

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

**Hospodaření s dešťovou vodou na vybraném objektu – ZŠ
Kolín 2**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Lenka Pavlíčková, Ph.D.

Bakalant: Aneta Skolilová

© 2023 ČZU v Praze

ZADÁNÍ:

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Aneta Skolilová

Územní technická a správní služba v životním prostředí

Název práce

Hospodaření s dešťovou vodou na vybraném objektu ZŠ Kolín 2

Název anglicky

Rainwater managment in elementary school Kolín 2

Cíle práce

Cílem této bakalářské práce je aplikovat zjištěné poznatky z odborné literatury v praxi a popsat možnost využití dešťových vod na vybraném objektu – Základní škola Bezručova 980 Kolín 2. Cílem práce je popsat a navrhnout využití dešťových vod a tím snížit spotřebu pitné vody.

Metodika

Práce bude zpracována za použití současné i zahraniční literatury v oblasti hospodaření s dešťovými vodami. Dále pro zpracování bakalářské práce bude nutné získat informace k danému objektu a lokalitě a zjistit stav nakládání s dešťovými vodami na vybraném území. Na vybraném objektu budou navrženy konkrétní způsoby hospodaření s dešťovou vodou. Práce bude obsahovat popis, jak postupovat při realizaci návrhu včetně výčtu potřebných materiálů k realizaci.

Doporučený rozsah práce

40

Klíčová slova

dešťová voda, hospodaření s dešťovou vodou, využití dešťových vod

Doporučené zdroje informací

- ČERMÁKOVÁ B., MUŽÍKOVÁ R., 2009: Ozelenění střech. Grada Publishing a.s., Praha, 246 s.
- GEIGER W., DREISEITL H., 2001: Neue Wege für das Regenwasser, 2. Auflage – München: Oldenburg, 300 s.
- HLAVÍNEK P., PRAX P., KUBÍK J., 2007: Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území. Brno: ARDEC, ISBN 978-80-86020-55-6.
- KREJČÍ V., GUJER W., 2002: Odvodnění urbanizovaných území – koncepční přístup. Brno: NOEL 2000, ISBN 80-86020-39-8.
- PLECHÁČ V., 1989: Voda: problém současnosti a budoucnosti. Praha: Svoboda, ISBN 80-205-0096-0.
- SIEKER F., KAISER M., SIEKER H., 2006: Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung im privaten, gewerblichen und kommunalen Bereich. Fraunhofer IRB Verlag: 236 s.

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Lenka Pavlíčková, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 6. 3. 2023

prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 6. 3. 2023

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 12. 03. 2023

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: *Hospodaření s dešťovou vodou na vybraném objektu* 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 diplomovou 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 diplomové 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 Konárovicích dne

.....

PODĚKOVÁNÍ:

Ráda bych poděkovala paní Ing. Lence Pavlíčkové, Ph.D., vedoucí mé bakalářské práce, za odborné vedení, za připomínky a cenné rady a také za trpělivý přístup při zpracování této práce. Dále bych ráda poděkovala mému nejlepšímu příteli Jindřichovi Pernfussovi, který bohužel nemohl studium dokončit, za obrovskou podporu při studiu a psaní práce. Také bych chtěla poděkovat paní ředitelce Základní školy Bezručova, Ing. Zdeňce Filipové, za poskytnuté podklady. V neposlední řadě chci poděkovat své rodině a ostatním přátelům za podporu během mého studia.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá hospodařením s dešťovými vodami. První část práce vychází z odborné české i světové literatury a popisuje, jak s dešťovou vodou nakládat od zachycení, čištění, skladování až po její následné využití. Praktická část se zabývá konkrétním návrhem systému hospodaření s dešťovými vodami na základní škole. Řešené území se nachází ve Středočeském kraji, ve městě Kolín. Cílem bude navržení akumulční nádrže pro následné využití k zálivce, návrh okrasného jezírka, zelené střechy a využití zatravněných ploch pro zasakování.

KLÍČOVÁ SLOVA: dešťová voda, hospodaření s dešťovou vodou, úspora vody, využívání dešťové vody, nádrž

ABSTRACT:

This bachelor thesis deals with rainwater management. The first part of the thesis is based on national and international literature and describes how to manage rainwater from collecting it, cleaning it, storing it and eventually using it. The practical part deals with the specific system design for rainwater management in a primary school. The area is located in the Central Bohemia Region, in the city of Kolín. The aim will be to design a storage tank which will be used for watering the premises, the design of an ornamental pond, a green roof and the use of grassed areas for soaking.

KEY WORDS: rainwater, rainwater management, water saving, rainwater harvesting, storage tank

Obsah

| | |
|--|----|
| 1. Úvod..... | 1 |
| 2. Cíle BP | 2 |
| 3. Legislativa ve vodním hospodářství..... | 3 |
| 4. Srážky..... | 4 |
| 4.1 Srážky v ČR..... | 4 |
| 5. Dešťové vody | 5 |
| 5.1 Znečištění dešťové vody..... | 6 |
| 5.2 Čištění dešťových vod | 7 |
| 5.3 Kvalita dešťové vody | 7 |
| 5.4 Využití dešťové vody | 8 |
| 5.5 Skladování dešťové vody | 10 |
| 5.6 Hospodaření s dešťovou vodou | 10 |
| 6. HDV a architektura | 11 |
| 7. Zařízení a objekty HDV | 12 |
| 7.1 Propustné plochy | 12 |
| 7.2 Zasakování dešťové vody | 13 |
| 7.3 Zelené střechy a fasády | 16 |
| 7.4 Akumulační nádrže..... | 17 |
| 8. Příklady HDV v zahraničí..... | 18 |
| 9. Charakteristika studijního území..... | 23 |
| 9.1 Základní informace..... | 23 |
| 9.2 Podnebí..... | 24 |
| 9.3 BPEJ | 26 |
| 9.4 Kanalizační síť..... | 26 |
| 10. Metodika | 26 |

| | | |
|--------|--|----|
| 11. | Současný stav | 27 |
| 12. | Návrh řešení | 28 |
| 12.1 | Nádrž na dešťovou vodu s využitím zálivky na pozemku | 28 |
| 12.1.1 | Výpočet objemu nádrže na dešťovou vodu..... | 29 |
| 12.1.2 | Nádrž na dešťovou vodu | 32 |
| 12.2 | Okrasné jezírko..... | 32 |
| 12.3 | Zelená střecha..... | 34 |
| 12.4 | Svedení vody z chodníků | 34 |
| 12.5 | Vodní hřiště | 34 |
| 13. | Diskuse..... | 35 |
| 14. | Závěr | 37 |
| 15. | Přehled literatury a použitých zdrojů | 38 |

1. Úvod

Voda je nejdůležitější sloučeninou na zemi. Každý den ji člověk využívá pro život, aby se napil, umyl či jen spláchl toaletu. Z tohoto důvodu by si měl člověk uvědomit, kde se vlastně bere a zda ji může využívat do nekonečna. Vzhledem ke změně klimatu nastává na planetě sucho a pitné vody začíná být nedostatek. I když se může zdát, že u nás je vody zatím dostatek, existují státy, ve kterých obyvatelé musí pro pitnou vodu jít několik kilometrů. Proto by si lidé měli vody více vážit a snažit se ji udržet ve vodním koloběhu co nejdéle. Aby vodní koloběh fungoval, musí se dešťová voda nejprve vsáknout a následně odpařit, což se ale kvůli špatnému hospodaření s vodou neděje. Z důvodu velkého sucha a deště, který se objevuje především ve formě přivalových dešťů, nemá voda čas se vsáknout. Následně odteče všechna do kanalizace a moří, čímž dochází ke ztrátě vody z dané krajiny.

Dešťová voda nelze běžně vypouštět do kanalizační sítě, jelikož se tím narušuje technologický cyklus ČOV. Pro tuto vodu se budují samostatné gravitační srážkové nádrže, které odvádějí dešťovou vodu. Jak ale likvidovat dešťovou vodu na pozemku, který nemá srážkovou kanalizaci? Nejjednodušším a nejideálnějším řešením je zachytávání a využívání spadané vody na pozemku, to lze zajistit vybudováním akumulační nádrže. V případě využívání zachycené dešťové vody při splachování, praní či zalévání je možné ušetřit až padesát procent vody pitné. Mezi další řešení patří vsakovací zařízení, díky kterým se voda dostane zpět do podzemních vod. Na rozdíl od Německa a jiných států není dosud v České republice zpoplatněno odvádění srážkových vod do kanalizace z nemovitostí určených k trvalému bydlení. To se ale v nejbližší budoucnosti nejspíš změní, případné sankce pak budou pro mnoho lidí velkou motivací pro hospodaření s dešťovou vodou. Hospodaření s dešťovými vodami je v poslední době velmi diskutované téma, a mimo budoucí finanční motivace by mělo být již teď hospodaření s dešťovou vodou aplikováno a využíváno, čímž se přispěje ke zlepšení planety a životu na Zemi.

2. Cíle BP

Cílem této práce je představit charakteristiky systémů hospodaření s dešťovými vodami a aplikovat zjištěné poznatky z odborné literatury v praxi a popsat možnosti jejich využití na vybraném objektu. Zvoleným objektem je Základní škola Bezručova 980 Kolín 2. Cílem praktické části je popsat a navrhnout využití dešťových vod a tím snížit spotřebu pitné vody v několika návrzích.

3. Legislativa ve vodním hospodářství

Hlavní předpis v této oblasti je **Zákon č. 254/2001 Sb. O vodách a změně některých zákonů** v platném znění. V tomto zákoně se stanovuje povinnost pro stavebníky, aby zajistili vsakování či zadržování a odvádění srážkových vod u staveb nových ale i při změnách na stavbách stávajících. Stavební úřad bez vyřešení HDV na vlastním pozemku nesmí vydat stavební povolení, rozhodnutí o dodatečném povolení stavby, o povolení změn stavby, o změně užívání stavby, ani kolaudační souhlas. Změnou stavby, vyplývající ze Zákona č. 183/2006 Sb. O územním plánování a stavebním řádu, jsou i přístavby, nástavby, či např. zateplení. Mimo pozemek může být odvedena pouze srážková voda, která je vypouštěna z regulovaných odtoků, a to jen v případě že nejsou vhodné podmínky pro zasakování a voda z bezpečnostních přelivů. Další právní předpisy, které se zabývají problematikou nakládání se srážkovou vodou je **Zákon č. 274/2001 Sb. O vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu**, ten stanovuje povinnost pro právnické osoby platit za odvádění srážkových vod do jednotné kanalizace. Od tohoto poplatku jsou osvobozeny plochy silnic, dálnic, místních a účelových komunikací, plochy regionálních a celostátních drah, zoologické zahrady a plochy nemovitostí určených k trvalému bydlení a domácnosti. Kvůli tomuto osvobození se snižuje motivace hospodaření s dešťovou vodou. Přednosti nakládání se srážkovou vodou dále vychází z **Vyhlášky č. 501/2006 Sb.** a **Vyhlášky 268/2009 Sb.** a jsou vymezeny v tomto pořadí: 1. vsakování; 2. zadržování a regulované odpouštění oddílnou kanalizací do vodního toku; 3. regulované odpouštění do jednotné kanalizace. Ve všech případech by mělo být upřednostňováno vsakování, pokud možné ale není například kvůli jílovitému podloží či vysoké hladině spodní vody, musí příslušní úředníci povolit alternativní řešení. Mimo vlastních právních předpisu byly vydány nové normy, které se této problematice věnují. Jedna z nich byla vydána v roce 2012 **ČSN 75 9010**, ta řeší výstavbu, návrh a provoz vsakovacích zařízení. Tato norma neřeší otázku, co se srážkovou vodou, pokud není možné využít vsakování. Tuto otázku řeší nová norma **TNV 75 9011** Hospodaření se srážkovými vodami. Ta představuje alternativy pro odvodnění a uvádí řešení pro větší urbanizované celky v kombinaci s řešením na jednotlivých pozemcích (Samek, 2013).

4. Srážky

Atmosférické srážky vznikají v atmosféře, kde nastává změna tlaku a teploty vzduchu při proudění, následně se vzduch nasýtí vodními parami. Vodní páry začnou kondenzovat kolem kondenzačních jader. Mezi tato jádra se řadí především částice soli mořské vody nebo částice minerálů. Tím se seskupí jádra, která se v ovzduší jeví jako oblaka (Šilar, 1996). Aby z oblak začaly vypadávat kapky vody nebo krystaly ledu v podobě srážek, musí jejich rychlost překročit rychlost vzestupných proudů vzduchu, k tomu je nutná jejich dostatečná hmotnost a velikost (Soukupová, 2012).

Srážky lze třídit několika způsoby, dle skupenství, původu, délky výskytu a příčin vzniku. Dle skupenství se dělí srážky na kapalné, plynné, tuhé a smíšené. Při dělení srážek dle původu se rozdělují na horizontální a vertikální. Mezi vertikální srážky spadá déšť, mrholení, sníh a kroupy, jedná se o ty srážky, které vznikají v atmosféře. Horizontální srážky jsou takové, které vznikají na povrchu země, do těchto srážek se řadí rosa, jinovatka, ledovka či námraza (meteocentrum, 2022; Kemel, 1996). Jiným hlediskem pro třídění srážek je jejich intenzita a časová proměnlivost. Dle toho se srážky dělí na trvalé srážky a přehánky. Trvalé srážky jsou srážky s malou proměnlivostí intenzity, mohou trvat krátce nebo se vyskytovat v podobě občasného deště. Oblast, kde se vyskytují trvalé srážky, je velmi rozsáhlá. Přehánky jsou srážky s kratší dobou trvání (minuty až desítky minut), během této doby se velmi mění intenzita deště. Přehánky mají pouze plošný charakter (Novák, 2004).

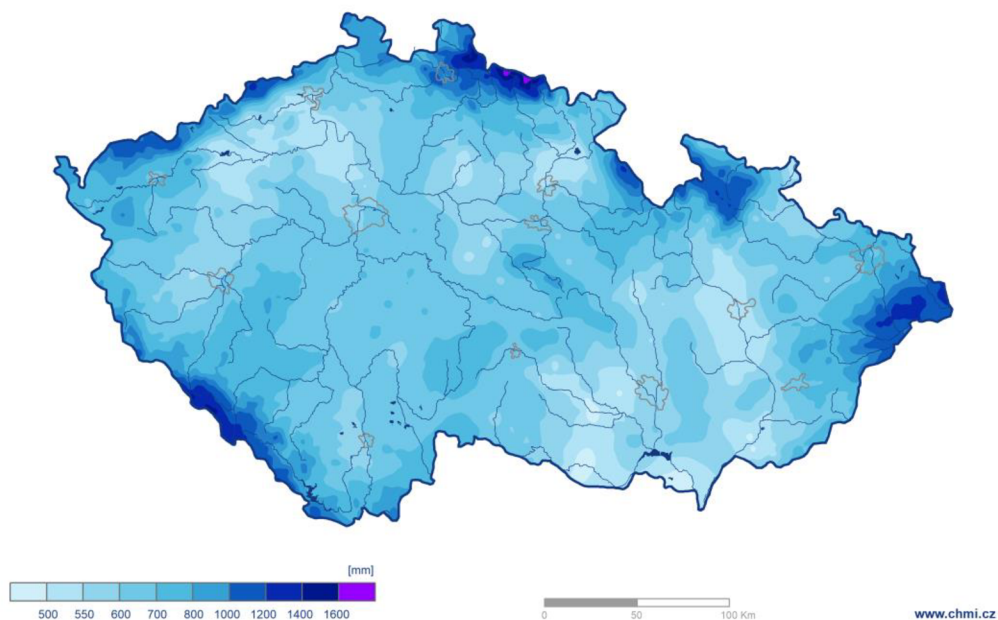
4.1 Srážky v ČR

Na území České republiky jsou srážkové úhrny velmi proměnlivé v čase a prostoru. Průměrné roční hodnoty úhrnu srážek se pohybují mezi 400 mm a 1700 mm (obr. 1), v závislosti na nadmořské výšce a účinku návětrné strany hor. Pouze u nejvyšších pohraničních pohoří se projevuje vliv nadmořské výšky na srážkové úhrny. Na více než 60 % území ČR dosahuje roční úhrn srážek mezi 600 mm a 800 mm. Mezi nejsušší oblasti České republiky spadá Žatecká pánev, Kladenská tabule, Řípská tabule a Drnholecká a Jaroslavičká pahorkatina, kde jsou roční srážkové úhrny nižší než 500 mm. Nízké srážkové úhrny nalezneme v západní polovině Čech, směrem na východ srážkové úhrny rostou. Roční chod srážek v České republice je kontinentální s maximem v létě a s minimem v zimě. Nejvíce srážek spadne od května do srpna a nejdeštivějším měsícem je zpravidla červenec. Minimum

srážek se vyskytuje v únoru, avšak v horských oblastech to může být i březen (meteostaniceolsi, 2023; Brázdil a kol., 2021).

Úhrn srážek v roce 2021

Český
hydrometeorologický
ústav



Obrázek 1: Roční úhrn srážek v ČR (ČHMÚ, 2022)

5. Dešťové vody

Voda dopadající na zemský povrch je správně nazývána voda srážková (déšť, sníh, kroupy atd.). Ovšem pro aplikaci systémů HDV jsou nejvýznamnější právě vody dešťové, které způsobují dešťový odtok. Dešťový odtok je transformace deště do efektivního deště. Tyto deště jsou rozdílné ztrátami, které mohou být způsobeny různě: povrchovou retencí, omočením ploch, infiltrací či výparem (Krejčí a kol., 2002). Při odvádění dešťové vody je nutné zabezpečení domů a objektů takovým způsobem, aby nedošlo v případě přívalových dešťů k jejich zatopení, ale také tak aby se řešil problém s HDV, jak to současná legislativa vyžaduje. V posledních letech se projevilo, že odvod dešťové vody do kanalizace nese vážné problémy. Jedním z problémů je znečištění povrchových vod, které nastává při vypouštění dešťových vod, zejména s kombinací vod splaškových. Dalším problémem je hydraulické zatížení. Omezuje se tvorba nových podzemních vod a tím dochází k nedostatku vody ve vodních tocích v suchých obdobích (Sieker, 2022; Šálek, 2012). Dešťová voda

je velmi důležitým článkem vodního koloběhu. Z důvodu nedostatku a ochrany pitné vody je v dnešní době významnou součástí vodního hospodářství (Šálek, 2012).

5.1 Znečištění dešťové vody

Dešťová voda by mohla být vodou destilovanou, čistou bez rozpuštěných látek, z toho důvodu, že dešťové mraky vznikají odpařením vody. Ale již v atmosféře dochází ke kontaktu s různými látkami, těmito látkami jsou například sloučeniny síry a dusíku, které se do atmosféry uvolňují spalováním topného oleje, plynu a uhlí. Stejně tak při průchodu atmosférou, a nakonec i na povrchu Země dochází ke kontaktu se znečišťujícími faktory. Vlivy znečištění se projevují i ze vzdálených oblastí, je to způsobeno tím, že znečišťující látky se snadno přenáší na velké vzdálenosti. To ale neznamená, že se tato voda nedá využít, její kvalita je naprosto vyhovující pro splachování, praní či zálivku (vodavdome.cz, 2022; Hlavínek a kol., 2007).

Znečištění v atmosférických srážkách

Tím že déšť čistí vzduch od všech látek v ovzduší, je způsobeno znečištění v atmosférických srážkách. Tyto látky se do ovzduší dostávají z průmyslových oblastí a vznikají antropogenní činností, jako je spalování fosilních paliv, z výfukových plynů motorových vozidel, používáním zemědělských hnojiv s amonnými ionty atd. Do ovzduší se dostávají také znečišťující látky z přirozeného prostředí, jsou to například látky z půdních erozí nebo mořské soli (Böse, 1999). Největší zastoupení v urbanizovaném území mají dusičnany, uhličitany, sírany, chloridy, vápník, hořčík a amonné ionty. Mezi vedlejší znečišťující látky patří především křemík, železo, fosfáty, mangan, draslík, zinek, hliník a další kovy (Krejčí a kol., 2002).

Znečištění nahromaděné na střechách

Déšť bývá ve většině případech pro střechy jediným způsobem očisty. Voda odtékající ze střechy obsahuje vysoký podíl rozpuštěných kyslíčků a proměnlivý podíl organických látek. Jedná se především o pyl, klacíky, listí či ptačí trus. Toto zatížení vody je ovšem tak nepatrné, že při zodpovědném zacházení s dešťovou vodou nemůže dojít k ohrožení zdraví (Dvořáková, 2007).

Znečištění při kontaktu s povrchem

Voda se znečistí kontaktem se střešní krytinou, odpadními trubkami, filtry apod. Minerály, které se vyskytují na površích a pronikají do dešťového odtoku, jsou především vápník, hliník a křemík z betonových ploch, zinek, měď a kadmium z kovových povrchů a organické látky z umělých ploch (Golver, 1988). Z některých střešních krytin se mohou také uvolňovat nežádoucí látky. Dešťový odtok z těchto střech obsahující materiály s pesticidy musí být zaústěn do kanalizace s odtokem na čistírnu odpadních vod (Dvořáková, 2007).

5.2 Čištění dešťových vod

Pokud se dešťová voda využívá pouze k závlaze, mytí auta či podobným účelům, nemusíme si s čištěním dělat starost. Pokud vodu chceme využít v domácnosti její čistota bude pro nás velmi podstatná (Hlavínek a kol., 2007). Při intenzivních srážkách obsahují dešťové vody velké množství povrchových nečistot. Při zasakování dešťových vod mohou tyto nečistoty zanášet vsakovací objekty a zmenšit tím jejich akumulací objem (ASIO, s.r.o., 2019). Pro čištění dešťové vody se využívají dva procesy – sedimentace a filtrace. Sedimentace může probíhat v akumulací nádrži na dešťovou vodu anebo v nádrži usazovací. K filtraci existují dva typy filtrů interní a externí. Externí filtr se napojuje mezi okapový svod a jímku, umožňuje spojení dvou okapových svodů a odtok čisté vody do jímky. Interní filtry se nacházejí uvnitř nádrže, mají pouze jeden přítok a odtok vyčištěné vody do nádrže (Dvořáková, 2007).

5.3 Kvalita dešťové vody

Při užívání dešťové vody nesmí dojít k ohrožení uživatele, k omezení komfortu užívání vody, k ohrožení kvality pitné vody a ke kontaminaci životního prostředí. Požadavky na složení dešťových vod jsou z hlediska využití různé (viz tab. 1). Pokud by voda obsahovala mnoho nerozpuštěných látek a byla by využívána k praní prádla, je nutná úprava vody filtrace. Využívání vody na WC je zpravidla bez omezení. Dalším příkladem je využití na závlahy, pokud voda obsahuje pesticidy neměla by být využívána vůbec, ohrožuje jak rostliny, tak půdní organismy, ovšem ve většině případech je dešťová voda mnohem vhodnější na závlahu než pitná voda (Dvořáková, 2007).

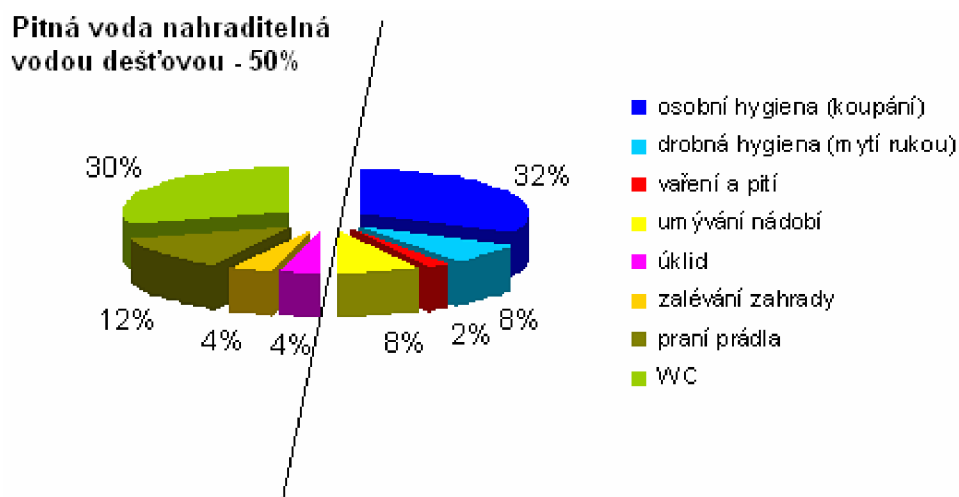
| Druh znečištění | Požadavky na složení dešťové vody ze střech | | | |
|--------------------|---|------------------------------------|--------------------------------|--|
| | Závlahy | Úklid | WC | Praní prádla |
| Nerozpuštěné látky | Inertní NL jsou neškodné | Při vyšších koncentracích nevhodné | Zpravidla bez významu | Zpravidla nutná úprava (filtrace) |
| Organické látky | Inertní a lehce odbouratelné jsou neškodné | Zpravidla bez významu | | V obvyklých koncentracích bez významu |
| Těžké kovy | Nebezpečí akumulace v půdní vrstvě | | | |
| Pesticidy | Ohrožení rostlin a půdních organismů | | | |
| Mikroorganismy | Zpravidla bez významného vlivu | | Zpravidla bez významného vlivu | |
| Barva | | Zpravidla bez významu | Zpravidla bez významu | Nebezpečí obarvení |
| Zápach | | | | Zpravidla bez významu |
| Agresivita vody | | | | Podle složení vody a typu pračky |
| Celkové posouzení | Dešťová voda ze střech je často mnohem vhodnější než pitná voda | Použití zpravidla bez omezení | Použití zpravidla bez omezení | V případě nadbytku dešťové vody a v kombinaci s pitnou vodou pro poslední fázi pracího procesu |

Tabulka 1: Požadavky na složení dešťové vody ze střech v závislosti na druhu znečištění (Dvořáková, 2007)

5.4 Využití dešťové vody

Zájem o využití dešťové vody se v posledních letech celosvětově zvýšil, především kvůli klimatickým změnám, silnému znečištění povrchových vod, nedostupnosti vody nebo vyčerpáním zdrojů vod podzemních. Na jednoho obyvatele činí průměrná spotřeba pitné vody kolem více než 100 litrů vody denně. Tam, kde přicházíme do přímého kontaktu s vodou (vaření, pití, mytí nádobí, tělesná hygiena) musí být používána voda pitná, ovšem při jiném použití, jako například praní, splachování, zalévání, údržba lze využít vodu dešťovou. Pokud by se využívala na tyto potřeby místo vody pitné voda dešťová snížila by se spotřeba pitné vody až o 50 % (obr. 2). Na samotné zalévání je dešťová voda mnohem vhodnější než voda z řádu, jelikož nedochází k zasolování půdy. Pokud se rozhodneme využívat dešťovou vodu v domácnosti, či v nějakém objektu, je vhodné zřídit podzemní nádrž. Možností,

kde využít dešťové vody je mnohem víc, mezi další příklady patří mytí aut, fasád domů, chodníků a silnic, hašení požáru, či napouštění bazénů (Počítáme s vodou, 2022; Haq, 2017; Hlavínek a kol. 2007).



Obrázek 2: Diagram znázorňující možnosti nahrazení dešťové vody (Dvořáková, 2007)

Na zavlažování je dešťová voda velmi vhodná. Dešťová voda je chudá na soli, proto nedochází k zasolování půdy. Ke všemu neobsahuje chlór. Existují dokonce i rostliny, které jinou, než dešťovou vodu nesnesou, např. kanadské borůvky. Dešťová voda je přírodní hnojivo, obsahuje dusík, prospěšné mikroorganismy a minerální živiny, které se shromáždily z prachu ve vzduchu (Lancaster, 2019). Na praní se zachycená dešťová voda využívá především v oblastech, kde je jiná dostupná voda na praní příliš tvrdá nebo obsahuje vyšší podíl železa, manganu apod. Hlavní výhodou využití dešťové vody na praní je její měkkost, díky které se podstatně lépe rozpouští prací prášky a snižuje se jejich spotřeba. Voda nemá tendenci se usazovat a tvořit vodní kámen, a proto není třeba využívat změkčovače. Úspory se tedy mimo spotřebu vody týkají také snížené spotřeby pracích prostředků a snížení opotřebení pračky. Pro splachování je dešťová voda velmi vhodná, jelikož je měkká a jak již bylo zmíněno, nedochází k usazování vodního kamene. Splachování WC spotřebuje společně se sprchováním nejvíce vody v domácnosti, poněvadž nevyžaduje vysoce kvalitní vody, je používání pitné vody nadbytečným plýtváním. Dešťová voda se může použít také na mytí aut, úklid a čištění tam, kde není třeba hygienicky nezávadná voda. Ve všech případech je zapotřebí velké množství vody a je ekonomické i ekologické využít dešťovou vodu namísto pitné (Dvořáková, 2007).

5.5 Skladování dešťové vody

Nádrž je základním prvkem při zadržování dešťové vody, může být jak nadzemní, tak i podzemní, její velikost se určuje dle velikosti střešní plochy, odkud bude voda přiváděna. Z finančního hlediska jsou nejméně nákladné nádrže betonové, ovšem největší komfort poskytují nádrže plastové (Hlavínek a kol., 2007). Pro udržení hygieny zachycené vody je lepší mít vodu uskladněnou na chladném místě, kde není vystavena přímému slunečnímu záření, tedy nejvhodnější variantou je nádrž podzemní. Nádrže umístěné na zemi jsou vystaveny vlivu proměnlivých teplot, světla a možnému znečištění. Umístění ve sklepě se nedoporučuje z důvodu vyšší teploty vzduchu, která by neměla přesáhnout 18 °C, při vyšší teplotě může dojít ke vzniku nebezpečných mikroorganismů (Dvořáková, 2007).

5.6 Hospodaření s dešťovou vodou

Základním pravidlem hospodaření s dešťovou vodou je napodobení přirozených odtokových poměrů v území před urbanizací. Hospodaření s dešťovou vodou má několik ekologických, ekonomických ale i bezpečnostních přínosů. Například se obnovuje zásoba podzemních vod díky vsakování do podzemí. Využíváním dešťové vody se šetří náklady za odebranou vodu z řádu. Vzhledem k nárůstu zpevněných ploch, je omezen vsak dešťové vody, ta rovnou steče do kanalizace, která ovšem nemá neomezenou kapacitu. Rychlým odtokem z větších území při přívalových deštích mohou vznikat povodně. Pravidla pro nakládání s dešťovou vodou byla v České republice zavedena, ale jejich přístup k dodržování je relativně slabý. Jedním z cílů hospodaření s dešťovou vodou je umožnit vodě vsakování nebo odpařování, dočasně ji skladovat, využívat anebo ji vrátit do koloběhu vody. HDV přináší kromě výhod pro lidi a životní prostředí také úspory nákladů na likvidaci odpadních vod. Hospodaření s dešťovou vodou nemá jeden určitý postup, jedná se o velké množství různých opatření, která jsou aplikována dle místních podmínek a požadavků, a jsou kombinována (Klima Wandel Anpassung, 2022; Sieker, 2022; Samek, 2013).

Nesprávné hospodaření s dešťovou vodou zvyšuje riziko výskytu sucha, ale i vzniku povodní. Nejproblémovější oblasti se nachází ve městech a jejich okolí. V důsledku městské zástavby mizí zelené plochy, tím pádem není půda schopná absorbovat vodu na místě dopadu dešťové vody. Z těchto ploch je většina dešťové

vody svedena přímo do kanalizace, což má své ekonomické ale i ekologické nedostatky (EnviWeb, 2018; EnviWeb, 2014).

Podle platné legislativy existují tři způsoby nakládání s dešťovou vodou. Nejdoporučovanějším způsobem je vsakování na místě, to jde využít pouze pokud jsou vhodné podmínky a dostatečně propustné podloží. Mezi jednodušší opatření řadíme větší spáry mezi dlaždicemi na vydlážděných částech pozemku, použití tzv. zatravnovacích tvárnic nebo vytvoření malých retenčních prostorů, do nichž voda steče, krátkodobě se zachytí a postupně se vsakuje. Při horších vsakovacích podmínkách je nutné kombinovat vsakování s retencí a odpouštěním. Pokud se na pozemku žádná voda nevsákne, je možná jen retence a regulační odtok. Ze samotných retenčních nádrží je nutné vodu odvádět přednostně do povrchových vod a dešťové kanalizace. Odvádění odtoku do jednotné kanalizace je na posledním místě při volbě odvodnění. Nejlepší opatření HDV jsou ta, která se nachází v místě dopadu dešťové vody. Příkladem může být akumulace vody na pozemku, která se následně využívá k zálivce zahrady či v domácnost. U vsakování doplňujeme podzemní vody, které se s narůstajícím suchem stále zmenšují. Regulací odtoku předcházíme přetížení kanalizačních sítí a čistíren odpadních vod (Samek, 2013; EnviWeb, 2007).

6. HDV a architektura

Hospodaření s dešťovou vodou je jednou z nezbytných součástí opatření na změnu klimatu ve městě. Jedním z příkladů zhoršení klima je efekt tepelného ostrova. Efekt tepelného ostrova je takový, kdy dochází k rozdílu teplot ve městě a jeho okolí o několik stupňů kvůli akumulaci tepla mezi zastavěnými plochami. Omezení tohoto efektu se dá docílit zvýšením podílu zelených ploch ve městě. Strom s průměrem koruny 5 m během slunného letního dne odpaří 100 l vody a jeho chladicí efekt je až čtyřikrát vyšší než u výkonnějších klimatizačních zařízení. Zeleň ve městě je důležitá nejen k ochlazení okolí, ale přispívá také ke zlepšení kvality vzduchu a ke snižování prašnosti a hluku. Pro udržení zeleně ve městě je nutná dostatečná zálivka, která by měla být dodávána především z vody dešťové. Za použití zasakovacích ploch, svedením vody ze střech a jiných zařízení je možné přivádět vodu přímo ke stromům a jejich kořenům. Mezi základní architektonické prvky ve městě se uplatňují zelené střechy a zelené fasády. Před samotnou výstavbou, především

zelených střech je nutné si na začátku stanovit, jaké jsou cíle opatření a kolik financí a času je možné věnovat její údržbě. Zelené střechy zpomalují a snižují srážkový odtok, zelené fasády mají pak spíše funkci izolační. Existuje několik řešení zelených fasád, nenáročným řešením mohou být například popínavé rostliny, jiné formy zelených stěn jako je vysazování rostlin do polic nebo plošně na stěnu opatřenou konstrukcí a geotextilií jsou náročné na realizaci i její údržbu. Využití dešťových vod na údržbu je vhodné spíše pro střešní zahrady a záhony, u vertikálních zahrad je především používána voda pitná, aby nedocházelo k ucpávání. Celkově zeleň v ulicích, na střechách či na zdech města mají v souvislosti HDV velký potenciál (Pančíková, 2020).

7. Zařízení a objekty HDV

Mezi základní procesy zařadíme vsakování, retenci, čištění, evapotranspiraci a transport vody s regulací odtoku. Do podmínek, které ovlivňují návrh a volbu technického řešení spadá: znečištění srážkového odtoku, prostorové podmínky (velikost odvodňované plochy, vzdálenost od zástavby, dispozice zástavby), hydrogeologické podmínky (propustnost, poloha hladiny podzemní vody) a další (Šálek, 2012).

7.1 Propustné plochy

Na mnoha pozemcích se najdou plochy, které jsou zpevněné nebo zastavěné dlažbou, asfaltem či betonem. Chodníky, odstavné plochy nebo parkovací místa ovšem tuto zástavbu nevyžadují. Častým důvodem zpevnování je údržba, jelikož není tak náročná jako údržba zelených ploch. Tyto plochy by měly být přeměněny na zelené plochy nebo propustné zpevněné plochy. Tím, že se zpevněné plochy přemění na zelené, se pomůže dešťové vodě, aby se zasákla na místě dopadu, také se vrátí přirozená funkce půdy, která se stává opět součástí ekosystému. Mezi propustné zpevněné plochy lze zařadit zatravněnou plochu, povrch ze štěrku nebo kamenné drti, štěrkový trávník, dřevěné rošty a dlažbu, vegetační tvárnice (obr. 3), dlažbu se zatravněnými spárami či propustný asfalt (Vítek a kol., 2015). Výhoda zatravněných ploch je jejich nízká cena a jednoduchá údržba. Zatravněovací dlažby mohou sloužit jako příjezdová cesta ke garážím, nebo jako parkovací plocha. Propustný asfalt lze využít na chodníky a cyklostezky, kde je zatížení menší než na silnicích, jelikož není tak pevný jako klasický beton. Pórovitost propustného

asfaltu či betonu je mnohem vyšší než u klasického betonu. Propustný asfalt obsahuje 15 - 22 % objemu pórů, u klasického betonu je pórovitost do 5 % (Hlavínek a kol., 2007).



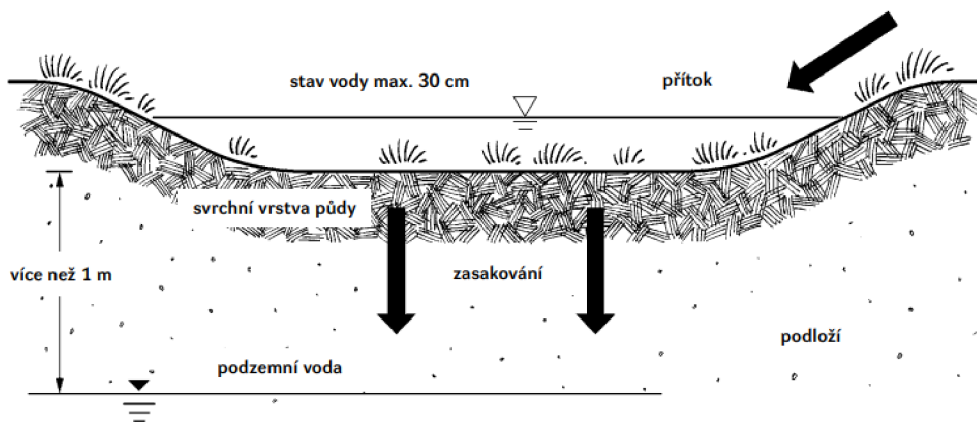
Obrázek 3: Vegetační tvárnice (Besta stavebnictví, 2023)

7.2 Zasakování dešťové vody

Zasakování je nejšetrnějším způsobem k životnímu prostředí, jak likvidovat dešťovou vodu, a to zejména v zastavěných oblastech. Tím se doplní deficit spodních vod, který je způsoben stále nabývajícimi zpevněnými plochami a odvedením vody pomocí kanalizací do řek. Kvůli tomuto systému se voda do spodních vod nevrací. Odtékající dešťovou vodu ze zpevněných povrchů lze zasakovat do podloží různými způsoby, např. přes průlehy, rýhy nebo šachty. Jejich výběr závisí na podmínkách v dané lokalitě. Mezi tyto podmínky patří možnost zasakování, infiltrační schopnost půdy, poloha hladiny podzemní vody, znečištění srážkové vody či půdního horizontu. Zasakování dešťové vody se využívá především v případech, kdy by bylo zpropustnění povrchu příliš nákladné (BLU, 2015; Hauraton, 2009).

Zasakování v průlehu

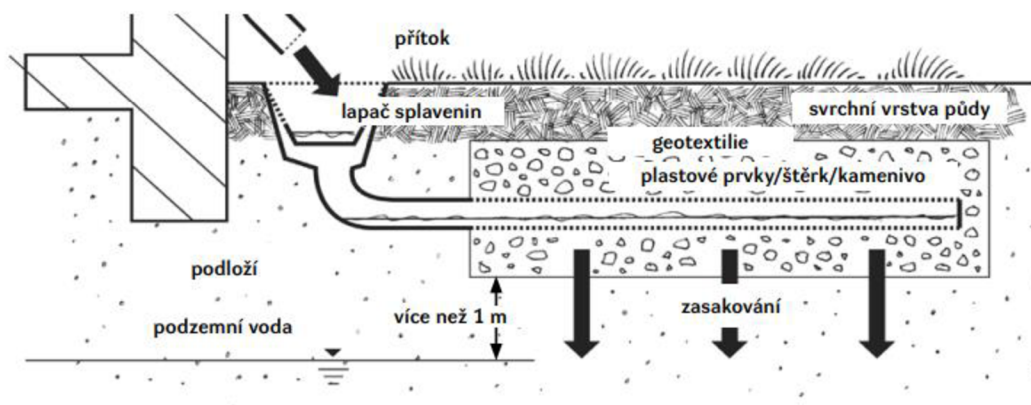
Průlehy jsou nejlevnější a stavebně nejjednodušejí proveditelné řešení. Průleh je prohlubeň v zatravněné či porostlé ploše, do které je odváděna dešťová voda. Průlehy se staví dostatečně velké, aby se i za silného deště veškerá voda vsákla do 15 hodin, doporučená maximální hloubka zadržené vody by neměla přesáhnout 30 cm. Pokud je déšť slabý, voda se v průlehu neobjeví. Průlehy se využívají u pozemků, které disponují rozlehlými zatravněnými plochami, a také tam, kde je možné dešťovou vodu přivádět povrchově. Řez systému zasakování v průlehu je vyobrazen v obrázku č. 4. Koryto by mělo být vedeno rovně a bez spádu, aby byla voda rovnoměrně rozložena a vsakována (BLU, 2015; Šálek, 2012).



Obrázek 4: Zasakování v průlehu (BLU, 2015)

Zasakování v rýze

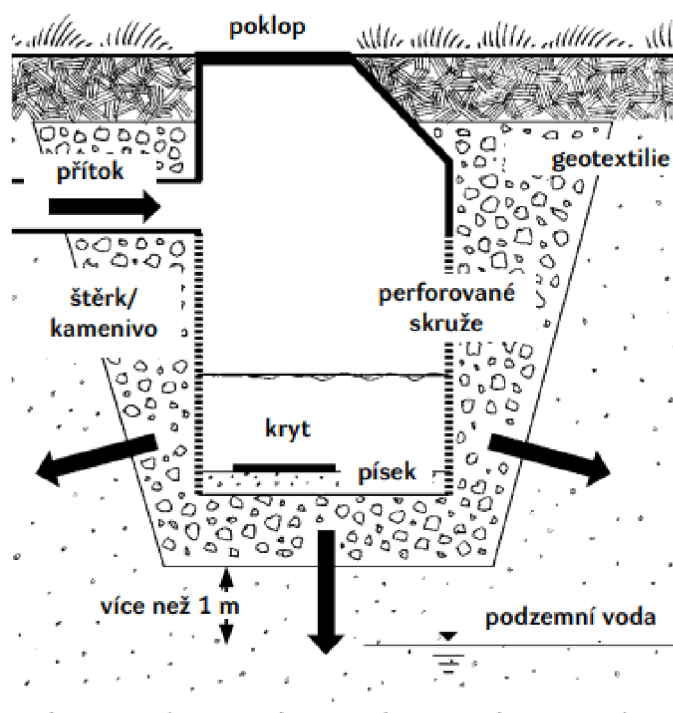
Při zasakování v rýze je dešťová voda odváděna do podzemního zásobníku, kde se zasakuje do zeminy (obr. 5). Zásobník se skládá z propustných umělohmotných prvků, štěrku nebo kameniva, kde se voda při silných deštích zadržuje. Pokud je rýha vyplněna štěrkem nebo kamenivem, vkládá se do ní navíc plastová trubka, která slouží k rovnoměrnému rozdělení vody. Rýhy jsou obaleny geotextilií, která zabraňuje vniku zeminy. Rýhy lze využít kdekoliv, jedinou podmínkou je, že v místě zasakovacího objektu se nesmí vysazovat velké keře a stromy. Rýhy se mohou umísťovat i pod parkoviště či chodníky. Zasakování v rýze se využívá přednostně tam, kde je voda přiváděna podpovrchově potrubím a zároveň je omezená plocha pozemku (BLU, 2015).



Obrázek 5: Zasakování v rýze (BLU, 2015)

Zasakování v šachtě

U zasakování v šachtě se dešťová voda zasakuje do okolní zeminy přes skruže. Před šachtu je vhodné umístění objektu pro předčištění srážkových vod. Veškeré nečistoty se ukládají na dno šachty a dají se v případě potřeby odstranit. Při silném dešti se voda v šachtě zadrží a následně se postupně vsakuje. Prostor okolo šachty je vysypán štěrkem či kamenivem a obalen geotextilií, čímž se zabrání vniku zeminy (obr. 6). Šachty se využívají především tam, kde je voda přiváděna podpovrchově a zároveň je omezená plocha pozemku (BLU, 2015).



Obrázek 6: Zasakování v šachtě (BLU, 2015)

7.3 Zelené střechy a fasády

Zelené střechy nejsou pouhou estetickou záležitostí, ale také velmi funkční konstrukcí, která má oproti běžné střeše několik výhod. Veškerá voda, která dopadá na střechy s klasickými krytinami (asfalt, plech, plast, keramické či betonové tašky) je ve většině případech odváděna přímo do kanalizace. Tyto plochy se v horkých letních dnech rozpalují a tím se zvyšuje teplota okolí. Tyto problémy lze vyřešit právě zelenou neboli vegetační střechou, ta dokáže zadržet mnoho vody a ochlazuje okolí a budovu pomocí odparu. Jelikož střecha nepodléhá degradaci UV záření, prodlužuje se životnost hydroizolace. Zelené střechy odlehčují kanalizaci při silných deštích a zajišťují biologické a mechanické čištění vody přes rostliny a půdu, díky tomu se filtrují škodlivé látky ve vzduchu, spotřebovává se CO₂ a umožňuje život pro rostliny a zvířata, čímž se zvyšuje biodiverzita okolí. Tyto výhody má například i vertikální zahrada (Klima Wandel Anpassung, 2022; Počítáme s vodou, 2022; Mifková, 2009).

Zelené střechy lze rozdělit na intenzivní, polointenzivní a extenzivní dle typu rostlin, které na ni porostou (obr. 7). U střech s extenzivní zelení se upřednostňují vrstvy smíšeného substrátu, které dokážou akumulovat vodu. Využívá se neudržovaná zeleň v kombinaci s nenáročnými rostlinami (např. rozchodníky, suchomilné trávy, netřesky, mechy, sukulenty aj.), které jsou schopné žít v extrémních podmínkách a stačí jim malá vrstva zemního substrátu, výška těchto rostlin se pohybuje od 5 o 5 m. Výška použitého substrátu dosahuje od 60 do 150 mm, dle druhu porostu. Díky nízké vrstvě substrátu jsou extenzivní střechy vhodné pro většinu střech, jelikož na ně působí malé zatížení. Tento typ střech se využívá nejčastěji, především díky tomu, že po aplikování již není třeba žádné péče. Tyto střechy plní pouze izolační a okrasný účel, nejsou na rozdíl od intenzivních střech vhodné pro pohyb osob. Jak již z názvu vypovídá polointenzivní zeleň je přechodný typ střechy. Najdeme zde stejné rostliny jako u extenzivní střechy, které jsou doplněny suchomilnými trvalkami (např. len vytrvalý, hvozdík kropenatý, ostřice chabá aj.). U intenzivní úpravy obsahuje obvykle vegetační vrstva více substrátů. Na tomto typu střechy se pěstují travnaté plochy, ale i náročnější rostliny jako keře či stromky (např. borovice kleč, růže bedrníkolistá, divizna černá aj.). U intenzivního typu střech se často využívá rekreační pobyt na střeše, stavba teras a chill-out zón. Rostliny intenzivní zeleně vyžadují pravidelnou údržbu a odbornou péči. Výška střešního substrátu je vždy vyšší

než 300 mm. Střechy s intenzivní zelení jsou vhodné pouze pro střechy, které snesou vyšší tíhu (EcoSedum, 2022; Dreiseitl a kol., 2001).



Obrázek 7: Typy zelených střech zleva intenzivní, polointenzivní, extenzivní (Dreiseitl a kol., 2001)

7.4 Akumulační nádrže

Akumulační nádrže pro dešťovou vodu mohou být podzemní či nadzemní. Aby byla voda, co nejkvalitnější jsou vhodnější nádrže zabudované v zemi. Nádrže nadzemní jsou vystaveny slunečnímu záření, teplotním výkyvům a možným znečištěním (Šálek, 2008).

Při návrhu akumulací nádrže na dešťovou vodu je vhodné postupovat takto:

- Navržení dispozice systému,
- Posouzení vhodnosti povrchu střechy pro zachycování srážkových vod,
- Stanovení objemu akumulací nádrže,
- Zvolení způsobu odvádění srážkové vody mimo systém (Reinberk, 2021).

Plastové nádrže

Plastové nádrže jsou vyráběny z polyetylenu, hlavní výhodou těchto nádrží je její odolnost proti korozi. Plastové nádrže se vyznačují nízkou hmotností, díky tomu jsou jednoduché na montáž a je s nimi snazší manipulace. Plastové nádrže se usazují na ztuhlý štěrkový podklad nebo betonovou desku. Hrozí-li nebezpečí spodní či povrchové vody doporučuje se jejich obetonování (Hlavínek a kol., 2007).

Betonové nádrže

Betonové nádrže se staví podobným způsobem jako studny, za pomoci jednotlivých skruží. Mezi hlavní nevýhodu betonových nádrží patří jejich těsnění, které po několika desítkách let přestane fungovat. Naopak jako výhodu u těchto nádrží patří přirozená neutralizace kyselé dešťové vody, která se v plastové nádrži řeší přidáním přírodního vápence. Díky vysoké pevnosti jsou na rozdíl od plastových nádrží vhodné pod příjezdové cesty (Hlavínek a kol., 2007).

8. Příklady HDV v zahraničí

Hospodaření s dešťovou vodou se v okolních státech jako například v Německu, Švýcarsku, Nizozemí či Rakousku uplatňuje čím dál více. V několika pracích a projektech bylo dokázáno, že použitelnost HDV v praxi má mnoho ekonomických i vodohospodářských výhod.

Německo – Berlín

Na území Berlína je využívána tzv. modrozelená infrastruktura. Jedná se o opatření, díky kterým se do zastavěných území dostane voda (modrá) a rostliny (zelená). Tyto opatření slouží k zachytávání, vsakování, výparu a využívání dešťové vody, která neodtéká přímo do kanalizace. Mezi další výhodou patří ochlazování měst.

Jedním z příkladů je rezidenční čtvrť, která se vybudovala v 90. letech na původní průmyslové zóně. Jedná se o komplex zasakovacích průleहů a kaskádovitých domů (obr. 8). Domy mají zelené střechy, díky čemuž je část vody zachycena už přímo na střeše. Voda, která se na střeše nevsákne, je svedena okapy na ploché střechy garáží, které fungují jako předzahrádka pro byty v prvním podlaží. Zbývající voda stéká po řetízku na zem, kde se přímo vsakuje (Dušková, 2022).



Obrázek 8: Kaskádovité domy (pocitamesvodou.cz, 2022)

Na každé ulici jsou vybudovány menší průlehy (obr. 9), do kterých stéká voda z chodníků a ze silnice, ty jsou zakončeny bezpečnostním přelivem (obr. 10) – dešťová kanalizace pro extrémní případy. Po 25 letech zkušenosti se ukázalo, že dešťová kanalizace zde nebyla zatím vůbec třeba, 95 % vody se bez problému vsakuje. Vědci, kteří v této lokalitě odebírají vzorky, zjistili, že při vsakování dochází k odbourání cca 90 % znečištění (Dušková, 2022).



Obrázek 9: Průleh (pocitamesvodou.cz, 2022)



Obrázek 10: Bezpečnostní svod do kanalizace (pocitamesvodou.cz, 2022)

Dalším příkladem HDV v Berlíně je Ústav fyziky Humboldtovy univerzity. Budova má zelenou střechu a stěny jsou prorostlé popínavými rostlinami (obr. 11). Hlavní rolí v tomto projektu je výpar vody z jezírka, nebo právě skrze listy rostlin. Výpar je základem malého vodního cyklu – čím více vody se vypaří, tím více prší. Při vypařování vody se spotřebovává energie a tím se ochlazuje okolí. Voda, která se nezachytí na střeše, je svedena na nádvoří mezi budovami do vytvořeného jezírka (Dušková, 2022).



Obrázek 11: Prorostlá fasáda univerzitní budovy (pocitamesvodou.cz, 2022)

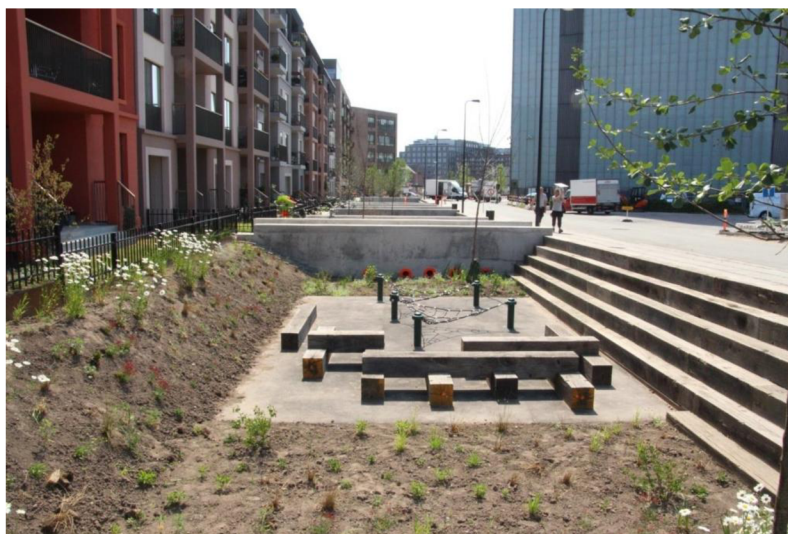
Dánsko – Kodaň

Jako příklad HDV v Kodani je výstavba nové čtvrti Ørestad. Tato čtvrť byla vybudována na původním mořském dně. Kvůli výstavbě vznikly nádrže a kanály, na které navazují nové, mající za úkol zdobit uliční prostor. Tyto nádrže jsou zásobovány dešťovou vodou ze střech a zastavěných ploch. Ikonou této čtvrti je zelená střecha bytového domu 8TALLET (obr. 12), která se jí stala díky její fotogeničnosti. U čtvrti se nachází také jezero, který nemá jiný zdroj než vodu ze srážek (Pančíková, 2018).



Obrázek 12: Bytový dům 8TALLET (pocitamesvodou.cz, 2018)

Dalším příkladem HDV jsou zasakovací a retenční opatření v obytných prostorech (obr. 13). Tento projekt počítá s převýšením, a je zde aplikováno zadržení vody pomocí terasovitě uspořádaných „bazénů“, které oddělují vstupy do jednotlivých bytových domů (Kabelková, 2018; Pančíková, 2018).



Obrázek 13: Retenční nádrže v nové zástavbě (pocitamesvodou.cz, 2018)

Německo – Hamburk

Jedním z cílů města Hamburk je zvýšit podíl zeleně ve městě, záměrem je během 10 let vybudovat zelené střechy o rozloze 100 ha. Novostavby po r. 2020 mají povinnost mít zelenou střechu a solární panely, pokud mají přes 90 % zpevněných ploch pozemku. Pokud se přestaví v staré zástavbě střecha na střechu zelenou, sníží se tak poplatek za odvádění srážkové vody na 50 %. Na tyto přestavby město poskytuje dotace, které pokryjí až 60 % nákladů na instalaci (Kabelková, 2018).

9. Charakteristika studijního území

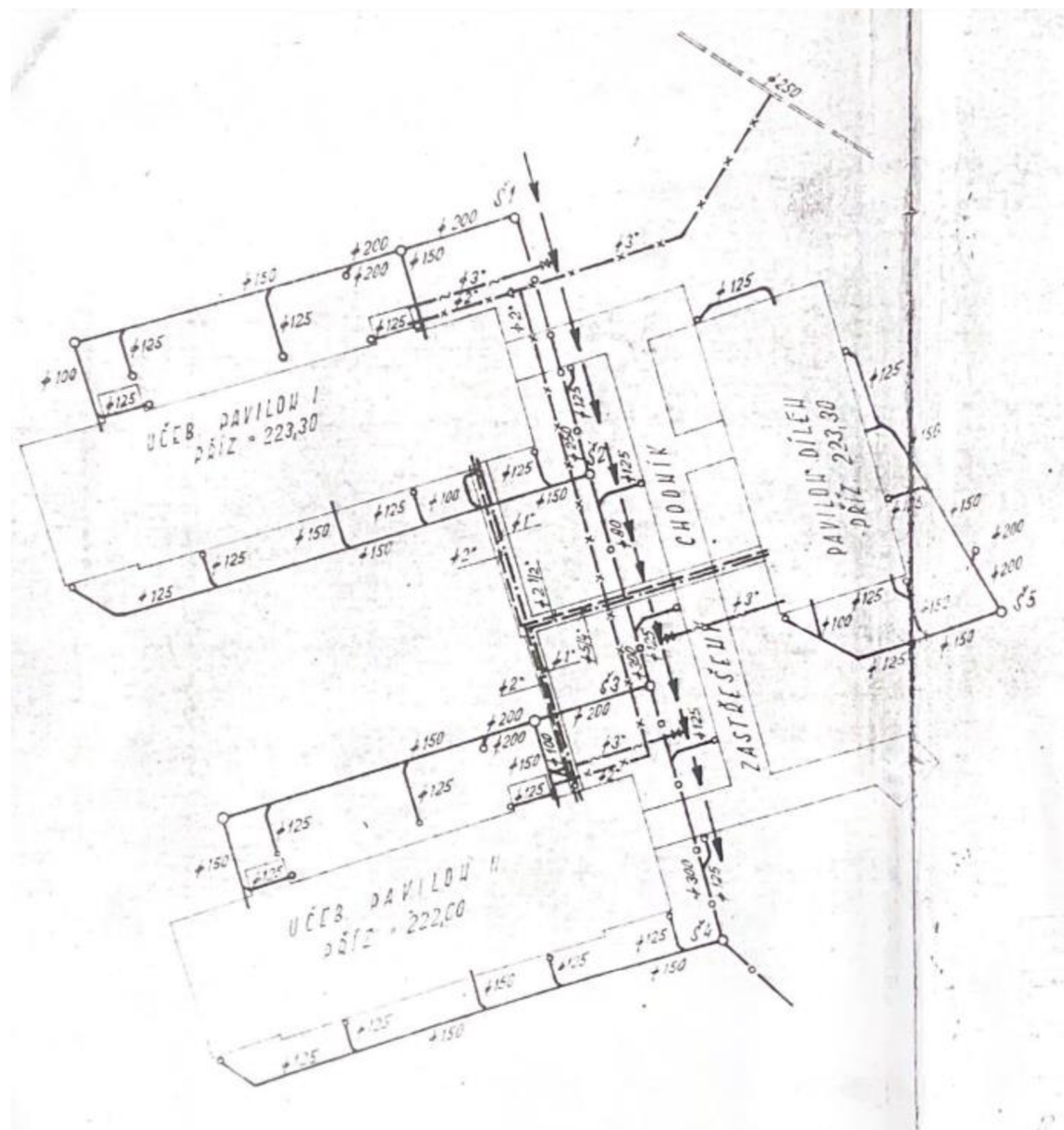
9.1 Základní informace

Vybraný objekt se nachází ve městě Kolín. Město Kolín leží ve Středočeském kraji, přibližně 60 km východně od Prahy. Kolín je okresním městem a také obcí s rozšířenou působností a pověřeným obecním úřadem. Katastrální výměra činí téměř 35 km² a v současné době zde žije kolem 32 000 obyvatel. Kolín se rozprostírá po obou březích řeky Labe. Nachází se na okraji Polabské nížiny, která se táhne severně a východně od města a spadá ke Středočeské tabuli. Výběžky Českomoravské vrchoviny se do města svažují z jižní a západní strany. Severovýchodně k městu zasahuje vrchem Vinice (237 m n.m.) a Východolabská tabule. V okolí se nacházejí státem chráněné lužní lesy (Veltrubský luh). Na východ od města se vyskytuje přírodní památka Kolínské tůně (MÚ Kolín, 2022).

Vybraný objekt na vypracování bakalářské práce je základní škola (obr. 14), která se nachází na rozsáhlém pozemku v klidné části Kolína. Školu tvoří dvě budovy, které jsou propojeny uzavřeným zastřešeným chodníkem – spojovací chodba (obr. 15). Škola byla založena již v roce 1963 (IZŠ Kolín, 2022). Území, na kterém se základní škola nachází, je ze severovýchodu kopcovité a na jižní části spíše rovinné. Všechny budovy základní školy jsou zastřešeny plochou asfaltovou střechou.



Obrázek 14: Pohled na základní školu (Dozoring s.r.o., 2023)



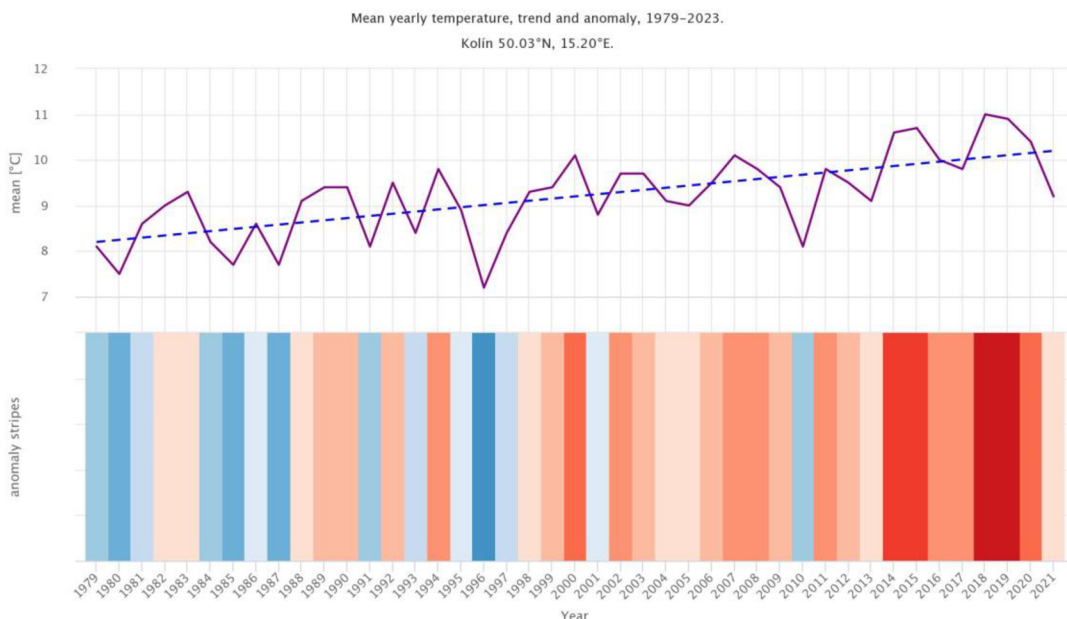
Obrázek 15: Situace základní školy (Projektová dokumentace Základní škola Bezručova 980, Kolín 2)

9.2 Podnebí

Město Kolín má mírné podnebí, které se vyznačuje vzájemným pronikáním západních oceánských vlivů a východních kontinentálních vlivů. Kolín spadá do klimatické oblasti Dfb, což znamená, že srážky nejsou rovnoměrně rozloženy. V Kolíně jsou chladnější zimy a v létě je pak vyšší úhrn srážek než v zimě. Nejvyšší teploty v této oblasti se pohybují kolem 30°C. Nejnižší teploty od -10 do -35°C. Vliv na podnebí města má i jeho nadmořská výška (Extremnicipoci, 2018).

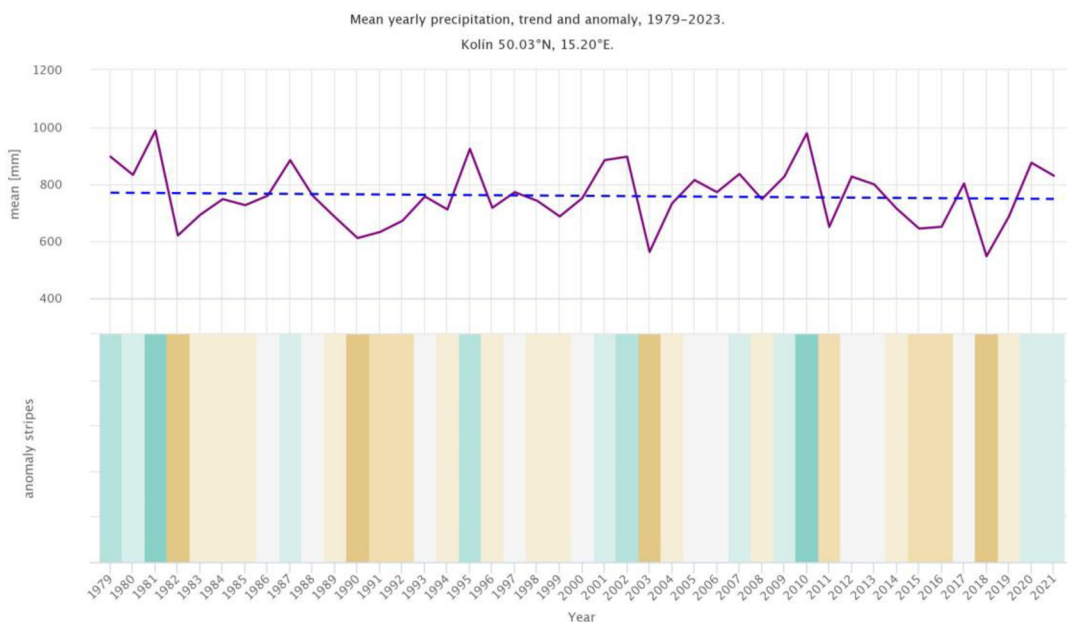
Na obrázku č. 16 ukazuje horní graf průměrné roční teploty pro město Kolín. Přerušovaná modrá čára znázorňuje lineární trend změny klimatu, v tomto případě

je trend teploty pozitivní a Kolín se vlivem změny klimatu otepluje. Ve spodní části jsou takzvané oteplovací pruhy, každý pruh představuje průměrnou teplotu – modrá pro chladnější a červený pro teplejší roky.



Obrázek 16: Roční změna teploty města Kolín (meteoblue, 2023)

Horní graf na obrázku č. 17 ukazuje průměrný úhrn srážek pro Kolín. Přerušovaná modrá čára znázorňuje trend změny klimatu. Ta v grafu lehce klesá, což znamená, že podmínky města Kolína jsou stále sušší. Ve spodní části grafu máme stejně jako u obrázku 14 srážkové pruhy, tyto pruhy představují celkový úhrn srážek v daném roce, zelená barva je pro vlhčí roky a hnědá pro sušší (meteoblue, 2023).



Obrázek 17: Roční změna srážek města Kolín (meteoblue, 2023)

9.3 BPEJ

Na pozemcích vybraného objektu se nachází dvě bonitované půdní ekologické jednotky 2.01.00 a 2.01.10.

2.01.00

Tento typ půd se zařazuje do I. třídy ochrany, jedná se tedy o nejcennější půdy, které lze odejmout ze ZPF pouze výjimečně. Tato půdní jednotka spadá do druhého klimatického regionu, který se nachází především ve středních Čechách. Druhý klimatický region je charakteristický průměrnou roční teplotou kolem 9 °C a průměrným úhrnem srážek 500 – 600 mm. Půdní typ těchto půd je černozem, která je vysoce produkční a mají střední rychlost infiltrace. Sklonitost těchto půd je nulová se všesměrnou expozicí (VUMOP, 2023).

2.01.10

Na rozdíl od předešlé půdní jednotky, je tento typ půd zařazen do II. třídy ochrany, kdy se jedná o nadprůměrně produkční půdy, které jsou vysoce chráněné. Dalším rozdílem je sklonitost, zde se vyskytuje mírný sklon (VUMOP, 2023).

9.4 Kanalizační síť

Kanalizace města Kolína slouží ke společnému odvádění odpadních vod včetně vod srážkových z území města. Provozovatel kanalizace je Energie AG Kolín. Na kanalizační síti je šest dešťových oddělovačů. Odlehčovací objekty jsou sestaveny pro ředění 1:5 pro Q 24. Na kanalizační systém je napojeno přes 2 000 dešťových výpustí. Odpadní vody z města a okolí se čistí v ČOV Kolín (Územní plán města Kolín, 2022).

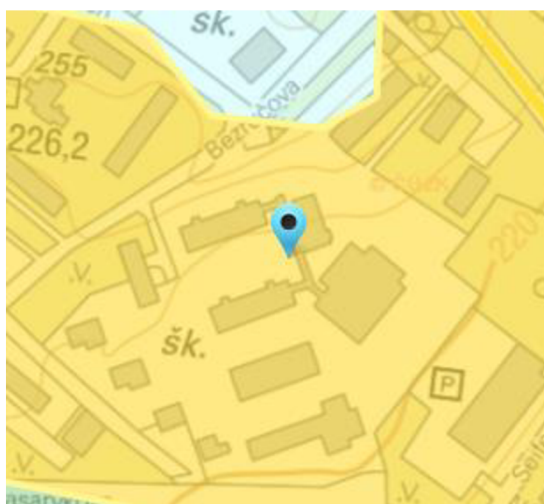
10. Metodika

Pro tuto bakalářskou práci bylo nutné získat informace k dané problematice a zjistit současný stav nakládání s dešťovými vodami na vybraném objektu. Na začátku bylo nutné shromáždit materiály a vypracovat literární rešerši k dané problematice z české i zahraniční literatury. Popsat možnosti hospodaření s dešťovými vodami, jejich využití a způsoby zadržování. Dalším krokem bylo získání informací o současném stavu nakládání s dešťovými vodami a provést terénní průzkum v rámci

objektu, dohledat informace o podnebí a úhrnu srážek v této lokalitě a také popsat půdu. Následně došlo k vyhodnocení a vytvoření vhodných návrhů, jak s dešťovou vodou ve škole hospodařit.

11. Současný stav

V současném školním roce 2022/2023 navštěvuje školu 647 žáků, 42 učitelů, 9 vychovatelek školní družiny a 15 asistentů pedagoga. Aktuálně je veškerá dešťová voda ze střech základní školy svedena bez jakékoliv regulace do jednotné kanalizace. Dle mapy potencionálního vsaku pro území ČR je vybraná lokalita zařazena do kategorie spraše (kód vsaku 5) viz obrázek č. 18 a tabulka č. 2. Při návrhu zasakování bude počítáno s návrhem plošného vsakování. Vsakování přes vsakovací rýhy, šachty či průlehy není pro tento typ půd vhodné.



Obrázek 18: Mapa potencionálního vsaku vybrané lokality (www.webmap.dppcr.cz, 2023)

| barevné vyjádření | kód vsaku |
|-------------------|--------------------------|
| | 0 bez informací |
| | 1 vysoká až velmi vysoká |
| | 2 střední |
| | 3 nízká až velmi nízká |
| | 4 nivy |
| | 5 spraše |

Tabulka 2: Legenda mapy potencionálního vsaku (www.webmap.dppcr.cz, 2023)

Vybraný objekt se nenachází v ochranných pásmech chráněných zvláštními předpisy. Navrženými opatřeními nedojde ke znečištění podzemních vod, k ohrožení objektů ani životního prostředí.

12. Návrh řešení

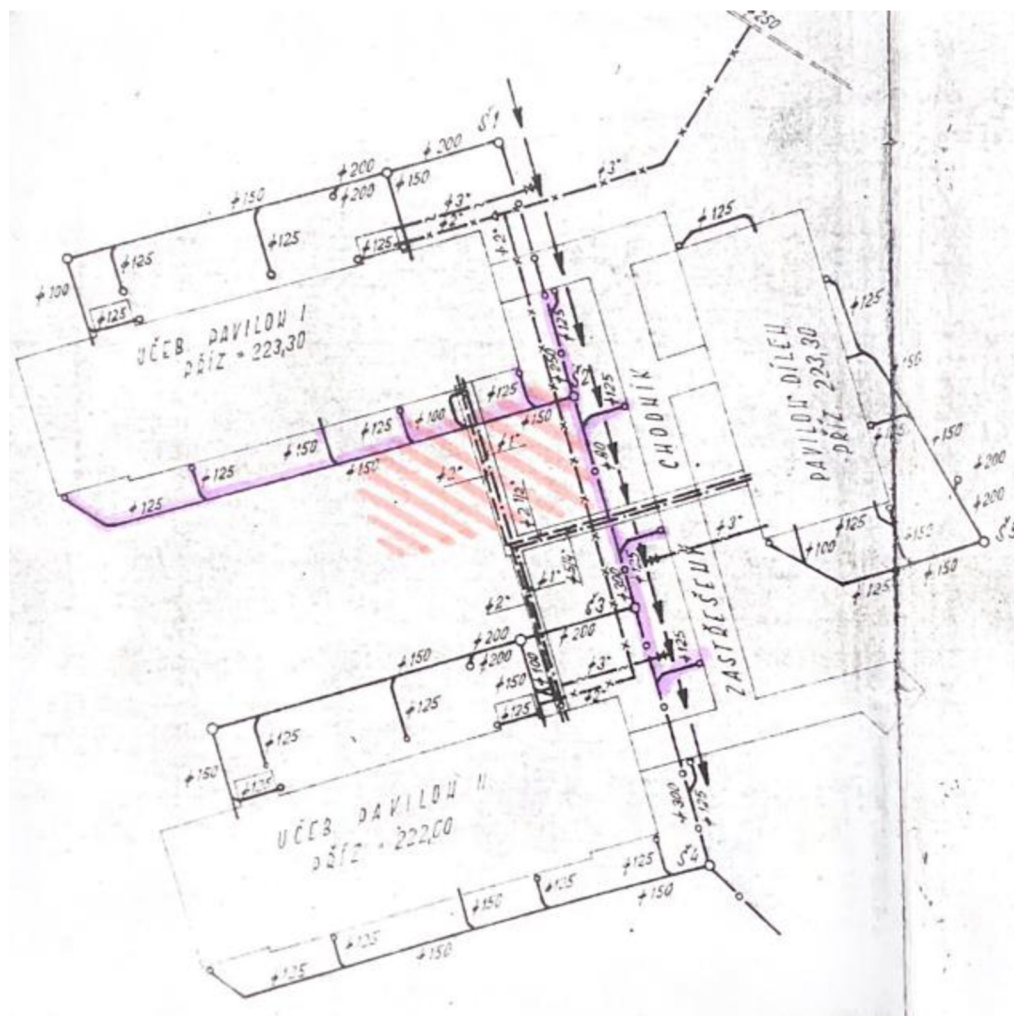
Na základě získaných informací z odborné literatury jsem vytvořila níže popsané návrhy řešení nakládání s dešťovými vodami na Základní škole Bezručova, Kolín.

12.1 Nádrž na dešťovou vodu s využitím zálivky na pozemku

Jedním z cílů nového systému hospodaření s dešťovými vodami je návrh podzemní akumulční nádrže, do které budou svedeny dešťové vody z okapů prvního pavilonu (obr. 19) a spojovací chodby. Na obrázku 20 je vyobrazena situace základní školy s návrhem umístění nádrže, vyšrafovaná část znázorňuje možné umístění a zvýrazněné svody z okapů, jsou ty, které do nádrže dešťovou vodu přivedou. Ty budou zpětně využity především k závlaze zeleně na pozemku. Dešťová voda, která se zachytí na střeše 1. pavilonu a spojovací chodby, steče okapem do zemního filtru, který očistí vodu od nečistot, následně teče kanalizační trubkou do akumulční nádrže. Usazení kanalizační trubky musí být v nezámrazné hloubce.



Obr 19: Okapy prvního pavilonu školy (Dozoring s.r.o., 2023)



Obrázek 20: Návrh umístění akumulční nádrže (Projektová dokumentace Základní škola Bezručova 980, Kolín 2)

12.1.1 Výpočet objemu nádrže na dešťovou vodu

Pro výpočet objemu nádrže se musí zjistit koeficient odtoku střechy. Koeficienty odtoku střechy jsou uvedeny v následující tabulce. Střecha základní školy je plochá z asfaltu. Z toho důvodu je koeficient odtoku střechy v hodnotě $e = 0,6$.

| tvar střechy | střešní krytina | koeficient odtoku střechy (e) | vlastnosti z hlediska znečištění |
|--------------|--------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| plochá | asfalt s násypem křemíku | 0,6 | velmi vhodná |
| | plast | 0,7 | velmi vhodná |
| | pozinkovaný plech | 0,7 | vhodná |
| | ozelenění | 0,2 | méně vhodná |
| šikmá | pálené tašky | 0,75 | velmi vhodná |

| | | |
|-------------------|------|--------------|
| betonové tašky | 0,75 | velmi vhodná |
| břidlice | 0,75 | velmi vhodná |
| šindel | 0,6 | velmi vhodná |
| pozinkovaný plech | 0,8 | vhodná |
| plast | 0,8 | velmi vhodná |
| ozelenění | 0,25 | méně vhodná |
| osinkocement | - | nehodná |

Tabulka 3: Koefficient odtoku střech (Reinberk, 2021)

Další potřebnou jednotkou pro výpočet objemu nádrže je množství spadených srážek. Hodnota srážkového úhrnu je použita z ČHMÚ, který stanovil dlouhodobý srážkový normál pro nové období od 1.1.2022 na **562 mm**.

Dalším krokem je vypočítání využitelné plochy střechy (P), což je půdorysný průmět rozměrů střechy. Jelikož do nádrže bude sváděna voda ze střechy 1. pavilonu a spojovací chodby, jsou střechy těchto objektů vypočteny zvlášť a následně sečteny.

P.....využitelná plocha střechy (m²)

a..... délka půdorysu včetně přesahů (m)

b..... šířka půdorysu včetně přesahů (m)

Výpočet využitelné plochy střechy 1. pavilonu:

$$a = 47 \text{ m}$$

$$b = 14 \text{ m}$$

$$P_1 = 47 \cdot 14 = 658 \text{ m}^2$$

Výpočet využitelné plochy střechy spojovací chodby:

$$a = 5 \text{ m}$$

$$b = 47,5 \text{ m}$$

$$P_2 = 47,5 \cdot 5 = 237,5 \text{ m}^2$$

Využitelná plocha střechy celkem:

$$P = 658 + 237,5 = \mathbf{895,5 \text{ m}^2}$$

Jako poslední vstupní informaci potřebujeme zjistit, jaký je koeficient účinnosti odtoku filtru mechanických nečistot, ten udává výrobce u každého filtru. Pro vybraný filtr je uveden $\eta = 0,8$.

Dále je vypočítáno množství zachycené srážkové vody Q (m^3/rok), díky kterému je vypočten objem nádrže.

$$Q = \frac{h \cdot P \cdot e \cdot \eta}{1000}$$

Q množství zachycené srážkové vody (m^3/rok)

h množství srážek (mm/rok)

P využitelná plocha střechy (m^2)

e koeficient odtoku střechy

η koeficient účinnosti filtru mechanických nečistot

Výpočet množství zachycené srážkové vody vybraného objektu:

$$Q = \frac{562 \cdot 895,5 \cdot 0,6 \cdot 0,8}{1000} = 241,57 \text{ m}^3$$

Množství zachycené srážkové vody z vybraného objektu činí zhruba **242 m³**.

V posledním kroku je vypočítán minimální objem akumulční nádrže.

$$V = z \cdot \frac{Q}{365}$$

V objem nádrže (m^3)

Q množství odvedené srážkové vody (m^3/rok)

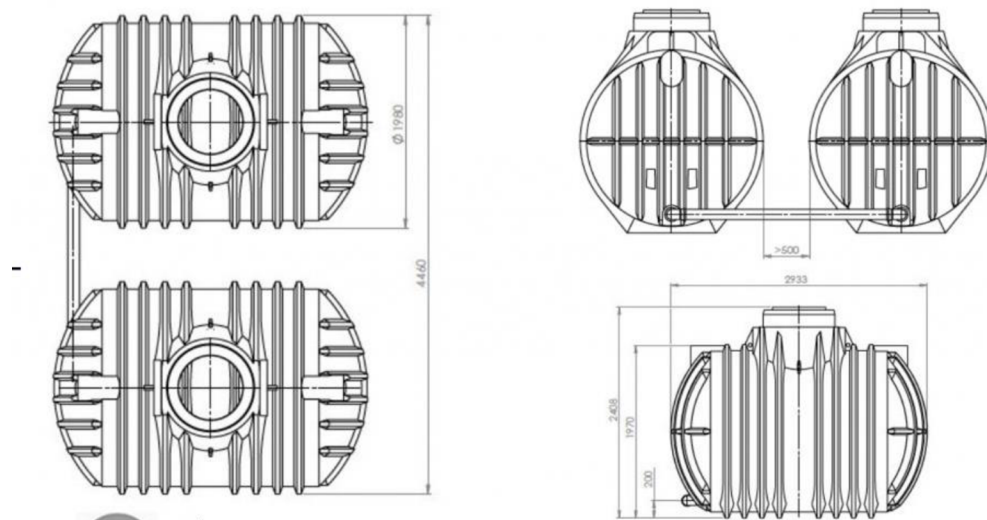
z koeficient optimální vlhkosti, obvykle 20

$$V = 20 \cdot \frac{242}{365} = 13,26 \text{ m}^3$$

Objem nádrže musí činit alespoň 13 m³ (13 000 l).

12.1.2 Nádrž na dešťovou vodu

Jako příklad jsem vybrala nádrž na dešťovou vodu Atlantis DUO (obr. 21), jedná se o dvě propojené nádrže, z nichž má každá nádrž objem 7 000 l, dohromady tedy 14 000 l. Spojení se provádí ve spodní části. Kanalizační trubky, kterými se nádrže spojují, nejsou součástí balení a je třeba je zakoupit. Cena nádrže se pohybuje kolem 60 000,- bez DPH. Dále je třeba zakoupit filtrační koš, doporučený filtrační koš MD 11391/DN160 stojí 3 000,- bez DPH. Filtrační koš slouží jako jednoduchý filtr pro čištění dešťové vody od hrubých nečistot jako jsou listy, klacíky, jehličí, kamínky apod. K ceně se musí přičíst také stavební práce a náklady na dopravu (Dešťovka.eu; 2023).



Obrázek 21: Pohledy na nádrž Atlantis DUO (Dešťovka.eu, 2023)

12.2 Okrasné jezírko

Dalším návrhem je vybudování okrasného jezírka pro zvelebení školního okolí. Jezírko by se nacházelo za druhým pavilonem základní školy. Na vytvoření jezírka je nutné vyhloubit jámu do požadované hloubky a tvaru. Doporučená hloubka je 1,5 - 2,3 m, čím větší je objem vody, tím jednodušeji se vytvoří biologická rovnováha, která je důležitým aspektem pro fungování jezírka. Je nutné zbavit se prorůstajících kořenů a ostrých předmětů, také je potřeba dorovnat co nejpřesněji

břeh. Na dno jámy se umístí netkaná textilie, která slouží jako ochrana před mechanickým poškozením, ta se zasype pískem. Poté se umístí vrchní hydroizolační fólie a postupně se jezírko napouští. Celá fólie se zakryje říčním štěrkem, který na rozdíl od obyčejného štěrku nemá ostré hrany, které by mohly fólii protrhnout. Břehy se doplní o velké kameny. Dále se u břehu vysadí rostliny do předem připraveného substrátu. Přívod vody do jezírka by byl sveden z okapu, díky kterému je zajištěna občasná cirkulace vody. Mezi okapem a jezírkem by byl instalován lapač splavenin, aby se do jezírka nedostávaly velké kusy nečistot. Případnému vytopení okolí by se předešlo odtokem vody pomocí přeřadu do kanalizace. Postupem času se u jezírka zabydlí i fauna (jako například rosničky, vážky, šídla či čolci) (Pojar, 2020).

Na materiály, které se používají při výstavbě jezírka, jsou kladeny vysoké nároky, musí být odolné, ale také šetrné k životnímu prostředí. Mezi základní vlastnosti těchto materiálů patří: odolnost proti hnilobě a proti prorůstání kořenů, neškodnost pro rostliny a zvířata, mrazuvzdornost, odolnost proti UV záření a dostatečná pevnost (Šimečková, 2008).

Rostliny kolem a vně jezírka jsou základním, a především fotosyntetizujícím prvkem, bez nich by v jezírku nemohl být život. Rostliny udržují čistou vodu díky jejich schopnosti vázat na sebe živiny a omezují růst řas (Sukop, 2006). Do vody je přisun kyslíku opatřen po celý rok díky fotosyntéze, ten je pak využíván bakteriemi k mineralizaci živin. Kořeny některých rostlin kypří půdu, díky tomu jsou břehy chráněny před erozí. Čím vyšší je počet druhů při tvorbě jezírka použit, tím je větší šance, že se důležité druhy pro dané okolí uchytí a nevhodné zaniknou přirozeným způsobem (Ekologická koupací jezírka, 2005). Při výběru rostlin do jezírka se musí zohlednit hloubka vody, podle ní se rozlišují tři typy rostlin ve vodě: mělká voda (do 30 cm), středně hluboká voda (30-50 cm) a hluboká voda (více než 50 cm). Dalším typem jsou rostliny plovoucí. Mezi mělkovodní rostliny, tedy do hloubky 30 cm patří žabník jitrocelový nebo puškovec obecný. Do rostlin středně hlubokých vod spadá pak ostřice štíhlá, prustka obecná a máta vodní. Hlubokovodními rostlinami jsou plavín štitnatý a kotvice plovoucí. Mezi plovoucí rostliny patří například řezan pilolistý (Franke, 2012).

U jezírka by mohlo být vystavěno posezení pro relaxaci, a mohlo by být využito k výuce přírodopisu. Příklad okrasného jezírka je vyobrazen na obrázku č. 22.



Obrázek 22: Okrasné jezírko (ceskestavby.cz, 2020)

12.3 Zelená střecha

Dalším popisovaným návrhem je rekonstrukce střechy na zelenou. Ta je vhodná především kvůli rovné střeše vybraného objektu. Vzhledem k již zmíněnému návrhu akumulční nádrže, kde je voda svedena ze střechy 1. pavilonu a spojovací chodby, je návrh zelené střechy aplikován pouze na střechu 2. pavilonu. Tato varianta je finančně velmi nákladná. V případě pořízení zelené střechy je třeba počítat s pořizovací cenou až 2 000 Kč/m² (ECOSSEDUM, 2023). Ozelenění střechy 2. pavilonu by mohlo vyjít na 1,3 milionu korun. Rekonstrukce zelené střechy je náročná na provedení, její návrh by se musel dopracovat z hlediska statiky.

12.4 Svedení vody z chodníků

Veškerá voda z chodníků je aktuálně svedena přímo do kanalizace. Vzhledem ke kopcovitému terénu na větším území areálu se tím do kanalizace dostává velké množství dešťové vody. Za pomoci terénních úprav lze vodu z chodníků svádět do zatravněných částí pozemku. V těchto částech pozemku se zabuduje zasakovací zařízení, tím se voda bude vsakovat a nebude zbytečně odváděna kanalizací.

12.5 Vodní hřiště

Posledním návrhem na HDV je vybudování vodního hřiště s využitím dešťové vody (obr. 23). Hřiště nemusí nutně plnit pouze funkci zábavnou, ale může být také

součástí odvodnění, pomocí průlehu. Právě podél takového průlehu by se aplikovaly prvky určené ke hře s vodou. Hřiště by nemělo žádný jiný zdroj vody, aby si děti uvědomovaly již v útlém věku, že je voda vzácná a není vždy k dispozici (Kabelková, 2018).



Obrázek 23: Vodní hřiště (pocitamesvodou.cz, 2018)

13. Diskuse

Nakládání s dešťovou vodou je nutné brát velmi zodpovědně, a mělo by se využívat všech nabízených alternativ, jak s ní šetřit. V přirozené krajině se téměř 100 % dešťové vody vsáknou, vypaří nebo je pohlceno rostlinami v místě dopadu. S neustálou výstavbou sídel a komunikací, se rapidně změnil přirozený hydrologický cyklus (Stránský a kol., 2008). Urbanizovaná území jsou charakteristická vysokým podílem nepropustných ploch, dešťová voda dopadající na tyto plochy se nemůže přirozeně vsáknout, čímž se snižuje i množství odpařené vody. Dešťová voda se dostane do povrchového odtoku, kde tvoří až 55 % celkového objemu, následkem neustálého zvyšování povrchového odtoku jsou lokální povodně (Vítek a kol., 2015). Tím, že člověk nahrazuje vegetací kryté plochy městskou zástavbou, není možné, aby se voda v místě dopadu odpařila a tím ochlazovala okolí, proto lze tedy očekávat, že zvyšování teplot v městských centrech neustane.

Je známo, že za pitnou vodu se platí, proto je i z ekonomického hlediska vhodné využívat dešťovou vodu, tam kde to je možné, jelikož ta je pro všechny zadarmo. Dešťová voda zachycená v nádržích je nejvíce využívána na závlahu zahrady ale za pomoci instalace nových rozvodů potrubí, lze vodu využívat i uvnitř budov

na splachování WC či praní, tím se dá odběr pitné vody snížit až o polovinu. Využití dešťové vody na závlahu je nejen díky šetření pitné vody, ale také díky vracení vody do koloběhu a podzemních vod jedním z nejlepších řešení. Pokud se člověk rozhodně využívat dešťovou vodu nejen k zálivce, je důležité, aby byla správně skladována. Pokud člověk chce využít obyčejných nadzemních barelů, musí si dávat pozor na zahnívání. Kažení vody je nejčastěji způsobeno velkým množstvím nečistot, nezakrytím nádrže a přístupem světla. V případě barelů je zde i riziko uhynutí žíznivých zvířat, která nedokážou z barelu vylézt (Nehasilová, 2018).

Jedním z mých navrhovaných řešení hospodaření s dešťovou vodou je právě vybudování akumulární nádrže. Dle mého názoru je její vybudování vhodným řeším pro snížení spotřeby pitné vody. Vybudování by přispělo také k podpoře malého vodního cyklu a zadržení vody v krajině. Hlavní nevýhodou tohoto návrhu je pořizovací cena nádrže společně s cenou výkopových prací, betonování a usazením nádrže. Při realizaci by mohla být poskytnuta finanční podpora z národního programu životního prostředí ČR Dešťovka. Program podporuje hospodaření s dešťovou vodou v obcích, kde mezi podporovanými možnostmi nalezneme i podporu akumulárních podzemních nádrží na zadržování srážkových vod a jejich následné využití, v našem případě by se jednalo o závlahu (Dešťovka, 2023).

Dalším navrženým opatřením je vybudování okrasného jezírka na pozemku školy. Ačkoliv by se mohlo z prvního pohledu zdát, že toto opatření je nebezpečné, je aplikováno u několika základních škol v Čechách. Jednou z těchto škol je Základní škola Stříbro, kde jezírko vybuvovali žáci 8. a 9. ročníku při hodinách pracovní výchovy. Nyní slouží jako domov pro různé rostliny a živočichy, které žáci při hodinách přírodopisu pozorují a využívají je k výuce. Při těchto hodinách se žáci nejen seznámí s rostlinami a živočichy, ale také se učí o významu vody v přírodě (ZŠ Revoluční Stříbro).

Je důležité, aby si každý uvědomoval, že nekonečné sprchování, umývání nádobí pod tekoucí vodou, splachování či zalévání pitnou vodou nezatěžuje pouze naši peněženku, ale hlavně životní prostředí (Vrba, 2017).

14. Závěr

Tato bakalářská práce řeší problematiku hospodaření s dešťovou vodou na Základní škole Bezručově 980, Kolín 2. Cílem bylo aplikovat zjištěné poznatky v oblasti HDV tak, aby dešťová voda, která dopadne na vybrané území, na něm zůstala, byla využita a vrácena zpět do vodního koloběhu.

V teoretické části byly popsány dešťové vody, a to, jakým způsobem jsou znečištěny a jejich následné čištění. Jaké jsou podmínky kvality pro využití dešťové vody, jak správně tuto vodu skladovat a základní objekty a zařízení, které se využívají pro hospodaření s dešťovou vodou. V neposlední řadě jsou v teoretické části zmíněny příklady z praxe a zahraničí.

Před samotnými návrhy bylo popsáno okolí školy a za pomoci terénního průzkumu a propůjčené projektové dokumentace bylo navrženo několik řešení, jak s dešťovou vodou hospodařit. Hlavním návrhem je akumulční nádrž na dešťovou vodu, která se zpětně může využít na zálivku. V případě, že by nashromážděné množství dešťové vody bylo při pouhém využití na zálivku, stále velké nebo by škola chtěla využít vodu i jinak, nabízí se možnosti využití dešťové vody na splachování. Náklady na realizaci by byly vysoké, ale úspora pitné vody by byla při splachování dešťovou vodou obrovská, jelikož právě splachování tvoří třetinu veškeré využití pitné vody. Druhým hlavním návrhem je vybudování okrasného jezírka, které by dále mohlo sloužit k výuce přírodopisu nebo k odpočinku. Mezi dalšími návrhy je také ozelenění střechy, v případě realizace se jedná o velice nákladný projekt.

Tato bakalářská práce by měla změnit čtenářovi pohled na dešťovou vodu, tak aby si jí začal více vážit. Většina lidí se drží staré koncepce, kdy se řešilo, jak nejrychleji se vody zbavit, což se momentálně vykazuje jako špatný způsob a je potřeba s vodou hospodařit. V současné době při klimatických změnách je nutné vnímat dešťovou vodu jako potřebnou, využívat jí a vracet zpět do krajiny.

15. Přehled literatury a použitých zdrojů

Seznam literatury

Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2015: Regenwasserversickerung - Gestaltung von Wegen und Plätzen Praxisratgeber für den Grundstückseigentümer. Bayerisches Landesamt für Umwelt, Bayern, 61 s.

Böse K., 1999: Dešťová voda pro dům a zahradu. HEL, Ostrava, 84 s.

Brázdil R., Zahradníček P., Dobrovolný P., Štěpánek P., Trnka M., 2021: Observed changes in precipitation during recent warming: The Czech Republic, 1961-2019. International Journal of Climatology Volume 41. 3881-3902.

Dreiseitl H., Grau D., 2001: Water-Planning, Building und Designing with Water. Birkhäuser, Berlin, 177 s.

Franke W., 2012: Jezírka a rybníčky na zahradě. Rebo, Čestlice, 95 s.

Golver A., 1988: Erfahrungen mit der Versickerung von Regenwasser von befestigten Flächen. Berichte der ATV 38, 381 – 394.

Haq S. A., 2017: Harvesting Rainwater from Buildings. Springer International Publishing. Switzerland. 265 s

Hauraton, 2009: Katalog Hauraton: DRAINFIX – vsakovací systémy. Hauraton ČR spol. s.r.o., Praha, 36 s.

Hlavínek P., Kubík J., Prax P., 2007: Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území. ARDEC, Brno, 164 s.

Kemel M., 1996: Klimatologie, meteorologie, hydrologie. ČVUT, Praha, 289 s.

Krejčí V., Hlavínek P., Zeman E., 2002: Odvodnění urbanizovaných území - koncepční přístup. NOEL 2000, Brno, 562 s.

Lancaster B., 2019: Rainwater Harvesting for Drylands and Beyond. Rainsource Press. United States. 288 s

Město Kolín, 2022: Územní plán Kolín po úpravě. Kolín, 64 s.

Novák M., 2004: Meteorologie a ochrana prostředí. Úvod do meteorologie a klimatologie. Univerzita Jana Evangelisty Purkyně, Fakulta životního prostředí, Ústí nad Labem, 183 s.

Soukupová J., 2012: Atmosférické procesy (základy meteorologie a klimatologie). Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 192 s.

Stránský D., Kabelková I., Vítek J., Suchánek M., 2008: Koncepce hospodaření s dešťovou vodou v ČR. Semináře HDV, Brno.

Sukop I., 2006: Ekologie vodního prostředí. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 199 s.

Svaz zakládání a údržby zeleně, 2005: Ekologická koupací jezírka. Svaz zakládání a údržby zeleně, Brno, 28 s.

Sýkorová M., Tománek P., Šušlíková L., Staňková N., 2021: Voda ve městě. Metodika pro hospodaření s dešťovou vodou ve vazbě na zelenou infrastrukturu. České vysoké učení technické v Praze, Praha, 202 s.

Šálek J., 2008: Přírodní čištění a využívání vody v rodinných domech a rekreačních objektech. ERA, Brno, 115 s.

Šálek J., 2012: Voda v domě a na chatě. Grada Publishing, Praha, 144 s.

Šilar J., 1996: Hydrologie v životním prostředí. Vysoká škola báňská – Technická univerzita ostrava, Ostrava, 136 s.

Šimečková J., 2008: Stavba přírodních koupališť – šance pro budoucnost. Svaz zakládání a údržby zeleně, Brno, 38 s.

Vítek J., Stránský D., Kabelková I., Bareš V., Vítek R., 2015: Hospodaření s dešťovou vodou v ČR. ČSOP Koniklec, Praha, 129 s.

Internetové zdroje

1 ZŠ Kolín, ©2022: Základní informace (online) [cit. 2022.10.19], dostupné z <<https://www.1zskolin.cz/zakladni-udaje/>>.

Dešťovka.eu, ©2023: Podzemní nádrž na dešťovou vodu Atlantis DUO - 14 000l (online) [cit. 2023.3.4], dostupné z <<https://eshop.destovka.eu/podzemni-nadrz-na-destovou-vodu-atlantis-duo-14-000l/>>.

Dušková, K., 2022: Modrozelený Berlín (online) [cit. 2023.2.1], dostupné z <<https://www.pocitamesvodou.cz/modrozeleny-berlin/>>.

Dvořáková, D., 2007: Využívání dešťové vody (I) – kvalita a čištění. Možnosti využívání dešťové vody a k tomu potřebná technická zařízení (online) [cit. 2023.2.2], dostupné z <<https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3902-vyuzivani-destove-vody-i-kvalita-a-cistení>>.

ECOSEDUM PACK, ©2022: Jaký je rozdíl mezi extenzivní a intenzivní zelenou střechou? (online) [cit. 2023.2.15], dostupné z <<https://www.ecosedum.cz/ecosedum-pack/jaky-je-rozdil-mezi-extenzivni-a-intenzivni-zelenou-strechou/>>.

ECOSEDUM PACK, ©2023: Cena zelené střechy (online) [cit. 2023.3.8], dostupné z <<https://www.ecosedum.cz/cena-zelene-strechy/>>.

EnviWeb, ©2007: Dešťová voda: problém i užitek (online) [cit. 2022.11.17], dostupné z <<https://www.enviweb.cz/66075>>.

EnviWeb, ©2014: Jak správným hospodařením s dešťovou vodou předcházet výskytu sucha (online) [cit. 2022.10.28], dostupné z <<https://www.enviweb.cz/99774>>.

EnviWeb, ©2018: Vody je nedostatek, šetrné hospodaření s jí je proto nezbytné (online) [cit. 2023.1.21], dostupné z <<https://www.enviweb.cz/111574>>.

Extrémní počasí, ©2018: Předpověď počasí Kolín (online) [cit. 2023.3.5], dostupné z <<https://www.extremnipocasi.cz/mesta/predpoved-pocasi-Kolin/3073371>>.

Kabelková, I., 2018: Exkurze s Koniklecem do Hamburku a Kodaně za příklady dobré praxe hospodaření s dešťovou vodou a adaptačními opatřeními (online) [cit. 2018.12.12].

2023.02.01], 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/>>.

Klima Wandel Anpassung, ©2022: Nachhaltiges Regenwassermanagement – Was tun mit dem Regenwasser? (online) [cit. 2022.11.15], dostupné z <<https://www.klimawandelanpassung.at/newsletter/kwa-nl21/kwa-nachh-regenwassermanagement>>.

Meteoblue, ©2023: Změna klimatu Kolín (online) [cit. 2023.3.5], dostupné z <https://www.meteoblue.com/cs/climate-change/kol%c3%adn_%c4%8cesko_3073371?month=12>.

Meteocentrum ©2022: Srážky (online) [cit. 2023.2.2.], dostupné z <<https://www.meteocentrum.cz/encyklopedie/srazky>>.

Meteostaniceolsi, ©2022: Srážkové poměry v ČR (online) [cit. 2023.2.1], dostupné z <<https://meteostaniceolsi.netstranky.cz/srazkove-pomery-v-cr.html>>.

Mifková, T., 2009: Retence dešťových vod I. (online) [cit. 2023.02.15], dostupné z <<https://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/6053-retence-destovych-vod-i>>.

MÚ Kolín, ©2022: Geografické a administrativní informace (online) [cit. 2022.10.19], dostupné z <<https://www.mukolin.cz/geograficke-a-administrativni-informace/d-13801/p1=16983>>.

Nehasilová, M., 2018: Dešťová voda z okapu pro zalévání zahrádky: Na co si dát pozor? (online) [cit. 2023.3.14], dostupné z <<https://ekolist.cz/cz/zelenadomacnost/rady-a-navody/destova-voda-z-okapu-pro-zalevani-zahradky-na-co-si-dat-pozor>>.

Pančíková, D., 2018: Hospodaření s dešťovou vodou a zeleň v Hamburku a Kodaně (online) [cit. 2023.02.01], dostupné z <<https://www.pocitamesvodou.cz/hospodareni-s-destovou-vodou-a-zelen-hamburku-a-kodane-2/>>.

Pančíková, L., 2020: Hospodaření s dešťovou vodou z pohledu krajinářské architektury (online) [cit. 2022.11.22], dostupné z

<<https://www.pocitamesvodou.cz/hospodareni-s-destovou-vodou-z-pohledu-krajinarske-architektury/>>.

Počítáme s vodou, ©2022: Jak správně hospodařit s dešťovou vodou? (online) [cit. 2022.12.8], dostupné z <<https://www.pocitamesvodou.cz/jak-spravne-hospodarit-s-destovou-vodou/>>.

Pojar, P., 2020: Vybudujte si svépomocí malé jezírko s funkčním ekosystémem za minimum peněz (online) [cit. 2023.02.01], dostupné z <<https://www.ceskestavby.cz/clanky/vybudujte-si-svepomoci-male-jezirko-s-funkcnim-ekosystemem-za-minimum-penez-27760.html>>.

Reinberk, Z., 2021: Výpočet objemu nádrže na dešťovou vodu (online) [cit. 2023.2.22], dostupné z <<https://voda.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/105-vypocet-objemu-nadrze-na-destovou-vodu>>.

Samek, O., 2013: Hospodaření s dešťovou vodou podle zákona – jak se dotýká stavebníků v praxi? (online) [cit. 2023.02.12], dostupné z <<https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/10517-hospodareni-s-destovou-vodou-podle-zakona-jak-se-dotyka-stavebniku-v-praxi>>.

Sieker, H., 2021: Problemstellungen der konventionellen Regenwasserableitung (online) [cit. 2022.11.18], dostupné z <<https://www.sieker.de/fachinformationen/umgang-mit-regenwasser/article/problemstellungen-der-konventionellen-regenwasserableitung-74.html>>.

Sieker, H., 2022: Umgang mit Regenwasser (online) [cit. 2022.11.18], dostupné z <<https://www.sieker.de/fachinformationen/article/umgang-mit-regenwasser-67.html>>.

Voda v domě.cz, ©2022: Využití dešťové vody na zahradě a v domě (online) [cit. 2022.12.7], dostupné z <<https://www.vodavdome.cz/vyuziti-destove-vody-na-zahrade-a-v-dome/>>.

Vrba, J., 2017: Jak dobře hospodařit s vodou? (online) [cit. 2022.3.14], dostupné z <<https://www.magazinzahrada.cz/jak-dobre-hospodarit-s-vodou/>>.

VUMOP, ©2023: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.: eKatalog BPEJ (online) [cit. 2023.02.01], dostupné z <<https://bpej.vumop.cz/20110>>.

Základní škola Stříbro, ©2023: Okrasné jezírko (online) [cit. 2023.3.20], dostupné z <<https://www.zsrevolucnistribro.cz/okrasne-jezirko.html>>.

Legislativa

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

Zákon č. 274/2001 Sb.: Zákon o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), v platném znění.

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

ČSN 75 9010: Vsakovací zařízení srážkových vod, v platném znění.

TNV 75 9011: Hospodaření se srážkovými vodami, v platném znění.

Seznam obrázků a tabulek

Obrázek 1: Roční úhrn srážek v ČR (ČHMÚ, ©2023: Mapy charakteristik klimatu – Roční úhrn srážek 2021 (online) [cit. 2023.3.5], dostupné z <<https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mapy-charakteristik-klimatu>>).

Obrázek 2: Diagram znázorňující možnosti nahrazení dešťové vody (Dvořáková, D., 2007: Využívání dešťové vody (I) – kvalita a čištění. Možnosti využívání dešťové vody a k tomu potřebná technická zařízení (online) [cit. 2023.2.2], dostupné z <<https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3902-vyuzivani-destove-vody-i-kvalita-a-cisteneni>>).

Obrázek 3: Vegetační tvárnice (Besta stavebnictví, ©2023: Dlažba BEST-VEGA 10 cm přírodní – dlažba zatravnovací betonová (online) [cit. 2023.3.22], dostupné z <<https://e-besta.cz/z4018-dlazba-best-vega-10cm-prirodni-dlazba-zatravnovaci-betonova>>).

Obrázek 4: Zasakování v průlehu (Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2015)

Obrázek 5: Zasakování v rýze (Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2015)

Obrázek 6: Zasakování v šachtě (Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2015)

Obrázek 7: Typy zelených střech (Dreiseitl H., Grau D., 2001)

Obrázek 8: Kaskádovité domy (Dušková, K., 2022: Modrozelený Berlín (online) [cit. 2023.2.1], dostupné z <<https://www.pocitamesvodou.cz/modrozeleny-berlin/>>).

Obrázek 9: Průleh (Dušková, K., 2022: Modrozelený Berlín (online) [cit. 2023.2.1], dostupné z <<https://www.pocitamesvodou.cz/modrozeleny-berlin/>>).

Obrázek 10: Bezpečnostní svod do kanalizace (Dušková, K., 2022: Modrozelený Berlín (online) [cit. 2023.2.1], dostupné z <<https://www.pocitamesvodou.cz/modrozeleny-berlin/>>).

Obrázek 11: Prorostlá fasáda univerzitní budovy (Dušková, K., 2022: Modrozelený Berlín (online) [cit. 2023.2.1], dostupné z <<https://www.pocitamesvodou.cz/modrozeleny-berlin/>>).

Obrázek 12: Bytový dům 8TALLET (Pančíková, D., 2018: Hospodaření s dešťovou vodou a zeleň v Hamburku a Kodaně (online) [cit. 2023.02.01], dostupné z <<https://www.pocitamesvodou.cz/hospodareni-s-destovou-vodou-a-zelen-hamburku-a-kodane-2/>>).

Obrázek 13: Retenční nádrže v nové zástavbě (Pančíková, D., 2018: Hospodaření s dešťovou vodou a zeleň v Hamburku a Kodaně (online) [cit. 2023.02.01], dostupné z <<https://www.pocitamesvodou.cz/hospodareni-s-destovou-vodou-a-zelen-hamburku-a-kodane-2/>>).

Obrázek 14: Pohled na základní školu (Dozoring s.r.o., ©2023: Zateplení ZŠ Bezručova Kolín (online) [cit. 2023.3.21], dostupné z <<https://www.dozoring.cz/zatepleni-zs-bezrucova-kolin/>>).

Obrázek 15: Situace základní školy (Projektová dokumentace Základní škola Bezručova 980, Kolín 2)

Obrázek 16: Roční změna teploty města Kolín (Meteoblue, ©2023: Změna klimatu Kolín (online) [cit. 2023.3.5], dostupné z <https://www.meteoblue.com/cs/climate-change/kol%c3%adn_%c4%8cesko_3073371?month=12>).

Obrázek 17: Roční změna srážek města Kolín (Meteoblue, ©2023: Změna klimatu Kolín (online) [cit. 2023.3.5], dostupné z <https://www.meteoblue.com/cs/climate-change/kol%c3%adn_%c4%8cesko_3073371?month=12>).

Obrázek 18: Mapa potencionálního vsaku vybrané lokality (www.webmap.dppcr.cz, 2023).

Obr 19: Okapy prvního pavilonu školy (Dozoring s.r.o., ©2023: Zateplení ZŠ Bezručova Kolín (online) [cit. 2023.3.21], dostupné z <<https://www.dozoring.cz/zatepleni-zs-bezrucova-kolin/>>).

Obrázek 20: Návrh umístění akumulční nádrže (Projektová dokumentace Základní škola Bezručova 980, Kolín 2)

Obrázek 21: Pohledy na nádrž Atlantis DUO (Dešťovka.eu, ©2023: Podzemní nádrž na dešťovou vodu Atlantis DUO - 14 000 l (online) [cit. 2023.3.4], dostupné z <<https://eshop.destovka.eu/podzemni-nadrz-na-destovou-vodu-atlantis-duo-14-000l/>>).

Obrázek 22: Okrasné jezírko (Pojar, P., 2020: Vybudujte si svépomocí malé jezírko s funkčním ekosystémem za minimum peněz (online) [cit. 2023.02.01], dostupné z <<https://www.ceskestavby.cz/clanky/vybudujte-si-svepomoci-male-jezirko-s-funkcnim-ekosystemem-za-minimum-penez-27760.html>>).

Obrázek 23: Vodní hřiště (Pančíková, D., 2018: Hospodaření s dešťovou vodou a zeleň v Hamburku a Kodaně (online) [cit. 2023.02.01], dostupné z <<https://www.pocitamesvodou.cz/hospodareni-s-destovou-vodou-a-zelen-hamburku-a-kodane-2/>>).

Tabulka 1: Požadavky na složení dešťové vody ze střech v závislosti na druhu znečištění (Dvořáková, D., 2007: Využívání dešťové vody (I) – kvalita a čištění. Možnosti využívání dešťové vody a k tomu potřebná technická zařízení (online) [cit.

2023.2.2], dostupné z <<https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3902-vyuzivani-destove-vody-i-kvalita-a-cisteni>>).

Tabulka 2: Legenda mapy potencionálního vsaku (www.webmap.dppcr.cz, 2023)

Tabulka 3: Koeficient odtoku střech (Reinberk, Z., 2021: Výpočet objemu nádrže na dešťovou vodu (online) [cit. 2023.2.22], dostupné z <<https://voda.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/105-vypocet-objemu-nadrze-na-destovou-vodu>>).