

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování



Bakalářská práce

Hospodaření s dešťovou vodou ve městě

Vedoucí: Ing. Martin Heřmanovský Ph.D

Zpracovala: Annamária Suchanová

2024

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Annamária Suchanová

Územní technická a správní služba v životním prostředí

Název práce

Hospodaření s dešťovou vodou ve městě

Název anglicky

Urban rainwater management

Cíle práce

Cílem práce je rešerše problematiky spojené s hospodařením se srážkovými vodami v městském prostředí doplněná o návrh dešťové zahrady ve vybrané městské lokalitě.

Metodika

- 1) rešerše problematiky spojené s hospodařením se srážkovými vodami v městském prostředí,
- 2) návrh dešťové zahrady ve vybrané lokalitě,
- 3) posouzení návrhu z hlediska využití dešťových vod.

Doporučený rozsah práce

30-50 stran

Klíčová slova

dešťová voda, dešťová zahrada, retence vody, kanalizace

Doporučené zdroje informací

HLAVÍNEK, Petr; PRAX, Petr; KUBÍK, Jiří. *Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území*. Brno: ARDEC, 2007. ISBN 978-80-86020-55-6.

STRÁNSKÝ, David a kol. *Studie hospodaření se srážkovými vodami v urbanizovaných územích*. Asociace pro vodu ČR, z.s. (CzWA), 2019.

VÍTEK, Jiří; STRÁNSKÝ, David; KABELKOVÁ, Ivana; BAREŠ, Vojtěch; VÍTEK, Radim. *Hospodaření s dešťovou vodou v ČR*. Praha, ZO ČSOP Koniklec, 2015. ISBN 978-80-260-7815-9.

ŽABIČKA, Zdeněk. *Vodovod a kanalizace*. Brno: ERA group, 2003. ISBN 80-86517-52-7.

Předběžný termín obhajoby

2023/24 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Martin Heřmanovský, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 28. 2. 2024

prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 5. 3. 2024

prof. RNDr. Michael Komárek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 09. 03. 2024

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou/závěrečnou práci na téma:

Hospodaření s dešťovou vodou ve městě vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, 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 vědoma, 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 a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne 27.03.2024 _____

Obsah

1. Úvod	1
1.1 Cíle práce	1
2. Literární rešerše	3
2.1. Porovnání chování srážkových vod v přirozeném a v zastavěném území	3
2.2. Konvenční způsob odvodnění měst	4
2.3. Hospodaření s dešťovou vodou.....	5
2.4 Základní principy decentralizovaného odvodnění	6
2.6 Legislativní rámec HDV	9
2.7 Různé způsoby hospodaření s dešťovou vodou ve městě	11
2.7.1 Zelené střechy	11
2.7.2 Dešťové zahrady	13
2.7.3 Vsakování pomocí propustných povrchů.....	14
2.7.4 Retence dešťové vody	16
2.8 Příklady hospodaření s dešťovou vodou ze zahraničí	16
2.8.1 Vellinge, Švédsko, ulice Rundelsgatan	16
2.8.2 Postupimské náměstí, Berlín.....	17
2.8.3 Augustenborg, Švédsko	18
2.8.4 Ørestad - Kodaň, Dánsko	19
3. Metodika	20
3.1 Zájmové území.....	20
3.2 Vstupní data	20
4. Návrh dešťové zahrady pro vnitroblok panelového domu ve městě.....	23
4.1 Zjištění, zda je půda vhodná pro založení dešťové zahrady, výběr podloží	23
4.2 Výběr lokality v rámci vnitrobloku.....	26
4.3 Určení tvaru a velikosti dešťové zahrady.....	26
4.4 Výpočet návrhu dešťové zahrady	27
4.5 Výběr rostlin	35
4.6 Náskres dešťové zahrady:.....	38
4.7 Vizualizace nového vnitrobloku	39
5. Výsledky a diskuze	40
6. Závěr a přínos práce.....	41
7. Přehled literatury a použitých zdrojů	42
8. Seznam obrázků a tabulek	47
8.1 Seznam obrázků	47
8.2 Seznam tabulek	50

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala panu **Ing. Martinu Heřmanovskému, Ph.D.** za vedení, cenné rady a trpělivost. Dále děkuji za podporu a pomoc při studiu drahému manželovi Milanovi a synkovi Mikuláškoví.

Hospodaření s dešťovou vodou ve městě

Abstrakt

Tato práce se zabývá problematikou zadržování dešťové vody ve městech na území České republiky. Předkládá různé způsoby zadržení a využití vody přímo v místě jejího dopadu a následně představuje návrh realizace dešťové zahrady ve vnitrobloku panelového domu ve městě. Teoretická část práce je formulována prostřednictvím literární rešerše – obsahuje průřez legislativou a informace k různým způsobům jak hospodařit s dešťovou vodou a praktická část obsahuje detailní popis jednotlivých kroků, které je potřeba provést k založení efektivní dešťové zahrady. Dále obsahuje výpočty množství vody odvedené ze střech. Výsledkem práce je praktická ukázka toho, jak lze užitečně naložit s dešťovou vodou v městském prostředí. Navržená dešťová zahrada o velikosti 550 m² dokáže pojmout veškerou dešťovou vodu ze střech sedmi okolitých panelových domů.

Klíčová slova: dešťová voda, dešťová zahrada, retence vody, modro-zelená infrastruktura

Urban rainwater management

Abstract

This bachelor's thesis covers the matter of retention of rainwater in urban areas in Czech Republic. The thesis puts forward various methods of water retention and rainwater use right in location of rainwater fall and afterwards presents the concept of rainwater garden realisation for courtyard of housing unit in the city. Theoretical part of thesis is formulated through literature search and contains complex information about legislature and information about various methods of rainwater use and practical part contains detailed description of particular steps needed to establish an effective rainwater garden. It also contains calculation of amount of rainwater, which will be diverted from roofs of houses. Designed rain garden is the size of 550 m² and can contain all rainwater from roofs of seven adjacent housing units.

Key words: rainwater, rainwater garden, water retention, blue-green infrastructure

1. Úvod

Zastavěná území s velkým procentem zpevněných ploch představují velké riziko z hlediska zhoršení odtokových poměrů. Důsledkem vysoké hustoty zastavěnosti je zkrácení doby odtoku, minimální infiltrace, zahlcení odvodňovacích systémů a následně lokální záplavy a škody na majetku obyvatel a infrastrukturu měst (Balvín et al., 2021). V celém světě se městské prostředí zahušťuje a procento horizontálních povrchů pokrytých konstrukcemi a pevnými, nepropustnými povrchy narůstá (Kuosa et Holt, 2014).

Tady se dostává k slovu myšlenka Hospodaření s dešťovou vodou – dále HDV. Základem udržitelného HDV je odvodnění urbanizovaných území prostřednictvím decentralizovaných objektů, které srážkové vody zadržují, vsakují, vypařují a čistí v blízkosti jejich dopadu na zemský povrch místo jejich urychleného odvádění kanalizací do vodních toků (Stránský et al., 2021).

Dle platné české legislativy jsou popsány tři způsoby nakládání s dešťovou vodou: pokud máme vhodné podmínky a dostatečně propustné podloží, ideálním řešením je nechat vodu vsakovat přímo v místě dopadu. V případě horších vsakovacích podmínek je možné vsakování kombinovat s retencí a regulovaným odpouštěním. V případě nemožnosti vsakování je možné přistoupit pouze k retenci a regulaci odtoku. Z retenčních nádrží by měla být dešťová voda odváděna přednostně do povrchových vod a dešťové kanalizace, odvádění regulovaného odtoku do jednotné kanalizace je až poslední možnou variantou. Hospodaření s dešťovou vodou je obecně možné chápat jako souhrn technických řešení, které snižuje rychlost a množství odváděné vody do vodních toků a kanalizace (Samek, 2013).

1.1 Cíle práce

Tato práce se zabývá problematikou hospodaření s přebytečnou dešťovou a sněhovou vodou v městském prostředí. Cílem je nejdříve zjištění a představení dostupných informací o různých možnostech zadržování vody a vyhodnocení závěrů o nejpraktičtějších a nejmodernějších možnostech hospodaření.

Informace k dané problematice jsou podávány prostřednictvím literární rešerše. Rešerše obsahuje informace z české legislativy, základním pramenem je zákon 254/2001 sb., tzv. vodní zákon, dále vyhláška 183/2018 Sb., o náležitostech rozhodnutí a dalších opatření vodoprávního úřadu.

Práce se týká primárně území České republiky, budou uvedeny i inspirativní příklady ze zahraničí – z Německa, Švédska a Dánska.

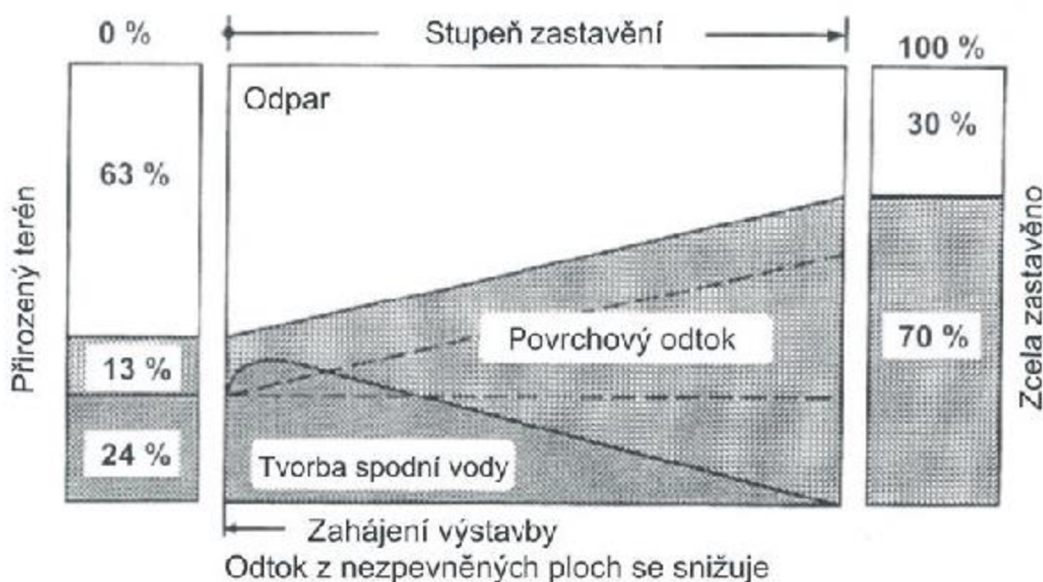
Na základě přehledu dostupných informací bude následně navrženo řešení pro vnitroblok panelového domu, kde namísto betonové dlažby vznikne dešťová zahrada, do které bude sváděna voda ze střech okolních domů.

Návrh bude obsahovat složení zahrady, výběr materiálů a rostlin a také výpočet množství vsáknuté dešťové vody za jednotku času. Cílem návrhu je využití dešťové vody přímo v místě dopadu, vytvoření relaxačního prostoru pro místní komunitu a zmenšení nátoku dešťových vod do místní kanalizace

2. Literární řešerše

2.1. Porovnání chování srážkových vod v přirozeném a v zastavěném území

Ve volné krajině, kde není narušen hydrologický cyklus vody, se srážky z 99 % vsáknou, jsou pohlceny rostlinami nebo evapotranspirují v místě dopadu (Hlavínek, 2007). Naproti tomu v urbánním prostředí, které je tvořeno ze 70 % až 100 % zpevněnými plochami, převážná většina dopadající vody oteče po povrchu do kanalizace. Přístupy hospodaření s dešťovou vodou, (dále jen „HDV“) jsou založeny na napodobování přirozeného cyklu vody v přírodě. Rozdíl mezi přirozeným a zastavěným územím je značný – viz obrázek 1.



Obrázek 1: Porovnání odparu dešťových vod, povrchového odtoku a tvorby spodní vody v přirozeném terénu oproti zcela zastavěnému území (Pírek, 2012).

Zvýšené procento zastavěnosti a s ním související změny mají dopady na různé složky životního prostředí (Stránský et al., 2019):

- *na podzemní vodu*, jejíž hladina neustále klesá, a v souvislosti s tím může být ohroženo i zásobování pitnou vodou;
- *na povrchové vody*, zejména vodní toky, jejichž hydrologický režim se mění (v období sucha chybí dotace podzemní vodou a vodní toky vysychají, za deště se zase zvyšují kulminační průtoky a může docházet k lokálním povodním).

Negativně působí i morfologické změny toku – napřímení či zpevnění koryta, která snižují schopnost toku transformovat povodňovou vlnu. Vodní toky ztrácejí ekologickou, estetickou i rekreační funkci.

- *na mikroklima v urbanizované oblasti*, kdy snížením výparu dochází k narušení energetického režimu v prostředí větších urbanizovaných celků, které se projevuje zvýšením teplot, vznikem tepelných ostrovů, sníženou vlhkostí vzduchu a zvýšenou prašností prostředí.

2.2. Konvenční způsob odvodnění měst

Za konvenční způsob odvodnění považujeme snahu svést srážkové vody nejkratší cestou do jednotné či oddílné kanalizace, odkud putuje přímo na čistírnu odpadních vod a odtud dále do recipientu. Pokročilejší, ale v dnešním měřítku už také zastaralou variantou, je svedení srážkových vod z urbanizovaných území do oddílné kanalizace, odkud srážková voda putuje přímo do recipientu nebo je zachycena v akumulacích nádržích, kde dochází k sedimentaci částic. Tyto nádrže mohou také sloužit jako retenční nádrže, které mohou chránit recipient při silných deštích. Obecně řečeno, bylo dřívější snahou centralizovat odvodnění městského území, dnes pozorujeme opačný trend. Prvky centrálního odvodnění ale bohužel stále zaujímají nezbytnou roli při moderním pojetí koncepce odvodnění sídelních celků (Hlavínek et al., 2000).

Rozlišujeme kanalizaci jednotnou a oddílnou. **Jednotnou kanalizací** se odvádí spolu splaškové i dešťové vody. Jednotné kanalizace se zřizovaly na konci 19. století, nyní se převážně nachází v historických částech měst. Za deštivého počasí bývá jednotná kanalizace přetížena, proto jsou na stokové síti vybudovány odlehčovací komory, ze kterých je přívalová voda odváděna přímo do nastávajícího toku (Žabička, 2003).

Oddílná kanalizace je soustava dvou nebo více systémů kanalizace, kterou se odvádí odpadní vody podle její kvality. Dešťová voda je napojena do veřejné dešťové kanalizace nebo je zachycována přímo na pozemku staveb či nemovitostí (Žabička, 2003). Splašková voda je odváděna do veřejné splaškové kanalizace a následně do čistírny odpadních vod.

2.3. Hospodaření s dešťovou vodou

„Hospodaření se srážkovými vodami v urbanizovaném území je takové nakládání se srážkovými vodami, které se zaměřuje na celé spektrum variability srážkového režimu od běžných dešťů po extrémní deště, a jehož cílem je v maximální možné míře napodobit přirozené odtokové charakteristiky lokality před urbanizací, chránit urbanizované území před zaplavením a vnosem znečištění do povrchových a podzemních vod a snižovat dopady sucha“ (Stránský et al., 2021).

Zásady pro hospodaření s dešťovou vodou jsou zcela jiné, než zásady pro konvenční odvodnění. Pro konvenční odvodnění je kanalizace nejbližší a samozřejmý recipient pro odvedení srážkových vod, ale HDV kanalizační síť většinou vůbec nepotřebuje. Vnímá ji jako poslední možné řešení. Za lepší varianty řešení považuje ty, které dokážou srážkovou vodu odvést cestou jejího přirozeného koloběhu v přírodě (Vítek et al., 2016).

Dle příručky ministerstva vnitra pro nakládání s dešťovou vodou v obcích na území ČR jsou nejdůležitější tyto zásady (Stránský et al., 2021):

- tam, kde to je účelné, srážkovou vodu akumulovat a využívat jako vodu užitkovou (zejména pro závlahu obecní zeleně či kropení ulic);
- realizovat co nejvíce zeleně vč. vegetačních (zelených) střeš, aby se podpořil výpar a ochlazování prostředí;
- zachovat / obnovit v co největší míře propustné povrchy; pokud je nutné zpevnění povrchů, řešit ho jako polopropustné, aby z těchto povrchů odtékalo co nejméně vody a voda se vsakovala;
- odvádět vodu, která odtéká ze zpevněných povrchů do zeleně (na zatravněné plochy nebo ke stromům), aby ji využila;
- není-li možné odvádět vodu do zeleně, je nutno ji krátkodobě zadržet a vsáknout, prioritně v povrchových vsakovacích objektech s půdním filtrem osázeným vegetací/zatravněným (vsakovací plochy, průlehy, průlehy s rýhou, vsakovací nádrže);
- nelze-li vsakovat, je nutno vodu krátkodobě zadržet a odvést do vodního toku nebo do kanalizace; pro zadržení vody prioritně budovat povrchové retenční objekty osázené vegetací

- zajistit bezpečné odvádění vod při přetížení objektů či systému;
- volbou vhodných objektů posilovat biodiverzitu a zvyšovat estetiku a rekreační možnosti území (multifunkční využívání);
- objekty HDV řetězit a vytvářet tak systém modrozelené infrastruktury s vazbou na sídelní zeleň a vodní prvky, zvyšovat bezpečnost celého systému a účinnost čištění srážkového odtoku.

2.4 Základní principy decentralizovaného odvodnění

Objekty a zařízení HDV dělíme na centrální a decentrální. Rozdíly mezi principy centrálního a decentrálního způsobu odvodnění znázorňuje tabulka č. 1.

Centrální způsob odvodnění	Decentrální způsob odvodnění
přesouvá problém mimo místo svého vzniku (do nižších povodí) a na někoho jiného	řeší problém v místě svého vzniku za prostředky majitele nemovitosti
omezuje výpar a vsakování	podporuje výpar a vsakování
zvyšuje rychlost odtoku vody z povodí	zpomaluje odtok vody z povodí
značně finančně zatěžuje majitele kanalizace (většinou obec [5])	finanční zátěž se přesouvá na majitele odvodňovaných nemovitosti
nedostatečná ochrana nemovitostí před lokálními záplavami	zvyšuje ochranu nemovitostí před lokálními záplavami
popírá zásady udržitelného rozvoje	splňuje zásady udržitelného rozvoje

Tabulka 1: rozdíly mezi centrálním a decentralizovaným odvodněním (Knap, 2017)

Decentrální objekty hospodaří s dešťovou vodou přímo v místě vzniku a centrální objekty jsou určeny pro více staveb najednou a jsou aplikována na konci řetězce odvodnění – jsou tedy zařazena za decentrální opatření. Do HDV tedy patří i centrální i decentrální objekty, pokud jsou použity pouze ty centrální, nehovoříme o HDV (Vítek et al., 2015).

Decentralizované systémy snižují riziko budoucích problémů a havárií a zároveň umožňují individuální výběr nejvhodnějších technologií úpravy a odvádění odpadních vod. Tím je myšleno technologie, které jsou ekonomicky dostupné, environmentálně či ekologicky udržitelné, sociálně akceptovatelné a efektivní po technické stránce (Zaharia, 2016).

Centrální objekty pracují s dešťovou vodou na úrovni obcí nebo regionů. Nejdecentralizovanější možností nakládání s dešťovou vodou je nakládání na jednotlivých pozemcích v režii majitele pozemku (Cutter, 2021).

Decentrální způsob odvodnění však nezahrnuje jen objekty a zařízení HDV, ale také přístupy a opatření přispívající k zachování přirozeného koloběhu vody – například akumulace srážkové vody, vegetační střechy (Vítek et al., 2015).

Decentrální způsoby odvodnění (Vítek et al., 2015):

- řeší problém tam, kde vznikl, za prostředky toho, kdo ho způsobil
- zmírňují důsledky pokročilé urbanizace a změn klimatu
- účinněji chrání majetek a zdraví obyvatel před záplavami
- srážkovou vodu vsakují nebo zadržují a zpomalují její odtok
- přibližují koloběh vody v urbanizovaných územích jeho přirozené podobě
- splňují kritéria udržitelného rozvoje měst a obcí

2.5 Modro-zelená infrastruktura

Modro-zelená infrastruktura je soubor přírodě blízkých a technických opatření, která propojují srážkový odtok s vegetačními a vodními prvky v sídlech za účelem přirozeného lokálního koloběhu vody, zvýšení ochrany jakosti vod a zlepšení mikroklimatické funkce (Stránský et al., 2021).

„Její úkolem je chránit území proti záplavám, a to snížením povrchového odtoku v místě, kam srážková voda dopadne a spolu s tím vytvářet pro sídelní zeleň takové podmínky, aby ji bylo možné využít ke zmírňování sucha, přehřívání staveb a jejím prostřednictvím byly poskytovány další cenné ekosystémové služby“ (Vítek, 2023).

Do kategorie zelené infrastruktury řadíme vegetační střechy, vertikální zeleň či parky. Modrá infrastruktura představuje prvky zadržující vodu ve městě a v krajině – příklady prvků modré a zelené infrastruktury jsou uvedeny v tabulce č. 2. Kromě modré a zelené infrastruktury rozlišujeme ještě šedou infrastrukturu, která zahrnuje stavebně-technické opatření (Králová, 2022).

Příklady prvků/opatření
Vodní plochy (např. fontány, rybníky, jezírka, tůně, 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 modro-zelené infrastruktury (Macháč et al., 2017).

Zajímavou odnoží modro-zelené infrastruktury je tzv. modrozelenošedý systém (dále BGG systém), v originále blågröngrå system (anglicky BlueGreenGrey System). Tato technologie vychází z nashromážděných zkušeností v oblasti vodního hospodářství a uplatnění vegetace v městském prostředí. Za zakladatele se považuje Peter Stahre, který se touto myšlenkou zabýval již v devadesátých letech dvacátého století (Richtr et al., 2022).

„BGG systém je koncept, jehož cílem je integrace funkcí zahrnujících hospodaření s dešťovou vodou - blue, vegetaci - green a zpevněné plochy - grey“ (Fridell et al., 2022). Je souborem technologií výsadby stromů a hospodaření se srážkovou vodou v městských ulicích. Je aplikovatelný jak při rekonstrukcích stávajících veřejných prostranství, tak i při tvorbě nového městského prostoru s cílem zvýšit jeho odolnost vůči dopadům klimatické změny. Výsledkem je funkčnější vegetační prostor s nižším rizikem zatopení při přívalových deštích a s dostatkem vody pro městskou vegetaci v období sucha (Richtr et al., 2022).

Příklad aplikace BBG systému je v této práci uveden dále v kapitole 2.7 „Příklady hospodaření s dešťovou vodou ze zahraničí“, jedná se hned o první příklad - ulice Rundelsgatan ve švédském Vellinge.

2.6 Legislativní rámec HDV

Mezi legislativní předpisy České republiky věnující se vodnímu hospodářství a zvláště dešťové vodě patří:

1. Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách, ve znění pozdějších předpisů (dále jen „vodní zákon“)

Základním legislativním předpisem je zákon č. 274/2001 Sb., o vodách (dále jen „vodní zákon“), který v § 5 každému stavebníkovi ukládá povinnost hospodařit se srážkovou vodou přímo na svém pozemku.

§ 5 vodního zákona:

„Při provádění staveb nebo jejich změn nebo změn jejich užívání jsou stavebníci povinni podle charakteru a účelu užívání těchto staveb je zabezpečit zásobováním vodou a odváděním, čištěním, popřípadě jiným zneškodňováním odpadních vod z nich v souladu s tímto zákonem a zajistit vsakování nebo zadržování a odvádění povrchových vod vzniklých dopadem atmosférických srážek na tyto stavby v souladu se stavebním zákonem. Bez splnění těchto podmínek nesmí být povolena stavba, změna stavby před jejím dokončením, užívání stavby ani vydáno rozhodnutí o dodatečném povolení stavby nebo rozhodnutí o změně v užívání stavby.“

Mimo vlastní pozemek může být vypouštěna jen srážková voda z regulovaného odtoku (v případě, že nejsou vhodné podmínky pro vsakování) a voda z bezpečnostních případů.

2. Vyhláška č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území ve znění vyhlášky č. 269/2009 Sb. (dále jen „vyhláška 501“)

Další legislativní předpis, který řeší konkrétní priority z hlediska způsobu hospodaření se srážkovými vodami na pozemku je vyhláška č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území. Vyhláška stanovuje jednoznačné priority, kam a jak srážkovou vodu odvádět. Před vsakováním je upřednostněno jiné využití srážkových vod, jako je třeba využití jako užitkové vody v objektu nebo využití vody pro zálivku zeleně.

Pokud nejsou vhodné podmínky pro vsakování dešťových vod, je vždy nutné vybudovat alespoň retenční nádrž s regulovaným odtokem podle ustanovení § 20 odst. 5 vyhlášky 501.

§ 20. odst. 5 písm. c) vyhlášky 501:

Stavební pozemek se vždy vymezuje tak, aby na něm bylo vyřešeno hospodaření se srážkovými vodami jejich:

1. akumulací s následným využitím, 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 akumulace s následným využitím, vsakováním nebo výparem není možná, nebo
3. regulovaným odváděním do jednotné kanalizace, není-li možné odvádění do vod povrchových.

Podle vyhlášky 501 se stavební pozemek vždy vymezuje tak, aby na něm bylo vyřešeno přednostní vsakování srážkové vody. Splnit povinnost srážkovou vodu přednostně vsakovat lze prokázat pouze hydrogeologickým průzkumem.

3. Vyhláška č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby

Tato vyhláška je ochranou proti zavádění tzv. bezodtokových území, na nichž není povolováno napojování stavebních pozemků a staveb na vodní tok nebo jednotnou kanalizaci bezpečnostním přelivem (Vítek et al., 2015). V § 6 popisuje připojení staveb na síť technického vybavení:

„Stavby, z nichž odtékají povrchové vody, vzniklé dopadem atmosférických srážek (dále jen „srážkové vody“), musí mít zajištěno jejich odvádění, pokud nejsou srážkové vody zadržovány pro další využití. Znečištění těchto vod závadnými látkami nebo jejich nadměrné množství se řeší vhodnými technickými opatřeními. Odvádění srážkových vod se zajišťuje přednostně zasakováním. Není-li možné zasakování, zajišťuje se jejich odvádění do povrchových vod; pokud nelze srážkové vody odvádět samostatně, odvádí se jednotnou kanalizací.“

Podle této formulace musí mít stavby zajištěno odvedení veškeré srážkové vody, kterou nelze vsáknout do podzemí nebo odvést do kanalizace. Z toho vyplývá, že „bezodtoková území“, tedy stavební pozemky bez přípojek do uličních stok nebo přilehlých povrchových toků jsou nezákonné stavby (Vítek et al., 2015).

4. Technická norma ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod (platí od 1. 3. 2012)

Norma ČSN 75 9010 popisuje rozsah a způsoby provádění geologického průzkumu pro vsakování srážkových povrchových vod. Přináší také základní přehled v současnosti používaných povrchových a podzemních vsakovacích zařízení. Dále uvádí postup a příklady výpočtů retenčních objemů vsakovacích zařízení, zabývá se mírou bezpečnosti proti přeplnění vsakovacích zařízení a přetékání srážkových vod na povrch.

5. Technická norma TNV 759011 Hospodaření se srážkovými vodami

Norma TNV 759011 řeší nakládání se srážkovými vodami zejména na pozemku stavby (decentrální způsob odvodnění), ale jsou uvedena i centrální opatření, která jsou řazena za opatření decentrální tak, aby byl vytvořen funkční systém přírodě blízkého odvodnění. Jsou zde uvedena také opatření pro snížení srážkového odtoku, případně pro prevenci jeho vzniku.

2.7 Různé způsoby hospodaření s dešťovou vodou ve městě

2.7.1 Zelené střechy

Zelená střecha, střešní zahrada nebo vegetační střecha je střecha, kterou pokrývá vegetační souvrství s vegetací. Vegetačním souvrstvím se rozumí soubor funkčních vrstev, které svými vlastnostmi a společným působením tvoří vhodné a trvalé prostředí pro život a růst rostlin (Dostál et al., 2017). Zelené střechy dělíme do podkategorií v závislosti od typu rostlin, které pěstujeme, od sklonu, od skladby vegetačního souvrství, od přístupnosti a také podle převažující funkce (Svaz zakládání a údržby zeleně, 2016):

Rozdělení podle druhu vegetace (Svaz zakládání a údržby zeleně, 2016):

- *extenzivní* – vyžadující minimální péči člověka, postačí kontrola 2x ročně, mocnost souvrství 60-150 mm, obvykle se jedná o nepochozí střechy, používají se rostliny s vysokou regenerační schopností (viz obrázek 2)
- *polointenzivní* – přechodný typ mezi extenzivními a intenzivními, nutná vyšší intenzita péče – závlaha v sušších obdobích roku, mocnost souvrství 150-350 mm, lze využít i trávy a trvalky
- *intenzivní* – vyžaduje pravidelnou údržbu – závlaha, hnojení, pleť, mocnost souvrství je vyšší než 300 mm, jsou obvykle pochozí a mohou zahrnovat téměř neomezenou rozmanitost porostu (viz obrázek 3)



Obrázek 2: extenzivní zelená střecha v Úžině (Dostál, 2020)



Obrázek 3: intenzivní zelená střecha v Brně (Dostál, 2020)

Rozdělení podle přístupnosti (Svaz zakládání a údržby zeleně, 2016):

- *nepochozí* – není určena primárně k pobytu osob, vstup pouze za účelem údržby;
- *pochozí* – přístupná vyhrazenému okruhu poučených osob v omezeném rozsahu;
- *pobytové* – běžně přístupné pro pohyb a pobyt osob.

Rozdělení podle převažující funkce (Svaz zakládání a údržby zeleně, 2016):

- *retenční* – určené k zadržování maximálního množství srážkové vody a zpomalení odtoku do kanalizace;

- *podporující biodiverzitu* – navrhované s důrazem na velkou rozmanitost rostlinných a živočišných druhů;
- *kombinované s fotovoltaikou* – v kombinaci s fotovoltaickými panely;
- *pěstební* – střechy využité k rostlinné nebo zemědělské výrobě

Rozdělení podle skladby vegetačního souvrství (Svaz zakládání a údržby zeleně, 2016):

- *jednovrstvé* – substrát plní vegetační, drenážní i hydroakumulační vrstvu, uplatňuje se především u jednoduchých extenzivních a u šikmých střech; základním požadavkem je minimální obsah vyplavitelných částic v substrátu a jeho dostatečná propustnost
- *vícevrstvé* – vegetační souvrství se skládá z několika samostatných funkčních vrstev, nejčastěji je tvořeno vrstvou vegetační, filtrační, hydroakumulační, drenážní a ochrannou, uplatňuje se u intenzivních a většiny plochých extenzivních střech.

Rozdělení podle sklonu (Svaz zakládání a údržby zeleně, 2016):

- *plochá střecha* – střecha se sklonem vnějšího povrchu $\alpha \leq 5^\circ$,
- *šikmá střecha* – střecha se sklonem vnějšího povrchu $5^\circ < \alpha \leq 45^\circ$; s ohledem na konstrukci vegetačního souvrství a zajištění proti sjíždění vrstev dělíme šikmé střechy na střechy s mírným sklonem 5–20° a s velkým sklonem 20–45°,
- *strmá střecha* – střecha se sklonem vnějšího povrchu $45^\circ < \alpha \leq 90^\circ$.

2.7.2 Dešťové zahrady

Dešťové zahrady jsou terénní deprese s bohatou rostlinnou výsadbou dobře snášející nadbytek i nedostatek vody (viz obrázek 4). Takovéto uměle vybudované záhony slouží pro akumulaci, výpar a vsakování srážkových vod z okolních nepropustných ploch (Vítek et al., 2015).

Dešťová zahrada se vždy po dešti naplní vodou a voda se pomalu infiltruje do půdního prostředí, místo toho aby odtekla do kanalizace. V porovnání se zatravněnou plochou vstřebá dešťová zahrada o 30 % víc vody do země (Bannerman et Considine, 2003).

Častou obavou lidí uvažujících o dešťové zahradě je výskyt komárů. Není se čeho obávat, komáři potřebují 7 až 12 dní ve stojaté vodě, aby nakladli vajíčka a aby se vylíhli potomci. V dešťové zahradě bude po bouřce stát voda nanejvýš několik hodin (Andreoletti, 2008).



Obrázek 4: dešťová zahrada u cesty v Melbourne (Melbourne water, 2022)

2.7.3 Vsakování pomocí propustných povrchů

Dle vyhlášky č. 501/2006 Sb. je prioritním způsobem hospodaření se srážkovými vodami vsakování v místě dopadu. Musí být tedy vždy prověřeno jako první možnost nakládání s dešťovou vodou a pouze v případě, že je vsakování prokazatelně vyloučeno, je možné přistoupit k regulovanému odvádění srážkových vod do vod povrchových či v posledním případě do kanalizace. Nejdůležitější geologickou podmínkou, která limituje proveditelnost vsakování je vsakovací schopnost prostředí, která určuje i velikost vsakovacího zařízení.

Dle technické normy TNV 759011 dělíme vsakovací zařízení na *povrchová* a *podzemní*. Povrchová vsakovací zařízení dále rozlišujeme na *plošný vsak*, kdy k vsakování dochází přetokem vody po terénu a *vsak s retenčním objemem*, kam řadíme vsakovací průleh, vsakovací průleh s rýhou nebo vsakovací nádrž.

Podzemní zařízení dělíme na *liniové* (vsakovací rýhy), *bodové* (vsakovací šachty) a *plošné* (vsakovací podzemní prostory) a dle typu náplně je dělíme na zařízení s médiem štěrku či voštinových bloků.

2.7.3.1 Propustná a zatravněvací dlažba

Jedním ze souboru opatření modro-zelené infrastruktury je vývoj propustných povrchů. „Až dvě třetiny nepropustných ploch ve městech tvoří chodníky a plochy související s dopravními komunikacemi“ (Hela et al., 2022). Rozlišujeme dlažební prvky vyrobené z propustného betonu a zatravněvací dlažbu s prostorem pro růst zeleně. Propustný beton je, vzhledem ke schopnosti propouštět velké objemy srážek při přivalových deštích, vhodným nástrojem použitelným pro zmírnění vlivu klimatických změn v městském prostředí (Kuosa et Holt, 2014).

Například dlažba Ecosave od firmy Godelmann (viz obrázek 5), kde se v řadě Geoston Protect vsakuje vody přes samotný kámen, který obsahuje póry, ve kterých se voda i zadrží a následně se vypařuje a dlažbu ochlazuje. Měštům jsou na tyto druhy dlažeb poskytovány dotace ve výši 50 až 85 % (Brožová, 2020).



Obrázek 5: ukázka technologie propustné dlažby Ecosave (Brožová, 2020)

2.7.4 Retence dešťové vody

Retenci dešťových vod zajišťujeme pomocí retenčních nádrží, které patří do kategorie malých vodních nádrží.

Řadíme sem suché retenční nádrže – poldry, retenční nádrže s malým zásobním prostorem, protierozní nádrže, dešťové nádrže, vsakovací nádrže a nárazové nádrže (Šedivý et al., 2011)

Retenční nádrže slouží k efektivnímu nakládání s větším množstvím srážkových vod - pomocí zadržení náhlých srážek je možné zabránit povodním nebo přílišnému zatížení odtokových systémů. V závislosti od účelu rozlišujeme nádrže retenční a akumulací. „Hlavním rozdílem mezi retenční a akumulací nádrží je přítomnost nebo absence stálého obsahu vody“ (Leber, 2015).

Retenční nádrže slouží k zpomalení odtoku vody její dočasným zadržením, voda je následně postupně vypouštěna do vyprázdnění nádrže. Prázdná nádrž tedy slouží pouze k zadržení vody na dočasnou dobu, smyslem nádrže není vodu akumulovat. Oproti tomu **akumulací nádrže** jsou určeny k zadržování vody permanentně, vodu konzervují a je tedy k dispozici pro využití například na splachování či na zahradě (Kraus, 2023).

2.8 Příklady hospodaření s dešťovou vodou ze zahraničí

2.8.1 Vellinge, Švédsko, ulice Rundelsgatan

Na ulici Rundelsgatan ležící v obytné zóně, jsou i cesta i chodník vybudovány tradičně z asfaltu. Vzhledem k tomu že tento povrch generuje odtok dešťové vody do kanalizace bez možnosti vsakování na místě, vytvořili místní obyvatelé několik dešťových zahrad přímo na ulici – viz obrázek 6. Design je tvořen dešťovými zahradami ve formě záhonů s květinami a stromy které zachycují vodu v místě dopadu a jejich umístění navíc zpomaluje dopravu a zvyšuje bezpečnost ulice (Fridell, 2019).

Tyto dešťové zahrady mají schopnost retence a čištění dešťové vody a zároveň fungují jako prokořinitelný prostor, spadají do koncepce Bluegreengrey systému.

„To, co činí systém zvláště užitečným, je zejména fakt, že dokáže zajistit všechny tyto funkce a přitom dokáže splnit současné požadavky na dopravní intenzitu a únosnost povrchu. Díky tomu lze vytvořit multifunkční prostor, o který se dělí chodci, cyklisté i motorová vozidla“ (Fridell et al., 2022).

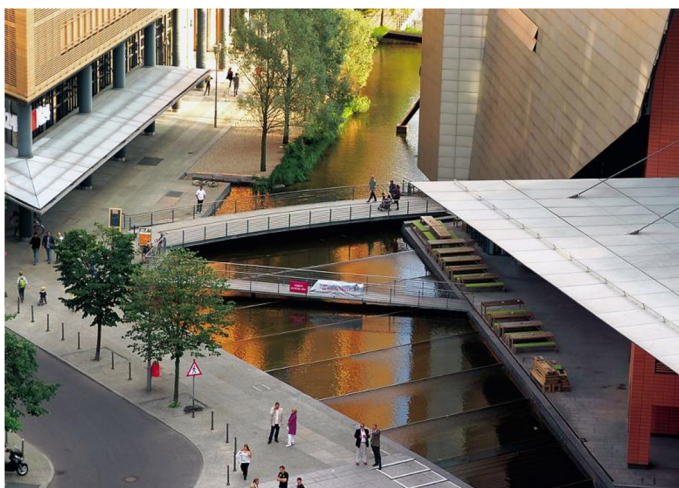


Obrázek 6: dešťové zahrady na ulici Rundelsgatan (Fridell, 2019)

2.8.2 Postupimské náměstí, Berlín

Na Postupimském náměstí – viz obrázek č. 7, je dešťová voda sbírána pomocí kombinace zelených a nezelených střech. Posbíraná voda následně putuje do budov a je užívána k splachování toalet, zavlažování rostlin a uchovávána pro případ požáru. Nadbytečná voda proudí do jezer a kanálů venkovní vodní krajiny a vytváří oázu městského života. Místo obsahuje i biotopy rostlin, které filtrují vodu - nejsou tady tedy potřebné žádné chemikálie (Corral et Polborn, 2017).

Jezera zabírají územní přibližně 1,2 hektaru. Velikost projektu, umístění v centru města a integrace ekologie, estetiky a stavebního inženýrství činí tento projekt unikátním (Dreiseitl et Grau, 2006).



Obrázek 7: Postupimské náměstí v Berlíně (Atelier Dreiseitl, 2023)

2.8.3 Augustenborg, Švédsko

Augustenborg je obytná čtvrť ve městě Malmö ve Švédsku. Mezi roky 1998 a 2002 byla čtvrť revitalizována a bylo zde vytvořeno takzvané ekologické město.

Vzniknul zde udržitelný městský odvodňovací systém obsahující 6 km dlouhé vodní kanály a deset retenčních nádrží – viz obr. č. 8. Zajímavou dominantou je bytový dům postavený v roce 2016, který splňuje standard pasivního bydlení, obsahuje sdílenou střešní zahradu se skleníky, zelené střechy, solární panely, chytrá řešení pro nakládání s odpady a rozdělené sledování spotřeby studené a teplé vody (Johansson, 2017).

Je odhadováno, že zhruba 90 % srážkových vod ze střech a ostatních nepropustných ploch bylo svedeno do systému povrchového odvodnění a díky výparu došlo k celkovému snížení odtoku srážkových vod asi o 20 % (Vítek et al., 2015).



Obrázek 8: retenční nádrž před bytovým domem v Augustenborgu (Folkesson, 2023)

2.8.4 Ørestad - Kodaň, Dánsko

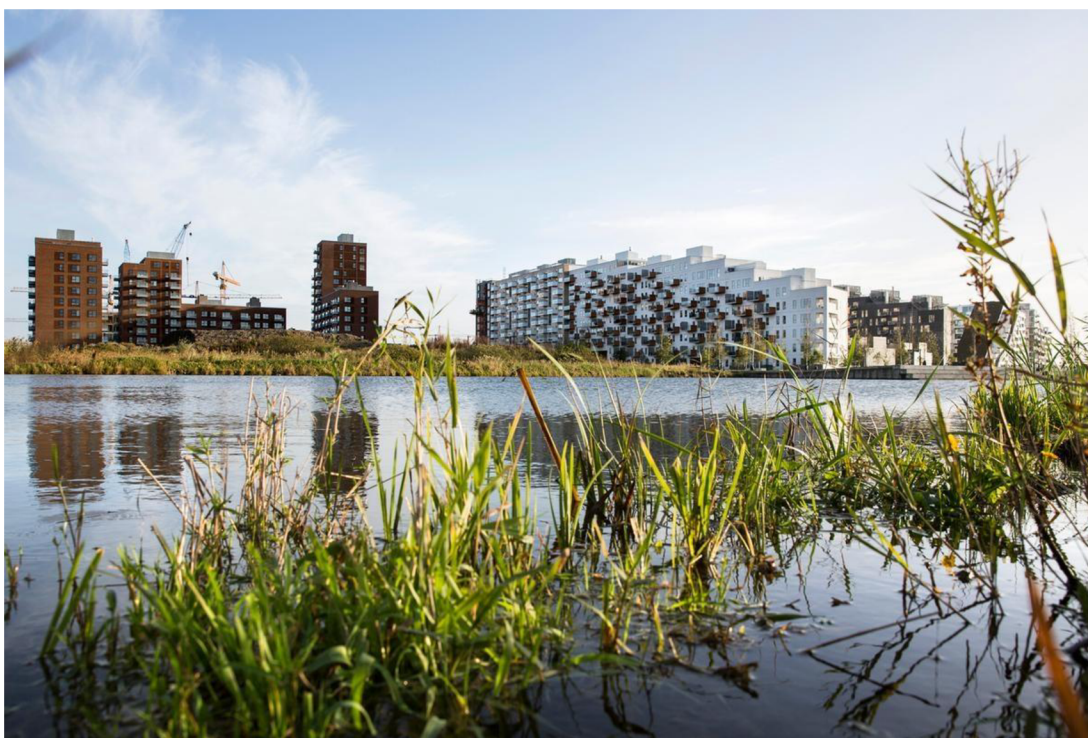
V inovativní dánské čtvrti Ørestad je testována nová technologie čištění dešťové vody, nazývána DPF – dual porosity filtration, v překladu filtr s duálním porézním médiem. Výsledky prvních testování ukazují, že technologie dokáže vyčistit až 110 litrů za sekundu, jedná se o dešťovou vodu, která je zachycována ve městech.

Tvůrce technologie, Marina Bergen Jensen tvrdí, že “Filtr s duálním porézním médiem, který jsme vytvořili, čistí přebytečnou dešťovou vodu bez jakýchkoliv chemikálií či potřeby připojení na síť“ (Greater Copenhagen Utility, 2019).

Zajímavé je, že územní plánování čtvrtě Ørestad probíhalo současně s návrhem hospodaření s dešťovou vodou a zakomponováním vody do architektury čtvrti. Je zde směs komerční a residenční zástavby. Srážková voda je odváděna soustavou 15 km menších a větších kanálů s jílovým těsněním dimenzovaných na 100 letý déšť. Relativně čistý odtok ze střech je do kanálů zaústěn přímo, zatímco méně čistý odtok z komunikací je odváděn jiným systémem a předčištěván již zmíněnou filtrací s duálním porézním médiem.

Konečným recipientem srážkových vod je jezero o hloubce 1,5 až 2 m – viz obr. č. 9, které nemá již žádný další zdroj vody a lze se v něm v létě koupat a v zimě lze na kanálech i bruslit (Kabelková, 2018).

V Ørestadu je k vidění i dům se zelenou střechou, která má nejšikmější sklon na světě.



Obrázek 9: Jezero v Ørestadu (Sorensen, 2021)

3. Metodika

Ve vnitrobloku panelových domů by na základě návrhu měla namísto betonové dlažby vzniknout dešťová zahrada (vsakovací průleh osázený rostlinstvem), do které bude sváděna voda ze střech okolních domů. Okolí dešťové zahrady bude prostorem pro relaxaci a setkávání lidí – budou zde vysázeny keře, menší stromy a lavičky k posezení.

3.1 Zájmové území

Zkoumané území – vnitroblok panelových domů (viz obrázek č. 10), se nachází ve Středočeském kraji, ve městě Kladno na Tyršově ulici. Momentálně je celá plocha vnitrobloku pokrytá betonovými dlaždicemi, je tam nepoužívané hřiště na basketbal a několik keřů. Do vnitrobloku mají výhled desítky bytů z přilehlých panelových domů.



Obrázek 10: vnitroblok panelového domu v Tyršově ulici na Kladně (mapy.cz, 2024)

3.2 Vstupní data

Celková plocha vnitrobloku: 2 461 m²

Celková plocha střechy: 5186 m²

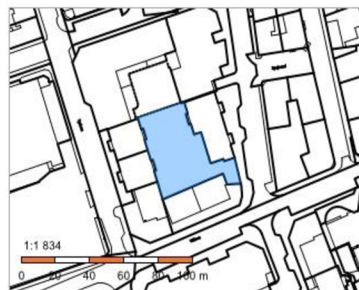
Celková plocha zpevněných ploch: 2011 m²

Celková plocha zeleně: 450 m²

Dotčené parcely: obě parcely jsou ve vlastnictví statutárního města Kladna (viz obrázek č. 11 a č. 12)

Informace o pozemku

Parcelní číslo:	6440/54
Obec:	Kladno [532053]
Katastrální území:	Kladno [665061]
Číslo LV:	10001
Výměra [m ²]:	1559
Typ parcely:	Parcela katastru nemovitostí
Mapový list:	DKM
Určení výměry:	Ze souřadnic v S-JTSK
Způsob využití:	společný dvůr
Druh pozemku:	zastavěná plocha a nádvoří



Sousední parcely

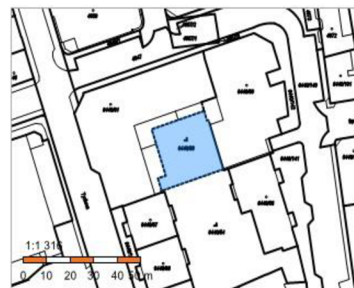
Vlastníci, jiná oprávnění

Vlastnické právo	Podíl
Statutární město Kladno, náměstí starosty Pavla 44, 27201 Kladno	

Obrázek 11: Úryvek z katastru nemovitostí - vlastníkem parcely je město Kladno (cuzk.cz, 2024)

Informace o pozemku

Parcelní číslo:	6440/58
Obec:	Kladno [532053]
Katastrální území:	Kladno [665061]
Číslo LV:	10001
Výměra [m ²]:	599
Typ parcely:	Parcela katastru nemovitostí
Mapový list:	DKM
Určení výměry:	Ze souřadnic v S-JTSK
Způsob využití:	společný dvůr
Druh pozemku:	zastavěná plocha a nádvoří



Sousední parcely

Vlastníci, jiná oprávnění

Vlastnické právo	Podíl
Statutární město Kladno, náměstí starosty Pavla 44, 27201 Kladno	

Obrázek 12: Úryvek z katastru nemovitostí - vlastníkem parcely je město Kladno (cuzk.cz, 2024)

Vnitroblok je v současnosti tvořen z většiny zpevněnými plochami – viz obrázek 13.



Obrázek 13: aktuální vzhled vnitrobloku (archiv autorky, 2024)

4. Návrh dešťové zahrady pro vnitroblok panelového domu ve městě

Vnitroblok bude po změně sestávat s dešťové zahrady a prostoru pro posezení a relaxaci, který se bude skládat ze zatravněných ploch osázených keři a menšími stromy. Okapy z okolních střech budou svedeny do dešťové zahrady.

V případě extrémních srážek a naplnění celého retenčního objemu bude dešťová zahrada opatřena bezpečnostním přepadem do kanalizace.

Vnitroblok po uskutečnění návrhu:

Celková plocha vnitrobloku: 2 461 m²

Celková plocha zpevněných ploch: 300 m²

Celková plocha zeleně: 2161 m²

Plocha dešťové zahrady: 550 m²

4.1 Zjištění, zda je půda vhodná pro založení dešťové zahrady, výběr podloží

Půda ve vnitrobloku je typu kambizem, dle katalogu BPEJ patří do hydrogeologické skupiny B - má střední rychlost infiltrace.

Na to, aby byla půda vhodná pro dešťovou zahradu, by mělo být vsakování aspoň 0,6 centimetru za hodinu nebo rychlejší (Franti et Rodie, 2007). Pro určení vhodnosti půdy byl na základě příručky „Stormwater management - Rain Garden design for homeowners“ od autorů Thomasa Frantiho a Stevena Rodieho proveden test – byla vykopána jáma (o velikosti 15x15x15cm) a následně naplněna vodou. Podstatné je, aby se voda vsákla do 24 hodin. Jáma byla do plna napuštěná 3,5 litry vody v 10:50 hod. a k úplnému vsáknutí vody došlo v 12:00 hod – viz obrázky 14, 15 a 16. Půda je pro založení dešťové zahrady vhodná. Na dotčené lokalitě se nachází propustná zemina o koeficientu vsaku 10⁻⁵ – viz tabulka č. 3. Test byl prováděn 27. 2 – v zimě - to je nejvhodnější čas, protože půda je vlhká - kdyby byl prováděn v létě, výsledky by byly zkreslené – dešťová zahrada totiž pracuje víc v zimě. V létě je půda vysušená a má tím vyšší vsakovací schopnost.

Druh zeminy	Koeficient vsaku [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	Relativní propustnost zeminy	Vhodnost zeminy pro vsakování
Jíly s nízkou a střední plasticitou, jíly a hlíny s vysokou až extrémně vysokou plasticitou	$< 10^{-10}$	velmi nepropustná	nevhodná
Hlíny štěrkovité, jíly štěrkovité a písčité, hlíny s nízkou a střední plasticitou	10^{-8} až 10^{-10}	nepropustná	nevhodná
Hlíny písčité, písky hlinité a jílovité, štěrky hlinité a jílovité	10^{-6} až 10^{-8}	málo propustná	nevhodná
Písky a štěrky s příměsí jemnozrnné zeminy (5 % až 15 %)	10^{-4} až 10^{-6}	propustná	vhodná
Písky a štěrky dobře i špatně zrněné, tj. čisté písky a štěrky s velmi malou příměsí jemnozrnných zemin (< 5 %)	$>10^{-4}$	velmi propustná	Vhodná pouze s filtrací ve vsakovacím zařízení

Tabulka 3: Koeficient vsaku některých zemin (Žabička et Vrána, 2011)



Obrázek 14: 15 cm hluboká jáma pro test vsakovatelnosti (archiv autorky, 2024)

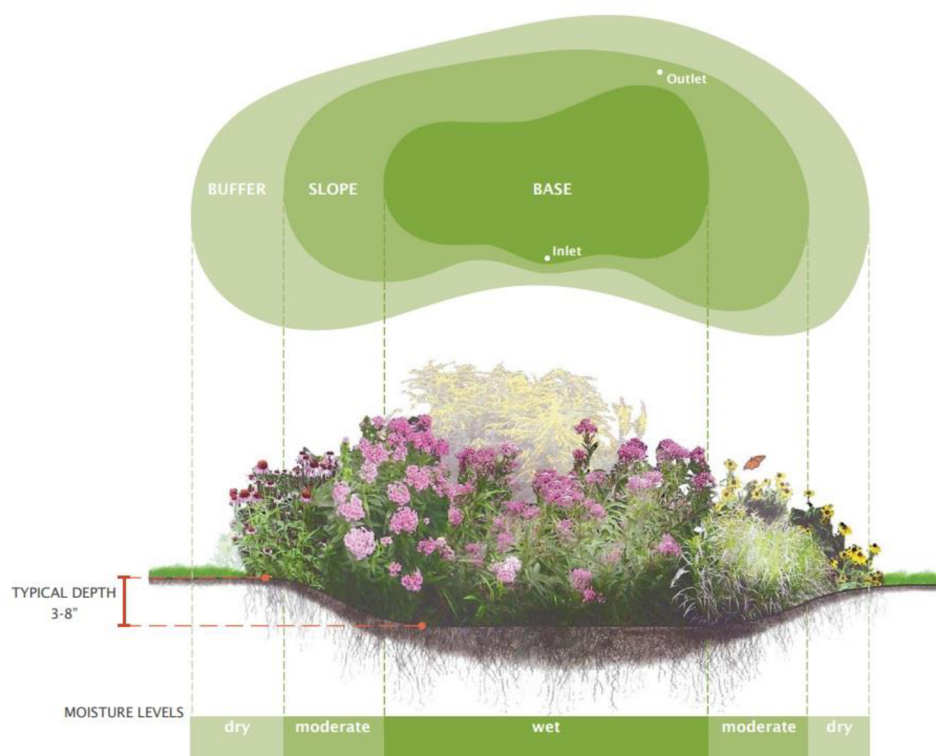


Obrázek 15: Jáma naplněna 3,5 litru vody (archiv autorky, 2024)



Obrázek 16: Jáma hodinu po nalití vody (archiv autorky, 2024)

Hlavním cílem je vytvořit podloží, které umožní efektivní propustnost vody, zároveň však poskytne potřebnou podporu pro rostliny. Dešťová zahrada se skládá z vícero úrovní - viz obrázek 17.



Rain Garden Manual of New Jersey

Obrázek 17: Různé úrovně dešťové zahrady z hlediska zamokření (Obropta et al., 2010)

Na základě toho, jaké jsou na místě půdní podmínky, je potřeba rozhodnout, zda bude složení půdy na dně zahrady pozměněno. Existují dva druhy změn půdy – změny textury půdy a změny kvality půdy. Změny textury zvýší schopnost zahrady zadržovat a vsakovat vodu a změny kvality zlepší podmínky pro pěstování rostlin (Obropta et al., 2010).

Pro tento návrh dešťové zahrady bude jako podloží využita vrstva kompostu smíchaná s hrubozrnným pískem, která bude i zapracována do půdy na dně zahrady. Po vysazení rostlin bude zahrada ještě přikryta 8 centimetrovou vrstvou mulče – došlo tedy k vylepšení i kvality, i textury půdního podloží. Lehčí mulče jako například piniová kůra nejsou vhodné, protože je bude voda nadnášet a odplavila by je ke krajům zahrady. Vhodnější jsou těžší mulče, jako například štěpky z dubové či smrkové kůry (Seymour, 2007).

4.2 Výběr lokality v rámci vnitrobloku

Důležité body, kterých je nutné se držet při výběru lokality pro dešťovou zahradu (Franti et Rodie, 2007):

- Půda je dostatečně propustná
- Dno dešťové zahrady musí být minimálně 1 metr nad hladinou podzemní vody
- Lokalita se nachází minimálně 3 metry od základů a sklepů okolních budov
- Sklon terénu není větší než 12%
- Pod lokalitou nevedou inženýrské sítě ani se nenachází septik
- Hladina vody v plné zahradě je minimálně 60 cm od hrany zahrady
- Lokalita nezasahuje do kořenových systémů stromů

4.3 Určení tvaru a velikosti dešťové zahrady

Tvar dešťové zahrady bude oválný s poměrem stran přibližně 1:2. Velikost a objem byl vypočten na základě bilance intenzity blokového deště o dané době trvání s určitou periodicitou – viz Rovnice č. 2.

4.4 Výpočet návrhu dešťové zahrady

Výpočet množství vody zachycené na střechách domů za měsíc:

Hlavínek a kolektiv (2007) uvádí výpočet množství vody zachycené střechami domů za měsíc následovně:

$$Q_d = \Psi * A * HN \text{ [m}^3\text{/rok]} \quad (1)$$

kde Ψ [-] je odtokový součinitel, A [m²] je půdorysná plocha střechy a HN [m/rok] je roční srážkový úhrn. Součinitel odtoku je závislý na druhu a sklonu odvodňované plochy.

Pro řešenou lokalitu jsou využity následující hodnoty:

$\Psi = 0,9$ (pro ploché střechy s asfaltovo-plechovým povrchem – viz tabulka č. 4),

$A = 5186 \text{ m}^2$,

$HN = 572 \text{ mm/rok} = 0,572 \text{ m/rok}$ – roční srážkový úhrn byl zjištěn na základě dlouhodobých měsíčních srážkových úhrnů pro stanici Slaný (viz tabulka č. 5). Zdrojem dat byl ČHMÚ a průměrné měsíční srážkové úhrny byly řešeny za období 2013 – 2022.

Typ odvodňované plochy	Druh povrchu	Součinitel odtoku ψ_m
Sikmé střechy	Kovové plechy, sklo, další nenasákavé materiály	0,95
	Střešní tašky, asfaltové pásy s posypem	0,90
Ploché střechy (sklon $\leq 5\%$)	Kovové plechy, sklo, další nenasákavé materiály	0,95
	Střešní tašky, asfaltové pásy s posypem	0,90
	Štěrkové střechy ¹	0,65
Vegetační střechy ¹	Mocnost substrátu 40–60 mm	0,55
	Mocnost substrátu 60–100 mm	0,50
	Mocnost substrátu 100–150 mm	0,45
	Mocnost substrátu 150–250 mm	0,40
	Mocnost substrátu 250–500 mm	0,30
	Mocnost substrátu > 500 mm	0,10

Tabulka 4: Přehled součinitelů odtoku (Stránský et al., 2021)

Měsíční srážkové úhrny (mm) - průměr z let 2013 - 2022						
leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec
33,1	27,2	31,7	31	70	87,6	62,8
srpen	září	říjen	listopad	prosinec		
73,5	47,7	46,2	32,8	28,5		
Celkem za rok - průměr			572,1			

Tabulka 5: Srážkové úhrny (ČHMÚ a vlastní zdroj, 2024)

$$Q_d = 5186 \cdot 0,9 \cdot 0,572 = 2670 \text{ m}^3/\text{rok} \rightarrow 2670:12 = \mathbf{222,5 \text{ m}^3/\text{měsíc}}$$

Na všech střechách bytových domů vnitrobloku se zachytí a odteče do kanalizace celkem 222,5 m³/měsíc (222 500 l/měsíc).

Dimenzování dešťové zahrady (vsakovacího průlehu) metodou bilance blokového deště:

Retenční objem dešťové zahrady se zjistí pomocí bilanční rovnice, která je vyjádřena pro různé doby trvání blokového deště a hledá se kritická doba deště, která způsobí nejvyšší nárok na retenční objem (Stránský et al., 2021):

$$V_R = V_{\text{přít}} - V_{\text{vsak}} \quad (2)$$

kde V_R [m³] je velikost retenčního objemu, $V_{\text{přít}}$ [m³] je objem přivedené srážkové vody do dešťové zahrady, V_{vsak} [m³] je objem vsáknuté vody v dešťové zahradě.

Pro výpočet objemu dešťové zahrady je nejdřív potřeba vypočítat objem přitečené dešťové vody a objem vsáknuté vody v dešťové zahradě.

Výpočet retenčního objemu a vsakovací plochy:

Pro bilanci s blokovými dešti je nutné znát intenzitu blokového deště o dané době trvání t s návrhovou periodicitou srážky – viz tabulka č. 6. Periodicita deště (převrácená hodnota doby opakování deště) byla stanovena následovně: v případě, že přeteče nádrž a nehrozí škody v okolí, tak se uvažuje s periodicitou 0,2 (srážka se vyskytne v průměru jedenkrát za 5 let) pro místa v České republice s nadmořskou výškou do 700 m (Žabička et Vrána, 2011).

periodicita	0,2	0,1
doba trvání srážek t	intenzita blokového deště i (l/s.ha)	
5	377	437
10	275	325
15	217	258
20	176	211
30	129	156
40	103	126
60	75	92
120	43	53
240	25,4	317
360	19,7	241
480	15	122
600	12,2	149
720	10,3	126
1080	7,2	88
1440	5,4	67
2880	3,4	43
4320	2,4	3

Tabulka 6: Návrhové blokové deště [l/s/ha] (Stránský et al., 2021)

Dále je potřeba znát součinitel odtoku srážkových vod. Součinitel odtoku je závislý na druhu a sklonu odvodňované plochy. V našem případě se jedná o plochu střechu se sklonem do 5 % s asfaltovými pásy – viz tabulka 4, proto je součinitel odtoku $\Psi = 0,9$.

Dále musíme znát redukovanou půdorysnou plochu odvodňované plochy (A_{red}) a vsakovací plochu dešťové zahrady.

Redukovaná plocha se vypočte jako (Stránský et al., 2021):

$$A_{\text{red}} = i \cdot \Psi \quad (3)$$

kde A_{red} [m²] je redukovaná půdorysná plocha odvodňované plochy, i [m²] je odvodňovaná plocha, Ψ [-] je odtokový součinitel.

$$A_{\text{red}} = i \cdot \Psi = 5186 \cdot 0,9 = 4667 \text{ m}^2$$

Redukovaná půdorysná plocha odvodňovaných střech bytových domů je 4667 m².

Vsakovací plocha se odhadne na základě doporučeného poměru (Stránský et al., 2021):

$$A_{\text{red}}/A_{\text{vsak}} = 15 \text{ (viz tabulka č.7)} \rightarrow A_{\text{vsak}} = A_{\text{red}}/15 \quad (4)$$

kde A_{red} [m²] je redukovaná půdorysná plocha odvodňované plochy, A_{vsak} [m²] je vsakovací plocha

$$A_{\text{vsak}} = A_{\text{red}}/15 = 4667/15 = 311 \text{ m}^2$$

Vsakovací plocha byla odhadnuta na 311 m².

$A_{\text{red}}/A_{\text{vsak}}$	Koeficient vsaku k_v (m/s)				
	$< 5 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6} - 10^{-5}$	$10^{-5} - 5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5} - 10^{-3}$	$> 10^{-3}$
≤ 5	nedostatečná vsakovací schopnost prostředí ¹⁸			Plochy pro vsakování	nedostatečná čistící schopnost prostředí
5 – 15		Vsakovací průlehy s podzemní rýhou/tělesem	Vsakovací průlehy		
		Vsakovací povrchové rýhy/tělesa	Vsakovací podzemní rýhy/tělesa		
> 15			Vsakovací šachty		
				Vsakovací povrchové nádrže	

Tabulka 7: Vhodnost vsakovacích objektů s půdním filtrem dle koeficientu vsaku a poměru $A_{\text{red}}/A_{\text{vsak}}$ (Stránský et al., 2021)

Při doporučeném poměru $A_{\text{red}}/A_{\text{vsak}} = 15$ se uvažuje součinitel bezpečnosti vsaku o hodnotě $f = 2$.

Z předběžně navržené vsakovací plochy se vypočte vsakovaný průtok. Pro vsakovací průtok musíme stanovit koeficient vsaku (k_v).

Koeficient vsaku charakterizuje rychlost infiltrace srážkové vody do horninového prostředí ve vsakovacím objektu za atmosférického tlaku při hydraulickém sklonu $I=1$. Koeficient vsaku byl stanoven hodnotou $k_v = 10^{-5}$ m/s - viz. tab. č. 3.

Vsakovaný průtok se vypočte (Stránský et al., 2021):

$$Q_{vsak} = 1/f \cdot k_v \cdot A_{vsak} \quad (5)$$

kde Q_{vsak} [m^3/s] je množství odtoku vsakem, f značí součinitel bezpečnosti vsaku, k_v [m/s] je koeficient vsaku, A_{vsak} [m^2] je vsakovací plocha.

$$Q_{vsak} = 1/f \cdot k_v \cdot A_{vsak} = 1/2 \cdot 0,00001 \cdot 311 = 0,001555 \text{ m}^3/\text{s}$$

Vsakovací průtok byl vypočten na hodnotu $0,001555 \text{ m}^3/\text{s}$.

součinitel bezpečnosti vsaku f - vyjadřuje předpokládané změny vsakovací schopnosti horninového prostředí po určitém čase provozu vsakovacího objektu. Uvažuje se hodnotou 2 až 5 v závislosti na míře rizika snížení vsakovací schopnosti. Pro plošné vsakování se uvažuje hodnotou 2 (Stránský et al., 2021).

Na závěr je vypočtena tabulka s bilancemi pro různé doby trvání blokového deště, přičemž musíme vypočítat objem přivedené srážkové vody do dešťové zahrady ($V_{přít}$) a objem vsáknuté vody (V_{vsak}) – příklad výpočtu je proveden jen pro dobu trvání blokového deště 5 min (Stránský et al., 2021):

$$V_{přít} = i \cdot (A_{red} + A_{vsak}) \cdot t/10^7 \quad (6)$$

kde $V_{přít}$ [m^3] je objem přivedené srážkové vody do dešťové zahrady, i [m^2] je odvodňovaná plocha, A_{red} [m^2] je redukováná půdorysná plocha odvodňované plochy, A_{vsak} [m^2] je vsakovací plocha, t [sec] značí dobu trvání srážek

$$V_{\text{přít}} = i \cdot (A_{\text{red}} + A_{\text{vsak}}) \cdot t/10^7 = 5186 \cdot (4667 + 311) \cdot 300/10^7 = 56,3 \text{ m}^3$$

Objem přivedené srážkové vody do dešťové zahrady byl vypočten na 56,3 m³ pro dobu trvání blokového deště 5 min.

$$V_{\text{vsak}} = 1/f \cdot k_v \cdot A_{\text{vsak}} \cdot t \quad (7)$$

kde V_{vsak} [m³] je objem vsáknuté vody v dešťové zahradě, f značí součinitel bezpečnosti vsaku, k_v [m/s] je koeficient vsaku, A_{vsak} [m²] je vsakovací plocha, t [sec] značí dobu trvání srážek

$$V_{\text{vsak}} = 1/f \cdot k_v \cdot A_{\text{vsak}} \cdot t = 1/2 \cdot 10^{-5} \cdot 300 = 0,4666 \text{ m}^3$$

Objem vsáknuté vody pro dobu trvání blokového deště 5 min je 0,4666 m³.

$$V_R = V_{\text{přít}} - V_{\text{vsak}} = 56,3 - 0,4666 = 55,8 \text{ m}^3$$

Potřebný objem dešťové zahrady pro dobu trvání blokového deště 5 min je 55,8 m³.

t_p (min)	(l/s/h a)	sec.	t_{sec}	A_{red} (m ²)	A_{vsak} (m ²)		f	k_v (m/s)	$V_{\text{přít}}$ (m ³)	V_{vsak} (m ³)	$V_R = V_{\text{přít}} - V_{\text{vsak}}$ (m ³)
5	377	60	300	4667	311	10000000	2	0,00001	56,30118	0,4665	55,83468
10	275	60	600	4667	311	10000000	2	0,00001	82,137	0,933	81,204
15	217	60	900	4667	311	10000000	2	0,00001	97,22034	1,3995	95,82084
20	176	60	1200	4667	311	10000000	2	0,00001	105,13536	1,866	103,26936
30	129	60	1800	4667	311	10000000	2	0,00001	115,58916	2,799	112,79016
40	103	60	2400	4667	311	10000000	2	0,00001	123,05616	3,732	119,32416
60	75	60	3600	4667	311	10000000	2	0,00001	134,406	5,598	128,808
120	43	60	7200	4667	311	10000000	2	0,00001	154,11888	11,196	142,92288
240	25,4	60	14400	4667	311	10000000	2	0,00001	182,07533	22,392	159,68328
360	19,7	60	21600	4667	311	10000000	2	0,00001	211,82386	33,588	178,23586
480	15	60	28800	4667	311	10000000	2	0,00001	215,0496	44,784	170,2656
600	12,2	60	36000	4667	311	10000000	2	0,00001	218,63376	55,98	162,65376
720	10,3	60	43200	4667	311	10000000	2	0,00001	221,50109	67,176	154,325088

Tabulka 8: Tabulka s bilancemi pro různé doby trvání blokového deště

t_p je doba trvání srážky v minutách [5 min až 72 hod.]

i je intenzita srážky [l/s/ha],

t_{sec} je doba trvání srážky v sekundách [sec]

A_{red} je redukovaný půdorysný průmět odvodňované plochy [m²],

A_{vsak} je vsakovací plocha [m²]

f je součinitel bezpečnosti vsaku

k_v je koeficient vsaku [m/s]

$V_{přít}$ je objem přivedené srážkové vody do dešťové zahrady [m³]

V_{vsak} je objem vsáknuté vody [m³]

V_R je velikost retenčního objemu dešťové zahrady [m³]

Nejvyšší požadavek na retenční objem dešťové zahrady $V_R = 179 \text{ m}^3$ vzniká při blokovém dešti o době trvání 360 min.

Následuje výpočet doby prázdnění T_{pr} a maximální hloubky nadržení vody v dešťové zahradě h_{max} (Stránský et al., 2021):

$$T_{pr} = 0,7 \cdot V_R/3600 \cdot Q_{vsak} \quad (8)$$

kde T_{pr} [hod] je doba prázdnění 70% retenčního objemu, **0,7** značí 70%, V_R [m³] je velikost retenčního objemu, Q_{vsak} [m³ /s] je množství odtoku vsakem

$$T_{pr} = 0,7 \cdot V_R/3600 \cdot Q_{vsak} = 0,7 \cdot 179/3600 \cdot 0,001555 = 125,3/5,598 \\ = 22,38\text{hod} \leq 24 \text{ hod}$$

Dešťová zahrada se vyprázdní za 22,4 hodin.

Objekt s vlastním listem	Varianty	Závazné návrhové parametry			Okrajové podmínky	
		Četnost přetížení p	Minimální regulovaný odtok $Q_{reg, min}$	Doba prázdnění T_{pr}	Poměr A_{red}/A_{vsak}	Maximální hloubka vody h_{max}
Vsakovací plochy		$p = 0,2 (0,1^*)$		70 % objemu za max 24 h	< 5	30 cm
Vsakovací objekty bez regulovaného odtoku	Průlehy				5–15	
	Rýhy/tělesa (bez průlehu)				> 15	
	Nádrže				> 15	
	Šachty					
Objekty s regulovaným odtokem	Průlehy	0,5 l/s				30 cm
	Povrchové nádrže					
	Ostatní					

Tabulka 9: Závazné požadavky HMP na HDV objekty (Stránský et al., 2021)

Výpočet maximální hloubky vody v dešťové zahradě (Stránský et al., 2021):

$$h_{max} = V_R/A_{vsak} \quad (9)$$

kde h_{max} [m] je maximální hloubka vody v objektu, V_R [m³] je velikost retenčního objemu, A_{vsak} [m²] je vsakovací plocha

$$h_{max} = V_R/A_{vsak} = 179/311 = 0,58 \geq 0,3 \text{ m}$$

Maximální hloubka vody v dešťové zahradě byla vypočtena na 0,58 m – přesahuje okrajovou podmínku maximální hloubky nadržení vody 30 cm.

Doba prázdnění vyhovuje požadavkům, ale jak je vidět výše - maximální hloubka nadržení nevyhovuje. Je proto nutné zvětšit vsakovací plochu dešťové zahrady tak, aby se hloubka vody snížila.

Postupným testováním byla vsakovací plocha navýšena na 550 m², což způsobilo změnu vsakovaného průtoku:

$$Q_{vsak} = 1/f \cdot k_v \cdot A_{vsak} = 1/2 \cdot 0,00001 \cdot 550 = 0,00275 \text{ m}^3/\text{s}$$

Opravená tabulka s bilancemi pro různé doby trvání blokového deště je uvedena níže.

t_p (min)	(l/s/h a)	sec.	t_{sec}	A_{red} (m ²)	A_{vsak} (m ²)		f	k_v (m/s)	$V_{přít}$ (m ³)	V_{vsak} (m ³)	$V_r = V_{přít} - V_{vsak}$ (m ³)
5	377	60	300	4667	550	10000000	2	0,00001	59,00427	0,825	58,17927
10	275	60	600	4667	550	10000000	2	0,00001	86,0805	1,65	84,4305
15	217	60	900	4667	550	10000000	2	0,00001	101,88801	2,475	99,41301
20	176	60	1200	4667	550	10000000	2	0,00001	110,18304	3,3	106,88304
30	129	60	1800	4667	550	10000000	2	0,00001	121,13874	4,95	116,18874
40	103	60	2400	4667	550	10000000	2	0,00001	128,96424	6,6	122,36424
60	75	60	3600	4667	550	10000000	2	0,00001	140,859	9,9	130,959
120	43	60	7200	4667	550	10000000	2	0,00001	161,51832	19,8	141,71832
240	25,4	60	14400	4667	550	10000000	2	0,00001	190,81699	39,6	151,216992
360	19,7	60	21600	4667	550	10000000	2	0,00001	221,99378	59,4	162,593784
480	15	60	28800	4667	550	10000000	2	0,00001	225,3744	79,2	146,1744
600	12,2	60	36000	4667	550	10000000	2	0,00001	229,13064	99	130,13064
720	10,3	60	43200	4667	550	10000000	2	0,00001	232,13563	118,8	113,335632

Tabulka 10: Opravená tabulka s bilancemi pro různé doby trvání blokového deště

Požadavek na retenční objem po úpravě je $V_R = 163 \text{ m}^3$

Následuje výpočet doby prázdnění T_{pr} a maximální hloubky nadržení vody v dešťové zahradě h_{max} .

$$T_{pr} = 0,7 \cdot V_R / 3600 \cdot Q_{vsak} = 0,7 \cdot 163 / 3600 \cdot 0,00275 = 114,1 / 9,9 = 11,5 \text{ hod} \leq 24 \text{ hod}$$

$$H_{max} = V_R / A_{vsak} = 163 / 550 = 0,29 \leq 0,3$$

Okrajové podmínky vyhovují požadavkům, navržená dešťová zahrada má retenční objem $V_R = 163 \text{ m}^3$ a vsakovací plochu $A_{vsak} = 550 \text{ m}^2$

Navržená dešťová zahrada bude mít retenční objem **163 m³** a vsakovací plochu **550 m²**. V případě extrémních srážek a naplnění celého retenčního objemu bude dešťová zahrada opatřena bezpečnostním přepadem do kanalizace.

4.5 Výběr rostlin

Při výběru rostlin pro dešťovou zahradu je důležité zvolit druhy, které jsou odolné vůči vlhkým podmínkám, mají schopnost absorbovat vodu a hluboce kořenit. Většina rostlin v tomto návrhu jsou původní druhy, které nemají vysoké nároky na pesticidy nebo přihnojování.

Vzhledem k poloze dešťové zahrady ve vnitrobloku panelových domů, se jedná o stinné stanoviště po většinu dne. Přímé slunce zde svítí přibližně 2 hodiny za den přes poledne – výběr rostlin je tomu uzpůsoben.

Dno dešťové zahrady, zóna s nejvyšším zamokřením:

Kosatec žlutý – původní rostlina, snese polostín i ponoření v mělké vodě



Osladič obecný – původní rostlina, má rád stín a vlhkou půdu



Kosatec sibiřský – původní rostlina, má rád polostín a vlhkou půdu



Přeslička rolní – původní rostlina, má ráda stín vlhkou půdu



Blatouch bahenní – původní rostlina, má rád vlhkou půdu, polostín a roste i v mělké vodě



Jochovec olšolistý – původ v Kanadě a Severní USA, má rád vlhké až zamokřené půdy, snese stinná stanoviště



Střední pásmo:

Sadec konopáč – původní rostlina, vyskytuje se na březích řek, má rád vlhkou půdu a polostín



Barvínek menší – původní rostlina, má rád polostín a vlhkou půdu



Bohyška jitrocelová – původ v Číně, má ráda polostín a vlhkou půdu



Okraj dešťové zahrady:

Zvonek broskvolistý – původní rostlina, má rád vlhkou
půdu a polostín



Třapatka nachová – původ v Severní Americe, má ráda sušší
půdu a snese polostín



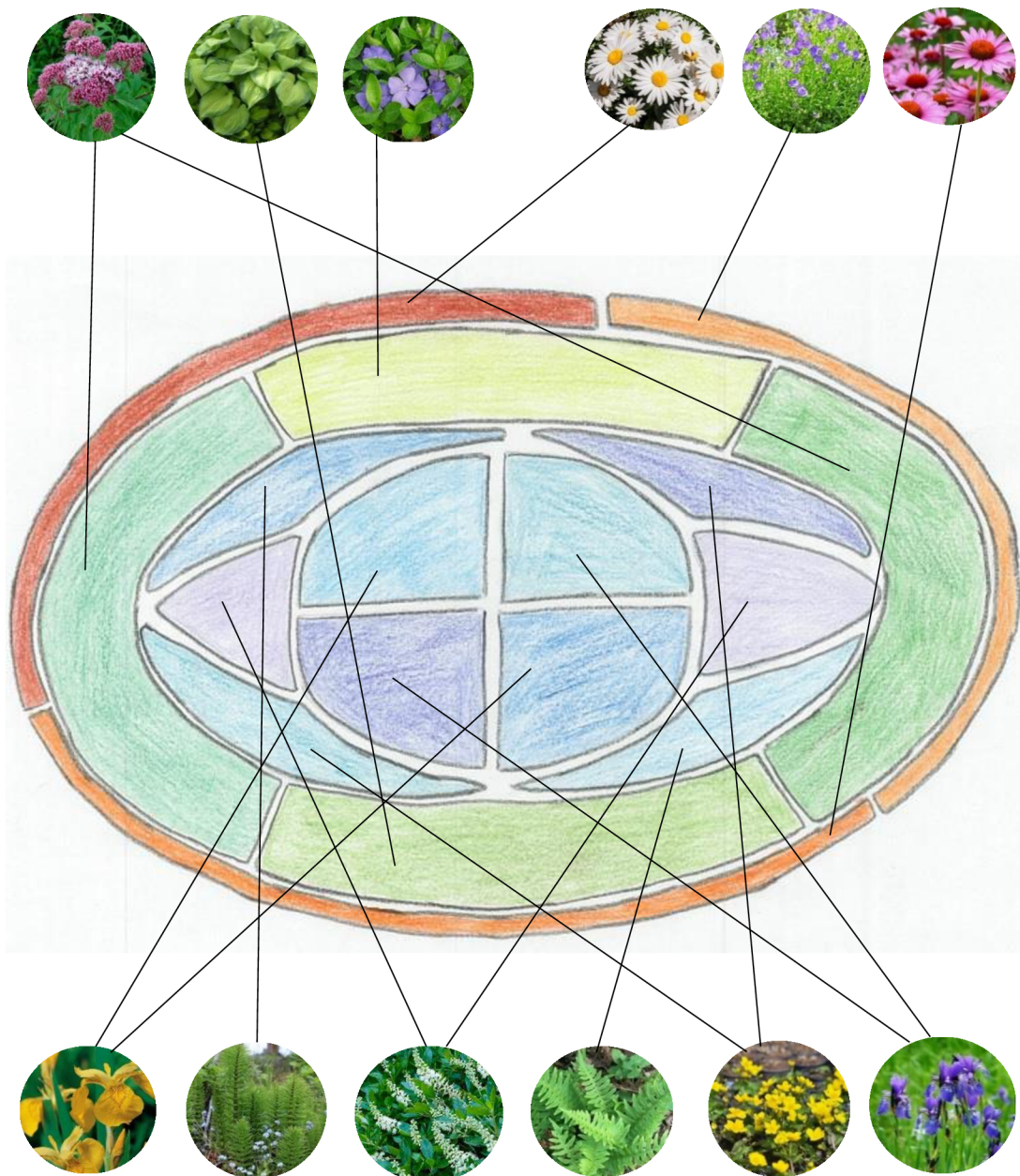
Kopretina bílá – původní rostlina, snese polostín, má ráda
vlhkou, ale ne přemokřenou půdu



4.6 Nákres dešťové zahrady:

V nákresu je možné vidět 3 pásma dešťové zahrady – **dno** (vyjádřené odstíny **modré** barvy), **svah** (vyjádřen odstíny **zelené** barvy) a **okraj** (vyjádřen odstíny **oranžové** barvy).

Sadec konopáč Bohyška jitrocelová Barvíněk menší Kopretina bílá Zvonek broskv. Třapatka nach.



Kosatec žlutý Přeslička rolní Jochovec olšolistý Osladič obecný Blatouch bahenní Kosatec sibiřský

Obrázek 18: Nákres dešťové zahrady (archiv autorky, 2024)

Rostliny jsou vysázené po skupinkách sazenic dle diagramu – jedno políčko diagramu tedy znázorňuje skupinu sazenic, nikoli jednu sazenici.

4.7 Vizualizace nového vnitrobloku

Pro přibližnou představu změn ve vnitrobloku byla za pomoci programu Adobe Photoshop a Paint 3D provedena následující vizualizace, na které je možno vidět velkou dešťovou zahradu, která nahradila bývalou zpevněnou plochu určenou na sport, dále relaxační prostor na kačírkovém podkladu s lavičkami, alejemi stromů a květinami. Prostory kolem okolitých paneláků jsou taky lemovány keříky nebo záhony s rostlinami.



Obrázek 19: Vizualizace nového vnitrobloku (archiv autorky, 2024)



Obrázek 20: Vzhled starého vnitrobloku - pro porovnání (archiv autorky, 2024)

5. Výsledky a diskuze

Na základě výpočtů byla zjištěna optimální velikost dešťové zahrady tak, aby pojmula vodu ze všech okolitých střech panelových domů a postupně se vsáknula, případně i vypařila. Celková plocha střech je rozsáhlá, až 5186 m² - měsíčně se zde zachytí až 222,5 m³ dešťové vody. Výpočty byli prováděny na základě metody bilance blokového deště o dané intenzitě a v různých časových intervalech.

Dešťová zahrada bude o velikosti 550 m². Bude osázena skupinami rostlin, které jsou do prostřední dešťové zahrady vhodné, ve většině případů se jedná o místní druhy, na dně zahrady bude několik druhů, kterým nevadí být nějakou dobu v mělké vodě. Je dimenzována na pětileté srážky, proto je v případě extrémních dešťů dešťová zahrada opatřena bezpečnostním přepadem do dešťové kanalizace. Výše uvedené množství dešťové vody (222,5 m³) které se zachytí na střechách bytových domů, se místo aby odteklo do dešťové kanalizace, uplatní v dešťové zahradě a poskytne výživu nebo vodu rostlinám. Dešťová zahrada dále ochladí prostředí vnitrobloku, poskytne příjemné místo pro odpočinek a umožní rozmanitost různých druhů živočichů v dané lokalitě. Jak je možné vidět na obrázku vizualizace – obrázek č. 19, betonem zastavěný vnitroblok se změnil k nepoznání. V současné době se ve vnitrobloku vsáknou pouze voda, která dopadne na stávající zeleň (450 m²). Veškeré zpevněné plochy ve vnitrobloku včetně okolních střech jsou odvodněny do dešťové kanalizace.

Kdyby byla každá nevyužitá betonová plocha ve městech proměněna na záhony květin nebo dešťové zahrady, pozitivní vliv by byl hmatatelný – do města by se vrátil hmyz a motýli, zlepšilo by se místní mikroklima (rozpálený beton v létě ještě víc ohřívá ovzduší) a zvýšila by se i vizuální atraktivita vnitrobloků a ulic.

6. Závěr a přínos práce

Téma hospodaření s dešťovou vodou ve městech je v současnosti velmi aktuální. Zdá se, že už jako společnost začínáme chápat spojitost mezi zásahy do přírody a jejich následky, například v podobě lokálních záplav nebo přílišného sucha. Myšlenky decentralizovaného odvodnění jsou v současnosti ukotveny i v legislativě a mimo to se stát snaží podpořit hospodaření s dešťovou vodou například pomocí dotačních programů, například Nová zelená úsporám – program Dešťovka a Zelená střecha, takže i jednotliví občasně mají možnost přispět k lepší situaci. Budování takových opatření pro hospodaření s dešťovou vodou, jako například výše uváděný návrh, však závisí především na iniciativě a možnostech vedení města. V případě doplnění návrhu o akumulční nádrž, může ve vnitrobloku vzniknout i komunitní zahrádka, možnosti jsou různé, je ale potřeba aby se vedení města o tyto témata zajímalo.

Snažit se co nejvíce napodobit přírodní cyklus vody i ve městech je nepochybně ta správná cesta. Abychom po ní mohli jít, je potřeba používat nástroje, například v podobě výše uvedených dešťových zahrad, zelených střech, propustné dlažby, retenčních a vsakovacích zařízení a podobně. To, do jaké míry se nám povede naše chyby napravit, je jen na nás.

7. Přehled literatury a použitých zdrojů

Andreoletti, J., 2008: The Vermont raingarden manual „Gardening to absorb the storm“ (online) [cit. 2023.28.09], dostupné z https://www.uvm.edu/seagrant/sites/default/files/uploads/Green_Infrastructure/VTRa_inGardenManual2008.pdf.

Balvín, P. et al., 2021: Adaptace měst a obcí na povodně a sucho (online) [cit. 2023.29.12], dostupné z <https://www.vtei.cz/2021/04/adaptace-mest-a-obci-na-povodne-a-sucho/>

Bannerman, R. et al., 2003: Rain gardens A how-to manual for homeowners (online) [cit. 2023.28.09], dostupné z <https://dnr.wi.gov/topic/shorelandzoning/documents/rgmanual.pdf>.

Bowman Cutter, W., 2021: A Decentralized Approach to Green Infrastructure (online) [cit. 2023.16.11], dostupné z <https://www.waterworld.com/urban-stormwater/green-infrastructure/article/14207275/a-decentralized-approach-to-green-infrastructure>

Corral, C., Polborn, K., 2017: Potsdamer platz, Berlin (online) [cit. 2023.4.11], dostupné z http://www.phasenwechsel.com/Projekt_PotsdamerPlatz.html
ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012, 44s

ČVUT, 2017: Zelená a modrá infrastruktura, ekonomické zhodnocení, FA ČVUT, Praha, 29s.

Dostál, P., Dubová, L., Louda, J., Macháč, J., Způsoby systémové podpory výstavby zelených střech (online) [cit. 2023.28.09], dostupné z https://www.zelenestrechy.info/media/file/37/Publikace_Zpusoby%20systemove%20Opodpory%201_BARVA%20WEB.pdf.

Dreiseitl, H., et Frau, D., 2006: Potsdamer Platz, Berlin, Germany (online) [cit. 2023.4.12], dostupné z <https://urbangreenbluegrids.com/projects/potsdamer-platz-berlin-germany/>

Edge., 2022: Živé ulice – příručka k bluegreengrey systémům. edge, 76s.

Fridell, K., 2019: #bluegreengrey systems at Rundelsgatan in Vellinge (online) [cit. 2023.18.12], dostupné z <https://bluegreengrey.edges.se/project/rain-gardens-with-osl-on-rundelsgatan-in-vellinge/>

Greater Copenhagen Utility, 2019: DENMARK DEMONSTRATES FOOTPRINT-FREE STORMWATER TREATMENT METHOD (online) [cit. 2023.15.10], dostupné z <https://stormwater.wef.org/2019/02/denmark-demonstrates-footprint-free-stormwater-treatment-method/>

Hela, R., et al., 2022: Vodopropustné dlažební prvky, jejich vlastnosti a údržba (online) [cit. 2023.28.09], dostupné z <https://www.casopisstavebnictvi.cz/clanky-vodopropustne-dlazebni-prvky-jejich-vlastnosti-a-udrzba.html>

Hlavínek, P., Prax P., 2007: Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území. 1. vyd. Brno: ARDEC, 164 s. ISBN 978-80-86020-55- 6.

IPR Praha, 2019: Ukázkové řešení BGG systému modrozelené infrastruktury v Praze, Institut plánování a rozvoje hlavního města Prahy, Sekce infrastruktury, Praha 2. 36s.

Johansson, H., 2017: Urban stormwater management in Augustenborg, Malmö (online) [cit. 2023.15.10], dostupné z <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/case-studies/urban-storm-water-management-in-augustenborg-malmo>

Kabelková, I., 2018: Exkurze s Koniklecem do Hamburku a Kodaně za příklady dobré praxe hospodaření s dešťovou vodou a adaptačními opatřeními (online) [cit. 2023.24.09], dostupné z <https://www.pocitamesvodou.cz/exkurze-s-koniklecem-do->

[hamburku-a-kodane-za-priklady-dobre-praxe-hospodareni-s-destovou-vodou-a-adaptacnimi-opatrenimi-2/](#)

Králová, K., 2022: Víte, co je modro-zelená infrastruktura? (online) [cit. 2023.16.09], dostupné z <https://ekolist.cz/cz/publicistika/priroda/vite-co-je-modro-zelena-infrastruktura>

Kraus, M., 2023: Jaký je rozdíl mezi retenční a akumulční nádrží na vodu (online) [cit. 2024.2.4], dostupné z <https://www.zakra.cz/blog/jaky-je-rozdil-mezi-retencni-a-akumulacni-nadrzi-na-vodu>

Kuosa, H., Holt, E., 2014: Vývoj trvanlivého propustného betonu pro potřeby hospodaření s dešťovou vodou ve Finsku (online) [cit. 2023.16.10], dostupné z https://projectsites.vtt.fi/sites/class/www.vtt.fi/sites/class/en/Documents/CLASS_2014_CzechRepublicJournal_BETON_5_14.pdf

Leber, B., 2015: Stormwater basins: How retention and detention ponds work (online) [cit. 2023.30.12], dostupné z <https://info.wesslerengineering.com/blog/stormwater-basins-detention-retention-ponds>

Ministerstvo životního prostředí., 2019: Studie hospodaření se srážkovými vodami v urbanizovaných územích. Asociace pro vodu ČR, z.s. (CzWA), 130s.

Pojar, P., 2020: Představujeme betonovou dlažbu propouštějící vodu a chránící spodní vody před znečištěním (online) [cit. 2023.2.12], dostupné z <https://www.ceskestavby.cz/clanky/predstavujeme-betonovou-dlazbu-propoustejici-vodu-a-chranici-spodni-vody-pred-znecistenim-27706.html>

Rutgers Cooperative extension, Water Resources Program, Native plant Society of New Jersey., 2010: Rain Garden manual of New Jersey. Rutgers, New Jersey, 66s.

Samek, O., 2013: Hospodaření s dešťovou vodou podle zákona – jak se dotýká stavebníků v praxi? (online) [cit. 2023.12.12], dostupné z <https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/10517-hospodareni-s-destovou-vodou-podle-zakona-jak-se-dotyka-stavebniku-v-praxi>

Sojka F., 2018: Návrh způsobů odvádění srážkových vod z vybrané stavby pro trvalé bydlení. České vysoké učení technické, fakulta stavební, Praha, 55s (bakalářská práce). „nepublikováno“ Dep. ČVUT FS.

Stránský, D. et al., 2021: Analýza dokumentů pro koncepční hospodaření se srážkovou vodou v obcích (online) [cit. 2023.28.09], dostupné z [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/prioritni_osa_6_seznam_projektu/\\$FILE/ofeu-analyza_srazkove_vody-20210329.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/prioritni_osa_6_seznam_projektu/$FILE/ofeu-analyza_srazkove_vody-20210329.pdf)

Stránský, D. et al., 2021: Standardy hospodaření se srážkovými vodami na území hlavního města Prahy (online) [cit. 2023.28.09], dostupné z <https://iprpraha.cz/assets/files/files/bddf4f520d27099cbc0f7a3609918e90.pdf>.

Svaz zakládání a údržby zeleně ©2016 Zelené střechy – Naděje pro budoucnost II. (online)) [cit. 2023.28.09], dostupné z https://www.zelenestrechy.info/media/file/359/Publikace%20ZELENE%20STRECHY_DEF.pdf.

Šedivý, V., Vrána K. 2011,: Vodní hospodářství: Hydraulika, Malé vodní nádrže, Revitalizace krajiny, Vodňany. Střední rybářská škola a Vyšší odborná škola vodního hospodářství a ekologie. ISBN 978-80-87096-14-7.

University of Georgia Cooperative extension., 2007: Rain gardens for home landscapes. Clear water campaign, Georgia, 2s

University of Nebraska – Lincoln extension, Institute of Agriculture and Natural Resources., 2007: Stormwater management, Rain garden design for homeowners. University of Nebraska – Lincoln extension, Lincoln, 4s.

Vítek, J., 2023: Definice modrozelené infrastruktury (online) [cit. 2023.14.11], dostupné z <https://www.pocitamesvodou.cz/definice-modro-zelene-infrastruktury/>

Vítek, J. et al., 2015: Hospodaření s dešťovou vodou v ČR ZO ČSOP Koniklec, Praha. S 21,22,100,104. ISBN 978-80-260-7815-9.

Vyhláška č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území, v platném znění.

TNV 759011: Hospodaření se srážkovými vodami. Ministerstvo zemědělství, Praha, 2013, 65s.

Zaharia, C., 2017: Decentralized wastewater treatment systems: Efficiency and its estimated impact against onsite natural water pollution status. A Romanian case study (online) [cit. 2023.29.12], dostupné z <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957582017300368#preview-section-references>

Žabička, Z., 2003: Vodovod a kanalizace. Brno: ERA group. Stavíme. ISBN 80-86517-52-7.

Žabička, Z., Vrána, K., 2011: Hospodaření se srážkovou vodou v nemovitostech. Praha ČKAIT. ISBN 978-80-87438-14-5.

8. Seznam obrázků a tabulek

8.1 Seznam obrázků

- Obrázek 1 - V povodích s přirozeným vegetačním krytem se většina dešťové vody dopadající na povrch území infiltruje a odpaří. V zastavěném území tvoří naopak velkou část z dešťové srážky povrchový odtok. (Pírek, O: Hospodaření s dešťovou vodou (online) [cit. 2023.07.10], dostupné z <https://www.asio.cz/cz/news/hospodareni-s-destovou-vodou-hdv.81> 1
- Obrázek 2 - intenzivní zelená střecha v Brně (Dostál, P: Co jsou zelené střechy a jak pomáhají přírodě? (online) [cit. 2023.28.09], dostupné z <https://www.pleva.cz/a/rozhovor-pavel-dostal-co-jsou-to-zelene-strechy-a-jak-pomahaji-prirode> 7
- Obrázek 3 - extenzivní zelená střecha v Úžině (Dostál, P: Co jsou zelené střechy a jak pomáhají přírodě? (online) [cit. 2023.28.09], dostupné z <https://www.pleva.cz/a/rozhovor-pavel-dostal-co-jsou-to-zelene-strechy-a-jak-pomahaji-prirode>..... 7
- Obrázek 4 - dešťová zahrada u cesty v Melbourne (Melbourne water (online) [cit. 2023.28.09], dostupné z <https://www.melbournewater.com.au/building-and-works/stormwater-management/options-treating-stormwater/raingardens> 8
- Obrázek 5 - dešťové zahrady na ulici Rundelsgatan (Fridell, K: #bluegreengrey systems at Rundelsgatan in Vellinge (online) [cit. 2023.28.09], dostupné z <https://bluegreengrey.edges.se/project/rain-gardens-with-osl-on-rundelsgatan-in-vellinge/> 14

Obrázek 6 : ukázka technologie propustné dlažby Ecosave (Brožová, K:
Představujeme betonovou dlažbu propouštějící vodu a chránící spodní vody před
znečištěním (online) [cit. 2023.08.10], dostupné z
[https://www.ceskestavby.cz/clanky/predstavujeme-betonovou-dlazbu-propoustejici-
vodu-a-chranici-spodni-vody-pred-znecistenim-27706.html](https://www.ceskestavby.cz/clanky/predstavujeme-betonovou-dlazbu-propoustejici-vodu-a-chranici-spodni-vody-pred-znecistenim-27706.html)

.....9

Obrázek 7 : Postupimské náměstí v Berlíně (Dreiseitl conculting GmbH: Potsdamer
Platz (online) [cit. 2023.12.26], dostupné z
<https://www.dreiseitlconsulting.com/potsdamer-platz>

.....15

Obrázek 8 : retenční nádrž před bytovým domem v Augustenborgu (Boverket:
Ekostaden Augustenborg, Malmö, Sverige (online) [cit. 2023.12.26], dostupné z
[https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/arkitektur-och-gestaltad-
livsmiljo/natverk-och-samarbeten/nordiskt-
samarbete/stadsgronska/exempel/ekostaden/](https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/arkitektur-och-gestaltad-livsmiljo/natverk-och-samarbeten/nordiskt-samarbete/stadsgronska/exempel/ekostaden/)

.....16

Obrázek 9 : Jezero v Ørestadu (UIA World congress of architects: Sustainable city
walk (online) [cit. 2023.10.24], dostupné z
[https://uia2023cph.org/side_events/walking-tour-orestad-a-new-urban-area-close-to-
nature-fields/](https://uia2023cph.org/side_events/walking-tour-orestad-a-new-urban-area-close-to-nature-fields/)

.....17

Obrázek 10 : vnitroblok panelového domu v Tyršově ulici na Kladně (mapy.cz
(online) [cit. 2023.3.1], dostupné z
<https://mapy.cz/katastralni?x=14.0984857&y=50.1442752&z=19>

.....20

Obrázek 11 Úryvek z katastru nemovitostí - vlastníkem parcely je město Kladno (https://www.cuzk.cz/ (online) [cit. 2023.3.1], dostupné z https://nahlizenidokn.cuzk.cz/ZobrazObjekt.aspx?typ=parcela&id=714711203	21
Obrázek 12 : Úryvek z katastru nemovitostí - vlastníkem parcely je město Kladno (https://www.cuzk.cz/ (online) [cit. 2023.3.1], dostupné z https://nahlizenidokn.cuzk.cz/ZobrazObjekt.aspx?typ=parcela&id=714707203	22
Obrázek 13: Aktuální vzhled vnitrobloku (archiv autorky, 2024)	23
Obrázek 14: 15 cm hluboká jáma pro test vsakovatelnosti (archiv autorky, 2024)	25
Obrázek 15: Jáma naplněna 3,5 litru vody (archiv autorky, 2024)	25
Obrázek 16: Jáma hodinu po nalití vody (archiv autorky, 2024)	26
Obrázek 17: Různé úrovně dešťové zahrady z hlediska zamokření (Obropta et al.: Rain garden manual of New Jersey (online) [cit. 2023.24.2], dostupné z https://www.maine.gov/dacf/php/pesticides/documents2/master%20gardeners/Rutgers_Rain_Garden_Manual.pdf	26
Obrázek 18: Nákres dešťové zahrady (archiv autorky, 2024)	39
Obrázek 19: Vizualizace nového vnitrobloku (archiv autorky, 2024)	40

Obrázek 19: Vzhled starého vnitrobloku - pro porovnání (archiv autorky, 2024)
.....40

8.2 Seznam tabulek

Tabulka 1 - rozdíly mezi centrálním a decentralizovaným odvodněním (Knap, 2017)
(online) [cit. 2023.07.10], dostupné z
https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/68973/F1-DP-2017-Knap-Jakub-Knap_DP.pdf?sequence=1&isAllowed=y
..... 5

Tabulka 2 - Příklady prkvů modro-zelené infrastruktury (Macháč et al.,2017)
(online) [cit. 2023.24.11], dostupné z
<https://www.fa.cvut.cz/studium/predmety/provadeni-a-stavebni-management-iii/pres3-zelena-a-modra-infrastruktura-prac-verze-1.pdf>
..... 7

Tabulka 3 - Koefficient vsaku některých zemin (Žabička et Vrána, 2011)
..... 25

Tabulka 4: Přehled součinitelů odtoku (Stránský et al.,2021) (online) [cit. 2024.10.3],
dostupné z <https://klima.praha.eu/DATA/Dokumenty/paticka/Standardy-hospodareni-se-srazkovymi-vodami-na-uzemi-hlavniho-mesta-Prahy1.pdf>
.....28

Tabulka 5: Srážkové úhrny (ČHMÚ a vlastní zdroj, 2024)
..... 29

Tabulka 6: Návrhové blokové deště [l/s/ha] (Stránský et al., 2021) (online) [cit. 2024.10.3], dostupné z <https://klima.praha.eu/DATA/Dokumenty/paticka/Standardy-hospodareni-se-srazkovymi-vodami-na-uzemi-hlavniho-mesta-Prahy1.pdf>

..... .29

Tabulka 7: Vhodnost vsakovacích objektů s půdním filtrem dle koeficientu vsaku a poměru A_{red}/A_{vsak} (Stránský et al., 2021) (online) [cit. 2024.16.3], dostupné z <https://klima.praha.eu/DATA/Dokumenty/paticka/Standardy-hospodareni-se-srazkovymi-vodami-na-uzemi-hlavniho-mesta-Prahy1.pdf>

..... .32

Tabulka 8: Tabulka 8: Tabulka s bilancemi pro různé doby trvání blokového deště (vlastní zdroj, 2024)

..... .33

Tabulka 9: Závazné požadavky HMP na HDV objekty (Stránský et al., 2021) (online) [cit. 2024.4.3], dostupné z <https://klima.praha.eu/DATA/Dokumenty/paticka/Standardy-hospodareni-se-srazkovymi-vodami-na-uzemi-hlavniho-mesta-Prahy1.pdf>

..... .34

Tabulka 10: Opravená tabulka s bilancemi pro různé doby trvání blokového deště (vlastní zdroj, 2024)

..... .35