

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Hospodaření s dešťovými a šedými vodami

Vedoucí práce: Ing. Marcela Synáčková, CSc.

Bakalant: Miroslav Macháček

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Miroslav Macháček

Územní technická a správní služba v životním prostředí

Název práce

Hospodaření s dešťovými a šedými vodami

Název anglicky

Management of rain water and gray water

Cíle práce

Cílem práce je popsat možnosti hospodaření s dešťovými a šedými vodami.

Metodika

Zásady pro zpracování:

1. Úvod
2. Cíle práce
3. Literární rešerše
4. Výsledné zhodnocení
5. Diskuze
6. Závěr a přínos práce
7. Použité zdroje
8. Přílohy

Doporučený rozsah práce

30 stran a přílohy

Klíčová slova

dešťové vody, šedé vody

Doporučené zdroje informací

- BALLARD, B. W., WILSON, S., UDALE-CLARKE, H., ILLMAN, S., SCOTT, T., ASHLEY, R., KELLAGHER, R., 2015: The SuDS Manual
- BAVORSKÝ ZEMSKÝ ÚŘAD PRO ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ, 2006: Přírodě blízké odvodnění dopravních ploch v sídlech. Bavorský zemský úřad pro životní prostředí, Mnichov: 40 s.
- GEIGER W., DREISEITL H., 2001: Neue Wege für das Regenwasser, 2. Auflage – München: Oldenburg, 300 s.
- HLAVÍNEK P., PRAX P., SKLENÁŘOVÁ T., DVOŘÁKOVÁ D., POLÁŠKOVÁ K., KUBÍK J., HLUŠTÍK P. a BERÁNEK J., 2007: Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území. Ardec s.r.o., Brno: 164 s.
- KREJČÍ V., GUJER W., 2002: Odvodnění urbanizovaných území – koncepční přístup. Noel 2000, Brno: 562 s.
- Legislativní podklady a normy
- MACHÁČ, J., DUBOVÁ, L., LOUDA, J., HEKRLE, M., ZAŇKOVÁ, L., BRABEC, J., 2019: Metodika pro ekonomické hodnocení zelené a modré infrastruktury v lidských sídlech. Institut pro ekonomickou a ekologickou politiku, Ústí nad Labem: 67 s.
- NOVAK, C.A., GIESEN, V. E., DEBUSK, K. M., 2014: Designing Rainwater Harvesting Systems: Integrating Rainwater into Building Systems. Hoboken. Wiley. 312 p.
- SIEKER F., KAISER M., SIEKER H., 2006: Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung im privaten, gewerblichen und kommunalen Bereich. Fraunhofer IRB Verlag: 236 s.
- SÝKOROVÁ, M., TOMÁNEK, P., ŠUŠLÍKOVÁ, L., STAŇKOVÁ, N., HABALOVÁ, M., ČTVERÁK, M., a kol., MACHÁČ, J., HEKRLE, M., a kol., 2021: Voda ve městě. Metodika pro hospodaření s dešťovou vodou ve vazbě na zelenou infrastrukturu. Typos, tiskařské závody, s.r.o., Plzeň: 204 s.

Předběžný termín obhajoby

2024/25 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Marcela Synáčková, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 26. 11. 2024

prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 26. 11. 2024

prof. RNDr. Michael Komárek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 02. 02. 2025

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Hospodaření s dešťovými a šedými vodami, vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou, že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze, dne 31.3.2025

.....

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych touto cestou poděkoval paní Ing. Marcele Synáčkové, CSc. za vedení mé bakalářské práce, za její cenné rady a připomínky a rovněž za trpělivost a čas, který mi tímto věnovala.

Rád bych také poděkoval panu Ing. Jiřímu Šestákovi za informace a poznatky o hospodaření s dešťovou vodou ve Škoda Auto, a. s. a panu Čermákovi, technikovi budovy Drn, za ukázkou technologie budovy.

V neposlední řadě bych rád poděkoval své rodině za trpělivost, kterou projevovali po celou dobu mého studia.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou hospodaření s dešťovými a šedými vodami v urbanizovaném prostředí, přičemž klade důraz na implementaci udržitelných opatření v rámci modro-zelené infrastruktury. Hlavním cílem práce je analyzovat současné přístupy k zadržování, využívání a regulaci srážkových vod s ohledem na jejich environmentální, technické a legislativní aspekty. Práce se opírá o rešerši odborné literatury, legislativních dokumentů a případových studií s cílem identifikovat klíčové faktory ovlivňující efektivitu hospodaření s dešťovou a šedou vodou.

Metodologicky je výzkum založen na kombinaci analytické a komparativní metody, přičemž jsou zkoumány dostupné technologie pro akumulaci a zpětné využití srážkových vod, jejich ekonomická efektivita a možnosti integrace do městských vodohospodářských systémů. Zvláštní pozornost je věnována inovativním řešením, jako jsou vegetační střechy, propustné povrchy a retenční nádrže, které přispívají ke zmírnění negativních dopadů klimatických změn.

Výsledky práce ukazují, že udržitelné hospodaření s dešťovou a šedou vodou přináší nejen ekologické přínosy, jako je snížení povodňových rizik a podpora lokálního vodního cyklu, ale i ekonomické a sociální benefity v podobě snížení nákladů na odvodnění a zvýšení kvality života ve městech. Práce zdůrazňuje nutnost širší implementace těchto opatření a potřebu systémového přístupu v plánování městské infrastruktury, přičemž doporučuje další rozvoj výzkumu v oblasti optimalizace hospodaření s vodními zdroji.

Klíčová slova:

hospodaření s dešťovou vodou, šedé vody, modro-zelená infrastruktura, retenční systémy, urbanizované prostředí, udržitelnost, klimatická adaptace

Abstract

This bachelor's thesis addresses the issue of stormwater and greywater management in urban environments, emphasizing the implementation of sustainable measures within the framework of blue-green infrastructure. The primary objective of the study is to analyze current approaches to the retention, utilization, and regulation of stormwater, considering its environmental, technical, and legislative aspects. The research is based on a review of scientific literature, legislative documents, and case studies to identify key factors influencing the efficiency of stormwater and greywater management.

Methodologically, the research is founded on a combination of analytical and comparative methods, examining available technologies for stormwater accumulation and reuse, their economic efficiency, and their potential integration into urban water management systems. Special attention is given to innovative solutions such as green roofs, permeable surfaces, and retention reservoirs, which contribute to mitigating the negative impacts of climate change.

The study's findings demonstrate that sustainable stormwater and greywater management not only offers ecological benefits, such as flood risk reduction and support for local water cycles, but also economic and social advantages, including reduced drainage costs and improved urban quality of life. The thesis highlights the necessity of a broader implementation of these measures and the importance of a systematic approach to urban infrastructure planning while recommending further research in optimizing water resource management.

Keywords:

rainwater management, greywater, blue-green infrastructure, retention systems, urban environment, sustainability, climate adaptation.

Obsah

1	ÚVOD	1
2	CÍLE PRÁCE	2
3	LITERÁRNÍ REŠERŠE	3
3.1	HISTORIE	3
3.2	CHARAKTERISTIKA HDV.....	5
3.3	VLIV HDV NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ	7
3.4	LEGISLATIVA	10
3.5	EKONOMICKÝ POHLED.....	13
4	MOŽNOSTI HOSPODAŘENÍ S DEŠŤOVÝMI VODAMI	16
4.1	PODMÍNKY VSAKOVÁNÍ	18
4.2	PLOŠNÉ VSAKOVÁNÍ	19
4.3	POVRCHOVÉ RETENČNÍ OBJEKTY.....	22
4.4	PODZEMNÍ RETENČNÍ OBJEKTY	25
4.5	ZELENÁ INFRASTRUKTURA	27
4.6	MODRO-ZELENÁ INFRASTRUKTURA.....	29
5	ŠEDÉ VODY	30
5.1	VYUŽÍVÁNÍ ODPADNÍCH VOD	31
5.2	LEGISLATIVNÍ RÁMEC	33
6	PŘÍKLADY PROJEKTŮ	35
6.1	RETENČNÍ NÁDRŽE VE VÝROBNÍM AREÁLU ŠKODA AUTO, A.S.	35
6.2	ZELENÉ STŘECHY – BUDOVA DRN	37
6.3	SUDS – QUEEN CAROLINE ESTATE	38
7	VÝSLEDNÉ ZHODNOCENÍ	40
8	DISKUSE	41
9	ZÁVĚR A PŘÍNOS PRÁCE	44
10	PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ	45
10.1	POUŽITÁ LITERATURA	45
10.1.1	Knihy.....	45
10.1.2	Časopisy.....	45
10.1.3	Internetové zdroje	46
10.1.4	Legislativní zdroje	48
10.1.5	Ostatní.....	48

10.2	SEZNAM OBRÁZKŮ	48
10.3	SEZNAM TABULEK	49
10.4	SEZNAM GRAFŮ	49
11	PŘÍLOHY	50

1 Úvod

Voda je jedním z nejdůležitějších přírodních zdrojů a její efektivní hospodaření je zásadní pro udržitelný rozvoj a kvalitu života. S rostoucí urbanizací, vlivem klimatických změn a rostoucímu tlaku na vodní zdroje však dochází k narušení přirozeného hydrologického cyklu. V městských oblastech dochází ke snížení schopnosti vsakování vody, nárůstu povrchového odtoku a znečištění vodních zdrojů. To vede k častějším extrémním hydrologickým událostem, jako jsou povodně a sucha. V této souvislosti se stává hospodaření s dešťovou a šedou vodou klíčovou strategií udržitelného rozvoje vyžadující implementaci inovativních přístupů.

Historie ukazuje, že snaha o efektivní využití vodních zdrojů provází lidskou civilizaci od jejích počátků. Již v raných městech Mezopotámie, jako byly Habuba Kebira nebo Mari, byly budovány první odvodňovací systémy. Ty zahrnovaly hliněné trubky, kryté žlaby a retenční nádrže, které odváděly dešťovou i odpadní vodu mimo městské hradby. Podobné technologie byly využívány i na Krétě v paláci Knossos, kde byl odvod vody zajištěn pomocí terakotových potrubí, šachet a sběrných nádrží. Tyto systémy nejen přispívaly k hygieně, ale také sloužily jako základ pro vývoj moderních přístupů k nakládání s vodou.

Inspirace historickými systémy je patrná i v současnosti. Moderní technologie, jako terciární čištění, membránové filtrace nebo systémy zadržování dešťové vody, staví na principech odvádění, čištění a opětovného využití vody. Například recyklace vody se dnes uplatňuje nejen v zemědělství, ale také v průmyslu a komunálních službách. Příkladem je projekt pivovaru ERKO (Příloha č. 4), kde byla voda z odpadních zdrojů upravena na úroveň pitné kvality pomocí pokročilých technologií.

V současné době je stále větší důraz kladen na opětovné využívání šedých vod, což umožňuje snižovat spotřebu pitné vody. Tyto vody mohou být využity například k zavlažování zeleně nebo splachování toalet, což přispívá k ochraně vodních zdrojů i k udržitelnosti městského prostředí.

Cílem této práce je analyzovat problematiku hospodaření s dešťovou a šedou vodou jako komplexní celek. Práce zahrnuje legislativní rámce, technologická řešení, ekonomické aspekty a environmentální přínosy, přičemž klade důraz na praktické aplikace a inovace, které reagují na současné výzvy spojené s klimatickými změnami a urbanizací.

2 Cíle práce

Tato bakalářská práce má za cíl analyzovat problematiku hospodaření s dešťovou vodou (HDV) a šedou vodou v kontextu současných environmentálních, legislativních a technologických výzev jako komplexní celek. Práce se zaměřuje na identifikaci a hodnocení efektivních řešení pro využití těchto vodních zdrojů v urbanizovaných oblastech s důrazem na jejich udržitelnost a přínos pro životní prostředí. Práce se zaměří na legislativní rámec, použité technologie a materiály, ekonomické aspekty, ekologické dopady, praktické aplikace, technologická srovnání, inovace a vývoj v této oblasti. Jednotlivé oblasti představují:

1. Historická analýza:

Zmapovat historický vývoj systémů hospodaření s vodou.

2. Současná legislativa a její dopad:

Představit legislativní rámce ČR a EU, které se vztahují k hospodaření s dešťovou a šedou vodou.

3. Technologické přístupy:

Analyzovat dostupné technologie pro nakládání s dešťovou a šedou vodou, včetně jejich výhod, nevýhod a vhodnosti pro různá městská prostředí.

Představit praktické příklady využití těchto technologií v České republice i zahraničí.

4. Ekonomická analýza:

Posoudit ekonomické přínosy implementace opatření pro hospodaření s dešťovou a šedou vodou, včetně úspor pitné vody a snížení provozních nákladů.

5. Environmentální a společenské dopady:

Zhodnotit environmentální přínosy opatření, zejména v souvislosti s ochranou vodních zdrojů, zlepšením mikroklimatu a podporou biodiverzity.

3 Literární rešerše

3.1 Historie

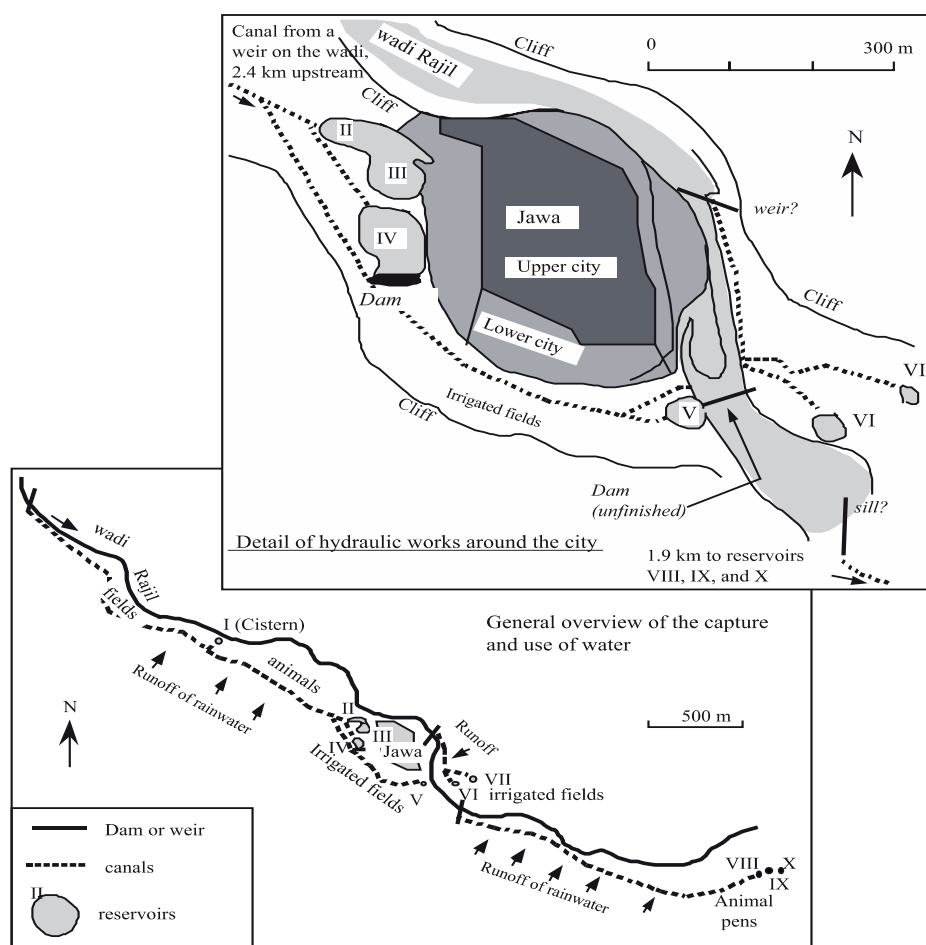
Historické doklady využívání systémů zadržování dešťové vody (HDV) pocházejí zejména z aridních oblastí. Nejstarší nálezy, datované do období přibližně před 9000 lety, byly objeveny v Beidha (Jordánsko). Podobné archeologické důkazy se našly v Negevské poušti (Izrael), kde průměrné roční srážky nepřesahují 100 mm. Zde se už kolem roku 2000 př. n. l. uplatňovaly zemědělské metody založené na směřování povrchového odtoku do prohlubní a zavlažování polí. V letech 850–600 př. n. l. se pak rozvíjely komplikovanější sítě kanálů, které přiváděly srážkovou vodu do cisteren. Během nabatejsko-byzantského období (100–700 n. l.) zajišťovalo zachycování dešťové vody zavlažování rozlohy až 4000 ha pro pěstování pšenice, ječmene, vinné révy, oliv či datlí. V Jemenu byly objeveny komplexní HDV systémy z doby 750 př. n. l., z nichž některé slouží dodnes. Další historické doklady o využívání srážkové vody pocházejí z Egypta, Alžírsko, Tuniska, oblastí Sahelu, Indie, Číny, Turkmenistánu i Severní a Jižní Ameriky (Nachshon et al. 2016).

Význam hospodaření s vodou dokládají i starověké texty z Mezopotámie. Podle Violleta (2007) pochází jeden z nejstarších pramenů z Uru (cca 3300 př. n. l.), v němž se kromě mytologických příběhů a popisu prvních měst (Eridu, Bad Tibira, Larak, Sippar a Šuruppak) zdůrazňuje nutnost údržby hydraulických systémů a „čištění malých příkopů“. Zásadní je také příklad města Jawa, datovaného do poloviny či konce 4. tisíciletí př. n. l., kde podle odhadů žilo 2000 až 3000 obyvatel. Ti vytvořili sofistikovaný systém shromažďování vody ze zimních a jarních dešťů i ze sezónních povodní vádí Rajil, jež se obvykle vyskytovaly v listopadu a květnu. Hydrologické studie uvádějí, že takto kombinované zdroje vody dokázaly zabezpečit spotřebu 3000–5000 lidí a jejich dobytka po celý rok. Dochované záznamy dokonce naznačují, že obyvatelé Jawy zvyšovali přehradu na výšku 5,5 m a budovali dodatečné nádrže podél toku vádí Rajil.

Zvláštní pozornost si zaslouží i odvodňovací systémy a cisterny rozvíjené ve starověku a raném středověku. Hlavínek et al. (2007) upozorňují, že v Babylonu (kolem 3000 př. n. l.) se pro vsakování dešťové i odpadní vody využívaly hluboké šachty. V římských městech se ulice dláždily kamennými kvádry propouštějícími vodu a často doplňovanými kanalizační sítí. Římská atria zahrnovala otevřené nádrže pro zachytávání srážek, přičemž dešťová voda byla uskladňována v podzemních cisternách kvůli ochraně a udržení nízké teploty. V Pergamonu archeologové

zdokumentovali 80 cisteren vytesaných do skály, jejichž objem se pohyboval mezi 10 a 130 m³, zatímco na Masadě se dochovalo přibližně 100 cisteren s kapacitou kolem 1000 m³. Za největší známou nádrž z téže doby je považována tzv. „katedrála pod vodou“ v Konstantinopoli s objemem asi 80 000 m³. Po pádu římské říše se budovaly veřejné i soukromé systémy zásobování vodou, přičemž v Benátkách se do 19. století využívalo více než 4500 cisteren dešťové vody. Dnešní Berbeři v Tunisu stále používají obdobné rezervoáry o objemu několika tisíc litrů pro potřeby jednotlivých rodin (Hlavínek et al. 2007).

Z výše uvedených příkladů je zřejmé, že systémy zadržování a využívání dešťové vody mají dlouhou tradici ve většině světových suchých i polosuchých oblastí. Tyto historické poznatky ilustrují nejen schopnost starověkých civilizací přizpůsobit se extrémním přírodním podmínkám, ale i důležitost udržování a rozvoje hydraulické infrastruktury. Současný zájem o efektivní nakládání s dešťovými srážkami tak má své kořeny v tisícileté historii vodohospodářských inovací, na kterou lze navazovat při hledání udržitelných řešení i v moderní praxi.



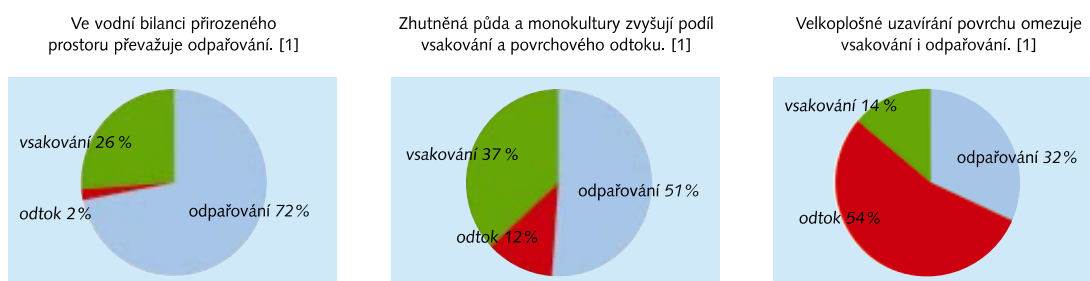
Obr. 1: Hydraulický systém Jawy – konec 4. tisíciletí př. n. l. podle Svenda Helmse, 1987 (Viollet, 2007)

Přestože hospodaření s dešťovou vodou nevyžaduje vysoké technologické dovednosti a je velmi přínosné pro zemědělství a domácnosti, v mnoha regionech světa nebylo nikdy zavedeno, pravděpodobně kvůli neznalosti (Nachshon et al. 2016).

3.2 Charakteristika HDV

Voda je nezbytná pro veškeré formy života a v současnosti se stává ještě vzácnější komoditou. Je klíčová pro výživu, látkovou výměnu i vztahy mezi organismy a prostředím. Aby si zachovala své životodárné vlastnosti, je nutné zaměřit se na hospodaření s dešťovou vodou (HDV), zejména v urbanizovaných oblastech, kde bývá často podceňována. Pochopení základních ekosystémových procesů, jako je přirozené čištění a koloběh vody, umožňuje vyvíjet udržitelné technologie pro nakládání s dešťovou vodou a organicky začleňovat odvodňovací prvky do staveb. Mezi takové postupy patří zejména využití odpařování (evaporace), vsakování (infiltrace), zadržování a čištění.

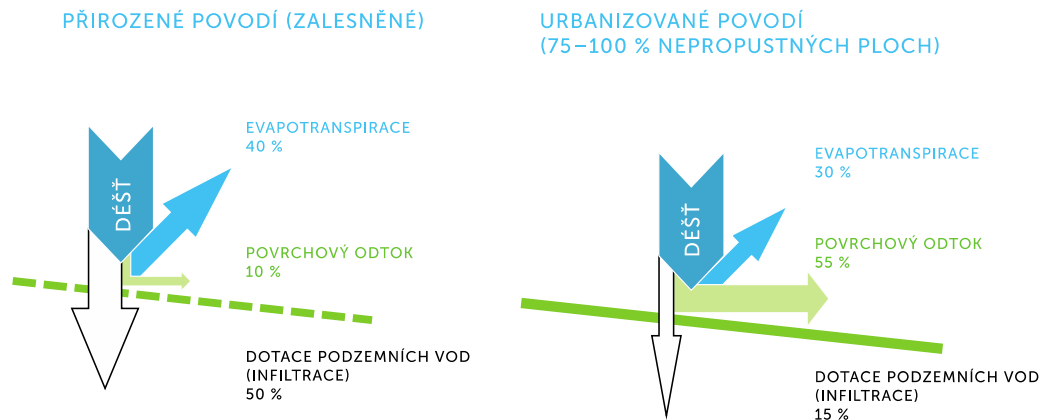
Prostorové a povětrnostní podmínky (např. klima, půdní typy, terénní konfigurace, vegetace) spolu s lidskými zásahy (zpevňování povrchů, odvodňování) ovlivňují vodní bilanci v dané lokalitě. Tato bilance zahrnuje především srážky, odpařování, tvorbu podzemní vody a povrchový odtok. V městském prostředí převládá rychlý odtok dešťové vody, což omezuje vsakování i odpařování. Dešťová voda z komunikací navíc často obsahuje škodliviny, které jsou odváděny kanalizací do retenčních nádrží nebo čistíren a mohou negativně ovlivňovat kvalitu vodních zdrojů a půdy. S růstem zastavěných ploch se proto zvyšuje riziko povodní, eroze a znečištění (Bavorsko ©2005). V souvislosti s tím rámcová směrnice o vodě (2000/60/ES) zdůrazňuje ochranu a udržování přirozených vodních zásob i zlepšování kvality povrchových a podzemních vod.



Obr. 2: Schéma vodní bilance (Bavorsko, 2005)

ČSN EN 1085 definuje srážkové vody jako vody z atmosférických srážek, které dosud neobsahují látky z povrchu. Norma ČSN 75 9010 dále specifikuje srážkové vody jako vody odváděné z povrchu terénu nebo staveb.

Již před 45 lety formuloval krajinářský architekt Ian McHarg ve své publikaci *Plánování s přírodou* zásady moderního ekologického odvodňování měst. Hlavními prvky jsou akumulační prostory a umělé mokřady, které prostřednictvím evapotranspirace vracejí vodu do atmosféry, snižují povrchový odtok, zadržují sedimenty a váží nutrienty. Úspěšná realizace umělých mokřadů však vyžaduje důkladné znalosti evapotranspiračních procesů, odpovídající projektové parametry mimo vegetační sezónu a zřízení akumulačních nádrží. Biologické aspekty zahrnují zejména regulaci komárů a prevenci přenosu onemocnění hmyzem. Nevhodně navržené odvodňovací systémy mohou omezovat doplňování podzemních vod v suchých obdobích a přispívat k horšímu mikroklimatu ve městech. Při přívalových deštích rovněž dochází ke zhoršení kvality vod vlivem splachů z urbanizovaných povrchů. Intenzivní urbanizace tedy narušuje hydrologický cyklus, což představuje globální problém a zároveň významné téma pro udržitelný rozvoj obcí a měst (Vítek et al. 2015).



Obr. 3: Porovnání odtoku srážkových vod v přirozeném a urbanizovaném povodí (Vítek et al., 2015)

Přechod k decentrálnímu hospodaření s dešťovou vodou je komplexní změnou, která zahrnuje technické, legislativní, ekonomické a institucionální oblasti. Dosavadní přístup v Česku (a mnoha dalších zemích) byl ovlivněn historickým bojem s epidemiologickými riziky spojenými s neadekvátním nakládáním se splaškovými vodami. Výsledkem bylo budování stokových systémů zaměřených na rychlý odvod dešťových a splaškových vod mimo město. Klimatické změny však tyto kapacity přetěžují, což ukazuje omezenou udržitelnost konvenčních řešení.

Současný trend směřuje k modelu decentralizovaného HDV, označovanému ve světě jako Best Management Practices (BMPs) v USA, Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS) ve Velké Británii, naturnahe Regenwasserbewirtschaftung v Německu, Water Sensitive Urban Design (WSUD) v Austrálii, Low Impact Development (LID) ve Spojených státech a na Novém Zélandu nebo obecně jako green/bluegreen infrastructure (zelená/modrozelená infrastruktura) a Water Sensitive Cities. Mezi nejnovější koncepty patří Sponge Cities v Číně. V České republice se decentralizované hospodaření s dešťovými vodami soustředí na zadržování, vsakování, odpařování a čištění na místě dopadu srážek, což má přínos z hlediska ekonomiky, bezpečnosti i ochrany životního prostředí (Vítek et al. 2015).

Podle Studie hospodaření se srážkovými vodami v urbanizovaných územích (MŽP ©2019) je klíčových šest strategických cílů:

1. **Dosažení přirozené vodní bilance** Obnovení a zachování přirozené vodní bilance v nové i stávající zástavbě, včetně prevence povodní a sucha.
2. **Ochrana urbanizovaného území před zaplavením** Prevence zatopení městských oblastí přívalovými srážkami a vodami z kanalizace či povrchových toků.
3. **Ochrana povrchových a podzemních vod** Snížení znečištění povrchových a podzemních vod, zlepšení stavu vodních toků a podpora biodiverzity.
4. **Snížení spotřeby pitné vody užíváním srážkové vody** Využití srážkové vody jako užitkové ke snížení spotřeby pitné vody.
5. **Zlepšení mikroklimatu ve městech** Zvýšení vlhkosti vzduchu, snížení teploty a prašnosti ve městských lokalitách.
6. **Podpora estetických a rekreačních služeb** Začlenění vodních ploch a zeleně do městského prostředí s důrazem na estetické, rekreační a ekologické funkce.

Těmito cíli se usiluje o obnovu a stabilizaci přirozeného vodního režimu v urbanizovaných oblastech, čímž dochází ke snížení zátěže kanalizačních sítí, omezení rizika zaplavení i vylepšení kvality vodních zdrojů. Zároveň se udržitelným způsobem posilují ekosystémové služby a zlepšuje životní prostředí obyvatel měst.

3.3 Vliv HDV na životní prostředí

Podle Haqa (2017) přetrvává v oblasti kvality srážkové vody několik mylných představ, které nejsou laboratorními analýzami potvrzeny. Dešťová voda je v atmosféře relativně čistá, přičemž ke kontaminaci dochází zejména při jejím pádu na

zem a následném styku s povrchy. Kontaminační faktory lze rozdělit do několika hlavních skupin:

1. **Znečištění z ovzduší** Během srážek mohou kapky absorbovat chemické látky přítomné v atmosféře. Kvalitu dešťové vody tak výrazně ovlivňují lokální klimatické podmínky a úroveň emisí.
2. **Materiál povrchu odvodňovacího povodí** Různé typy střešních krytin či jiných povrchů mohou uvolňovat chemikálie a zvyšovat obsah znečišťujících látek ve stékající vodě
3. **Nečistoty a biologický materiál** Prach, úlomky, zvířecí exkrementy (např. od ptáků, hlodavců, hmyzu) či odpad na povrchu představují významný zdroj kontaminace, pokud je dešťová voda zanáší do odvodňovacího systému.
4. **Fáze sběru a skladování** Zhoršení kvality dešťové vody může nastat i během procesu jejího zachycování, transportu a uskladnění, není-li zajištěna odpovídající ochrana a údržba.

Čištění dešťové vody je klíčové pro odstranění znečišťujících látek, mezi něž patří koloidy, suspendované částice, mikrobiologické kontaminanty, těžké kovy, organické látky a živiny. Používané metody lze rozdělit na fyzikální, chemické a biologické procesy, které se často kombinují pro dosažení vyšší efektivity uvedeny v příloze č. 1. Kombinace více metod může výrazně zvýšit efektivitu čištění. Například použití sedimentační nádrže jako předúpravy, následované filtrací přes granulované aktivní uhlí a finální chlorací, dosahuje vysoké míry odstranění mikroorganismů (62,5–99,9 %) a dalších kontaminantů. Další přístupy zahrnují použití membránových procesů, například kombinace reverzní osmózy a nanofiltrace, které poskytují nejvyšší kvalitu vody vhodné i pro pitné účely, avšak za cenu vysokých provozních nákladů. Biologické přístupy, jako je bioretence, jsou naopak vhodné pro retenční systémy v urbanizovaných oblastech, kde umožňují udržitelnou správu dešťové vody (Wartalska et al. 2024).

Wartalska et al. (2024) dále poukazuje, že klimatické změny ovlivňují meteorologické proměnné, například srážkové vzorce, teplotu vzduchu a vlhkost, což má vliv na extrémní povětrnostní události a vlny veder. V oblastech citlivých na tyto výkyvy se proto studují systémy pro sběr dešťové vody, které zvyšují odolnost komunit vůči nejistým změnám počasí a dopadům na dostupnost vody. V evropském prostředí hrají klíčovou roli vzdušné cirkulace, srážkové vzorce a klimatické fluktuace, jež významně ovlivňují fungování systémů HDV. Projekce poukazují na možné nebezpečné scénáře spojené s rostoucími teplotami a měnícími se geografickými

vzorci. Vlny veder a rozdělení srážek v Evropě jsou výrazně formovány severoatlantickou oscilací (NAO) a atmosférickou bloádou:

1. Pozitivní fáze NAO zvyšuje srážky i výskyt studeného vzduchu v jižní Evropě, přičemž na severu se zvyšují teploty.
2. Dlouhodobé změny v sezónních srážkových režimech odrážejí složité vazby mezi synoptickou dynamikou a úhrny srážek.
3. Od 60. do 90. let 20. století se synoptické vzorce v Evropě posunuly od anticyklonálních k cyklonálním, což v severní části kontinentu snížilo variabilitu slunečního záření.

Nejistoty v odhadech budoucího vývoje atmosférických řek a jejich dopadů na silné srážky v Evropě zdůrazňují potřebu přesnějších modelů pro předpověď cirkulace vzduchu i srážkových vzorců. V severní Evropě došlo ke zvýšení srážek o 10–40 %, zatímco v jižní Evropě poklesly o 20 %. Tato nerovnoměrnost může vést k omezení zásob pitné vody a následně ovlivnit vodní zdroje. Současně se změnou srážkových režimů se mění i kvalita dešťové vody. Analýzy z 46 evropských měst naznačují, že domácí HDV systémy mohou v závislosti na klimatické oblasti uspořit 20–100 % nepitné vody.

Hospodaření s dešťovou vodou (HDV) mění dosavadní přístup, kdy bylo žádoucí co nejrychleji odvést dešťovou vodu z městských oblastí. Ve svém komentáři Sýkorová et al. (2021) zdůrazňuje, že dříve se srážky tradičně sváděly do oddílných kanalizací s vyústěním do recipientu, případně do jednotné kanalizace, kde se mísily s odpadní vodou. Moderní pojetí HDV usiluje o lokální zachycování a využití dešťové vody jako přínosného zdroje, nikoli jen o její odvod.

V určitých podmínkách může být opětovné využití vody ekologičtější volbou oproti jiným alternativám (např. převodům vody či odsolování). Tato strategie přináší environmentální, ekonomické i společenské přínosy, přičemž obvykle vyžaduje méně energie než konvenční způsoby zásobování (EEA ©2017). Nižší energetická náročnost čištění odpadních vod může navíc omezit závislost členských států Evropské unie na dovozech energií, v souladu s cíli tzv. energetické unie.

V České republice je klimatická adaptace na změnu hydrologického režimu a posilování vodního hospodářství jedním z klíčových opatření (MŽP ©2019). Hospodaření s dešťovou vodou v urbanizovaných územích se proto dostává do popředí politických a strategických úvah, což ilustruje nutnost vypracování a schvalování koncepcí podporujících zachycování, vsakování a ekologické využití srážek. V souvislosti se stavbou dopravních ploch je nutné dbát na vodopropustné a

mrazuvzdorné materiály nejen pro povrch (kryt), ale i pro podkladové vrstvy. Tím je umožněna infiltrace a přirozený odtok dešťové vody do půdy. Vyžaduje se hydrogeologický průzkum pro zjištění hladiny podzemní vody a míry propustnosti podloží. Není-li propustnost dostatečná, může být zapotřebí vhodně navržená drenážní vrstva. Hlavním cílem je podpořit přirozený koloběh vody tím, že se zadrží škodliviny ve vsakovacích vrstvách a zabrání se hromadění povrchového odtoku.

Přednost se dává povrchovému odvádění vody v otevřených odtokových žlabech (rigolech), které jsou snadno kontrolovatelné a udržovatelné. Dimenzování těchto žlabů či rigolů závisí na velikosti odvodňované plochy i na sklonu terénu. Současně by měla být zajištěna jejich bezpečnost pro chodce, cyklisty i motorová vozidla. Vhodné je také spojit dopravní zklidňovací opatření s řízeným odtokem srážkových vod (Bavorsko ©2005).

3.4 Legislativa

V České republice představuje základ právního rámce v oblasti vodního hospodářství zejména Stavební zákon, Vodní zákon a Zákon o vodovodech a kanalizacích, včetně prováděcích vyhlášek. Podle řady autorů (např. Vítek et al. 2014) však tato legislativa pouze dílčím a nekoordinovaným způsobem implementuje principy udržitelného rozvoje a odvodňování urbanizovaných území. V praxi to vede k nejasnostem ve výkladu i k obtížné vymahatelnosti, neboť se některé předpisy vzájemně překrývají, popřípadě si odporují, zatímco jiné dosud chybějí. Tato roztržičnost komplikuje hospodaření s dešťovými vodami (HDV) a decentralizované systémy odvodnění (DSO), zvláště pokud státní správa postrádá jasné definice klíčových pojmů a chybí mezioborová koordinace (urbanisté, architekti, vodohospodáři).

Navzdory zmíněným obtížím je však HDV v české legislativě obecně zakotveno (Vítek et al. 2015). Plán hlavních povodí České republiky a Politika územního rozvoje České republiky navrhuje konkrétní opatření ke zlepšení vsakování, retence a snižování znečištění dešťových vod. Přesto zůstává právní úprava nových koncepcí odvodnění a využívání srážkových vod roztržičná a nedaří se ji pojmout systematicky. Nezbytný je proto koordinovaný přístup, jenž by vymezil jednoznačná pravidla a zároveň podpořil uplatňování HDV jak ze strany státu, tak odborné veřejnosti.

V otázce technických norem sehrává zásadní roli ČSN 75 9010 „Vsakovací zařízení srážkových vod“, která definuje postupy geologického průzkumu,

kategorizuje srážkové vody podle míry znečištění a rozlišuje tzv. přípustné, podmíněně přípustné a nepřípustné vody. Silnou stránkou této normy je snaha regulovat přímé vsakování pouze u méně znečištěných vod, zatímco intenzivně kontaminované dešťové vody (např. z parkovišť v autoservisech) se vsakovat nedoporučuje. Podle Vítka (2014) však norma prakticky neřeší jiné varianty HDV (retenční či akumulační nádrže) a neposkytuje jasné pokyny k bezpečnostním přelivům ani k dimenzování ochrany vůči přívalovým srážkám.

Dalším podstatným dokumentem je TNV 75 9011 „Hospodaření se srážkovými vodami“, který klade důraz na hydraulické zatížení vsakovacích a retenčních zařízení. Tato technická norma uvádí metodické pokyny pro návrh a provoz systémů HDV, včetně stanovení maximálního specifického odtoku, doporučení k předčištění podmíněně přípustných vod či k zajištění bezpečnostních přelivů. Zahrnuje také kategorizaci dešťových vod podle míry znečištění a navrhuje konkrétní opatření pro různá prostředí (Vítek et al. 2014).

Specifickou úpravu představují předpisy hlavního města Prahy, které na základě § 152 odst. 2 a § 333 odst. 3 zákona č. 283/2021 Sb. (stavební zákon) upravují výstavbu a srážkové odvodnění. Nařízení hl. m. Prahy č. 12/2024 (tzv. pražské stavební předpisy) ve svém § 30 stanovuje obecné povinnosti týkající se HDV, avšak vyvolává diskuzi o tom, do jaké míry je nutné implementovat decentralizovaná opatření na jednotlivých pozemcích, či zda lze uplatnit centrální řešení. Nejednoznačnost legislativy komplikuje vymezení zodpovědnosti za retenci a odtok jak na soukromých, tak veřejných plochách (Vítek et al. 2014). Systém plošného zpoplatnění odvádění dešťových vod z obytných oblastí navíc v ČR není zaveden plošně, což oslabuje ekonomickou motivaci pro zavádění DSO.

Významnou změnu přinesla novela zákona č. 254/2001 Sb. (Vodní zákon), účinná od 1. srpna 2024. Ta zavádí v § 5 odst. 3 povinnost pro stavebníky omezit odtok dešťových vod akumulací, vsakem, výparem či řízeným odtokem, přičemž nesplnění těchto podmínek vylučuje povolení stavby i její užívání. Vyhláška č. 146/2024 Sb. v § 8 blíže specifikuje projektové a provozní požadavky na zadržování a využívání dešťových vod, včetně ochrany okolních pozemků před možným ohrožením. Tímto krokem chce legislativa posílit udržitelný přístup k hospodaření se srážkovými vodami v zastavěných územích.

V sousedním Bavorsku platí již od roku 2000 možnost odvádět dešťové vody z veřejných prostranství, cest a silnic bez povolení, pokud jsou splněny technické požadavky vydané Bavorským ministerstvem pro životní prostředí (Bavorsko ©2005).

Článek 21 odst. (1) č. 2 BayWG zaručuje „obecné užívání“ pro odvod dešťových vod i ze zastavěných či zpevněných ploch, přičemž technické předpisy (TRENOG) vymezují bezpečný postup odvádění srážek do povrchových vod bez rizika kontaminace. Tento pružný systém opatření umožňuje Bavorsku efektivnější integraci zásad udržitelného odvodnění, a to včetně podpory decentrálních opatření.

Návrh přepracovaného znění Směrnice o čištění městských odpadních vod (91/271/EHS) ukládá členským státům povinnost podstatně omezit srážkový odtok a znečištění z odlehčovacích komor. Aglomerace nad 100 000 EO musí do roku 2033 vypracovat integrované plány hospodaření s městskými odpadními vodami, přičemž menší aglomerace (10 000–100 000 EO) s významným ekologickým či zdravotním rizikem mají lhůtu do roku 2039. Součástí plánu je preferování modrozelené infrastruktury a pravidelné přezkoumávání každých šest let (Mertová, 2024).

Zásadním dokumentem je zákon č. 254/2001 Sb., o vodách (Vodní zákon), který je základním předpisem pro oblast vodního hospodářství v ČR (MŽP ©2015). Definuje ochranu vod, upravuje vypouštění odpadních vod a obsahuje podmínky provozu čistíren. Podpora hospodaření s dešťovými vodami (HDV) v urbanizovaných oblastech se v České republice začala prosazovat až se zpožděním, avšak v posledních deseti letech patří k nejrychleji se rozvíjejícím prvkům městského odvodnění.

1. **Před rokem 2007** nebylo HDV legislativně rámcově ošetřeno, existovaly pouze ojedinělé projekty inspirované zahraniční praxí.
2. **2007:** *Plán hlavních povodí ČR* zdůraznil nutnost snižovat množství srážkových vod odváděných kanalizací a umožnit jejich zadržování, vsakování a přímé využití.
3. **2008:** *Politika územního rozvoje ČR* stanovila prioritní cíle územního plánování, včetně podpory přirozené retence srážkových vod a podpory zadržování, vsakování i využívání dešťových vod v zastavěných oblastech.
4. **2009:** Novelizace vyhlášky č. 501/2006 Sb. zavedla prioritu řešení srážkových vod přednostně vsakováním na stavebním pozemku.
5. **2010:** Novela zákona č. 254/2001 Sb. (Vodní zákon) výslovně definovala pojem srážkové vody.
6. **2012:** Vznikla ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod, která stanovuje zásady pro návrh, výstavbu a provoz vsakovacích zařízení.
7. **2013:** Byla vydána TNV 75 9011 Hospodaření se srážkovými vodami, jež popisuje metody nakládání s dešťovými vodami z urbanizovaných ploch, technické nástroje a postupy pro jejich návrh a provoz. Vychází přitom z předpisů užívaných v Německu (technické směrnice DWA-Arbeitsblatt A138 a DWA-Merkblatt M153

uvádějí postupy pro vsakování a předčištění srážkových vod), Rakousku, Švýcarsku (Švýcarská směrnice "Směrnice ke vsakování, retenci a odvádění dešťové vody v urbanizovaných oblastech" (VSA, 2002) stanovuje priority při odvádění dešťových vod a klasifikuje znečištění dešťového odtoku z různých typů ploch) a Velké Británii.

Mezi další důležité právní akty spadá zákon č. 183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu, který sice neupřesňuje nakládání se srážkovými vodami, avšak prováděcí vyhláška č. 501/2006 Sb. definuje základní požadavky na stavby a řešení srážkové vody (Příloha č. 5). Nedostatečné zpoplatnění odvádění dešťové vody do kanalizace snižuje ekonomické pobídky k samostatnému hospodaření s dešťovou vodou, a proto jsou klíčové dotační mechanismy a osvětové programy podporující změnu koncepce městského odvodnění (MŽP ©2015).

Český legislativní rámec pro hospodaření se srážkovými vodami je v současnosti ve fázi intenzivního vývoje. Přijetí novely vodní legislativy (zákon č. 254/2001 Sb. i vyhláška č. 146/2024 Sb.) představuje významný krok k jednotnější a integrovanější úpravě, která by měla napomoci širšímu rozvoji decentralizovaných systémů odvodnění (DSO) a ekonomické motivaci pro využití dešťových vod. Současně je však nezbytná důsledná koordinace napříč ministerstvy, samosprávami a odbornými profesemi, aby se odstranily dosavadní nesoulady a zajistila se účelná aplikace norem a zákonných předpisů v praxi. Inspirativní může být přístup Bavorska, kde je propojování legislativních a technických opatření řízeno komplexněji, a rovněž požadavky evropské legislativy, jež systematicky zdůrazňují ochranu jakosti a množství vodních zdrojů (Bavorsko ©2005; Vítek et al. 2014; V; Vítek et al. 2015; Mertová, 2024).

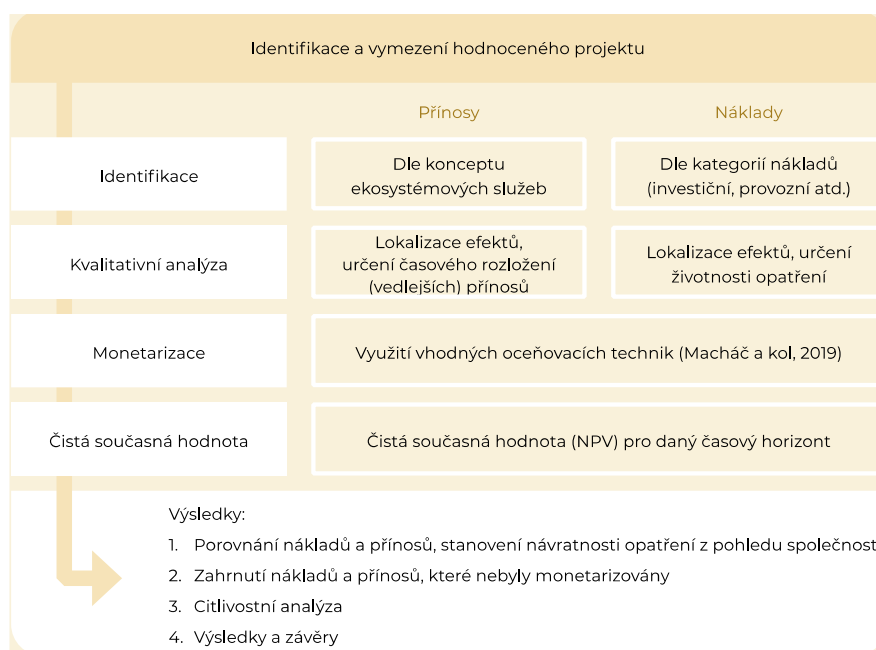
3.5 Ekonomický pohled

Podle zprávy Organizace spojených národů (UNEP ©2009) představuje hospodaření s dešťovou vodou (HDV) významnou strategii pro zlepšení kvality života obyvatel, podporu sociálního a ekonomického rozvoje a ochranu životního prostředí. Tato opatření zvyšují zemědělské výnosy, snižují tlak na konvenční vodní zdroje a přispívají k dlouhodobé udržitelnosti venkovských komunit. V kontextu urbanizace navíc HDV reaguje na negativní důsledky zastavování půdy nepropustnými povrchy, které omezují přirozenou infiltraci dešťových srážek, snižují hladinu podzemní vody a zvyšují riziko povodní.

Tradiční metody vodního hospodářství, jako jsou přehrady či čerpání podzemní vody, mohou být finančně i environmentálně náročné, včetně narušování biologické rozmanitosti. Naproti tomu HDV nabízí řadu přínosů, například snižování objemu odpadních vod (a tím zlepšení jejich kvality), posilování energetické efektivity a vytváření vzdělávacích příležitostí v oblasti ekoinženýrství. Implementace HDV však vyžaduje aktivní politickou podporu i vhodné finanční pobídky, např. dotace či mikrofinancování, jež umožní plošné rozšíření těchto řešení (UNEP ©2009).

Sýkorová et al. (2021) zdůrazňují, že většina přínosů opatření HDV není primárně finančního rázu, avšak lze je ekonomicky vyhodnotit. Patří sem zejména úspory za odvádění a čištění dešťových vod nebo nižší náklady na údržbu zeleně. V České republice byla v roce 2019 certifikována Metodika pro ekonomické hodnocení zelené a modré infrastruktury, založená na Cost-Benefit Analysis (CBA). Tento přístup spočívá ve srovnání nákladů a přínosů na základě čisté současné hodnoty (NPV), a pomáhá tak posoudit, zda se investice do HDV vyplatí z hlediska celé společnosti.

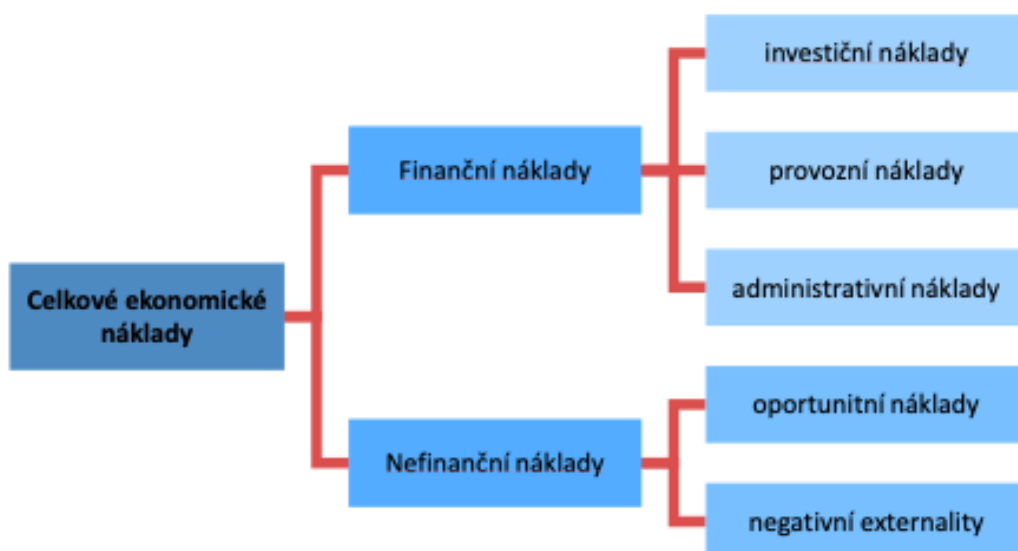
Integrované systémy odvodnění jsou podle Krejčí et al. (2002) součástí veřejného sektoru a vyžadují častokrát investice z veřejných zdrojů. Analýza nákladů a přínosů se proto stala standardní metodou v rozhodování od 80. let 20. století, neboť dovoluje kvantifikovat i obtížně měřitelné dopady, například nepřímé efekty (Macháč, 2018). Všechny hodnoty se přepočítávají na peněžní jednotky (včetně externalit, jako je vliv na zdraví a životní prostředí), což vyžaduje použití specifických oceňovacích metod (kontingentní oceňování, cestovní náklady, hédonické oceňování).



Tabulka 1: Metodický postup pro ekonomické hodnocení (Sýkorová et al., 2021)

Diskontní sazba zohledňuje časovou hodnotu peněz, neboť budoucí náklady i přínosy mají v současnosti nižší hodnotu. Výsledné NPV (net present value) se určuje rozdílem mezi diskontovanou sumou přínosů a nákladů; jsou-li přínosy vyšší, projekt je ekonomicky přijatelný (Macháč, 2018).

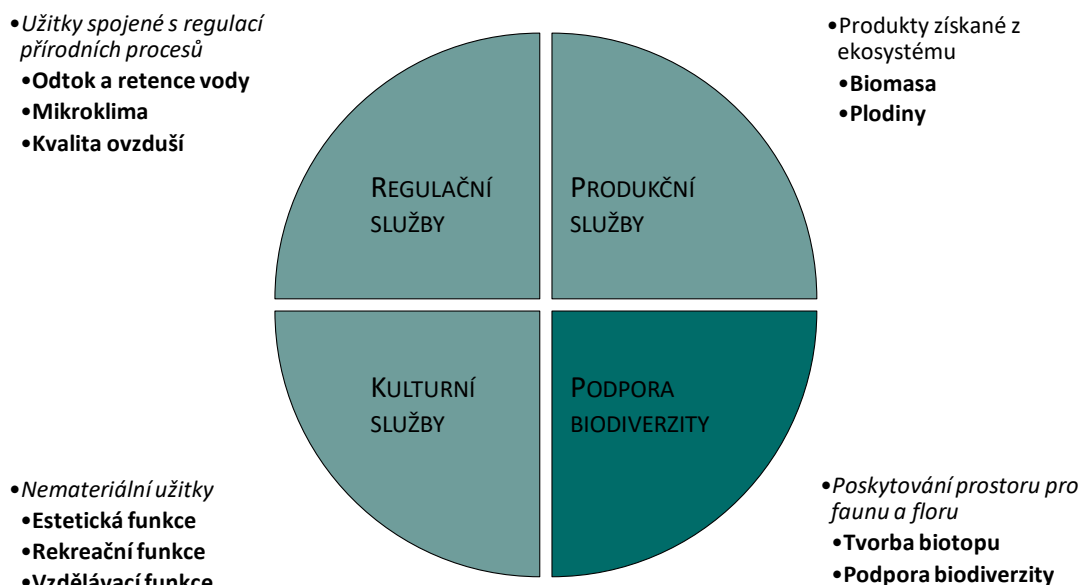
Macháč (2019) rozlišuje finanční a nefinanční náklady. Do finančních nákladů se řadí investiční výdaje na výstavbu HDV opatření, provozní a administrativní náklady včetně monitoringu a údržby. Nefinanční náklady sestávají z oportunitních nákladů (tj. náklady obětované příležitosti) a negativních externalit. Typickým příkladem oportunitních nákladů mohou být ušlé příjmy z prodeje pozemků při výstavbě parku nebo retenční nádrže. Informace o investičních nákladech je zpravidla možné čerpat z projektových rozpočtů, provozní údaje pak ze statistik správců infrastruktury či z kvalifikovaných odhadů.



Graf 1: Struktura ekonomických nákladů (Macháč, 2019)

Vyčíslování užitků tzv. zelené a modré infrastruktury v městském prostředí využívá metody pracující s primárními i sekundárními daty. Primární data se často opírají o tržní hodnoty nebo hypotetické situace určené k výpočtu Willingness to Pay (WTP) či Willingness to Accept (WTA). Macháč (2018) rozlišuje několik kategorií užitků:

1. Přímé finanční přínosy (např. energetické úspory, prodloužení životnosti budov),
2. Náklady nevzniklé díky opatřením (např. nižší poplatky za kanalizaci díky propustným povrchům),
3. Redukce emisí a hluku (zlepšení kvality ovzduší a životního prostředí, vyjádřené úsporou za technická opatření).



Graf 2: Členění užitků (Macháč, 2018)

Metodika Life Cycle Assessment (LCA) je klíčovým nástrojem pro environmentální analýzu produktů a systémů, včetně projektů zachycování dešťové vody (Vaz et al. 2023). Umožňuje porovnávat různé varianty řešení z hlediska celkové ekologické zátěže, a tím identifikovat místa, kde lze provést optimalizaci (např. snížit materiálovou nebo energetickou náročnost). LCA rovněž usnadňuje komunikaci environmentálních dopadů vůči veřejnosti a podporuje rozhodování zaměřené na sociální a environmentální odpovědnost. V kontextu HDV se využití LCA stává zásadním při posuzování dlouhodobé udržitelnosti těchto systémů i porovnání jejich přínosů s tradičními způsoby zásobování vodou.

4 Možnosti hospodaření s dešťovými vodami

Výzkumná zpráva *Stormwater Markets: Concepts and applications* (Bassi et al. 2017) definuje odtok dešťové vody jako "voda, která není absorbována půdou (protože je povrch nasycen nebo uzavřen) a teče po nepropustném povrchu, jako jsou silnice." Mezi hlavní příčiny patří nepropustné povrchy, nedostatečná infrastruktura a starší kanalizační systémy.

Dešťové srážky výrazně ovlivňují provoz městské vodní infrastruktury, a proto je nezbytné je monitorovat a řídit s ohledem na prostorové a časové rozlišení. Krátkodobé procesy, jako řízení retenčních nádrží v reálném čase, vyžadují vysokou frekvenci měření a komplexní systémy pro přenos a analýzu dat, zatímco dlouhodobé plánování využívá agregovanější údaje. Kombinace přírodě blízkých opatření

(retenční nádrže, vegetační pásy, propustné povrchy), RTC (real-time control) technologií a prediktivních modelů umožňuje optimalizovat řízení odtoku, minimalizovat dopady srážek a zajišťuje udržitelný provoz vodohospodářských systémů v kontextu povodní i sucha (Oberascher et al. 2022).

Low-Impact Development (LID) je v současnosti uznáván jako udržitelné a ekonomické řešení pro zmírnění negativního dopadu urbanizace a změny klimatu na hydrologické procesy. Cílem LID je obnovit vsakování a kontrolu odtoku v rámci městského povodí.

Klíčové aspekty LID:

1. Retence dešťové vody v místě jejího vzniku.
2. Odlehčení systémů odvádění dešťové vody a posílení vsakování vody a evapotranspirace.
3. Řešení problémů s nedostatkem vody, protože pouze 2 % celosvětových vodních zdrojů jsou dostupná lidem.
4. Snížení znečištění vodních toků a ochranu životního prostředí.
5. Podpora integrovaného hospodaření s vodními zdroji a řešení založená na přírodních principech pro zadržování vody v aquiferách.

Implementace systémů (HDV), které jsou prvkem přístupu LID, je slibným způsobem, jak snížit nedostatek vody a najít alternativní zdroj vody (Wartalska et al. 2024).

Koncept Sponge City reaguje na klimatické změny, urbanizaci a nedostatky územního plánování, jež vedou k častějším městským záplavám, zhoršené kvalitě vody a nedostatečným vodním zdrojům. Jeho základní východiska zahrnují zelenou infrastrukturu, přirozenou infiltraci srážek a důraz na ekologické hospodaření s vodou, přičemž mezi nejvýznamnější příležitosti patří snížení povodňových rizik, zlepšení kvality vody a posílení ekosystémových služeb. Hlavními riziky při implementaci jsou vysoké investiční náklady, nedostatek technických standardů či dat pro hodnocení účinnosti a roztříštěná správa vodních zdrojů, takže klíčovým faktorem úspěchu je vytvoření jasného právního rámce, zavedení monitorovacích systémů a úzká spolupráce veřejného i soukromého sektoru (Nguyen et al. 2019).

Podle normy ČSN 75 6780 je doporučeno upřednostňovat využívání srážkových vod ze střech, přičemž je nutné zohlednit vyšší riziko znečištění ve sběrných plochách průmyslových oblastí. V těchto exponovaných lokalitách norma rovněž doporučuje odvést první splach mimo akumulární zařízení.

4.1 Podmínky vsakování

Metodický pokyn Ministerstva pro místní rozvoj (MMR ©2019) uvádí, že účinný návrh vsakovacích zařízení vyžaduje komplexní analýzu geologických, hydrologických a prostorových podmínek lokality. Vody z komunikací, zejména dálnic, jsou silně znečištěné těžkými kovy a polycyklickými aromatickými uhlovodíky (PAU), přičemž většina těchto látek je vázána na pevné částice, a proto je nutné jejich předčištění před vsakem nebo odtokem (Plotěný, 2011). Dodržování technických norem a provedení hydrogeologického průzkumu minimalizuje rizika, zajišťuje udržitelnost opatření i ochranu okolních ekosystémů. V této souvislosti se uplatňují zejména TNV 75 9011 a ČSN 75 9010, které stanovují kritéria pro bezpečný a efektivní návrh vsakovacích opatření.

Mezi klíčová kritéria a návrhové zásady patří:

1. Geologické a hydrogeologické podmínky

- Rychlost vsakování (koeficient filtrace) musí odpovídat normám.
- Hladina podzemní vody by měla být minimálně 1 m pod základovou spárou (výjimky jsou možné při splnění specifických podmínek).
- Posouzení vlivu na podzemní vody a využití Mapy potenciálního vsaku ČR pro orientační posouzení

2. Množství srážkové vody

- Závisí na hydrologických podmínkách, návrhové srážce, velikosti a typu odvodňované plochy.
- Přebytky srážek se bezpečně odvádějí (např. do retenčních nádrží, dešťové kanalizace).
- Doba prázdnění retenčního prostoru nesmí překročit 72 hodin.

3. Kvalita vsakované vody

- Znečištěná voda není k vsakování přípustná, a to zejména z důvodu ekologických rizik a hrozby snížení funkčnosti zařízení.

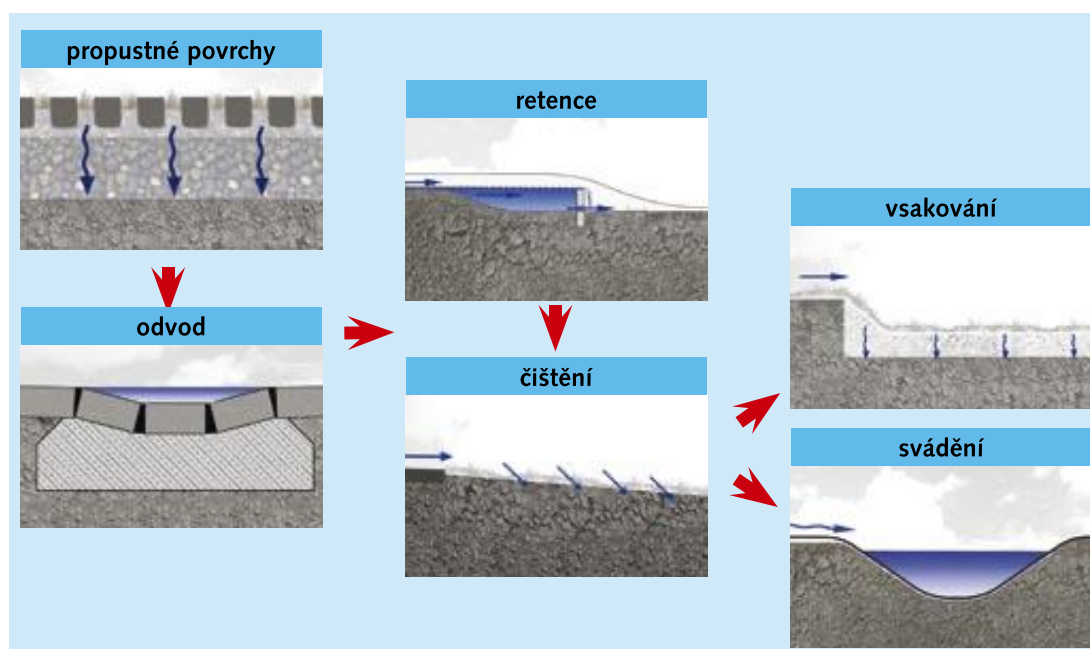
4. Prostorové možnosti a lokální podmínky

- Respektování velikosti a morfologie pozemku, ochrany okolních staveb a stability terénu.
- Odstupy od budov a studní stanoví hydrogeologický průzkum.

Hlavní rizika a omezení vsakovacích řešení zahrnují

- mělkou hladinu podzemní vody (<2 m pod povrchem),
- nízký koeficient filtrace (např. jílovité zeminy),
- blízkost skalního podloží,
- ochranná pásma zdrojů podzemních vod (domovní studny, veřejné zdroje),
- riziko sesuvů v nestabilních terénech.

Norma ČSN 75 6780 doporučuje minimalizovat podmínky pro růst mikroorganismů při akumulaci srážkových vod. Maximální doba akumulace by neměla překročit 21 dnů, ve zvlášť odůvodněných případech 30 dnů. Tyto limity pomáhají zamezit degradaci kvality vody a zajišťují její bezpečné využití.



Obr. 4: Prvky přírodě blízkého odvodnění (Bavorsko, 2005)

4.2 Plošné vsakování

Plošné vsakování je jedním z běžně aplikovaných opatření, kdy rozsáhlé zatravněné plochy zachycují a postupně infiltrují srážkovou vodu (Sýkorová et al. 2021). Tento koncept je vhodný především pro parkovací a dopravní plochy s mírným sklonem do 5 %. Zatravněná plocha navíc přispívá k základnímu předčištění vody a evapotranspirací podporuje zlepšení mikroklimatu. Z kapacitních důvodů je však nezbytné zajistit možnost regulovaného odtoku přebytečné vody při intenzivních srážkách do retenčních nebo odvodňovacích objektů (např. retenčních nádrží či dešťové kanalizace).

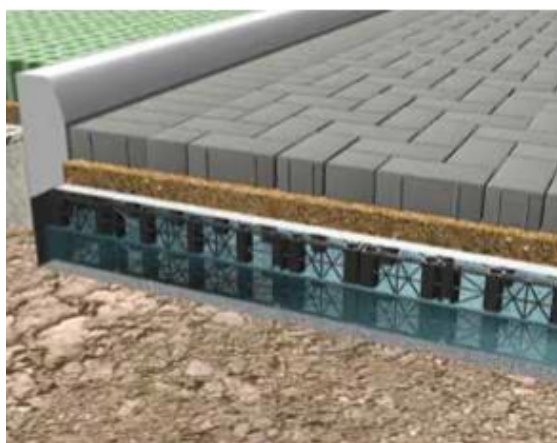
Vodopropustné povrchy představují jedno z klíčových opatření k udržitelnému hospodaření se srážkovými vodami, protože umožňují přirozené vsakování přímo v místě dopadu a tím snižují povrchový odtok (Bavorsko ©2005). Jejich význam zejména roste v urbanizovaných oblastech, kde vysoký podíl nepropustných ploch vede k přetěžování kanalizačních sítí, zhoršování mikroklimatu a nedostatečnému doplňování podzemních vod (Hollenbeck et Göbel, 2013). Při navrhování vodopropustných povrchů je podle příslušných technických norem (např. ČSN 75 6780, ČSN 75 9010, TNV 75 9011) nezbytné zohlednit lokální geologické a hydrogeologické podmínky, infiltrační schopnost podloží a potřebu předčištění srážkových vod (Sýkorová et al. 2021).

Pro instalaci těchto povrchů se vyžaduje posouzení skutečné propustnosti podloží prostřednictvím infiltračních testů nebo archivních geologických průzkumů (MŽP ©2019). Limitujícím faktorem může být hladina podzemní vody, přičemž se doporučuje minimální vzdálenost 1 m od povrchu, stejně jako nutný odstup od základů budov. To je zvláště důležité u objektů s nedostatečnou hydroizolací (ČSN 75 6780). Dostatečná vzdálenost zajišťuje ochranu stavebních konstrukcí před zvýšenou vlhkostí a eliminaci rizika nežádoucích statických změn. Vodopropustné povrchy tvoří zejména:

- **Štěrkové a mlatové plochy** Štěrkové plochy a mlat (včetně mechanicky zpevněného kameniva, MZK) využívají drcené kamenivo přizpůsobené zátěži, přičemž je nutné minimalizovat jemné podíly a nepropustná pojiva (Bavorsko ©2005; Sýkorová et al. 2021). Jsou vhodné pro málo frekventované cesty, chodníky a parkoviště, kde nahrazují nepropustné povrchy. Zlepšují vsakování vody, snižují povrchový odtok a přispívají k přírodnějšímu charakteru veřejného prostoru, což umožňuje jejich integraci do modrozelené infrastruktury.
- **Zatravnovací dlažba a štěrkový trávník** Zatravnovací dlažba a štěrkový trávník jsou vhodné pro plochy s občasným či středním zatížením, jako jsou příležitostná parkoviště, menší komunikace či okraje chodníků. Vegetace přispívá k předčištění srážkové vody a ochlazování okolí (Sýkorová et al. 2021). Betonové nebo plastové tvárnice se substrátem a travním osivem vytvářejí vyvážený poměr zeleně a zpevnění. Štěrkové trávníky se využívají při hromadných akcích, kde snižují efekt tepelného ostrova a podporují vsakování.
- **Zatravněné plochy** Trávníky v městském prostředí snižují efekt tepelného ostrova, podporují vsak a odpar srážkové vody, čímž doplňují podzemní zdroje (Bavorsko ©2005). Kvetoucí záhony (bioklimatické zahrady) zvyšují biodiverzitu, zatímco keře a stromy stabilizují mikroklima a podporují malý vodní cyklus.

V některých státech, např. Německu však platí pro jejich umístování u vsakovacích objektů omezení (MŽP ©2019; Sýkorová et al. 2021).

- **Propustné dlažby a lité povrchy** V městských oblastech s vysokým podílem zpevněných ploch (asfalt, beton) dochází k urychlenému odtoku dešťové vody (Bavorsko ©2005). Propustné dlažby, jako betonové tvárnice s mezerami nebo širšími spárami vyplněnými štěrkem, a lité povrchy s pórovitou strukturou (vodopropustný beton, recyklované sklo, pryž) umožňují efektivní vsakování. Ve spojení s drenážní vrstvou výrazně snižují zatížení kanalizační sítě a pomáhají regulovat teplotu v urbanizovaném prostředí (Hollenbeck et Göbel, 2013). Pro zajištění dlouhodobé funkčnosti je klíčová správná volba materiálu, konstrukční hloubky a pravidelná údržba, která minimalizuje zanášení pórů.



Obr. 5: Propustná dlažba z betonových bloků se systémem výměny geocelulárního podkladu (Ballard et al., 2015)



Obr. 6: Parkoviště na letišti East Midlands s porézním asfaltovým povrchem (Ballard et al., 2015)

- **Vsakovací průleh a vsakovací rýha** Vsakovací průleh je mělké zařízení pro krátkodobou retenci a vsak dešťové vody přes zatravněnou vrstvu, při omezené propustnosti lze přidat retenční rýhu s drenážním potrubím nebo štěrkovou výplní (Sýkorová et al. 2021). Vsakovací rýha, jako liniový objekt, svádí srážkovou vodu z okolí a podle způsobu přítoku se doplňuje o zatravněný pás či kalovou jámku pro předčištění (Bavorsko ©2005).
- **Vsakovací retenční nádrž** Vsakovací retenční nádrž kombinuje velký retenční objem s postupným zasakováním dešťové vody (MŽP ©2019). Pro základní předčištění a estetickou funkci se dno a svahy zatravnňují. Hloubka nádrže bývá 0,3–2 m, plocha nesmí přesáhnout 10 % odvodňovaného území (ČSN 75 6780). Rovnoměrný přítok zabraňuje erozi, bezpečnostní přeliv slouží k odvádění extrémních srážek a v méně propustném podloží lze instalovat drenážní potrubí pro regulovaný odtok.

Vodopropustné povrchy a vsakovací zařízení představují účinný nástroj k omezení povrchového odtoku a ke zlepšení lokálního vodního režimu (Bavorsko ©2005; Hollenbeck et Göbel, 2013). Pro zachování funkčnosti je nutná nejen kvalitní projektová příprava (hydrogeologické zkoušky, posouzení únosnosti), ale i vhodná volba materiálů, dodržení konstrukčních detailů a pravidelný údržbový režim (Sýkorová et al. 2021). Vhodná integrace těchto opatření do komplexní modrozelené infrastruktury (retenční objekty, zelené střechy, dešťové záhony) posiluje jejich efekt a přispívá k udržitelnému urbanistickému rozvoji (MŽP ©2019; Příloha č. 1; Příloha č. 2; Příloha č. 3). K úspěšné realizaci je zapotřebí součinnost projekčních týmů, veřejné správy a správců inženýrských sítí, aby byla zajištěna odpovídající povolení, financování i budoucí provoz.

V případě havárií na komunikacích se v rámci českého právního systému havarijní plány řídí zákonem č. 224/2015 Sb., o prevenci závažných havárií, a zákonem č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému. V případě havárie s kontaminací okolního prostředí se předpokládá vyhlášení krizového stavu, který vyžaduje uzavření dotčené oblasti, zřízení dekontaminačních stanovišť a následnou dekontaminaci zasaženého území. Koordinaci zásahových prací v takovýchto případech zajišťuje Hasičský záchranný sbor České republiky, který hraje klíčovou roli v řízení dekontaminačních operací a minimalizaci ekologických a zdravotních rizik (Kolejka et al. 2015).

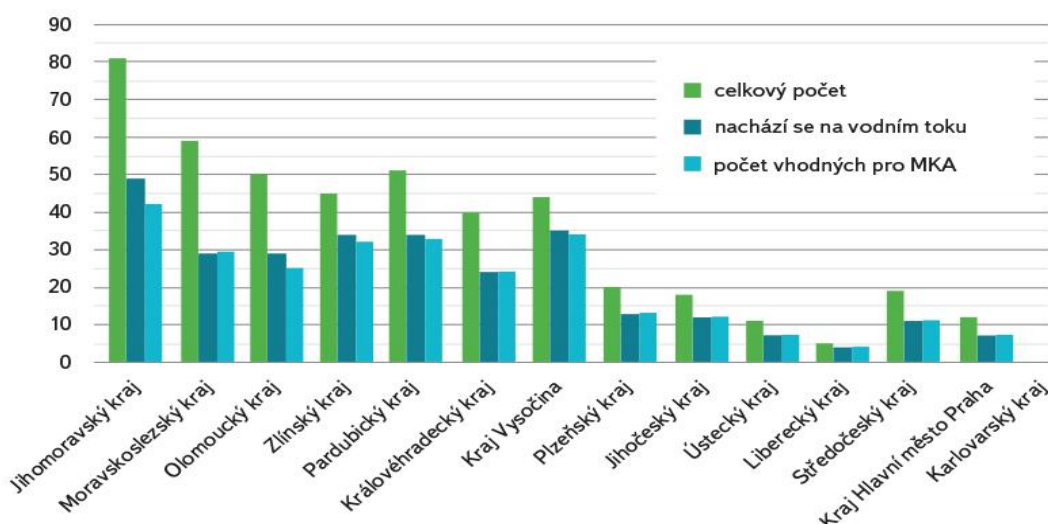
4.3 Povrchové retenční objekty

Povrchové retenční objekty představují klíčový prvek v hospodaření s dešťovými vodami tam, kde geologické či prostorové podmínky neumožňují použití vsakovacích opatření (Sýkorová et al. 2021). Jejich hlavním účelem je dočasně zadržet srážkovou vodu a odvážet ji řízeným způsobem, čímž pomáhají snižovat riziko přívalových povodní, omezovat kulminační průtok a chránit konečné recipienty (Bavorsko ©2005). Většina povrchových retenčních nádrží disponuje volným retenčním objemem, který se při dešti zaplňuje, přičemž odtok je regulován, například pomocí clony či vírového ventilu, na předem stanovenou hodnotu (Sýkorová et al. 2021).

- **Suché retenční dešťové nádrže (poldry)** Suché retenční nádrže (poldry) zachycují povrchový odtok a řízeně jej vypouštějí do povrchových vod nebo kanalizace, čímž snižují kulminační průtok a předcházejí záplavám (Sýkorová et al. 2021). Dimenzují se podle návrhových srážek a velikosti povodí (Bavorsko

©2005). Dno a svahy mohou být zatravněné pro omezené vsakování a biologickou filtraci nebo nepropustné (např. asfalt). Přítoková část obvykle zajišťuje usazování sedimentů, bezpečnostní přeliv odvádí výjimečné srážky. Výhodou je možnost multifunkčního využití dna (sportoviště, hřiště), nevýhodou nárok na rozsáhlý prostor nevhodný do historických center a úzkých ulic (Sýkorová et al. 2021).

Česká republika v posledních desetiletích čelila povodním i suchu, což vyvolalo diskusi o možnosti využití suchých nádrží k retenci vody. Výzkum financovaný Technologickou agenturou ČR prokázal, že tato úprava je vhodná pouze u nádrží na vodnatých tocích, nikoli u těch zaměřených na ochranu proti erozi. Z analyzovaných 455 nádrží jen minimum umožňuje plnohodnotné nadržení, většina však přispívá k mikroklimatu a doplňování podzemních vod, čímž podporuje adaptaci na klimatickou změnu. Některé však vykazují špatný technický stav, což zvyšuje riziko zvláštních povodní. Doporučuje se proto víceúčelové plánování těchto objektů již ve fázi návrhu a pravidelná kontrola jejich stavu (Balvín et al. 2022).



Graf 3: Zastoupení SN a poldrů v jednotlivých krajích (Balvín et al., 2022)

- **Retenční dešťové nádrže se stálou hladinou vody** Retenční nádrže se stálou hladinou kombinují funkci poldrů s trvalým nadržováním vody pro estetické a rekreační využití (Sýkorová et al. 2021). Horní část nádrže slouží jako retenční objem, který se při dešti zaplňuje a regulovaně odpouští. Stálá vodní plocha podporuje biologickou rozmanitost díky biotopům pro mokřadní rostliny, ryby a obojživelníky (Bavorsko ©2005). Pro omezení přísunu silně znečištěných splachů se doporučuje využívat přítoky z méně exponovaných ploch nebo aplikovat předčištění. Péče o ekosystém zahrnuje kontrolu řas a sedimentů a spolupráci s

odborníky na vhodnou faunu a flóru. Pravidelná údržba zajišťuje stabilní kvalitu vody a dlouhodobou funkčnost nádrže (Sýkorová et al. 2021).

- **Umělé mokřady** Umělé mokřady jsou terénní plochy s členitým dnem, které využívají přírodní procesy čištění vody (Sýkorová et al. 2021). Mokřadní rostliny podporují mikrobiální a biologickou transformaci živin a znečišťujících látek (Bavorsko ©2005). Obvykle se dimenzují na průběžné čištění menších objemů, zatímco hrubé sedimenty se zachycují v předřazeném usazovacím prostoru. Mokřady přispívají ke zvýšení biodiverzity, zlepšení krajinného rázu a mohou mít i okrasnou a rekreační funkci. Pro zachování účinnosti je nutná pravidelná kontrola zanášení průtočných profilů a odstraňování invazivních druhů rostlin (Sýkorová et al. 2021).

Všechny typy povrchových retenčních objektů vyžadují funkční regulaci odtoku tak, aby bylo možné přizpůsobit množství vypouštěné vody lokálnímu hydrologickému režimu a kapacitě odvodňovací sítě. Regulace se často provádí použitím clony či vírového ventilu umístěného v odtokové části nádrže (Sýkorová et al. 2021). Důležité je pravidelně kontrolovat nejen průtočné profily a eventuální usazeniny, ale i hráze, svahy nebo břehy, které mohou být vystaveny erozi či průsakům. Pro extrémní srážky se navrhuje bezpečnostní přeliv k ochraně samotné konstrukce nádrže. Intervaly a rozsah údržby závisí na charakteru konkrétního řešení, například na míře znečištění přítokových vod a místních klimatických podmínkách. V mnoha případech je vhodné provádět pravidelné odběry a analýzy vody, aby se včas identifikovaly případné problémy se znečištěním. Z legislativního hlediska se projektování a provoz povrchových retenčních objektů řídí Vodním zákonem (č. 254/2001 Sb.), Stavebním zákonem (č. 183/2006 Sb.), souvisejícími prováděcími vyhláškami a řadou dalších právních předpisů. Z technických norem se uplatňují například ČSN 75 9010 a TNV 75 9011, jakož i technické normativní dokumenty (TNV). Před zahájením stavby je proto obvykle nutné projednat záměr s vodoprávním úřadem, orgány ochrany přírody a samosprávou, přičemž se zohledňuje územní plán a případná ochranná pásma.

Povrchové retenční objekty mohou být účinně propojeny s dalšími prvky modrozelené infrastruktury, mezi něž patří například propustné zpevněné povrchy, dešťové zahrady nebo vsakovací pásy (Hollenbeck et Göbel, 2013). Vzájemná kombinace těchto řešení umožňuje komplexní řízení odtoku srážkové vody, což posiluje odolnost území vůči přívalovým dešťům a současně přispívá k lepšímu městskému mikroklimatu. Správně navržené systémy rovněž nabízejí příležitost k ekologické a estetické úpravě veřejných prostor, mohou poskytovat rekreační

hodnotu nebo edukativní prvek pro obyvatele. V ekonomické rovině se výhody projevují hlavně v dlouhodobé udržitelnosti a úspoře nákladů za odvádění srážkových vod. Při vhodném provozním nastavení mohou navíc podpořit i malé vodní cykly a snížit teplotní extrémy na urbanizovaných plochách. Lze tedy konstatovat, že povrchové retenční objekty v podobě suchých poldrů, nádrží se stálou hladinou či umělých mokřadů tvoří důležitý pilíř udržitelného hospodaření s dešťovými vodami (Bavorsko ©2005; Sýkorová et al. 2021). Vzájemná spolupráce hydrologů, projektantů, krajinářů a zástupců státní správy je klíčová, aby takové projekty naplňovaly nejen technické, ale i environmentální a estetické cíle. Správná kombinace technických postupů, legislativních opatření a pravidelné údržby může vytvářet funkční, bezpečné a atraktivní systémy, které přispívají k udržitelnému rozvoji sídel a zvyšují kvalitu života obyvatel.

4.4 Podzemní retenční objekty

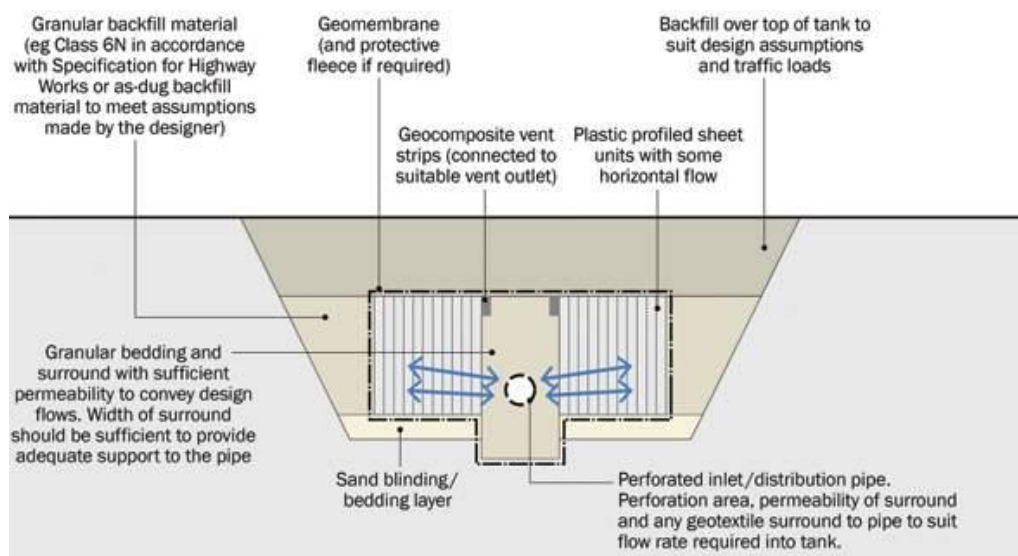
Podzemní retenční nádrže představují zásadní prostředek pro hospodaření s dešťovou vodou v silně urbanizovaných oblastech, kde je nedostatek volných ploch pro povrchové řešení. Podle Ballarda et al. (2015) jsou navrženy především k dočasnému ukládání srážkové vody pod komunikacemi, parkovišti či veřejnými prostranstvími, odkud se voda dále odvádí řízeným způsobem, popřípadě vsakuje či využívá k nepitným účelům (ČSN 75 9010; TNV 75 9011). Vysoké počáteční náklady oproti povrchovým variantám bývají vyváženy úsporou místa a možností nezměnit vzhled povrchu.

Z konstrukčního hlediska je nezbytné zajistit odolnost vůči dopravnímu zatížení, tlaku spodní vody a dalším statickým vlivům, k čemuž přispívají kvalitní hutnění zásypů a správné instalace geomembrán testovaných na nepropustnost. Pravidelná údržba je klíčová pro odstraňování sedimentů a kontrolu stavu konstrukce, neboť omezený přístup (např. u geocelulárních modulů) vyžaduje pečlivé předčištění přitékající vody. Pokud se tyto nádrže naddimenzují asi o 10 % objemu pro sedimentační rezervu, prodlužuje se jejich životnost a zvyšuje ochrana při přívalových srážkách. Některé systémy lze rovněž využít k infiltraci do podloží, avšak to vyžaduje důkladné geotechnické posouzení. Další inovativní postupy představují hybridní konstrukce s vyztuženými zemními stěnami či s ohledem na vysokou únosnost a prostorovou úsporu. Pro spolehlivý a trvalý provoz je nutné jasně vymezit odpovědnost za návrh, realizaci a údržbu. Součástí projektové dokumentace by měl být podrobný údržbový plán, stanovující intervaly inspekcí, metody čištění a kontrolu těsnění. Správně dimenzované a provozované podzemní retenční nádrže jsou

vysoce účinným prvkem při omezování přívalových povodní a přispívají k udržitelnému rozvoji měst i k ochraně vodních zdrojů (Ballard et al. 2015).

Jednotlivé varianty podzemních objektů:

- vsakovací šachta jako prostorově úsporné řešení pro místa v minimální mírou znečištění;
- geocelulární systémy s vysokou porézností a nízkou hmotností
 - plastové vsakovací bloky,
 - plastové voštinové bloky;
- plastové vlnité obloukové konstrukce s otevřeným dnem
 - plastový vsakovací tunel;
- nadrozměrné betonové a plastové trubky až do průměru 3 m (Příloha č. 6);
- vlnité ocelové trubky až do průměru 3,6m odolné vůči velkému zatížení;
- prefabrikované betonové boxy a sklolaminátové nádrže s jednoduchou montáží a údržbou;
- hybridní konstrukce využívající vyztužené zemní stěny a betonové střešní panely.



Obr. 7: Schéma systému v režimu útlumového úložiště - centrální přívodní potrubí (Ballard et al., 2015)

Tato rozmanitost umožňuje přizpůsobit konstrukci místním geologickým podmínkám, projektovému zatížení a dimenzování s ohledem na očekávané srážky. V ideálním případě se podzemní retenční objekty kombinují s dalšími opatřeními modrozelené infrastruktury (zelené střechy, vsakovací pásy, propustné povrchy), což zvyšuje celkovou odolnost urbanizovaného území.

4.5 Zelená infrastruktura

- **Vegetační střechy** Zelené střechy ovlivňují kvalitu odtékající vody v závislosti na substrátu, vegetaci a místních podmínkách, přičemž mohou zadržet 40–60 % srážek, neutralizovat kyselé deště a ovlivňovat koncentrace specifických znečišťujících látek; zároveň přispívají ke snížení emisí a podpoře klimatické neutrality. Index listové plochy (LAI) zásadně ovlivňuje jejich tepelné chování – vyšší hodnoty zlepšují stínící efekt, snižují teplotní výkyvy a energetickou náročnost, avšak v zimě mohou zvýšit spotřebu energie na vytápění (Mihalakakou et al. 2023).

Zelené střechy mají značný potenciál rozšíření jako adaptační a mitigační opatření proti klimatické změně, avšak jejich implementaci brzdí asymetrie přínosů a nákladů, kdy rizika nesou primárně majitelé budov, zatímco výhody plynou celé společnosti; jejich širšímu využití proto napomáhá cílená politická podpora (Brudermann et Sangkakool, 2017).

Zvyšují také estetickou hodnotu budov a mohou přispět ke snížení tepelných ztrát v zimě (Ballard et al. 2015).

Pro instalaci zelených střech je zásadní dostatečná únosnost konstrukce, správná hydroizolace a odpovídající tloušťka substrátu, která ovlivňuje výběr vegetace – od nízkoúdržbových extenzivních až po intenzivní varianty s hlubším substrátem. K efektivnímu řízení dešťových srážek se využívají speciální retenční prvky, jako plastové rošty nebo moduly (Sýkorová et al. 2021). Zelené střechy dokážou absorbovat většinu běžných dešťových srážek, avšak po nasycení se jejich odtokové chování blíží standardním střechám, což vyžaduje napojení na dešťovou kanalizaci či retenční systémy (Ballard et al. 2015). Při hydraulickém návrhu zelených střech se doporučuje zohlednit:

1. **chování střechy při extrémních srážkách** (např. intenzivní bouře) a vliv na celkovou kapacitu odvodňovacího systému,
2. **chování v průběhu celého roku**, kdy je hlavním cílem **trvale** snižovat objem odtoku v průběhu většiny dešťových událostí.

Rozdělení podle způsobu využití a míry údržby (Sýkorová et al. 2021):

- **extenzivní střechy**: nenáročné rostliny (např. rozchodníky), minimální údržba a bez zálivky, výška vegetačního souvrství 50–200 mm;
- **polointenzivní střechy**: doplnění o keře a menší stromy, zvýšená péče, výška 150–800 mm;

- **intenzivní střechy:** pravidelně udržované, výška souvrství 400–800 mm, umožňují i pěstování okrasných rostlin či vytvoření zahradních úprav.

Modré střechy (Ballard et al. 2015) jsou pak specifickým typem konstrukce optimalizovaným pro akumulaci vody s řízeným vypouštěním nebo dalším využitím, například pro zavlažování či chlazení budov.

- **Vegetační fasády.** Zelené fasády lze historicky vystopovat již od Visutých zahrad Semiramid v Babylonu, přičemž jejich výraznější využití se objevilo v Evropě v 17. a 18. století. V Berlíně bylo během 80. a 90. let 20. století integrováno přes 246 000 m² zeleně do městských fasád. U tradičních zelených fasád rostliny využívají obálku budovy jako nosný materiál a pěstební médium zůstává na zemi. DSGF má dvoustěnný rám podél celého povrchu se vzduchovou mezerou mezi stěnou a vertikální nosnou konstrukcí. Modulární treláž má obvodové květináče pro vegetační střechy. Tyto systémy mohou mít podobu tradičních popínavých zahrad, dvoustěnných zelených fasád s provzdušněnou mezerou či modulárních treláží se zabudovanými vegetačními prvky (Besir et Cuce, 2018).

Mezi klíčové přínosy patří snížení energetické náročnosti budov a omezení tepelného toku stěnami. V letním období mohou rostliny snížit teplotu povrchu až o 16 °C a díky stínění slunečního záření i evapotranspiraci přispívají k ochlazení mikroklimatu. Zelené fasády rovněž redukuje efekt tepelného ostrova, zvyšují vlhkost vzduchu, chrání fasádu před povětrnostními vlivy a kyselými dešti, absorbují znečišťující látky a snižují hluk. Dvouplášťové systémy navíc využívají vzduchovou mezeru, čímž posilují izolační vlastnosti obvodového pláště. Ve srovnání se zelenými střechami může vertikální zeleň potenciálně pokrýt až dvacetinásobně větší plochu u výškových budov (Besir et Cuce, 2018; Sýkorová et al. 2021).

Přestože pořizovací a provozní náklady mohou být vyšší než u konvenčních fasád, životnost budovy a úspory energie často tuto investici kompenzují. Pro zachování dlouhodobé funkčnosti je zásadní vhodná volba vegetace, zohlednění klimatických podmínek, efektivní zavlažování a pravidelná údržba, včetně prořezávání a odstraňování plevelů (Besir et Cuce, 2018). V hustě zastavěných městských zónách nabízejí zelené fasády možnost integrace vegetace do veřejného prostoru, ať už prostřednictvím popínavých rostlin, které mohou maskovat technická zařízení či oživit fasády, nebo složitějších vertikálních záhonů se samostatným zavlažovacím okruhem (Sýkorová et al. 2021).

Vertikálně řešené záhony nezhoršují odtokové parametry budovy a mohou fungovat jako doplňková retence menších objemů dešťových srážek (Ballard et al. 2015). Pokud fasáda využívá vodu ze střechy či jiných zdrojů kombinovaného zavlažování, přispívá k efektivnějšímu hospodaření s dešťovou vodou.

Tímto způsobem zelené fasády přispívají k udržitelnosti městského prostředí, protože snižují tepelné zisky budovy, zachycují prach a částice a zároveň podporují vertikální retenci vody. Celkově se jedná o multifunkční opatření, které kombinuje estetické i ekologické aspekty a harmonicky zapojuje zeleň do urbánního kontextu (Ballard et al. 2015).

4.6 Modro-zelená infrastruktura

Městský rozvoj a výstavba šedé infrastruktury vedou ke zmenšení zelených ploch a poklesu ekosystémových služeb ve městech. Fragmentace přírodních systémů způsobuje nižší efektivitu a snížení užitků, jako je biodiverzita, kvalita ovzduší, zásoby podzemních vod, zasakování dešťové vody, a zvyšuje riziko povodní a přehřívání měst. Řešením je zelená a modrá infrastruktura, definovaná jako síť přírodních a polopřírodních oblastí, která poskytuje ekosystémové služby. Tyto prvky, jako jsou zelené střechy a stěny, mohou být kombinovány s šedou infrastrukturou, což je klíčové ve městech, kde žije 70 % populace ČR. Plánování by mělo zahrnovat identifikaci, budování, obnovu, ochranu a propojení těchto prvků, čímž se posílí ekosystémové služby alepší kvalita života obyvatel. Monetární ocenění užitků této infrastruktury může pomoci při územním plánování dosáhnout udržitelného rozvoje (Macháč, 2019).

Modrozelená infrastruktura (MZI) je klíčová pro udržitelné hospodaření s dešťovou vodou ve městech, využívá přírodní procesy jako zadržování, infiltrace a biologické čištění. Tradiční systémy odvodnění nejsou dostatečné, což vedlo k rozvoji "zelené infrastruktury" jako alternativy k "šedé infrastruktuře" složené z kanalizací. Na rozdíl od tradiční šedé infrastruktury, která se zaměřuje na odvod dešťové vody, MZI zahrnuje dešťové zahrady, biopásy, mokřady, retenční nádrže a zelené střechy, které podporují ekosystémové služby jako snížení povodňového rizika, zlepšení kvality vody a podporu biodiverzity. MZI je stále více přijímána globálně pro řešení problémů jako jsou kvalita vody a povodně. Ačkoli se jedná o relativně nový pojem, jeho principy byly již implementovány v různých programech jako BMP v USA, SUDS ve Velké Británii nebo Sponge City v Číně. Správa dešťové vody ve městech je stále náročnější kvůli rostoucí urbanizaci a extrémním bouřím. Odtok z nepropustných povrchů zvyšuje riziko povodní a poškozuje vodní ekosystémy. (Puay et Chi, 2017).

Příklady prvků/opatření
Vodní plochy (např. fontány, rybníky, jezírka, tůňe, mokřady, revitalizace a odtrubnění vodních toků, slepá ramena)
Břehové porosty (obnova podél vodních ploch)
Poldry (suché nádrže)
Příkopy (svodné, retenční, zasakovací) a infiltrační pásy
Plochy s propustnými/polopropustnými povrchy (povrch z porézního materiálu, např. zasakovací dlažba, zatravnění pásů tramvajových tratí apod.)
Stromy (např. stromořadí, větrolamy, rozptýlená zeleň)
Zelené střechy a stěny (na budovách)
Městské zemědělství a zahradničení (např. komunitní zahrádky, zahrádkářské kolonie), předzahrádky před domy, zeleň ve vnitroblocích
Parky a lesoparky (v centru města i na jeho okrajích)
Kořenové čistírny (určené k čištění odpadních vod s možností využití vody k zálivce stromů apod.)

Tabulka 2: Příklady prvků a opatření modrozelené infrastruktury (Macháč et al., 2019)

5 Šedé vody

ČSN EN 1085 definuje šedé vody jako *splaškové odpadní vody bez fekálií a moče*. Přebytkové čištěné šedé vody mohou být použity při závlaze. ČSN EN 16941-2 poskytuje komplexní rámec pro návrh, instalaci a provoz systémů pro využití čištěné šedé vody. Důraz je kladen na bezpečnost, údržbu, ochranu pitné vody a zajištění kvality čištěné šedé vody pro daný účel. Důležitým aspektem je soulad s národními předpisy.

ČSN 75 6780 pojednává o době akumulace (zdržení) šedé vody v několika kontextech:

- Akumulace čištěné šedé vody nemá být delší než 24 hodin, pokud voda nebyla dezinfikována.
- Nečištěná šedá voda smí být akumulována pouze v množství nezbytném pro zajištění kontinuálního provozu zařízení.
- V případě překročení maximální doby zdržení šedé vody (obvykle 24 hodin) má být šedá voda vypuštěna do kanalizace.

5.1 Využívání odpadních vod

Tradiční využití odpadních vod se v minulosti soustředilo převážně na zemědělství, ovšem nyní se rozšiřuje i do městských aplikací (např. komunální údržba) a do cestovního ruchu (golfová hřiště) i průmyslu (EEA ©2017). Rozsáhlejší implementace recyklované odpadní vody (tedy i šedých vod) by mohla Evropě pomoci přizpůsobit se probíhajícímu nedostatku vodních zdrojů a suchu, čímž by se zmírnil tlak na konvenční zdroje, například podzemní nebo povrchové vody (ES ©2000). Pro podporu této praxe zatím chybí jednotné normy EU, i když evropská legislativa (Rámcová směrnice o vodě, Směrnice o čištění městských odpadních vod) principiálně opětovné využívání odpadních vod připouští.

V evropském prostředí narůstá počet příkladů recyklace vyčištěných odpadních vod, zejména v suchých oblastech Středomoří (Španělsko, Itálie) a severnějších zemích (Anglie, Nizozemsko), kde se tento zdroj vody uplatňuje pro zavlažování, komunální a průmyslové účely (EEA ©2022). Příklad Paříže, která disponuje dvouokruhovým systémem (pitná vs. šedá voda) pro čištění ulic a zavlažování zeleně, ilustruje úspěšnost odděleného nakládání s různými kategoriemi vod. Na Kypru je roční produkce recyklované vody (cca 14,6 mil. m³ v roce 2010) klíčovým prvkem tamní vodní bilance; slouží k zavlažování plodin, doplňování podzemních vod i jiným účelům (EEA ©2017).

Nedostatek pitné vody ve střední Evropě a Středomoří vyžaduje alternativní zdroje a metody zavlažování (ES ©2000). Vedle neefektivních rozvodů, absencí krizových plánů a zhoršeného čištění patří k příčinám kritického stavu i klimatické změny. Vyčištěné odpadní vody jsou proto stále populárnější, neboť v sobě obsahují užitečné živiny (dusík, fosfor, draslík) (FAO ©2016). Je však nutné věnovat pozornost přítomnosti škodlivých chemikálií a patogenů, které mohou ohrožovat půdu, plodiny a veřejné zdraví. Dlouhodobé zavlažování odpadními vodami může zvyšovat salinitu a akumulaci těžkých kovů (Cu, Zn) v horních vrstvách půdy (Hubačíková, 2019). Řízená aplikace a pravidelné monitorování půdy jsou proto nutností. Největší překážky širšího uplatnění spočívají v ekonomických faktorech, nízkém povědomí veřejnosti a chybějících specifických standardech pro různé úrovně čištění (např. pro zemědělskou závlahu vs. veřejné prostory). Proces konvenčního čištění odpadních vod zahrnuje primární (odstranění hrubých nečistot), sekundární (rozpuštěná organická hmota, patogeny) a terciární fázi (pokročilá filtrace živin, toxinů, mikroorganismů). Pro opětovné využití je ve většině případů nezbytné terciární čištění.

Česká membránová platforma popisuje membránové procesy jako moderní separační metody založené na molekulárních vlastnostech látek, zaměřené na efektivní oddělování složek s minimální energetickou náročností. Klíčovým prvkem je membrána, selektivní bariéra umožňující transport částic, jejíž účinnost závisí na materiálu a kvalitě výroby. Narušení procesů, jako fouling a koncentrační polarizace, lze řešit prouděním roztoků podél membrány (cross flow). Mezi hlavní procesy patří mikrofiltrace, ultrafiltrace, nanofiltrace, reverzní osmóza, elektrodialýza, membránová destilace a další. Klasifikace probíhá dle hnací síly separace (tlak, chemický nebo elektrochemický potenciál) a tvaru membrán (symetrické/asymetrické, ploché/spirálové, trubicové/kapilární). Výběr procesu závisí na konkrétních potřebách separace (Czemp ©b.r.).

Opětovné využívání odpadní vody podporuje chránění stávajících vodních zdrojů, omezuje nadměrnou těžbu podzemních vod a přispívá k ekonomické efektivitě (EEA ©2022; Příloha č.7). Rozlišuje se nepřímé znovupoužití - vyčištěná voda se ukládá ve vodních útvarech a znovu používá a přímé - přivedení vyčištěné vody přímo od čistíren k uživateli, např. pro zavlažování (Příloha č. 8). Pro širší implementaci v zemích EU je nutná veřejná podpora, přijetí vhodných legislativních opatření a zavedení kvalitativních norem podle účelu použití.

Studie „*Life cycle assessment of greywater treatment systems for water-reuse management in rural areas*“ (Rodríguez et al. 2021) provedená v Chile demonstruje využití šedé vody v pilotních systémech zaměřených na zavlažování zelených ploch u škol, což představuje inovativní přístup k udržitelné správě vodních zdrojů. Integrace technologie zpětného proplachu do systémů úpravy šedé vody, které využívají sekvence filtrace s aktivním uhlím a zeolitem, prodlužuje životnost filtračních materiálů a snižuje frekvenci jejich výměny, což má za následek nižší náklady na údržbu a redukci emisí CO₂ a CFC až o 50 % během údržbové fáze. Implementace solárních panelů jako zdroje energie pro elektrická čerpadla významně omezuje závislost na konvenčních energetických zdrojích, zvyšuje environmentální efektivitu provozní fáze prostřednictvím snížení emisí CO₂ o 85 % a CFC o 47 % a ekonomická analýza potvrzuje proveditelnost této integrované technologie s návratností investice do solárních panelů přibližně 19,7 roku.

Mezi dvěma největšími spotřebiteli vodních zdrojů (zemědělství, energetika) má recyklovaná voda v zemědělství významný podíl, zatímco při výrobě elektřiny se prakticky nevyužívá (EP ©2015). Potenciál opětovného využívání vody zůstává i přes nesporné environmentální, hospodářské a sociální přínosy často nevyužit, a to kvůli kombinaci ekonomických, psychologických a regulačních překážek (EEA ©2017).

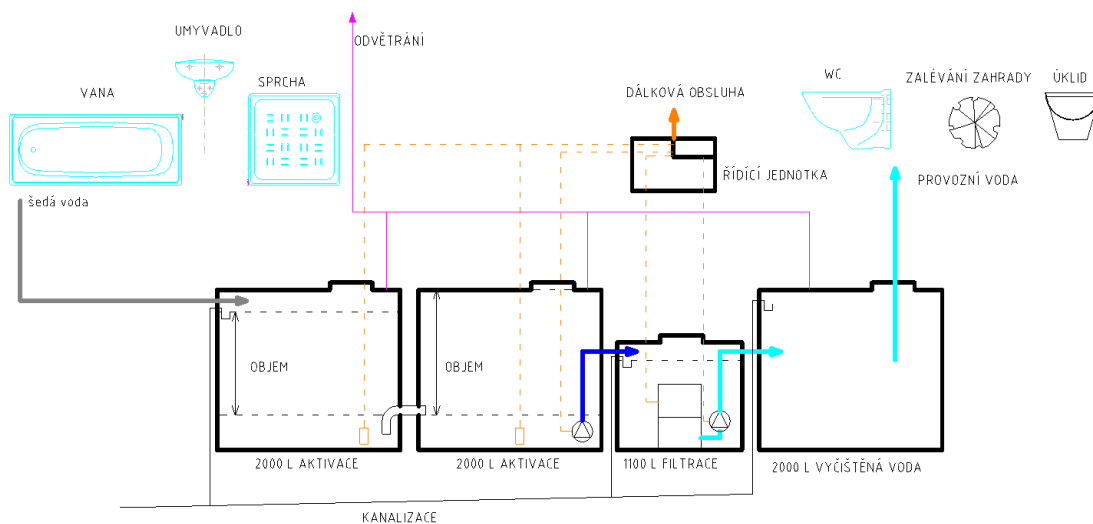
Studie Greywater production in airports: Qualitative and quantitative assessment (Couto et al. 2013) poukazuje na značnou spotřebu vody na letištích, například mezinárodní letiště v Atlantě vykazovalo v roce 2009 spotřebu odpovídající městu s 13 000 obyvateli, zatímco letiště Londýn-Heathrow mělo v roce 2010 spotřebu vody ekvivalentní městu s 25 000 obyvateli. Vzhledem k tomu, že většina vody je využívána k nepitným účelům, jako jsou chlazení vzduchu, zavlažování zeleně, mytí letadel a vozidel, testy požární ochrany a splachování toalet, představují letiště vhodný prostor pro aplikaci technologií opětovného využití šedé vody. Mezi další velké producenty šedých vod můžeme řadit hotely a wellnes centra, sportovní centra a bazény, průmyslové podniky, nemocnice a bytové komplexy, kde např. bytový dům Botanica K, realizovaný společností Skanska, jako první rezidenční projekt v České republice získal mezinárodní environmentální certifikaci BREEAM na úrovni Excellent. Projekt se vyznačuje řadou nových řešení v oblasti udržitelnosti, včetně systému recyklace šedé vody, který opětovně využívá odpadní vodu z umyvadel, sprch a van ke splachování toalet a uspoří 40% pitné vody (Skanska ©2019).

Šedá voda představuje potenciál i pro významné úspory energie, protože její energetické využití zlepšuje hodnocení budov v rámci certifikačních systémů udržitelnosti a pomáhá plnit požadavky průkazů energetické náročnosti budov díky snížení spotřeby energie a emisí CO₂. Teplota šedé vody z domácností se pohybuje obvykle mezi 18 °C a 38 °C, což umožňuje její efektivní využití v systémech rekuperačních výměníků a tepelných čerpadel, zejména v objektech s pravidelnou spotřebou teplé vody (např. rezidenční budovy, sportovní zařízení, bazény či prádelny). Při použití tepelných čerpadel je nutné zajistit vhodný provozní režim s i bez využití šedých vod (Petrů et al. 2021).

5.2 Legislativní rámec

V evropském kontextu je problematika odpadních vod upravena zejména směrnicí o čištění městských odpadních vod (91/271/EHS) a dalšími předpisy vycházejícími z Rámcové směrnice o vodě (2000/60/ES), které stanovují rámcové požadavky na kvalitu a nakládání s vodními zdroji. Přestože existují obecné právní nástroje regulující nakládání s odpadními vodami, specifické normy EU pro opětovné využívání vyčištěných vod v různých sektorech dosud nebyly přijaty, což vede k výrazným rozdílům v přístupech jednotlivých členských států. Například podle čl. 41a odst. 1 Bavorského vodního zákona (BayWG) je za odpadní vodu považována jakákoli voda, jejíž vlastnosti byly změněny využitím v domácnostech, průmyslu či

zemědělství. Tato definice explicitně zahrnuje i srážkovou vodu stékající ze zpevněných povrchů, jako jsou silnice, což není v rámci právních předpisů jiných států vždy samozřejmé (Bavorsko ©2005).

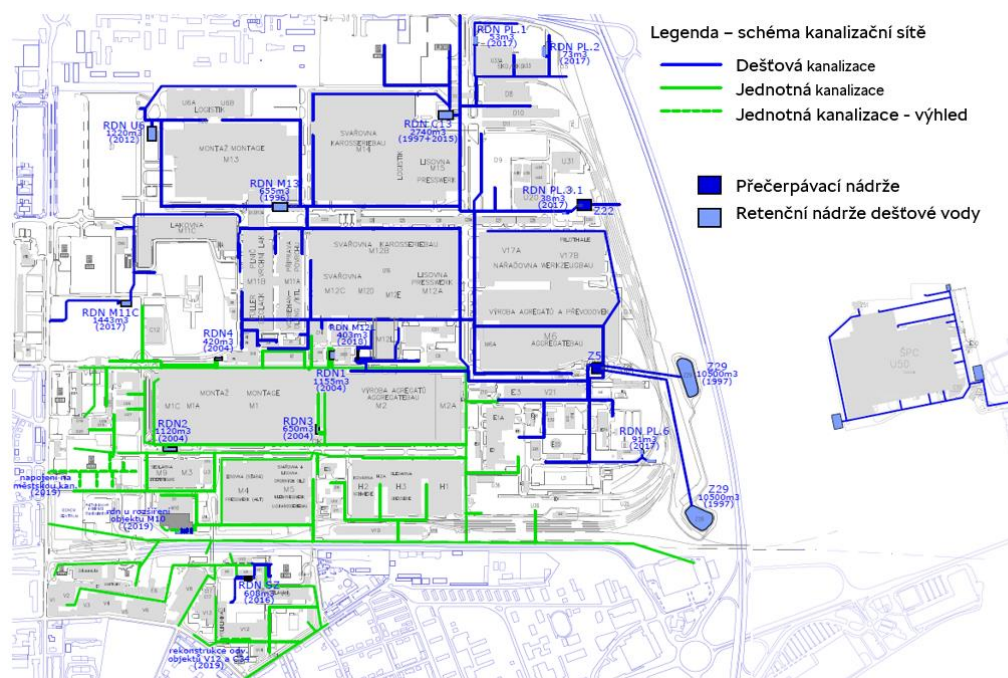


Obr. 8: Sestava zařízení na šedou vodu pro 4000 l a instalaci v suterénu (Ošlejšková, 2011)

6 Příklady projektů

6.1 Retenční nádrže ve výrobním areálu Škoda Auto, a.s.

Areál společnosti ŠKODA AUTO a.s. v Mladé Boleslavi je rozdělen do pěti pásem odvodnění, která reprezentují jednotlivé etapy rozvoje závodu. V současnosti v areálu funguje 15 retenčních dešťových nádrží (RDN), navržených pro samostatný odvod dešťových vod z jednotlivých částí (pásma I až V). Nejstarší I. pásmo se rozkládá kolem stávající závodní polikliniky a SOU, zatímco II. pásmo zahrnuje oblast „Václaváku“ (haly H1–H3, M3–M5, M1, M2). III. pásmo obsluhuje území kolem lakoven (M11A, M11B) a hal M12, V17, M6; IV. pásmo tvoří nejnovější haly (M13, M14, M15). V. pásmo je dosud ve fázi rozvoje.



Obr. 9: Schéma odpadních vod Škoda Auto, jednotná vs. dešťová kanalizace. Lokality a objemy RDN (Škoda, 2024)

Odvodňovací systémy v jednotlivých pásmech vycházely z původních norem a zastavěnosti (např. při výstavbě výrobních objektů). S nárůstem závodního areálu však kapacita některých kanalizačních úseků přestala vyhovovat. Proto byly v letech 2002 a 2013 provedeny hydrotechnické analýzy, na jejichž základě došlo k rozšíření kanalizačních kapacit a k vybudování retenčních nádrží pro zpomalení odtoku, což minimalizuje riziko zaplavení během přívalových dešťů.

Jedním z příkladů je RDN SZ, umístěná v odstavné ploše pro expedované vozy v blízkosti objektů C34, V12, U23 (pásmo I). Jejím cílem je snižovat odtok z dešťově exponovaných ploch do městské stokové sítě. Nádrž o objemu 608 m³ je

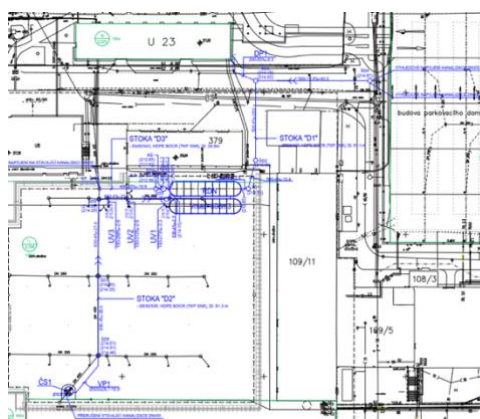
navržena jako zakrytá dvoukomorová prefabrikovaná konstrukce typu DYWIDAG GB5000/3000/25480 (H.A.N.S. prefa, a.s.) s vnějšími rozměry 25,48 × 5,40 × 3,35 m. Dno obou komor je položeno ve sklonu 0,2 %, komory jsou propojeny potrubím DN400 (2×). Odtok zajišťuje vertikální vírový ventil „FluidVertic“ (VLS 1:4, DN150, PFT s. r. o.) v samostatné šachtě RŠ, kalibrovaný na průtok 40 l/s při tlakové výšce 1,5 m. Bezpečnostní přepad je situován na kótě 215,18 m n. m. a tvoří jej potrubí DN400.

Parametry RDN SZ

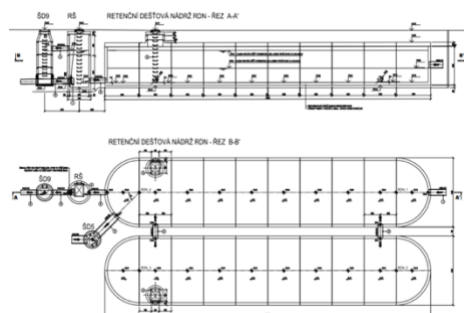
- Kóta dna (nejnižší místo): 212,67 m n. m.
- Kóta přítoku: 213,40 m n. m.
- Hladina pro kritický déšť ($i = 91,1 \text{ l/s} \cdot \text{ha}$, $n = 0,5$, doba trvání 30 min, $V_{\text{retn}} = 264 \text{ m}^3$): 213,80 m n. m.
- Hladina pro kritický déšť ($i = 102 \text{ l/s} \cdot \text{ha}$, $n = 0,05$, doba trvání 60 min, $V_{\text{retn}} = 608 \text{ m}^3$): 215,18 m n. m.
- Havarijní hladina max. nadržení: 215,15 m n. m.

V západní části III. pásma (výstavba lakovny M11C, předzávodní plochy západně od hřbitova a prostranství mezi Hůrkou a třídou V. Klementa) bylo nově zajištěno odvedení dešťových vod do městské kanalizace. Součástí tohoto řešení je retenční nádrž RDN M11C s čerpací stanicí o výkonu 1000–1200 l/s (v závislosti na výšce hladiny). Tato koncepce vychází z Nové koncepce odvodnění areálu ŠKODA AUTO a.s. Mladá Boleslav (Škoda Auto, a.s., 2024).

Díky těmto úpravám a výstavbě retenčních nádrží se v areálu Škoda Auto daří účinně regulovat odtok z rozsáhlých zastavěných ploch, čímž se minimalizuje riziko lokálních záplav a zachovává provozní bezpečnost kanalizačních sítí. Navržená opatření zohledňují nejen historický vývoj výrobních hal a etapizaci rozvoje závodu, ale i aktualizované hydrotechnické a environmentální požadavky.



Obr. 10: Napojení na kanalizaci a umístění RDN SZ (Škoda Auto, 2024)



Obr. 11: Schéma RDN SZ (Škoda Auto, 2024)

6.2 Zelené střechy – Budova Drn

Stavba DRN, známá pod názvem Palác Národní, je projekt víceúčelového domu, který doplňuje různorodou zástavbu na Národní třídě. Nová prosklená budova se svými zelenými terasami vlní za roh, do Mikulandské ulice, kde navazuje na budovu barokního Schönkirchovského paláce, která se v průběhu budování mezi lety 2012 až 2017 novostavby podrobila důkladné a citlivé rekonstrukci a získala titul Stavba roku 2019. Součástí objektu je kombinace intenzivní a extenzivní střešní zahrady s platany o rozloze 650 m². Fasádu doplňují truhlíky, na ochozech kolem pěti pater, osázené okrasnými travinami a jarními cibulovinami (262 m²). Díky tomu získal dům název DRN.

Budova k zalévání zahrady a truhlíků využívá zachycenou dešťovou vodu, která je odváděna přes hrubé filtry do retenční nádrže. Z toho vyplývá potřeba 1x ročně odčerpat kal, který je usazen na dně. Nádrž je vybavena bezpečnostním přelivem ústícím do dešťové kanalizace a je v ní udržována stálá minimální hladina vody. V případě nedostatku srážek se nádrž doplňuje z vodovodního řadu. Zalévání střešní zahrady a truhlíků je postupné po jednotlivých sekcích, kdy se voda čerpá do 7. patra přes jemné filtry a je obohacena o hnojivo pro rostliny na základě doporučení zahradníků. Z tohoto řešení plyne nevýhoda systému, který nemá pomocné nádrže v jednotlivých patrech budovy.

Starý palác není zaústěn do retenční nádrže a srážky jsou odváděny do dešťové kanalizace. Jedná se o jednoduchý systém s nízkými nároky na servis.



Obr. 12: Střešní zahrada (foto vlastní, 2025)



Obr. 13: Čerpadlo (foto vlastní, 2025)

6.3 SuDS – Queen Caroline Estate

V rámci projektu LIFE+, zaměřeného na klimaticky odolné úpravy sociálního bydlení, bylo v londýnské městské části Hammersmith & Fulham realizováno nízkonákladové a udržitelné odvodňovací řešení pro tři sídliště. Cílem bylo snížit klimatickou zranitelnost znevýhodněných komunit prostřednictvím konceptu Sustainable Drainage Systems (SuDS).

Hlavní komponenty SuDS použité v projektu:

- Zelené střechy (biologicky rozmanité extenzivní úpravy na přístřešcích pro odpadové hospodářství).
- Dešťové zahrady (zakládány ve zpevněných plochách a podél cest, plněné speciálním substrátem a osázené keři a trvalkami).
- Retenční nádrže (malé a střední kapacity pro řízenou regulaci odtoku).
- Propustné dlažby (chodníky, parkoviště, travnaté plochy), které zadržují a postupně odvádějí povrchovou vodu do kombinované kanalizace.

Tyto prvky byly integrovány do krajiny sídliště prostřednictvím úprav střech, chodníků, parkovišť, silnic i travnatých ploch. Vzniklo např. 142 m² zelených střech s hydroizolační vrstvou a gabionovými okraji sloužícími jako opěra substrátu. Dešťové zahrady odvádějí vodu z nepropustných ploch a střech přilehlých budov, přičemž využívají vertikálních přepadů propojených regulační komorou s kanalizací (při překročení limitu hladiny voda volně odtéká do stokové sítě). Díky otevřené struktuře mezi obytnými bloky bylo možné vybudovat vegetační příkopy a retenční nádrže, které zachytí i stoletou dešťovou událost. Část komponentů ústí do vsakovacích jímek, zatímco regulační komory disponují posuvnými jezy.

Projekt byl navržen tak, aby vyžadoval minimální údržbu. Rozšíření osázených ploch bylo vyváženo omezením údržby jiných ploch, které se nahradily divokými travními porosty vyžadujícími méně častou seč (pouze dvakrát až třikrát ročně).

Zhodnocení

- Revitalizace prostoru: dříve nevyužitá, monotónní krajina byla proměněna v různorodý, atraktivní a víceúčelový veřejný prostor.
- Instalace zelených střech: 142 m² biologicky pestrých ploch.
- Odklon odtoku: z 1750 m² nepropustných ploch byl odveden odtok mimo přímé zaústění do kanalizace.

- Společenský přínos: 32 m² nových záhonů pro pěstování potravin pro místní obyvatele, realizace stavebních úprav za srovnatelné náklady na m² jako konvenční úpravy.

Získané poznatky

- Zapojení obyvatel do přípravy projektu přispělo ke zmírnění dopadů přívalových srážek i řešení problémů ve veřejném prostoru.
- Průzkum inženýrských sítí (včetně radarového snímkování) byl nezbytný pro návrh i realizaci – ukázal existenci nezakreslených kabelů, vyžadujících další úpravy.
- Zlepšení kvality života ve formě zdravějšího mikroklimatu a esteticky příjemnějšího prostředí podpořilo fyzickou i psychickou pohodu obyvatel.

Projekt Queen Caroline Estate vznikl pod vedením Groundwork London, ve spolupráci s londýnskou městskou částí Hammersmith & Fulham. Na realizaci se podílely rovněž odbor bydlení městské rady a tým pro řízení povodňových rizik.

Monitorování a hodnocení

Univerzita východního Londýna sleduje funkčnost podzemních a povrchových SuDS složek pomocí meteostanic, průtokových i tlakových senzorů či termovizních měření. Sociálně-ekonomické přínosy (rekreace, zdraví, snížení kriminality, edukace) se hodnotí prostřednictvím modelu BeST CIRIA a metody SROI (sociální návratnost investic), vyvinuté nadací New Economics Foundation. Výsledky monitoringu i závěrečné zprávy lze nalézt na webových stránkách projektu.

Detaily projektu

Dokončení výstavby: červenec 2015

Kapitálové náklady: 226 000 GBP

Rozsah: 2340 m²

Sponzoři a partneři: Program EU LIFE, londýnská část Hammersmith & Fulham, Úřad Velkého Londýna

Projektový tým

Groundwork London (krajinní architekti, participace obyvatel, řízení projektu LIFE+),

LB Hammersmith & Fulham (odbor bydlení, povodňová rizika, plánování),

EPG Ltd (poradenství a výpočty pro odvodnění),

Ekologické poradenství a poradenství v oblasti zelených střech (technické řešení),

Greatford Garden Services Ltd (landscaping).

Výsledná opatření výrazně vylepšila odvodňovací možnosti i životní podmínky v sídlišti Queen Caroline, a zároveň představují inspirativní, ekonomicky dostupný

příklad komplexního využití SuDS v sociálně znevýhodněných lokalitách (Susdrain ©b.r.).

7 Výsledné zhodnocení

Na základě provedené literární rešerše a jejího porovnání s reálnými podmínkami hospodaření s dešťovými a šedými vodami lze konstatovat, že současná opatření se zaměřují především na retenční a akumulární systémy, které v případě Škoda Auto, a. s., slouží k prvotnímu zachytu dešťových srážek, jako opatření proti zvýšenému průtoku v oblasti závodu a přilehlého okolí. V praxi lze sledovat rozdíly mezi teoretickými koncepty, legislativními opatřeními a skutečným fungováním. Požadavek na maximální dobu akumulace je v praxi obtížně využitelný pro rozpor mezi spotřebou a nároky na stabilní dodávku vody vzhledem k obtížné předvídatelnosti srážek. Byly sice posuzovány systémy pro aktivní řízení akumulárních nádrží v závislosti na předpovědi počasí, nicméně se ukázaly jako nespolehlivé vlivem malého území. Pro mě, celkem překvapivě, bylo zjištění, že se závodu vyplatí platit povodí Labe za odebranou vodu z Jizery než nákladně skladovat srážkové vody s nejistým výsledkem jejich dostatečné kapacity. Akumulované srážky tak především slouží technickým službám pro zálivku městské zeleně a čištění komunikací.

V případě budovy Drn je využití srážek koncipováno pouze k doplnění retenční nádrže. Pokud je srážek přebytek, odvádí se do dešťové kanalizace a v případě nedostatku se k zálivce zelené střechy a fasády používá pitná voda. Realizace systému čištění šedé vody by, dle mého názoru, přinesla kýžený efekt stabilní dodávky alespoň částečného množství vody potřebné pro zálivku. Výstavba střešní zahrady společně se zelenou fasádou v centru města vytváří pestrý efekt a přes některé nedostatky systému se jedná o přínos v hospodaření s dešťovými vodami.

Nejoptimálněji se jeví projekt Queen Caroline Estate a jeho forma modrozelené infrastruktury, který v sobě kombinuje nejen jednotlivé prvky hospodaření s vodou, ale i socioekonomické faktory potřebné pro podporu a další rozvíjení MZI.

Zájem o nové metody hospodaření s šedou vodou oproti spotřebě pitné vody, udržitelnou výstavbu a přínos pro životní prostředí lze nalézt např. v hotelu Mosaic House a v rezidenčním projektu Botanica K (1,2). Požadavek na dvojí rozvody kanalizace a instalaci nových rozvodů užitkové vody činí toto řešení optimálním zejména pro novostavby nebo při rozsáhlých rekonstrukcích. Systém využívání šedé

vody je proto nezbytné zohlednit již ve fázi návrhu projektu, aby bylo možné umístit jednotlivé provozy a technická zázemí, čímž se minimalizuje potřeba dodatečného potrubí a instalace čerpadel.

Výběr lokalit reflektoval jak moderní přístupy k hospodaření s dešťovými vodami (např. nové rezidenční čtvrti se zabudovanými retenčními prvky), tak tradiční městskou a průmyslovou zástavbu, kde dochází k výraznému odtoku srážkové vody do kanalizační sítě.

Z hlediska budoucího výzkumu by proto bylo vhodné zaměřit se na optimalizaci návrhu těchto systémů s ohledem na měnící se klimatické podmínky, využití pokročilých technologií pro efektivnější řízení srážkových vod, zlepšení propojení mezi městskou zelení a hospodařením s vodou, ať už dešťovou nebo šedou. Dále by bylo přínosné rozšířit výzkum o dlouhodobé monitorování účinnosti jednotlivých opatření a jejich socioekonomický dopad, včetně zohlednění nákladů na údržbu a návratnosti investic.

8 Diskuse

Tato práce se zabývala možnostmi hospodaření s dešťovými a šedými vodami v urbanizovaných oblastech se zaměřením na technologické, legislativní a ekonomické aspekty. Na základě provedené literární rešerše bylo identifikováno několik klíčových opatření, včetně retenčních nádrží, vsakovacích systémů, zelených střech a recyklace šedé vody. Ukázalo se, že kombinace těchto opatření vede ke snížení spotřeby pitné vody a odlehčení kanalizační sítě, což přispívá k udržitelnému hospodaření s vodními zdroji ve městech.

Z hlediska legislativního rámce bylo zjištěno, že evropské a české právní předpisy podporují využívání dešťových vod zejména pro technické účely, avšak recyklace šedé vody je stále regulována přísněji a její širší implementace vyžaduje legislativní úpravy. Ekonomická analýza naznačuje, že zatímco některá opatření (např. zelené střechy) mají vyšší pořizovací náklady, dlouhodobé úspory na vodném a stočném mohou tyto investice kompenzovat.

Výsledky této studie jsou v souladu s předchozími výzkumy v oblasti hospodaření s dešťovou a šedou vodou. Například studie (Bavorsko ©2005; Hollenbeck et Göbel, 2013; Sýkorová et al. 2021) potvrzuje, že retenční nádrže a vsakovací systémy mohou významně snížit objem povrchového odtoku, což je klíčové pro prevenci lokálních záplav. Na druhé straně, některé studie (např. Balvín et al.

2022) upozorňují na to, že efektivita těchto systémů je výrazně ovlivněna údržbou a kvalitou podloží.

Podobně výsledky naznačují, že opětovné využívání šedé vody chrání stávající vodní zdroje, omezuje nadměrnou těžbu podzemních vod a přispívá k ekonomické efektivitě (EEA ©2022). Nicméně v českém prostředí se praktická aplikace této technologie potýká s legislativními překážkami, což je v souladu s analýzou provedenou Vítkem (2014).

Na druhé straně se některé závěry této práce liší od předchozích výzkumů. Například ve srovnání s výsledky studie MŽP (2015), která tvrdí, že snížení nákladů na kanalizaci, ČOV a protipovodňová opatření může přinést významné ekonomické úspory a další benefity, tato práce naznačuje, že návratnost investic do těchto opatření může být ovlivněna, zejména místními podmínkami, volbou vhodného řešení, dlouhodobou udržitelností a způsobem financování. Rozpor je i mezi výsledky studie (Mihalakakou et al. 2023), kde v případě realizace zelené střechy uvádí zvýšení spotřeby energie na vytápění a tvrzením (Ballard et al. 2015), že zelené střechy mohou přispět ke snížení tepelných ztrát v zimě.

Shodu o nutnosti čistit dešťovou vodu z komunikací představuje text Plotěného (2011), který pokazuje, že filtrace přes humózní vrstvu trpí nízkou propustností, což omezuje její širší využití, a proto je třeba hledat efektivnější alternativy, a publikace (Bavorsko ©2005) která zmiňuje, že dešťová voda z komunikací je kontaminována škodlivinami, proto je její čištění často zajištěno vegetační vrstvou půdy nebo filtry, přičemž volba konkrétní metody závisí na dostupném prostoru, půdních podmínkách a kvalitě vody, přičemž v případě omezené vsakovací kapacity se kombinují s retenčními zařízeními.

Jelikož práce je založena na rešerši odborné literatury, její hlavní omezení spočívá v absenci primárních dat, jako jsou terénní měření nebo případové studie konkrétních lokalit. Některé závěry jsou tak založeny na zobecnění poznatků z různých geografických oblastí, což může vést k jejich omezené aplikovatelnosti v českém kontextu. Další limitací je variabilita zdrojů dat. Zatímco některé studie poskytují kvantitativní údaje o efektivitě opatření, jiné jsou spíše kvalitativního charakteru a opírají se o subjektivní hodnocení odborníků. To může vést k odlišným interpretacím efektivity jednotlivých technologií. Rovněž je třeba zmínit, že legislativní analýza byla provedena na základě aktuálně dostupných předpisů k roku 2025. Jakékoli budoucí změny právních norem mohou ovlivnit možnosti implementace opatření diskutovaných v této práci.

Výsledky této práce ukazují, že efektivní hospodaření s dešťovou a šedou vodou může významně přispět k adaptaci měst na změnu klimatu a snížení tlaku na vodárenskou infrastrukturu. Na základě provedené analýzy lze doporučit několik opatření pro zlepšení praxe:

1. **Podpora kombinovaných systémů** – Integrace vsakovacích systémů s retenčními nádržemi a recyklací šedé vody by mohla zvýšit efektivitu hospodaření s vodou.
2. **Legislativní úpravy** – Uvolnění některých restrikcí pro využití šedé vody by mohlo vést k širší adopci této technologie, zejména v novostavbách a komerčních budovách.
3. **Zlepšení ekonomických pobídek** – Dotace na instalaci retenčních nádrží a systémů recyklace by mohly zvýšit ochotu vlastníků budov investovat do těchto řešení.
4. **Osobní a veřejná osvěta** – Zvýšení povědomí o možnostech úspor vody by mohlo podpořit větší zapojení soukromého i veřejného sektoru do implementace opatření.

Přestože tato práce poskytla komplexní rešerši dostupných opatření, některé otázky zůstávají otevřené a vyžadují další výzkum:

1. **Ekonomická analýza návratnosti jednotlivých opatření** – Budoucí studie by se měly zaměřit na detailnější ekonomické modelování nákladů a přínosů různých systémů hospodaření s vodou.
2. **Praktická efektivita opatření v různých klimatických podmínkách** – Experimentální studie by mohly lépe určit, jak různé technologie fungují v odlišných geografických podmínkách.
3. **Akceptace obyvatelstvem** – Sociologické výzkumy by mohly objasnit, jaké bariéry brání širší implementaci opatření a jak lze zvýšit ochotu veřejnosti využívat alternativní vodní zdroje.

Diskuse této práce ukázala, že hospodaření s dešťovou a šedou vodou má významný potenciál pro udržitelný rozvoj urbanizovaných i venkovských oblastí, avšak jeho implementace čelí technologickým, ekonomickým a legislativním výzvám. Závěry práce jsou v souladu s většinou odborné literatury, přičemž byly identifikovány některé odlišnosti v ekonomických a legislativních aspektech. Výsledky této práce mohou sloužit jako podklad pro budoucí výzkum i pro tvorbu strategií na úrovni městské správy.

9 Závěr a přínos práce

Tato práce se zabývala komplexním přístupem k hospodaření s dešťovými a šedými vodami v urbanizovaném prostředí, přičemž analyzovala technologické, legislativní, ekonomické a environmentální aspekty implementace těchto opatření. Výsledky ukázaly, že integrace přírodě blízkých opatření, jako jsou retenční nádrže, vsakovací systémy, zelené střechy a recyklace šedé vody, významně přispívá k udržitelnému nakládání s vodními zdroji a adaptaci na klimatické změny. Analýza identifikovala hlavní výzvy spočívající v legislativních omezeních, vysokých pořizovacích nákladech některých technologií a nízké informovanosti veřejnosti o přínosech těchto opatření. Pro efektivní implementaci je nezbytný multidisciplinární přístup propojující technické, ekonomické a sociální aspekty.

Modro-zelená infrastruktura byla potvrzena jako účinný nástroj pro zmírnění negativních dopadů urbanizace na vodní režim, ochranu vodních zdrojů, adaptaci na klimatické změny a zlepšení kvality městského prostředí. Přestože některé technologie vyžadují vyšší počáteční investice, jejich dlouhodobé přínosy zahrnující snížení zatížení kanalizační sítě a zlepšení mikroklimatu jsou z ekonomického i environmentálního hlediska přínosné. Zjištěné překážky zahrnují nejednotnou legislativu a nedostatečné ekonomické nástroje pro podporu realizace těchto opatření.

Významným přínosem je systematická analýza efektivity jednotlivých opatření, která může sloužit odborné veřejnosti, městským samosprávám i soukromému sektoru při rozhodování o nejvhodnějších strategiích hospodaření s vodou. Tato práce může sloužit jako výchozí bod pro další výzkum zaměřený na optimalizaci řízení městského vodního hospodářství v souvislosti s klimatickými změnami a rostoucí urbanizací. Výsledky mohou být využity jako základ pro inovace v oblasti modro-zelené infrastruktury a adaptace měst na změnu klimatu, a sloužit jako podklad pro strategické rozhodování v oblasti městského plánování a vodohospodářské infrastruktury.

10 Přehled literatury a použitých zdrojů

10.1 Použitá literatura

10.1.1 Knihy

BAVORSKÝ ZEMSKÝ ÚŘAD PRO ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ, 2005: Přírodě blízké odvodnění dopravních ploch v sídlech. Mnichov: 40 s.

HLAVÍNEK P., PRAX P., SKLENÁROVÁ T., DVOŘÁKOVÁ D., POLÁŠKOVÁ K., KUBÍK J., HLUŠTÍK P. a BERÁNEK J., 2007: Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území. Ardec s.r.o., Brno: 164 s.

KOLEJKA, J., BATELKOVÁ, K., INSPEKTOR, T., KIRCHNER, K., KREJČÍ, T., KŘÍČKOVÁ, L., RAPANT, P., SMETANA, M., ZAPLETALOVÁ, J., 2015: Scénáře podpory krizového řízení geoinformačními technologiemi. Optimalizace aktivit při přívalové povodni, při ohrožení svahovými pohyby a toxické havárii na silnici a železnici. Soliton.cz, Brno: 210 s.

KREJČÍ, V., GUJER, W., GRAU, P., HAVLÍK, V., HLAVÁČ, J., HLAVÍNEK, P., HALOUN, R., HLUŠTÍK, P., KABELKOVÁ, I., KREJČÍK, J., KUBÝ, R., METELKA, T., MUCHA, A., NOVÁK, L., POLLERT, J., PRAX, P., RACLAVSKÝ, J., PRYL, K., ŠULCOVÁ, V., VANĚČEK, S., ZEMAN, E., 2002: Odvodnění urbanizovaných území - koncepční přístup. Brno: Noel 2000 s.r.o., Brno: 562 s.

MACHÁČ, J., DUBOVÁ, L., LOUDA, J., HEKRLE, M., ZAŇKOVÁ, L., BRABEC, J., 2019: Metodika pro ekonomické hodnocení zelené a modré infrastruktury v lidských sídlech. Institut pro ekonomickou a ekologickou politiku, Ústí nad Labem: 67 s.

MACHÁČ, J., DUBOVÁ, L., LOUDA, J., VACKOVÁ, A., 2018: Ekonomické hodnocení přírodě blízkých adaptačních opatření ve městech: Výsledky případových studií realizovaných opatření v ČR. Institut pro ekonomickou a ekologickou politiku, Ústí nad Labem: 63 s.

PUAY, Y. T., CHI, Y. J., 2017: Greening Cities, Forms and Functions. Springer Nature, Singapore: 372 s.

SÝKOROVÁ, M., TOMÁNEK, P., ŠUŠLÍKOVÁ, L., STAŇKOVÁ, N., HABALOVÁ, M., ČTVERÁK, M., a kol., MACHÁČ, J., HEKRLE, M., a kol., 2021: Voda ve městě. Metodika pro hospodaření s dešťovou vodou ve vazbě na zelenou infrastrukturu. Typos, tiskařské závody, s.r.o., Plzeň: 204 s.

VIOLLET, P. L., 2007: Water Engineering in Ancient Civilizations 5000 years of history. CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton: 334 s.

VÍTEK, J., STRÁNSKÝ, D., KABELKOVÁ, I., BAREŠ, V., VÍTEK, R., 2015: Hospodaření s dešťovou vodou v ČR. Praha 01/71 ZO ČSOP Koniklec, Praha: 129 s.

10.1.2 Časopisy

BALVÍN, P., SMRŽ, P., ŠVANCARA, J., MAKOVCOVÁ, M. a TÁBOŘÍKOVÁ, V., 2022: Posouzení možnosti změny užívání suchých nádrží. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, roč. 64, č. 5. S. 33–37.

MERTOVIČ, D., 2024: Přepřacovaná směrnice o čištění městských odpadních vod přináší nové výzvy nejen ve vodohospodářském sektoru. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, roč. 66, č. 4. S. 28–31.

10.1.3 Internetové zdroje

- BALLARD, B. W., WILSON, S., UDALE-CLARKE, H., ILLMAN, S., SCOTT, T., ASHLEY, R., KELLAGHER, R., 2015: The SuDS Manual (online) [cit. 2024.08.31], dostupné z <<https://www.ciria.org/ItemDetail?iProductCode=C753F&Category=FREEPUBS>>.
- BASSI, A., CUÉLLAR, A., PALLASKE, G., WUENNENBERG, L. (2017). Stormwater Markets: Concepts and applications. International Institute for Sustainable Development (IISD) (online) [cit. 2024.08.20], dostupné z <<https://www.jstor.org/stable/resrep14799.3>>.
- BESIR, A. B., CUCE, E., 2018: Green roofs and facades: A comprehensive review (online) [cit. 2025.02.13], dostupné z <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032117313680>>.
- BRUDERMANN, T., SANGKAKOOL, T., 2017: Green roofs in temperate climate cities in Europe – An analysis of key decision factors (online) [cit. 2025.02.12], dostupné z <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1618866716304332>>.
- COUTO, E. A., CALIJURI, M. L., ASSEMANY, P. P., SANTIAGO, A. F., CARVALHO, I. C., 2013: Greywater production in airports: Qualitative and quantitative assessment (online) [cit. 2025.02.20], dostupné z <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344913001134>>.
- CZEMP, ©b.r.: Obecné informace o membránových procesech (citováno) [cit. 2025.01.15], dostupné z <<https://www.czemp.cz/cs/membranove-procesy/obecne-informace-o-membranovych-procesech>>.
- EEA, ©2017: Pricing and non-pricing measures for managing water demand in Europe (online) [cit.2024.08.07], dostupné z <<https://www.eea.europa.eu/publications/water-management-in-europe-price>>.
- EEA Report, ©2022: Beyond water quality – Sewage treatment in a circular economy (online) [cit. 2024.08.31], dostupné z <<https://www.eea.europa.eu/publications/beyond-water-quality-sewage-treatment>>.
- FAO, ©2016: The state of food and agriculture climate change, agriculture and food security (online) [cit. 2024.02.24], dostupné z <<http://www.fao.org/3/a-i6030e.pdf>>.
- HAQ, S., A., 2017: Harvesting rainwater from buildings (online) [cit. 2024.08.31], dostupné z <<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-46362-9>>.
- HOLLENBECK, I., Göbel, P., 2013: Water-permeable pavements as the sole storm water management strategy - problems and possibilities (online) [cit. 2024.11.11], dostupné z <<https://hal.science/hal-03303570v1/file/1B1P14-032HOL.pdf>>.
- HUBAČÍKOVÁ, V., 2019: Možnosti využití odpadních vod pro závlahu (online) [cit. 2024.08.31], dostupné z <<https://www.ctpz.cz/vyzkum/moznosti-vyuziti-odpadnich-vod-pro-zavlahu-1001>>.
- MIHALAKAKOU, G., SOULIOTIS, M., PAPADAKI, M., MENOUNOU, P., DIMOPOULOS, P., KOLOKOTSA, D., PARAVANTIS, J. A., TSANGRASSOULIS, A., PANARAS, G., GIANNAKOPOULOS, E., PAPAETHIMIOU, S., 2023: Green roofs as a nature-based solution for improving urban sustainability: Progress and perspectives (online) [cit. 2025.02.12], dostupné z <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032123001624>>.
- MMR, ©2019: Vsakování srážkových vod (online) [cit. 2024.08.26], dostupné z <https://mmr.gov.cz/getattachment/e16069fa-3bf8-4a1d-82af-28a17df865c5/Metodika-vsakovani_srpen2019.pdf.aspx?lang=cs-CZ&ext=.pdf>.

- MŽP, ©2015: Možnosti řešení vsaku dešťových vod v urbanizovaných územích v ČR (online) [cit.2024.08.26], dostupné z http://www.povis.cz/mzp/132/vsak_destovych_vod.pdf.
- MŽP, ©2019: Studie hospodaření se srážkovými vodami v urbanizovaných územích (online) [cit.2024.08.26], dostupné z [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/hospodareni_srazkove_vody_urbanizovane_uzemi/\\$FILE/OANZK-studie_HDV-20191220.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/hospodareni_srazkove_vody_urbanizovane_uzemi/$FILE/OANZK-studie_HDV-20191220.pdf).
- NACHSHON, U., NETZER, L., LIVSHITZ, Y., 2016: Land cover properties and rain water harvesting in urban environments. Sustainable Cities and Society (online) [cit. 2024.08.24], dostupné z <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670716302037>.
- NGUYEN, T. T., NGO, H. H., GUO, W., WANG, X. C., REN, N., LI, G., DING, J., LIANG, H., 2019: Implementation of a specific urban water management - Sponge City (online) [cit. 2025. 01. 28], dostupné z <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718340518>.
- OBERASCHER, M., RAUCH, W., ROBERT SITZENFREI, R., 2022: Towards a smart water city: A comprehensive review of applications, data requirements, and communication technologies for integrated management (online) [cit. 2025. 01. 28], dostupné z <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670721007150>.
- PETRŮ, J., PETRŮ, Z., PETRŮ, M., CIHLÁŘ, J., KOHÚT, R., ČEJKA, M., BEBER, R., KUTÁČEK, S., BRANDTOVÁ, T., 2021: Ekonomika využití šedé vody efektivita využívání v budovách CZGBC (online) [cit. 2024.02.24], dostupné z <https://www.czgbc.org/cs/ke-stazeni>.
- PLOTĚNÝ, K., 2011: Voda z komunikací a její předčištění (online) [cit. 2024.02.24], dostupné z <https://voda.tzb-info.cz/8120-voda-z-komunikaci-a-jeji-predcisteni>.
- RODRÍGUEZ, C., SÁNCHEZ, R., REBOLLEDO, N., SCHNEIDER, N., SERRANO, J., & LEIVA, E., 2021: Life cycle assessment of greywater treatment systems for water-reuse management in rural areas (online) [cit. 2025. 02. 04], dostupné z <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148687>.
- Skanska, ©2019: tisková zpráva (online) [cit. 2025.02.18], dostupné z <https://residential.skanska.cz/blog/prulom-v-oblasti-setrne-rezidencni-vystavby>.
- Susdrain, ©b.r.: Sustainable Drainage Estates, London (online) [cit. 2025.02.18], dostupné z https://www.susdrain.org/case-studies/pdfs/queen_caroline_estate_london_final_v2.pdf.
- UNEP, ©2009: Rainwater Harvesting: A lifeline for human well-being (online) [cit. 2024.11.11], dostupné z https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7762/-Rainwater_Harvesting_a_Lifeline_for_Human_well-being-2009848.pdf?sequence=3&isAllowed=>.
- VAZ, M., I., C., ISTCHUK, R., N., ONEDA, T., M., S., GHISI, E., 2023: Sustainable Rainwater Management and Life Cycle Assessment: Challenges and Perspectives (online) [cit. 2024. 11. 26], dostupné z <https://doi.org/10.3390/su151612133>.
- VEOLIA, ©2018: Zpráva o udržitelném rozvoji (online) [cit. 2024.09.02], dostupné z https://www.veolia.cz/sites/g/files/dvc3971/files/document/2019/11/CSR%20zpráva%20VČR_2018_strany.pdf.

VÍTEK, J. a kol., JV PROJEKT VH s.r.o., 2014: Principy a zásady koncepce a strategie odvodnění MČ Praha 12 (online) [cit. 2024.08.27], dostupné z <https://www.pocitamesvodou.cz/wp-content/uploads/2015/06/P12_Strategie-HDV_2015-01.pdf>.

WARTALSKA, K., GRZEGORZEK, M., BEŁCIK, M., WDOWIKOWSKI, M., KOLANEK, A., NIEMIERKA, E., JADWISZCZAK, P., KAŻMIERCZAK, B., 2024: The Potential of RainWater Harvesting Systems in Europe – Current State of Art and Future Perspectives (online) [cit. 2025.01.26], dostupné z <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11269-024-03882-0?fromPaywallRec=true>>.

10.1.4 Legislativní zdroje

ČSN 75 6780: Využití šedých a srážkových vod v budovách a na přilehlých pozemcích. Česká agentura pro standardizaci, Praha, 2021. 40 s.

ČSN 75 9010: Vsakovací zařízení srážkových vod. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2012. 44 s.

ČSN EN 1085: Čištění odpadních vod – slovník. Český normalizační institut, Praha, 2007. 68 s.

ČSN EN 16941-2: Zařízení pro využití nepitné vody na místě – Část 2: Zařízení pro využití čištěné šedé vody. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2021. 30 s.

Nařízení č. 12/2024 Sb., Nařízení hlavního města Prahy, o požadavcích na výstavbu v hlavním městě Praze (pražské stavební předpisy), v platném znění.

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ze dne 23. října 2000, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky.

Směrnice Rady ze dne 21. května 1991 o čištění městských odpadních vod (91/271/EHS).

TNV 75 9011: Hospodaření se srážkovými vodami. Sweco Hydroprojekt a.s., Praha, 2013. 65 s.

Vyhláška č. 146/2024 Sb., Vyhláška o požadavcích na výstavbu, v platném znění.

Zákon č. 254/2001 Sb., Zákon o vodách a o změně některých zákonů (Vodní zákon), v platném znění.

10.1.5 Ostatní

Škoda Auto, a.s. 2024.

Budova Drn.

10.2 Seznam obrázků

Obr 1: Hydraulický systém Jawy – konec 4. tisíciletí př. n. l. podle Svenda Helmse, 1987 (Viollet, 2007).

Obr. 2: Schéma vodní bilance (Bavorský zemský úřad pro životní prostředí, 2005).

Obr. 3: Porovnání odtoku srážkových vod v přirozeném a urbanizovaném povodí (Vítek et al. 2015 (online) [cit. 2024.08.24], dostupné z <<https://www.pocitamesvodou.cz/a-publikace-hdv/>>).

Obr. 4: Prvky přírodě blízkého odvodnění (Bavorský zemský úřad pro životní prostředí, 2005).

Obr. 5: Propustná dlažba z betonových bloků se systémem výměny geocelulárního podkladu (Ballard et al.: The SuDS Manual (online) [cit. 2024.11.18], dostupné z <https://www.fenland.gov.uk/media/12340/SuDs-manual-SustainableDrainage/pdf/CIRIA_report_C753_The_SuDS_Manual-v3.pdf>).

Obr. 6: Parkoviště na letišti East Midlands s porézním asfaltovým povrchem (Ballard et al.: The SuDS Manual (online) [cit. 2024.11.18], dostupné z <https://www.fenland.gov.uk/media/12340/SuDs-manual-SustainableDrainage/pdf/CIRIA_report_C753_The_SuDS_Manual-v3.pdf>).

Obr. 7: Schéma systému v režimu útlumového úložiště - centrální přívodní potrubí (Ballard et al.: The SuDS Manual (online) [cit. 2024.11.18], dostupné z <https://www.fenland.gov.uk/media/12340/SuDs-manual-SustainableDrainage/pdf/CIRIA_report_C753_The_SuDS_Manual-v3.pdf>).

Obr. 8: Sestava zařízení na šedou vodu pro 4000 l a instalaci v suterénu (Ošlejšková, M.: Šedá voda ve zdravotní technice (online) [cit. 2025. 02. 15] dostupné z <<https://voda.tzb-info.cz/7110-seda-voda-ve-zdravotni-technice>>).

Obr. 9: Schéma odpadních vod Škoda Auto, jednotná vs. dešťová kanalizace. Lokality a objemy RDN (Škoda, 2024).

Obr. 10: Napojení na kanalizaci a umístění RDN SZ (Škoda Auto, 2024).

Obr. 11: Schéma RDN SZ (Škoda Auto, 2024).

Obr. 12: Střešní zahrada (foto vlastní, 2025).

Obr. 13: Čerpadlo (foto vlastní, 2025).

Obr. 14: Typické uspořádání betonového potrubního systému (Ballard et al.: The SuDS Manual (online) [cit. 2024.11.18], dostupné z <https://www.fenland.gov.uk/media/12340/SuDs-manual-SustainableDrainage/pdf/CIRIA_report_C753_The_SuDS_Manual-v3.pdf>).

Obr. 15: Modelovaný potenciál pro opětovné využití vody pro zavlažování v zemědělství v EU (EEA ©2022 (online) [cit. 2024.08.31], dostupné z <<https://www.eea.europa.eu/publications/beyond-water-quality-sewage-treatment>>).

Obr. 16: Systém pro recyklaci šedých vod (online) [cit. 2025.02.10], dostupné z <<https://www.asio.cz/cz/p/142.cistirny-sedych-vod-as-gw-aqualoop>>).

10.3 Seznam tabulek

Tabulka 1: Metodický postup pro ekonomické hodnocení (Sýkorová et al. 2021).

Tabulka 2: Příklady prvků a opatření modrozelené infrastruktury (Macháč et al. 2019).

10.4 Seznam grafů

Graf 1: Struktura ekonomických nákladů (Macháč et al. 2019).

Graf 2: Členění užitků (Macháč et al. 2018).

Graf 3: Zastoupení SN a poldrů v jednotlivých krajích (Balvín et al. 2022).

11 Přílohy

PŘÍLOHA Č. 1 - SROVNÁNÍ VYBRANÝCH METOD ČIŠTĚNÍ DEŠŤOVÉ VODY	1
PŘÍLOHA Č. 2 – INVESTIČNÍ A PROVOZNÍ NÁKLADY	2
PŘÍLOHA Č. 3 – PŘÍNOSY A LIMITY OPATŘENÍ HDV	3
PŘÍLOHA Č. 4 – VYUŽITÍ RECYKLOVANÉ VODY	6
PŘÍLOHA Č. 5 – VYHLÁŠKA 501/2006 Sb.	7
PŘÍLOHA Č. 6 – USPOŘÁDÁNÍ BETONOVÉHO POTRUBNÍHO SYSTÉMU	8
PŘÍLOHA Č. 7 – POTENCIÁL PRO OPĚTOVNÉ VYUŽITÍ VODY	9
PŘÍLOHA Č. 8 – SYSTÉM PRO RECYKLACI ŠEDÝCH VOD	10

Příloha č. 1 - Srovnání vybraných metod čištění dešťové vody

Metoda	Princip	Odstraňované látky	Výhody	Nevýhody
Filtrace	Fyzikální zachytávání částic pomocí filtračních médií	Suspendované částice, mikroby	Nízké provozní náklady, jednoduchost	Omezená účinnost na rozpuštěné látky
Granulované aktivní uhlí (GAC)	Adsorpce znečišťujících látek na povrch uhlí	Organické látky, barva, zápach	Vysoká účinnost na organické kontaminanty	Neodstraňuje bakterie a viry
Reverzní osmóza (RO)	Tlakem indukovaná filtrace přes polopropustnou membránu	Rozpuštěné soli, těžké kovy, patogeny	Vysoká účinnost na široké spektrum znečištění	Vysoké energetické náklady, časté čištění membrán
Pokročilá oxidace	Generování silných oxidačních činidel (např. hydroxylových radikálů)	Mikroorganismy, organické látky	Účinná eliminace mikrobů, možnost využití sluneční energie	Potenciální vznik vedlejších produktů
Bioretence	Filtrace vody přes biologicky aktivní půdu s biofilmem	Těžké kovy, suspendované částice, živiny	Přírodní řešení, vhodné pro menší systémy	Vyžaduje pravidelnou údržbu
Chlorace	Inaktivace mikroorganismů pomocí chloru	Mikroorganismy	Rychlý proces, jednoduchá aplikace	Riziko vzniku vedlejších produktů (např. THM)
Pomalá písková filtrace	Filtrování vody přes jemnozrnný písek	Bakterie, suspendované částice, těžké kovy	Nízké náklady, jednoduchost	Neodstraňuje zápach

Příloha 1: Srovnání vybraných metod čištění dešťové vody (Hlavínek et al., 2007)

Příloha č. 2 – Investiční a provozní náklady

Opatření HDV	Průměrné investiční náklady	Průměrné provozní náklady
Štěrkové a mlatové plochy	480 – 1 300 Kč/m ²	92 – 174 Kč/m ²
Propustné dlažby a lité povrchy	1 230 – 1 550 Kč/m ²	10 – 40 Kč/m ²
Zatravňovací dlažba	1 180 – 1 390 Kč/m ²	48 – 60 Kč/m ²
Štěrkový trávník	760 – 1 340 Kč/m ²	128 – 210 Kč/m ²
Trávník	109 – 285 Kč/m ²	30 – 120 Kč/m ²
Kvetoucí záhon	1 600 – 4 710 Kč/m ²	115 – 150 Kč/m ²
Dešťový záhon	1 865 – 3 310 Kč/m ²	85 – 180 Kč/m ²
Keře	200 – 300 Kč/ks	204 – 255 Kč/ks/3 roky
Stromy	3 960 – 215 300 Kč/ks	930 – 3 400 Kč/ks/rok
Vegetační střechy	1 000 – 3 500 Kč/m ²	15 – 250 Kč/m ² /rok
Vegetační fasády	15 – 17 000 Kč/m ²	5 – 280 Kč/m ² /rok
Plošné vsakování	990 – 1 260 Kč/m ²	30 – 50 Kč/m ²
Vsakovací průleh	1 920 – 9 770 Kč/m ²	35 – 62 Kč/m ²
Vsakovací rýha	1 935 – 5 430 Kč/m ²	30 – 150 Kč/m ²
Vsakovací retenční nádrž	1 450 – 1 840 Kč/m ²	35 – 65 Kč/m ²
Vsakovací šachta	23 000 – 57 500 Kč/m ³	150 Kč/nádrž/rok
Suchá retenční nádrž	1 400 – 2 600 Kč/m ²	35 – 65 Kč/m ²
Retenční nádrž se stálou hladinou vody	1 840 – 3 280 Kč/m ³	1 200 – 3 000 Kč/nádrž/rok
Podzemní retenční nádrž	20 000 – 38 000 Kč/m ³	250 – 700 Kč/nádrž
Umělý mokřad	1 150 – 3 750 Kč/m ²	10 – 21 Kč/m ²
Akumulační nádrž	16 680 – 28 350 Kč/m ³	150 – 350 Kč/m ³

Příloha 2: Investiční a provozní náklady (Sýkorová et al., 2021)

Příloha č. 3 – Přínosy a limity opatření HDV

Opatření HDV	Přínosy	Limity
Štěrkové a mlatové plochy	Vysoká propustnost, snížení povrchového odtoku a zadržení vody v místě	MZK vsakuje vodu v minimálním množství, nízké odstranění znečištění, v suchém počasí je povrch prašný
	Nízké pořizovací náklady	Náchylnost k vodní erozi
Propustné dlažby a lité povrchy	Snížení povrchového odtoku a zadržení vody v místě	Nutnost propustného podloží
	Ochlazování povrchu	Nevhodné na zatěžované plochy
Zatrávňovací dlažba	Protierozní funkce	Nutnost údržby
	Zlepšení místního klimatu a kvality ovzduší	Omezené dlouhodobé stání
	Filtrační vrstva tvořená kořenovým systémem a půdními organismy	Splnění podmínek pro růst rostlin
Trávníky	Ochrana půdního povrchu a protierozní funkce	Údržba dle vysazeného typu trávníku
	Filtrační vrstva	
Kvetoucí záhony	Zvýšení kvality ovzduší a místního klimatu společně s estetickým přínosem	Finanční náročnost
	Předčištění srážkové vody kořenovým systémem a půdními organismy	Zahradnické znalosti a zkušenosti vzhledem k druhovému omezení
Dešťový záhon	Regulace odtoku a zmírnění přívalových srážek	Nároky na vsakovací podmínky podloží
Keře	Snížení povrchového odtoku a zároveň zvýšení protierozní funkce	Důležitá je volba druhu, technologie výsadby a následné péče
	Zlepšení místního klimatu v podobě zvýšení vlhkosti a snížení teploty ovzduší	

Stromy	Zadržení srážkové vody, snížení povrchového odtoku a protierozní funkce	Pouze některé druhy jsou vhodné pro výsadbu ve městě.
	Zlepšení místního klimatu – eliminace teplotních extrémů, zvlhčení vzduchu, zachycení prachových částic	Nároky na prokořenitelný prostor a citlivost na posypovou sůl, riziko dlouhodobého přemokření kořenů.
Vegetační střechy	Snížení povrchového odtoku a přívalových srážek	Vyšší nároky na nosnost konstrukce a hydroizolace
	Filtrační vrstva pro srážkovou vodu v podobě kořenového systému a půdních organismů	Omezení údržby, zálivky a výběru rostlin
Vegetační fasády	Úspora energie, využití dešťových srážek při zálivce	Požadavky na nosný systém, velké nároky na zdroje.
Plošné vsakování	Předčištění vsakované vody	Větší prostorové a vsakovací podmínky
Vsakovací průleh	Předčištění vsakované vody	Potřeba velkých vsakovacích ploch
	Dle podloží možnost vsaku, retence nebo regulovaného odtoku	Ovlivnění sklonem pozemku a rizikem zanesení.
Vsakovací rýha	Podpora evapotranspirace	Nároky na technickou infrastrukturu
	Omezený vsak, retence a využití regulovaného odtoku	Předčištění pomocí travnatého pásu nebo kalové jímky
Vsakovací retenční nádrž	Předčištění vsakované vody	Vyšší nároky na prostor
	Zlepšení mikroklimatu a podpora evapotranspirace	Hrozba zanesení (zakomaltování) z důvodu vyššího zatížení
Suchá retenční nádrž	Zadržování a řízení povrchového odtoku pro ochranu před maximálními průtoky	Podmínkou je dostatečný prostor

Retenční nádrž se stálou hladinou vody	Zadržování a řízení povrchového odtoku pro ochranu před maximálními průtoky	Nároky na prostor
		Riziko komárů
Podzemní retenční nádrž	Využití dešťové vody v akumulacním prostoru	Zohlednění podzemních inženýrských sítí
	Zadržení a regulace povrchového odtoku s ochranou před kulminačními průtoky	Požadavky na použitý druh technologie
Umělý mokřad	Pomocí biologických procesů zvýšení kvality vody	Prostorové nároky
		Riziko přemnožení komárů
Akumulační nádrž	Hospodaření s DV místo pitné vody	Nároky na inženýrské sítě
		Cena pitné vody vs. roční spotřeba objemu nádrže

Příloha 3: Přínosy a limity opatření HDV (Sýkorová et al., 2021)

Příloha č. 4 – využití recyklované vody

Vodohospodářská skupina Veolia ve Zprávě o udržitelném rozvoji (2018), popisuje projekt využití recyklované odpadní vody:

Naším dalším inovativním projektem je pivo značky ERKO z pivovaru v Čížové na Písecku, které je uvařené z recyklované odpadní vody. Vodu z Ústřední čistírny odpadních vod (ÚČOV) Praha upravili odborníci z Veolie kombinací membránových technologií a aktivního uhlí. Naši hlavní motivací je posunout vnímání odpadní vody u lidí. Prostřednictvím našeho produktu dokazujeme, že je to surovina vhodná a důvěryhodná pro další výrobu a naši konzumaci. Pivo ERKO je skvělým příkladem fungování oběhového hospodářství v praxi, velký potenciál vnímáme právě v rovině vzdělávání a osvěty. Celá myšlenka výroby Erka nemá komerční, ale environmentální rovinu. Hlavním cílem je popularizovat principy oběhového hospodářství a odstranit často pouze mentální bariéry používání recyklovaných produktů, se kterými se ale setkáváme každý den. Dokážeme bez problému garantovat účinnost membránové technologie pracující na úrovni pod jeden nanometr; víme, že voda v řece využívaná na výrobu vody pitné je v řadě lokalit na dolních tocích téměř výhradně vypouštěnou vodou odpadní, přesto je pro nás těžké přijmout fakt, že se napijeme vody, byť sebelépe upravené, pokud byla již jednou využita. Proto jsme zvolili národní nápoj – pivo, u kterého bude překonání bariéry možná jednodušší.

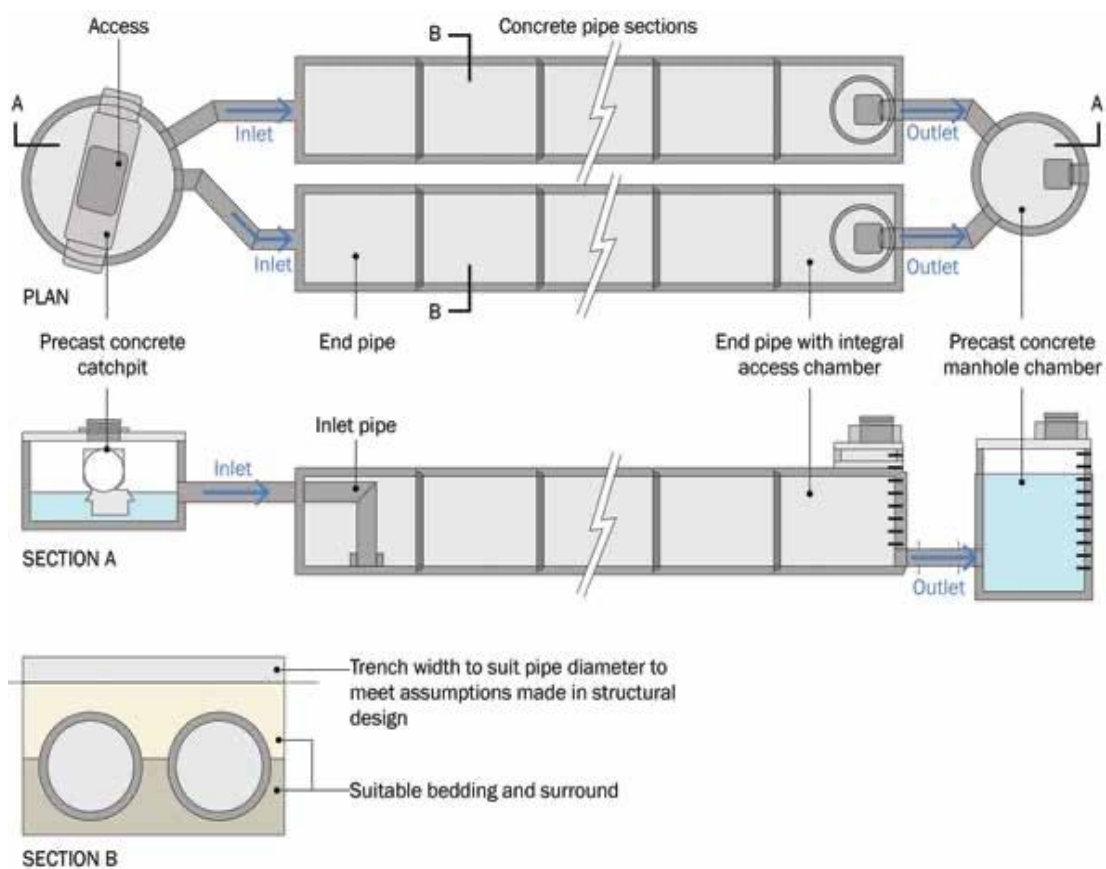
Příloha č. 5 – vyhláška 501/2006 Sb.

Vyhláška 501/2006 Sb. (od 1.1.2023 Stavební zákon) §20, odst. 5, písm. c)
Stavební pozemek se vždy vymezuje tak, aby na něm bylo vyřešeno:

c) hospodaření se srážkovými vodami jejich

1. akumulací a následným vytužím, vsakováním nebo výparem, pokud to hydrogeologické poměry, velikost pozemku a jeho výhledové využití umožňují a pokud nejsou vsakováním ohroženy okolní stavby nebo pozemky,
2. odváděním do vod povrchových prostřednictvím dešťové kanalizace, pokud jejich vsakování ani akumulace s následným využitím není možná, nebo
3. regulovaným odváděním do jednotné kanalizace, není-li možné odvádění do vod povrchových.

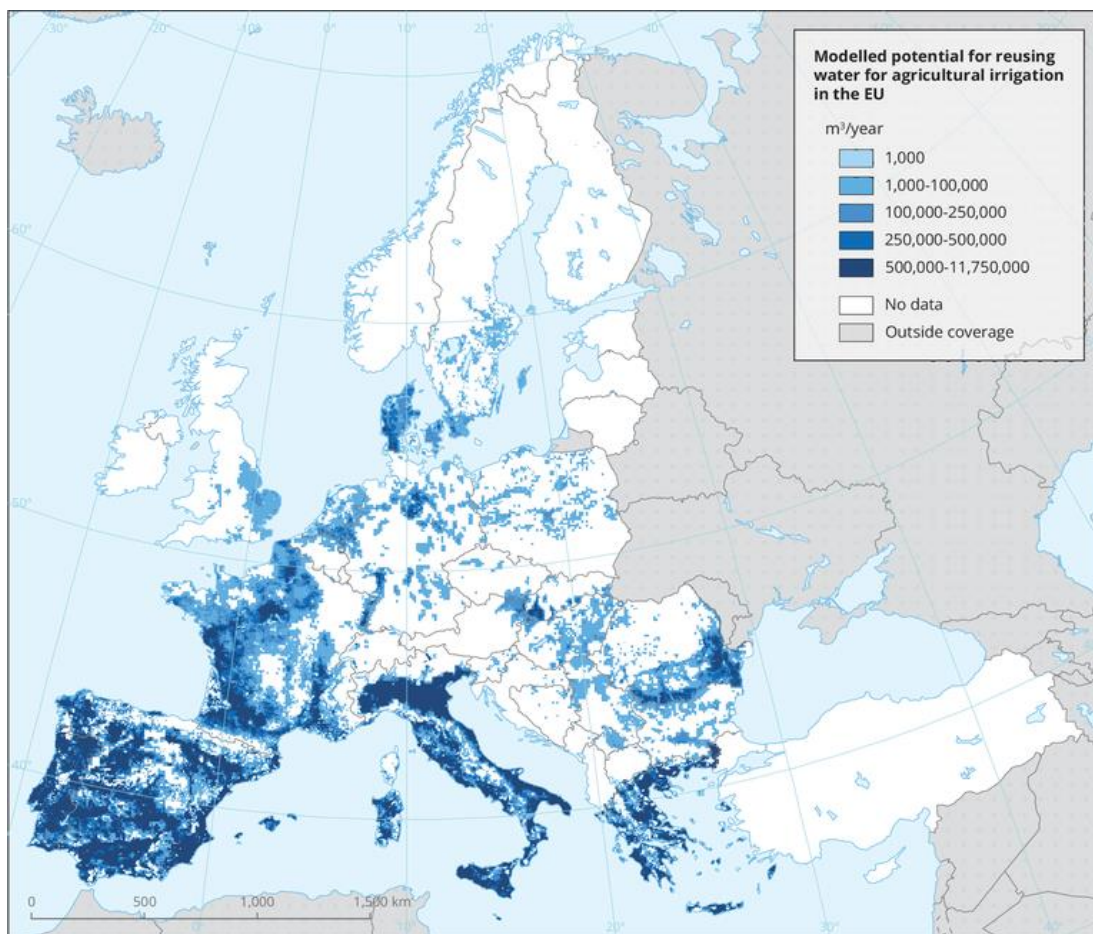
Příloha č. 6 – uspořádání betonového potrubního systému



SECTION B

Obr. 14: Typické uspořádání betonového potrubního systému (Ballard et al., 2015)

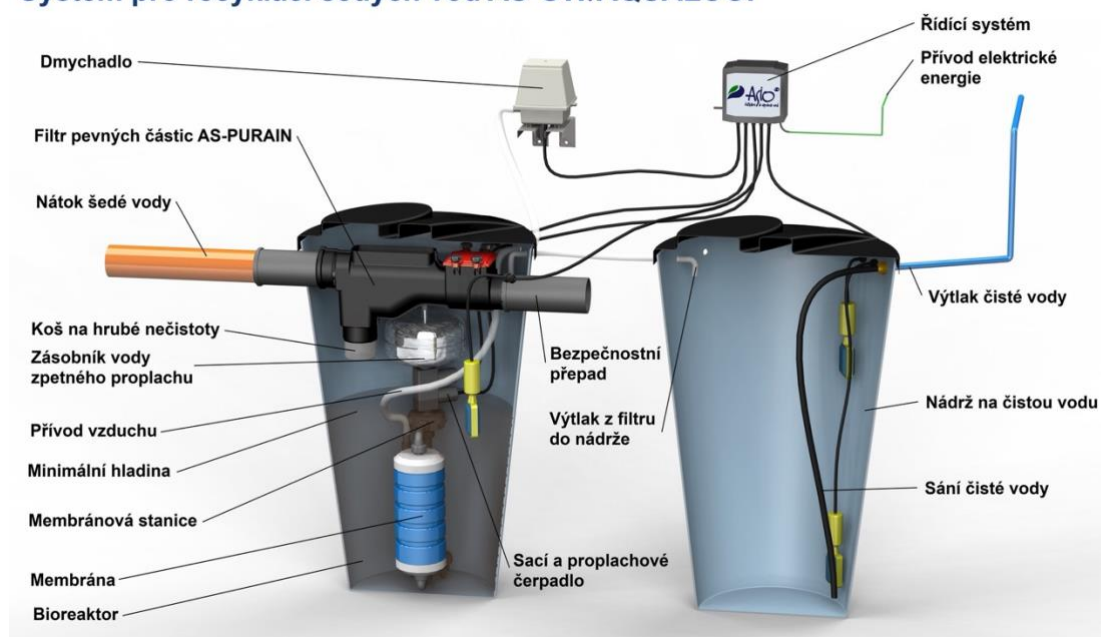
Příloha č. 7 – potenciál pro opětovné využití vody



Obr. 15: Modelovaný potenciál pro opětovné využití vody pro zavlažování v zemědělství v EU (EEA, ©2022)

Příloha č. 8 – systém pro recyklaci šedých vod

Systém pro recyklaci šedých vod AS-GW/AQUALOOP



Obr. 16: Systém pro recyklaci šedých vod (Asio, 2025)