr. v zelených strechách alebo stenách;
- dlhšie zdržanie vody v pôdnom prostredí a následné využitie pre umelé mokradné biotopy;
- dlhšie zdržanie vody v povrchových nádržiach vytvárajúcich výpar a zvlhčovanie okolitého prostredia;
- iné možnosti a kombinácie na zdržanie.

Druhou otázkou je, kde sa dá voda zadržať, aby sa dala efektívne využiť. V zásade čo najbližšie k miestu jej vzniku, teda vody zo striech na strechách a vody z úrovne terénu na teréne alebo čo najbližšie k povrchu. Inak sa na jej využitie následne spotrebuje dodatočná energia, napr. na čerpanie.

Samotný spôsob zadržania vody musí byť spojený s jej použitím. Zadržanú vodu s otvorenou hladinou následne ovplyvňuje slnečné žiarenie, čo vedie k jej otepľovaniu a predovšetkým k nárastu rias alebo nálevníkov a iných organizmov, čo zhoršuje kvalitu vody. Voda sa musí pred použitím upravovať minimálne filtráciou ale-

bo inými energeticky alebo materiálovo náročnejšími spôsobmi.

Zadržať vodu v uzatvorených priestoroch pod povrchom terénu je v prvom rade finančne nákladnejšie, ale so stabilnejšou teplotou a často bez prístupu slnečného žiarenia, čím sa odstraňuje jej oživenie riasami a inými organizmami, a tak sú jej vlastnosti dobré na ďalšie použitie (Zeleňáková, Hudáková, 2014).

Na určenie množstva vody, ktorá sa má zadržať a na ako dlho, treba poznať výskyt zrážok v riešenej lokalite. Tu sa musí vykonať dôkladný prieskum podkladov, dostupných predovšetkým z meraní Slovenského hydrometeorologického ústavu (SHMÚ), ale aj z iných internetových zdrojov, zvyčajne informujúcich o vývoji počasia. Pre niektoré merané miesta poskytujú aj dlhšie rady kvalitných údajov. Množstvo zadržanej vody rieši revidovaná norma STN 75 6101 Stokové siete a kanalizačné prípojky (2016). V prílohe k norme sa uvádzajú vybrané miesta na Slovensku s tzv. návrhovými intenzitami zrážok.

Hodnotenie lokality sa zakladá na čo najhlbšom poznaní podmienok v území, súvisiacich so zrážkami – množstva a ich kvality, teploty a iných klimatických podmienok (vlhkosti vzduchu, veterných pomerov, radiácie a oblačnosti a pod.), povrchu územia (vlastníctva pozemkov a plánu využitia územia, pôdy, ktorá môže byť priestorom na infiltráciu a podmienok na využitie zadržanej vody). Doplnkové údaje, ako údaje o chránených územiach, požiadavkách na ochranné pásma alebo údaje o možnej kontaminácii konštrukcií alebo pôdneho prostredia v minulosti pri využívaní územia, nás môžu ochrániť pred problematickým návrhom. To je dôležité napr. pri revitalizácii bývalých priestorov závodov, parkovísk, skládok alebo železničných staníc, vlečiek a pod. Infiltráciou zvýšeného množstva vody by sme mohli ohroziť povrchové alebo podzemné vody alebo zdravie ľudí a iných organizmov.

### Zelené a modré strechy

Konštrukcia zelených a modrých striech je takmer rovnaká. Vytvárajú priestor na zadržanie a zdržanie dažďovej vody na strechách najrozličnejších typov budov v substráte



Obr. 1. Moderná zelená strecha kombinovaná s fotovoltaikou (Stuttgart, Nemecko, 2016). Foto: Ľuboš Jurík



Obr. 2. Zelené stena so zakorenenými rastlinami, ktoré prijímajú vodu na stene (Hamburg, Nemecko, 2015). Foto: Ľuboš Jurík

a mikroretenčných priestoroch podkladového materiálu. Základný rozdiel je predovšetkým v ich povrchu s rastlinstvom alebo bez rastlín. Ich konštrukcia je pre územie Slovenska rozdielna v závislosti od ročného úhrnu zrážok. Južnejšia časť Slovenska má ročný úhrn zrážok menší ako je potenciálna evapotranspirácia, a tak je vhodné zadržať takmer všetku spadnutú vodu, a tá sa vyparí alebo transpiruje rôznymi typmi vegetácie. Pre zelené strechy môžeme dokonca uvažovať o doplnení vody z retencie na povrchu územia.

Stredná časť Slovenska má ročný úhrn zrážok porovnateľný s evapotranspiráciou a aj tu sa dá hovoriť predovšetkým o zadržaní maximálneho množstva vody zo zrážok, ktoré sa počas roka vyparí. Obe územia môžeme z pohľadu zelených alebo modrých striech označiť ako prevažne retenčné.

Severné časti Slovenska majú omnoho vyšší ročný úhrn zrážok, ako je evapotranspirácia, a preto by tu zelené strechy potrebovali väčšie hrúbky substrátu a treba počítať s prebytkom a odtokom časti vody. Túto vodu môžeme využiť na zelené steny alebo na iné opatrenia na povrchu pôdy.

V praxi sa pre zelené strechy podľa druhu vegetácie používa označenie extenzívne a intenzívne (obr. 1). Rozdiel je predovšetkým v druhu a hrúbke použitého substrátu a tiež v druhoch a výške použitých rastlín. Na extenzívne strechy sa používa široká farebná a veľkostná škála rozchodníkov (*Sedum*). Ich kombinácia môže priniesť zaujímavé efekty a takmer bezúdržbovú starostlivosť počas celého roka. Na intenzívne strechy sa navrhujú takmer všetky druhy, ktoré sú v danej oblasti bežné, ale najčastejšie pomaly rastúce formy a druhy z dôvodu potrebnej údržby a zachovania stavu a hmotnosti vegetácie počas niekoľkých rokov. Môžu to byť byliny, kríky, ale aj nízko rastúce stromy.

Na zelené strechy sa aplikujú takmer výhradne umelé substráty s mernou hmotnosťou omnoho menšou ako pri klasických pôdach a s vysokou nasiakavosťou a vzlianosťou vody.

### Zeleň na stenách budov

Dobрым miestom na využitie prebytočnej vody zo strechy môže byť zelená stena alebo vegetácia na stene. Zelená stena obsahuje rastliny, ktoré korenia a prijímajú vodu na stene objektu. Vegetácia na stene korení na úrovni terénu a pomocou konštrukcií alebo aj bez opory pokrýva plochu steny. Možno použiť aj ich kombináciu (obr. 2).

Časť steny má rastliny umiestnené v substráte na opore a časť využíva vodu pretečenú zo strechy do záchytného priestoru v strede steny.

Voda odtekajúca zo striech môže tiež zásobovať rastliny koreniace v pôvodnom teréne a vytvárajúce ochrannú clonu pre konštrukciu budovy. Sú to tradičné spôsoby, ktoré sa používajú na budovách asi najdlhšie, a správny prívod vody naakumulovanej na streche môže veľmi vhodne podporiť rast rastlín s desiatkami metrov štvorcových listovej plochy a veľkou potrebou vody na evapotranspiráciu.

Klasická zelená stena má vytvorenú konštrukciu, ktorá zabezpečuje oporu pre mimoriadne rozsiahlu plochu listov vyparujúcich vodu. Substrát, v ktorom rastliny korenia, by mal mať neustále, aj v najhorúcejších dňoch dostatočnú vlhkosť na dodávanie vody rastlinám. Typy konštrukcií sú rôzne – od natiahnutých lán cez stabilné

drevené konštrukcie až po moderné konštrukcie z ľahkých kovov.

### Zadržiavanie vody na povrchu územia

Iné miesto na zadržanie zrážkových vôd je povrch územia. Na streche sa zadržiava voda len z danej strechy a ide o jednoducho vypočítateľný objem vody. Na povrchovú retenciu jestvuje miesto, kde sa voda zachytáva, a územie, z ktorého tam voda priteká. Preto je určovanie zachytenej vody odlišné, vytvorí sa množstvo návrhových hydrologických riešení a aj technických dokumentov na ich riešenie. Žiaľ, na Slovensku opäť záväzný dokument pre projektantov alebo na ich realizáciu nemáme. V Českej republike ich je niekoľko, a preto sa projektanti dôsledne riadia ich odporučeniami.

Riešenie komplexného systému zadržiavania vody na povrchu územia sa skladá z niekoľkých prvkov, ktoré sa navrhujú oddelene, ale pre ich funkciu je potrebná ich vzájomná previazanosť. Na riešenie potrebujeme navrhnúť alebo poznať:

- klimatické podmienky – zrážky, teplotu, dĺžku obdobia bez zrážok, hodnoty výparu z vodnej hladiny, vlhkosti ovzdušia, radiácie a pod.;
- hydropedologické podmienky a úroveň hladiny podzemnej vody;
- konfiguráciu riešenej plochy – plochu, povrch, sklon, prekážky v odtoku, vlastníctvo pozemkov a pod.;
- zámer na hospodárenie so zadržanou vodou;
- využívanie okolia – obytná zóna, priemyselná zóna, nákupné centrum a pod.;
- ochranné územia a podmienky realizácie – podzemné vedenia, chránené územia a pod.;
- potrebu ochrany vegetácie, živočíchov, historických pamiatok, budov alebo inej infraštruktúry mesta či obce.

Až potom je možné prikrčiť k výberu vhodného opatrenia. V českých technických dokumentoch nájdeme aj príklady na riešenie konkrétneho prvku, nie však ich komplexu. Pri riešení nesmieme predovšetkým zabudnúť, že všetky klimatické údaje sú orientačné a že vždy môžu byť extrémnejšie, s dlhším obdobím sucha alebo intenzívnejšími zrážkami a pod. Preto sa najmä z hľadiska prítoku a zadržaného objemu vody musí prihliadnuť na bezpečnostné opatrenia – poznať, čo sa udeje, ak sa zvýši prítok vody, a riešiť preliatie alebo zatopenie riešeného prvku na retenciu vody (obr. 3).

Z hľadiska ochrany obyvateľstva sa dnes používa najmä retencia vody v priestoroch naplnených štrkom, kamenivom alebo zadržanie v podzemných retenčných priestoroch z už uvedených dôvodov teploty vody a možnosti jej znečistenia, ale aj z dôvodu bezpečnosti ľudí, predovšetkým detí pri povrchových nádržkách, ďalej z dôvodu možnosti rozmnoženia rôznych druhov hmyzu, napr. komárov. Dnes sa stávajú zaujímavými aj umelé mokradné systémy, pretože ich konštrukcia často

zlepšuje kvalitu zadržanej vody, ktorá sa najčastejšie premieňa na infiltráciu alebo výpar (obr. 4). Mokradné rastliny ponúkajú rôznorodosť tvarov, farieb a veľkostí rastlín. Pri riešení zachytávania zrážkových vôd treba vytvoriť ochranu pred zanášaním vtokových a iných funkčných častí odpadom, lísťm a pod.

Pri veľkých zrážkach nedokáže väčšina navrhnutých riešení zadržať všetku vodu, a časť vody sa preto musí zaustiť do kanalizácie alebo sa vytvoria retenčné zariadenia – nádrže, v ktorých sa voda naakumuluje a použije sa neskôr v bezzrážkovom období na zavlažovanie zelene. Nádrže by mali zabezpečiť udržanie kvality vody tak, aby sa dala bez problémov čerpať a rozvádzať v území. Pri dlhšom skladovaní vody sa v nej môžu rozmnožovať riasy. Preto v nich treba vytvoriť čistiace zóny s vodnými rastlinami, ktoré spotrebujú prinesené živiny a vytvoria čiastočné zatienenie voľnej vodnej hladiny. Takéto riešenie by malo dopĺňať architektúru územia a vytvoriť pohodu ľuďom, ktorí tu trávia voľný čas. Bez zadržania vody v nádržiach treba na udržateľnosť rastlín vo vytvorených retenčných a infiltrračných priestoroch nájsť závlahu vodou z iných ako lokálnych zdrojov, čo je vždy horšie ekonomické, ale najmä ekologické riešenie.

### Priepustné povrchy územia

Voda spadnutá na komunikácie je často urýchlene odvádzaná do stokovej siete. Spôsobuje preťaženie stokovej siete, vytvára požiadavky na veľký objem nádrží v čistiarni odpadových vôd a odvádza sa bez nožnej infiltrácie a doplnenia zásob pôdnej a podzemnej vody v území. Po zrážkach sa dostane do koreňovej vrstvy zelene v území len minimálne množstvo vody. Náprava tohto problému je často jednoduchá, zriadi sa závlaha. Na závlahu však tiež treba zdroj vody a ten sa tvorí buď niekde ďaleko, odtokom v potokoch alebo riekach, alebo sa použije dokonca podzemná voda, ktorá sa takmer neobnovuje. Stabilita a udržateľnosť lokálnych vodných zdrojov sa iba zhoršuje. Preto treba vode z komunikácií, chodníkov alebo iných spevnených plôch umožniť infiltráciu polovegetačnými prvkami s dostatočnou únosnosťou, ale vysokou vsakovacou možnosťou,



Obr. 3. Komunikácia v obytnej zóne s vyriešeným systémom pre zrážkové vody (Lyon, Francúzsko, 2016). Foto: Ľuboš Jurík



Obr. 4. Zásadným a základným prvkom na zadržiavanie vody v meste sú vodné nádrže (Paríž, Francúzsko, 2016). Foto: Ľuboš Jurík

alebo ju vhodne odvieť na miesta, ktoré vodu dočasne zadržia a následne infiltrujú. Ak je toto miesto s vhodnou vegetáciou, ktorá znesie striedavé sucha a krátkodobé zaplavenie, potom sa časť vody aj evapotranspiruje. Pri riešení územia je však potrebné s takýmito opatreniami počítať pri rozdeľovaní priestoru. Aj tu pri návrhu treba udržať bezpečnosť budov aj ľudí a pri nadmernej zrážke sa nesmie zabudnúť na možnosť odvedenia vody do ka-

nalizácie alebo do toku. Vtokové miesta sú však navrhnuté tak, aby sa voda začala odvádzať naozaj až po výskyt mimoriadne vysokého úhrnu zrážok, teda vyššieho ako návrhová zrážka. Pri návrhu zadržania vody v území miest je vhodné vytvoriť vždy prednostne podmienky na vsiaknutie vody v mieste vzniku a iba v prípade, že sa to nedá, na jej odvedenie na najbližšie vhodné miesto jej zadržania alebo využitia. A tu by mala byť uprednostnená prirodzená lokálna obnova kolobehu vody vsakovaním pred využitím zadržanej vody.

### Komplexné riešenia zadržovania a hospodárenia s vodou

V praxi sa stretávame skôr so vzorovými riešeniami pre isté formy zadržovania vody. Ak však chceme riešiť ich úlohu – elimináciu zmien v prirodzenom kolobehu vody v krajine, spôsobených zastavaním alebo využívaním územia – mali by sme vytvoriť komplex následných opatrení pre všetky druhy vôd v meste. Do terajšieho prístupu by sme mali zaradiť aj odpadové vody a pokúsiť sa vytvoriť miesta na bývanie alebo prácu, kde sa riešia všetky druhy vôd spoločne, nie oddelene. Spojením riešenia zrážkových a odpadových vôd sa dosiahne udržateľnosť riešenia územia a aj snaha o ekologický prístup. Zaujímavým príkladom je obytný dom vo vzorovej zástavbe na okraji Hamburgu, kde sa do komplexného riešenia dostalo aj netradičné lokálne riešenie odpadových vôd. Sklenenú fasádu budovy tvorí široké dvojsklo, do ktorého sa dostáva odpadová voda a kolónie špeciálnych rias premieňajú znečistenie na svoj olejnatý obsah. Ten sa dá použiť podobne ako bionafta na rýchlu výrobu energie. Okolité územie a strecha slúžia na zber dažďových vôd a odtok z územia je minimalizovaný v množstve aj v produkcii znečistenia.

\* \* \*

Lokálne riešenia sú pre budúcnosť veľmi dôležité. Akýkoľvek transport vody je neekonomický a neekologický. A to je podstata lokálnych riešení pre udržateľné hospodárenie s vodou v zastavaných územiach. Rozvoj miest je nevyhnutný aj v budúcnosti. Koncentrácia ľudí a výrobných činností a služieb do miest vedie k zvýšeným nárokom na zdroje vody a následne k čoraz väčšiemu produkovaniu odpadových vôd s množstvom nových a zatiaľ nesledovaných látok. Významný objem majú odtekané zrážkové vody, ktorých produkcia z mestského prostredia oproti pôvodnej krajine je až desaťnásobná. Prístup k ich riešeniu je zachytiť a využiť ich v mieste ich vzniku alebo v tesnej blízkosti. Dnes prevláda ich odvádzanie na vzdialenosti niekoľkých kilometrov. Zahusťovaním priestoru v mestách výškovou výstavbou sa stali dnešné stokové siete vystavané pred desiatkami rokov kapacitne preťažené a na to, aby sa dali odvádzať odpadové vody, treba vyriešiť zrážkové vody. Preto sa

celosvetovo popularizujú nové prístupy k ich riešeniu, výborné príklady sú publikované o mestách ako New York, Londýn, Paríž, Amsterdam atď. Klimatické zmeny, horúčavy v mestách a nedostatok vody tieto riešenia urýchľujú. Na Slovensku sa začínajú objavovať prehriate a vysušené centrá miest po tom, čo sa stali vydláždenými bez akéhokoľvek opatrenia proti horúčave alebo na zadržanie vody. Preto sa objavujú aj riešenia na zadržanie vody, ale na úplne iných miestach, ako sú námestia, pešie zóny a nákupné strediská. Ich vplyv je zatiaľ viac morálny ako komplexný. Ich rozširovanie je dôležité, aby sa postupne odstraňovali chyby, ktoré sú bežné pri nových riešeniach.

*Článok vznikol s podporou Agentúry na podporu výskumu a vývoja na projekt APVV-16-0278 Využitie hydromelioračných stavieb na zmiernenie negatívnych účinkov extrémnych hydrologických javov vplývajúcich na kvalitu vodných útvarov v poľnohospodárskej krajine.*

### Literatúra

- European Commission: Building a Green Infrastructure for Europe. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2013, 24 p. DOI: 10.2779/54125
- European Commission: EU Policy Document on Natural Water Retention Measures. By the Drafting Team of the WFD CIS Working Group Programme of Measures (WG PoM). Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2014, 12 p. DOI:10.2779/227173
- Gale, A., Harries, S.: Green Infrastructure Guidance. Natural England, Catalogue Code: NE176, 2009, 98 p.
- Hlavínek, P., Prax, P., Kubík, J.: Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území. Brno: Ardec, 2007, 164 s.
- Jurík, L., Kaletová, T., Húska, D., Brandli, L.: Limits for Green Growth are Blue. In: Mura, L., Bumbalová, M., Gubaňová, M. (eds.): Sustainability of Rural Areas in Practice. Nitra: Slovak University of Agriculture in Nitra, 2015, p. 407 – 415.
- Markovič, G., Zeleňáková, M., Káposztásová, D., Hudáková, G.: Rainwater Infiltration in the Urban Areas. In: Passerini, G., Brebbia, C. A. (eds.): Environmental Impact 2. Southampton: WIT Press, 2014, p. 313 – 320.
- Muchová, Z., Šinka, K., Konc, L.: Recommended Procedures for Addressing Water Management Measures in a Land Consolidation Project. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 2011, 561, p. 129 – 140.
- Szomorová, L., Halaj, P., Čimo, J.: Analýza zrážkových zmien v lokalite Nitra. In: Lackóová, L. (ed.): Veda mladých 2013. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2013, s. 285 – 294.
- UNEP: Integrated Urban Water Management. Stockholm: United Nations Environment Programme, 2003, 11 p.
- Zeleňáková, M., Hudáková, G.: The Concept of Rainwater Management in Area of Košice Region. Procedia Engineering, 2014, 89, p. 1529 – 1536. DOI: 10.1016/j.proeng.2014.11.448

**doc. Ing. Ľuboš Jurík, PhD.,** [lubos.jurik.nr@gmail.com](mailto:lubos.jurik.nr@gmail.com)  
**Ing. Jozefína Pokryvková, PhD.,** [j.pokryvkova@gmail.com](mailto:j.pokryvkova@gmail.com)  
**Katedra krajinného inžinierstva Fakulty záhradníctva a krajinného inžinierstva Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre, Hospodárska 7, 949 76 Nitra**