

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra geografie

Michal Urban

Zelené střechy a zelené stěny v Olomouci

Bakalářská práce

Vedoucí práce: doc. Mgr. Michal Lehnert, Ph.D.

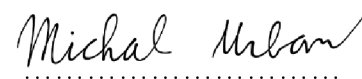
Olomouc 2023

## **Bibliografický záznam**

<b>Autor (osobní číslo):</b>	Michal Urban (R20073)
<b>Studijní program:</b>	Geografie
<b>Název práce:</b>	Zelené střechy a zelené stěny v Olomouci
<b>Title of thesis:</b>	Green roofs and green walls in Olomouc
<b>Vedoucí práce:</b>	doc. Mgr. Michal Lehnert, Ph.D.
<b>Rozsah práce:</b>	62 stran, 2 přílohy
<b>Abstrakt:</b>	<p>Cílem bakalářské práce bylo inventarizovat zelené střechy a zelené stěny na území města Olomouce. Data byla sbírána pomocí terénního průzkumu na podzim roku 2022 a prohlížení ortofoto snímků. Zelené střechy a zelené stěny byly na místě kategorizovány a byly zaznamenány jejich vlastnosti. Následně byla získaná data o zelených střechách a zelených stěnách analyzována a prezentována ve výsledkové části práce. Celkem bylo na území města Olomouce zjištěno 72 zelených střech a 615 zelených stěn, přičemž u obou těchto prvků platilo, že se koncentrují zejména do kompaktní městské zástavby v centru města.</p>
<b>Klíčová slova:</b>	adaptace na změnu klimatu, město Olomouc, modrozelená infrastruktura, terénní průzkum, zelená stěna, zelená střecha
<b>Abstract:</b>	<p>The aim of the bachelor thesis was to inventory green roofs and green walls in the city of Olomouc. The data was collected by the fieldwork in autumn 2022 and by viewing the aerial images. Green roofs and green walls were categorized on the spot and their characteristics were recorded. Subsequently, the gained data about green roofs and green walls were analyzed and presented in the results section of the bachelor thesis. A total of 72 green roofs and 615 green walls were found out in the city of Olomouc. Both green roofs and green walls were concentrated mainly in the city centre where large built-up area is located.</p>
<b>Keywords:</b>	adaptation to climate change, city of Olomouc, blue-green infrastructure, fieldwork, green wall, green roof

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně a uvedl v ní všechny použité zdroje.

V Olomouci dne 8. 5. 2023

Handwritten signature of Michal Urban in black ink, written in a cursive style. The signature is positioned above a horizontal dotted line.

Michal Urban

Děkuji doc. Mgr. Michalu Lehnertovi, Ph.D. za vstřícný přístup a cenné rady po celou dobu tvorby této bakalářské práce.

# UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Akademický rok: 2021/2022

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Michal URBAN**  
Osobní číslo: **R20073**  
Studijní program: **B0532A330021 Geografie**  
Téma práce: **Zelené střechy a zelené stěny v Olomouci**  
Zadávající katedra: **Katedra geografie**

### Zásady pro vypracování

Bakalářská práce se bude zaměřovat na problematiku zelených střech a zelených stěn na příkladu města Olomouce. V teoretické části práce budou stručně shrnuty současné poznatky o funkci a významu zelených střech, stěn a zelených teras ve městě. V praktické části práce budou zmapovány a kategorizovány zelené střechy a stěny (v širším významu termínu) na katastrálním území Olomouce. Diskutován bude rovněž přístup města a občanů k zeleným střechám, stěnám, modrozelené infrastruktuře a adaptaci na změnu klimatu.

Rozsah pracovní zprávy: **5 000 – 8 000 slov**  
Rozsah grafických prací: **Podle potřeb zadání**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

### Seznam doporučené literatury:

- BERARDI, Umberto. The outdoor microclimate: benefits and energy saving resulting from green roofs retrofits. *Energy and Buildings* [online]. 2016, (121), 217–229. ISSN 0378-7788. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.03.021>.
- BIANCHINI, Fabrício a Kasun HEWAGE. How 'green' are the green roofs? Lifecycle analysis of green roof materials. *Building and Environment* [online]. 2012, (48), 57–65. ISSN 0360-1323. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132311002629>
- BREJCHOVÁ, Eva Velebná et al. Adaptace na změnu klimatu ve městech: pomoci přírodě blízkých opatření [online]. Nadace Partnerství, 2015. Dostupné z: <https://www.plzen.eu/o-meste/multimedia/ebook/knihy/ebook-adaptace-na-zmenu-klimatu-ve-mestech-pomoci-prirode-blizkych-opatreni.aspx>
- ČESKÁ RADA PRO ŠETRNÉ BUDOVY. *Ekonomika a přínosy zelených střech* [online]. Praha, 2020. Dostupné z: <https://www.czgbc.org/files/2021/01/91b65a0bf6725d54354f59daa9f46f0b.pdf>
- GROSS, Günter. Effects of different vegetation on temperature in an urban building environment. Micro-scale numerical experiments. *Meteorologische Zeitschrift (Berlin)* [online]. 2012, (21, 4), 399–412. ISSN 0941-2948. Dostupné z: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2012/0363>.
- MALEKI, Aida a Ardeshir MAHDAVI. Evaluation of urban heat islands mitigation strategies using 3dimensional urban microclimate model env-met. *Asian journal of civil engineering* [online]. 2016, (17, 3), 357–371. ISSN 1563-0854. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/291837003\\_Evaluation\\_of\\_Urban\\_Heat\\_Islands\\_mitigation\\_strategies\\_using\\_3dimensional\\_urban\\_microclimate\\_model\\_envi-met](https://www.researchgate.net/publication/291837003_Evaluation_of_Urban_Heat_Islands_mitigation_strategies_using_3dimensional_urban_microclimate_model_envi-met)
- POKORNÝ, Jan, Petra HESSLEROVÁ, Vladimír JIRKA, Hanna HURYNA a Josef SEJÁK. Význam zeleně pro klima města a možnosti využití termálních dat v městském prostředí. *Urbanismus a územní rozvoj* [online]. Brno: Ústav územního rozvoje, 2018, (1/2018), 26–37. ISSN 1212-0855. Dostupné z: <http://www.uur.cz/images/5-publikacni-cinnost-a-knihovna/casopis/2018/2018-01/04-vyznam-zelene.pdf>
- PONDĚLČEK, Michael et al. *Adaptace na změnu klimatu* [online]. 1. vyd. Hradec Králové: Civitas per Populi, 2016. ISBN 978-80-87756-09-6. Dostupné z: [http://www.adaptacesidel.cz/data/upload/2016/09/Adaptace\\_kniha\\_ISBN-978-80-87756-09-6.pdf](http://www.adaptacesidel.cz/data/upload/2016/09/Adaptace_kniha_ISBN-978-80-87756-09-6.pdf)
- SHAFIQUE, Muhammad, Reeho KIM a Muhammad RAFIQ. Green roof benefits, opportunities and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [online]. 2018, (90), 757–773. ISSN 1364-0321. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S136403211830217X>

WONG, Nyuk Hien, Alex Yong Kwang TAN, Yu CHEN, Kannagi SEKAR, Puay Yok TAN, Derek CHAN, Kelly CHIANG a Ngian Chung WONG. Thermal evaluation of vertical greenery systems for building walls. *Building and environment* [online]. 2010, (45, 3), 663–672. ISSN 0360-1323. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.08.005>.

YUMINO, Saori, Taiki UCHIDA, Kiyoshi SASAKI, Hikaru KOBAYASHI a Akashi MOCHIDA. Total assessment for various environmentally conscious techniques from three perspectives: Mitigation of global warming, mitigation of UHIs, and adaptation to urban warming. *Sustainable Cities and Society* [online]. 2015, (19), 236–249. ISSN 2210-6707. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2015.05.010>.

ZÖLCH, Teresa, Johannes MADERSPACHER, Christine WAMSLER a Stephan PAULEIT. Using green infrastructure for urban climate-proofing: An evaluation of heat mitigation measures at the micro-scale. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2016, (20), 305–316. ISSN 1618-8667. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.09.011>.

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Michal Lehnert, Ph.D.**  
Katedra geografie

Datum zadání bakalářské práce: **30. března 2022**

Termín odevzdání bakalářské práce: **30. dubna 2023**

L.S.

---

doc. RNDr. Martin Kubala, Ph.D.  
děkan

---

prof. RNDr. Marián Halás, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Olomouci dne 30. března 2022

## Obsah

1	Úvod.....	8
2	Cíle práce .....	9
3	Teoretická východiska .....	10
3.1	Městské klima.....	10
3.2	Dopady změny klimatu ve městech.....	15
3.3	Adaptace měst na změnu klimatu.....	17
3.4	Zelená infrastruktura .....	18
3.5	Zelené střechy.....	20
3.6	Zelené stěny.....	25
4	Metody .....	28
4.1	Zájmové území a jeho charakteristika.....	28
4.2	Inventarizace zelených střech a zelených stěn .....	30
5	Výsledky mapování .....	37
5.1	Zelené střechy.....	37
5.2	Zelené stěny.....	43
6	Souhrn a diskuse výsledků.....	51
7	Závěr .....	56
8	Summary .....	57
9	Seznam zdrojů.....	58
10	Přílohy.....	62

# 1 Úvod

Naše planeta v současnosti prochází klimatickou změnou. Ta se projevuje různě v závislosti na geografické poloze místa. Přináší s sebou hazardy v podobě extrémních projevů počasí, ať už se jedná o vlny veder, povodně, sucho a další. Hlavní příčinou globální změny klimatu je antropogenní činnost. Lidský rozvoj a hlavně populační růst s sebou přináší vyšší produkci i spotřebu. Zásadní je z hlediska změny klimatu zejména vypouštění skleníkových plynů, a tím posilování skleníkového efektu. V současnosti již bohužel nelze klimatickou změnu zastavit. I kdybychom jako lidstvo nyní zastavili škodlivé procesy, sama klimatická změna ještě spoustu let poběží dál. Je tedy zjevné, že vedle snahy omezovat procesy způsobující změnu klimatu, je potřeba hledat způsoby a řešení, jak se na projevy klimatické změny adaptovat.

Globální klimatická změna a její projevy jsou v dnešní době celospolečensky diskutovaný fenomén. Zvláště závažné a diskutované jsou projevy změny klimatu ve městech. Urbanizace, tedy stěhování lidí do měst, je trendem posledních desítek let. Dle dat Světové banky (2021) je míra urbanizace v České republice 74 %. Právě ve městech způsobují z ekonomického a zdravotního hlediska extrémní meteorologické jevy největší škody, jelikož jsou města místy koncentrace velkého množství lidí, majetku, kapitálu, a také se zde nachází významné dopravní uzly. Přitom samotná města jsou jedním z největších přispěvatelů ke klimatické změně. Jedná se tedy o zacyklený proces. V každém případě je aktuální a nezbytné řešit dopady změny klimatu ve městech, a to zejména snahou zavádět adaptační opatření. Města samotná navíc utvářejí své vlastní městské klima, odlišné od okolní neurbanizované krajiny. I to se může projevovat negativními dopady jako je např. vznik městského tepelného ostrova.

Jedním z adaptačních opatření na klimatickou změnu je výstavba prvků modrozelené infrastruktury, která značí ekosystémové přístupy v podobě vysazování zeleně v kombinaci s vhodným hospodařením s vodou, zejména vodou srážkovou. V případě měst České republiky je patrný trend prosazovat tyto formy adaptace na svých územích jako vhodná řešení dopadů změny klimatu. Zároveň mají přírodě blízká opatření i estetickou funkci a přispívají k utváření příjemnějšího prostředí v silně urbanizovaných oblastech. Předkládaná bakalářská práce rozebírá podrobněji zelené střechy a zelené stěny, a zároveň se věnuje využití těchto zelených prvků na území města Olomouce.



## **2 Cíle práce**

Bakalářská práce se věnuje prostorovému rozložení zelených střech a zelených stěn na katastrálním území statutárního města Olomouce. Jejím cílem je zmapování počtu, lokalizace a kategorizace zelených střech a zelených stěn na území města s následným vytvořením mapových výstupů pomocí nástrojů GIS.

## 3 Teoretická východiska

### 3.1 Městské klima

Odlišné klimatické podmínky města a okolní krajiny jsou lidstvu známy již téměř 200 let (Pondělíček et al., 2016). Do procesu utváření městského klimatu vstupuje množství faktorů (Vysoudil et al., 2012). Zvláště významné jsou potom dva, a to charakter aktivního povrchu a antropogenní zdroje tepelné energie. Vzhledem k vlastnostem městské zástavby je aktivní povrch ve městech plošně větší než ve volné krajině. Dle Dobrovolný et al. (2012) hraje zřejmě nejvýznamnější roli při formování městského klimatu aktivní povrch, tedy povrch, na kterém se dopadající záření transformuje na jiný druh energie. Roli hraje i znečištění atmosféry či produkce odpadního tepla. Do jaké míry je městské klima ovlivněno jednotlivými faktory závisí na geografické poloze místa a denní době, respektive ročním období. Obecně městské prostředí nejvíce ovlivňuje teplotní, vlhkostní, srážkové a větrné poměry. Podle Vysoudila et al. (2012) ovlivňuje charakter městského klimatu také samotná velikost městské populace, přičemž čím větší je, tím větší jsou rozdíly jednotlivých meteorologických jevů mezi městem a volnou krajinou.

Klima města je řešeno na úrovni mikroklimatu až mezoklimatu (Dobrovolný et al., 2012). Jedná se o území menší než 1 km (v rámci mikroklimatu může být řešen i prostor uvnitř budovy) až po území o rozloze desítek km (Elektronický meteorologický slovník, 1993). Jak uvádí Vysoudil et al. (2012), z hlediska prostorového rozložení městské atmosféry se obecně uplatnilo dělení kanadského klimatologa T. R. Okeho ze 70. a 80. let minulého století, které vymezuje mezní vrstvu atmosféry (z angl. *urban boundary layer – UBL*) a přízemní vrstvu atmosféry (z angl. *urban canopy layer – UCL*). Dle údajů Elektronického meteorologického slovníku (1993) mezní vrstvou atmosféry rozumíme vrstvu atmosféry, která je pod přímým vlivem zemského povrchu. Od zemského povrchu se vertikálně rozpíná do několika stovek metrů až dvou kilometrů. Stejný zdroj uvádí, že přízemní vrstva atmosféry je nejspodnější vrstvou mezní vrstvy atmosféry o mocnosti v řádu nižších desítek metrů, v níž se vliv zemského povrchu projevuje zvláště výrazně. Dle Dobrovolný et al. (2012) je mezní vrstva atmosféry z hlediska výšky největší právě ve městech, což způsobují především vysoká drsnost městského povrchu a vlastnosti aktivního povrchu.

Asi nejznámější projev městského klimatu je tzv. tepelný ostrov města (z angl. *Urban Heat Island – UHI*) (Dobrovolný et al., 2012). Ten značí vyšší teplotu vzduchu ve městě oproti okolní krajině. Do výsledné podoby městského tepelného ostrova pro konkrétní sídlo vstupuje více faktorů. Zřejmě nejzásadnějším je geometrické uspořádání městské zástavby (Lehnert et al., 2023). To má za následek mnohonásobné odrazy dopadajícího krátkovlnného záření, přičemž při každém odrazu je část dopadající energie městskými povrchy absorbována. Tyto povrchy následně značnou část pohlcené energie uvolňují do okolí ve formě tepla. Městská zástavba společně s polutanty v ovzduší zabraňují uvolňování tepla do okolní atmosféry a „zadržují“ tepelnou energii v městském prostředí. Je tedy zjevné, že kromě radiačních a tepelných vlastností samotných povrchů, má vliv na městský tepelný ostrov i hustota zástavby, tvary objektů apod. (Dobrovolný et al., 2012). K absorpci dopadající energie navíc značně přispívají relativně nízké hodnoty albeda (odrazivosti) u městských povrchů (např. asfaltu). Jak uvádí Baroš et al. (2015) akumulované teplo městské povrchy zpravidla uvolňují během noci, tudíž je současným trendem ve městech nárůst tropických nocí. Dle Lehnert et al. (2023) přispívá dále k formování městského tepelného ostrova produkce odpadního tepla, typicky z dopravy, průmyslových areálů či vytápění budov. Je zapotřebí zmínit také menší výpar ve městech a složité procesy proudění vzduchu v městské zástavbě.

Intenzita tepelného ostrova se hodnotí podle rozdílu teploty vzduchu ve městě a v okolní krajině, přičemž nejvyšší je obvykle v nočních hodinách, za jasného počasí a bezvětrí a obecně roste s velikostí města (Lehnert et al., 2023). V podmínkách České republiky se pohybuje mezi 1–4 °C. Jak uvádí Pondělíček et al. (2016), v rámci České republiky můžeme pozorovat nejsilnější projevy městského tepelného ostrova v Praze.

V odborné literatuře se můžeme setkat také s pojmem „povrchový tepelný ostrov města“ (z angl. *surface urban heat island – SUHI*), který se týká teploty povrchů. Jak píše Lehnert et al. (2023), oproti městskému tepelnému ostrovu je jeho intenzita nejvyšší ve dne a oproti UHI častěji nabývá záporných hodnot, což znamená, že povrch v okolní krajině je teplejší než povrch ve městě. Doplňuje, že k tomuto jevu dochází, když je tmavá půda bez vegetace a intenzivně se prohřívá.

Časoprostorová diferenciací vlhkosti vzduchu je v městském prostředí ovlivněna výparem, kondenzací a advekcí (Dobrovolný et al., 2012). Roční průměrná relativní vlhkost vzduchu je nad městskou zástavbou v průměru o 6 % nižší než v okolní

krajině. Největším přispěvatelem vody pro výpar je městská zeleň. Nepochopitelné povrchy městské zástavby totiž neumožňují zasakování vody. Výpar je také potřeba pro ochlazení vzduchu (Pondělíček et al., 2016). Zejména v horkých letních a tropických dnech je teplota vzduchu výparem výrazně regulována. Prachové částice v ovzduší snižují vlhkost vzduchu svojí vlastností absorbovat vodní páru (Dobrovolný et al., 2012). Maximální rozdíl relativní vlhkosti vzduchu mezi městem a okolní krajinou nastává v létě, naopak minimální rozdíl můžeme pozorovat v zimě.

Hydrologické a teplotní poměry v městském prostředí u různých typů povrchů ilustruje Obr. 1, kde modré šipky značí jevy spojené se vsakováním vody a výparem, červené naopak nízkou retenci a uvolňování tepla do okolí. Ve schématu jsou také modrou barvou naznačeny záplavy při přívalových deštích.



**Obr. 1** Působení různých povrchů na klimatické podmínky města; 1 – Modrozelená střecha, 2 – Extenzivní zelená střecha, 3 – Konvenční střecha, 4 – Zelená fasáda, 5 – Světlá fasáda, 6 – Klimatizační zařízení, 7 – Tmavá fasáda, 8 – Sklep, podzemní garáže, 9 – Bezbariérový vstup, 10 – Uliční prostor, 11 – Záplavy ve městě, 12 – Infrastruktura, 13 – Zelené plochy, 14 – Nezavlažované plochy zeleně s omezeným vsakováním a nižším výparem, 15 – Městská zeleň na rostlém povrchu, 16 – Jednotná kanalizace, 17 – Dešťový oddělovač jednotné kanalizace, 18 – Přetok jednotné (smíšené) kanalizace  
Převzato z: Kopp et al. (2017)

Měření teploty a vlhkosti vzduchu (a dalších základních meteorologických prvků) pro Olomouc a její okolí provedl Vysoudil et al. (2012). V letech 2010–2011 byla v rámci Metropolitní staniční sítě Olomouc MESSO sbírána data na stanicích umístěných v intravilánu města Olomouce a na stanicích umístěných v příměstských oblastech. Výsledky měření potvrdily rozdíly v teplotě i vlhkosti vzduchu pro kompaktní městskou zástavbu a příměstské oblasti, kdy měřicí stanice v intravilánu města vykazovaly vyšší

průměrnou teplotu vzduchu, a naopak nižší průměrnou vlhkost vzduchu než měřicí stanice v příměstských oblastech. Vysoudil et al. (2012) ovšem doplňuje, že meteorologické charakteristiky naměřené během těchto dvou let nemůžou reprezentovat dlouhodobý průměr a je zapotřebí dalšího pokračování v těchto měřeních.

Dobrovolný et al. (2012, s. 12) ve své publikaci shrnuje provedené studie, které dle něj prokazují „zvýšení srážkových úhrnů v důsledku vlivu města“. Zároveň ale dodává, že vliv městské zástavby na atmosférické srážky se obtížně odlišuje od vlivu ostatních geografických charakteristik území. Jako obecný model označuje situaci, kdy teplý vzduch nacházející se nad městskou zástavbou, který kvůli znečištění ovzduší navíc obsahuje více kondenzačních jader v porovnání se vzduchem nad volnou krajinou, vytváří vhodné podmínky pro vznik srážkových úhrnů v závětrných oblastech města. Zde se totiž tento teplý vzduch ochlazuje a dochází ke kondenzaci a vypadávání srážek, jejichž výskyt může být v těchto oblastech o 5–15 % vyšší oproti okolí. Pondělíček et al. (2016) ovšem upozorňuje na narušení malého vodního cyklu v městské krajině. Kravčík et al. (2007) popisuje malý vodní cyklus jako uzavřený koloběh vody, kdy dochází k výparu vody z pevniny, a ta se následně vrací na tom samém území v podobě srážek. Dešťové srážky by z poloviny až ze dvou třetin měly být tvořeny právě vodou dříve vypařenou z tohoto území. Jak píše Pondělíček et al. (2016) nižší výpar ve městech narušuje tyto místní srážkové poměry. Podle Dobrovolného et al. (2012) mohou v létě vznikat nad městskou zástavbou izolované srážky, a to v důsledku působení městského tepelného ostrova a výstupných konvekčních pohybů. Zdrsnění povrchu území způsobené městskou zástavbou může také fungovat jako zbrzdění pro postup frontálních systémů, což může taktéž zvyšovat srážkové úhrny.

Členitost městské zástavby zesiluje vliv tření při proudění vzduchu (Dobrovolný et al., 2012). To má za následek sníženou roční průměrnou i maximální rychlost větru ve městech oproti volné přírodě, a to o 20–30 %, respektive 10–20 %. Zároveň se zvyšuje četnost bezvětrí. Druhým faktorem utvářejícím větrné poměry měst jsou teplotní rozdíly vzduchu nad městem a v jeho okolí, čímž dochází k cirkulaci vzduchu. Značný vliv na větrné poměry městského klimatu má kromě samotné městské zástavby také obecný charakter proudění v dané oblasti a charakter místního reliéfu.

Městské klima obecně vykazuje vyšší míru oblačnosti oproti svému okolí, což způsobují zejména tři faktory, kterými jsou vyšší intenzita konvekce, turbulentní

charakter proudění a vyšší produkce kondenzačních jader (Dobrovolný et al., 2012). V důsledku vyšší teploty vzduchu nad městem dochází k intenzivnějšímu konvekčnímu proudění. V kombinaci s vyšším množstvím kondenzačních jader se nad městem formuje konvekční oblačnost. Míra oblačnosti zde může být o 5–10 % vyšší.

Polutanty v ovzduší negativně ovlivňují klima města především z hlediska kvality ovzduší a složení přízemní vrstvy atmosféry, mohou mít ovšem vliv i na meteorologické procesy městského klimatu (Dobrovolný et al., 2012). Příkladem může být snížená propustnost atmosféry nebo vyšší koncentrace kondenzačních jader, a tím ovlivnění srážkového režimu. Snížení propustnosti slunečního záření v důsledku výskytu znečišťujících látek v ovzduší může dosahovat až 20 %.

### **3.2 Dopady změny klimatu ve městech**

Pro správnou interpretaci meteorologických jevů v městském prostředí je zapotřebí odlišovat od sebe projevy městského klimatu, které je utvářeno vlastnostmi urbanizovaného území a vliv globální klimatické změny, která působí celoplošně, tedy i na sídelní struktury, a které se věnuje tato podkapitola.

Na města obecně působí stejné projevy klimatické změny jako na jejich okolí (European Environment Agency [EEA], 2016). Rozdíl je ovšem v ohrožení většího množství lidí, objektů, infrastruktury apod. Města jsou centry socio-ekonomických procesů – koncentruje se zde kapitál, jsou zde centra průmyslu, služeb, obchodu, technologií apod. (Pondělíček et al., 2016). Navíc jsou města rozhodovacími centry, a to s regionální, národní i nadnárodní působností. V dnešním vysoce globalizovaném světě je tedy zjevné, že extrémní projevy počasí v konkrétním městě mohou mít dopad daleko za hranicemi tohoto města, doslova na jiných kontinentech (EEA, 2016).

V současné době již změna klimatu v různé míře ovlivňuje meteorologické prvky městského klimatu, které je formováno v rámci městské zástavby (EEA, 2016). Globální změna klimatu představuje pro města největší hrozby v podobě vysokých teplot a vln veder, povodní a následných záplav, nedostatku vody a sucha. V současnosti představují rizika spojená s extrémními meteorologickými jevy ve vyspělých zemích jedno z nejvýraznějších ohrožení bezpečnosti přírodních i socio-ekonomických systémů (Pondělíček et al., 2016). Konkrétní projevy klimatické změny se mohou lišit v závislosti na geografické poloze města, případně na jeho velikosti a geometrii zástavby (EEA,

2016). Některá města tak mohou být v důsledku klimatické změny ohrožena např. lesními požáry, extrémními větrnými poměry nebo šířením infekčních chorob. Do budoucna je u měst očekáván častější výskyt těchto extrémních projevů počasí. Navíc se pravděpodobně bude zvyšovat jejich intenzita.

Projevy klimatické změny ve městech jsou významnou hrozbou pro zavedené městské standardy (EEA, 2016). Mohli bychom je rozdělit na dopady týkající se obyvatel přímo a nepřímo. Za přímý dopad můžeme považovat vliv klimatické změny na lidské zdraví. Extrémní projevy počasí mohou mít vliv na dlouhodobé zhoršování lidského zdraví a nárůst chronických onemocnění, např. v souvislosti s vyššími teplotami vzduchu nebo nedostatkem vody. Při okamžitých extrémních projevech jako jsou např. záplavy může docházet k přímé újmě na zdraví nebo dokonce smrti. Ne vždy se konkrétní důsledky pro obyvatele projevují jen závažnými zdravotními problémy, negativním dopadem může být i snížení pracovní schopnosti, a tím snížená produktivita. Jako nepřímý dopad můžeme označit poškození městské infrastruktury či budov, omezení funkcí a služeb města, zhoršení kvality života ve městech, včetně horší ekonomické situace obyvatel. Poškození důležité infrastruktury, jako jsou energetické, vodovodní a další rozvodné sítě, představuje zvlášť výraznou hrozbu, jelikož důsledkem může být přerušování dodávek vody, elektřiny, paliv apod. Při poškození dopravní infrastruktury zase může být zvlášť závažné zkomplikování nebo dokonce úplné přerušování dodávek potravin.

Autoři zprávy „*Městská adaptace na změnu klimatu v Evropě 2016*“ (z angl. *Urban adaptation to climate change in Europe 2016*) (2016) publikované Evropskou agenturou pro životní prostředí (z angl. *European Environment Agency – EEA*) dále kategorizují dopady klimatické změny ve městech na tržní (z angl. *market*) a netržní (z angl. *non-market*). Tržní dopady mají přímý vliv z finančního hlediska. Příkladem může být poškození či úplná ztráta majetku při extrémním projevu počasí. Netržní dopady ovlivňují obyvatele a životní prostředí. Jako příklad může být uvedeno zhoršení lidského zdraví či ztráta biodiverzity.

Typickým ukazatelem dopadů změny klimatu v českých městech je nárůst počtu tropických dní, přičemž při současném tempu klimatické změny se očekává další nárůst počtu, a zároveň zvýšení extremity (Baroš et al., 2015). Četnější jsou také extrémní srážky, přičemž česká města se z hlediska četnosti a extremity povodní řadí mezi nejohroženější v rámci Evropské unie.



### 3.3 Adaptace měst na změnu klimatu

Je potřeba si uvědomit, že i kdybychom nyní zastavili procesy způsobující změnu klimatu (jako je např. vypouštění skleníkových plynů), ona změna poběží ještě po několik následujících dekád (EEA, 2016). Následkům klimatické změny se tedy nevyhneme, proto je potřeba zaměřit se vedle zastavování škodlivých procesů také na adaptační opatření.

Kopp et al. (2017, s. 65) definuje adaptaci na změnu klimatu jako „proces přizpůsobení se aktuálnímu nebo očekávanému klimatu a jeho účinkům“. Cílem adaptace je snížit zranitelnost a zvýšit odolnost vůči dopadům klimatické změny. Baroš et al. (2015) dělí adaptační opatření na 3 typy: šedá, zelená a modrá, měkká. Šedými adaptačními opatřeními se rozumí stavebně-technická opatření a práce s infrastrukturou. Zelená a modrá adaptační opatření představují ekosystémově založené přístupy. Měkká zahrnují změny v chování, systémy včasného varování, poskytování informací apod. Jako další způsob dělení uvádí Baroš et al. (2015) opatření strukturální (je vyžadována fyzická realizace) a nestrukturální (fyzická realizace vyžadována není). Kopp et al. (2017) také považuje za zásadní zabývat se adaptací měst na změnu klimatu napříč všemi úrovněmi, tedy od místních až po mezinárodní. V celém procesu je vyžadován přístup jak státní správy, tak územní samosprávy, a zároveň se musí zapojit aktéři podnikatelského i neziskového sektoru. Dle Pondělíčkové et al. (2016) by měla být adaptační strategie sídel postavena na respektování a udržení malého vodního cyklu. Jde podle něj o to vodu zadržet, zpomalit odtok srážkové vody a pokusit se uplatnit přirozené funkce vody i v urbanizovaných územích. Kopp et al. (2017) považuje jako jedno ze základních opatření v rámci adaptace měst na změnu klimatu výsadbu vegetace.

Modrozelená infrastruktura značí přístupy a opatření, které jsou blízké přírodě (Dostál et al., 2020). Jedná se o spojování zeleně a šetrného hospodaření s vodou, zejména s vodou dešťovou. Modrozelenou infrastrukturu můžeme dále dělit zvlášť na modrou a zelenou infrastrukturu. Modrá zahrnuje realizaci vodních prvků jako jsou jezírka, potůčky, fontány, plochy a poldry určené k zachytávání srážek a další. Zelená bere v potaz zelené střechy, zelené fasády nebo zeleň ve veřejných prostorách (Kopp et al., 2017). Baroš et al. (2015) dodává, že oproti šedým opatřením poskytují výše popsané přístupy většinou více přínosů najednou, které přispívají ke zvýšení kvality života ve

městech – ať už se jedná o pozitivní vliv na zdraví či možnosti rekreačního využití a relaxace.

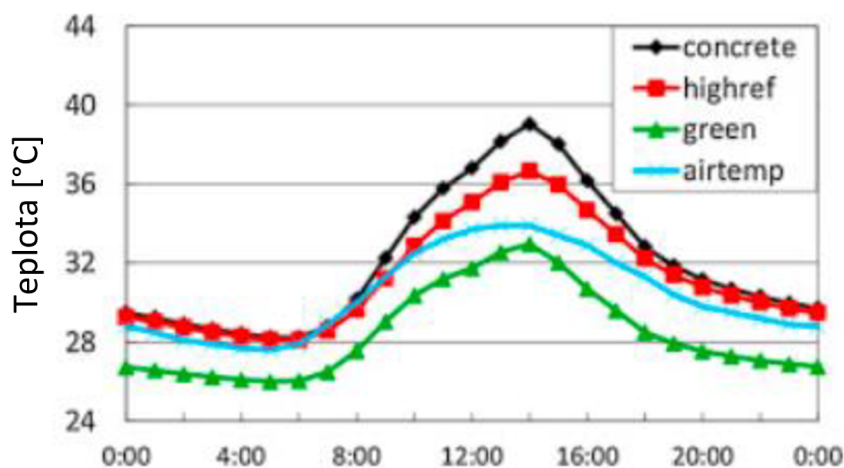
Česká sídla se můžou velmi dobře inspirovat městskými adaptačními opatřeními na změnu klimatu v zahraničí, kde již spousta adaptačních a přírodě blízkých opatření funguje, jsou zavedeny k přírodě šetrné postupy a místní obyvatelé chápou důležitost správného chování ve vztahu ke krajině a přírodě (Nenseth et al., 2015). Vzhledem k rozdílným klimatickým podmínkám a jiným projevům změny klimatu se můžeme inspirovat zejména v systematickosti a důslednosti přístupu. Podíváme-li se do Evropy, můžeme se bavit zejména o severských státech (Dánsko, Norsko, Švédsko, Finsko, Island), Rakousku, Švýcarsku nebo třeba Německu. Například v německém městě Hamburg jsou poskytovány dotace soukromým majitelům, kteří zvolí na svůj objekt zelenou střechu (EEA, 2016). Město očekává, že zelené střechy a jejich retenční schopnost sníží budoucí potřebné investice na zefektivnění kanalizační sítě. Za jednoho z hlavních zastánců či průkopníků zelených fasád je v Evropě bráno město Vídeň (Kopp et al., 2017).

### **3.4 Zelená infrastruktura**

Zelená infrastruktura označuje opatření pomocí prvků jako jsou zelené střechy, zelené fasády nebo zeleň ve veřejných prostorech (Baroš et al., 2015). Podporu městské zeleně jako ekosystémového nástroje registrujeme ve společnosti již na konci 19. století, kdy někteří autoři zdůrazňují potřebu systematicky podporovat městskou zeleň a zahrnovat ji v rámci plánovacích dokumentů a legislativy (Kopp et al., 2017). Vegetace je základní přírodní složka urbanizovaného území (Pondělíček et al., 2016). Přináší dva hlavní pozitivní přínosy. Zvyšuje výpar, což je stěžejní pro přirozený koloběh vody (viz malý vodní cyklus popisovaný v podkapitole 3.1) a snižuje negativní vlivy vyvolané dopadajícím slunečním zářením.

Zásadní rozdíl mezi vegetací a běžným povrchem ze stavebního materiálu je v pohlcování slunečního záření, což ve výsledku způsobuje, že zeleň vydává do okolí mnohem méně tepla, protože je schopna část energie ze slunce využít (Pondělíček et al., 2016). Procenta pohlcení, přeměny či odrazu záření se liší v závislosti na druhu rostliny. Její výběr je ovlivněn řadou faktorů jako jsou např. dostupnost vodních zdrojů, teplotní extrémy, místo výsadby apod. V dnešní době se čím dál častěji diskutuje a využívá vegetace jako součást konstrukce objektu. Zejména se jedná o vegetační střechy. Kopp et

al. (2017) uvádí, že co se týče zelených střech, zde je určující především sklon a únosnost střechy. Je potřeba brát v úvahu substrát nasycený vodou. U zelených fasád se řeší zejména obecný stav fasády a stěny. Je zapotřebí udržet na stěně rostlinu za jakýchkoliv povětrnostních podmínek daného klimatického prostředí. Prvky zelené infrastruktury se zabýval Yumino et al. (2015) během svého výzkumu, přičemž bylo prokázáno, že nejnižší povrchovou teplotu během dne mají ozeleněné povrchy, poté vysoce reflexní materiály, a naopak nejvyšší povrchovou teplotu bychom naměřili na betonovém povrchu. Graficky jsou tato fakta znázorněna na Obr. 2, kde je černou křivkou zaznačena povrchová teplota betonu, červenou vysoce reflexního materiálu, zelenou povrchová teplota povrchu se zelení a modrou teplota vzduchu.



**Obr. 2** Graf změn povrchové teploty jednotlivých materiálů v čase  
Zdroj: Yumino et al. (2015), upraveno autorem

Výzkum Geletiče et al. (2022) v Praze-Dejvicích nicméně ukázal, že zelené střechy, respektive zelené stěny mají zanedbatelný nebo velmi malý vliv na ochlazování okolního vzduchu a snižování tepelné zátěže na úrovni chodců. S rostoucí vzdáleností od střechy/stěny velmi silně klesá chladící účinek vegetace. Velmi podobných výsledků bylo dosaženo při studii, kterou uskutečnila Zölsch et al. (2016) v Mnichově. Bylo prokázáno, že největší účinek z hlediska snižování teploty na úrovni chodců má zeleň v podobě stromů, poté zeleň na fasádách budov a až poté zelené střechy, u kterých je již efekt zanedbatelný. Ve výsledcích výzkumu se uvádí, že nejvýznamnější funkcí zelené infrastruktury je stínění. Zelené střechy ani zelené stěny pochopitelně nedokáží zastínit otevřená prostranství, ale jen povrchy budov.

Výše popsané potvrzuje i výzkum autorů Maleki a Mahdavi (2016), kteří vytvořili pomocí počítačových technologií model, jehož výsledky ukazují, že vyšší účinek na snižování teploty vzduchu mají stromy než zelené střechy. Autoři také dodávají, že vliv na účinnost snižování okolní teploty vzduchu zelenými střechami může mít rovnoměrnost nebo naopak nerovnoměrnost výšky budov. Stejná výška objektů na určitém území snižuje možnost mísit vzduch. Nejúčinnější je v tomto případě kombinace obou prvků, tedy vysazování na jednom místě městské zeleně v podobě stromů i zelených střech či zelených fasád.

V současnosti se z hlediska udržitelného hospodaření měst prosazují komplexní opatření v podobě modrozelené infrastruktury (Kopp et al., 2021). Můžeme se tak s tímto termínem často setkat v různých strategických a plánovacích dokumentech států a samotných sídel. Příkladem může být i město Olomouc, pro jehož území zpracoval Vitek et al. (2018) studii, z jejíž výsledků vznikl dokument s názvem „*Hospodaření se srážkovými vodami – cesta k modrozelené infrastruktuře*“. Jak ovšem na základě vlastní analýzy upozorňuje Kopp et al. (2021), definice modrozelené infrastruktury není na mezinárodní úrovni jednotná, tudíž i jednotlivé dokumenty se svým obsahem mohou lišit.

### **3.5 Zelené střechy**

Zelené střechy v moderním pojetí začaly vznikat v Německu na začátku 60. let 20. století (Shafique et al., 2018). Dnes je tato země brána jako lídr v oblasti moderních zelených střech. V roce 2018 využívalo v Německu zelené střechy více než 10 % budov. V současnosti se zelené střechy těší velkému zájmu a oblibě ve Skandinávii a zemích jako jsou Švýcarsko, USA, Kanada, Singapur, Austrálie, Japonsko apod. V některých městech či zemích již dochází k podpoře zelených střech jako povinného opatření. Například v Torontu mají majitelé budov s plochou podlahy alespoň 2 000 m<sup>2</sup> povinnost pokrýt střechu zelení z 20–60 %.

Zelené střechy mohou v městském prostředí plnit hned několik funkcí najednou (Kopp et al., 2017). Shrnout by se daly do třech bodů: zlepšení mikroklimatu, vyrovnávání extrémních teplot, zvýšení vlhkosti vzduchu. V dnešní době je jedna z nejvýznamnějších vlastností zelených střech pro město jejich schopnost zadržovat vodu a tím redukovat odtok dešťové vody do kanalizace. Jaký podíl srážkové vody je zelená střecha schopna zadržet záleží zejména na jejich vlastnostech, může to ale být až 90 %. Retence srážkové vody znamená snížení zatížení kanalizační sítě, a to znamená nižší

riziko záplav při přívalových deštích. Možnost výparu zase redukuje množství dopadající sluneční energie, která se přeměňuje na teplo, takže zelené střechy jsou oproti okolním povrchům chladnější, což potvrzuje termovizní snímek na Obr. 3. Jednou z výhod zelených střech oproti běžné městské zeleni jako jsou parky je, že retenční výkon není závislý na vlastnostech půdy ani na hladině podzemní vody daného místa.



**Obr. 3** Snímek ve viditelném spektru a termovizní snímek s rozložením povrchových teplot běžné střechy a zelené střechy  
Převzato z: Dostál et al. (2020)

Zelené střechy rozlišujeme většinou na tři typy: intenzivní, polointenzivní a extenzivní (Pondělíček et al., 2016). Intenzivní zelené střechy jsou navrhovány jako pochozí, čímž se zvyšují nároky na statiku budovy. Únosnost takových konstrukcí dosahuje až  $1\,000\text{kg/m}^2$ . Mocnost substrátu se liší v závislosti na typu vegetace, nicméně zpravidla nebývá nižší než 300 mm (Kopp et al., 2017). Jako zeleň slouží travník, trvalky, keře, stromy, ale i užitkové rostliny jako jsou ovoce a zelenina. U těchto typů zelených střech je zapotřebí jak závlahy, tak pravidelné údržby, v rámci které dochází k přihnojování, odplevelení, sečení a dalším úkonům. V porovnání se stejnou vegetací na zemi je intenzita údržby buď vyšší nebo shodná (Pondělíček et al., 2016).

Extenzivní zelené střechy plní hlavně ekologickou funkci (Pondělíček et al., 2016). Únosnost střešní konstrukce se pohybuje mezi  $60\text{--}300\text{ kg/m}^2$ . Vrstva substrátu je menší, číselně vyjádřeno 50–150 mm, ve výjimečných případech může stačit i menší vrstva, a to i méně než 40 mm, pokud jsou vhodně zvolené rostliny (Kopp et al., 2017). Vysazované rostliny jsou odolné, nenáročné, schopné snášet extrémní podmínky a rozrůstat se do plochy. Zároveň nevyžadují pravidelnou údržbu. Jedná se o mechy, rozchodníky a jiné sukulenty, trávy a byliny. Závlahový systém většinou není zaveden a

ekonomické náklady nejsou vysoké. V porovnání se stejnou vegetací na zemi vyžaduje vegetace vysazená na střešní konstrukci velmi malou péči (Pondělíček et al., 2016). Jednou za 3–5 let se provádí dodatečné osívání, hnojení a doplnění složek substrátu.

Polointenzivní zelené střechy zpravidla nevyžadují oproti střechám extenzivním o moc více péče, v sušších obdobích roku ovšem potřebují závlahu (Kopp et al., 2017). Občasné zbylé úkony údržby jsou dle potřeby – kontrola stavu dvakrát za rok, odplevelení, přihnojení či pokosení. Substrát je mocný 150–350 mm. Využívané rostliny jsou trávy, byliny, trvalky a keře. Mělo by platit, že aby mohla být zelená střecha klasifikovaná jako polointenzivní, podíl extenzivní složky musí být nejvýše 25 % (Bianchini & Hewage, 2012).

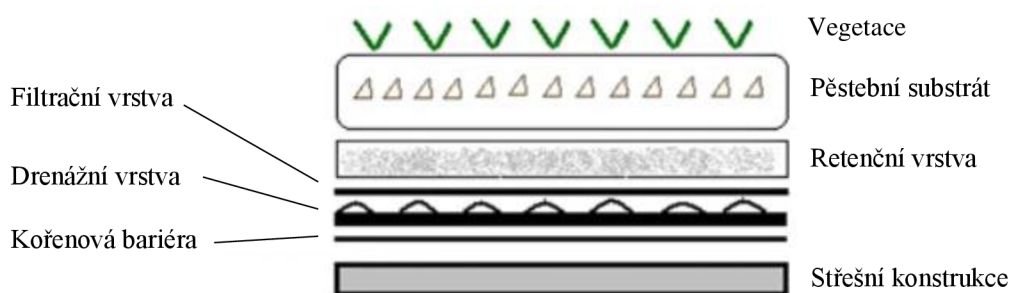
Pondělíček et al. (2016) uvádí i další typ, tzv. biotopní typ. Jeho funkce je především ekologická, přičemž vzhled je ovlivněn pouze působícími vegetačními podmínkami. Jako rostlinný pokryv slouží sukulenty, mechy plus vybrané druhy trav a bylin. Jedná se o rostliny, které prosperují v daných stanovištních podmínkách a zároveň nejsou náchylné na přísušky ani dočasná přemokření. I substrát je odolný vůči různým klimatickým činitelům, jeho tloušťka se pohybuje v rozmezí 40–120 mm. Kopp et al. (2017) ještě uvádí zvláštní případ zelených střech – vodní střechy. Jsou to typy střech, kde plášť střechy může být ve vegetačním období zaplaven vodou. Je tedy zapotřebí vysazovat rostliny, které jsou schopné v těchto podmínkách prosperovat.

V určitých případech se také kombinuje zelená střecha s fotovoltaickými panely, takové střechy se nazývají biosolární (Dostál et al., 2020). Vegetace snižuje teplotu vzduchu v okolí těchto panelů, čímž zvyšuje jejich účinnost.

Zelené střechy můžeme dále dělit podle tvaru na střechy ploché (do 5° sklonu), šikmé (5–45° sklonu) a strmé (sklon 45° a větší) (Dostál et al., 2020). V České republice se nejvíce konstruuje zelené střechy se sklonem do 15°, jelikož nad touto hranicí již znatelně rostou jak pořizovací, tak provozní náklady.

Obecně se zelená střecha skládá z několika vrstev (Obr. 4) (Bianchini & Hewage, 2012). Nejspodnější je tzv. kořenová bariéra. Jejím hlavním úkolem je zabránit průniku vody až na samotnou střešní konstrukci, vedlejším potom zabránění proniknutí kořenů, které by mohly střešní konstrukci poškodit. Následuje drenážní vrstva. Jedná se o volný prostor mezi vrstvami zelené střechy, který zajišťuje odtékání přebytečné vody. To je důležité zejména v protekci před poškozením kořenové bariéry a střešní konstrukce,

a také v ochraně před přílišným zvýšením hmotnosti způsobeným velkým množstvím vody. Filtrační vrstva slouží k zadržení částic prostupujících společně s vodou do drenážní vrstvy, aby se tato vrstva neucpala. Další v pořadí je retenční vrstva, jejímž hlavním úkolem je zadržovat vodu pro kontrolu odtoku a udržovat správnou vlhkost substrátu. Retenční schopnost závisí na mnoha aspektech, např. na typu zelené střechy, vegetaci, povětrnostních podmínkách apod. Další vrstvou je pěstební substrát. Ten dodává rostlinám vodu a živiny, poskytuje samotný prostor pro usazení kořenů, a také přispívá k retenci vody. Tloušťka substrátu závisí na typu zelené střechy. Poslední vrstvou je samotná vegetace. Zde se jedná o estetickou funkci, kterou doplňují vlastnosti jako zmírnění tepelného efektu města, zlepšení kvality ovzduší, zavádění městské zeleně jako náhrady za vytlačovanou krajinu a v neposlední řadě zvýšení biodiverzity. Mimořádně důležitý je evapotranspirační proces, kterým rostliny odpařují vodu.



**Obr. 4** Jednotlivé vrstvy zelené střechy  
Zdroj: Bianchini & Hewage (2012), upraveno autorem

Mezi výhody zelených střech se řadí úspora energie, jelikož zelené střechy působí jako tepelná izolace – a to jak v létě, kdy interiér ochlazují, tak v zimě, kdy naopak drží v budovách teplo a snižují tak náklady na vytápění (Dostál et al., 2020). Bylo zjištěno, že na účinek šetření energie za vytápění má vliv vrstva substrátu (Berardi, 2016). Ozeleněním se také prodlužuje životnost střechy, protože brání poškození střešní konstrukce např. kroupami, tepelnými extrémy a různými klimatickými vlivy (Dostál et al., 2020). V neposlední řadě zelené střechy fungují jako zvuková izolace. Nevýhodou naopak může být vyšší počáteční cena, která se ovšem z dlouhodobého pohledu vyplatí. Tab. 1 shrnuje ekonomické přínosy zelených střech.

**Tab. 1** Zhodnocení ekonomických přínosů zelených střech pro investory

Úspora nákladů na chlazení	Nižší finanční náklady na instalaci a spotřebu energií při chlazení objektu
Úspora nákladů na vytápění	Nižší finanční náklady na instalaci a spotřebu energií při vytápění objektu
Zvýšení účinnosti fotovoltaických panelů	Zvýšení účinnosti a produkce energie u solárních panelů
Zvýšení koeficientu zeleně	Vyšší podíl plochy pokryté zelení může zvýšit celkový rozměr zastavěné plochy pozemku
Snížení rizika prodlužování povolovacích procesů	Z důvodu např. nesouhlasných vyjádření dotčených a zainteresovaných subjektů, nutností projektových úprav
Úspora nákladů na hospodaření s dešťovou vodou	Nižší náklady na odvod dešťové vody
Úspora nákladů na protihluková opatření	Nižší hluková zátěž v interiéru budov, úspora nákladů na hlukovou izolaci
Úspora nákladů na výměnu izolace	Díky prodloužení životnosti izolace
Zvýšení estetické hodnoty budovy	Možný vyšší příjem z nájemného, vyšší tržní hodnota nemovitosti
Zvýšení rekreační hodnoty budovy	Možnost pronajímat zelenou střechu či její část pro nájemce
Zvýšení atraktivity a prestiže v rámci vlastní firemní kultury i pracovního trhu	Možná vyšší produktivita, spokojenost a loajalita zaměstnanců
Poskytování plodin a dalších produktů	Produkce plodin a dalších produktů (např. ovoce, zeleniny, květin, medu)

Zdroj: Dostál et al. (2020), upraveno autorem

Zelené střechy dále absorbují znečišťující látky z ovzduší, filtrují částice poletavého prachu a eliminují jejich víření (Pondělíček et al., 2016). Zvyšují ochranu objektu před přehříváním, takže šetří materiál. Za zmínku ještě stojí zvýšení biodiverzity a tvorba životního prostoru pro faunu a floru a uvést se jistě dá i pozitivní vliv na duševní zdraví člověka. Zároveň zlepšují kvalitu vody, neboť dokáží absorbovat různé polutanty (znečišťující látky) v dešťové vodě (Shafique et al., 2018). Na druhou stranu tento účinek může být v podstatě anulován, v horším případě překlopen na negativní stranu používáním (nesprávných) umělých hnojiv. Dešťové srážky jsou důležitý faktor z hlediska určování přínosu zelených střech. Můžeme tvrdit, že čím více deště, tím přínosnější zelená střecha je.

Shafique et al. (2018) také uvádí, že zelené střechy jsou přínosem i jako modernizace starších budov, protože tyto budovy mají menší vrstvu izolace, což má za důsledek větší spotřebu energie na ochlazování i vytápění. Přínos autoři spatřují také ve



zvýšení hodnoty a atraktivity nemovitosti. Zelené střechy nejen zlepšují estetickou stránku objektu, ale také prodlužují životnost samotné střechy.

I přes spoustu výzkumů a nových technologií jsou zelené střechy stále relativně novým a moderním prvkem (Shafique et al., 2018). Jednou z největších výzev v této tematice je navrhnout takovou zelenou střechu, kterou půjde aplikovat na všech místech planety Země bez ohledu na místní specifické klimatické podmínky. Většina z provedených výzkumů byla situována v chladných oblastech, o poznání méně v horkých oblastech s vysokými letními teplotami, kde je zapotřebí pečlivě vybírat rostliny, aby byla výkonnost zelené střechy v letním období co nejvyšší.

Většina jednotlivých prvků zelených střech je vyrobena z polymerních materiálů jako je např. polypropylen (Shafique et al., 2018). Problémem je, že při konstrukci těchto materiálů dochází ke znečišťování životního prostředí. Je proto potřeba dalších výzkumů, aby se našel vhodnější materiál, který by polymerní látky nahradil a v nejlepším případě ještě zvýšil a prodloužil výkonnost zelených střech. Zatím nejlepším řešením se jeví používat takové materiály, které se dají znovu použít.

### **3.6 Zelené stěny**

Za průkopníka zelených fasád je považován francouzský botanik Patric Blanc, autor desítek vertikálních zahrad ve velkoměstech celého světa (např. Galeries Lafayette v Berlíně či CaixaForum v Madridu) (Kopp et al., 2017). Zelené stěny absorbují sluneční energii, kterou využívají pro fotosyntézu, transpiraci, evaporaci a respiraci (dýchání). Stejně jako zelené střechy tedy nepřeměňují sluneční záření na teplo (alespoň ne ve velké míře). Vegetace je schopna snížit teplotu fasády o 2–4 °C. Nejúčinnější je při tomto projevu efekt stínění. Dobrou vlastností je, že listy rostlin nevytváří neprodyšný obal, naopak mají schopnost vysoušet a zabraňují tak vlnění stěn v důsledku vlhkosti, která se může z objektu volně odpařovat. Zároveň nedochází k pnutí a ničení materiálu vlivem rozdílných teplot, protože listy zabraňují přílišnému ohřívání povrchu. Výhodou zelených fasád, oproti běžné městské zeleni ve volném terénu, je méně komplikované plánování včetně samotné realizace výsadby. Kořenový systém pnoucích rostlin je poměrně nenáročný z hlediska půdního prostoru.

Kopp et al. (2017) ve své publikaci dělí zelené stěny na dva typy – spojené s volnou půdou a nespojené s volnou půdou, tzv. moderní systémy vertikálních zahrad.

Popínavé rostliny rostoucí z volné půdy jsou přichyceny přímo k fasádě bez opory (angl. *direct greening*) nebo nepřímo pomocí opory (angl. *indirect greening*). Druhou variantou je umístit rostliny do pěstebních kontejnerů. Porovnání vertikálních zahrad a volně rostoucích popínavých rostlin shrnuje Tab. 2.

**Tab. 2** Porovnání dvou typů osazení stěn rostlinami podle Kopp et al. (2017)

<b>Pnoucí dřeviny</b>	<b>Moderní systémy vertikálních zahrad</b>
Nezávislost na energetických zdrojích	Závislost na zdrojích energie
Prakticky bez nákladů na údržbu	Pravidelná a nákladná údržba
Omezená výška, do které rostliny vyrostou	Možné systémy instalovat do jakékoli výšky
Dlouhá doba, dokud rostlina nedosáhne optimálního pokryvu	Téměř okamžitý efekt
Nízká variabilita kompozice	Vysoká variabilita kompozice
Nízké pořizovací náklady	Vysoké pořizovací náklady
Využití primárně v exteriéru	Možno použít jak v exteriéru, tak interiéru

Zdroj: Kopp et al. (2017), upraveno autorem

Výše prezentovaný způsob dělení není ovšem jediný. Jak uvádí Manso a Castro-Gomes (2015), klasifikace a pojmenování jednotlivých typů zelených stěn se napříč autory různí. Za hlavní dělení označují klasifikaci zelených stěn na zelené fasády a živé stěny, přičemž zelené fasády považují za takové, kde „obvykle rostou popínavé rostliny podél stěny“ a živé stěny definují jako ty, které „zahrnují materiály a technologie podporující širší škálu rostlin, které vytváří rovnoměrný porost podél povrchu“. Za další možné označení systémů zelených stěn uvádí termíny jako jsou vertikální zahrada (z angl. *vertical garden*), vertikální systémy zeleně (z angl. *vertical greenery systems*), vertikální systémy ozelenění (z angl. *vertical greening systems*) nebo zelené vertikální systémy (z angl. *green vertical systems*).

U zelených stěn, kde jsou rostliny zasazeny v pěstebních kontejnerech s vrstvou substrátu, je potřeba zajistit automatickou závlahu (Kopp et al., 2017). Je potřeba také pravidelného přihnojování, které je taktéž automaticky aplikováno skrze závlahu. Největší výzvou takto fungujícího systému je přezimování rostlin. I s ohledem na tuto skutečnost je potřeba vegetaci pečlivě vybrat. Dalším faktorem je zohlednění nutnosti odolnosti rostlin, zejména proti vysokým teplotám a vysoké míře dopadajícího slunečního záření. Je-li stěna na slunném místě a intenzivně ozařována, dochází k výrazným výkyvům mezi denními a nočními teplotami, a také k velkému výparu.

Ne vždy je ale potřeba investovat spoustu úsilí a financí do zelených stěn (Kopp et al., 2017). Poměrně časté, a hlavně jednoduché a levné, jsou porosty břečťanu nebo psího vína (loubince), které na fasádách drží svým kořenovým systémem nebo úpony. Tyto porosty ovšem nejsou vhodné na takové typy povrchů, kde jsou z různých důvodů pukliny a škvíry. Dostane-li se do nich rostlina, může zde napáchat značné škody.

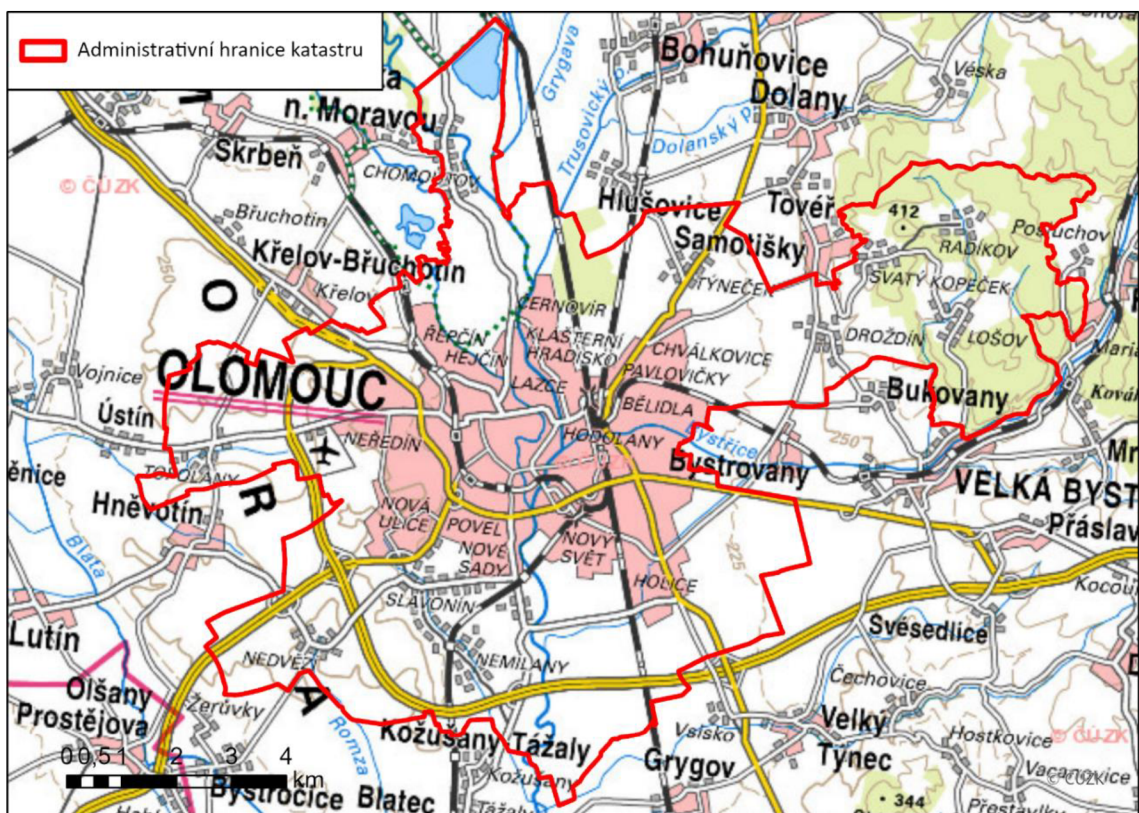
Tepelně-izolační účinek zelené stěny zabraňuje v létě přehřívání a v zimě naopak ochlazování budovy, což může být ekonomicky výhodné s ohledem na vytápění budov v zimě, respektive chlazení pomocí klimatizace v létě (Kopp et al., 2017). V rušných městských ulicích je významný také další efekt, a to tlumení hluku. Z hlediska životního prostředí je zásadní udržování biodiverzity. Logicky existují obavy lidí z pronikání hmyzu, brouků a dalších živočichů do jejich bytů. V praxi se ovšem ukazuje, že k něčemu takovému ve velké míře nedochází. V neposlední řadě zeleň na fasádách domů snižuje množství poletavého prachu v ovzduší a uvádí se i pozitivní dopad na lidskou psychiku.

Výzkum Wonga et al. (2010) byl zaměřen na porovnání různých vertikálních systémů zeleně. U zelených stěn, kde byly rostliny zasazeny ve vrstvě substrátu, se při porovnání s běžnou fasádou ukázalo, že denní kolísání teploty stěny s ozeleněním je menší než u běžné stěny. Výzkum ukázal, že teplota na povrchu substrátu je večer a v noci nižší než na povrchu stěny, zatímco přes den je scénář spíše opačný. Toto zjištění potvrzuje potenciál zelených vertikálních systémů při snižování efektu městského tepelného ostrova, protože přebytečná energie z rostlin odchází v podobě vypařování a není v noci vyzařována jako teplo zpět do okolí. Přes den je substrát teplejší v důsledku přímého slunečního záření, zatímco samotná stěna je zakryta panely, substrátem a rostlinami. U zelených stěn, kde se rostliny plazí po ocelových konstrukcích připevněných k fasádám, nebyl zjištěn tak významný rozdíl povrchové teploty, jako u stěn se substrátem. Chladící účinek zajišťuje pouze stínění listů a evapotranspirace z listů. Celkový vliv na snížení průměrné teploty povrchu je ovšem nezpochybnitelný. Pro obě varianty zelených stěn platí, že účinek se zvyšuje s rostoucí hustotou listů.

## 4 Metody

### 4.1 Zájmové území a jeho charakteristika

Jako zájmové území pro tuto bakalářskou práci byl zvolen katastr města Olomouce (Obr. 5). Olomouc je statutárním městem, které je rozděleno na 26 městských částí. Dle dat ArcČR 500 (2016) je jeho rozloha 103,3 km<sup>2</sup>. Podle ČSÚ (2023) žilo k 1. 1. 2022 ve městě 99 496 obyvatel s trvalým pobytem, což z Olomouce činí největší město Olomouckého kraje a šesté největší město v České republice.



**Obr. 5** Katastr města Olomouce

Zdroj: ČÚZK, ArcČR 500 (2016), vlastní zpracování v programu ArcGIS Pro

Kompaktní městská zástavba vychází z historického jádra, které se postupem času rozrůstalo, a to zejména po odstranění městských hradeb na konci 19. století (Kladivo & Šimáček, 2011).

Kromě toho jsou součástí katastru také nynější městské části, které byly dříve samostatné a k městskému katastru byly přidruženy později, např. Chomoutov, Svatý Kopeček nebo Nemilany. Některé okrajové městské části nejsou spojeny s centrální částí

města souvislou zástavbou, konkrétně jde o výše zmiňovaný Chomoutov, dále Topolany, Nedvězí, Týneček a celou východní část katastru, kterou tvoří městské části Droždín, Svatý Kopeček, Radíkov a Lošov.

Jednotlivé typy objektů zástavby se liší podle doby vzniku dané části města. Pro historické jádro jsou typické souvislé řady obytných, zejména činžovních domů. Zástavba se od tohoto pomyslného středu dále rozrůstá o vily, bytové domy, případně rodinné domy. Následují pro města typická, hustě obydlená sídliště s panelovými domy a bytovými komplexy, na které opět navazují spíše rodinné a bytové domy, které utváří předměstí. Na území okrajových městských částí se nachází většinou rodinné, případně bytové domy. Významné a rozlehlé průmyslové nebo zemědělské areály se nachází zejména ve východní polovině kompaktní zástavby, kde většinou tvoří její okrajovou část. Jedná se především o městské části Černovír, Chválkovice, Hodolany a Holice. V Řepčíně se nachází areál Moravských železáren.

Město Olomouc náleží do geomorfologických celků Hornomoravský úval a Nízký Jeseník, které jsou od sebe odděleny zlomovým svahem (Vysoudil et al., 2012). Hornomoravský úval je protáhlá sníženina s širokou říční nivou řeky Moravy a nachází se zde většina území Olomouce. Městské části Lošov, Radíkov, Svatý Kopeček a část Droždína se nacházejí již v geomorfologickém celku Nízký Jeseník a vykazují vyšší nadmořskou výšku oproti zbytku katastrálního území města. Z hydrologických poměrů je na území nejvýznamnější řeka Morava, která zde protéká v délce 14 km. Největší vodní plochou je Chomoutovské jezero (68 ha).

Při charakteristice klimatických poměrů vychází Vysoudil et al. (2012) z regionalizace území České republiky na klimatické oblasti podle Evžena Quitta z roku 1971. Jak uvádí Vysoudil et al. (2012), většina území Olomouce se nachází v teplé klimatické oblasti, jen relativně malá část severovýchodního cípu města náleží do mírně teplé. Pro většinu území je tedy typické dlouhé, teplé, suché léto a suchá zima s krátkým trváním sněhové pokrývky. Jaro a podzim jsou mírné.

Dlouhodobý průměr roční teploty vzduchu je v Olomouci 8,9 °C (Vysoudil et al., 2012). Nejteplejší měsíc je červenec (průměrná teplota vzduchu 19,1 °C), nechladnější leden (průměrná teplota vzduchu -2,2 °C). Průměrná roční vlhkost vzduchu je 79,6 % a průměrný roční úhrn srážek je 546,7 mm. Nejvíce srážek se zde vyskytuje v červenci (průměrně 76,8 mm), nejméně v únoru (průměrně 22,4 mm). Na území města

převládá severozápadní a severní směr větru. Nejvyšší hodnoty oblačnosti dlouhodobě vykazuje měsíc prosinec (83 %), nejmenší měsíc srpen (53 %). V průměru nastává v Olomouci za rok 41 jasných dnů a 149 zamračených dnů.

## **4.2 Inventarizace zelených střech a zelených stěn**

Mapování, respektive inventarizace zelených střech a zelených stěn na území města Olomouce probíhala ve dvou fázích. Přípravná část terénního průzkumu probíhala na konci jara a na začátku léta roku 2022. V tomto období proběhl předběžný průzkum, jehož cílem byl sběr dat o výskytu zelených střech a zelených stěn na území města. Byl zaznamenán počet zelených střech a zelených stěn, a byly také pořízeny jejich fotografie (celkově v řádu vyšších desítek) jako vzorek k následné diskusi s doc. Lehnertem, kdy bylo v kontextu dostupné literatury posuzováno, které prvky zeleně na fasádách a střechách budov budou zaznamenány a jaké atributy budou sledovány. Například zelené stěny na zděných plotech či zídkách nebo na sloupech elektrického vedení a podobných objektech byly vyřazeny a nebyly dále brány v potaz.

Na podzim roku 2022 probíhalo již samotné terénní mapování. Systematicky byl rozdělen katastr města Olomouce a jednotlivé obydlené části města postupně procházeny. Prvním místem byla městská část Chomoutov v severní části katastru. Následovala severní část kompaktní městské zástavby, tedy městské části Řepčín, Hejčín, Lazce, Černovír a Klášterní Hradisko. Poté byla zmapována městská část Neředín, centrum města, Svatý Kopeček a Radíkov. Dalším místem byla Nová Ulice, následně bylo postupováno proti směru hodinových ručiček přes městské části kolem centra města, tedy jmenovitě Povel, Slavonín, Nové Sady, Nový Svět, Holice, Hodolany, Bělidla, Pavlovičky a Chválkovice. Nakonec byly zmapovány okrajové části města, oddělené od kompaktní městské zástavby – Lošov, Droždín, Týneček, Nemilany, Nedvězí a Topolany.

Mapování probíhalo procházením jednotlivých ulic a obcházením budov. Aby bylo mapování systematické a nedocházelo k chybám v podobě opomenutí ulic nebo určitých částí, bylo využíváno vytištěných map z internetového serveru Mapy.cz, kde byl během mapování zaznamenáván postup. Při nalezení zelené střechy nebo zelené stěny bylo provedeno několik úkonů. Byly zaznačeny zeměpisné souřadnice – k tomu bylo využíváno mobilní aplikace „Compass“ (od vývojáře PixelProse SARL). Poloha objektu byla také zakreslena do tištěné mapy. Zelené střechy a zelené stěny byly na místě kategorizovány a tyto údaje také zapsány. U zelených střech se jednalo o následující

kategorie: zda se jedná o zelenou střechu intenzivní nebo extenzivní; jaké je procento pokrytí střechy zelení; posouzení stáří budovy; odhad, zda je zelená střecha na objektu záměrně či nezáměrně. Zelené stěny se kategorizovaly podobně: rozdělení na zelené fasády a živé stěny; posouzení, zda se jedná o břečťan (lat. *hedera*), loubinec (lat. *parthenocissus*) (jednotlivé druhy břečťanu ani loubince nebyly rozlišovány) nebo jinou rostlinu; jaké je procento pokrytí stěny zelení; posouzení stáří budovy; odhad, zda je zelená stěna na objektu záměrně či nezáměrně. Klasifikace typu zelených stěn na zelené fasády a živé stěny byla učiněna v souladu s literaturou podle Manso & Castro-Gomes (2015). Pro oba zelené prvky byla ještě společná kategorie, a to o jaký typ budovy se jedná, např. rodinný dům, garáž, bytový dům apod. Nakonec byla pořízena fotografie daného zeleného prvku. Bohužel, ne vždy se podařilo prvek vyfotit, zejména kvůli dodržování určité míry slušnosti, aby nedocházelo k narušování soukromí, když se kolem objektu pohybovali majitelé (několikrát se také stalo, že byl objekt strážěn psy a nedošlo k pořízení fotografie kvůli vlastní bezpečnosti, pokud byli psi „na volno“ bez zábrany v podobě plotu). Ostatní zmiňované kategorie ale byly zaznamenány vždy.

U zaznamenaných zelených střech a zelených stěn byly následně zaznamenány vlastnosti, respektive atributy uvedené v Tab. 3. Všechny sledované vlastnosti byly posuzovány autorem přímo u každého objektu v terénu, jedná se tedy o subjektivní hodnocení. Posouzení rodu rostlinného pokryvu u zelené stěny, pokud k ní byl dostatečný přístup, probíhalo s pomocí mobilní aplikace „PlantNet“ (od vývojáře PlantNet). Odhadování stáří budovy bylo následně kontrolováno pomocí internetového serveru Mapy.cz a dostupných ortofoto map z roku 2003. „Starší budova“ značí budovu postavenou do roku 2003 (včetně), „nová budova“ označuje budovu postavenou po roce 2003. Podíl plochy pokryté vegetací na celkové ploše střechy/stěny byl posuzován vizuálním zhodnocením autora. Jednotlivé druhy břečťanu ani loubince nebyly rozlišovány, protože to v mnoha případech vzdálený přístup či identifikace přes ortofoto a 3D pohled neumožňovala.

**Tab. 3** Atributy v rámci jednotlivých kategorií u zelených střech a zelených stěn

Kategorie	Zelené střechy	Zelené stěny
Typ zelené střechy	Extenzivní/intenzivní	–
Typ zelené stěny	–	Zelená fasáda/živá stěna
Druh vegetace	–	Břečťan/loubinec/břečťan i loubinec/jiné/nerozlišitelné
Pokrytí	Celá střecha/větší část střechy/menší část střechy	Celá stěna/větší část stěny/menší část stěny
Stáří budovy	Starší budova/nová budova	Starší budova/nová budova
Záměr (odhadován)	Záměrně/nezáměrně	Záměrně/nezáměrně
Typ budovy	Rodinný dům/garáž/zahradní chatka/bytový dům/rekreační budova/opuštěná budova/vila/veřejná budova/vzdělávací centrum/forty/jiné	Rodinný dům/garáž/zahradní chatka/bytový dům/rekreační budova/opuštěná budova/vila/veřejná budova/vzdělávací centrum/forty/jiné

Atributy u kategorie „Typ budovy“ a jejich vymezení je vytvořeno specificky pro účely této práce. V běžném pojetí se některé z nich mohou svým významem překrývat, např. veřejná budova může být zároveň vzdělávacím centrem. V případě objektů rodinný dům, garáž, zahradní chatka, opuštěná budova, vila a fortý vyplývá konkrétní budova z jejich názvu. Ostatní atributy jsou pro účely této práce jednoznačně vymezeny v Tab. 4., kde je popsáno, které objekty daný atribut zahrnuje. Toto vymezení bylo zvoleno na základě analýzy získaných dat, a také pro vhodné vzájemné porovnání jednotlivých atributů.

**Tab. 4** Definice vybraných atributů kategorie „Typ budovy“

Typ budovy	
Bytový dům	Budova s alespoň třemi byty, zpravidla vícepodlažní. Určováno bez ohledu na stavební materiál, zahrnuje tedy i panelové domy.
Rekreační budova	Restaurace, hotel, pivovar, sportovní zařízení/centrum, hospoda, hudební klub, kasino.
Veřejná budova	Magistrát města Olomouce, obchodní centrum, obchod, Fakultní nemocnice Olomouc, Úřad práce, zdravotnické zařízení.
Vzdělávací centrum	Mateřská škola, základní/střední škola, vysoká škola, hudební škola, knihovna, Dům dětí a mládeže.
Jiné	Všechny ostatní typy objektů neuvedené v rámci ostatních kategorií.



Zásadní rozdíl v posuzování plochy pokrytí pro zelené střechy a zelené stěny je v tom, že zatímco střechu v tomto případě považujeme jako jednu plochu, stěny objektu jsou brány v potaz každá zvlášť. Tím tedy může vzniknout situace, kdy na dvou a více stěnách budovy je plocha pokrytí různá. V tomto případě je vždy do výsledků počítána za celou budovu stěna s největší plochou pokrytí. Například, je-li na jedné stěně budovy plocha pokrytá z menší části a na druhé stěně z větší části, do výsledků se v kategorii pokrytí počítá tento objekt jako „větší část stěny“ (viz Obr. 6–9).



**Obr. 6** Příklad klasifikace „menší část stěny“  
Zdroj: pořízeno autorem dne 29. 9. 2022



**Obr. 7** Příklad klasifikace „větší část stěny“  
Zdroj: pořízeno autorem dne 22. 9. 2022



**Obr. 8** Příklad klasifikace „celá stěna“  
Zdroj: pořízeno autorem dne 8. 12. 2022



**Obr. 9** Příklad budovy, kde je pokrytí plochy pro jednotlivé stěny odlišné – v tomto případě se jedná o budovu v kategorii „celá stěna“  
Zdroj: pořízeno autorem dne 22. 9. 2022

Jelikož některé zelené střechy i zelené stěny nemohly být při mapování v terénu vidět, bylo k lokalizaci míst se zelení na budovách využito i leteckých snímků a 3D pohledu, a to opět v rámci internetového serveru Mapy.cz. U zelených střech je omezená možnost zahlédnutí přímo v terénu vzhledem k výšce budov zjevná, u zelených stěn se jednalo zejména o vnitřní dvory nedostupné jinak než z oken okolních budov (případně přes uzamčené vstupní brány) nebo zadní stěny rodinných domů, které nešlo vidět z ulice. Pro běžného chodce jsou také zpravidla nedostupné průmyslové areály či sídla firem. Při prohlížení leteckých snímků a 3D pohledů bylo postupováno velmi podobně jako při terénním mapování. Byl takto projit celý katastr města, byly zaznačovány stejné kategorie a v rámci kategorií stejné informace s jednou výjimkou, kterou je kategorie týkající se druhu rostliny u zelených stěn. Vzhledem ke kvalitě a rozlišení nebylo většinou možné posoudit o jaký druh rostliny se jedná, proto všechny takto nalezené zelené stěny mají označení u druhu rostliny jako „nerozlišitelné“.

Mezi zelené stěny nebyly počítány ty, které označujeme jako „mrtvé zelené stěny“. Jedná se o fasády, na kterých jsou vidět pozůstatky vegetace, která byla zlikvidována a odstraněna. Tyto pozůstatky jsou již bez listů, pouze jako holé větvičky. Jedním z příkladů je mrtvá zelená stěna na Obr. 10. Výška zelené stěny musela dosahovat alespoň spodní úrovně přízemních oken budovy. V opačném případě nebyla brána v potaz a není v této práci započítána. Dalším podobným případem byla vegetace rostoucí na fasádách kolem roury na svod dešťové vody. Pokud se rostlina držela jen v těsné

blízkosti roury, započítána nebyla, pokud se rozrůstala od roury dále do okolí, byla již započtena do výsledků mapování. Vegetační terasy a zahrady, které se většinou nachází u bytových komplexů, a které jsou osázeny zejména keři, nízkými stromky a vegetací v truhlíkách či květináčích, zahrnuty nebyly. Zároveň nebyla do této práce počítána zeleň na střechách podzemních objektů, jejichž zastřešení je ve stejné úrovni jako okolní terén, typicky se jedná o podzemní garáže.



**Obr. 10** Mrtvá zelená stěna

*Zdroj: pořízeno autorem dne 11. 11. 2022*

Primární data získaná mapováním v terénu a prohlížením dostupných internetových mapových podkladů jsou základem pro výstupy této práce, které jsou uvedeny ve výsledkové části. Ze získaných dat byly vytvořeny dvě bodové vrstvy (zvlášť pro zelené střechy a pro zelené stěny) ve formátu shapefile (.shp) s lokalizací zaznamenaných zelených prvků, a to v programu ArcGIS Pro od společnosti Esri. Do atributových tabulek obou vrstev byly ke každému prvku vepsány informace o vlastnostech podle určených kategorií. Na základě těchto vrstev byly vytvořeny mapové

výstupy. Dalšími výstupy jsou grafy a tabulky, které číselnou a grafickou formou vyjadřují četnosti výskytu jednotlivých hodnot pro každou kategorii, přičemž většina výstupů je prezentována za pomoci relativních dat. V tomto případě byl pro zpracování použit software Microsoft Excel.

## 5 Výsledky mapování

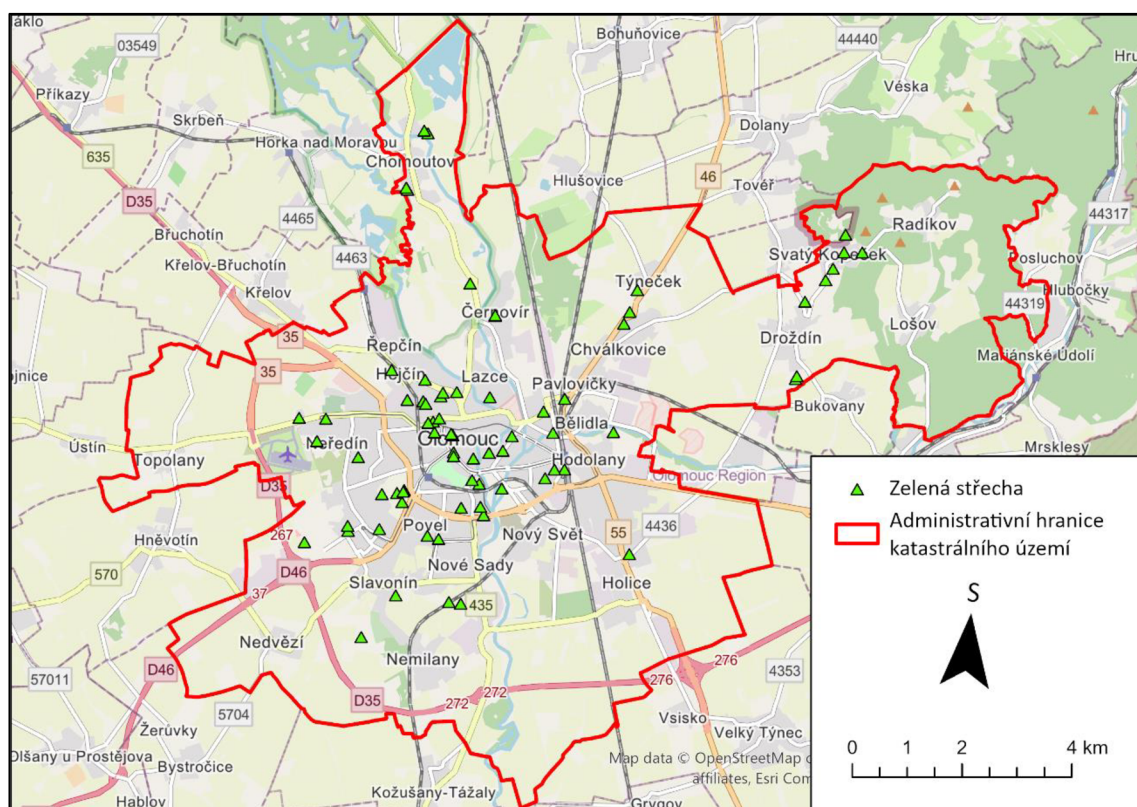
Tato kapitola pomocí vhodných ukazatelů, kterými jsou mapové výstupy, grafy a tabulky, reflektuje cíle práce a rozebírá zjištěné výsledky. Jak je zmíněno v kapitole 4 Metody, data byla pro tuto práci sbírána na podzim roku 2022, k tomuto datu jsou tedy platné všechny níže popisované výstupy.

### 5.1 Zelené střechy

Na katastrálním území města Olomouce bylo zjištěno celkem 72 zelených střech, přičemž 45 bylo zjištěno během terénního mapování, zbylých 27 potom prohlížením leteckých snímků a 3D pohledu. Jejich počet v jednotlivých městských částech zobrazuje Tab. 5, zároveň jsou uvedeny i podíly počtu zelených střech v každé městské části na celkovém počtu pro celé město. Konkrétní lokalizaci jednotlivých zelených střech prezentuje Obr. 11. Mapa rozmístění zelených střech na katastru města je dostupná také v lépe čitelném zobrazení jako formát A4 v Příloze 1 této práce. Nejvíce těchto střech se nachází v městských částech Nová Ulice a Olomouc, shodně po 14 zelených střechách. Tyto dvě části výrazně vyčnívají oproti ostatním, jelikož třetí v pomyslném pořadí je Svatý Kopeček s pěti zelenými střechami. Dá se odhadovat, že je to způsobeno zejména dvěma faktory. Prvním je hustota zástavby, druhým velikost území. Městská část Olomouc, jejíž rozloha je podle dat ArcČR 500 (2016) 2,7 km<sup>2</sup>, se nachází v samotném centru města Olomouce, můžeme zde tedy mluvit o velice husté a kompaktní zástavbě, jinými slovy o rozměrné ploše, na které se teoreticky může realizovat zelená střecha. Nová Ulice je s rozlohou 4,1 km<sup>2</sup> (ArcČR 500, 2016) ještě větší, na jejím území se nachází zejména budovy určené k bydlení, a také Fakultní nemocnice Olomouc, kde bylo zjištěno pět zelených střech, což významně přispívá k celkovému počtu v této části.

**Tab. 5** Počty zelených střech v jednotlivých městských částech a jejich podíly na celkovém počtu zelených střech v Olomouci

Název městské části	Počet zelených střech	Podíl zelených střech [%]	Neředín	4	5,6
Bělidla	0	0,0	Nová Ulice	14	19,4
Černovír	3	4,2	Nové Sady	4	5,6
Droždín	3	4,2	Nový Svět	0	0,0
Hejčín	3	4,2	Olomouc	14	19,4
Hodolany	4	5,6	Pavlovičky	1	1,4
Holice	1	1,4	Povel	2	2,8
Chomoutov	4	5,6	Radíkov	0	0,0
Chválkovice	3	4,2	Řepčín	0	0,0
Klášteří Hradisko	1	1,4	Slavonín	3	4,2
Lazce	2	2,8	Svatý Kopeček	5	6,9
Lošov	0	0,0	Topolany	0	0,0
Nedvězí	0	0,0	Týneček	1	1,4
Nemilany	0	0,0	Celkem	72	100,0

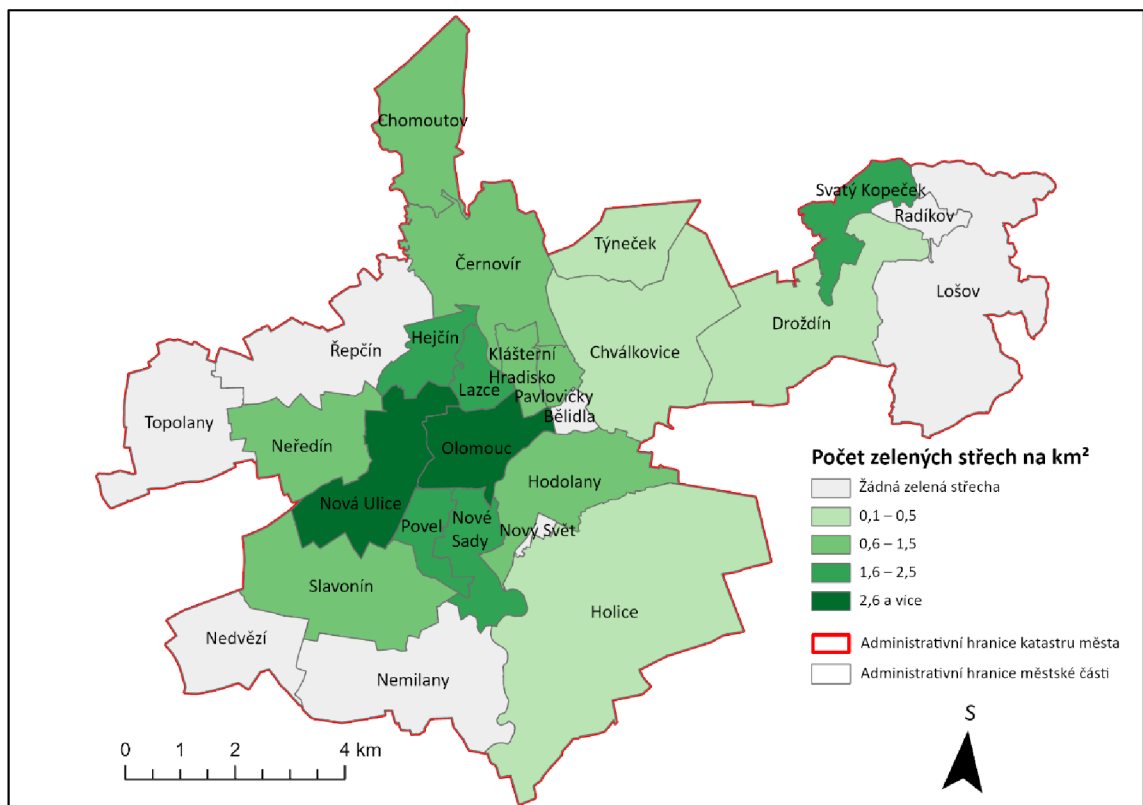


**Obr. 11** Lokalizace zelených střech na katastru města Olomouce v roce 2022

Zdroj: podkladová mapa Open Street Map, ArcČR 500 (2016), vlastní zpracování v programu ArcGIS Pro

Samotná velikost městské části ale není jediným důležitým prvkem pro kvantitu zelených střech, což dobře ilustruje Obr. 12. Městská část Holice je největší na katastru

města, přesto bychom zde v průměru nenašli více jak jednu zelenou střechu na území 2 km<sup>2</sup>. Radíkov, Lošov, Řepčín, Topolany, Nedvězí a Nemilany nemají na svém území dokonce žádnou zelenou střechu, přičemž se nejedná o rozlohou nejmenší městské části. Nejde tedy jen o to, jak je oblast velká, ale také jak velkou její část tvoří zástavba. Proto městské části nacházející se v kompaktní městské zástavbě vykazují při přepočtu na kilometr čtvereční vyšší počet zeleně na střechách, naopak okrajové části města vykazují nižší počet, jelikož se zde nachází poměrně velké plochy bez zástavby. Toto je potřeba brát v potaz při interpretaci Obr. 12. Při případném rozšiřování městské zástavby v budoucnu je možné, že některé okrajové části budou mít na svém území v přepočtu na jednotku plochy vyšší počet zelených střech než centrum města, protože bude docházet k výstavbě nových domů a lidských obydlí, u kterých bude již při výstavbě realizována zelená střecha.

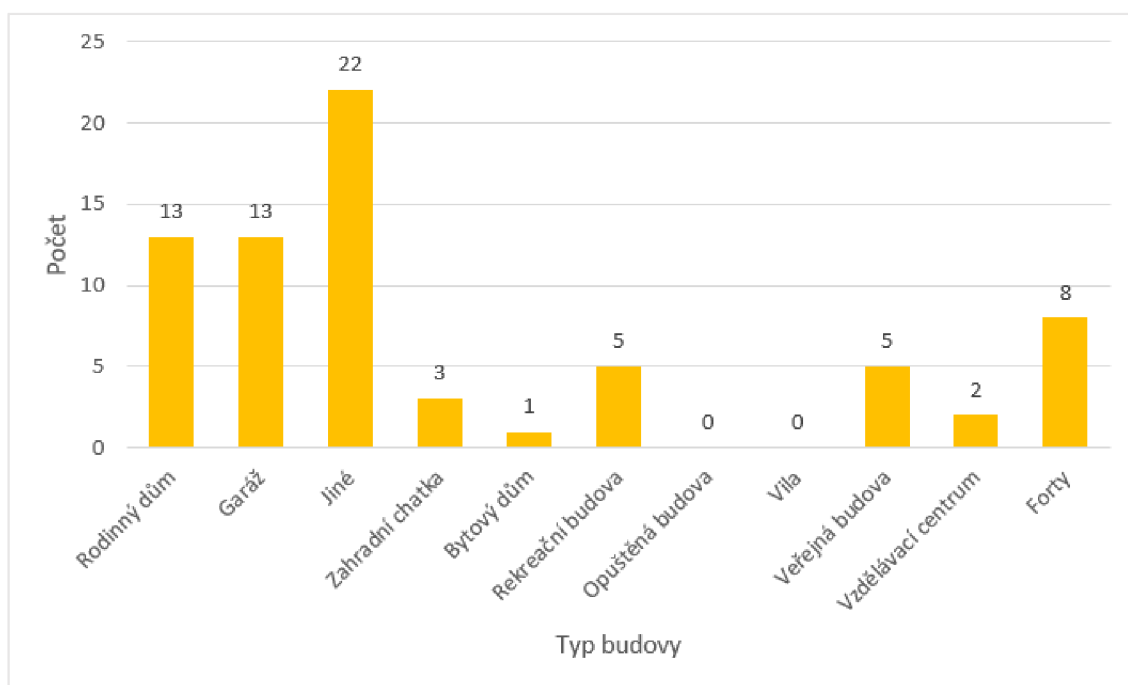


**Obr. 12** Hustota zelených střech v jednotlivých městských částech města Olomouce v roce 2022

Zdroj: ArcČR 500 (2016), vlastní zpracování v programu ArcGIS Pro

Obr. 13 zobrazuje údaje o tom, na jakých typech budov se vyskytuje kolik zelených střech. Nejvíce byly vegetací pokryté střechy na budovách s označením „Jiné“, jedná se konkrétně o 22 střech se zelení. Tato kategorie zahrnuje objekty typu kůlny a různé přístavky na soukromých zahradách, dále zde spadají budovy spojené s dopravní

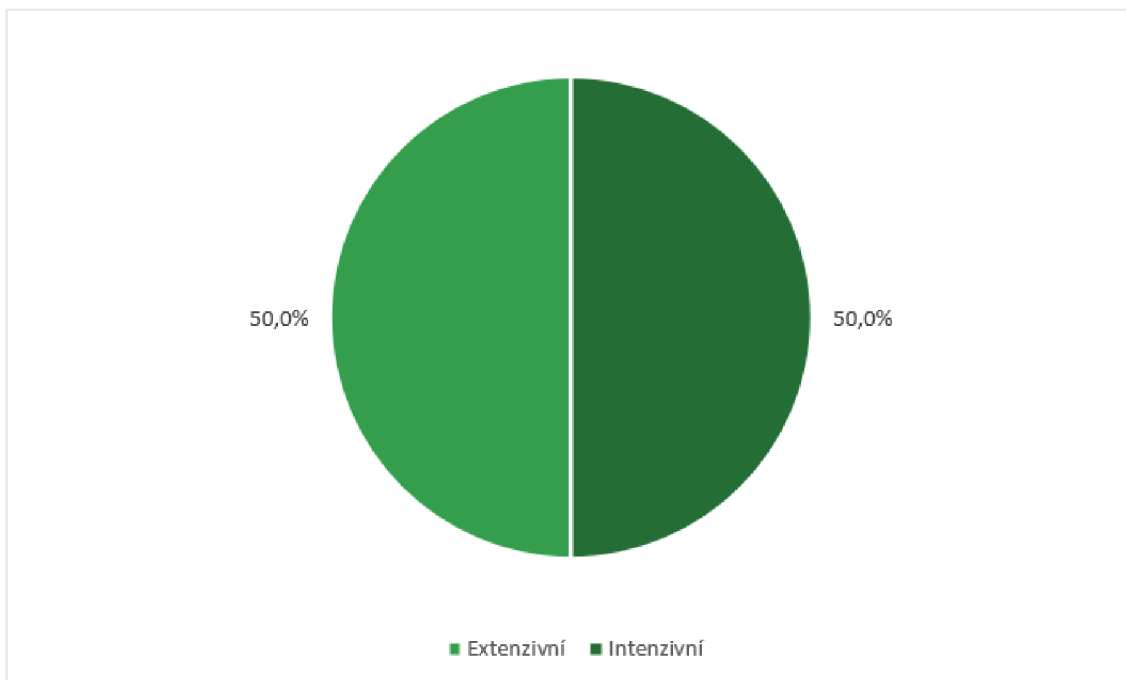
infrastrukturou (např. budova důležitá pro chod železnice), sídla firem, budovy spojené s rozvodem energií (např. plynárenská zařízení nebo trafostanice), a také objekty určené pomocí leteckých snímků a 3D pohledů, kdy je těžko rozlišitelné, o jaký typ budovy se přesně jedná. Dále můžeme v Olomouci pozorovat vegetaci na 13 rodinných domech a stejném počtu garáží. Na základě terénního průzkumu lze tvrdit, že většina těchto garáží jsou soukromé objekty, typicky se jedná o garáže na soukromých pozemcích v blízkém okolí rodinných domů. Na rekreačních a veřejných budovách se dohromady nachází 10 zelených střech. Zajímavou kategorií jsou olomoucké forty, na kterých rostou trávníky, těch se na katastru města nachází celkem osm. Žádná zelená střecha se v Olomouci nevyskytuje na střeše vily, ani opuštěného objektu.



**Obr. 13** Klasifikace zelených střech na území města Olomouce podle typu budovy, na které je realizována

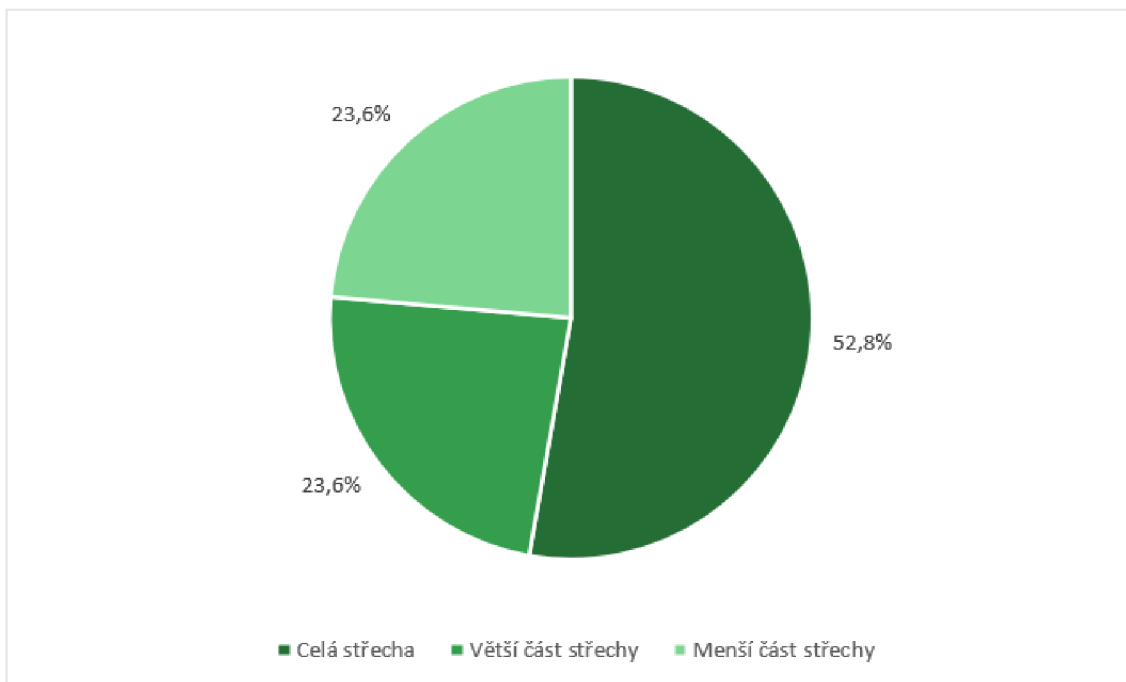
Jak je zmíněno v kapitole 4 Metody, zelené střechy jsou pro tuto práci rozděleny na dva typy – intenzivní a extenzivní. Výsledky terénního mapování ukazují, že z celkového počtu 72 zelených střech je 36 klasifikováno jako intenzivních a 36 jako extenzivních (Obr. 14), tedy rozdělení je v tomto případě přesně na dvě poloviny. Při bližším pohledu na výsledky můžeme zobecnit, pro který typ budov je typický daný typ zelené střechy. Z hlediska rodinných domů se bavíme o 10 intenzivních a třech extenzivních zelených střechách. U garáží je to šest intenzivních a sedm extenzivních, tedy nedá se jednoznačně určit, který typ převažuje. Všechny pět veřejných budov je pokryto intenzivní zelenou střechou, naopak olomoucké forty extenzivními.





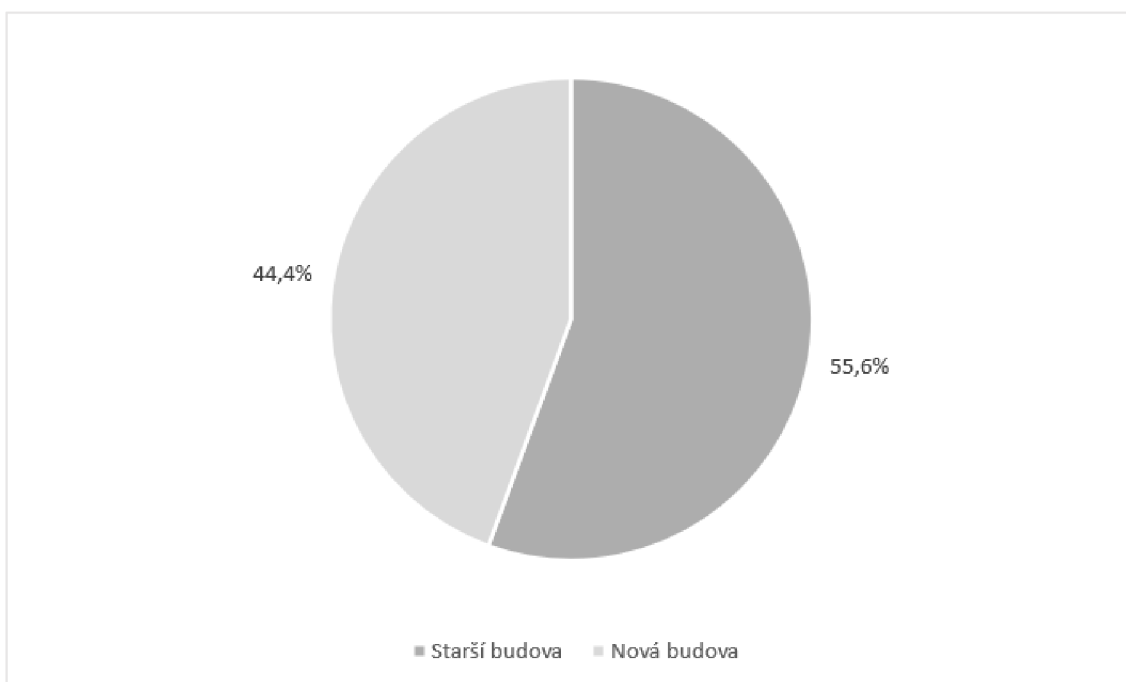
**Obr. 14** Klasifikace zelených střech na území města Olomouce podle typu

Výsledky o ploše pokrytí střech vegetací jsou rozděleny na tři části. „Celá střecha“ značí pokrytí zelení na celém povrchu střechy. „Větší část střechy“ označuje takové střechy, kde je zelení pokryta více než polovina povrchu, ale zároveň ne povrch celý, „menší část střechy“ pak představuje pokrytí vegetací na méně než polovině plochy střechy. Jak je vidno z Obr. 15, téměř 53 % zelených střech je vegetací pokryto zcela, což představuje počet 38 zelených střech. Necelá čtvrtina zelených střech, což se rovná počtu 17, vykazuje pokrytí většiny plochy střechy, stejný podíl potom pokrytí menší části střechy.



**Obr. 15** Klasifikace zelených střech na území města Olomouce podle míry pokrytí plochy vegetací

Výsledky terénního mapování dále ukazují, že 40 budov se zelenou střechou jsou starší stavby, 32 budov je klasifikováno jako nových, tedy jsou postaveny po roce 2003. Vyjádřeno podílem na celkovém počtu, starších budov je 55,6 %, nových 44,4 % (Obr. 16).



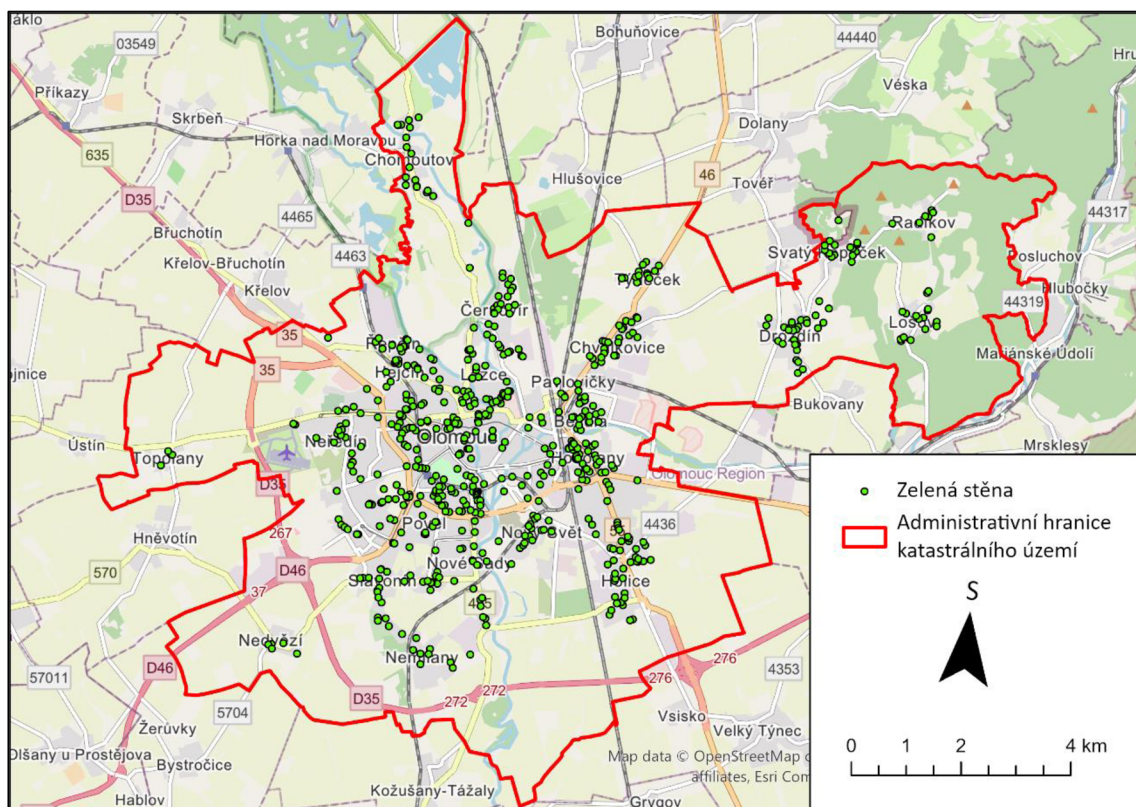
**Obr. 16** Klasifikace zelených střech na území města Olomouce podle stáří budovy

## 5.2 Zelené stěny

Stejným způsobem jako u zelených střech probíhalo zjišťování počtu i u zelených stěn, kterých bylo na katastru města Olomouce zjištěno celkem 615, z toho 555 během terénního mapování, dalších 60 při prohlížení leteckých snímků a 3D pohledu. Přesnou lokalizaci jednotlivých zelených stěn zobrazuje Obr. 17. I v tomto případě je mapa dostupná v lepší čitelnosti ve formátu A4, a to v Příloze 2 této práce. Jak je vidět z Tab. 6, nejvíce zelených stěn se nachází v městské části Hodolany, konkrétně 67. Následuje Nová Ulice s počtem 62 zelených stěn, přičemž tyto dvě části dohromady představují přibližně pětinu z celkového počtu v Olomouci. Hranice alespoň 30 zelených stěn dosáhly ještě Olomouc (50), Holice (44), Lazce (37) a Nové Sady (37). Naopak nejmenší počty vykazují městské části Topolany (4), Nedvězí (5), Pavlovičky (6), Radíkov (7), Nemilany, Nový Svět (obě 8) a Klášterní Hradisko (9), které nedosáhly hranice 10 zelených stěn. I v tomto případě můžeme na základě výsledků tvrdit, že nejvíce rozhoduje velikost území a kompaktní městská zástavba. Všechny výše zmíněné části, které vykazují více než 30 zelených stěn, jsou součástí této zástavby.

**Tab. 6** Počty zelených stěn v jednotlivých městských částech a jejich podíly na celkovém počtu zelených stěn v Olomouci

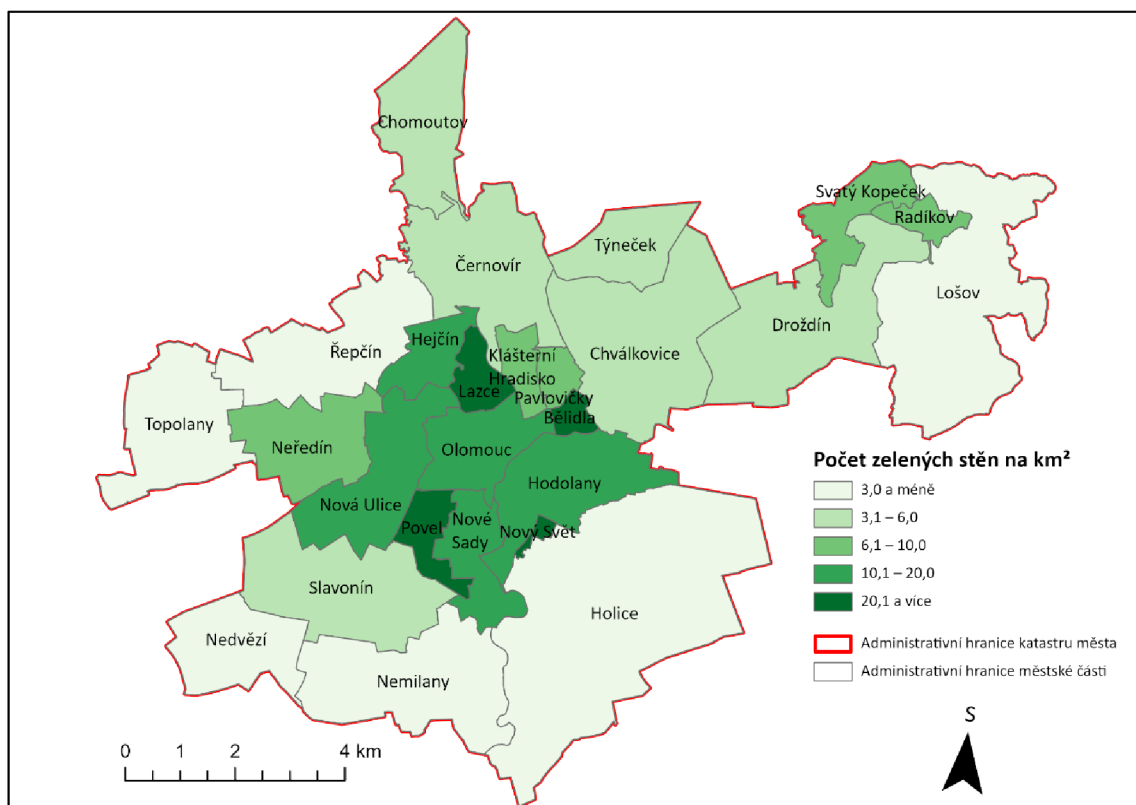
Název městské části	Počet zelených stěn	Podíl zelených stěn [%]			
			Neředín	25	4,1
Bělidla	17	2,8	Nová Ulice	62	10,1
Černovír	23	3,7	Nové Sady	37	6,0
Droždín	28	4,6	Nový Svět	8	1,3
Hejčín	16	2,6	Olomouc	50	8,1
Hodolany	67	10,9	Pavlovičky	6	1,0
Holice	44	7,2	Povel	27	4,4
Chomoutov	18	2,9	Radíkov	7	1,1
Chválkovice	28	4,6	Řepčín	16	2,6
Klášterní Hradisko	9	1,5	Slavonín	29	4,7
Lazce	37	6,0	Svatý Kopeček	15	2,4
Lošov	16	2,6	Topolany	4	0,7
Nedvězí	5	0,8	Týneček	13	2,1
Nemilany	8	1,3	Celkem	615	100,0



**Obr. 17** Lokalizace zelených stěn na katastru města Olomouce v roce 2022

Zdroj: podkladová mapa Open Street Map, ArcČR 500 (2016), vlastní zpracování v programu ArcGIS Pro

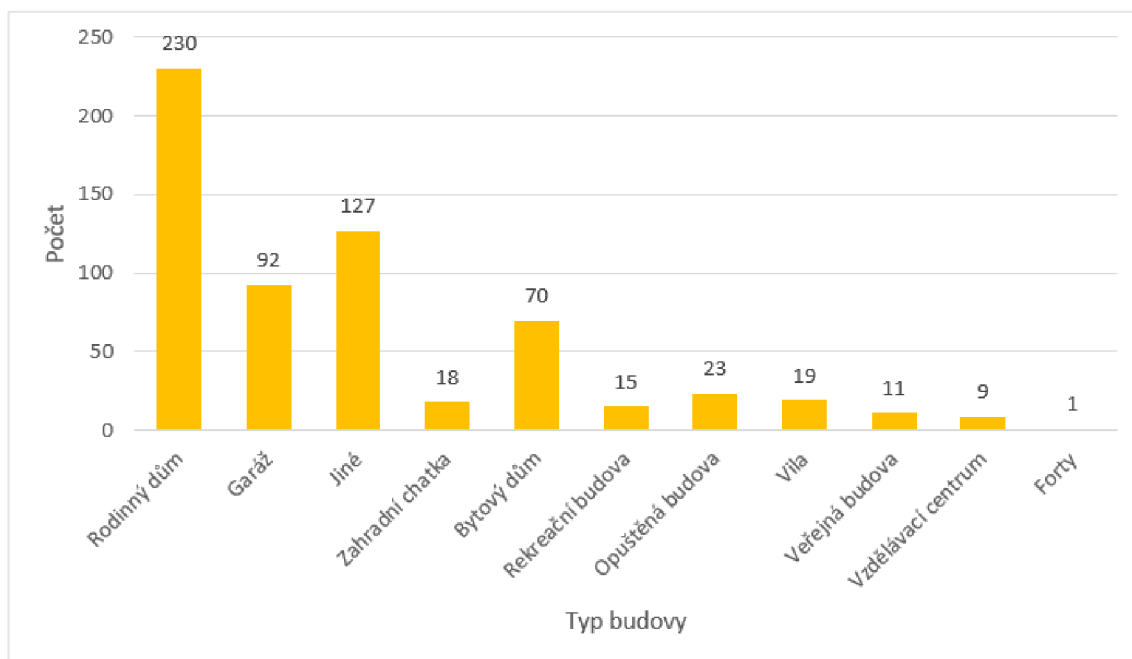
Pro rozložení zelených stěn platí podobná interpretace jako u zelených střech, opět ilustrováno pomocí metody kartogramu (Obr. 18). Tedy více zelených stěn můžeme najít v kompaktní městské zástavbě Olomouce, naopak v okrajových částech města jako jsou Lošov, Chválkovice, Černovír apod. se vyskytuje zezeň na fasádách budov v přepočtu na rozlohu méně, protože jsou zde významné plochy bez zástavby. Výjimkou jsou Svatý Kopeček a Radíkov, kde je zelených stěn na přepočet plochy oproti ostatním okrajovým částem více. Podle dat z Tab. 6 vykazují městské části Pavlovičky a Nový Svět relativně nízké počty zelených stěn navzdory tomu, že přiléhají k centrální části města. Pro Pavlovičky je to dáno tím, že přibližně polovina území je již bez souvislé zástavby. Zástavba ve zbytku oblasti je poměrně řídká. Nový Svět je sice zastavěná část, nicméně rozměrově velmi malá, dle dat ArcČR 500 (2016) je její rozloha jen 0,19 km<sup>2</sup>. Při přepočtu na plochu území tak Nový Svět patří do kategorie 20,1 a více zelených stěn na km<sup>2</sup> (Obr. 18), i když se jich zde ve skutečnosti nachází jen osm. Porovnáme-li výsledky obou zelených prvků, můžeme tvrdit, že na katastru města se nachází asi 8,5krát více zelených stěn než zelených střech.



**Obr. 18** Hustota zelených stěn v jednotlivých městských částech města Olomouce v roce 2022

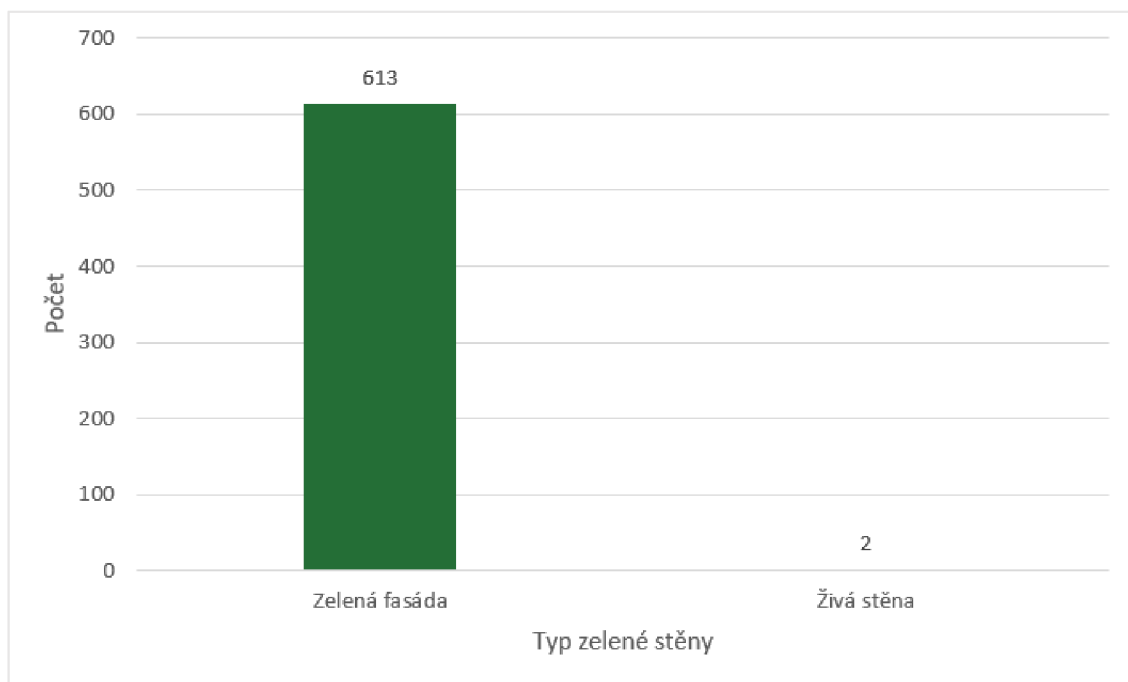
Zdroj: ArcČR 500 (2016), vlastní zpracování v programu ArcGIS Pro

Tak jako u zelených střech i u zelených stěn je posuzováno, na jakých typech budov se vegetace nachází. Zelené stěny můžeme v Olomouci vidět nejvíce na rodinných domech, a to přibližně třetinu zmapovaného počtu. Na základě terénního průzkumu se dá odhadovat, že většinou je rozhodujícím faktorem pro výsadbu a údržbu zeleně na fasádách rodinných domů spíše funkce estetická než ekologická. Se 127 zelenými stěnami následuje kategorie „Jiné“, která zahrnuje stejné typy budov jako popisované v této kapitole práce u zelených střech. Vegetace pokrývá stěny téměř 100 garáží, většinou u rodinných domů. Opět na základě terénního průzkumu můžeme tvrdit, že zeleň na garážích je pro obyvatele oblíbeným a poměrně častým prvkem. V grafu na Obr. 19 ještě vyčnívá počet zelených stěn na bytových domech, kterých je na katastru města 70. U ostatních objektů se čísla pohybují v nízkých desítkách až jednotkách.



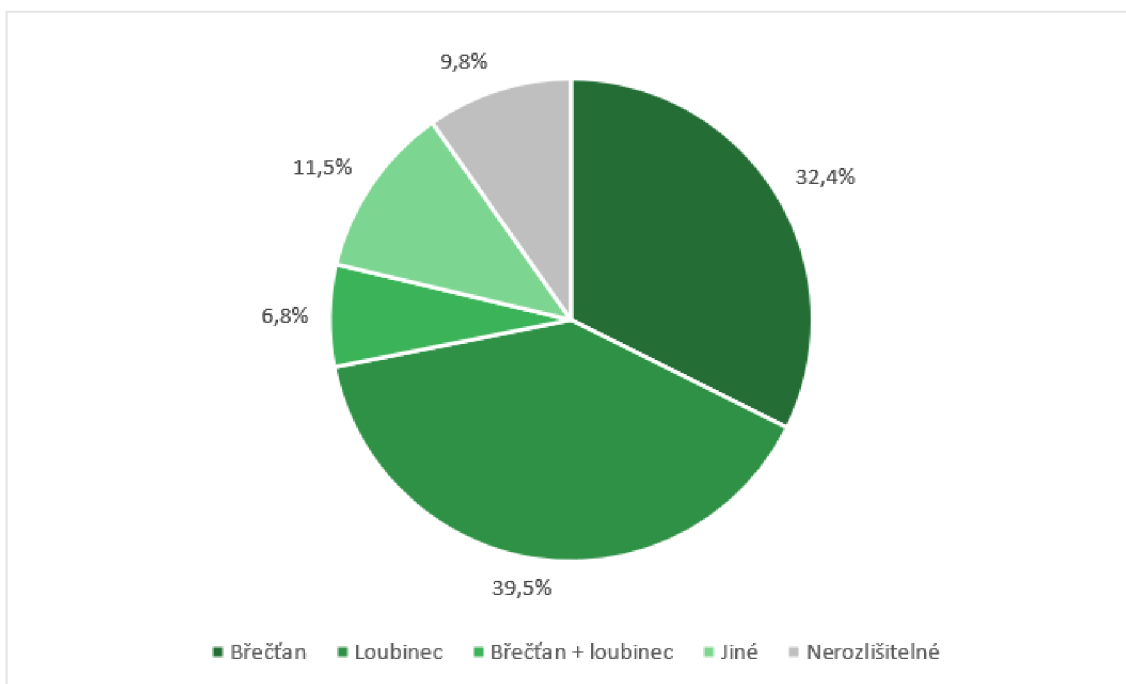
**Obr. 19** Klasifikace zelených stěn na území města Olomouce podle typu budovy, na které je realizována

Výsledky klasifikace zelených stěn na katastru města Olomouce na zelené fasády a živé stěny jsou jednoznačné (Obr. 20). Naprostá většina zelených stěn v Olomouci je klasifikována jako zelená fasáda, konkrétně se jedná o 613 zelených stěn. Nachází se zde pouze dvě živé stěny. Jedna pokrývá část povrchu bytového domu v městské části Hejčín, druhá se nachází v městské části Hodolany na budově hotelu, přičemž taktéž pokrývá jen část objektu.



**Obr. 20** Klasifikace zelených stěn na území města Olomouce podle typu

Dvě nejčastější rostliny, pokrývající fasády budov v Olomouci, jsou břečťan a loubinec (Obr. 21). Břečťan (Obr. 22) se nachází přibližně na jedné třetině všech fasád, loubinec (Obr. 23) jich pokrývá ještě o něco více, necelých 40 %. Někdy tvoří vegetační pokrytí na budově břečťan i loubinec zároveň, což zobrazuje samostatná kategorie. Dohromady tedy tyto dvě rostliny, ať už samostatně nebo ve společné kombinaci, pokrývají asi tři čtvrtiny všech budov pokrytých vegetací na fasádě, což představuje počet 484 budov. Lze odhadovat, že oblíbenost těchto pnoucích dřevin souvisí s nenáročnou údržbou, a také (s tím spojenými) nízkými náklady – ať už na výsadbu či právě na údržbu. Roli jistě může hrát i fakt, že tyto rostliny mohou začít po stěně růst z půdy i bez vůle a původního zájmu majitele. Tím tedy nevznikají ani žádné náklady na výsadbu a na majitelově rozhodnutí poté je, zda vegetaci začne nějakým způsobem udržovat nebo ji z fasády odstraní. Asi desetinu zelených stěn tvoří rostliny jiné než dvě popisované výše, jedním z příkladů mohou být odrůdy vinné révy.



**Obr. 21** Klasifikace zelených stěn na území města Olomouce podle rodu rostliny



**Obr. 22** Příklad fasády pokryté břečťanem  
Zdroj: pořízeno autorem dne 26. 9. 2022

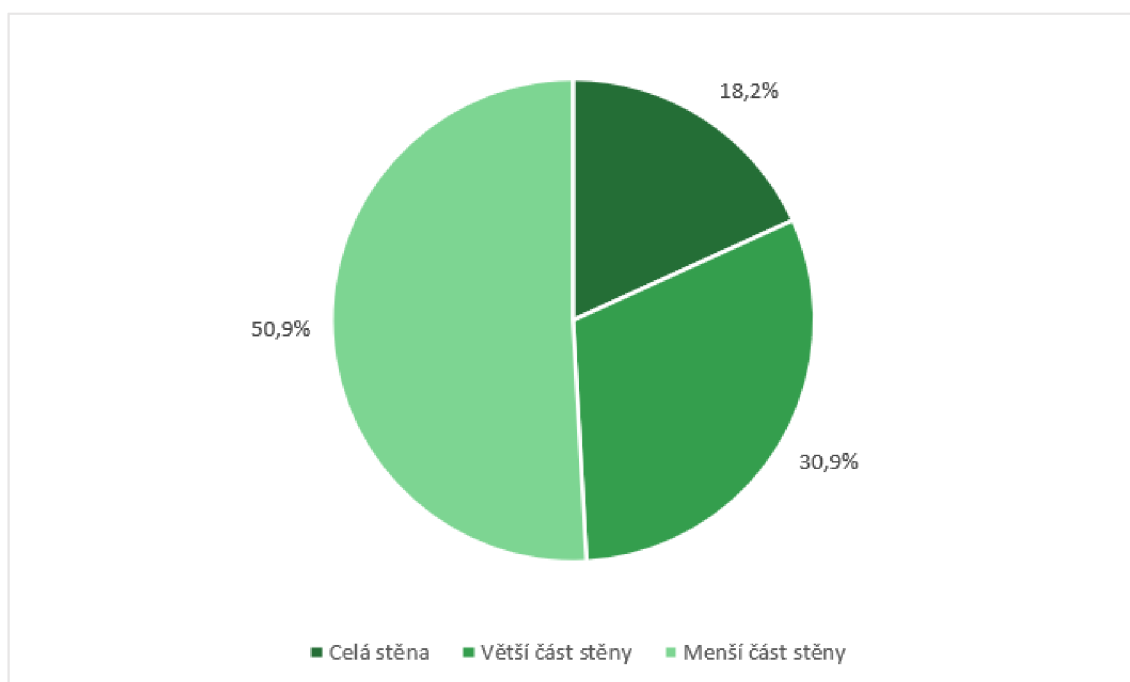


**Obr. 23** Příklad fasády pokryté loubincem  
Zdroj: pořízeno autorem dne 29. 9. 2022

Opět obdobně jako u zelených střech bylo pro zelené stěny posuzováno procento pokrytí fasády zelení. Je využito stejné kategorizace jako v případě zelených střech, tedy „celá stěna“, „větší část stěny“ a „menší část stěny“. Okna v tomto případě nejsou počítána jako součást stěny. Z Obr. 24 je možné vyčíst, že přibližně 50 % budov je zelení pokryto na méně než polovině plochy fasády. Konkrétně se jedná o 313 objektů. Necelá třetina má fasádu pokrytou z větší části a zaokrouhleně 18 % má fasádu pokrytou celou.

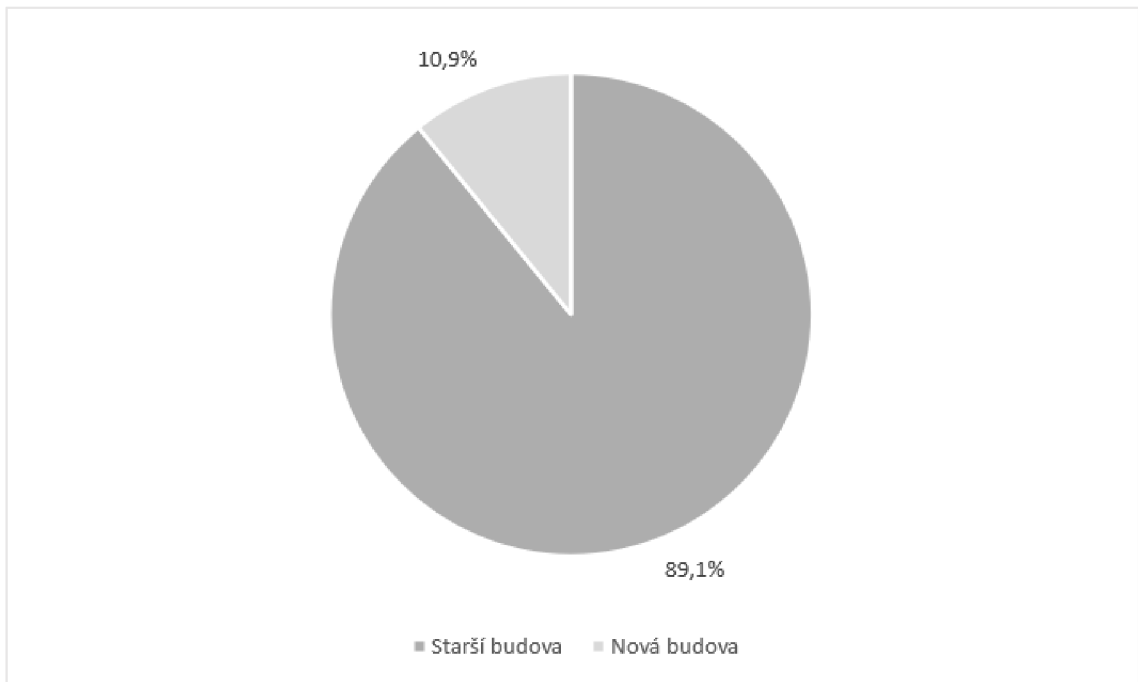


Výsledky pro míru pokrytí plochy vegetací jsou v porovnání se střechami u fasád opačné. Vysvětlení můžeme hledat v samotné realizaci těchto zelených prvků. Jak je vidět z Obr. 20, zelené stěny jsou v mnohem větší míře porosteny popínavými, často samovolně rostoucími rostlinami (v této práci považované za zelené fasády) než rostlinami zasazenými v pěstebních kontejnerech (v této práci pod označením živé stěny). Proto je plocha pokrytí ovlivněna zejména rozrůstáním rostliny a nízkou rychlostí tohoto procesu. U zelených střech je situace jiná především v tom, že se většinou realizují záměrně ve spolupráci s odbornou firmou, přičemž se zpravidla počítá s pokrytím celé střechy.



**Obr. 24** Klasifikace zelených stěn na území města Olomouce podle míry pokrytí plochy vegetací

Z výsledků terénního mapování vyplývá, že zelené stěny na území města Olomouce pokrývají většinou starší budovy, jen asi každá desátá budova je klasifikována jako nová. Konkrétně se jedná o 548 starších objektů, což je přibližně 89 % z celkového počtu (Obr. 25). Necelých 11 % budov, pokrytých zelenou stěnou, potom bylo postaveno po roce 2003. Při porovnání s výsledky pro zelené střechy můžeme vidět vyšší podíl starších budov.



**Obr. 25** Klasifikace zelených stěn na území města Olomouce podle stáří budovy

## 6 Souhrn a diskuse výsledků

Jak ukazují prezentované výsledky, na území města Olomouce se nachází 72 zelených střech a 615 zelených stěn. Jejich rozložení se koncentruje především do městské souvislé zástavby. Alespoň čtyři zelené stěny se vyskytují v každé z městských částí. Naproti tomu v osmi městských částech nenajdeme žádnou zelenou střechu. Pro oba tyto zelené prvky platí, že v rámci svých výskytů hojně pokrývají rodinné domy a garáže. Zatímco intenzivní a extenzivní zelené střechy jsou na katastru města zastoupeny rovnoměrně, u zelených stěn jednoznačně převažují zelené fasády. Rozdílné jsou i plochy pokrytí. Zatímco u zelených střech je patrná tendence pokrýt spíše větší plochu střechy, zelené stěny pokrývají většinou menší část plochy. Zelené střechy se také oproti zeleným stěnám častěji nachází na nových budovách. Z hlediska vegetačního pokrytí zelených stěn na území města Olomouce dominují břechťan a loubinec.

V budoucích průzkumech týkajících se zelených střech, respektive zelených stěn na území města Olomouce je možné navázat na již získaná data a rozšířit jejich analýzu o další výstupy. Počty zelených střech/zelených stěn mohou být např. přepočteny na počet obyvatel města či jednotlivých městských částí, popřípadě i na počet budov (opět pro celé město i městské části). Dalším návrhem je analýza počtu zelených střech a zelených stěn pro jednotlivé městské klimatické zóny (z angl. *Local Climate Zones – LCZ*), které ve své práci popisují např. Lehnert & Geletič (2017). Tyto další výstupy by umožnily porovnání města Olomouce s větším počtem měst (nejen) v mezinárodním měřítku. Prezentované výsledky terénního mapování a výstupy této práce zároveň dávají základ pro výzkumy a měření týkající se funkcí zeleně na střechách a fasádách. Na výsledky této práce se dá navázat řadou výzkumů, například měřením povrchových teplot objektů pokrytých zelení, měřením teplot uvnitř takových objektů nebo zjišťováním vlivu vegetace na budovách na tepelné prostředí města.

Výsledky této práce jsou porovnávány s městem Opava, kde ve druhé polovině roku 2022 probíhal obdobný průzkum jako na území města Olomouce, který zpracoval student Univerzity Palackého v Olomouci Jakub Kremser. Dle dat ArcČR 500 (2016) je rozloha města Olomouce 103,3 km<sup>2</sup> a rozloha města Opavy 90,6 km<sup>2</sup>. Nejedná se tedy o zásadní rozdíl. Při pohledu na mapy obou měst je ovšem zjevná odlišná velikost zástavby, více zastavěné plochy se nachází v Olomouci, což je zřejmě hlavní důvod toho, že se zde nachází více zelených střech i zelených stěn. Zelených střech je zde 72 oproti 28 v Opavě,

zelených stěn má Olomouc 615, zatímco Opava 203. Na základě těchto dat tedy můžeme konstatovat, že v Olomouci se nachází asi 2,5krát více zelených střech a 3krát více zelených stěn. Jako zvláštní kategorii Kremser (2023) ve své práci uvádí osm zastávek MHD, které jsou zastřešené a pokryté vegetací. V Olomouci se žádná taková zastávka nenachází.

Zatímco v Olomouci jsou zelené střechy při dělení na intenzivní a extenzivní rozděleny přesně na dvě poloviny, v Opavě podle Kremsera (2023) značně převažuje extenzivní typ, konkrétně 85,7 % z celkového počtu. Rozdílné jsou i údaje o ploše pokrytí zelených střech, kdy v Opavě je většina střech pokryta zelení z menší části, v Olomouci naopak převažuje pokrytí celé plochy střechy. I u zelených stěn se statistické údaje z tohoto pohledu liší, zatímco v Olomouci převažuje pokrytí vegetací na menší části fasády, v Opavě zelen nejčastěji pokrývá větší část stěny, následně celou stěnu a nejméně se vegetace vyskytuje na menší části stěny. Výsledky obou prací se shodují ve výskytu většiny zelených stěn na starších budovách, tedy postavených před rokem 2003. Pro obě města rovněž platí, že jak zelené střechy tak zelené stěny se koncentrují v centrální části katastrálního území, tedy v souvislé městské zástavbě. Rodová skladba rostlin porovnávána není, jelikož Kremser (2023) ve své práci rozlišuje tuto kategorii jen na břečťan a jiné.

Bereme-li v potaz klasifikaci zelených stěn podle Manso a Castro-Gomes (2015) na zelené fasády a živé stěny, jednoznačně na území města Olomouce převládá první zmiňovaný typ. Může to souviset s tím, že je na území města relativně málo zelených stěn u nových budov. Můžeme předpokládat, že živé stěny se spíše než na starších objektech realizují ve větší míře na nových budovách, u kterých se již při plánování počítá s výsadbou zeleně na fasádě. Potvrzují to i dvě živé stěny na území města Olomouce, jelikož obě jsou realizovány na objektech postavených v posledních několika letech. Naproti tomu u starších budov se z ekonomického hlediska nevyplatí provádět rekonstrukci stěny tak, aby byla přizpůsobena výsadbě živé stěny, proto se zpravidla volí realizace zelené fasády.

Otázkou a podnětem pro další diskusi je, jaké parametry by měly zelené střechy, ale zejména zelené stěny mít, aby již byly schopny plnit ekologickou funkci, která má pro nejbližší okolí význam, a mohly tedy být klasifikovány jako prvky zelené infrastruktury. Právě kvůli relativně zanedbatelnému významu do této práce nebyly zahrnuty zelené

stěny velmi malých rozměrů, typicky nedosahující úrovně oken v přízemí, jak je uvedeno v kapitole 4 Metody. V případě zelených stěn můžeme mluvit o absenci jednotné metodiky. Při pohledu na městskou krajinu můžeme vidět velmi různorodé formy vegetace na fasádách budov. Můžeme diskutovat, co ještě lze klasifikovat jako zelenou stěnu. Příkladem nejednotné metodiky může být vegetace porostlá na umělé konstrukci, která je spojena se samotnou budovou pouze pomocí drobných konstrukčních prvků typu kovových rámu. Zeleň má v tomto případě zcela jistě estetický i ekologický efekt, otázkou ovšem zůstává, zda se jedná o prvek, který můžeme klasifikovat jako zelená stěna nebo již spíše o prvek, který bychom klasifikovali jako zeleň ve volném prostranství, či případně jinak. Je proto zapotřebí další diskuse zainteresovaných subjektů za účelem vzniku jednotné metodiky. Bez ní je komplikované také porovnání s jinými městy.

Pokud by podobná práce na téma zelených střech a zelených stěn pro město Olomouc byla zpracována v budoucnu, například v horizontu deseti let, dá se očekávat vyšší podíl vegetace na nově postavených budovách. Čím dál více se mluví a diskutuje téma důležitosti prvků zelené infrastruktury, kam řadíme i zelené střechy a zelené stěny, a obecně platí, že větší podíl populace uvažuje a následně i realizuje tyto zelené prvky na svých nově vystavěných budovách, a to z různých důvodů, kterými jsou estetická funkce, ekologická funkce a zmíněná důležitost zeleně v městském prostředí a samozřejmě také možné dotace při realizaci zelené střechy nebo zelené stěny.

Ačkoliv byl v rámci terénního mapování projit celý katastr města, lze odhadovat, že prvků zelené infrastruktury v podobě zelených střech a zelených stěn je na tomto území ve skutečnosti o něco více než zmiňuje tato práce, jelikož průzkum naráží na své limity. Využito bylo všech dostupných prostředků pro terénní průzkum, tedy samotné terénní mapování i ortofoto snímky a mapový 3D pohled. Největší překážka terénního mapování je nedostupnost některých objektů (např. z důvodu lokalizace budovy na nepřístupném soukromém pozemku). Nevýhodou leteckých snímků je jejich zobrazení pod určitým, neměnným úhlem, 3D pohled má zase omezenou kvalitu rozlišení. Pokud využíváme 3D pohled pro centrum města, jsou snímky v relativně vysoké kvalitě. Čím více se ale oddalujeme od středu města, tím je kvalita horší, přičemž okrajové městské části jako jsou například Chomoutov, Nedvězí, Lošov nebo Radíkov mají kvalitu snímků zhoršenou natolik, že vegetace na fasádách budov častokrát splývá s okolní zelení v podobě stromů a trávníků a velmi obtížně se odlišuje. Aby bylo zajištěno, že budou zmapovány opravdu všechny zelené střechy a zelené stěny na území města, bylo by zřejmě zapotřebí ke

stávajícím datům ještě dotazníkového šetření přímo s majiteli či správci každého objektu. U opuštěných budov a staveb, kde se nepodaří majitele či obyvatele kontaktovat, by bylo potřeba zjistit případné zelené prvky přímo z terénu. V úvahu připadá i využití dronů s kamerou, zde je ovšem potřeba zajistit patřičná oprávnění.

Dalším tématem pro diskusi je, jak posuzovat záměrnost zelených střech a zelených stěn na objektech. Bylo by vhodné vytvořit jednotnou a obecnou klasifikaci pro posuzování záměrnosti pouhým pohledem, tedy bez dalších informací od majitele. Jedním z možných navrhovaných řešení je určit jasné prvky jako konkrétní identifikátory pro záměrnost. Například, spojení pnoucích rostlin s volnou půdou je u fasády v pravidelných rozstupech, klasifikujeme ji proto jako záměrnou. Nebo naopak vrstva vegetace je od fasády směrem do okolí viditelně nejednotně silná, navíc se rostlina rozrůstá nahodile do všech směrů, klasifikujeme ji proto jako nezáměrnou. U zelených střech je vizuální odhad přeci jen přesnější a lépe se dá rozpoznat, zda je vegetace na střeše záměrně či ne. Jednoznačné je klasifikování záměrnosti u viditelně vysazených zelených střech s vrstvou substrátu nebo posuzování záměrnosti u živých stěn, kdy jsou rostliny umístěny v pěstebních kontejnerech. V obou uvedených příkladech by se jednalo o záměrně vysazenou zeleň.

Přesto můžeme alespoň na základě posouzení při terénním mapování odhadovat, že asi 80 % zelených střech a 60 % zelených stěn je na katastru města Olomouce záměrných. Je zapotřebí navazujícího průzkumu, nejspíše formou dotazníkového šetření, aby byly tyto informace ověřeny, případně vyvráceny, a to přímo s majiteli, respektive obyvateli jednotlivých objektů.

Dle informací Magistrátu města Olomouce (dále jen MMOL), s jehož vodohospodářem byl konzultován obecný postoj města k zeleným střechám a zeleným stěnám, se na městských budovách tyto prvky téměř nevyskytují (Ing. Petra Nadymáčková, osobní rozhovor, 27. března 2023). Jedná se o počet asi čtyř zelených střech, konkrétně na objektu Terežská brána, na jedné z poboček MMOL, na terase Pavilonu A Výstaviště Flora a na základní škole Demlova, kde zelená střecha momentálně není, nicméně její výsadba je již schválena a realizace se plánuje do roku 2025. Tím pádem ani neexistuje databáze o počtu a lokalizaci zelených střech nebo zelených stěn. Město Olomouc nicméně v budoucnu plánuje v maximální možné míře aplikovat zelené střechy při rekonstrukci budov pod jeho správou. Kromě výše zmíněné

ZŠ Demlova se diskutuje realizace zelených střech u dalších tří základních a jedné mateřské školy. U těchto školských zařízení se nicméně zatím jedná pouze o doporučení, které říká, že bude-li se v budoucnu rekonstruovat střecha objektu, bude vhodné pokrýt ji vegetací. Pro tyto objekty ovšem nejsou zpracované žádné posudky ani projekty, proto není jisté, zda bude výsadba zeleně na střeše vůbec proveditelná, například z hlediska statiky budovy nebo sklonu střechy kvůli případné údržbě. Zda se v případě budoucí rekonstrukce skutečně zelená střecha zrealizuje bude také záležet na stavu rozpočtu města.

Výhodu realizace zelených střech vidí město zejména v možnostech čerpání dotací a snížení tepelné zátěže města (Ing. Petra Nadymáčková, osobní rozhovor, 27. března 2023). Projekty týkající se zelených střech a zelených stěn jsou pro území města teprve v začátcích, proto zatím můžeme mluvit o absenci zpětné vazby. Město Olomouc nemá pravomoci nařídít realizaci zeleně na střechách či stěnách objektů, nicméně snaží se alespoň prosazovat a doporučovat výsadbu vegetace především na velkých objektech jako jsou např. skladovací haly, a to za pomoci studie, kterou pro město zpracoval Vitek et al. (2018). Na základě výsledků uvedené studie vznikl dokument „*Hospodaření se srážkovými vodami – cesta k modrozelené infrastruktuře*“, kde je mj. popisován přínos a potřeba realizovat zelené střechy a zelené stěny ve městě. V současnosti je diskutován možný vznik metodiky, která bude doporučovat realizaci zelených střech a zelených stěn při výstavbě či rekonstrukci určitých typů objektů.

## 7 Závěr

Určením této bakalářské práce bylo zmapovat výskyt zelených střech a zelených stěn na katastrálním území města Olomouce. Zjišťován byl počet těchto zelených prvků a lokalizace. Došlo také ke kategorizaci, která utváří konkrétnější přehled o vzhledu zelených střech a zelených stěn, a také dává představu o tom, na jakých místech se nejčastěji vyskytují.

Terénní průzkum probíhal na podzim roku 2022. Z výsledků průzkumu vyplývá, že na území města Olomouce se nachází 72 zelených střech a 615 zelených stěn, kterých je tedy oproti zeleným střechám 8,5krát více. Obecně jsou zelené střechy i zelené stěny koncentrovány do souvislé městské zástavby. Při kategorizaci těchto dvou zelených prvků bylo zjištěno, že se nejvíce vyskytují na objektech v soukromém vlastnictví, typicky na rodinných domech, zahradních objektech či garážích. Výsledky dále ukazují, že nejčastěji jsou fasády pokryty břečťanem či loubincem, přesně polovina zelených střech je potom klasifikována jako intenzivní a polovina jako extenzivní. Z počtu 615 zelených stěn jsou pouze dvě klasifikovány jako tzv. živá fasáda. Odlišné jsou hodnoty pro míru plochy pokryté vegetací a stáří budovy, na kterých se zelený prvek vyskytuje. U zelených střech byla zaznamenána tendence pokrývat celou plochu střechy nebo alespoň její převážnou část, u zelených stěn je charakteristika opačná, když spíše pokrývají fasády na menší části plochy. Zároveň se zelené střechy oproti zeleným stěnám vyskytují více na budovách postavených po roce 2003.

Zjištěné výsledky vytváří databázi zelených střech a zelených stěn na území města Olomouce, včetně lokalizace. Zároveň jsou zdrojem informací o vlastnostech těchto zelených prvků a tvoří tedy primární data, která mohou být využita v případných následujících výzkumech. Může se jednat o další analýzu těchto dat (např. přepočty atributů na jednotku plochy či počet budov), případně o výzkumy, které budou zaměřeny na účinky vegetace (např. vliv na tepelné prostředí města či teplotu uvnitř objektu).



## 8 Summary

The aim of this bachelor thesis was to find out how many green roofs and green walls occur in the city of Olomouc and to localize them. A categorization of green roofs and green walls was also made. The data was collected by the author of this bachelor thesis during the fieldwork that took place in autumn 2022. In addition, the author got some more data about occurrence of green roofs and green walls from the aerial images and 3D views of the city. In the theoretical part, current knowledge and positive effects of green roofs and green walls were summarized.

Information about green roofs and green walls was collected by the author during the fieldwork. The author wrote down the information about the type of building, the type of green roof/green wall, the area covered by vegetation and the age of the building for both green roofs and green walls. The author also estimated the intention of the vegetation on the building surface. For every green element the information about geographical coordinates was written down too. In addition, the author took a photo of the green roof/green wall. As a next step, the data was analyzed via computer software ArcGIS Pro and Microsoft Excel. Subsequently, maps, tables and graphs were created.

There were found out 72 green roofs and 615 green walls in the city of Olomouc, so one can see that in Olomouc there are significantly more green walls than green roofs. Both green roofs and green walls are concentrated in the city centre where large built-up area is located. Often, these green elements occur on the surfaces of family houses, garages, or similar private objects. Talking about green roofs, exactly the half of them is classified as intensive and the other half as extensive. Usually, green roofs occur on the roofs of new buildings and the greenery mostly cover the whole surface of the roof. On the opposite, green walls usually occur on the surfaces of old buildings and the vegetation mostly cover only smaller part of the wall. Only two green walls are classified as living walls, all the other green walls are classified as green facades. Two main plant species covering green walls in Olomouc are hедера and parthenocissus.

## 9 Seznam zdrojů

ArcČR 500 verze 3.3. (2016). ARCDATA PRAHA.

<https://www.arcdata.cz/produkty/geograficka-data/arccr-4>

Baroš, A., Čížek, M., Frantík, D., Hrafnadóttir, H., Jónsson, T., Kalová, E., Kaptein, M., Karnecki, J., Kepertová, K., Kundera, M., Peřinová, H., Rieger, V., Řezáč, M., Slavíková, M., Sponar, J., Šeptunová, Z., Šmída, D., Šperling, M., Tolarová, I., . . . Židlický, D. (2015). *Adaptace na změnu klimatu ve městech: pomocí přírodě blízkých opatření*. Nadace Partnerství.

*Basemap: OpenStreetMap*. (2023). Esri.

Berardi, U. (2016). The outdoor microclimate benefits and energy saving resulting from green roofs retrofits. *Energy*, 121, 217-229.

<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.03.021>

Bianchini, F., & Hewage, K. (2012). How “green” are the green roofs? Lifecycle analysis of green roof materials. *Building and Environment*, 48, 57-65.

<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.08.019>

Česká meteorologická společnost. (n.d.). *Elektronický meteorologický slovník*.

<http://slovník.cmes.cz/>

Český statistický úřad. (2023). *Veřejná databáze*. <https://vdb.czso.cz/vdbvo2/>

Dobrovolný, P., Řezníčková, L., Brázdil, R., Krahula, L., Zahradníček, P., Hradil, M., Doleželová, M., Šálek, M., Štěpánek, P., Rožnovský, J., Valášek, H., Kirchner, K., & Kolečka, J. (2012). *Klima Brna: víceúrovňová analýza městského klimatu*. Masarykova univerzita.

Dostál, P., Hekrle, M., Hoffmann, J., Lášek, Š., Macháč, J., Machů, M., Neudertová, E., Petrů, J., & Vejmelka, A. (2020). *Ekonomika a přínosy zelených střech: Příručka pro investory, architekty a projektanty, představující efektivitu zelených střech*. Česká rada pro šetrné budovy.

<https://www.czgbc.org/files/2021/01/91b65a0bf6725d54354f59daa9f46f0b.pdf>

European Environment Agency. (2016). *Urban adaptation to climate change in Europe 2016: Transforming cities in a changing climate*. Publications Office of the European Union.

Geletič, J., Lehnert, M., Resler, J., Krč, P., Middel, A., Krayenhoff, E. S., & Krüger, E. (2022). High-fidelity simulation of the effects of street trees, green roofs and green walls on the distribution of thermal exposure in Prague-Dejvice. *Building and Environment*, 223. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109484>

Kladivo, P., & Šimáček, P. (2011). Vývoj a prostorové rozložení bytového fondu Olomouce. *Urbanismus a územní rozvoj*, 14(2), 32-38. [https://www.uur.cz/media/hv2jpoym/05\\_vyvoj.pdf](https://www.uur.cz/media/hv2jpoym/05_vyvoj.pdf)

Kopp, J., Frajer, J., Lehnert, M., Kohout, M., & Ježek, J. (2021). Integrating concepts of blue-green infrastructure to support multidisciplinary planning of sustainable cities. *Problemy Ekorozwoju*, 16(2), 137-146.

[https://scholar.google.cz/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=cs&user=gfwRwHsAAAJ&sortby=pubdate&citation\\_for\\_view=gfwRwHsAAAJ:q3oQSFYPqjQC](https://scholar.google.cz/citations?view_op=view_citation&hl=cs&user=gfwRwHsAAAJ&sortby=pubdate&citation_for_view=gfwRwHsAAAJ:q3oQSFYPqjQC)

Kopp, J., Raška, P., Vysoudil, M., Ježek, J., Dolejš, M., Veith, T., Frajer, J., Novotná, M., & Hašová, E. (2017). *Ekohydrologický management mikrostruktur městské krajiny*. Západočeská univerzita v Plzni.

Kravčík, M., Pokorný, J., Kohutiar, J., Kováč, M., & Tóth, E. (2007). *Voda pre ozdravenie klímy - nová vodná paradigma*. Krupa Print.

[http://www.waterparadigm.org/download/Voda\\_pre\\_ozdravenie\\_klimy\\_Nova\\_vodna\\_paradigma.pdf](http://www.waterparadigm.org/download/Voda_pre_ozdravenie_klimy_Nova_vodna_paradigma.pdf)

Kremser, J. (2023). *Zelené střechy a zelené stěny v Opavě* [Bakalářská práce]. Univerzita Palackého v Olomouci.

Lehnert, M., & Geletič, J. (2017). Místní klimatické zóny a jejich význam ve městech České republiky. *Urbanismus a územní rozvoj*, 20(2), 9-16.

<https://www.uur.cz/media/pfzkvoqs/04-mistni.pdf>

Lehnert, M., Geletič, J., & Jurek, M. (2023). Tepelný ostrov města očima současného výzkumu. *Geografické rozhledy*, 32(3), 12-15.

Maleki, A., & Mahdavi, A. (2016). Evaluation of Urban Heat Islands mitigation strategies using 3dimensional urban micro-climate model envi-met. *Asian Journal of Civil Engineering*, 17(3), 357-371.

[https://www.researchgate.net/publication/291837003\\_Evaluation\\_of\\_Urban\\_Heat\\_Islands\\_mitigation\\_strategies\\_using\\_3dimensional\\_urban\\_micro-climate\\_model\\_envi-met](https://www.researchgate.net/publication/291837003_Evaluation_of_Urban_Heat_Islands_mitigation_strategies_using_3dimensional_urban_micro-climate_model_envi-met)

Manso, M., & Castro-gomes, J. (2015). Green wall systems: A review of their characteristics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 863-871.

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.203>

Mapová služba AGS – Základní mapy ČR. (2023). Český úřad zeměměřický a katastrální. <https://ags.cuzk.cz/ArcGIS/rest/services/zm/MapServer>

Mapy.cz. (2023). ©Seznam.cz.

<https://mapy.cz/zakladni?l=0&x=17.2484000&y=49.5880000&z=11>

Nenseth, V., Třebický, V., Khajlová, V., & Pavelčík, P. (2015). *Adaptace na změnu klimatu: zahraniční inspirace*. CI2.

Pondělíček, M., Bízek, V., Emmer, A., Farda, A., Končinská, A., Krkoška Lorencová, E., Kunssberger, D., Lupač, M., Maštálka, M., Metelka, L., Struha, P., Šafařík, M., Šilhánková, V., Štěpánek, P., Tolasz, R., Trnka, M., Vačkář, D., & Zahradníček, P. (2016). *Adaptace na změnu klimatu*. Civitas per Populi.

Shafique, M., Kim, R., & Rafiq, M. (2018). Green roof benefits, opportunities and challenges – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 90, 757-773.

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.006>

The World Bank. (2023). *Urban population (% of total population)*.

[https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS?end=2021&name\\_desc=false&start=1960&view=chart](https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS?end=2021&name_desc=false&start=1960&view=chart)

Vítek, J., Vacková, M., Vítek, R., Pelčák, P., Zadražilová, M., Hora, D., & Soldán, P. (2018). *Hospodaření se srážkovými vodami – cesta k modrozelené infrastruktuře: Olomoucké stavební standardy k integraci modrozelené infrastruktury*. JV PROJEKT VH.

[https://www.olomouc.eu/administrace/repository/gallery/articles/23\\_/23422/hdv\\_cesta\\_k\\_mzi.cs.pdf](https://www.olomouc.eu/administrace/repository/gallery/articles/23_/23422/hdv_cesta_k_mzi.cs.pdf)

Vysoudil, M., Frajer, J., Geletič, J., Lehnert, M., Lipina, P., Pavelková Chmelová, R., & Řepka, M. (2012). *Podnebí Olomouce*. Univerzita Palackého v Olomouci.

Wong, N. H., Kwang Tan, A. Y., Chen, Y., Sekar, K., Tan, P. Y., Chan, D., Chiang, K., & Wong, N. C. (2010). Thermal evaluation of vertical greenery systems for building walls. *Building and Environment*, *45*(3), 663-672.

<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.08.005>

Yumino, S., Uchida, T., Sasaki, K., Kobayashi, H., & Mochida, A. (2015). Total assessment for various environmentally conscious techniques from three perspectives: Mitigation of global warming, mitigation of UHIs, and adaptation to urban warming. *Sustainable Cities and Society*, *19*, 236-249.

<https://doi.org/10.1016/j.scs.2015.05.010>

Zölch, T., Maderspacher, J., Wamsler, C., & Pauleit, S. (2016). Using green infrastructure for urban climate-proofing: An evaluation of heat mitigation measures at the micro-scale. *Urban Forestry*, *20*, 305-316.

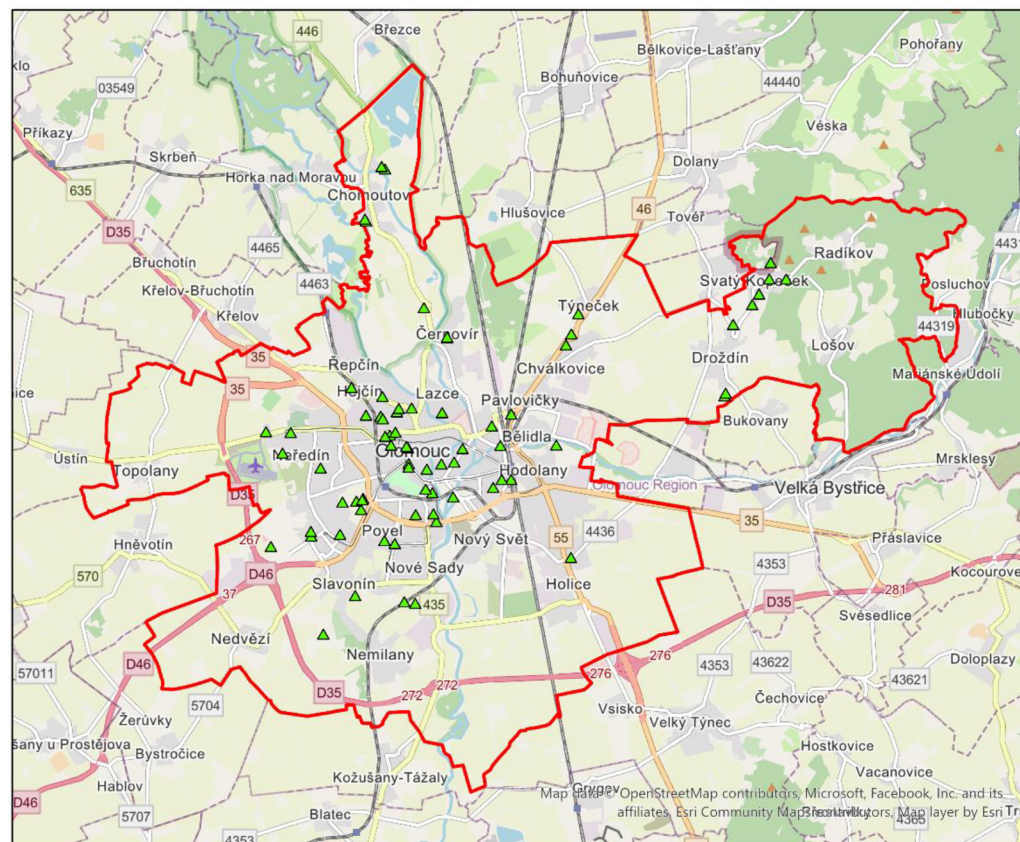
<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.09.011>

## **10 Přílohy**

- 1) Příloha 1 – mapa prostorového rozložení zelených střech na území města Olomouce v roce 2022
- 2) Příloha 2 – mapa prostorového rozložení zelených stěn na území města Olomouce v roce 2022

## Příloha 1

### Prostorové rozložení zelených střech na katastrálním území města Olomouce v roce 2022



- ▲ Zelená střecha
- Administrativní hranice katastrálního území



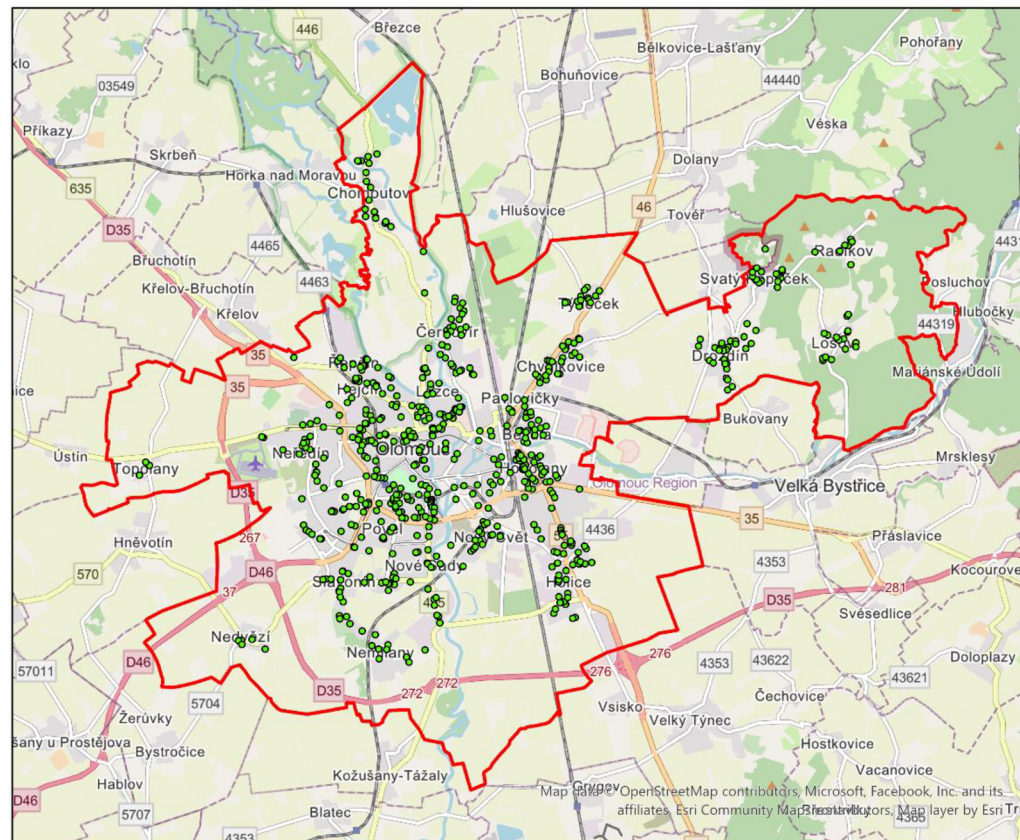
Zdroj: ArcČR 500 (2016), podkladová mapa OpenStreetMap



Michal URBAN  
Olomouc 2023

## Příloha 2

### Prostorové rozložení zelených stěn na katastrálním území města Olomouce v roce 2022



- Zelená stěna
- Administrativní hranice katastrálního území



Zdroj: ArcČR 500 (2016), podkladová mapa OpenStreetMap

0 2 4 8 km

Michal URBAN  
Olomouc 2023