

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**  
**FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ**  
**KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A**  
**ENVIRONMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ**



**Ekosystémová adaptační opatření v městském prostředí**  
**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Vedoucí práce: doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D.**

**Diplomant: Bc. Elen Šimáčková**

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Elen Šimáčková

Krajinné inženýrství  
Regionální environmentální správa

Název práce

**Ekosystémová adaptační opatření v městském prostředí**

Název anglicky

**Ecosystem-based adaptation measures in urban areas**

---

### Cíle práce

Cílem práce je provedení rešerše ekosystémových adaptačních opatření pro zmírnění dopadů klimatické změny na městské prostředí. V praktické části bude vypracován zjednodušený návrh opatření v areálu ČZU na Suchdole.

### Metodika

Práce v teoretické části shrne informace o problematice efektu městského tepelného ostrova, jeho příčinách, dostupných přírodně blízkých opatřeních a dalších poznatcích, které mohou pomoci při zmírnění efektu městského tepelného ostrova.

Praktická část diplomové práce se bude zabývat analýzou zájmového území (areál ČZU – Praha Suchdol) a zjednodušeným návrhem adaptačního opatření, které dokáže zmírnit následky efektu tepelného ostrova města, případně zlepšit hospodaření se srážkovými vodami.

## **Doporučený rozsah práce**

40 stran textu

## **Klíčová slova**

tepelný ostrov města, ekosystémová adaptační opatření, mikroklima měst

---

## **Doporučené zdroje informací**

- Oke T. R. (1982). The energetic basis of the urban heat island. *Journal of Geography and Regional Planning* Vol. 2(2), pp. 030-036
- Pondělíček M. a kol., 2016: *Adaptace na změny klimatu. Civitas per Populi*, o. p. s., Hradec Králové, 174 s.
- Supuka, J. a kol., 1991: *Ekologické principy tvorby a ochrany zelene*. Bratislava : Veda, 1991, 307 s.
- Vačkář D., 2010: Ekosystémové služby: globální pohledy, indikátory a příklady. *Životné Prostredie*. 44(2), s. 65-69. ISSN 0044-4863.

---

## **Předběžný termín obhajoby**

2019/20 LS – FŽP

## **Vedoucí práce**

doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

## **Garantující pracoviště**

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 30. 3. 2020

**doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 30. 3. 2020

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 30. 06. 2020

## **Prohlášení autora DP**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Ekosystémová adaptační opatření v městském prostředí“ 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 Praze dne 25. 6. 2020

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala především panu doc. Ing. Martinu Hanelovi, Ph.D., za odborné vedení práce, trpělivost, cenné rady a připomínky, dále také panu Ing. Jaroslavu Kršňákovi za odbornou konzultaci, panu Mgr. Martinu Šrotovi za poskytnuté informace a odborné rady a Mgr. Evě Vovsové za pomoc při jazykové korektuře.

## Abstrakt

Diplomová práce pojednává o aktuální problematice v městském prostředí - zmírnění efektu městského tepelného ostrova. Tento efekt přináší řadu negativních implikací, zejména při klimatických změnách. Ekosystémová adaptační opatření mohou tento efekt zmírnit, a pomoci tak k trvale udržitelnému rozvoji. Cílem práce je vypracování rešerše ekosystémových adaptačních opatření a zjednodušený návrh adaptačního opatření v části areálu České zemědělské univerzity v Suchbátově v Praze, jenž ovlivní městské mikroklima, které pak může přispět ke zmírnění efektu městského tepelného ostrova. Podkladem pro tuto práci byly odborné články, české a zahraniční publikace a návštěvy objektů a zařízení týkajících se tématu práce.

Výsledkem práce je Katalog ekosystémových adaptačních opatření, který spolu s vypracovanou hydrogeologickou zprávou a s poskytnutou studií s názvem „Studie - Posouzení možností zadržování srážkových vod v problematice oblasti v areálu ČZU v Praze“, umožňuje návrh adaptačního opatření v předmětném území. Jedním z hlavních přínosů práce je ukázka jednotlivých druhů opatření, jejich přínosů a příkladů realizace dobré praxe. Dále je to pak samotný návrh ekosystémového adaptačního opatření, jež může pomoci adekvátně hospodařit s dešťovou vodou a svým vlivem na mikroklima prostředí zmírnit efekt městského tepelného ostrova. Doplnkovým přínosem je též hydrogeologická zpráva, dokládající posouzení možnosti realizace vsaku bez nutnosti odvádět srážkovou vodu do kanalizačního systému.

**Klíčová slova:** tepelný ostrov města; ekosystémová adaptační opatření; mikroklima měst

# Ecosystem-based adaptation in urban areas

## Abstract

This diploma thesis deals on the current issues in the urban environment - the mitigation of the effect of the urban heat island. The urban heat island effect has several negative implications, especially concerning climatic change. Ecosystem adaptation measures can mitigate the effect and, thus, contribute to sustainable development. The thesis aims at preparing an inventory of ecosystem adaptation measures and a simplified proposal for adaptation measures in the part of the Czech University of Agriculture in Suchdol in Prague. By doing so, the urban microclimate should be affected, which in turn can contribute to mitigating the effect of the urban heat island. The basis of the thesis were technical articles, publications written in Czech, as well as foreign languages, and visiting buildings and facilities related to the topic of the thesis.

The thesis has resulted in the Catalogue of Ecosystem Adaptation Measures, which together with the prepared hydrogeological report and the provided study entitled “Case study – Assessing the potential of rainwater retention in a problematic area in the CULS campus in Prague”, allows preparing a proposal of adaptation measures in the given area. One of the main benefits of the thesis represents the demonstration of individual types of measures, their benefits, and examples of the implementation of good practice. Furthermore, it contains the proposal of the ecosystem adaptation measure that help adequately manage rainwater and whose influence can mitigate the effect of the urban heat island on the local microclimate. Last but not least, the thesis also contains an additional benefit - hydrogeological report – documenting the potential of seepage system implementation without the need to drain rainwater into the sewer system.

**Keywords:** urban heat island, ecosystem adaptation measures, urban microclimate

# Obsah

<b>1 Úvod</b> .....	<b>10</b>
<b>2 Cíl práce</b> .....	<b>11</b>
<b>3 Literární řešerše</b> .....	<b>12</b>
3.1 Klima .....	12
3.1.1 Městské klima .....	13
3.2 Městský tepelný ostrov.....	14
3.2.1 Příčiny městského tepelného ostrova .....	15
3.3 Ekosystémová adaptační opatření .....	18
3.3.1 Základní přínosy opatření .....	18
3.3.1.1 Regulační přínosy .....	19
3.3.1.2 Zásobovací přínosy .....	21
3.3.1.3 Kulturní přínosy .....	21
3.4 Přehled ekosystémových opatření .....	22
3.4.1 Propustné a polopropustné povrchy .....	23
3.4.2 Extenzivní a intenzivní zelené střechy .....	23
3.4.3 Vegetace v urbánním prostředí .....	24
3.4.4 Extenzivní, semi-intenzivní a intenzivní zelené zdi.....	25
3.4.5 Městské parky a lesoparky .....	26
3.4.6 Udržitelné městské odvodňovací systémy .....	27
3.4.7 Komunitní zahrady a zahrádkářské kolonie .....	27
3.4.8 Obnova a zakládání postranních ramen, břehové porosty .....	28
3.4.9 Vodní plochy v urbánním prostředí .....	29
3.5 Příklady poznatků a využití ekosystémových opatření v praxi .....	30
3.5.1 Příklady využití vegetačních/zelených střech .....	30
3.5.2 Čtvrť Augustenborg .....	32
3.5.3 Melbourne .....	33
3.5.4 Příklad využití propustných materiálů .....	35
3.5.5 Stockholm – strukturální substrát.....	37
3.6 Vliv ekosystémových adaptačních opatření na mikroklima měst.....	38
<b>4 Praktická část</b> .....	<b>39</b>
4.1 Vymezení a charakteristika zájmového území .....	39
4.1.1 Vymezení zájmového území .....	39
4.1.2 Geografické údaje .....	40
4.1.3 Geomorfologické poměry .....	40
4.1.4 Klimatické poměry .....	41
4.1.5 Geologické poměry .....	41



4.1.6	Hydrologické a hydrogeologické poměry .....	42
4.1.7	Rizika geologického původu.....	44
<b>5</b>	<b>Metodika.....</b>	<b>45</b>
5.1	Katalog ekosystémových adaptačních opatření.....	45
5.2	Studie možností zadržení srážkových vod .....	45
5.3	Závěrečná zpráva – Hydrogeologické posouzení.....	46
5.4	Použité normy.....	46
5.5	Terénní průzkum .....	46
5.6	Zpracování zjištěných informací .....	47
<b>6</b>	<b>Návrh opatření.....</b>	<b>48</b>
6.1	Současný stav území .....	48
6.2	Základní charakteristika, popis účelu a užívání stavby.....	49
6.3	Technologické schéma návrhu .....	52
6.3.1	Retenční nádrž (SO.01).....	52
6.3.2	Vypařovací objekt (mokřadní biotop) (SO.02) .....	53
6.3.3	Vsakovací šachta (SO.03) .....	54
6.3.4	Vodní tok (SO.04).....	55
6.4	Cenový rozsah nákladů .....	55
<b>7</b>	<b>Diskuse.....</b>	<b>57</b>
<b>8</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>59</b>
<b>9</b>	<b>Seznam literatury a použitých zdrojů .....</b>	<b>60</b>
9.1	Odborné publikace (odborné knihy, monografie, články v odborných periodikách, kapitoly v knize, články ve sbornících).....	60
9.2	Legislativní zdroje (zákon, vyhláška, norma) .....	63
9.3	Internetový zdroje (neodborné, nevědecké) .....	63
9.4	Ostatní zdroje (projektové dokumentace, metodické návody, příručky, bakalářské či diplomové práce, informační brožury, manuály) .....	65
<b>10</b>	<b>Seznam obrázků a příloh .....</b>	<b>66</b>

# 1 Úvod

Lidská populace se v průběhu času značně rozrostla a zároveň došlo ke zvýšení její koncentrace v městském prostředí. Již v roce 1990 žilo ve městech přibližně 43 % (2,3 miliardy) světové populace a v roce 2015 vzrostla tato městská populace na 54 % (4 miliardy) (United Nations Human Settlements Programme © 2012 – 2020). Předpokládá se, že v roce 2030 by mohlo žít v urbánním prostředí téměř 5 miliard lidí (Informační centrum OSN v Praze, 2007).

Následkem zvyšujícího se počtu lidské populace žijící v městské zástavbě se současně urbanistické prostředí rozšiřuje jak do své šířky, tak do výšky. Tato hypertrofie je důsledkem zvyšující se migrace obyvatelstva do měst. S tím přicházejí ruku v ruce kladné i negativní implikace. Kladnými dopady mohou být např. lepší zdravotní péče, více pracovních příležitostí nebo dopravní komfort. Naopak negativními dopady jsou např. kontaminace ovzduší, hlukové zatížení, dopravní zácpy, rychlejší šíření onemocnění, zvyšující se tepelná stopa apod.

Zvýšení počtu staveb, ať na okraji, nebo v centru městského prostředí, nese však jistá rizika. Zvýšení počtu faktorů či zvýšení účinnosti faktorů, jako jsou úbytek zeleně, překážky v proudění větru, znečištění ovzduší, zvýšená populace ve městě a další, může zesílit efekt tepelného městského ostrova (UHI).

Tento efekt se projevuje zejména rozdílem mezi teplotou v centru města a na jeho okraji. A tento rozdíl teplot může dosahovat až 7 °C (Wilby, 2003). Posílení tohoto efektu může mít za následek např. riziko šíření a zesílení chorob či zvýšení úmrtnosti související s teplem.

Jednou z možností, jak snížit tento efekt alespoň lokálně, je využití tzv. ekosystémových adaptačních opatření (European Commission, 2019; CI2, o.p.s. © 2015), která jsou právě předmětem této práce.

Opatření jsou ve většině případů dimenzovaná pro odvod srážkové vody ze střech a zpevněných ploch. Navržení těchto opatření může vést zároveň tedy ke snížení průtoku srážkové vody v jednotných stokových sítích, respektive ke snížení jejich zahlcení (zejména v oblastech, kde jsou stokové sítě poddimenzované).

Pomocí rozboru opatření a analýzou zájmového území lze navrhnout řešení, která jsou optimální pro odvod srážkových vod a následně pro jejich využití ať již v podobě závlahy, nebo k ovlivnění mikroklimatu v městském prostředí (snížení efektu městského tepelného ostrova), či k doplnění rezervoárů podzemních vod.

## 2 Cíl práce

Cílem této diplomové práce je popis městského klimatu a přiblížení tématu efektu městského tepelného ostrova, které je v současné době středem pozornosti laické i odborné veřejnosti. Jedna z částí je věnována rešerši odborné literatury zabývající se charakteristikou ekosystémových adaptačních opatření včetně ukázky realizace opatření. Nedílnou součástí teoretické části je také popis vlivu ovlivnění ekosystémových opatření na mikroklima urbánního prostředí.

Základními zdroji této diplomové práce jsou portál CzechGlobe, archivní podklady, Studie – posouzení možností zadržení srážkových vod v problematice oblasti v areálu ČZÚ v Praze (Doležal a kol., 2019) a aktuální technické normy. Pro názornou ukázkou ekosystémových opatření v praxi je práce doplněna fotografickými podklady, které byly získány terénním průzkumem.

Cílem praktické části práce je navržení zjednodušeného ekosystémového adaptačního opatření, které může pomoci ovlivnit mikroklima na území areálu České zemědělské univerzity (konkrétně v blízkosti Fakulty agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů). Navržení těchto a podobných řešení může v urbánním prostředí pomoci k redukcí efektu městského tepelného ostrova. Vedlejším cílem práce bylo řešení odvedení srážkových vod jiným způsobem, než odvedením do dešťové kanalizace. Nové řešení by mohlo pomoci k odlehčení některých úseků stok dešťové kanalizace, které mají v současné době nedostatečnou kapacitu.

Součástí práce jsou též přílohy, jako je katalog ekosystémových opatření a závěrečná zpráva hydrogeologického posouzení pro možnost vsakování dešťových vod.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Klima

Klima (podnebí) je možné definovat jako dlouhodobý charakteristický režim počasí v určité oblasti (Rožnovský, 2014). To, jaký je ráz klimatu, určuje míra vzájemného působení pěti základních klimatotvorných faktorů, kterými jsou: cirkulační faktory, astronomické faktory, radiační, geografické a antropogenní faktory (Vysoudil, 2013).

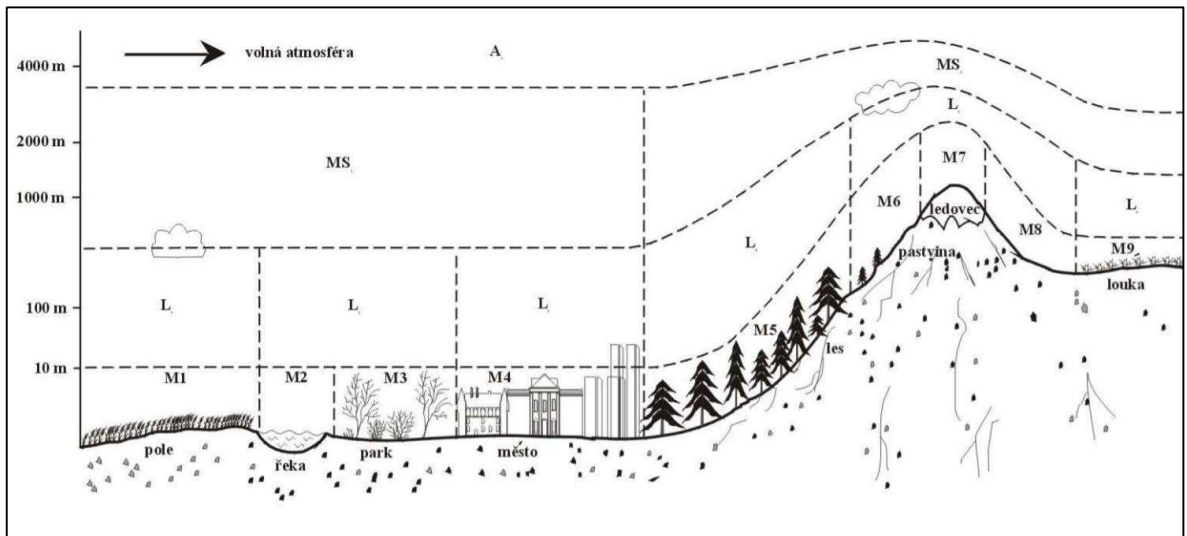
#### Klimatické kategorie

Členění klimatu lze provést na základě jeho horizontálního a vertikálního rozsahu. Ovšem v členění panuje jistá nejednotnost, a proto se kategorie ve většině případů často překrývají. Jsou uváděny kategorie ve větším (globálním) rozsahu, nebo naopak v menším rozsahu (Rožnovský, 2014).

Podle Vysoudila (2013) existují čtyři základní klimatické kategorie (obrázek č. 1) a těmi jsou makroklima, mezoklima, místní klima (topoklima) a mikroklima.

Některé další zdroje však uvádějí pouze tři kategorie, a to mikroklima, mezoklima a makroklima, s tím, že mezoklima je jakýsi přechod mezi mikro a makroklimatem (Středová a Středa, 2016).

Ať je rozdělení klimatických kategorií jakékoliv, vycházejí tato rozdělení z určení podobných podmínek jednotlivých vrstev (mezoklima, mikroklima apod.). Zároveň je třeba si uvědomit, že všechny výše uvedené klimatické kategorie se vzájemně prolínají (Středová a Středa, 2016).



Obr. 1: Příklad klimatických kategorií (M1-M9 – mikroklíma, L<sub>1</sub>-L<sub>6</sub> – místní klíma, MS<sub>1</sub>-MS<sub>2</sub> – mezoklíma, A<sub>1</sub> – makroklíma) (zdroj: Vysoudil, 2004)

### 3.1.1 Městské klíma

Urbánní klimatologie studuje zvláštnosti městského klímatu (Vysoudil, 2013). Kdybychom chtěli městské klíma zařadit to některé kategorie, tak zcela jistě jde o mezoklíma a mikroklíma.

Kdybychom se chtěli zaměřit na interakci města jako celku s okolím, pak jde o studium mezoklimatologie. Naopak mikroklimatologie pojednává o studiu městských částí, jako jsou parky, náměstí, ulice apod. (Vysoudil, 2013).

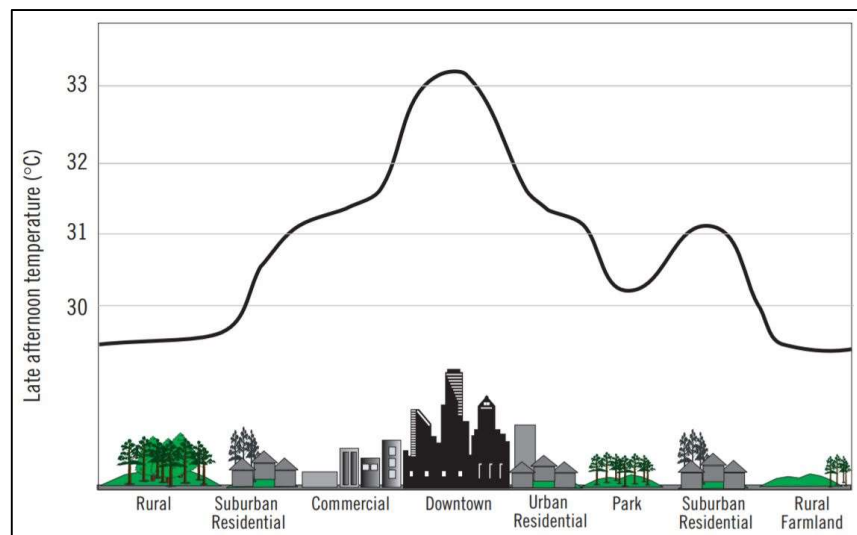
#### Mezoklíma a mikroklíma

Mezoklíma je klímatem nevelkých oblastí a je neúplně ovlivňováno člověkem, vodními plochami, vegetačním pokryvem atd. Jde tedy o zcela typické klíma měst, kdy jeho rozměry bývají vertikálně do 1 – 1,5 km (Soukupová, 2014).

Mikroklíma je již obraz klímatu menších prostorů, které je zcela ovlivněno aktivním povrchem. Můžeme zde kromě mikroklimatu přírodních povrchů s vegetací zařadit i mikroklíma umělých povrchů (městská zástavba, komunikace, porost, staveniště aj.). (Soukupová, 2014; Středová a Středa, 2016).

## 3.2 Městský tepelný ostrov

V mnoha městech, ať už velkých či menších, najdeme vyšší teplotu v centru města, než na jejich okraji. To je způsobeno tím, že sluneční záření je ve značné části pohlceno střechami, povrchy vozovek a parkovišť a obvodovými konstrukcemi budov. Dále se teplo sdílí prouděním (konvekcí) a vyzařováním do okolí. To znamená, že teploty vzduchu jsou mnohem vyšší v zastavěném území, než v otevřené krajině (Lain, 2009). Tento jev se v zahraniční literatuře nazývá „Urban Heat Island“ (UHI) effect (Adinna et al., 2009). U nás je znám jako efekt městského tepelného ostrova (MTO) (viz obrázek č. 2). Tento efekt je jedním z nejznámějších projevů mikroklimatu a mezoklimatu, které ve městě můžeme pozorovat (Pondělíček a kol., 2016). Jeden z prvních, kdo prokázal, že střed města je teplejší než jeho okolí, byl L. Howard. Zároveň také popsal základní rysy časové a prostorové variability tepelného ostrova města (Dobrovolný, 2012).



Obr. 2: Efekt městského tepelného ostrova (Warren, 2004)

Efekt městského tepelného ostrova se vyvíjí a roste, pokud se velká část přirozeného krajinného pokryvu v oblasti nahrazuje takovými povrchy, které zachycují sluneční záření během dne a v noci ho znovu vyzařují (Oke, 1982; Quattrochi et al., 2000).

Zesilující efekt má dále za následek i zvýšení poptávky po chladicích zařízeních jak v obytných, tak v komerčních budovách. Tato skutečnost ovšem vyžaduje zvýšení výroby elektřiny a elektrárny pak produkují vyšší emise např. oxidu siřičitého, uhelnatého a známého oxidu uhličitého. Právě oxid uhličitý má podíl na vzniku tzv. skleníkového efektu, a tím přispívá ke globálnímu oteplování a změně klimatu (Adinna et al., 2009).

Jak zmiňuje Oke (1982), tak v případě efektu tepelného ostrova města jde o tepelnou anomálii, která má horizontální, vertikální a časový rozsah, který byl pozorován ať už v malém, či velkém urbanizovaném prostředí. Ve středních zeměpisných šířkách se navíc také zjistilo, že tento jev souvisí jak s vnějšími vlivy, jakými jsou například podnebí, roční období či převládající počasí, tak i s vnitřní povahou měst (např. s územním rozložením, velikostí a hustotou budov).

Čím více se zesiluje tento efekt (MTO), tím se tento problém dostává do popředí zájmů nikoli jen klimatologů, ale také urbanistů, architektů, představitelů samospráv a také odborníků na územní plánování (Pondělíček a kol., 2016).

### **3.2.1 Příčiny městského tepelného ostrova**

K tomu, abychom uměli zmírnit následky efektu městského tepelného ostrova, je třeba znát jeho příčiny. A proto je pochopení těchto příčin důležitým výchozím bodem (Hulley, 2012).

Jak se města neustále vyvíjí a rozšiřují, tak ubývá přirozeného povrchu, jako jsou louka, pole, travnatý povrch, vodní plochy či les a přibývá povrchů, které akumulují teplo a absorbují sluneční záření (například beton či asfalt) (Usnesení Rady hl. m. Prahy č. 1723, 2017). Je ovšem třeba také zmínit, že příčiny UHI nejsou všude stejné a liší se v závislosti na místních klimatických podmínkách a na charakteristice města (Mirzaei et al., 2010).

Podle Nuruzzamana (2015) existuje množství faktorů, které přispívají k efektu městského tepelného ostrova, z nichž za nejdůležitější považuje tyto:

- Nízký počet materiálů s vysokým albedem
- Zvýšená populace ve městě
- Zvýšené používání klimatizace
- Úbytek zeleně
- Znečištění ovzduší
- Překážky v proudění větru
- Městský baldachýn

### Nízký počet materiálů s vysokým albedem

Albedo je poměr odraženého záření k množství záření dopadajícího na specifický povrch (Soukupová, 2014). Albedo města závisí na jednotlivém uspořádání povrchů, orientaci použitých materiálů u střech, dlažeb, nátěrů budov atd. (Bouyer, 2011). Pokud je například městská ulice tmavší (s nízkým albedem), dochází místo odrazu k absorpci slunečního záření, a tedy k nahromadění tepla. Albedo povrchů má tedy také vliv na mikroklima měst (Bouyer, 2011).

### Zvýšená populace ve městě

Množství lidí, kteří žijí ve městech, se neustále zvyšuje. Nárůst obyvatel je zapříčiněn především díky dostupnosti různých druhů zařízení, pracovních příležitostí apod. A nárůst obyvatel znamená, že s každým novým příchozím je vyšší produkce emisí CO<sub>2</sub> (lidský organismus, používání automobilů apod). Vyšší CO<sub>2</sub> (skleníkový plyn) způsobí, že dochází k pohlcení či odrazení většího množství dlouhovlnného záření zpět k zemi (výrazné teplo).

### Zvýšené používání klimatizace

V dnešní době teplotních výkyvů se masivně využívají klimatizační jednotky. Tyto jednotky sice udržují uvnitř budov chlad, ale zároveň se uvolňující teplo dostane ven (Okwen, Pu, Cunningham, 2011). Klimatizační jednotka je tedy, kromě průmyslových objektů či dopravy, antropogenním zdrojem tepla. A navíc tyto jednotky způsobují nárůst spotřeby energie.

### Úbytek zeleně

Zeleň absorbuje sluneční záření a teplo, které pomáhá k redukcí oxidu uhličitého. Aby nedocházelo k přehřívání listů, dochází k evapotranspiraci, a tím k ochlazení okolí zeleně (Akbari, Gartland, Konopacki, 1998). O toto chladné prostředí přicházíme, když se zeď nahrazuje stávkami, cestami a dalšími povrchy, které sice teplo absorbují, ale na rozdíl od stromů své okolí neochlazují.

### Znečištění ovzduší

Ke znečišťování ovzduší dochází zejména v městských oblastech. Znečišťující látky, které přispívají k efektu městského tepelného ostrova, mohou být například minerální a uhlíkaté aerosoly. Zdrojem tohoto znečištění ve městech jsou spalovací procesy (v energetice, spalování



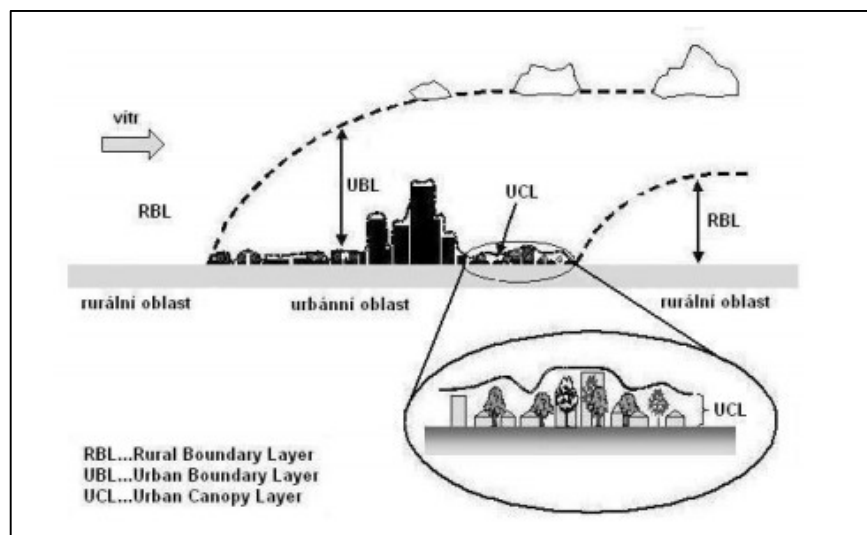
odpadů – oxidy dusíku), doprava (oxidy dusíku, CO<sub>2</sub> a uhlovodíky), zemědělství (používání hnojiv, které emitují oxid dusný) apod. (Soukupová, 2014). Tyto skleníkové plyny zabraňují přirozenému ochlazení zemského povrchu.

### Překážky v proudění větru

Budovy ve městě jsou situovány blízko sebe, a to má za následek snížení rychlosti větru. Výsledkem je také snížení jeho ochlazujícího účinku, neboť není možnost, jak zachycené teplo v městském prostředí dostat mimo urbanizované území (Nuruzzaman, 2015).

### Městský baldachýn

Z hlediska atmosféry můžeme tepelný ostrov města ve vertikálním směru rozdělit do dvou částí (viz obrázek č. 3). První část, která se nachází v přízemní vrstvě atmosféry, je tzv. městský baldachýn (Urban Canopy layer). Naopak druhá část je v mezní vrstvě atmosféry (Urban Boundary layer) (Vacík, 2013). Přízemní vrstva tepelného ostrova (městský baldachýn) je shora ohraničena střechami budov, popř. vrcholky vegetace. V této vrstvě jsou teplotní změny díky lidské činnosti velice eminentní (vyšší lidská aktivita). Mezi hranicemi těchto dvou částí totiž městská zástavba ztrácí vliv na teplotu atmosféry (Oke, 1976; Oke, 1982).



Obr. 3: Členění městské atmosféry na UBL a UCL (Zdroj: Roberto, 2010, upraveno)

### **3.3 Ekosystémová adaptační opatření**

Ekosystémová adaptační opatření představují řešení zakládající se na přírodě a jsou v globálním měřítku čím dál, tím více využívána. Tato opatření pomáhají lidstvu přizpůsobovat se okolním podmínkám a snižovat rizika katastrof (Kabishch a kol., 2017).

Navíc mohou být přijatelnou adaptační alternativou k obvyklým technickým (šedým) opatřením. Ekosystémová opatření využívají modré infrastruktury (zvýšení retence, akumulace vody, využití tekoucích a stojatých vod ve městě, propustnosti terénu ve městech) a zelené infrastruktury (zelené střechy, fasády a zvýšení vegetace v urbánní oblasti), nebo jejich vzájemnou kombinaci (European Commission, 2019; CI2, o.p.s. © 2015).

Ekosystémová adaptační opatření mimo jiné poskytují lidské společnosti řadu zásadních služeb, tzv. ekosystémové služby.

#### **3.3.1 Základní přínosy opatření**

Jak uvádí Vačkář (2010), ekosystémové služby představují užitky, které jsou poskytované přírodou pro společnost. Tento pojem se stal součástí ochrany životního prostředí a je neodmyslitelnou součástí udržitelného rozvoje (Vačkář, 2010).

Základním aspektem je biodiverzita, která je předpokladem, rámcem a samozřejmě poskytovatelem všech ekosystémových služeb (Moldan, 2015).

Množství ekosystémových služeb neboli přínosů, které nám poskytují ekosystémová adaptační opatření, je celá řada. Mezi takové přínosy, které z těchto opatření plynou, mohou patřit nejen zdokonalení z hlediska zlepšení kvality vody a ovzduší, ale pomáhají také k regulaci vody a městského klimatu, snížení hluchnosti, zvýšení biodiverzity, ke snížení povodňového rizika či eroze půdy, avšak jsou to také kulturní přínosy, jako například rekreační příležitosti v městském prostředí. Základními skupinami ekosystémových služeb jsou zásobovací služby, regulační služby a kulturní služby, které každého z nás ovlivňují, a též tzv. služby podpůrné, jež jsou nezbytné k udržení ostatních služeb (European Commission, 2019; CI2, o.p.s. © 2015; Moldan, 2015).

### 3.3.1.1 Regulační přínosy

Přínosy, které řadíme do regulačních služeb, zahrnují například regulaci teploty a mikroklimatu, ukládání uhlíku, retenci srážkové vody a regulaci odtoku, zvýšení kvality vody, protierozní funkce, regulaci kvality ovzduší či protihlukovou ochranu.

#### Protihluková ochrana

V dnešní době je problematika hlukové zátěže ve městech velmi aktuální zejména proto, že hlavním zdrojem hluku jsou dopravní prostředky. Z automobilové dopravy pochází přibližně 60 – 90 % tzv. akustického smogu (podle Státního zdravotního úřadu) (Křečková, 2009).

Ke snížení hlukové zátěže přispívají, kromě betonových a jiných dalších bariér, i vegetační bariéry. U těch je hlavní jejich hustota, kde platí, že čím větší hustota, tím je tato protihluková bariéra účinnější (Křečková, 2009). Vegetace dokáže tlumit hlukovou zátěž prostřednictvím absorpce (jeden z nejlepších absorbentů akustické energie), odrazu či lomu zvukových vln (Kang, 2006).

#### Ukládání uhlíku

Vegetace má nezastupitelný význam při sekvestraci (ukládání) uhlíku, a je tedy neoddělitelnou součástí uhlíkového koloběhu. Při svém růstu rostliny přeměňují oxid uhličitý a tím ho, jako skleníkový plyn, odstraňují z ovzduší. Uhlík poté ukládají ve svém kořenovém systému, čímž zastávají významnou úlohu jeho uložení neboli sinku. V případě urbánní vegetace, konkrétně stromů, je zaznamenán vyšší uhlíkový sink, a to díky zvýšené koncentraci CO<sub>2</sub> v ovzduší (Awal a kol., 2010). Sekvestrace uhlíku je tedy další z přínosů, které přispívají ke zmírnění dopadů klimatických změn (CzechGlobe, 2017). Vegetace proto pomáhá k regulaci globálního klimatu.

#### Regulace podnebí - teplota a mikroklima

Celkově jde o regulaci podnebí, kdy ekosystémy ovlivňují klima jak globálně, tak lokálně. Pokud se zaměříme z hlediska urbanizovaného území na vegetaci, jde o takovou regulaci teploty a mikroklimatu, kdy vegetace reguluje teplotu nejen pomocí poskytnutí stínu, ale též výměnou tepelné energie mezi ní a jejím okolím. Strom dokáže transpirovat přibližně 450 l vody a k tomu spotřebovat asi 1000 MJ energie (tepla) na evapotranspiraci. Ve městech v tomto případě dochází ke snížení příliš vysoké letní teploty (Moldan, 2015).

### Protierozní ochrana

Půdní pokryv bývá ve městech značně poškozený. Dochází tak ke snížení porozity a ke snížení schopnosti půdy vsáknout a uložit vodu. Nenarušený půdní a vegetační pokryv má přirozenou schopnost zadržet vodu, což vede k prevenci půdních sesuvů a celkem tedy ke snížení rizika eroze (Moldan, 2015, CzechGlobe, 2017).

### Likvidace odpadů a čištění vody

Ekosystémy pomáhají filtrovat, zadržovat a rozložit organický odpad a živiny pomocí schopnosti asimilovat a detoxikovat sloučeniny půdními a podpůdními procesy. Kromě zvýšení biodiverzity mohou vegetace ve městech (vodní a mokřadní ekosystémy) a půda přispět ke zlepšení kvality toků (Moldan, 2015; CzechGlobe, 2017).

### Regulace kvality ovzduší

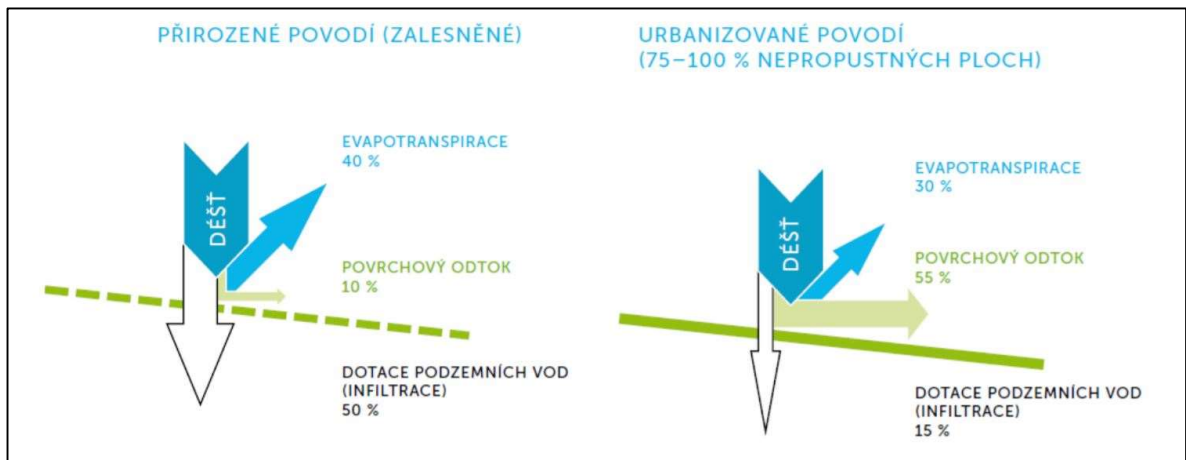
Kromě toho, že ekosystémy dodávají látky do ovzduší, látky z ovzduší také zachycují a pohlcují. Vegetace funguje v tomto směru jako filtr. Nejefektivnější jsou v tomto případě stromy, a to kvůli hrubosti povrchu a velkým korunám. Zároveň vegetace umožňuje produkci vlhkosti (prachové částice se váží na vodu – urychlení sedimentace) a snížení rychlosti proudění vzduchu (Moldan, 2015; CzechGlobe, 2017).

### Regulace odtoku srážkové vody a absorpce

Záplavy, velikost a časování srážek a dodání vody ve zvodních může být nadměru ovlivněno změnami půdního pokryvu. V tomto případě může dojít i k nevratným změnám, kdy systémy ztrácejí schopnost infiltrace dešťových srážek do půdy. Vegetace a nezakrytá půda má schopnost vsakovat srážkové vody a reguluje (snižuje) odtok srážkové vody, čímž dochází ke snížení zátěže pro odtokový systém, a minimalizuje se vznik lokálních povodní (CzechGlobe, 2017; Moldan, 2015).

Porovnání odtoku srážkových vod, ovlivněného pokryvem, ukazuje následující obrázek č. 4. V pravé části obrázku je znázorněno urbanizované území specifické nepropustným povrchem, a to na celkové ploše povodí od 75 % do 100 %. V tomto případě až 55 % objemu vody odchází povrchovým odtokem. Naopak v povodí (na obrázku vlevo), kde je specifický

přirozený vegetační pokryv, je typické, že se infiltuje až 50 % objemu srážkové vody (Vítek a kol., 2015).



Obr. 4: Odtok srážkových vod v přirozeném a urbanizovaném povodí - porovnání (zdroj: Vítek a kol., 2015)

### 3.3.1.2 Zásobovací přínosy

Zásobovacími službami se rozumí vyprodukované statky, které člověk získává z ekosystémových opatření. Takovými statky jsou například produkce biomasy, pitné vody či potravin (čerpané z živočichů, rostlin a mikroorganismů). V případě produkce biomasy se nejvíce hovoří o rostlinné biomase, která se využívá pro energetické účely – např. dřevo. S produkcí plodin (např. ovoce, zelenina apod.) a biomasy ve městě se můžeme setkat hlavně v komunitních zahradách, městských farmách či zahrádkářských koloniích (CzechGlobe, 2017). Za další přínosy lze považovat též zdroje léčiv nebo biochemikálií (Moldan, 2015).

### 3.3.1.3 Kulturní přínosy

Přínosy kulturních služeb mají podobu nemateriálních užitků, které člověk získává z ekosystémů pomocí rekreace a estetických prožitků, reflexe, duchovního obohacení nebo kognitivního rozvoje. Mezi ně patří např. rekreace, náboženské a duchovní hodnoty, estetické hodnoty, vzdělávací a výchovné hodnoty apod. Možnost rekreování má mnoho pozitivních dopadů také na zdraví jednotlivce, jako je například snížení stresových hormonů, podpora imunitního systému, snížení krevního tlaku aj. Vizuální nárůst estetických hodnot v ulicích je všeobecně známý (např. estetické projevy zeleně v průběhu roku). Zeleň v ulicích, parcích nebo

obecně řečeno v urbánním prostředí je ceněná zejména pro svou barevnost, neustálou proměnlivost či pro rozmanitost detailů (Moldan, 2015; CzechGlobe, 2017).

Z výše uvedeného vyplývá, že ekosystémové služby jsou velmi rozsáhlé a navzájem spolu těsně souvisejí. Nesmíme ovšem zapomínat na skutečnost, že existují ještě další přínosy, jako jsou například úspory energií, zvýšení hodnoty nemovitostí a mnohé další (CzechGlobe, 2017).

### 3.4 Přehled ekosystémových opatření

Z přínosů opatření lze odvodit užitky plynoucí z realizace ekosystémových adaptačních opatření. Přínosy z těchto opatření jsou navzájem odlišné, avšak je důležité si uvědomit, že to vždy závisí na vybraném druhu opatření. V některých případech si mohou být přínosy naopak velmi podobné.

V současné době a při možných dostupných zdrojích rozlišujeme několik typů ekosystémových adaptačních opatření<sup>1</sup>:

- Propustné a polopropustné povrchy
- Extenzivní a intenzivní zelené střechy
- Vegetace v urbánním prostředí
- Extenzivní, semi-intenzivní a intenzivní zelené zdi
- Městské parky a lesoparky
- Udržitelné městské odvodňovací systémy
- Komunitní zahrady a zahrádkářské kolonie
- Obnova a zakládání postranních ramen, břehové porosty
- Vodní plochy v urbánním prostředí (např. jezírka, rybníky)

V následujících podkapitolách jsou uvedeny obecné informace o nejběžnějších ekosystémových opatřeních. Detailnější informace jsou sděleny v katalogu, který je přílohou č. 1 této práce.

---

<sup>1</sup> Seznam opatření byl převzat ze stránek CzechGlobe (opatrene-adaptace.cz) a upraven na základě jiných dostupných informací a dat.

### 3.4.1 Propustné a polopropustné povrchy

Voda je v městských aglomeracích převážně odvedena kanalizací, ve většině případů do čistírny odpadních vod a poté do našich řek. V ČR jsou všechny vody odvedeny z našeho území pryč, a tudíž musíme dbát na to, aby se většina dešťových vod zasakovala na našem území, a tím doplňovala naše zdroje podzemní vody. K tomu přispívají plochy s polopropustným a propustným povrchem.

Do opatření plochy s polopropustnými a propustnými povrchy zařazujeme zejména zatravněnou plochu, povrch ze šterku nebo kamenné drti, vegetační tvárnice (viz. obrázek č. 5), šterkový trávník, zatravněné voštiny, porézní dlažbu, dlažbu se zatravněnými spárami, dřevěné rošty a dřevěnou dlažbu (Ústav pro ekopolitiku, o. p. s, 2009). Všechny tyto plochy umožňují především zasakování dešťové vody či tajícího sněhu, ale kromě jejich primární funkce zasakování také snižují hlukovou zátěž. A to je právě způsobené porézností těchto ploch. Některé výše zmíněné plochy dokážou infiltrovat až 80 % vody v závislosti na různých faktorech (druh povrchu, podloží, sklon svahu, frekvence údržby, intenzita srážek apod.) (CzechGlobe, 2017).



*Obr. 5: Polopropustný povrch, který byl použit u parkoviště, Praha  
(zdroj: fotoarchiv autorky, 2020)*

### 3.4.2 Extenzivní a intenzivní zelené střechy

Jedním z aktuálních trendů, které patří k tzv. „zelenému stavění“, jsou zelené střechy. Je to jedno z opatření, které, stejně jako ostatní opatření, pomáhá zmírnit efekt městského tepelného ostrova. Zelené střechy jsou především praktické a mají též environmentální a estetickou hodnotu.

V současné době se můžeme setkat s užíváním různých slovních spojení, jako jsou zelené střechy, travnaté střechy, střešní zahrady či zeleň apod. V oboru zeleně na střechách se používají pojmy zelená střecha (vegetační střecha) a vegetační souvrství. Zelenou střechou označujeme střešní plochu, která je pokrytá vegetačním souvrstvím s vegetací. Příklad využití zelené střechy je patrný na obrázku č. 6. Vegetačním souvrstvím rozumíme soubor funkčních vrstev<sup>2</sup>, které tvoří vhodné podmínky a prostředí pro život a růst rostlin (Burian a kol., 2016). Výčet funkčních vrstev a jejich funkce lze nalézt v tabulce č. 1 v Katalogu ekosystémových adaptačních opatření (příloha č. 1 této diplomové práce).



Obr. 6: Zelené střechy (zdroj: archiv.idnes.cz)

### 3.4.3 Vegetace v urbánním prostředí

Do této kategorie můžeme řadit vegetaci jako takovou, jako jsou například stromy a veškeré rostliny (stromořadí, zelené pásy, zelené zdi) v jakémkoliv prostorovém uspořádání. Mohou to být např. jak solitéry, tak stromořadí podél městských toků, komunikací, hřišť, náměstí, nebo shluky stromů v zahradách, parcích apod. Vegetace v městském prostředí působí velmi dobrým estetickým dojmem, jak je vidět na obrázku č. 7. Kromě funkce edafické, fyto-biologické, zoobiotické, přírodoochranné a hydrické mají stromy také funkci klimatickou (Supuka a kol., 1991).

---

<sup>2</sup> Funkční vrstva je vrstva vegetačního souvrství, která plní určitou funkci nepostradatelnou pro bezchybnou a nepřetržitou existenci vegetace na střeše. Existuje též polyfunkční vrstva, která plní několik funkcí současně, např. nopová fólie – plní funkci jak hydroakumulační, tak drenážní (Burian a kol., 2016).





*Obr. 7: Městská zeleň na Vršovickém náměstí, Praha (zdroj: fotoarchiv autorky, 2019)*

#### **3.4.4 Extenzivní, semi-intenzivní a intenzivní zelené zdi**

Obecně jsou zelené zdi definované jako zeleň ve vertikální poloze, která je dimenzována na stěnu budov. Budova je zelení buď částečně, nebo zcela pokryta. Dobrým příkladem může být budova firmy LIKO-S, jak je vidět na obrázku č. 8.

Zelené zdi se rozlišují na tři základní typy, a to na extenzivní a semi-intenzivní zelené zdi a intenzivní zelené zdi. Semi-intenzivní a extenzivní zelené zdi tvoří popínavé rostliny. Pro růst popínavých rostlin využívají extenzivní zelené zdi stávající struktury, které slouží jako určitý podpůrný prvek. Zelená zeď typu semi-intenzivní postupně obrůstá podpůrný systém, jako jsou nerezové sítě a lana, který se může jednoduše zřídit na stávajících strukturách. Na rozdíl od předchozích typů využívají intenzivní zelené zdi tzv. pěstební buňky, např. vertikální květináče nebo vegetační panely. Tyto pěstební buňky jsou už přímo integrované v architektonickém a dispozičním řešení budovy (CzechGlobe, 2017).



*Obr. 8: Budova firmy LIKO-S (zdroj: e15.cz)*

### **3.4.5 Městské parky a lesoparky**

Do této skupiny opatření řadíme městské parky nebo parky na okrajích měst, tzv. příměstské parky (viz obrázek č. 9), botanické a zoologické zahrady, arboreta, zelené prostory mezi jednotlivými bloky domů apod. Obdobně jako u ostatních opatření, kde se vyskytuje zeleň, zde má nezastupitelnou úlohu transpirace (popř. intercepce). Chladící účinek městských zelených prostor není spojen pouze s procesem evapotranspirace, ale též se zastíněním (Oke, Crowther, McNaughton, Monteith, Gairdiner, Barry, 1989).



*Obr. 9: Krajinný park Havraňák, Praha (zdroj: fotoarchiv autorky, 2020)*

### 3.4.6 Udržitelné městské odvodňovací systémy

Udržitelné městské odvodňovací systémy v urbánních oblastech jsou takové systémy, které jsou tvořeny souborem různých prvků (různými typy opatření). Na rozdíl od konvenčních odvodňovacích systémů se udržitelné městské odvodňovací systémy navrhuji s přírodě blízkým charakterem (a to jak odvodňovací kanály, tak i recipienty). Hlavní úkolem těchto systémů je udržet vodu v urbanizovaném území, a to za účelem regulace povrchového odtoku, snížení rizika povodní při přívalových srážkách a regulace teploty a mikroklimatu (CzechGlobe, 2017).

Příkladem udržitelného městského odvodňovacího systému může být odvodnění střech panelových domů v Brně, jak ukazuje obrázek č. 10.

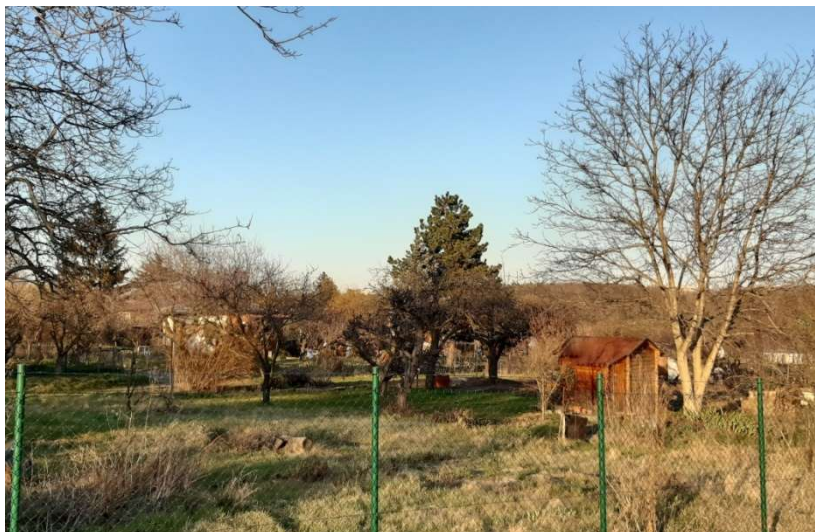


Obr. 10: Odvodnění střech panelových domů do jezírka v Parku pod Plachtami, Brno (zdroj: fotoarchiv autorky, 2020)

### 3.4.7 Komunitní zahrady a zahrádkářské kolonie

Komunitní zahrady a zahrádkářské kolonie bývají v dnešní době velmi populární, a to především z hlediska pěstování a produkce plodů a trávení volného času v přírodě. To této kategorie můžeme řadit obhospodařované pozemky, kterými mohou být brownfieldy, opuštěné a nevyužité prostory, vnitrobloky apod. Ve většině případů jde o otevřené prostory, které může využívat široká veřejnost. V komunitních zahradách si může jednotlivec či skupina obyvatel pronajmout pytle pro své individuální pěstování plodin. V zahrádkářských koloniích naopak nalezneme větší prostor pro zahradnickou a zahrádkářskou činnost, jak je vidět na obrázku č. 11. Na rozdíl od komunitních zahrad jsou zahrádkářské kolonie prostorově větší, což je

dáno především tím, že některé zahrádkářské kolonie se nachází na okrajích měst, kde jsou dosud nezastavěné oblasti. Komunitní zahrady a zahrádkářské kolonie rovněž pomáhají k částečné potravinové soběstačnosti (CzechGlobe, 2017).



*Obr. 11: Zahrádkářská kolonie v Dolinské ulici, Praha 10 (zdroj: fotoarchiv autorky, 2020)*

### **3.4.8 Obnova a zakládání postranních ramen, břehové porosty**

Zakládání postranních ramen, jako jsou tůně a mokřady či jejich obnova a obnova břehových porostů podél vodních toků v intravilánu urbánních oblastí, je považováno v současné době za stejně důležité jako jiná ekosystémová opatření. Tůně a mokřady dokážou během přívalových dešťů zachytit velké množství srážkové vody a v době sucha mohou být naopak výborným zdrojem vody pro okolní krajinu. Naproti tomu břehové porosty realizované v okolí říční nivy a vodního toku přinášejí řadu zlepšení těchto ekosystémů. Obnova břehových porostů je realizována v závislosti na revitalizaci vodních toků a tato obnova přináší spolu s revitalizací redukcí celkového průtoku vody, což má za následek snížení rizika místních záplav (CzechGlobe, 2017).

Jedním z příkladů je mokřad nacházející se v Hostivaři (Praha), který je na obrázku č. 12.



*Obr. 12: Významný krajinný prvek „Mokřady Triangl“, Praha (zdroj: fotoarchiv autorky, 2020)*

### **3.4.9 Vodní plochy v urbánním prostředí**

Jezírka, rybníky, retenční nádrže, mokřady, vodní toky, kořenové čistírny a další otevřené vodní plochy (viz obrázek č. 13) jsou bezpochyby takové vodní útvary, které tvoří nedílnou součást městského prostředí. Návrh těchto opatření závisí především na velikosti pozemků a na tom, s jakým úmyslem chceme vodní plochu navrhnout (regulace odtoku, čištění vody, estetická a rekreační funkce apod.). Návrhy nevyklučují ani možnost kombinace vodních ploch, aby se dosáhlo plného využití jejich ekosystémových přínosů (CzechGlobe, 2017).



*Obr. 13: Kbelský rybník, Praha (zdroj: fotoarchiv autorky, 2020)*

### 3.5 Příklady poznatků a využití ekosystémových opatření v praxi

Následující podkapitoly obsahují soubor využití nejrůznějších dostupných technologií na trhu, poznatky a příklady ekosystémových adaptačních opatření v praxi.

#### 3.5.1 Příklady využití vegetačních/zelených střech

Počet realizací zelených střech v dnešní době značně vzrostl. Příklady úspěšných a známých realizací jsou uvedeny níže.

Jedna z nejznámějších a určitě rozsáhlých vegetačních střech v ČR se nachází na budově ústředí ČSOB v Praze Radlicích (viz. obrázek č. 14).



*Obr. 14: Zelená střecha na budově ústředí ČSOB v Radlicích, Praha (zdroj: fotoarchiv autorky, 2020)*

Dalším příkladem, kde je možné umístit částečně zelenou střechu, jsou například stavební buňky (viz. obrázek č. 15).



*Obr. 15: Částečná zatravněná střecha buněk v Brně (zdroj: fotoarchiv autorky, 2020)*

Jedním z dalších zajímavých případů využití zelené střechy, která slouží zároveň jako mokřadní čistírna odpadní vody, je rodinný dům situovaný ve vnitrobloku v centru Prahy (viz obrázek č. 16). Jde konkrétně o pasivní budovu s kombinací čistírny odpadních vod. Vyčištěná voda se používá na splachování WC domu (toto pročištění a opětovné použití odpadní vody šetří více než 40 % spotřeby pitné vody).



*Obr. 16: Dům s mokřadní střechou, Praha (zdroj: adaptterraawards.cz)*

### 3.5.2 Čtvrť Augustenborg

V městě Malmö ve Švédsku se nachází rezidentní čtvrť Augustenborg, která byla vybudována v letech 1948 – 1952. V dalších letech se zástavba potýkala s řadou potíží, vyvolaných málo kapacitní kanalizací a frekventovanými záplavami, které měly za následek vážné škody na veřejných prostranstvích a budovách (Vítek a kol., 2015).

Koncem dvacátého století (konkrétně v roce 1998), došlo k rozsáhlé regeneraci celé oblasti. Kromě jiných záměrů se zde nově řešilo dosud nevhodné odvodnění. Vzhledem k výši nákladů spojených s původním záměrem na přebudování jednotné stokové sítě na oddílnou, se přistoupilo k odpojení rozvodu srážkových vod od jednotné kanalizace a k vybudování systému povrchového odvodnění, jak je zřejmé na obrázku č. 17. Takovéto odvodnění je formou přírodně blízkých protipovodňových opatření.



Obr. 17: Otevřené kanály, kam jsou svedeny vody ze střech (zdroj: [urbanreport.wordpress.com](http://urbanreport.wordpress.com))

Srážkové vody z komunikací, parkovišť a střech jsou svedeny povrchovými žlábkami (příkopy) do rybníků a mokřadů. Stávající budovy byly osazeny zelenými střechami (celková výměra je více než 10 000 m<sup>2</sup> – viz obrázek č. 18) (Vítek a kol., 2015; The European Climate Adaptation Platform Climate-ADAPT, 2014).





*Obr. 18: Variace zelených střech ve čtvrti Augustenborg (zdroj: urbanreport.wordpress.com)*

Změny v infrastruktuře zahrnovaly vytvoření udržitelných městských drenážních systémů, šest kilometrů vodních kanálů a deset retenčních mokřadů a rybníků.

### **3.5.3 Melbourne**

Australské město Melbourne je jedním z velmi úspěšných příkladů hospodaření s dešťovou vodou ve městě. Městem Melbourne vedou tři vodní cesty – řeky Yarra, Marybyrnong a potok Moonee Ponds Creek. Od roku 2002 má Melbourne jasnou vizi o udržitelnosti hospodaření se srážkovou vodou. Prvotním zaměřením bylo zachování vody pro období sucha. V současné době se Melbourne zaměřuje na efektivní využívání vody k zajištění bezpečného, zdravého a obyvatelného města. To zahrnuje přizpůsobení se změně klimatu, protipovodňová opatření a zachycení vody dříve, než je odvodněna ven z území. Pomocí těchto opatření se udrží město chladné a zelené (Vítek a kol., 2015).

Na začátku celého programu byly realizovány modelové projekty, které posloužily jako příklady dobré praxe. Kromě toho se organizovaly semináře a workshopy a dále byly vydány brožury, instruuující, jak si svépomocí vybudovat dešťovou zahradu. Do programu byly začleněny jak místní samosprávy, tak též samotní obyvatelé města (Vítek a kol., 2015).

### Howard Street raingardens

Příkladem realizace ekosystémového opatření jsou dohromady tři dešťové zahrady (viz obrázek č. 19). Tyto zahrady vyčistí srážkové vody ze silnice ještě dříve, než dešťové vody vstoupí do odtoků. Dvě dešťové zahrady byly realizovány na křižovatce ulic Howard a Rosslyn, kam je dešťová voda svedena z ulice Howard. Do třetí dešťové zahrady je sveden odtok z ulice William.



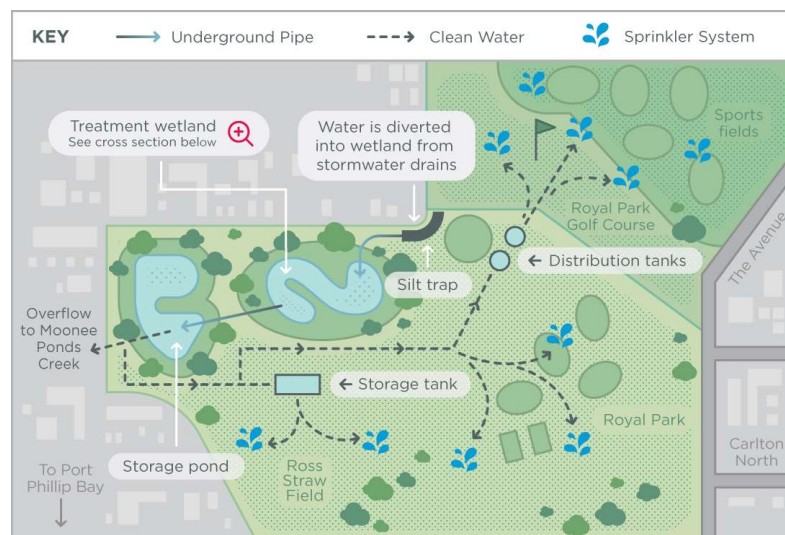
*Obr. 19: Howard Street raingardens (zdroj: urbanwater.melbourne.vic.gov.au)*

### Mokřad Trin Warren Tam-boore

Další z příkladů ve městě Melbourne je mokřad Trin Warren Tam-boore (viz obrázek č. 20). Do tohoto mokřadu o celkové rozloze 5 hektarů je odvedena srážková voda z okolních předměstí (schéma viz obrázek č. 21). Mokřad vodu čistí a ukládá ji pro zavlažování Royal Parku, rozkládajícího se na 170 hektarech.



Obr. 20: Dešťová voda se čistí, když protéká rostlinami v mokřadu ve tvaru S (zdroj: [urbanwater.melbourne.vic.gov.au](http://urbanwater.melbourne.vic.gov.au))



Obr. 21: Schéma mokřadu Trin Warren Tam-boore (zdroj: [urbanwater.melbourne.vic.gov.au](http://urbanwater.melbourne.vic.gov.au))

### 3.5.4 Příklad využití propustných materiálů

#### AS-TTE ROŠT

V současné době je na trhu k dispozici výrobek AS-TTE ROŠT. Tyto rošty představují ve skutečnosti náhradu za betonové tvárnice (jde o tedy lepší ekologickou variantu zpevnování povrchů). Jsou vyrobeny z recyklovaného plastu a jsou únosné, odvodňují a umožňují

zatravnění. Dále jsou odolné proti tlaku a deformaci a díky možnému prostorovému spojení dojde k optimálnímu rozložení tlaku na plochu. Kromě úspory nákladů na podkladní vrstvy mají rošty též ekologickou funkci, a to díky podkladní vrstvě, která pomáhá k sorpci a zachycení nerozpuštěných látek (uhlovodíky, těžké kovy). Rošty se též hodí pro ochranu kořenů stromů. Rošty se mohou použít buď k zatravnění, nebo k osazení dlažby. V obou dvou případech poskytují odvodnění dešťové vody do půdy.

Jejich využití je široké, například ke zpevnění cest, na povrchu sportovišť, v parcích, na parkovištích apod. Příklad využití ukazují obrázky č. 22 a 23.



*Obr. 22: Zasadovací rošty (zdroj: asio.cz)*



*Obr. 23: Využití AS-TTE roštů na parkovišti (zdroj: asio.cz)*

### 3.5.5 Stockholm – strukturální substrát

Ve Stockholmu se v roce 2001 zjistilo, že 1/3 stromů v tomto urbánním prostředí neprospívá a postupem času odumírá. Na základě této skutečnosti se navrhlo využití tzv. strukturálního substrátu. Jedním z prvních, kdo zavedl použití tohoto strukturálního substrátu (Skelettjord), byl p. Björn Embrém (IPR PRAHA, 2018).

Pojem strukturální substrát můžeme chápat jako technologii, která zajišťuje dobré podmínky pro růst stromů vysazených v suchém urbánním prostředí ve zpevněném povrchu. Zároveň se zajišťuje stromům dobré zásobování kyslíkem, snižuje se riziko poškození způsobené invazí kořenů, zajišťuje se dobrá filtrace vody a vázání živin. Jde o zhutněnou směs kameniva, do které je aplikována směs biouhlu a kompostu, a to tlakově pod proudem vody (Stockholms, 3. vydání 2017). Biouhel se vyrábí pyrolýzou ze zahradního bioodpadu. Teplo vzniklé z tohoto procesu je dále odvedeno do systému centrálního vytápění (příspěvek k cirkulární ekonomice).

Veškerá povrchová a dešťová voda z okolí je svedena do šachty, která je realizována u každé výsadbové jámy. Využití této technologie v praxi ukázalo, že nedošlo k negativním vlivům, způsobeným zasolením při zimní údržbě, naopak substrát dokázal pojmout i vodu z přívalových dešťů a během sucha si stromy vystačí s vodou, která je nahromaděná v porézní směsi kameniva.

Na obrázku č. 24 je znázorněno využití strukturálního substrátu v městském prostředí.



Obr. 24: 1- Zpevněná plocha – dlažba, 2-Žlab pro dešťovou vodu, 3-Šachta-rezervoár pro dešť. vodu/okysličení, 4-Rošt/záklop, 5-Ochrana kmene, 6-Kořenový krček v úrovni výsadby rostlin, 7-Mulč/kamenivo 4/8mm, 8-Kamenivo 2/6mm s příměsí 25% biouhel a kompost, 9-Betonová chránička (cca 1,4x1,4x0,6 m), 10-Geotextilie, 11-Vyrovňovací vrstva, kamenivo 8/11mm, 12-Provzdušňující vrstva, kamenivo 32/63mm, 13-Směs kameniva 32/90mm biouhlu a kompostu, 14-Biouhel (zdroj: [hildegunvarhelyi.com/trees](http://hildegunvarhelyi.com/trees), Embrén, 2018)

### 3.6 Vliv ekosystémových adaptačních opatření na mikroklima měst

Vliv ekosystémových adaptačních opatření nebo-li přírodě blízkých opatření na mikroklima dokazují nejrůznější studie.

Například v části práce o dopadech vegetace a vody v parcích na mikroklima v průběhu léta je zmíněno, že během letních dnů se sledoval vliv stromů, vegetace a vodních ploch v městském parku na mikroklima uvnitř parku v Pekingu. Výsledky opravdu potvrdily, že park je během dne chladnější a zároveň je v parkovém prostředí zvýšená vlhkost vzduchu. Zároveň se konstatovalo, že shluky stromů v městském parku s přízemní vegetací mají vyšší chladicí účinek, než jednotlivé stromy, tráva a vodní toky. Ke zlepšení chladicího účinku trávy přispělo i její zavlažování, což má podobný účinek, jako malý vodní tok během slunečných letních dnů bez větru (Amani-Beni, Zhang, Xie, Xu, 2018).

Pozitivní dopad vegetace na utváření příznivého mikroklimatu města lze rovněž pozorovat v Otevřené zahradě v Brně, která má k dispozici vypočtená data získaná měřeními na základě vodní bilance javorů a zelené střechy. Vzhledem k těmto datům je zjevné, že vliv rostlin na snížení teploty povrchu je významný.

## 4 Praktická část

V této praktické části jsem se věnovala cíli své diplomové práce, což je návrh ekosystémového adaptačního opatření, které může ovlivnit mikroklima na území areálu České zemědělské univerzity. Kromě ovlivnění mikroklimatu v zájmovém území, jež může mít vliv na redukci efektu městského tepelného ostrova, je vedlejším cílem práce řešení odvodu srážkových vod jiným způsobem, než odvedením do kanalizace.

V nadcházejících kapitolách se věnuji vymezení zájmového území a jeho základní charakteristice. Dále navrhuji postup (metodikou), jakým jsem zpracovala veškeré informace potřebné k návrhu, a samotný návrh opatření. Součástí je též přibližný rozsah nákladů realizace projektu.

### 4.1 Vymezení a charakteristika zájmového území

#### 4.1.1 Vymezení zájmového území

Lokalita, která se nachází na pozemcích s parc. č. 1627/1, je situovaná v katastrálním území Suchdol (kód: 729981), v hlavním městě Praze (kód: 554782) (Český úřad zeměměřický a katastrální, © 2004 - 2020), a leží na akademické půdě kampusu České zemědělské univerzity. Vzhledem k velkému rozsahu pozemku bylo vybráno zájmové území (viz obrázek č. 25), které je mnohem menší a je vzhledem ke své velikosti optimální pro návrh přírodě blízkého opatření. Předmětné zájmové území je v prostoru za budovou Fakulty agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů (Pavilon A + B).



Obr. 25: Umístění návrhu (zdroj: nahlizenedokn.cuzk.cz)

#### 4.1.2 Geografické údaje

Zájmové území náleží do následujících jednotek:

<b>Kraj:</b>	Hlavní město Praha
<b>Obec:</b>	Praha
<b>Katastrální území:</b>	Suchdol
<b>Parcelní číslo:</b>	1627/1

#### 4.1.3 Geomorfologické poměry

Podle regionálního členění reliéfu (Demek et al., 2006) náleží širší okolí zájmového území do následujících geomorfologických jednotek (od nejvyšší po nejnižší):

Provincie:		Česká vysočina
Soustava (subprovincie)	V	Poberounská soustava
Podsoustava (oblast)	VA	Brdská oblast
Celek:	VA-2	Pražská plošina
Podcelek:	VA-2B	Kladenská tabule
Okrsek:	VA-2B-c	Turská plošina

Okrsek nesoucí název „Turská plošina“ se nachází v severní části Kladenské tabule. Jde o členitou pahorkatinu v povodí Vltavy, ležící na proterozoických břidlicích a drobách s buližníky a spility (spilitová série), se zbytky cenomanských a spodnuturonských slepenců, pískovců, jílovců a spongilitů (Demek et al., 2006).

Celý okrasek má rozčleněný, erozně denudační reliéf polygenetického původu s exhumovaným předkřídovým zarovnaným povrchem, zpestřený četnými strukturálními hřbety a sukami, často směru jihozápad-severovýchod, místy se zbytky příbojových svrchnokřídových uloženin, s hluboce zaříznutými údolími Vltavy a přítoků a staropleistocenními říčními terasami Vltavy, místy se sprašovými pokryvy a závějemi (Demek et al., 2006).



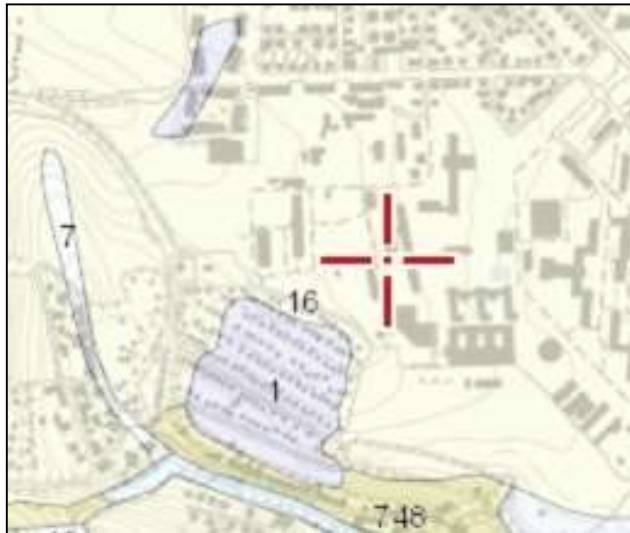
#### 4.1.4 Klimatické poměry

Zájmové území se nachází v okrsku B2 – mírně teplý, mírně suchý, s mírnou zimou. Lokalita náleží do klimatické oblasti W2. Údaje jsou převzaty z Atlasu podnebí Česka (2007). Průměrné klimatické charakteristiky území podle Quitta (1971):

- Počet letních dní: 50 - 60
- Počet dní s průměrnou teplotou 10 °C a více: 160 - 170
- Počet dní s mrazem: 100 – 110
- Počet ledových dní: 30 - 40
- Průměrná lednová teplota: -2 - -3 °C
- Průměrná červencová teplota: 18 – 19 °C
- Průměrná dubnová teplota: 8 – 9 °C
- Průměrná říjnová teplota: 7 – 9 °C
- Průměrný počet dní se srážkami 1 mm a více: 90 – 100
- Suma srážek ve vegetačním období: 350 – 400 mm
- Suma srážek v zimním období: 200 – 300 mm
- Průměrný sezonní počet dnů se sněhovou pokrývkou: 40 - 50
- Průměrný počet zatažených dní: 120 - 140
- Průměrný počet jasných dní: 40 - 50

#### 4.1.5 Geologické poměry

Regionálně geologicky je zájmové území součástí Českého masivu – krystalinikum a prevariské paleozoikum ve středočeské oblasti bohemika. Jsou zde zastoupeny horniny svrchního proterozoika, droby, prachovce a břidlice. V nadloží skalního (předkvartérního) podloží jsou kvartérní sedimenty a navážka. Vrtnou prozkoumanost ukazuje obrázek č. 26.



Obr. 26: Vrtná prozkoumanost, Geologická mapa 1: 50 000 - Výřez z geologické mapy, list 8-8 – Kralupy nad Vltavou s vyznačením lokality a legendou – č. 1 – navážka, č. 16 – spraš a sprašové hlíny, č. 748 – prachovce, droby, břidlice (zdroj: [mapy.geology.cz/geocr50/](http://mapy.geology.cz/geocr50/))

#### 4.1.6 Hydrologické a hydrogeologické poměry

Zájmové území spadá do hydrologického povodí 3. řádu č. 1-12-02 – Vltava od Rokytky po ústí, do hydrologického povodí 4. řádu č. 1-12-02-0070-0-00 – Vltava. Lokalita náleží do hydrogeologického rajónu základní vrstvy č. 6250 - proterozoikum a paleozoikum v povodí přítoků Vltavy. Hlavní povodí Labe (Centrální registr vodoprávní evidence © 2009-2020 Ministerstvo zemědělství) (viz obrázek č. 28).

Jde o zvrásněný puklinový kolektor se zvýšenou propustností v přípovrchové zóně zvětralin a rozpojení puklin v proterozoických prachovcích, drobách a břidlicích. Transmisivita prostředí:  $T = 4,6 \times 10^{-6} - 6,3 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  (Česká geologická služba © 2020).

Hladina podzemní vody nebyla archivními sondami (viz obrázek č. 27) (sonda č. 389, 391 a 398) do hloubky 13,9 m zastižena. Podle dostupných podkladů se hladina podzemní vody pohybuje v rozmezí 14-16 m pod terénem. Hlavní směr proudění podzemní vody má jižní směr.

Lokalita spadá do zranitelné oblasti Suchdol (kód k.ú.: 729981). Zranitelné oblasti jsou podle zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů taková území, kde se vyskytují:

- „povrchové nebo podzemní vody využívané nebo určené zejména jako zdroje pitné vody, v nichž koncentrace dusičnanů přesahuje hodnotu 50 mg/l nebo mohou této hodnoty dosáhnout,
- povrchové vody, u nichž v důsledku vysoké koncentrace dusičnanů ze zemědělských zdrojů dochází nebo může dojít k nežádoucímu zhoršení jakosti vod.,,

Lokalita se nenachází v záplavovém území, ani v ochranném pásmu vodních zdrojů (Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka © 2002-2018)



Obr. 27: Vrtná prozkoumanost, Rastrová hydrogeologická mapa 1: 50 000, Výřez z hydrogeologické mapy s vyznačením lokality – v místě se nachází zvrásněný puklinový kolektor, proterozoické prachovce, droby a břidlice (zdroj: [mapy.geology.cz/hydro\\_rajony/](http://mapy.geology.cz/hydro_rajony/))



Obr. 28: Základní vodohospodářská mapa 1: 50 000 – Výřez z kladu listu 12-24 s vyznačením lokality (zdroj: heis.vuv.cz)

#### 4.1.7 Rizika geologického původu

Z databáze poddolovaných území ČGS vyplývá, že lokalita nespadá do území ohroženého vlivem poddolování.

Podle databáze sesuvů ČGS nebyly zaznamenány projevy nestability svahů a nejde o území náchylné k sesuvům.

Ve smyslu ČSN EN 1998-1 (73 0036) o „Navrhování konstrukcí odolných proti zemětřesení, část 1“ nedosahuje zájmové území ani malé úrovně seizmicity, tj. referenční zrychlení základové půdy je menší než 0,02 g, a není tedy nutné posuzovat stavební konstrukce z tohoto hlediska.

Ze surovinového informačního systému ČGS bylo zjištěno, že se na lokalitě nevyskytuje žádné chráněné ložiskové území.

## 5 Metodika

Před samotným návrhem řešení možností ovlivnění mikroklimatu byla prostudována „Studie – Posouzení možnosti zadržení srážkových vod v problematické oblasti v areálu ČZÚ v Praze“ (Doležal a kol., 2019) a byl vypracován „Katalog ekosystémových adaptačních opatření“ a „Závěrečná zpráva – Hydrogeologické posouzení“. Zdroje, které jsem využila při zpracování příloh, jsou uvedeny v jejich závěru.

### 5.1 Katalog ekosystémových adaptačních opatření

Pro tuto práci jsem vytvořila zvlášť „Katalog ekosystémových adaptačních opatření“ (dále jen „KEAO“) (volná příloha č. 1), který nabízí možnosti realizace opatření ve městě, jež mohou pomoci k ovlivnění mikroklimatu v urbánních oblastech (ovlivnění městského tepelného ostrova). KEAO obsahuje také informace o základních přínosech ekosystémových adaptačních (přírodě blízkých) opatření, příklady dostupných technologií, poznatků a využití ekosystémových opatření v praxi. V neposlední řadě je zde uvedena i zahraniční inspirace, jež popisuje již provedenou realizaci takovýchto opatření v České republice a v zahraničí.

Základní a důležité informace z tohoto katalogu jsou převzaty do rešeršní části této práce.

### 5.2 Studie možností zadržení srážkových vod

Pro tuto práci byla poskytnuta „Studie – Posouzení možností zadržení srážkových vod v problematické oblasti v areálu ČZU v Praze“, která byla vypracována společností 4roads s.r.o., IČO: 06327354, se sídlem Jugoslávských partyzánů 1426/7, 160 00 Praha pro objednatele, tj. Českou zemědělskou univerzitu v Praze, IČO: 60460709, se sídlem Kamýcká 129, 165 00 Praha 620 Suchbátka. Autorem této studie je Ing. Josef Doležal a odpovědným projektantem Radim Novák.

Studie se zaměřuje na problematickou část areálu České zemědělské univerzity v Praze z hlediska odkanalizování. Při dešťových srážkách se projevují funkční závady, a to konkrétně nedostatečná kapacita některých úseků dešťové kanalizace. Dopady vyplývající z tohoto problému znamenají zaplavování podzemních prostor přilehlých budov, které jsou připojené přímo na dešťovou kanalizaci. Pomocí analýzy jednotlivých úseků dešťové kanalizace byly navrženy možnosti vsaku a retence. Studie obsahuje informace o jednotlivých odvodňovacích

plochách z přilehlých budov. Závěr zprávy se zmiňuje také o faktu, že vsakovací zařízení objem srážkové vody sníží, avšak nevýznamně, a proto jde především o funkci ekologickou. Zároveň je v závěru zmíněno, že při budování retenčních nádrží v jednotlivých lokalitách bude průtok srážkové vody v poddimenzované oddílné stoce A menší.

Studie vzhledem ke své obsáhlosti a aktuálnosti obsahuje informace sloužící jako podklad pro další výpočty v „Závěrečné zprávě – Hydrogeologické posouzení“.

### **5.3 Závěrečná zpráva – Hydrogeologické posouzení**

Pro tuto práci byla vypracována zvlášť zpráva pro hydrogeologické posouzení pro možnost vsaku v předmětném zájmovém území (areál České zemědělské univerzity v Praze) (dále jen „HP“) (volná příloha č. 2). Zpráva posuzuje, pomocí archivních podkladů, jaká je možnost realizace vsaku. Kromě jiných vybraných informací o pozemku zpráva rovněž obsahuje návrh likvidace srážkových vod pomocí vsaku. Informace k výpočtu vsaku byly převzaty ze „Studie – Posouzení možností zadržení srážkových vod v problematice oblasti v areálu ČZU v Praze“ (Doležal a kol., 2019).

Informace, které jsou pro tuto práci relevantní a které jsou nutné k pochopení dané problematiky, jsou také součástí této diplomové práce. Zdroje, které jsem využila při zpracování příloh, jsou uvedeny v jejich závěru.

### **5.4 Použité normy**

Pro vypracování praktické části diplomové práce je použita česká technická norma s označením ČSN 75 9010 – Vsakovací zařízení srážkových vod. Normu jsem použila především pro výpočty k retenčnímu objemu a k dalším potřebným výpočtům. Kromě těchto výpočtů jsem normu využila částečně i pro návrh některých objektů

### **5.5 Terénní průzkum**

V rámci diplomové práce jsem provedla terénní průzkum, během něhož jsem pořídila fotodokumentaci, jež je součástí této diplomové práce (kapitola 6.1).

## 5.6 Zpracování zjištěných informací

Na základě zpracování KEAO jsem vytvořila přehled o tom, jaká je možnost využití těchto opatření, která mohou pomoci k ovlivnění mikroklimatu.

Zpracování proběhlo za pomoci podkladů ze „Studie – Posouzení možností zadržetí srážkových vod v problematické oblasti v areálu ČZU v Praze“ (Doležal a kol., 2019), odkud jsem použila informace o velikosti redukované plochy dílčího povodí. Podkladem pro další výpočty byl koeficient vsaku, který byl stanoven na základě vypracování HP. Z těchto informací byl vypočten retenční objem, který je stanoven na 53,57 m<sup>3</sup>.

Tento objem byl určující jak pro návrh vsakovacího zařízení, tak také pro přibližný odhad velikosti retenční nádrže a především vypařovacího objektu (mokřadního biotopu). Pomocí softwaru AutoCAD Application jsem vytvořila názorné ukázky hlavních objektů.

## 6 Návrh opatření

V dalších kapitolách popisují současný stav území, kde jsem pořídila fotodokumentaci, uvedla základní charakteristiku, popis účelu a užívání stavby a orientační cenový rozsah nákladů. Fotodokumentace slouží pro lepší představu zájmového území.

### 6.1 Současný stav území

V rámci návrhu opatření byl též proveden terénní průzkum, při kterém byla pořízena fotodokumentace. Přiložené fotografie dokladují přítomnost dvou nejbližších altánů, které slouží k odpočinku. V této části pozemku s parc. č. 1627/1 v k.ú. Suchdol, který přiléhá k Fakultě agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, je stromové a keřové patro. Do stromového patra patří například červenolistý buk (morybalán třešňový). A z keřového patra se tu nachází například tavolník japonský.

Na fotografiích je dále zřetelný mírný sklon svahu a prostor, který lze pro návrh opatření zrealizovat.



*Obr. 29: Pohled na zájmové území ze severu k jihu (zdroj: fotoarchiv autorky, 2020)*





*Obr. 30: Pohled na zájmové území směrem od jihu na sever (zdroj: fotoarchiv autorky, 2020)*

## **6.2 Základní charakteristika, popis účelu a užívání stavby**

V rámci této diplomové práce jsem navrhla optimální řešení, jež by mohlo pomoci k ovlivnění mikroklimatu v areálu České zemědělské univerzity. Vzhledem k problému existujícímu v oblasti odvodnění v areálu České zemědělské univerzity jsem se rozhodla pro navržení takového řešení, které by mohlo jak ovlivnit mikroklima v zájmovém území, tak by mohlo pomoci k odlehčení poddimenzované stoky dešťové kanalizace (problematika je již zmíněna v metodice, v kapitole „Studie – Posouzení možností zadržení srážkových vod v problematické oblasti v areálu ČZU v Praze“ (Doležal a kol., 2019).

Opatření na ovlivnění části mikroklimatu v areálu České zemědělské univerzity má velmi omezené možnosti. Především je to vzhledem k rozsahu a umístění inženýrských sítí a zastavěnosti v daném území. Nakonec došlo k výběru vhodného umístění celého návrhu opatření (viz zájmové území). Toto umístění má dostatečně velký prostor pro realizaci a nebrání mu ani stávající inženýrské sítě.

Ekosystémové adaptační opatření vychází z odvodňované plochy přilehlé budovy, pravděpodobně z Fakulty agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů dle „Studie – Posouzení možností zadržení srážkových vod v problematické oblasti v areálu ČZU v Praze“ (Doležal a kol., 2019). Následující popisované objekty, budou napojeny na areálovou dešťovou kanalizaci, kde bude umístěna odlehčovací šachta.

Návrh celkového řešení se skládá ze tří hlavních objektů a jednoho doplňkového objektu – vodní tok (s meandry). Všechny tyto objekty jsou nutné k bezpečnému odvedení srážkových vod do vypařovacího objektu (mokřadního biotopu), který slouží k ovlivnění mikroklimatu. Těmi objekty jsou<sup>3</sup>:

- SO.01 – Retenční nádrž
- SO.02 – Vypařovací objekt (mokřadní biotop)
- SO.03 – Vsakovací šachta
- SO.04 – Vodní tok (1. část mezi objekty SO.01 a SO.02, 2. část mezi objekty SO.02 a SO.03)

Vzhledem k výškovému rozdílu v terénu jsou řazeny objekty od vrcholu směrem po svahu následovně v tomto pořadí – retenční nádrž, vodní tok (s meandry) vypařovací objekt (mokřadní biotop), vodní tok a vsakovací šachta.

Srážkové vody z přilehlé budovy budou svedeny do dešťové kanalizace, odkud bude voda gravitačně svedena potrubím do prvního z objektů - tím je podzemní retenční nádrž (dále jen „retenční nádrž“). Retenční nádrž slouží především k pozdržení srážkové vody a ke gravitačnímu usazení sedimentů (nečistot), které prošly přes lapače střešních splavenin a které by mohly zanést potrubí či další objekty. V budoucnu je možné ji vybavit čerpadlem, jež bude sloužit k zálivce zahrady. Retenční nádrž obsahuje také bezpečnostní přepad, navržený zejména pro případ maximálního naplnění retenční kapacity objektu při případných přívalových srážkách. Bezpečnostní přepad bude sveden do potrubí, které bude ústít do vsakovací šachty. Vzhledem k výškovým poměrům v zájmovém území a k poloze dešťové kanalizace včetně retenční nádrže bude retenční nádrž obsahovat čerpadlo se síťovým košíkem, umístěným na jejím dně a napojeným na výtlačné potrubí k povrchu, odkud bude voda výtlačným potrubím svedena k vodnímu toku.

Vodní tok má alespoň zčásti simulovat prostředí přirozených vodních toků. Vodní tok bude obsahovat vegetaci a přírodní kámen (k usměrnění a zpomalení průtoku vody). U konkávních břehů budou vytvořeny prohlubně – tůně, které utlumí případné erozní účinky proudění. Tůně budou typu občasné průtočné. Přechody mezi konkávnými a konvexními břehy, tzv. šíje, budou tvořeny, vzhledem k výšce terénu v zájmovém území, kamennými terasami.

---

<sup>3</sup> Z důvodu lepší přehlednosti jsem objektům přiřadila zkratky SO.01, SO.02, SO.03 a SO.04

Druhým a hlavním bodem celé práce je návrh mokřadu, který může ovlivnit mikroklima v zájmovém území, a tvoří vypařovací objekt (mokřadní biotop). Vodní tok bude zaústěn právě do tohoto objektu. Tento objekt bude mít hydroizolaci obdélníkového tvaru. Tvořit ho budou dvě části, a to vnější část s mělkým dnem, tzv. litorální pásmo, a střední akumulací část, která bude hluboká. Litorální pásmo mokřadu bude osazeno mokřadní vegetací, která snáší zatopení. Do budoucna se předpokládá výskyt obojživelníků, a proto lze do mokřadu umístit kameny a popřípadě mrtvé dřevo pro jejich úkryt.

Díky rostlinám v těchto mokřadech dochází evapotranspiraci, a tudíž k ochlazování okolí a ovlivnění místního mikroklimatu.

V případě naplnění maximálního objemu biotopu bude voda svedena přes povrchový bezpečnostní přepad do meandrujícího vodního toku (opět tvořen vegetací a kameny) směrem do vsakovací šachty. Ústí vodního toku je zabezpečeno pletivem jako ochranou proti obojživelníkům.

Šachta bude tvořena z betonových prefabrikovaných skruží. Do šachty budou vyústěny vody jak z bezpečnostního přepadu z retenční nádrže, tak z vypařovacího objektu (mokřadní biotop) přes vodní tok. Obě vyústění jsou připojena uvnitř vsakovací šachty. Na dně je umístěna betonová dlaždice. Ta zabrání rozrážení štěrkového lože, navrženého na dně vsakovací šachty, proudem vody, aby nedocházelo k nerovnoměrnému vsakování srážkové vody. Návrh tohoto vsakovacího zařízení jsem vybrala vzhledem k terénu, k potřebné hloubce na základě hydrogeologického posudku, potřebnému dodržení bezpečné odstupové vzdálenosti od okolních objektů a hladině podzemní vody. Zároveň jsem se řídila svým dopředu vypracovaným hydrogeologickým posudkem, který uvádí, že dno vsaku je třeba umístit v takové hloubce, kde se nachází fluvialní sedimenty charakteru hlinito-jílovitého písku se štěrkem. Proto navrhuji umístit vsakovací šachtu 6 m pod terén. Zároveň musí být dodržena minimální odstupová vzdálenost od staveb, která činí podle normy ČSN 75 90 10 2,5 m. A rovněž je nutné dodržet podmínku, že vsakovací zařízení musí být podle normy ČSN 75 90 10 minimálně 1,0 m nad maximální hladinou podzemní vody (podle „Závěrečné zprávy – Hydrogeologické posouzení“ byla na základě archivních map voda zastižena v rozmezí hloubky 14 – 16 m pod terénem.). Aby došlo ke správnému zasakování přítékající srážkové vody, musí být všechny tyto podmínky dodrženy.

Návrh je uzpůsoben tak, že když čerpadlo, čerpající vodu z retenční nádrže, nestihne čerpat, bude srážková voda vyústěna přes bezpečnostní přepad do vsakovací šachty. V případě



Retenční nádrž je navržena jako železobetonová prefabrikovaná nádrž obdélníkového tvaru a její retenční objem bude  $40 \text{ m}^3$ . Tento objem by měl stačit k tomu, aby dostatečně zdržel srážkové vody tak, aby došlo ke stálému a pomalému čerpání vody směrem k vypařovacímu (mokřadnímu) objektu. K mechanickému předčištění srážkové vody v nádrži slouží dělicí příčky z PP (stěnové dílce), které umožní separaci případných nánosů.

Retenční nádrž bude posazena na železobetonové desce položen na štěrkovém podsypu a zhutněném terénu. Deska bude tvořena kari sítí, která je položena na zbytky zámkové dlažby (k dilataci), a bude vylita betonovou směsí.

Nádrž bude mít jeden vstupní (pro vstup srážkové vody) a dva výstupní potrubní otvory (1 – bezpečnostní přepad do vsakovací šachty, 2 – pro výtlačné potrubí směrem k mokřadu). Výtlačné potrubí bude sloužit k přečerpávání dešťových vod do SO.02. Pro pravidelnou údržbu (odstranění nánosů sedimentů) je nádrž opatřena dvěma horními vstupními šachtami. Vstupní šachty tvoří přechodné skruže, zákrytové desky a vyrovnávací prstence (k vyrovnání stavební výšky šachty na úroveň terénu). Od horních vstupních šachet jsou ke dnu nádrže připevněna stupadla. Názorná ukázka retenčního objektu uvádím ve volné příloze č. 3.

### **6.3.2 Vypařovací objekt (mokřadní biotop) (SO.02)**

Vypařovací objekt, resp. mokřadní biotop, bude řešen jako přírodní tůň, jejíž primární funkcí je, spolu s občasně průtočným vodním tokem a tůňkami, vytvořit objekt, který ovlivní v zájmovém území mikroklima.

Objekt bude zkonstruován jako zcela nepropustný (hydroizolovaný). Tvar objektu bude mít přibližně obdélníkový tvar se zaoblenými rohy a jeho přibližné rozměry budou  $6 \times 4 \text{ m}$ . Celková plocha tedy činí přibližně  $24 \text{ m}^2$ . Minimální objem nadržení při minimální hladině vody je definován hloubkou  $1 \text{ m}$  a činí  $13 \text{ m}^3$ . Zásobní objem při hladině stálého nadržení, jenž je definován hloubkou  $1,3 \text{ m}$ , činí  $27,7 \text{ m}^3$ . Přibližný retenční objem při maximální hladině, který je definován hloubkou  $2,5 \text{ m}$ , činí  $4,3 \text{ m}^3$ . Celkový maximální objem objektu včetně retence činí  $44,6 \text{ m}^3$ .

Přítok vody z doplňkového objektu SO.04 ústí přes betonový žlábek a dále přes kamennou rovnaninu s výplní, která bude obsahovat jako náplň jemný kačírek.

Celkový zemní výkop bude proveden bez ostrých hran. Pro vyrovnání, zaoblení či modulaci zemního výkopu lze použít písek. Výkop bude vystlán ochrannou geotextilií a

hydroizolací. Hydroizolace bude podle potřeby vodotěsně spojena. Dno bude vystláno kamennou rovnaninou, doplněnou výplní (jemný kačírek a písek).

Podobným způsobem se bude postupovat u svahu objektu (bez litorální zóny), pouze s tím s rozdílem, že stěny nebudou obsahovat náplň jemného kačírku a písku. Fólie bude vytažena nad provozní hladinu celého objektu a bude zatížena lomovými kameny a k zakrytí břehu bude použit jemný praný kačírek.

Na stěnách a dnu litorální zóny bude umístěna geotextilie, hydroizolace a opět geotextilie (pro ochranu hydroizolace). Dno litorální zóny bude vystláno hrubým praným kamenivem o frakci 4/8 a 8/16. V litorálním pásmu lze vysadit vegetaci. Vhodná by byla například chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*), kosatec žlutý (*Iris Pseudacorus*), skřípínek jezerní (*Scirpus lacustris*), kapsovec kamčatský (*Lysichiton camtschatcensis*), žebratka bahenní (*Hottonia palustris*) atd.

Pro okraj mokřadu lze vysadit například kapradiník bažinný (*Thelypteris palustris*), kyprej vrbice (*Lythrum salicaria*) či bezkolonec rákosovitý (*Molinia arundinacea*).

Mokřad bude mít na své jihovýchodní straně vybudován bezpečnostní přepad ústící do pokračujícího vodního toku (SO.04) ke vsakovací šachtě. Výkres mokřadu lze uvádím ve volné příloze č. 4.

### **6.3.3 Vsakovací šachta (SO.03)**

Posledním bodem v celkovém návrhu řešení této práce je vybudování vsakovací šachty, která slouží ke vsaku srážkové vody do podloží.

Šachta bude osazena do hloubky cca 6 m a bude tvořena z betonových prefabrikovaných dílů (DN 2500) s otevřeným dnem. Šachta bude mít dohromady dva potrubní otvory. Přítok srážkové vody z prvního potrubí (z objektu SO.01) je posazen níže než přítok vody z potrubí z objektu SO.02. Příklad vody z objektu SO.02, který je veden přes povrchový vodní tok (SO.04), ústí do odtokového žlabu (kdy na povrchu okolo terénu mohou být umístěny přírodní kameny). Příklad vody do odtokového žlabu jde přes zakrývací síť, sloužící jako ochrana proti obojživelníkům.

Šachta bude posazena na štěrkové lože frakce 16-32, kdy horní část bude překryta geotextilií. Na dno šachty (na štěrkové lože) bude položena dlaždice. Pro případnou údržbu bude vsakovací šachta shora osazena vstupní šachtou, která se skládá z přechodové skruže

s vyrovnávacími prstenci a s betonovým poklopem. Po vnitřní straně vsakovací šachty budou připevněna stupadla.

Z celkového vypočteného objemu vody je vyčleněn objem vody pro vsakovací šachtu cca 10 m<sup>3</sup>. Níže uvádím celkovou velikost vsakovací šachty. Přibližný náčrt objektu uvádím ve volné příloze č. 5.

#### **6.3.4 Vodní tok (SO.04)**

Vodní tok bude umístěn mezi retenční nádrž a mokřad a dále od mokřadu povede do vsakovací šachty.

Vodní tok bude vytvarován do meandrů. U konkávních břehů budou hlubší části (simulující přirozené vodní toky), tůň (druh občasně průtočné). Konvexní břehy budou pak tvořit kameny a vegetace. Šíje toku budou tvořeny z přírodního kamene – opuky (kamenné terasy).

Zemní výkop bude zhutněn a vystlán hydroizolační fólií, která bude podsypána pískem pro lepší vytvarování koryta. Fólie bude obsypána praným šterkem (kačirkem) a místy drceným přírodním šterkem. Vegetace umístěná u vytvořených tůní může být osazena například pomněnkou bahenní (*Myosotis palustris*), blatouchem bahenním (*Caltha palustris*), říční lilíí (*Schizostylis coccinea*). Vegetaci u konvexních břehů může tvořit badil kalifornský (*Sisyrinchium californicum*), ostřice stinná (*Carex umbrosa*).

### **6.4 Cenový rozsah nákladů**

Vzhledem k tomu, že jde o zjednodušený návrh opatření, jehož cílem je ovlivnit mikroklima a zároveň snížit množství vod tekoucích do dešťové kanalizace, uvádím přibližný cenový rozsah nákladů (tzv. kompletní cenu). Přesné ocenění materiálu, dodávky, zemních prací a stavebních či montážních prací se provádí při samotné realizaci projektové dokumentace a není součástí této práce. Na základě předchozích kapitol, obsahujících popis jednotlivých stavebních objektů (SO.01, SO.02, SO.03 a SO.04), uvádím níže kompletní cenu dílčích objektů.

#### Objekty

SO.01 – 250 000,- Kč

SO.02 – 150 000,- Kč

SO.03 – 200 000,- Kč

SO.04 – 80 000,- Kč

---

Cena celkem 680 000,-

Tato cena návrhů zahrnuje materiál, zemní práce, dodávku a montážní či stavební práce. Uvedené ceny jsou pouze orientační. Závisí především na výběru dodavatele investorem a případně podrobným vypracováním projektové dokumentace.



## 7 Diskuse

Diplomová práce se zabývá ekosystémovými adaptačními opatřeními v městském prostředí, které mohou pomoci ke snížení negativních implikací, objevujících se při hypertrofii města. Jedna z nejaktuálnějších implikací je efekt městského tepelného ostrova. Tento efekt vnímají obyvatelé urbánního prostředí jako teplotu vzduchu, která je mnohem vyšší v zastavěném území, než v otevřené krajině. Přehřívání městského prostředí je v dnešní době, kdy dochází k jeho hypertrofii, velmi aktuální. Proto mohou ekosystémová adaptační opatření, neboli přírodě blízká adaptační opatření, pomoci ke snížení efektu městského tepelného ostrova.

Literární rešerše svým obsahem a zpracováním vycházela převážně z přílohy s názvem „Katalog ekosystémových adaptačních opatření“. Na základě toho jsem zjistila, jaká tato opatření existují, které přínosy nám mohou ekosystémová adaptační opatření přinést, jaké je jejich omezení v realizaci a jak je lze využít pro realizaci v urbanizovaném prostředí. Zároveň jsem konstatovala, že jejich využití lze kombinovat či slučovat a že mohou přinést mnoho užítku v budoucím trvale udržitelném rozvoji.

Vymezení a charakteristika zájmového území byly stanoveny na základě přílohy, jež má název „Závěrečná zpráva – Hydrogeologické posouzení pro zájmové území nacházející se na pozemku s parc. č. 1627/1 v k. ú. Suchdol“. Tato příloha vymezuje zájmové území pro návrh ekosystémového adaptačního opatření, jeho přírodní poměry, výpočet objemu srážkových vod a posouzení, zda je možné v dané lokalitě vsakovat srážkové vody přes půdní vrstvy. Závěrečná zpráva byla s dodatkovými informacemi vypracována zvláště pro případné další využití.

Vzhledem k problému odvodu dešťových vod v části areálu České zemědělské univerzity vyplývajícimu ze „Studie – posouzení možností zadržetí srážkových vod v problematice oblasti v areálu ČZU v Praze“ (Doležal a kol., 2019) bylo umístění návrhu jednoznačné. Před samotným návrhem ekosystémového adaptačního opatření bylo však nutné zvážit jeho lokální umístění. Vzhledem k samotnému umístění jednotlivých objektů, inženýrské a dopravní infrastruktury bylo umístění návrhu značně problematické. Proto je nutné vnímat dimenzování návrhu v širším měříku a všimnout si vzájemné provázanosti a souslednosti v jeho umístění, protože městské klima je značně složitý systém s určitými zákonitostmi. A proto záleží na konkrétních podmínkách v oblasti, kde řešení navrhuje. Nakonec jsem našla prostor, kde bylo vhodné návrh umístit. Návrh vychází z vypočítané hodnoty množství dešťových vod, která je uvedena v závěrečné zprávě hydrogeologického posouzení.

Návrh obsahuje celkem čtyři objekty. Prvním z nich je retenční nádrž (SO.01), která má pozdržet srážkové vody a zbavit je případných nečistot. Druhým je vypařovací objekt – mokřadní biotop (SO. 02). Ten je samotným ekosystémovým adaptačním opatřením (přírodě blízkým opatření), které má ovlivnit lokální mikroklima v zájmovém území. Třetím objektem je vsakovací šachta (SO.03), plnící funkci zasakování srážkové vody přes půdní vrstvy. Doprovodným objektem k ekosystémovému adaptačnímu opatření (mokřadnímu biotopu) je meandrující vodní tok (SO.04), který byl navržen zejména vzhledem k výskytu inženýrských sítí. U tohoto vodního toku navrhuji též vodní tůňky a sadbu vegetace. Navržené řešení plní nejen funkci ekologickou, ale též bezpečnostní, ekonomickou a zároveň estetickou.

## 8 Závěr

V diplomové práci jsem shrnula poznatky městského klimatu a ekosystémových adaptačních opatření, které mohou přispět k zmírnění efektu městského tepelného ostrova.

Výsledkem práce byl návrh takového opatření, jež může ovlivnit mikroklima v lokálním místě městského prostředí, ale též je jednou z možností, jak vyřešit, alespoň v malé míře, odvod srážkových vod v části areálu České zemědělské univerzity.

Vypracovaný Katalog ekosystémových adaptačních opatření nastiňuje přínosy těchto opatření v celkovém měřítku, popis jednotlivých opatření a přínosů a omezení realizace. Jsou zde demonstrovány též příklady dostupných technologií, poznatků a využití ekosystémových adaptačních opatření v praxi. S přiloženou fotodokumentací jde o dokument, který může laické i odborné veřejnosti ukázat realizaci těchto opatření a způsob, jak přispět ke snížení efektu městského tepelného klimatu. Součástí práce je též vypracování hydrogeologické zprávy, která může sloužit do budoucna k případnému vypracování podrobné projektové dokumentace k řešení možnosti odvodu dešťových vod v problematice části areálu České zemědělské univerzity.

Celková provázanost mezi hospodařením se srážkovými vodami a ekosystémovými adaptačními opatřeními je zjevná, protože většina ekosystémových adaptačních opatření vychází z využití srážkových vod. Celkový zjednodušený návrh má demonstrovat využití srážkových vod a především ukázat, jakým způsobem lze ovlivnit městské mikroklima. Realizací takovýchto opatření ve větším měřítku pak lze nejen snížit efekt městského tepelného ostrova, ale rovněž přispět k lepšímu komfortu obyvatel žijících v urbánních oblastech.

V současné době je k dispozici spousta možností, technologií a příkladů realizace, jakým způsobem lze ovlivnit mikroklima městského prostředí. Tato opatření mají rozhodně velký potenciál a velkou váhu při neustále se rozvíjejících městech a je nutné na nich lpět při trvale udržitelném rozvoji.

## **9 Seznam literatury a použitých zdrojů**

### **9.1 Odborné publikace (odborné knihy, monografie, články v odborných periodikách, kapitoly v knize, články ve sbornících)**

Adinna E. N., Enete I. C., Okolie T., 2009: Assesment of urban heat island and possible adaptations in Enugu Urgan usind landsat-ETM. *Journal of Geography and regional planning* 2, P. 30-36.

Akbari H., Gartland L., Konopacki S., 1998: Measured energy savings of light colored roofs: Results from three California demonstration sites. In: Akbari H. et al.: *Environmental Energy Technologies Division*. Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkley, P. 16.

Amani-Beni M., Zhang B., Xie G., Xu J., 2018: Impact of urban parks's tree, grass and waterbody on microclimate in hot summer days: A case study of Olympic Park in Beijing, China. *Urban Forestry & Urban Greening* 32, P. 1 – 6.

Awal M. A., Ohta T., Matsumoto K., Toba T., Daikoku K., Hattori S., Hiyama T., Park H. 2010: Comparing the carbon sequestration capacity of temperate deciduous forests between urban and rural landscapes in central Japan. *Urban Forestry & Urban Greening*. 9, P. 261 – 270.

Bouyer J., Musy M., Huang Y., Athamena K., 2011: *Mitigating Urban Heat Island Effect by Urban Design: Forms and Materials*. The Worldbank, Washington DC, 164-181 p.

Demek J., Mackovčín P., 2006: *Zeměpisný lexikon ČR: Hory a nížiny*. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Brno, 585 s.

Dobrovolný P., 2012: *Klima Brna: víceúrovňová analýza městského klimatu*. Masarykova univerzita, Brno, 200 s.

- Hulley E. M., 2012: The urban heat island effect: causes and potential solutions. In: Zeman F.: Metropolitan sustainability: Understanding and improving the urban environment. Woodhead Publishing, Cambridge. P. 82 – 87.
- Kang J., 2006: Urban Sound Environment. CRC Press, London, 304 p.
- Kabishch N., Korn H., Stadler J., Bonn A., 2017: Nature-based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas. SpringerOpen, Switzerland, 358 p.
- Křečková M., 2009: Hluk v životním prostředí z pohledu fyzické geografie. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Katedra fyzické geografie a geoekologie, Praha. 137 s. (diplomová práce). „nepublikováno“. Dep. Digitální repozitář Univerzity Karlovy.
- Lain M., 2009: Pasivní chlazení. Časopis VVI – Společnost pro techniku prostředí 18, S. 17-20.
- Mirzaei P. A., Haghightat F., 2010: Approaches to study Urban Heat Island – Abilities and limitations. Building and Environment 45, P. 2192-2201.
- Moldan B., 2015: Podmaněná planeta. Nakladatelství Karolinum, Praha, 512 s.
- Nuruzzaman Md., 2015: Urban Heat Island: Causes, Effects and Mitigation Measures - A Review. International Journal of Environmental Monitoring and Analysis 3, P. 67-73.
- Oke T. R., 1976: The distinction between canopy and boundary layer urban heat island, ATMOSPHERE 14, P. 268-277.
- Oke T. R., 1982: The energetic basis of the urban heat island. QUARTERLY JOURNAL OF THE ROYAL METEOROLOGICAL SOCIETY 108, P. 1-24.
- Oke T., Crowther J., McNaughton K., Monteith J., Gardiner B., 1989: The Micrometeorology of the Urban Forest [and Discussion]. Philosophical Transactions of The Royal Society B: Biological Sciences 324, P. 335-349.

Okwen R., Pu R., Cunningham J., 2011: Remote sensing of temperature variations around major power plants as point sources of heat. *International journal of remote sensing* 32, P. 3791-3805.

Pondělíček a kol., 2016: *Adaptace na změny klimatu. Civitas per Populi*, o. p. s., Hradec Králové, 174 s.

Quattrochi D., Rickman D., Estes M., Caymon C., Howell B., Luvall J., 2000: A Decision Support information System for Urban Landscape Management Using Thermal Infrared data. *Photogrammetric Engineering and Remote sensing* 66, P. 1195 – 1207.

Rožnovský J., 2014: *Změny podnebí*. Univerzita Jana Evangelisty Purkyně, Fakulta životního prostředí, Ústí nad Labem, 115 s.

Soukupová J., 2014: *ATMOSFÉRICKÉ PROCESY (základy meteorologie a klimatologie)*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 204 s.

Supuka a kol., 1991: *Ekologické principy tvorby a ochrany zelene*. Slovenskej akademie vied, Bratislava, 307 s.

Quitt E., 1971: *Klimatické oblasti Československa*. Academia, Praha, 73 s.

Středová H. a Středa T., 2016: *Metodika měření mikroklimatických poměrů zemědělských plodin a kultur*. Mendelova univerzita v Brně, Brno, 60 s.

Tolasz R., 2007: *Atlas podnebí Česka: Climate atlas of Czechia*. Český hydrometeorologický ústav, Praha, 255 s.

Vačkář D., 2010: *Ekosystémové služby: globální pohledy, indikátory a příklady*. *Životné Prostredie*. 44, S. 65-69.

Vítek a kol., 2015: Hospodaření s dešťovou vodou v ČR. 01/71 ZO ČSOP Koniklec, Praha 3, 128 s.

Vysoudil M., 2013: Základy fyzické geografie 1: Meteorologie a klimatologie. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 114 s.

Wilby R., 2003: Past and Projected trends in London's urban heat island. Weather 58, P. 251 – 260.

## **9.2 Legislativní zdroje (zákon, vyhláška, norma)**

ČSN 75 9010: Vsakovací zařízení srážkových vod, Úřad pro technickou normalizaci, Praha, 2012.

ČSN EN 1998-1 (73 0036): Navrhování konstrukcí – odolných proti zemětřesení – část 1, Úřad pro technickou normalizaci, Praha, 2006.

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

## **9.3 Internetový zdroje (neodborné, nevědecké)**

CI2, o.p.s., © 2015: Ekosystémová adaptační opatření (online) [cit. 2019.09.28], dostupné z <<https://urbanadapt.cz/cs/ekosystemova-adaptacni-opatreni>>

CzechGlobe, 2017: Vysvětlení pojmů (online) [cit. 2019.09.29], dostupné z <<http://www.opatreni-adaptace.cz/vysvetleni-pojmu/>>

Česká geologická služba, © 2020: Hydrogeologické rajony (online) [cit. 2019.09.28], dostupné z <[https://mapy.geology.cz/hydro\\_rajony/](https://mapy.geology.cz/hydro_rajony/)>

Český úřad zeměměřický a katastrální, © 2004 - 2020: Nahlížení do katastru nemovitostí (online) [cit. 2019.09.28], dostupné z

<[https://nahlizenidokn.cuzk.cz/ZobrazObjekt.aspx?encrypted=nnFmtTsCvIMY\\_rNcSTEmw1ACCXytgHnRjX6oTcDmhqiBcCvcaqMjVtje6QzLxS4tvQCLSDE39nsPy\\_KMJb\\_tUpj0\\_WyExmExki67-2toCJRTGv925voJAdvbWV19Tgu](https://nahlizenidokn.cuzk.cz/ZobrazObjekt.aspx?encrypted=nnFmtTsCvIMY_rNcSTEmw1ACCXytgHnRjX6oTcDmhqiBcCvcaqMjVtje6QzLxS4tvQCLSDE39nsPy_KMJb_tUpj0_WyExmExki67-2toCJRTGv925voJAdvbWV19Tgu)>

European Commission, 2019: Ecosystem services and Green Infrastructure (online) [cit. 2019.09.28], dostupné z <[https://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/index\\_en.htm](https://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/index_en.htm)>

Informační centrum OSN v Praze, 2007: Lidstvo se stěhuje do měst (online) [cit. 2019.09.28], dostupné z <[https://www.osn.cz/wp-content/uploads/UNbulletin-%C4%8D%C3%ADslo-5-6\\_2007.pdf](https://www.osn.cz/wp-content/uploads/UNbulletin-%C4%8D%C3%ADslo-5-6_2007.pdf)>

IPR PRAHA, Lekeš V., Richtr J., Embren B., Gustafsson M., Sommer Lindsay R. Stockholm a Kodaň: Adaptace na změnu klimatu v praxi. CAMP - Centrum architektury a městského plánování, 7-8. listopadu 2018. Konference.

Ministerstvo zemědělství, © 2009-2020: Centrální registr vodoprávní evidence (online) [cit. 2019.09.28], dostupné z <<https://eagri.cz/ssl/web/mze/voda/aplikace/centralni-registr-vodopravni-evidence.html>>

Stockholms, 3. vydání 2017: Växtbäddar i Stockholms stad – en handbok 2017. Město Stockholm skrz Björn Embrén a Britt-Marie Alvem, 28 s.

The European Climate Adaptation Platform Climate-ADAPT, 2014: Urban storm water management in Augustenborg, Malmö (online) [cit. 2019.09.29], dostupné z <<https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/case-studies/urban-storm-water-management-in-augustenborg-malmo>>

United Nations Human Settlements Programme, 2016: Urbanization and Development: Emerging Futures World Cities Report 2016 (online) [cit. 2019-05-21], dostupné z <<https://unhabitat.org/world-cities-report>>



Usnesení Rady hl. m. Prahy č. 1723, 2017: Strategie adaptace hl. m. Prahy na změnu klimatu (online) [cit. 2019.09.28], dostupné z <[http://portalzp.praha.eu/file/2491914/Adaptacni\\_strategie\\_HMP\\_3006\\_17\\_n2407.pdf](http://portalzp.praha.eu/file/2491914/Adaptacni_strategie_HMP_3006_17_n2407.pdf)>

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, © 2002-2018: Souhrnná mapa evidencí ISVS-VODA (online) [cit. 2019.09.28], dostupné z <[https://heis.vuv.cz/data/webmap/isapi.dll?map=mp\\_isvs&TMPL=HVMAP\\_MAIN&IFRAME=0&lon=13.6244088&lat=49.8585802&scale=967680](https://heis.vuv.cz/data/webmap/isapi.dll?map=mp_isvs&TMPL=HVMAP_MAIN&IFRAME=0&lon=13.6244088&lat=49.8585802&scale=967680)>

#### **9.4 Ostatní zdroje (projektové dokumentace, metodické návody, příručky, bakalářské či diplomové práce, informační brožury, manuály)**

Burian a kol., 2016: Zelené střechy: Standardy pro navrhování, provádění a údržbu (online) [cit. 2019-10-15], dostupné z <[http://sedumtop.cz/wp-content/uploads/2017/04/Zelene-strechy\\_standardy-1.pdf](http://sedumtop.cz/wp-content/uploads/2017/04/Zelene-strechy_standardy-1.pdf)>

Doležal a kol., 2019: Studie – Posouzení možností zadržení srážkových od v problematice oblasti v areálu ČZÚ v Praze. 4roads s.r.o., Praha, 15 s. „nepublikováno“. Dep.: Česká zemědělská univerzita.

Ústav pro ekopolitiku, o. p. s., 2009: Jak hospodařit s dešťovou vodou na soukromém pozemku, Praktický rádce pro obnovu propustnosti povrchů a zasakování. Ústav pro ekopolitiku, o. p. s. ve spolupráci s Asociací pro vodu ČR a Fakultou stavební ČVUT, Praha, 48 s.

Vacík, P., 2013: Statistický model charakteru tepelného ostrova středoevropských měst. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Praha. 89 s. (diplomová práce). „nepublikováno“. Dep. Repozitář závěrečných prací.

## 10 Seznam obrázků a příloh

### Seznam obrázků

- Obr. 1: Příklad klimatických kategorií (M1-M9 – mikroklima, L1-L6 – místní klima, MS1-MS2 – mezoklima, A1 – makroklima) (zdroj: Vysoudil, 2004)
- Obr. 2: Efekt městského tepelného ostrova (Warren, 2004)
- Obr. 3: Členění městské atmosféry na UBL a UCL (Zdroj: Roberto, 2010, upraveno)
- Obr. 4: Odtok srážkových vod v přirozeném a urbanizovaném povodí - porovnání (zdroj: Vítek a kol., 2015)
- Obr. 5: Polopropustný povrch, který byl použit u parkoviště, Praha – Čakovice (zdroj: fotoarchiv autorky, 2020)
- Obr. 6: Zelené střechy (zdroj: archiv.idnes.cz)
- Obr. 7: Městská zeleň na Vršovickém náměstí, Praha (zdroj: fotoarchiv autorky, 2019)
- Obr. 8: Budova firmy LIKO-S (zdroj: e15.cz)
- Obr. 9: Krajinový park Havraňák, Praha (zdroj: fotoarchiv autorky, 2020)
- Obr. 10: Odvodnění střech panelových domů do jezírka v Parku pod Plachtami (zdroj: fotoarchiv autorky, 2020)
- Obr. 11: Zahradkářská kolonie v Dolínské ulici, Praha 10 (zdroj: fotoarchiv autorky, 2020)
- Obr. 12: Významný krajinový prvek „Mokřady Triangl“ (zdroj: fotoarchiv autorky, 2020)
- Obr. 13: Kbelský rybník, Praha (zdroj: fotoarchiv autorky, 2020)
- Obr. 14: Zelená střecha na budově ústředí ČSOB v Radlicích (zdroj: fotoarchiv autorky, 2020)
- Obr. 15: Částečná zatravněná střecha buněk v Brně (zdroj: fotoarchiv autorky, 2020)
- Obr. 16: Dům s mokřadní střechou v Praze (zdroj: adaptterraawards.cz)
- Obr. 17: Otevřené kanály, kam jsou svedeny vody ze střech (zdroj: urbanreport.wordpress.com)
- Obr. 18: Variace zelených střech ve čtvrti Augustenborg (zdroj: urbanreport.wordpress.com)
- Obr. 19: Howard Street raingardens (zdroj: urbanwater.melbourne.vic.gov.au)
- Obr. 20: Dešťová voda se čistí, když protéká rostlinami v mokřadu ve tvaru S (zdroj: urbanwater.melbourne.vic.gov.au)
- Obr. 21: Schéma mokřadu Trin Warren Tam-boore (zdroj: urbanwater.melbourne.vic.gov.au)
- Obr. 22: Zasakovací rošty (zdroj: asio.cz)
- Obr. 23: Využití AS-TTE roštů na parkovišti (zdroj: asio.cz)

Obr. 24: 1- Zpevněná plocha – dlažba, 2-Žlab pro dešťovou vodu, 3-Šachta-rezervoár pro dešť. vodu/okysličení, 4-Rošť/záklop, 5-Ochrana kmene, 6-Kořenový krček v úrovni výsadby rostlin, 7-Mulč/kamenivo 4/8mm, 8-Kamenivo 2/6mm s příměsí 25% biouhel a kompost, 9-Betonová chránička (cca 1,4x1,4x0,6 m), 10-Geotextilie, 11-Vyrovnávací vrstva, kamenivo 8/11mm, 12-Provzdušňující vrstva, kamenivo 32/63mm, 13-Směs kameniva 32/90mm biouhlu a kompostu, 14-Biouhel (zdroj: hildegunvarhelyi.com/trees, Embrén B., 2018)

Obr. 25: Umístění návrhu (zdroj: nahlizenidokn.cuzk.cz)

Obr. 26: Vrtná prozkoumanost, Geologická mapa 1: 50 000 - Výřez z geologické mapy, list 8-8 – Kralupy nad Vltavou s vyznačením lokality a legendou – č. 1 – navážka, č. 16 – spraš a sprašové hlíny, č. 748 – prachovce, droby, břidlice (zdroj: mapy.geology.cz/geocr50/)

Obr. 27: Vrtná prozkoumanost, Rastrová hydrogeologická mapa 1: 50 000, Výřez z hydrogeologické mapy s vyznačením lokality – v místě se nachází zvrásněný puklinový kolektor, proterozoické prachovce, droby a břidlice (zdroj: mapy.geology.cz/hydro\_rajony/)

Obr. 28: Základní vodohospodářská mapa 1: 50 000 – Výřez z kladu listu 12-24 s vyznačením lokality (zdroj: heis.vuv.cz)

Obr. 29: Pohled na zájmové území ze severu k jihu (zdroj: fotoarchiv autorky, 2020)

Obr. 30: Pohled na zájmové území směrem od jihu na sever (zdroj: fotoarchiv autorky, 2020)

Obr. 31: Technologické schéma návrhu opatření vytvořené v softwaru AutoCAD (zdroj: vlastní práce, 2020)

### **Volné přílohy diplomové práce**

1. Katalog ekosystémových adaptačních opatření
2. Hydrogeologická zpráva
3. Retenční nádrž (SO.01)
4. Vypařovací objekt (mokřadní biotop) (SO.02)
5. Vsakovací šachta (SO.03)