

**UNIVERZITA PALACKÉHO  
V OLOMOUCI**

Přírodovědecká fakulta

Katedra geografie

Bc. Daniel RAŠKA

**Tepelný ostrov malých sídel: okolí Olomouce**

Diplomová práce

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

Olomouc 2021

## Bibliografický záznam

**Autor (osobní číslo):** Daniel Raška (R190155)

**Studijní obor:** Učitelství geografie pro SŠ (kombinace Z-F)

**Název práce:** Tepelný ostrov malých sídel: okolí Olomouce

**Title of thesis:** Heat island of small settlements: The case study for Olomouc surroundings

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

**Rozsah práce:** 82 stran, 2 vázané přílohy

**Abstrakt:** Tato práce popisuje vliv malých sídel v okolí Olomouce na pole teploty vzduchu během letních dní. K získání dat byla použita metoda mobilního měření teploty vzduchu pomocí automobilu. Průměrná intenzita tepelného ostrova studovaných sídel se pohybovala v rozmezí  $-0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$  až  $0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$  během odpoledne a v rozmezí  $0,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  až  $1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$  v noci.

**Klíčová slova:** Teplota vzduchu, malá sídla, tepelný ostrov, mobilní měření, okolí Olomouce

**Abstract:** This thesis describes the effect of small settlements around the city of Olomouc on the air temperature field during summer days. The method of mobile air temperature measurement using a car was used to gain data. The average heat island intensity of the studied settlements ranged from  $-0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$  to  $0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$  during the afternoon and from  $0,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  to  $1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$  at night.

**Keywords:** Air temperature, small settlements, heat island, mobile measuring, Olomouc surroundings

Prohlašuji, že jsem zadanou diplomovou práci vypracoval samostatně a veškerou použitou literaturu jsem řádně uvedl v seznamu literatury.

V Olomouci dne 29. dubna 2021

.....

Děkuji Mgr. Michalu Lehnertovi, Ph.D. za ochotný přístup při vedení této práce, poskytnuté rady a doporučení, materiály a zapůjčení přístrojů k měření. Dále bych chtěl poděkovat rodině a přátelům za podporu při této práci.

# UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Akademický rok: 2019/2020

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Bc. Daniel RAŠKA  
Osobní číslo: R190155  
Studijní program: N0114A330001 Učitelství geografie pro střední školy  
Studijní obor: Učitelství geografie pro střední školy maior  
Učitelství fyziky pro střední školy minor  
Téma práce: Tepelný ostrov malých sídel: okolí Olomouce  
Zadávající katedra: Katedra geografie

### Zásady pro vypracování

Diplomová práce se bude zabývat vlivem malých sídel na teplotní pole. V letních dnech s předpokladem radiačního režimu počasí bude za pomoci automobilu a teploměru s rychlou odezvou prováděno mobilní měření teploty vzduchu ve vybraných sídlech a jejich okolí. Výsledky práce budou pomocí vhodných statistických metod a grafických nástrojů interpretovány v kontextu vybraných geofaktorů.

Navržená struktura práce:

1. Úvod
2. Cíle
3. Účelová charakteristika území
4. Teoretická východiska
5. Metody
6. Výsledky
7. Diskuze
8. Závěr
9. Summary
10. Seznam zdrojů

Rozsah pracovní zprávy: 20 000 – 24 000 slov  
Rozsah grafických prací: Podle potřeb zadání  
Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam doporučené literatury:

- BOKWA, A., HAJTO, M. J., WALAWENDER, J. P., SZYMANOWSKI, M. (2015): Influence of diversified relief on the urban heat island in the city of Kraków, Poland. *Theor Appl Climatol*, 122(1-2), 365-382. DOI: 10.1007/s00704-015-1577-9.
- DOBROVOLNÝ, P., KRAHULA, L. (2015): The spatial variability of air temperature and nocturnal urban heat island intensity in the city of Brno, Czech Republic. *Moravian Geographical Reports*, 23(3), 8-16. DOI: 10.1515/mgr-2015-0013.
- GEIGER, R., ARON, R. H., TODHUNTER, P. (2003): *The Climate Near the Ground*. Rowman & Littlefield publishers, Inc., Lanham, 584 s.
- GELETIČ, J., LEHNERT, M. (2017): Místní klimatické zóny a jejich význam ve městech České republiky. *Urbanismus a územní rozvoj* 20, 2, 9-16.

- LEHNERT, M., GELETIČ, J., DOBROVOLNÝ, P., JUREK, M. (2018). Temperature differences among local climate zones established by mobile measurements in two central European cities. *Climate Research*, 75(1), 53-64.
- LEHNERT, M., KUBEČEK, J., GELETIČ, J., JUREK, M., FRAJER, J. (2018). Identifying hot and cool spots in the city centre based on bicycle measurements: the case of Olomouc, Czech Republic. *Geographica Pannonica*, 22(4), 230-240.
- OKE, T. R., MILLS, G., CHRISTEN, A., & VOOGT, J. A. (2017). *Urban climates*. Cambridge University Press.
- PROŠEK, P., REIN, F. (1982): Mikroklimatologie a mezní vrstva atmosféry. SPN, 237 s.
- STEWART, I. D., OKE, T. R. (2012): Local Climate Zones for Urban Temperature Studies. *American Meteorological Society*, 93(12), 1879-1900. DOI: 10.1175/BAMS-D-11-00019.2
- STŘEDOVÁ, J. et al. (2011): Mikroklima a mezoklima měst, mikroklima porostů. Český hydrometeorologický ústav, Praha. 120 s.
- VYSOUDIL, M. et al. (2012): Podnebí Olomouce. *Climate of Olomouc*. Vydavatelství Univerzity Palackého, Olomouc, 212 s.

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

Datum zadání diplomové práce: **28. února 2020**  
Termín odevzdání diplomové práce: **30. dubna 2021**

L.S.

---

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

---

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

V Olomouci dne 28. února 2020

# Obsah

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>CÍLE</b> .....	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>ÚČELOVÁ CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ</b> .....	<b>10</b>
3.1	GEOMORFOLOGICKÁ A GEOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA.....	10
3.2	HYDROLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA .....	11
3.3	KLIMATICKÁ CHARAKTERISTIKA .....	11
3.4	KRAJINNÝ POKRYV A VYUŽITÍ ÚZEMÍ .....	13
3.5	PEDOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA .....	14
3.6	SÍDELNÍ STRUKTURA .....	15
<b>4</b>	<b>TEORETICKÁ VÝCHODISKA</b> .....	<b>17</b>
4.1	TEPELNÝ OSTROV .....	17
4.2	VÝZKUM MĚSTSKÉHO KLIMATU A TEPELNÉHO OSTROVA V ČR .....	21
4.3	VLIV TEPELNÉHO OSTROVA NA SPOLEČNOST A ZMÍRŇOVÁNÍ JEHO NEGATIVNÍCH DOPADŮ .....	24
<b>5</b>	<b>METODY</b> .....	<b>27</b>
5.1	MOBILNÍ MĚŘENÍ .....	27
5.2	VYMEZENÍ TRASY MĚŘENÍ .....	27
5.3	POUŽITÉ VYBAVENÍ A POSTUP MĚŘENÍ.....	28
5.4	PŘEHLED REALIZOVANÝCH MĚŘENÍ .....	29
5.5	METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY PŘI MĚŘENÍ.....	29
5.6	ZPRACOVÁNÍ NAMĚŘENÝCH HODNOT.....	29
<b>6</b>	<b>VÝSLEDKY</b> .....	<b>32</b>
6.1	DENNÍ MĚŘENÍ.....	32
6.2	NOČNÍ MĚŘENÍ.....	37
6.3	SOUHRN A ZHODNOCENÍ PROVEDENÝCH MOBILNÍCH MĚŘENÍ.....	42
6.4	VZTAH TEPLoty VZDUCHU A NADMOŘSKÉ VÝŠKY .....	44
6.5	VZTAH TEPLoty VZDUCHU A KATEGORIÍ LAND COVER .....	45
6.6	INTENZITA TEPELNÉHO OSTROVA SÍDEL .....	57
<b>7</b>	<b>DISKUZE</b> .....	<b>71</b>
<b>8</b>	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>74</b>
<b>9</b>	<b>SUMMARY</b> .....	<b>75</b>
<b>10</b>	<b>SEZNAM ZDROJŮ</b> .....	<b>76</b>
<b>11</b>	<b>PŘÍLOHY</b> .....	<b>81</b>

# 1 Úvod

V současnosti obývá planetu Zemi téměř osm miliard lidí, svou činností neustále přetvářejí krajinu „k obrazu svému“ – staví města, silnice, hospodaří a intenzivně využívají přírodní zdroje. Najít na Zemi oblast neovlivněnou lidskou činností je velmi obtížné, dost možná i nemožné. Zcela přirozeně se tyto antropogenní zásahy po vzoru přísloví „jak se do lesa volá, tak se z lesa ozývá,“ neobejdou bez odezvy.

Asi nejdiskutovanějším dopadem lidské činnosti je tzv. globální oteplování, při němž dochází k nárůstu průměrné teploty na Zemi kvůli narušení energetické bilance. Podobný jev se v menším měřítku, ale mnohdy s velkou intenzitou, projevuje nejvýrazněji ve velkých městech. V těchto hustě zalidněných a zastavěných sídlech dochází ke zvyšování teploty vzduchu v porovnání s rurálním okolím. Tento fenomén je nazýván tepelný ostrov města, v zahraniční literatuře urban heat island, UHI.

Zvyšování teploty vzduchu ve městech působí neblaze na kvalitu života jejich obyvatel, během horkých dní pociťují tepelný diskomfort, dochází k nárůstu hospitalizací i úmrtí. Mnohá města proto tento fenomén zohledňují při urbanistickém plánování a prosazují se opatření k jeho zmírňování.

Ačkoliv je jev tepelného ostrova nejvýraznější ve velkých městech, významný nárůst teplot lze pozorovat i u mnohem menších sídel. Například Oke, 1973 ve své studii zkoumal tepelné ostrovy obcí s velikostí od 1 000 obyvatel. A právě tepelným ostrovem malých sídel v okolí Olomouce se zabývá tato diplomová práce.



## **2 Cíle**

Tato práce si klade za cíl popsat vliv malých sídel na teplotní pole během letních dní s předpokladem radiačního režimu počasí prostřednictvím vlastního mobilního měření, následného zpracování dat a jejich interpretace v kontextu vybraných geofaktorů.

## 3 Účelová charakteristika území

### 3.1 Geomorfologická a geologická charakteristika

Téměř celé zájmové území, na němž bylo realizováno mobilním měření, náleží do Alpsko-himálajského systému, provincie Západní Karpaty, subprovincie Vněkarpatské sníženiny (VIII), oblasti Západní vněkarpatské sníženiny (VIII A) a celku Hornomoravský úval (VIII A-3). Trasa prochází podcelky Středomoravská niva (VIII A-3B), Prostějovská pahorkatina (VIII-3A) a okrsky Křelovská pahorkatina (VIII-3A-a) a Blatská niva (VIII-3A-b). Krátký úsek měření procházel územím, které spadá do Hercynského systému, provincie Česká vysočina, subprovincie Krkonoško-jesenická soustava (IV), Jesenické oblasti (IVC), celku Zábřežská vrchovina (IVC-1), podcelku Bouzovská vrchovina (IVC-1C) a okrsku Ludmírovská vrchovina (IVC-1C-a) (Národní geoportál INSPIRE, 2021).

Podcelek Středomoravská niva, který tvoří osu Hornomoravského úvalu, se rozkládá v pásu nivy podél středního toku Moravy přibližně od Litovle po Napajedla. Jeho rozloha činí 437 km<sup>2</sup>. Podloží je tvořeno neogenními písky, šterky, jíly a vápnitými jíly. Nivní formace, jejíž mocnost je značná, se skládá ze spodní pleistocenní šterkopísčité a svrchní holocenní vrstvy hlinitých písků a písčitých hlín. Prostějovská pahorkatina se nachází v jihozápadní části Hornomoravského úvalu na území o rozloze 526 km<sup>2</sup>, jedná se o plochou a nízkou pahorkatinnou krajinu, v pásech říčních niv zcela rovinnou. Podloží je tvořeno neogenními písky a vápnitými jíly, kvartérními sprašemi a sprašovými hlínami, písky a šterkopísky. Povrch Křelovské pahorkatiny je zvlněný pouze nepatrně, místy s mendipy. V severovýchodní a východní části okrsku se rozkládají ploché stupňoviny akumulacních říčních teras Moravy. Údolí Blaty s Blatskou nivou je nesymetrické, jihozápadní svah je vyšší a sklonitější (Bína a Demek, 2012).

Trasa měření se vyznačuje malou vertikální členitostí reliéfu, jak je patrné z výškového profilu na obrázku 1. Nejnižší bod trasy se nachází v nadmořské výšce 209 m n. m., nejvyšší pak v 253 m n. m.



**Obr. 1** Výškový profil trasy měření, vlastní zpracování z dat z GPS

### 3.2 Hydrologická charakteristika

Oblast Hornomoravského úvalu odvodňuje řeka Morava, která pramení pod Králickým Sněžníkem ve výšce 1380 m n. m. Její střední tok si v oblasti CHKO Litovelské Pomoraví uchoval přirozený ráz, řeka má zde malý spád a meandruje. Dalšími vodními toky v oblasti jsou Oskava, Benkovský potok, Mlýnský potok, Bystřice, Cholinka, Blata a Šumice. Na území se nachází jezera, která vznikla zatopením pískoven či šterkopískoven. Vodní plochy Náklo a Poděbrady jsou hojně rekreačně využívány, Chomoutovské jezero bylo vyhlášeno přírodní rezervací, na břehu se nachází veřejně přístupná ornitologická pozorovatelná (Bína a Demek, 2012, Mapy.cz, 2021).

### 3.3 Klimatická charakteristika

#### 3.3.1 Makroklimatická charakteristika

Podle Köppenovy klasifikace patří okolí Olomouce do podtypu podnebí listnatých lesů mírného pásma, označováno Cfb. Charakteristická je průměrná teplota nejteplejšího měsíce  $> 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  a průměrná teplota nejchladnějšího měsíce v rozmezí od  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Množství srážek v nejvlhčím letním měsíci převyšuje srážkový úhrn v nejsušším zimním měsíci, ale méně než desetkrát. Zároveň srážkový úhrn v nejvlhčím zimním měsíci nedosahuje trojnásobku množství srážek nejsuššího letního měsíce. Studované území náleží dle Quittovy klasifikace do teplé oblasti T2 (W2). Typická jsou dlouhá, teplá

a suchá léta, zimy jsou krátké, mírně teplé, suché až velmi suché. Období se sněhovou pokrývkou je velmi krátké, v průměru dosahuje 40–50 dní. Přechodná období jsou velmi krátká, jara jsou teplá až mírně teplá, podzimy mírně teplé až teplé. Průměrná lednová teplota vzduchu činí  $-2$  až  $-3$  °C, v červenci dosahuje 18–19 °C. Podle klasifikace z Atlasu podnebí Československé republiky se Olomoucko nachází v kategorii B2, oblast mírně teplá, podoblast mírně suchá. Ta je charakterizována převážně mírnou zimou s lednovou teplotou nad  $-3$  °C (Tolasz et al, 2007, Květoň a Voženílek, 2011).

### 3.3.2 Mezoklimatická charakteristika

V období let 1961–2010 se průměrné roční teploty vzduchu pohybovaly od 7,4 °C v roce 1980 do 10,5 °C v roce 2008, průměr za celé období činí 8,9 °C. Během tohoto padesátiletého období došlo ke zvýšení průměrné roční teploty o téměř 1,4 °C. Roční chod teploty je charakterizován jedním letním maximem a zimním minimem, vykazuje tak středoevropský režim. Červenec je nejteplejším měsícem s průměrnou teplotou vzduchu 19,1 °C, nejnižší průměrná teplota vzduchu je v lednu,  $-2,2$  °C. Průměrný počet letních dnů v roce je 49, tropických devět. Četnost výskytu těchto charakteristických dnů se zvyšuje. Mrazových dnů se v tomto období vyskytovalo v průměru 113 za rok a dochází k statisticky významnému poklesu jejich četnosti, ledových dnů je v průměru 36 v roce a jejich počet v období 1961–2010 statisticky nevýznamně klesal. Roční srážkové úhrny se v tomto období pohybovaly od 397,9 mm v roce 1983 do 777,5 mm v roce 2010, průměrný roční úhrn srážek činí 546,7 mm. Srážkově nejbohatší bývá červenec s průměrným měsíčním úhrnem 76,8 mm, naopak únor dlouhodobě vykazuje nejnižší úhrn srážek – v průměru 22,4 mm. Sněhová pokrývka se v Olomouci nachází v průměru 40,4 dní v roce, průměrný sezónní úhrn nového sněhu činí 57 cm. V Olomouci převládá severozápadní a severní směr větru, bezvětrí se vyskytuje v 23,6 % případů. Průměrná rychlost větru v Olomouci je  $2,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , nejnižší bývá na podzim ( $1,9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ), nejvyšší na jaře ( $2,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ). Průměrná roční doba trvání slunečního svitu činila v období 1961–2010 1664 hodin (Vysoudil et al., 2012).

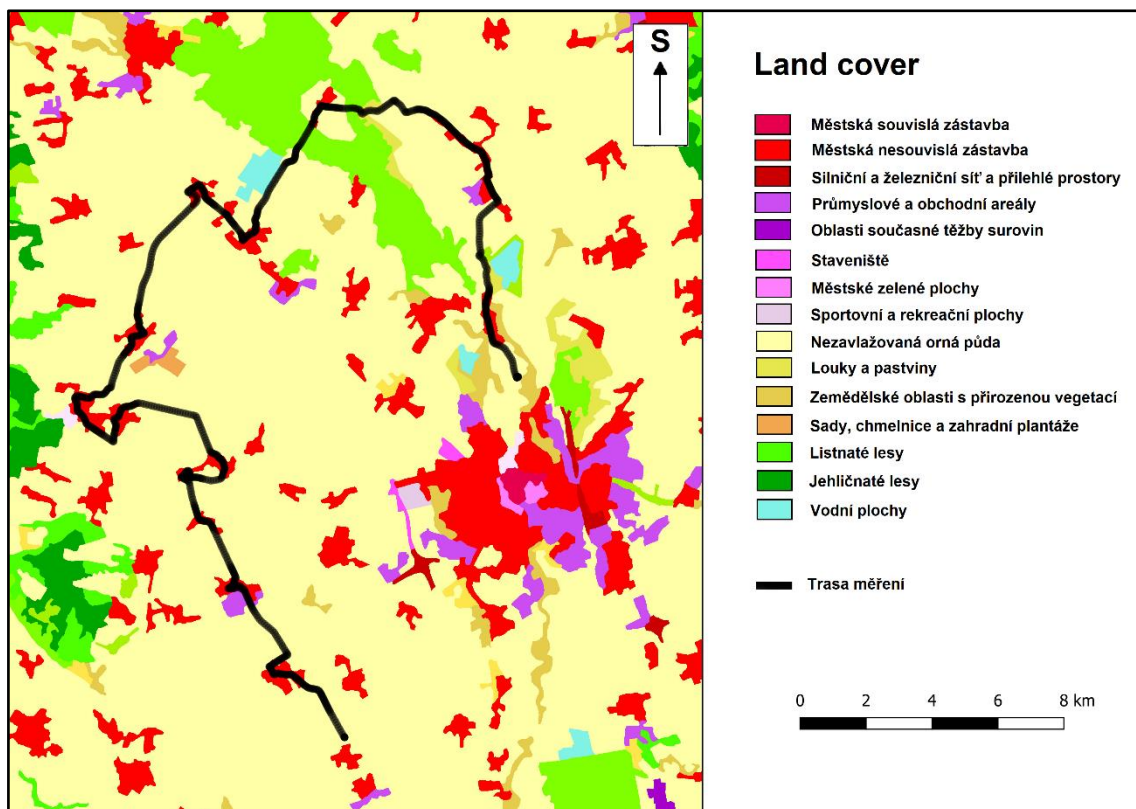
### **3.3.3 Topoklimatická charakteristika**

Většina trasy měření náleží do topoklimatu nezalesněných ploch, převládá aktivní povrch pole, méně pak louky. Charakteristické jsou pro ně větší teplotní extrémy. Část trasy spadá do topoklimatu lesa, konkrétně se jedná o listnatý les v CHKO Litovelské Pomoraví. Pro lesy je charakteristická menší amplituda v rámci denního chodu teploty vzduchu a vyšší relativní vlhkost vzduchu. Trasa měření je vedena okolím dvou vodních ploch, Chomoutova a Nákla. Vliv vodních ploch na teplotu vzduchu je výrazný ve vrstvě atmosféry těsně přiléhající k hladině. Poblíž vodních ploch je vyšší vlhkost vzduchu a častěji se vyskytuje mlha. Předmětem zájmu této práce je 16 malých sídel náležících do topoklimatu urbanizovaných území, které se vyznačuje vyšší průměrnou teplotou vzduchu a menší amplitudou teploty vzduchu. Zájmové území pokrývají pouze normálně osluněné plochy, jejichž sklon je v případě severní a jižní expozice do 5° a do 20° v případě východní a západní orientace (Havlíčková, 2008, Kubeček, 2015).

### **3.4 Krajinový pokryv a využití území**

Dle typologie CORINE Land Cover 2018 na obrázku 2 je okolí Olomouce tvořené především ornou půdou doplněnou loukami a zemědělskými územími s příměsí přirozené vegetace, obklopující ostrůvky zástavby, jednotlivá sídla. Nejrozlehlejší zastavěnou oblast tvoří krajské město Olomouc, kde jsou rovněž koncentrovány průmyslové či obchodní zóny. Ty se také nacházejí v některých dalších obcích v okolí Olomouce. Listnaté lesy převažují v oblasti CHKO Litovelské Pomoraví, mimo toto území jde spíše o malé izolované ostrůvky lesa. V zájmovém území se také nachází vodní plochy Poděbrady, Chomoutov a Náklo. Zájmová oblast je na západě i na východě ohraničená lesy (Národní geoportál INSPIRE, 2021).

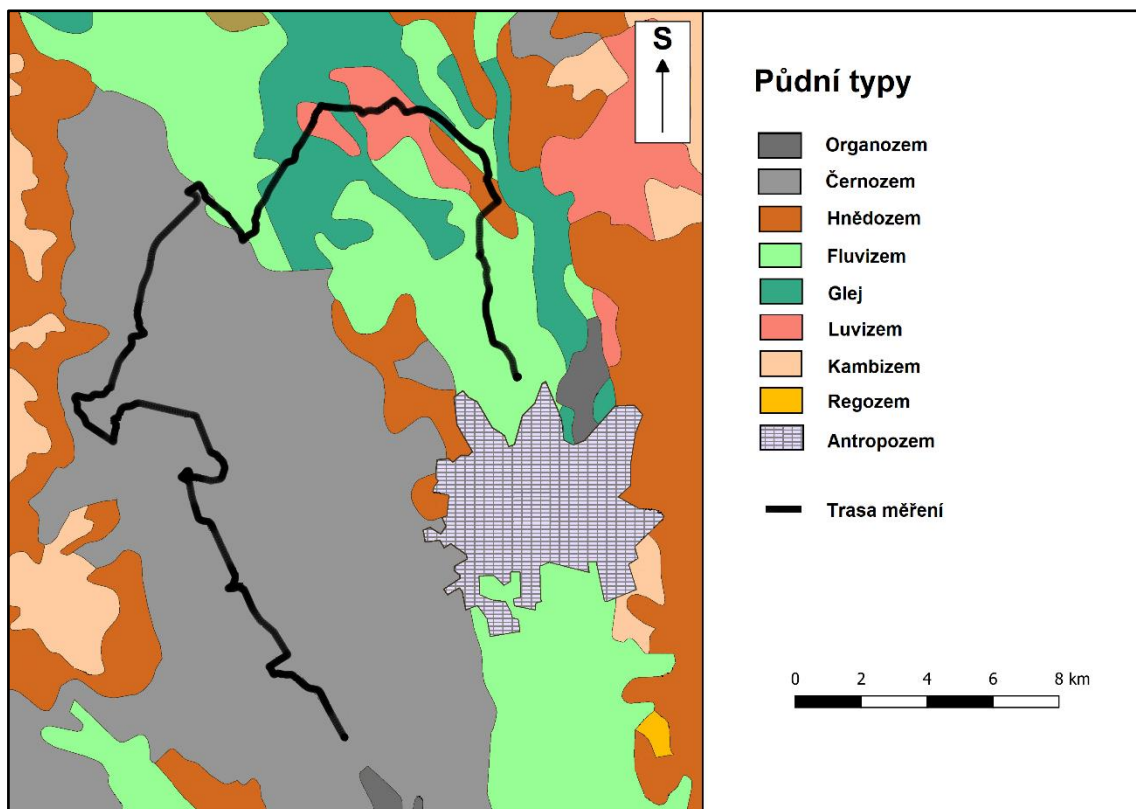
Studované území je tvořeno především zemědělskou krajinou, podél řeky Moravy mezi Litovlí a Horkou nad Moravou převládá lesní krajina, okolí Chomoutova je tvořeno lesozemědělskou krajinou, Olomouc spadá do kategorie urbanizovaná krajina (Národní geoportál INSPIRE, 2021).



**Obr. 2** Land cover zkoumané oblasti s vyznačenou trasou měření, zdroj: Geoportál INSPIRE (2021), vlastní zpracování

### 3.5 Pedologická charakteristika

Trasu měření lze podle půdních typů rozdělit na dvě části. Na zhruba dvacetikilometrovém úseku od počátku měření se střídá fluvizem, luvizem, glej a hnědozem, jak je vidět na obrázku 3. Na zbývajících třech pětinach trasy přibližně od Unčovic převažuje černozem.



**Obr. 3** Půdní typy zkoumané oblasti s vyznačenou trasou měření, zdroj: Geoportál INSPIRE (2021), vlastní zpracování

### 3.6 Sídelní struktura

Většina zájmového území patří do okresu Olomouc, malá část spadá do okresu Prostějov. Olomoucký okres je největším okresem v rámci Olomouckého kraje, rozlohou 1608 km<sup>2</sup> zaujímá více než 30 % plochy kraje. Nachází se v něm 98 obcí, z toho sedm měst (Olomouc, Šternberk, Uničov, Litovel, Štěpánov, Velká Bystřice a Moravský Beroun) a tři městysy (Dub nad Moravou, Náměšť na Hané a Velký Újezd). Trvalé bydliště má v okrese Olomouc přes 234 tisíc obyvatel, přibližně 100 tisíc jich žije v Olomouci, která je zároveň krajským městem (Český statistický úřad, 2021a).

Okres Prostějov náleží do Olomouckého kraje, rozkládá se na území 777 km<sup>2</sup> a žije v něm přibližně 109 tisíc obyvatel. Prostějov je se svými 44 tisíci obyvateli největší město okresu a druhé největší město Olomouckého kraje. V okrese se nacházejí další čtyři města (Konice, Kostelec na Hané, Němčice nad Hanou a Plumlov) a šest městysů (Brodek u Prostějova, Drahaný, Kralice na Hané, Nezamyslice, Protivanov a Tištin). Okres Prostějov je tvořen celkem 97 obcemi (Český statistický úřad, 2021b).

Samotná trasa měření vede 16 sídly o velikosti 156–2459 obyvatel, z nichž jedno je město (Štěpánov) a jedno městys (Náměšť na Hané). Zástavba je tvořena především rodinnými domy s jedním či dvěma poschodími. Přehled sídel, ve kterých bylo prováděno měření, je v tabulce 1.

**Tab. 1** Projížděné obce/části obcí během mobilního měření

<b>sídlo</b>	<b>počet obyvatel k roku 2011</b>	<b>nadmořská výška [m n. m.]</b>
Hablov	156	213
Chomoutov	1 007	216–218
Lhota nad Moravou	165	224–226
Loučany	605	235–242
Luběnice	487	222–227
Lutín	2 446	217–221
Mezice	347	230–235
Náklo	937	225–232
Náměšť na Hané	1 855	242–250
Olšany u Prostějova	1 809	214–221
Rataje	205	226–227
Senice na Hané	1 299	238–245
Střeň	605	225–226
Štěpánov	2 459	219–227
Těšetice	733	222–227
Unčovice	407	228–232

Zdroje: Český statistický úřad, 2015, mapy.cz, 2021



## 4 Teoretická východiska

### 4.1 Tepelný ostrov

S antropogenní přeměnou přírodní krajiny na městskou zástavbu dochází ke změnám v mikroklimatu, vzniká tepelný ostrov města – urban heat island, UHI (Landsberg, 1981). Jedná se o oblast s vyšší teplotou vzduchu v hustě zastavěné a zalidněné části města (Hutcheon et al., 1967).

Historie výzkumu vlivu městského prostředí na teplotu vzduchu je velmi bohatá a sahá až do 19. století. Zpočátku se jednalo o stacionární měření ve velkých městech, Londýně (Howard, 1820), Paříži (Renou, 1862) a St. Louis (Hammon a Duenchel, 1902). Poté následovala mobilní měření ve Vídni (Schmidt, 1929) a Karlsruhe (Pepler, 1929), která se již realizovala pomocí automobilů. Po druhé světové válce vzniklo mnoho prací zabývajících se tepelným ostrovem převážně velkých měst, kde je rozdíl teplot nejvýraznější, například Londýna (Chandler, 1962) či Washingtonu (Woollum, 1964). Studium mikroklimatu menších sídel bylo realizováno například ve městech Palo Alto v Kalifornii (Duckworth a Sandberg, 1954), Corvallis v Oregonu (Hutcheon et al., 1967) či dvojici přilehlých měst Chapel Hill a Carboro v Severní Karolíně (Kopec, 1970). V současnosti je fenoménu tepelného ostrova věnována velká pozornost, studuje se jeho vývoj v čase, realizují se predikce rozsahu a intenzity tepelných ostrovů měst v budoucnosti. Důraz je rovněž kladen na zmírňování negativních dopadů tohoto jevu pomocí promyšleného urbanistického plánování.

K charakterizování rozsahu a intenzity tepelného ostrova lze využít tři parametrů. Prvním je rozdíl  $D_T$  mezi maximální a minimální teplotou v rámci jednoho mobilního měření, v případě staničních měření jde o rozdíl teplot vzduchu ve stejném čase. Druhým je nejkratší vzdálenost mezi dvěma místy s určitým teplotním rozdílem označovaná  $R/\Delta T$  a třetím je rozloha  $A$  oblasti s nadprůměrnou teplotou vzduchu (Duckworth a Sandberg, 1954). Dnes je v souladu se Stewart a Oke, 2012 intenzita tepelného ostrova města vnímána jako rozdíl teploty vzduchu v zastavěných místních klimatických zónách (local climate zones, LCZ) oproti LCZ, které převládají v zázemí města, obvykle LCZ D, někdy LCZ A. Největší intenzita tepelného ostrova je dosahována v pozdních večerních hodinách a v první polovině noci. Kolísání rozdílů teplot je možné pozorovat i v průběhu roku, například pražský tepelný ostrov je nejvýraznější v červnu a červenci, naopak nejméně výrazný v září. Na případu tepelného ostrova hlavního města České republiky

lze ukázat, že ke změnám intenzity tohoto jevu dochází i v průběhu delší časové řady. S rozšiřováním Prahy zesiluje vliv tepelného ostrova, což s sebou nese nárůst počtu letních a tropických dnů, tepelný komfort obyvatel se snižuje. K udržení příznivých podmínek k životu ve městech je potřeba zavádět opatření k redukci tepla (Žák et al., 2015).

Hlavní příčinou vzniku tepelného ostrova je přeměna přírodní krajiny v zastavěné oblasti tvořené budovami, silnicemi a chodníky převážně z cihel, betonu či asfaltu. Dochází tak ke změně albeda, tepelné vodivosti a tepelné kapacity, tudíž i ke změně energetické bilance. Stavby z těchto materiálů přes den pohlcují velké množství sluneční energie, kterou v nočních hodinách uvolňují ve formě tepla (Czubaszek a Wysocka-Czubaszek, 2016).

Taha, 1997 podrobněji diskutuje vliv albeda a evapotranspirace. Albedo měst se běžně pohybuje v rozpětí mezi 0,10 a 0,20, vyšší hodnoty (0,30 až 0,45) jsou typické pro severoafrická města. Tvzení, že zvýšením albeda dochází ke snížení teploty ve městech, dokládá výsledky meteorologických simulací. Podle nich může dojít ve městech, která leží ve středních zeměpisných šířkách s teplým podnebím, ke snížení odpolední teploty během letních dní o 4 °C při změně albeda z 0,25 na 0,40. Výsledkem další simulace, která byla provedena na konkrétním případě města Los Angeles, je průměrné snížení teploty o 2 °C a maximální až o 4 °C při zvýšení albeda o 0,13. Podstatný vliv na teplotu vzduchu má evapotranspirace. Zatímco ve venkovské krajině dochází k výparu a část sluneční energie se použije na skupenskou přeměnu vody, ve městech dochází k jejímu rychlému odtoku kanalizací a nárůstu teplot vzduchu a budov. Právě vlivem evapotranspirace bývá v městských parcích přibližně o 2 °C chladněji oproti okolním zastavěným oblastem.

Ze studie, kterou provedli Geletič et al., 2020 na případě měst Brna a Prahy vyplývá, že v našich podmínkách nedochází při zvýšení albeda měst k tak výraznému snížení teploty vzduchu. Simulovali v ní pomocí modelu MUKLIMO\_3 úpravy v jednotlivých kategoriích land cover a jejich potenciální vliv na teplotu vzduchu během horkých vln. Zvýšením albeda o 0,25 by došlo ke snížení průměrné denní teploty vzduchu o 0,2 °C v obou městech, výsledkem simulovaného zvýšení albeda o 0,5 je pokles průměrné denní teploty vzduchu v Brně o 0,4 °C a v Praze o 0,5 °C. Uvedená studie rovněž zkoumala vliv navýšení počtu stromů o 30 % na teplotu vzduchu. Ve večerních

a nočních hodinách byl jejich ochlazující účinek nejvýraznější, z pohledu průměrné denní teploty byl rozdíl pouze  $-0,13$  °C v Praze a  $-0,19$  °C v Brně.

Vysoká zástavba v centrech měst zvětšuje efektivní plochu absorpce sluneční energie, zároveň ale dochází ke stínění budov, což je faktor limitující tepelnou výměnu. Kromě vlivu struktury a odlišných fyzikálních vlastností zástavby přispívá k ohřívání měst tzv. antropogenní teplo. Jedná se především o vytápění domů a bytů, znečištění ovzduší narušující radiační rovnováhu, měřitelný je i vliv výfukových plynů v ulicích s hustým provozem (Duckworth a Sandberg, 1954).

Uvedená studie se rovněž zabývala vlivem velikosti sídel na rozsah a intenzitu tepelného ostrova. Byla porovnávána tři města s různou velikostí populace – San Francisco se 784 tisíci obyvateli, přibližně stotisícové San Jose a Palo Alto, ve kterém v době výzkumu žilo 33 tisíc lidí. S rostoucí velikostí města vzrůstá rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší naměřenou teplotou  $D_T$ , avšak růst tohoto parametru je velmi pozvolný – pro jeho zdvojnásobení je potřebný přibližně 24násobek počtu obyvatel. Tento poměr zhruba platí jak pro průměr hodnot  $D_T$ , tak pro nejvyšší hodnoty rozdílu  $D_T$  v rámci jednoho měření (Duckworth a Sandberg, 1954). Závislost mezi velikostí sídla a nárůstem teploty v rámci tepelného ostrova oproti okolí matematicky formuloval Oke, 1973, který potvrdil pomalý nárůst intenzity tepelného ostrova s velikostí sídla. Vztah

$$UHI = 0,73 \cdot \log_{10}(pop) \text{ °C},$$

kde  $pop$  je počet obyvatel, předpovídá nárůst teploty o  $0,73$  °C pro sídlo s 10 obyvateli, zhruba o  $2,2$  °C pro 1000 obyvatel a přibližně o  $4,4$  °C ve městě s milionem obyvatel. Téměř shodnou intenzitu tepelného ostrova sídla o velikosti 1000 obyvatel na základě analýzy intenzity tepelných ostrovů čtyřech sídel na jihovýchodě Austrálie o velikosti do 10 tisíc obyvatel a třímilionového města Melbourne predikuje Torok et al., 2001. Výsledná závislost intenzity tepelného ostrova na velikosti sídla byla popsána vztahem

$$UHI = 1,42 \cdot \log_{10}(pop) - 2,09 \text{ °C}.$$

Uvedená studie rovněž porovnává výsledky obdobných výzkumů z Evropy a Severní Ameriky, oproti nimž byl nárůst intenzity tepelného ostrova s velikostí sídel v podmínkách jihovýchodní Austrálie pozvolnější.

Dále dle Duckwortha a Sandberga, 1954 dochází se zvětšujícím se městem k velmi rychlému nárůstu nejkratší vzdálenosti  $R/\Delta T$  a rozlohy  $A$  tepelného ostrova.

Pokles teploty vzduchu směrem od centra velkého města je tedy velmi pozvolný. Míru homogenity teplotního pole ovlivňuje i geometrie centra města – kompaktní kruhové, obdélníkové či čtvercové uspořádání zástavby zajišťuje větší homogenitu teplot oproti lineárnímu tvaru (Kopec, 1970).

Předpokladem pro vznik tepelného ostrova v plném rozsahu a intenzitě jsou vhodné povětrnostní podmínky, podíl jednotlivých složek na ohřívání města popisuje Sundborg, 1950 vzorcem

$$D_{\text{night}} = 2,8 - 0,10 N - 0,38 U - 0,02 \Theta - 0,03 e \text{ (}^\circ\text{C)},$$

kde  $D_{\text{night}}$  představuje rozdíl teploty vzduchu mezi centrem Uppsalý a okolím během nočního měření,  $N$  je míra pokrytí oblohy oblačností vyjádřené v desetínách,  $U$  rychlost větru v  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,  $\Theta$  teplota vzduchu ve  $^\circ\text{C}$  a  $e$  představuje absolutní vlhkost vzduchu vyjádřenou v  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Z tohoto empirického vztahu lze vyčíst, že největší vliv na intenzitu tepelného ostrova má míra pokrytí oblačností a rychlost větru. S vzrůstající mírou pokrytí oblohy oblačností se efekt tepelného ostrova zeslabuje. Duckworth a Sandberg, 1954 konstatují, že při minimálním větru vykazuje závislost rozdílu teplot mezi centrem města a okolím na rychlosti větru značný rozptyl, při slabém větru klesá rozdíl teplot s vzrůstající rychlostí větru téměř lineárně a po překročení určité kritické meze rychlosti větru (v případě města Palo Alto v přepočtu přibližně  $2,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) se stírá teplotní rozdíl mezi centrem města a nezastavěným okolím. Při srovnávání teploty vzduchu, absolutní vlhkosti a rosného bodu s rozdílem teplot nebyly zjištěny významné korelace. Kopec, 1970 uvádí podmínky, při kterých je patrný jev tepelného ostrova – míra pokrytí oblačností menší než dvě desetiny a rychlost větru menší než 5 uzlů (zhruba  $2,6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ). Poukazuje na skutečnost, že budovy a vegetace ve městech představují překážku v proudění větru. Souhrnně tyto odpory nazývá aerodynamická drsnost, její úroveň závisí především na hustotě a výšce zástavby a zpravidla vzrůstá s velikostí města. Vznik tepelného ostrova sídla s malým stupněm aerodynamické drsnosti je podmíněn nízkou rychlostí větru. Podstatnou vlastností tepelného ostrova je jeho trojrozměrnost, jeho vertikálním rozsahem se zabývali Duckworth a Sandberg, 1954. Zjistili, že výška nad zemí, ve které je stejná teplota vzduchu nad zastavěnou oblastí i nad nezastavěným okolím města, závisí na výšce budov a je rovna přibližně trojnásobku výšky zástavby. Při mnohých měřeních byla nad tepelným ostrovem města zaznamenána nižší teplota vzduchu, než byla naměřena ve stejné výšce nad rurálním okolím.

Specifické místní klima či mezoklima města je závislé na makroklimatu. Rozdíl teplot mezi centrem a okolím srovnatelně velkých měst je menší v nižších zeměpisných šířkách oproti městům nacházejícím se ve středních zeměpisných šířkách. Teplotní kontrast mezi městem a okolím je výraznější v oblastech s vyšším stupněm kontinentality, přispívá k tomu zvýšená potřeba vytápění, tudíž i větší tepelné úniky během tuhých zim. S tím souvisí i větší znečištění ovzduší, podporující nárůst teploty. Na intenzitu tepelného ostrova má rovněž vliv reliéf. Nachází-li se hustě zastavěné centrum města na vyvýšenině, dochází k zesílení efektu tepelného ostrova, naopak rozdíl teplot mezi sídlem ležícím ve sníženině a okolím je díky reliéfu zeslabován (Kopec, 1970).

## **4.2 Výzkum městského klimatu a tepelného ostrova v ČR**

Meteorologická pozorování mají na území České republiky velmi dlouhou tradici. Již od roku 1752 probíhala přístrojová měření vybraných meteorologických prvků v pražském Klementinu pod vedením Josefa Steplinga, od 1. ledna 1775 máme z této stanice údaje o teplotě vzduchu bez přerušování, takzvanou klementinskou teplotní řadu (Sládek et al., 2001).

S počátky pravidelného meteorologického pozorování a měření v Brně je spjato jméno Johanna Gregora Mendela, známého především díky genetice. Spolupracoval s Paulem Olexíkem, který 1. ledna 1848 zahájil měření atmosférického tlaku, teploty a vlhkosti vzduchu v areálu fakultní nemocnice. Kvůli vážné nemoci roku 1878 přenechal Olexík pozorování Mendelovi. Během svého života napsal Mendel řadu prací v oblasti meteorologie, již v roce 1863 publikoval poznatek, že je v centru města vyšší teplota než na jeho okraji, popsal tak fenomén dnes známý jako tepelný ostrov města či městský tepelný ostrov (Rožnovský, 2014).

Historie meteorologických pozorování v Olomouci je rovněž bohatá. Záznamy o počasí vedli již na konci 17. století premonstráti. K dispozici jsou pravidelné meteorologické záznamy už od roku 1850, nepřetržitá pozorování se v Olomouci realizují již od roku 1876 (Řepka et al., 2012).

O nejrozsáhlejším českém tepelném ostrově Praze byla publikována řada studií, v tomto odstavci si uvedeme pouze některé z nich. Brázdil a Budíková, 1999 se zabývali zintenzivňováním tohoto jevu s rozrůstajícím se městem mezi lety 1922–1995

porovnáváním dat z městských a mimoměstských stanic. V tomto období byl pozorován průměrný nárůst intenzity tepelného ostrova o 0,05 °C za 10 let, nejvíce v zimě a na jaře (0,06 °C/10 let), naopak nejméně v létě (0,01 °C/10 let). Závislost intenzity tepelného ostrova Prahy na synoptické situaci popisují Beranová a Huth, 2003. Uvádějí statisticky významnou závislost jak na cyklonalitě, tak na směru proudění daného cirkulačního typu. Nejvýraznější je tepelný ostrov v anticyklonálních situacích a při severním či severovýchodním prouděním. Očekávaný vývoj tepelného ostrova Prahy do roku 2025 přináší Žák et al., 2015. Predikuje zesílení tepelného ostrova o 0,4 až 0,5 °C, nárůst počtu letních a tropických dnů, pokles počtu ledových dnů oproti současnosti. V článku je rovněž zmíněno biometeorologické hledisko tepelného ostrova a naznačena zmírňující opatření. Tato témata budou podrobněji diskutována v následující podkapitole.

Na rozdíl od Prahy nebyla v Brně prováděna meteorologická měření v centru města kontinuálně. V roce 1972 bylo ukončeno měření na stanici Brno–Květná, stejný osud potkal o 12 let později stanici na Kraví hoře. Meteorologická pozorování v centru Brna byla obnovena v roce 2005 zřízením stanice v areálu opatství na Mendlově náměstí (Šitka, 2008).

V rámci projektu *Víceúčelová analýza městského a příměstského klimatu na příkladu středně velkých měst* byly v roce 2009 na území Brna a Olomouce zřízeny účelové sítě meteorologických stanic. Společně s daty ze standardních meteorologických stanic byly využity při studiu vlivu geometrie zástavby na teplotu vzduchu a intenzitu tepelného ostrova města, kterou realizovali Dobrovolný a Krahula, 2012. Dospěli k závěru, že geometrie vlastní zástavby má vliv na intenzitu tepelného ostrova a denní minima teploty vzduchu na jednotlivých stanicích. Naopak vliv vegetace na teplotní režim lokality není významný. Dle jejich studie může v letním období intenzita tepelného ostrova Brna dosahovat až 2,5 °C. Analýzu dat ze čtyř stanic olomoucké účelové sítě, nazývané MESSO – Metropolitní staniční síť Olomouc, provedl Tomáš, 2012. Zabýval se letními teplotami vzduchu v letech 2010–2011 z pohledu tepelného komfortu. Dle jeho rozboru vykazovaly stanice nacházející se v intravilánu vyšší průměrnou teplotu vzduchu oproti příměstským, počet tropických dní byl však větší na okrajích města. Velmi výrazný rozdíl byl v počtu tropických nocí, zatímco na okraji města byly zaznamenány pouze dvě, ve městě jich bylo 18. Uvolňováním tepla z umělých povrchů se ve městě prodlužuje období teplotního diskomfortu, nejnižší suma hodin s nepříznivými teplotními podmínkami podle biometeorologického indexu HUMIDEX ale byla zaznamenána

v historickém jádru města vlivem zastínění. Horkými vlnami v Olomouci v letech 2011–2016 se ve své diplomové práci zabývala Klicperová, 2018.

Metodami evaluace městského klimatu pro potřeby územního plánování se zabývali Středová et al., 2015. Vycházeli při tom z dat sítě meteorologických stanic v Hradci Králové shromážděných v období 2011–2014 a referenčních standardních stanic pro srovnání a modelování. Tato data byla kombinována s metodami GIS a satelitními termálními snímky. Hodnocení dopadů tepelného ostrova města na jeho obyvatele bylo realizováno pomocí indexu HUMIDEX. Právě srozumitelné vyjádření tepelného diskomfortu a jednotná metodika použitá v této studii tvoří teoretický základ pro budoucí účelné urbanistické plánování s cílem zmírnit negativní projevy tepelného ostrova města. Další studii městského klimatu v Hradci Králové provedli Rožnovský et al., 2017. Zabývali se v ní tepelným diskomfortem, k jehož vyjádření rovněž využívali HUMIDEX. Během dní s vysokými teplotami vzduchu byl pozorován významný rozdíl četností výskytu tepelného diskomfortu mezi jednotlivými lokalitami, při nižší teplotě byl tento rozdíl nevýznamný. Častěji byly nepříznivé teplotní podmínky zaznamenávány v místech s umělým povrchem či lokalitách, jejichž geometrie brání proudění vzduchu. Příznivější podmínky téměř vždy panovaly v otevřených lokalitách s převládajícími přírodními povrchy.

Další metodou, která poskytuje informace o prostorové distribuci teploty vzduchu, je mobilní měření. Quitt, 1956 ji realizoval již v roce 1955 v Brně pomocí odporového teploměru připevněného k čelu tramvaje. Během období od března do září získal přes sedm tisíc hodnot teploty vzduchu. Rozdíl teplot mezi městem a venkovem za jasného letního dne činil odpoledne až 1,5 °C, během večera dosahoval nejvyšší intenzity až 5,5 °C. Při větrném počasí s velkou mírou pokrytí oblohy oblačností byl rozdíl teplot menší. Sérii mobilních měření v Brně rovněž uskutečnili Dobrovolný a Krahula, 2015. V letech 2011 a 2012 provedli pomocí automobilu devět měřících jízd vždy během první poloviny noci v rámci všech ročních období. Zjistili, že na prostorovou variabilitu teplot má největší vliv vegetace, menší vliv má pak zástavba. Intenzita tepelného ostrova Brna dosahovala během pozdních večerů až 5 °C.

Urbánní klima však nebylo studováno pouze v největších českých městech. Teplotními poměry Vsetína se zabýval Navrátil, 2013, který ve své práci využíval staniční data i metody mobilního měření. Na relativně malém území pozoroval velkou

prostorovou variabilitu teploty vzduchu, identifikoval tepelný ostrov města i menší ostrůvky v okolních obcích. Významný byl vliv reliéfu, při pozorování docházelo ke katabatickému stékání chladného vzduchu do údolí, často byly zaznamenány teplotní inverze.

Současný výzkum městského klimatu pracuje s konceptem místních klimatických zón (Local Climate Zones, LCZ), které definovali Stewart a Oke, 2012 jako oblasti s charakteristickým aktivním povrchem a lidskou aktivitou o rozměrech stovek metrů až několika kilometrů v horizontálním měřítku. Jejich vymezení v Olomouci, Brně a Hradci Králové provedli pomocí nástrojů GIS Geletič a Lehnert, 2016. Teplotní rozdíly mezi jednotlivými místními klimatickými zónami a v rámci nich studovali Lehnert et al., 2018a. Na základě mobilních měření v Olomouci a Brně seřadili LCZ podle teploty vzduchu během bezoblačných a bezvětrných nocí. Variabilita teplot mezi jednotlivými místními klimatickými zónami i v rámci jedné LCZ byla větší v Brně. Metodu mobilního měření pomocí jízdního kola, jejíž hlavní výhodou je možnost průjezdu lokalitami nepřístupnými automobilem, použili při studiu prostorové variability teploty vzduchu v Olomouci Lehnert et al., 2018b. V této studii analyzovali teplotní rozdíly mezi jednotlivými místními klimatickými zónami a identifikovali horké a studené lokality během denních i nočních hodin. Stejnou metodu použil ve své bakalářské práci Lískovec, 2020, který se zabýval teplotní variabilitou místních klimatických zón v Praze-Uhřetěvesi.

#### **4.3 Vliv tepelného ostrova na společnost a zmírňování jeho negativních dopadů**

Podíl obyvatel žijících ve městech v roce 2007 překročil v globálním měřítku 50 % a stále narůstá (Žák et al., 2015). Harlan a Ruddel, 2011 očekávají, že městské obyvatelstvo bude v roce 2030 tvořit 60 % celosvětové populace. Úměrně tomu se zvyšuje zájem o studium městského klimatu, vývoj jeho změn a jejich dopadu na společnost. Ty v antropogenně modifikovaném prostředí zčásti korespondují s globálními změnami, avšak mají svá specifika vzhledem k charakteristickým vlastnostem urbanizované krajiny. Často se projevují zhoršením kvality života a zdravotního stavu rezidentů, významné jsou rovněž ekonomické dopady. Mnohá města na to reagují svými strategickými plány rozvoje, které obsahují opatření ke snížení dopadů klimatických změn na obyvatelstvo.



Spolupůsobení vlivu klimatických změn se zintenzivňováním tepelného ostrova se projevuje jak nárůstem průměrné teploty vzduchu, tak i výskytem takzvaných horkých vln, jejichž četnost a intenzita se s časem zvyšuje. V důsledku vysokých teplot vzduchu dochází ke zhoršování zdravotního stavu a nárůstu počtu hospitalizovaných. Nejčastěji se jedná o úpal, přehřátí nebo vyčerpání z tepla, dochází ale také k akutnímu selháním ledvin, zhoršování průběhu kardiovaskulárních a respiračních onemocnění či diabetu. Studie prokázaly nárůst úmrtnosti během velmi teplých dní, v Severní Americe je horkům připisováno nejvíce obětí ve spojitosti s počasím. Prahové hodnoty teploty vzduchu, po jejichž překročení dochází k nadúmrtnosti, se různí. Závisí na geografické poloze a s ní související běžné průměrné teplotě či dostupnosti klimatizačních zařízení (Harlan a Ruddel, 2011). V českém prostředí dochází ke statisticky významnému nárůstu úmrtí v důsledku stresu z horka při maximální denní teplotě  $\geq 25$  °C, průměrné denní teplotě  $\geq 18$  °C a minimální denní teplotě  $\geq 14$  °C, přičemž závisí na ročním období, kdy v letních měsících dochází k adaptaci lidského organismu na vyšší teploty, naopak na jaře a na podzim jsou tyto prahové hodnoty nižší (Kyselý a Huth, 2004). Právě na schopnost lidské adaptace, ať už fyziologické, behaviorální či technologické, poukazují Urban a Kyselý, 2014. I přes narůstající četnost velmi teplých dní totiž u nás klesá s nimi spojená úmrtnost (Kyselý a Plavcová, 2012). Tyto poznatky komplikují predikci zdravotních dopadů klimatických změn v budoucnosti.

Je třeba dodat, že ke komplexnějšímu vyjádření tepelných podmínek působících na člověka nestačí pouze teplota vzduchu. Používají se různé biometeorologické indexy, například Heat Index (HI), HUMIDEX, Wind Chill Temperature (WCT), které zohledňují kombinaci meteorologických veličin (teplota a vlhkost vzduchu, rychlost větru, globální radiace). Mezi pokročilejší modely tepelného komfortu, zahrnující kromě meteorologických faktorů také radiační bilanci lidského těla, patří fyziologická ekvivalentní teplota PET (Höppe, 1999) či UTCI – Univerzal Thermal Climate Index (Jendritzky et al., 2012, Urban a Kyselý, 2014).

Jak již bylo v úvodu této podkapitoly naznačeno, klimatické změny a zintenzivňování tepelného ostrova s sebou také přinášejí nárůst ekonomických výdajů. Snižující se tepelný komfort během horkých dní vede obyvatele měst k pořizování klimatizačních zařízení. Jejich provoz spotřebovává elektrickou energii a produkuje odpadní teplo, které vliv tepelného ostrova znovu zesiluje. Nárůst odběru elektřiny ve špičce v USA kvůli provozu klimatizací byl vyčíslen na pět až deset procent.

V souvislosti s tím se zvyšuje množství emisí produkovaných elektrárnami (Akbari et al., 2001).

Výše zmíněné negativní projevy lze zmírňovat účelným urbanistickým plánováním. Jedním z prvků, který nejvíce snižuje teplotu vzduchu během horkých dní, je vegetace (Harlan a Ruddel, 2011). Shashua-Bar et al., 2009 uvádí, že největší ochlazující účinek mají stromy, tráva snižuje teplotu vzduchu podstatně méně a je náročnější na spotřebu vody. Ke zvýšení tepelného komfortu může dojít zastíněním stromy i stínící sítí, zejména v kombinaci s travním porostem. Umělé zastínění použité při této studii nesnižovalo teplotu vzduchu, paradoxně zde dokonce docházelo k jejímu zvýšení.

Další oblast mitigačních opatření se týká budov, jejich designu a použitých materiálů. Stavby s vysokou hodnotou albeda dopomáhají k vyrovnávání energetické bilance a zabraňují tak nárůstu teploty, mezi vhodná opatření patří také „zelené střechy“ a „zelené fasády.“ Zabránit je třeba nadměrným únikům tepla. Vliv má rovněž vhodná geometrie města, která umožňuje proudění větru. Účelné je také bránit rychlému odtoku vody po dešti do kanalizace volbou chodníků z propustných materiálů a umožnit tak ochlazování výparem (Mahdavi et al., 2014, Harlan a Ruddel, 2011).

V neposlední řadě je snaha omezit pohyb osobními auty, podporovat hromadnou dopravu, zlepšovat podmínky pro chodce či stavět cyklostezky s cílem omezit znečištění ovzduší a produkci antropogenního tepla (Harlan a Ruddel, 2011).

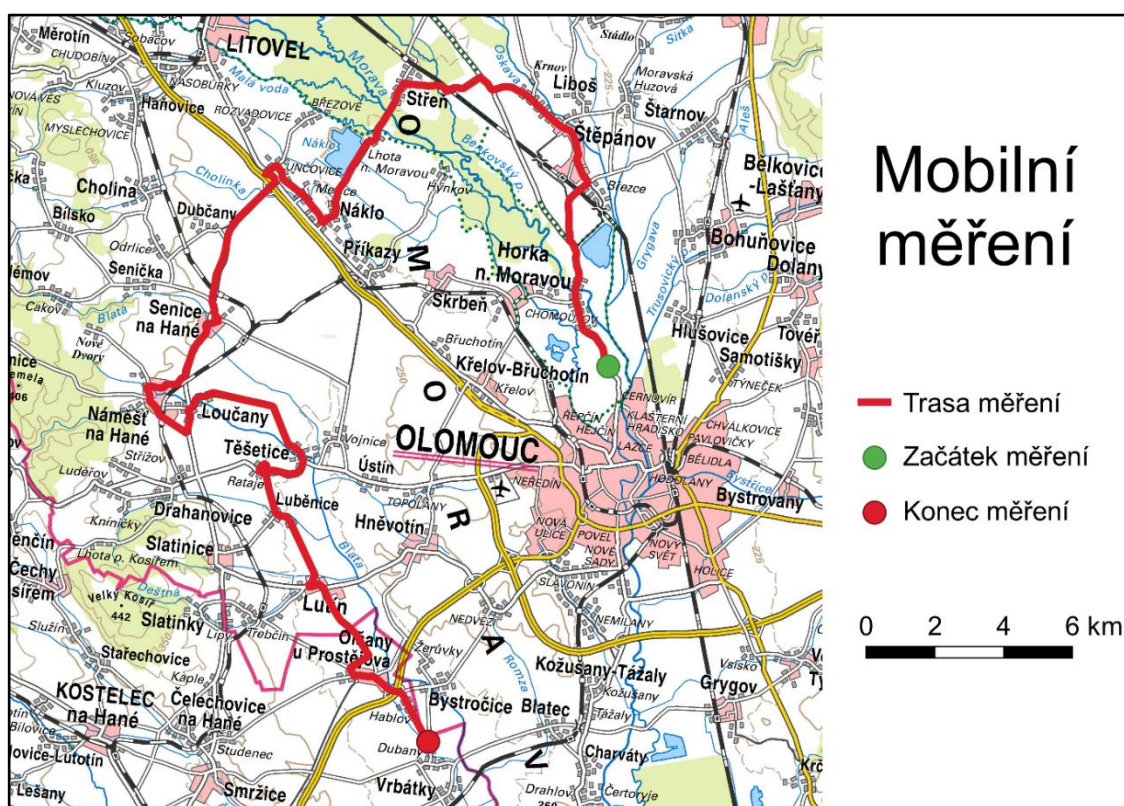
## 5 Metody

### 5.1 Mobilní měření

V této práci byla použita metoda mobilního měření pomocí automobilu a teploměru s rychlou odezvou. Právě pro studium prostorové variability teploty vzduchu je tato metoda vhodná a často používaná vzhledem k omezeným možnostem pokrytí zájmové oblasti stacionárními meteorologickými stanicemi. Mobilní měření mohou být realizována pomocí automobilu, tramvaje, bicyklu či při pěší chůzi. Mnohdy dochází ke kombinování mobilních a staničních měření. Příklady některých studií, ve kterých byla použita metoda mobilního měření, jsou uvedeny v předchozí kapitole.

### 5.2 Vymezení trasy měření

Pro mobilní měření osobním automobilem byla vymezena přibližně 50 km dlouhá trasa (na obrázku 4) procházející sídly v okolí Olomouce s počtem obyvatel menším než 5000 a malou výškovou členitostí.



Obr. 4 Trasa mobilního měření, zdroj podkladové mapy: Geoportál ČÚZK (2021), vlastní zpracování

Měření začínalo u autobusové zastávky Olomouc, Jezírka na silnici druhé třídy číslo 446 mezi Olomoucí a Chomoutovem. Pokračovalo přes Chomoutov, Štěpánov, Střeň, Lhotu nad Moravou, Náklo, Mezice, Unčovice, Senici na Hané, Náměšť na Hané, Loučany, Těšetice, Rataje, Luběnice, Lutín, Olšany u Prostějova a Hablov. Konec trasy se nacházel u fotovoltaické elektrárny poblíž Duban.

### 5.3 Použité vybavení a postup měření

K měření teploty vzduchu bylo použito teplotní čidlo s rychlou odezvou typu GTF 300 připojené k dataloggeru Greisinger GMH 3200. Během denních měření bylo umístěno v radiačním krytu upevněném na dřevěné tyči, viz obrázek 5. Aktuální pozice na trase byla zaznamenávána pomocí GPS navigace Garmin Oregon 600.

Během měření byla vždy současně zaznamenávána aktuální teplota vzduchu a geografická poloha pomocí výše zmíněných zařízení v intervalu pěti sekund. Měření probíhala za běžného silničního provozu při rychlosti přibližně  $30 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  v rámci zástavby a nejvýše  $65 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  mimo ni, pokud to podmínky umožňovaly.



**Obr. 5** Umístění teplotního čidla během měření.

## 5.4 Přehled realizovaných měření

Během léta roku 2020 bylo provedeno 10 mobilních měření teploty vzduchu, z toho pět denních a pět nočních, jejich souhrn je uveden v tabulce 2. Všechny časové údaje v této práci jsou uvedeny ve středoevropském letním čase (SELČ).

**Tab. 2** Přehled realizovaných mobilních měření

Datum začátku měření	typ	začátek	konec
29. 7. 2020	denní	15:03	16:27
29. 7. 2020	noční	22:54	0:24
30. 7. 2020	denní	15:09	16:36
30. 7. 2020	noční	22:50	0:20
7. 8. 2020	denní	15:26	16:50
7. 8. 2020	noční	22:32	23:59
8. 8. 2020	denní	15:26	16:52
8. 8. 2020	noční	22:33	23:59
21. 8. 2020	denní	15:37	17:02
21. 8. 2020	noční	22:03	23:29

## 5.5 Meteorologické podmínky při měření

Denní měření byla realizována během letních dní s očekávanou průměrnou teplotou vzduchu během měření  $> 25$  °C a podmínek blízcích se radiačnímu režimu počasí – slabém větru nebo bezvětří a mírou pokrytí oblohy oblačností nejvýše dvou desetin. Začínala vždy minimálně dvě hodiny po poledni při ustálené teplotě vzduchu.

Noční měření byla prováděna rovněž za podmínek malé míry pokrytí oblohy oblačností a při slabém větru či bezvětří se začátkem dvě hodiny po západu slunce při ustálené teplotě vzduchu.

## 5.6 Zpracování naměřených hodnot

Pro správnou interpretaci prostorové variability teploty vzduchu bylo potřeba provést několik úprav hrubých dat získaných během mobilních měření. Zpracování naměřených hodnot bylo provedeno na základě Kubečka, 2017. První úpravou bylo odstranění hodnot naměřených při rychlosti jízdy nižší než  $5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . Dále došlo ke korekci na setrvačnost teplotního čidla použitím klouzavého průměru. Každá naměřená

hodnota teploty vzduchu byla nahrazena aritmetickým průměrem této a čtyř následujících hodnot. Vzhledem k době trvání mobilního měření okolo 90 minut bylo potřeba provést korekci na časový průběh teploty vzduchu během měření. Hodinová data teploty vzduchu ze stanice Olomouc, Holice byla proložena lineární funkcí, pomocí níž byly zkorigovány naměřené hodnoty. Dále v textu již budou tyto hodnoty teploty vzduchu opravené o časový průběh nazývány *korigovaná teplota vzduchu*. Pro srovnatelnost prostorových rozdílů teploty vzduchu mezi jednotlivými měřeními byla korigovaná teplota vzduchu nahrazena rozdílem od aritmetického průměru vypočítaným ze všech korigovaných teplot vzduchu v rámci jednoho měření.

Ke zpracování naměřených dat byl použit program Microsoft Excel, tvorba map byla realizována v programu QGIS a pro dílčí úpravy byl použit grafický software.

Pro analýzu závislosti teploty vzduchu na nadmořské výšce byly použity hodnoty korigované teploty vzduchu. Údaj o nadmořské výšce byl získán ze záznamu z GPS navigace. V programu Excel byla pomocí nástroje Regrese vypočtena rovnice lineárního trendu a  $p$ -hodnota, podle níž byla posuzována statistická významnost na hladině  $\alpha = 0,05$ . Z rovnice byl vynásobením lineárního koeficientu faktorem  $-100$  vypočten vertikální teplotní gradient.

V další fázi bylo potřeba přiřadit jednotlivým bodům měření kategorii land cover. Pomocí programu QGIS byl kolem každého bodu měření vymezen kruh o průměru 100 m a jako třída land cover bodu byla zvolena kategorie vrstvy Corine Land Cover 2018, která svým podílem plochy v rámci kruhu převažovala. Zároveň byla provedena určitá zjednodušení, prvním z nich bylo sloučení kategorií *městská nesouvislá zástavba* a *průmyslové nebo obchodní zóny* a jejich zkrácené označení *zástavba*. Druhým bylo zkrácení názvu *orná půda mimo zavlažovaných ploch* na *orná půda*. Dvě malá sídla, Lhota nad Moravou a Hablov, spadala dle vymezení Corine Land Cover 2018 do kategorie orná půda, bylo tedy nutné provést vymezení dle reálné zástavby, podmínkou byl rovněž největší podíl plochy dané kategorie land cover na rozloze kruhu. K porovnávání teploty vzduchu v jednotlivých třídách land cover byl využit rozdíl od aritmetického průměru všech korigovaných teplot vzduchu v rámci jednoho měření. Tento rozdíl byl v programu Microsoft Excel vypočten pro každý bod měření a z těchto dat byly vytvořeny krabicové grafy vyjadřující rozdíl teploty vzduchu v jednotlivých

třídách land cover. Dále byl vypočítán průměrný rozdíl teploty vzduchu od průměru měření pro jednotlivé třídy land cover a jeho směrodatná odchylka.

Intenzita tepelného ostrova sídla byla vypočítána jako rozdíl průměrné teploty vzduchu v rámci sídla od průměrné teploty vzduchu nezastavěného okolí, které bylo tvořeno úsekem od konce předchozího sídla po začátek zkoumaného a od konce zkoumaného sídla k začátku následujícího. V případě prvního sídla na trase to byl rozdíl průměrné teploty vzduchu prvního sídla od průměrné teploty vzduchu na úsecích od začátku měření po začátek prvního sídla a od konce prvního sídla po začátek sídla druhého. Vždy se přitom jednalo o korigované teploty vzduchu. Dále byla vypočtena průměrná intenzita tepelného ostrova jednotlivých sídel pro den aritmetickým průměrem z intenzit z jednotlivých měření, analogický postup byl zvolen pro průměrné intenzity UHI jednotlivých sídel v noci. U jednotlivých měření byla rovněž z korigovaných teplot vypočtena průměrná teplota vzduchu ze všech bodů měření v rámci zástavby a mimo ni. Zkoumán byl vztah mezi intenzitou tepelného ostrova a velikostí sídel, intenzitou UHI a nadmořskou výškou. K tomu byl použit nástroj Regrese v programu Microsoft Excel. Pro každé měření i průměrné hodnoty intenzity UHI z denních a nočních měření byla takto určena rovnice lineárního trendu a  $p$ -hodnota. Posuzována byla statistická významnost na hladině  $\alpha = 0,05$ .



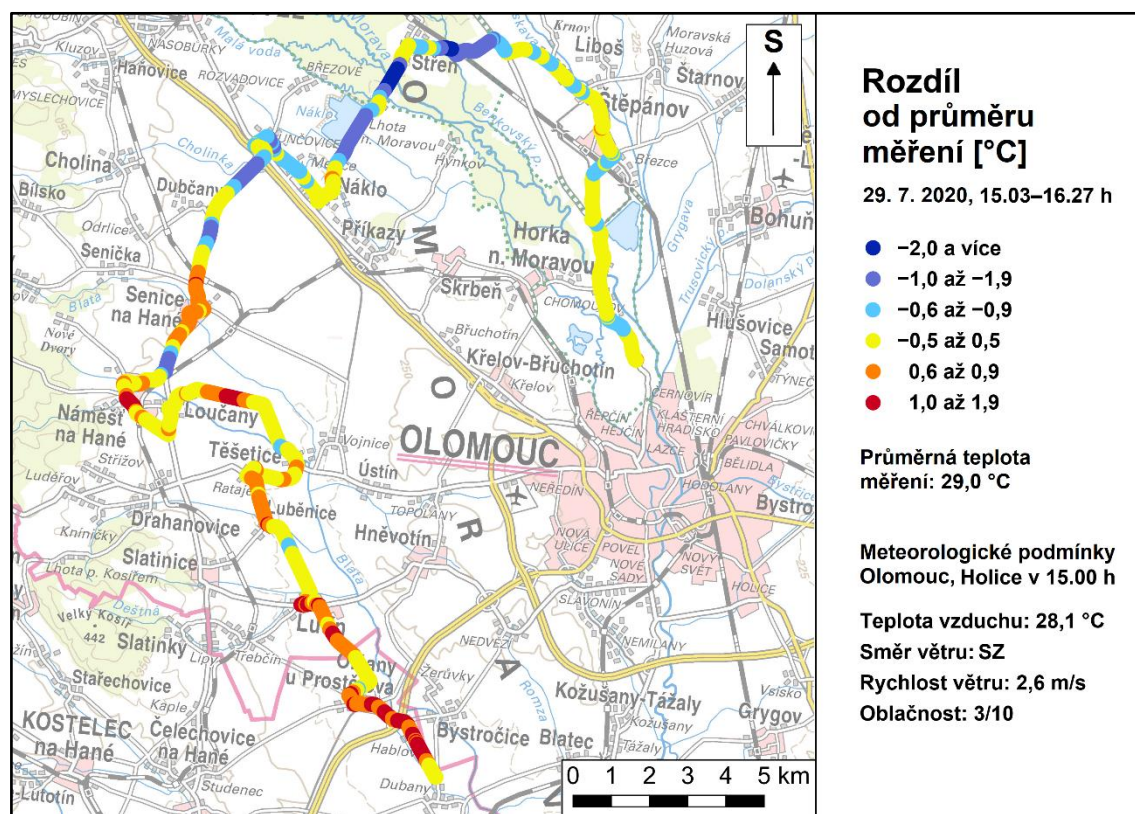
## 6 Výsledky

### 6.1 Denní měření

#### 6.1.1 Odpolední měření 29. 7. 2020

V 15 hodin středoevropského letního času byla na meteorologické stanici Olomouc, Holice naměřena teplota vzduchu 28,1 °C, vál severozápadní vítr o průměrné rychlosti  $2,6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  a míra pokrytí oblohy oblačností činila tři desetiny. O hodinu později, v průběhu měření, bylo na meteorologické stanici 28,5 °C, vál severozápadní vítr rychlostí  $2,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

Teplota vzduchu se během mobilního měření pohybovala od 26,4 °C do 30,5 °C, variační rozpětí tedy činilo 4,1 °C. Průměrná teplota vzduchu byla 29,0 °C. Rozdíl teploty vzduchu od průměru měření je vyjádřen na obrázku 6.



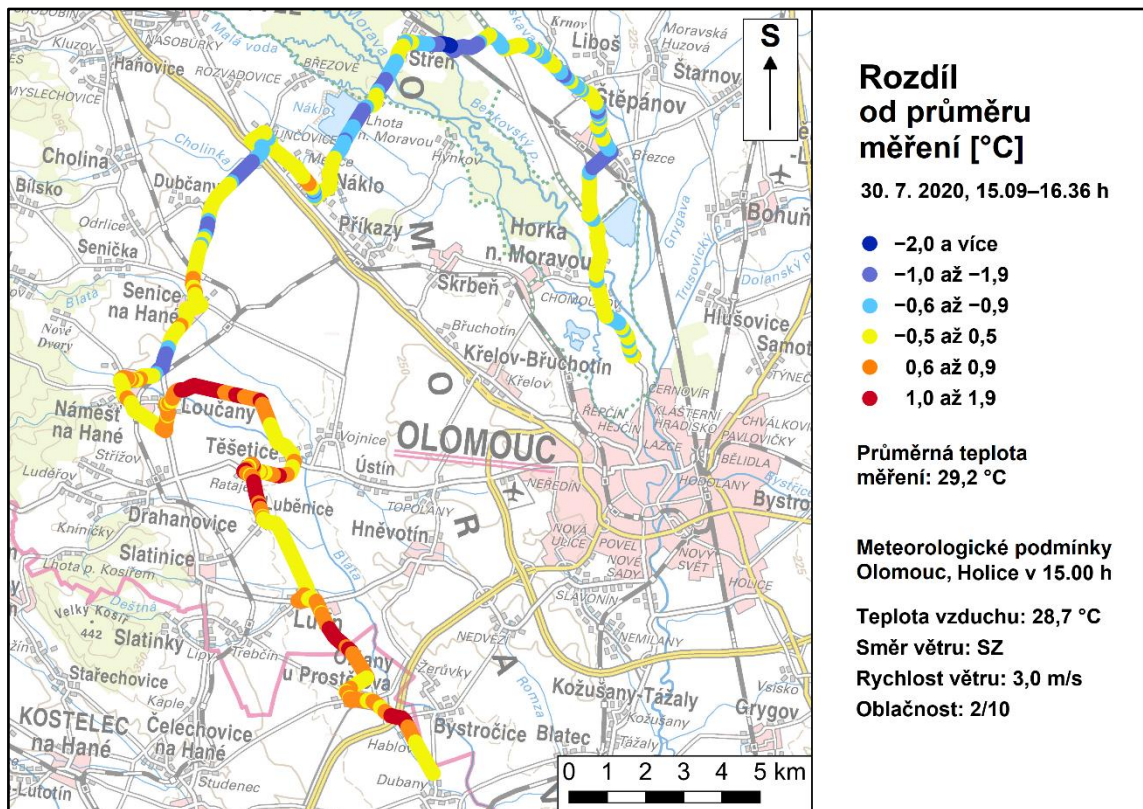
**Obr. 6** Rozdíl teploty vzduchu od průměru měření dne 29. 7. 2020, zdroj dat z meteorologické stanice: ČHMÚ (2021), zdroj podkladové mapy: Geoportál ČÚZK (2021), vlastní zpracování



### 6.1.2 Odpolední měření 30. 7. 2020

Druhé denní měření probíhalo za podobných meteorologických podmínek. Teplota vzduchu na stanici Olomouc, Holice v 15 hodin dosahovala 28,7 °C, váln severozápadní vítr o průměrné rychlosti 3,0 m · s<sup>-1</sup> a míra pokrytí oblohy oblačností byla dvě desetiny. Během měření se změnil směr větru na severní, v 17 hodin váln průměrnou rychlostí 3,7 m · s<sup>-1</sup>. Teplota vzduchu na stanici se příliš neměnila, v 16 hodin bylo 28,8 °C, o hodinu později 28,4 °C.

Teplota vzduchu během mobilního měření kolísala od 26,6 °C do 30,7 °C, variační rozpětí teploty vzduchu bylo 4,1 °C. Průměrná teplota při měření byla 29,2 °C. Rozdíl teploty vzduchu od průměru měření je vyjádřen na obrázku 7.

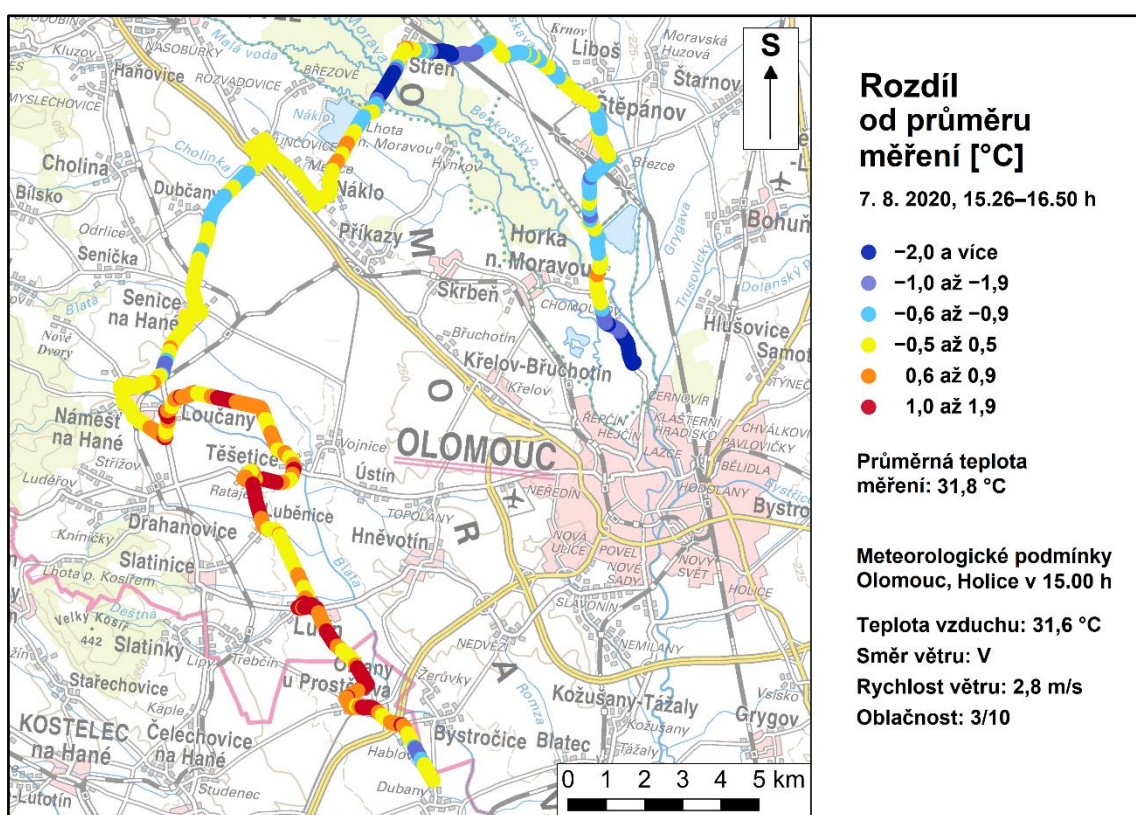


**Obr. 7** Rozdíl teploty vzduchu od průměru měření dne 30. 7. 2020, zdroj dat z meteorologické stanice: ČHMÚ (2021), zdroj podkladové mapy: Geoportál ČÚZK (2021), vlastní zpracování

### 6.1.3 Odpolední měření 7. 8. 2020

Třetí denní měření bylo měřením nejteplejším. Na stanici Olomouc, Holice bylo v 15 hodin 31,6 °C, o hodinu později teplota vzrostla na 32,1 °C, poté následoval pokles na 30,6 °C v 17 hodin. V 15 hodin byla míra pokrytí oblohy oblačností tři desetiny, vál východní vítr o průměrné rychlosti 2,8 m · s<sup>-1</sup>, v dalších hodinách neměnil svůj směr a zeslábl na 1,8 m · s<sup>-1</sup> v 16 hodin a na 1,9 m · s<sup>-1</sup> v 17 hodin.

Průměrná teplota vzduchu během měření byla 31,8 °C, rozdíl mezi nejvyšší (33,4 °C) a nejnižší (27,8 °C) teplotou činil 5,6 °C. Rozdíl teploty vzduchu od průměru měření je vyjádřen na obrázku 8.



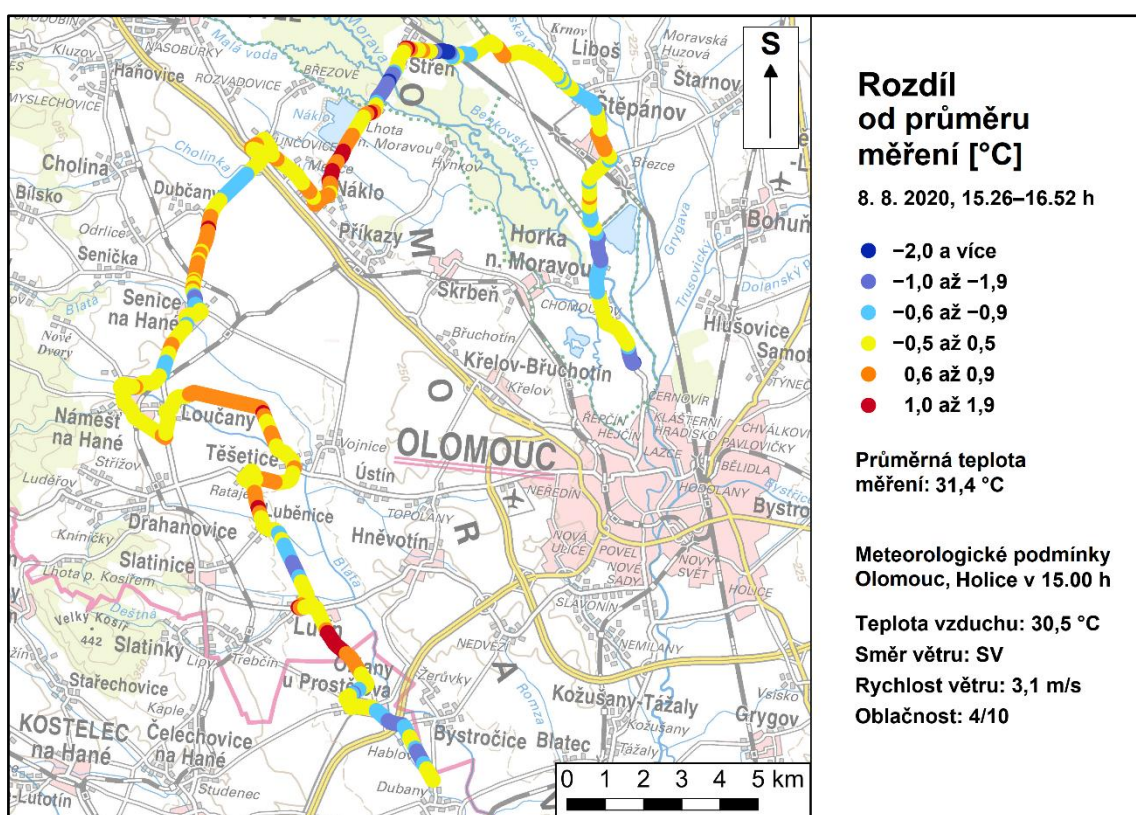
**Obr. 8** Rozdíl teploty vzduchu od průměru měření dne 7. 8. 2020, zdroj dat z meteorologické stanice: ČHMÚ (2021), zdroj podkladové mapy: Geoportál ČÚZK (2021), vlastní zpracování



### 6.1.4 Odpolední měření 8. 8. 2020

O den později probíhalo měření rovněž při teplotách přesahujících 30 °C. Stanice Olomouc, Holice zaznamenala v 15 hodin teplotu vzduchu 30,5 °C, o hodinu později bylo 31,2 °C. V 17 hodin bylo taktéž 31,2 °C. V době měření převládalo východní až severovýchodní proudění vzduchu o průměrné rychlosti 2,0 až 3,6 m · s<sup>-1</sup>. Míra pokrytí oblohy oblačností byla čtyři desetiny.

Při průjezdu vymezenou trasou kolísala teplota vzduchu v rozmezí od 28,3 °C do 33,1 °C, tedy v rozpětí 4,8 °C. Průměrná teplota měření byla 31,4 °C. Rozdíl teploty vzduchu od průměru měření je vyjádřen na obrázku 9.

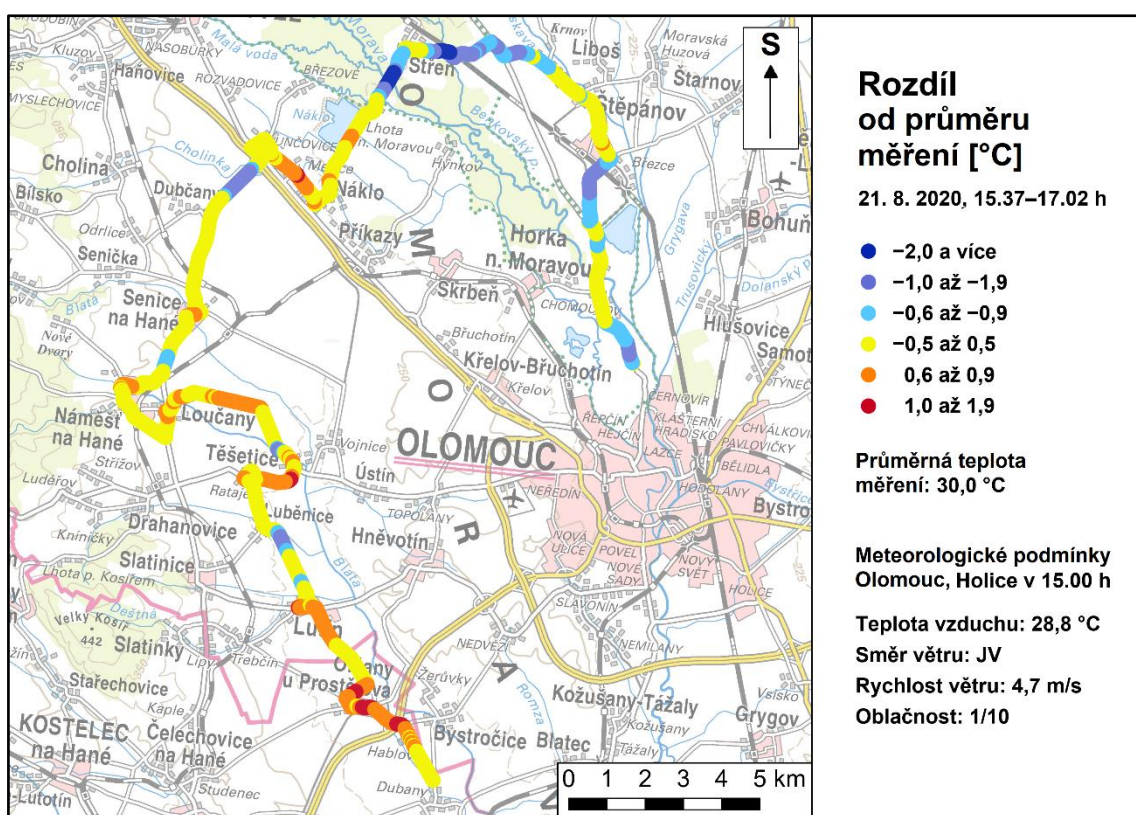


**Obr. 9** Rozdíl teploty vzduchu od průměru měření dne 8. 8. 2020, zdroj dat z meteorologické stanice: ČHMÚ (2021), zdroj podkladové mapy: Geoportál ČÚZK (2021), vlastní zpracování

### 6.1.5 Odpolední měření 21. 8. 2020

V průběhu posledního měření se teplota vzduchu na meteorologické stanici Olomouc, Holice pohybovala okolo 29 °C (28,8 °C v 15 hodin, 29,2 °C v 16 hodin a 29,0 °C v 17 hodin). Jihovýchodní až jižní vítr vál vyšší rychlostí než v předchozích dnech, jeho průměrná rychlost se pohybovala od 4,3 m · s<sup>-1</sup> do 4,7 m · s<sup>-1</sup>. Míra pokrytí oblohy oblačností byla jedna desetina.

Variační rozpětí teploty vzduchu činilo 4,8 °C, tedy stejně jako v předchozím měření. Průměrná teplota vzduchu měla hodnotu 30,0 °C, minimální 26,7 °C a maximální 31,5 °C. Rozdíl teploty vzduchu od průměru měření je vyjádřen na obrázku 10.



**Obr. 10** Rozdíl teploty vzduchu od průměru měření dne 21. 8. 2020, zdroj dat z meteorologické stanice: ČHMÚ (2021), zdroj podkladové mapy: Geoportál ČÚZK (2021), vlastní zpracování

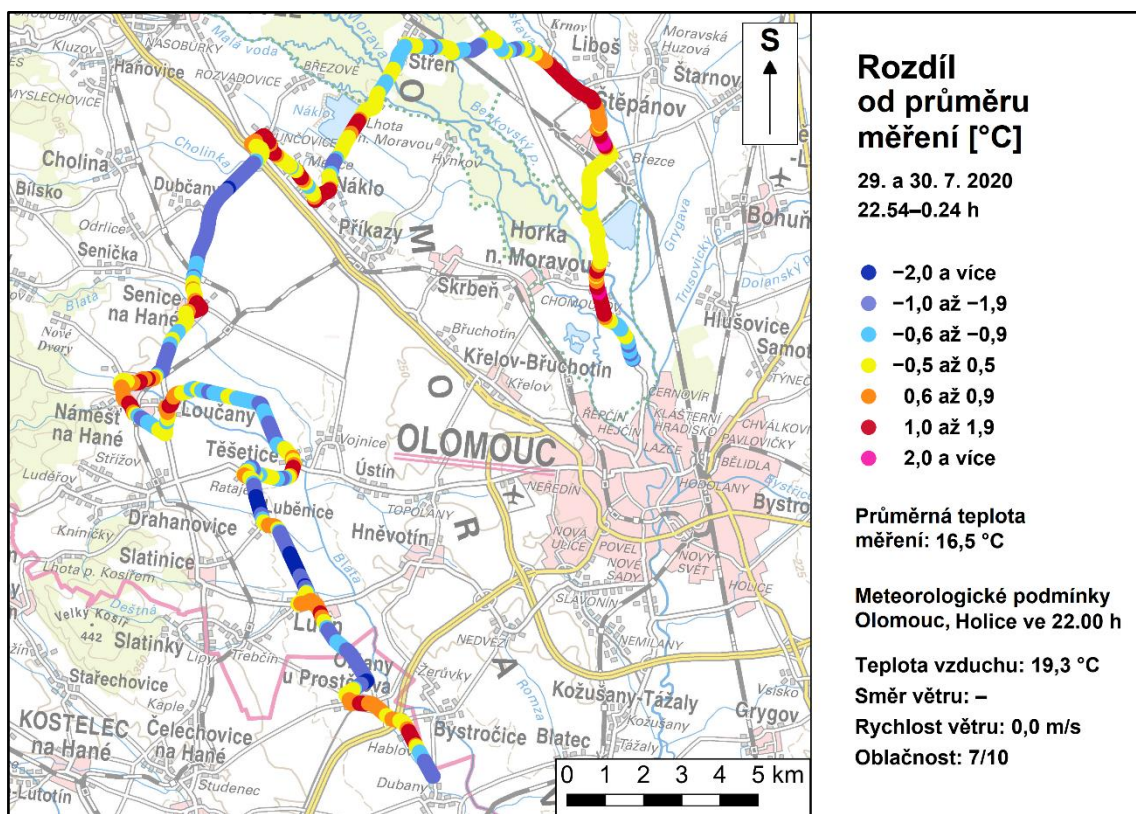


## 6.2 Noční měření

### 6.2.1 Noční měření 29. až 30. 7. 2020

Ve 22 hodin bylo na meteorologické stanici Olomouc, Holice 19,3 °C, o hodinu později se ochladilo na 17,8 °C. V těchto dvou termínech panovalo bezvětří. O půlnoci poklesla teplota vzduchu na 17,4 °C a vál slabý severovýchodní vítr o průměrné rychlosti 1,2 m · s<sup>-1</sup>. V jednu hodinu bylo opět bezvětří a teplota poklesla na 15,9 °C. Míra pokrytí oblohy oblačností činila sedm desetin.

Teplota vzduchu se na jednotlivých bodech měření pohybovala od 14,0 °C do 18,8 °C, tedy v rozpětí 4,8 °C. Aritmetický průměr naměřených hodnot činí 16,5 °C, rozdíl teploty vzduchu od průměru měření je vyjádřen na obrázku 11.

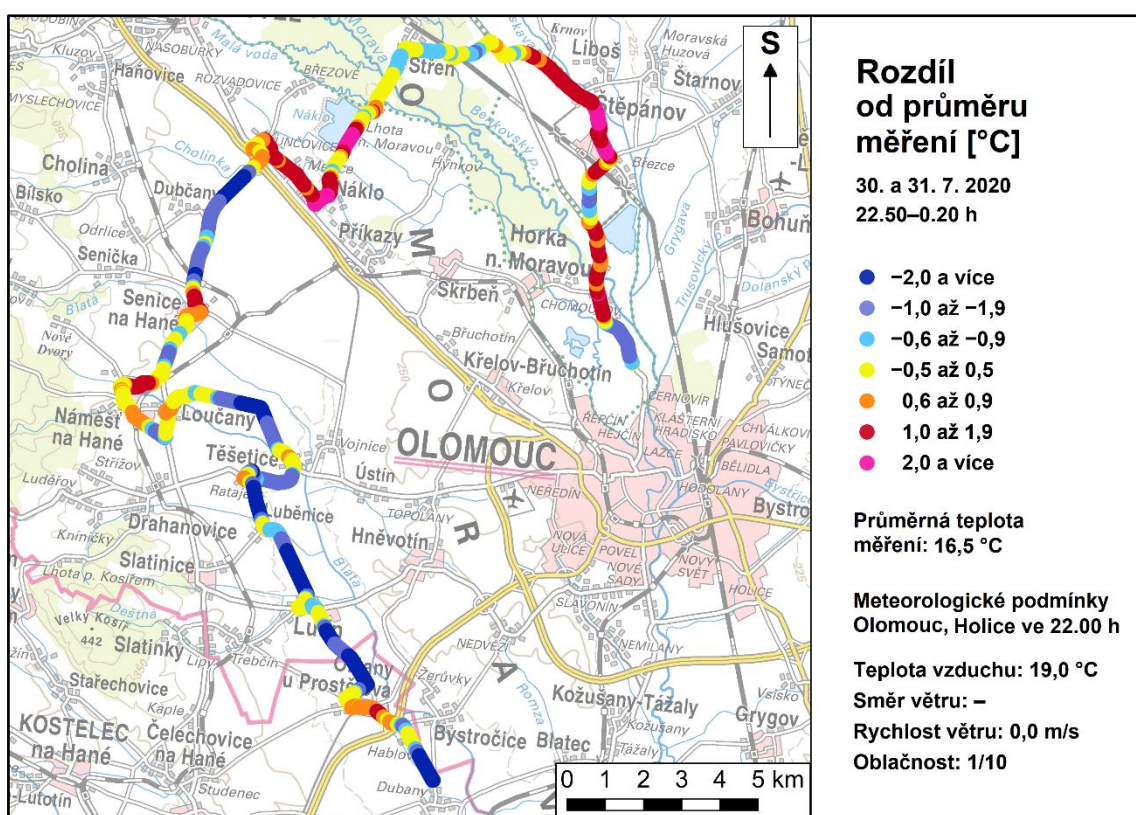


**Obr. 11** Rozdíl teploty vzduchu od průměru měření dne 29. a 30. 7. 2020, zdroj dat z meteorologické stanice: ČHMÚ (2021), zdroj podkladové mapy: Geoportál ČÚZK (2021), vlastní zpracování

## 6.2.2 Noční měření 30. až 31. 7. 2020

Ve 22 hodin byla na meteorologické stanici Olomouc, Holice zaznamenána teplota vzduchu 19,0 °C. V tomto termínu byla obloha téměř bez mraků, míra pokrytí oblohy oblačností byla jedna desetina. V následujících hodinách se teplota vzduchu vyvíjela následovně – 17,1 °C ve 23 hodin, 17,3 °C o půlnoci a 16,6 °C v jednu hodinu, během všech těchto termínů panovalo bezvětrí.

Průměrná teplota při mobilním měření byla stejná jako předchozí den, tedy 16,5 °C. Rozdíl mezi nejvyšší (19,2 °C) a nejnižší (13,3 °C) naměřenou teplotou vzduchu činil 5,9 °C. Rozdíl teploty vzduchu od průměru měření je vyjádřen na obrázku 12.



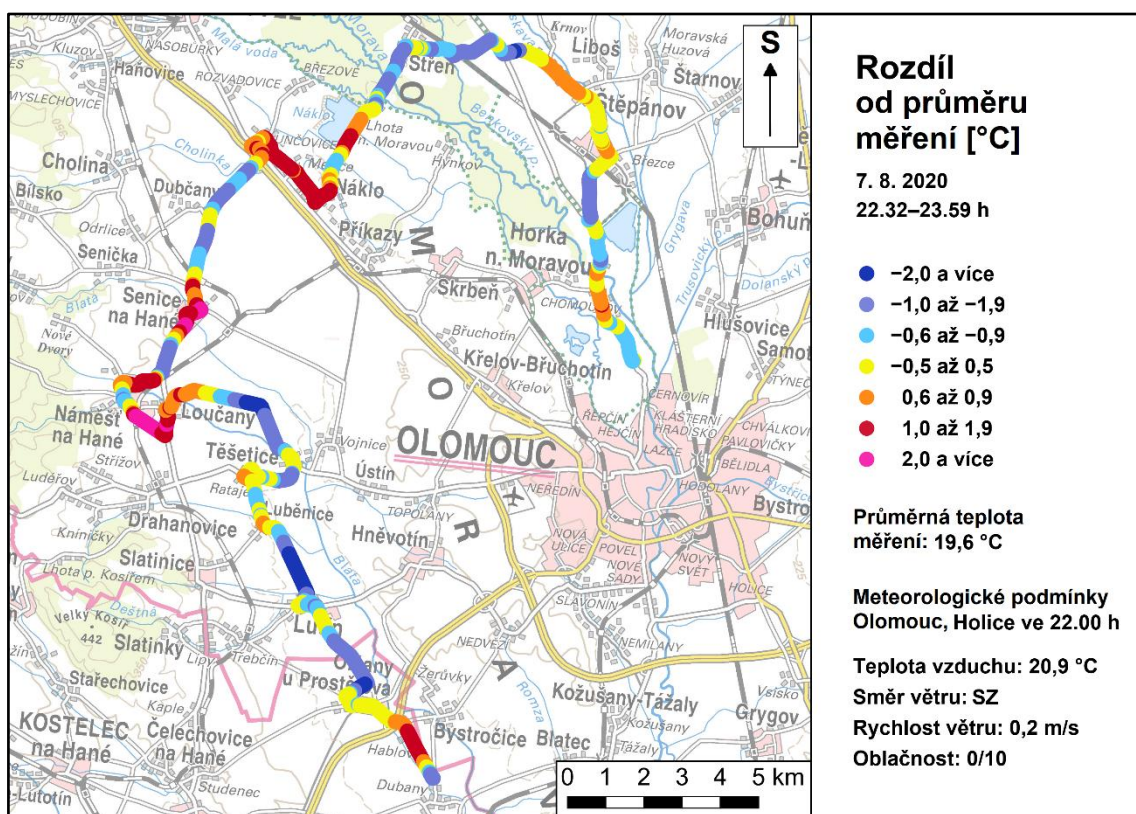
**Obr. 12** Rozdíl teploty vzduchu od průměru měření dne 30. a 31. 7. 2020, zdroj dat z meteorologické stanice: ČHMÚ (2021), zdroj podkladové mapy: Geoportál ČÚZK (2021), vlastní zpracování



### 6.2.3 Noční měření 7. 8. 2020

Po horkém denním měření s průměrnou teplotou vzduchu 31,8 °C přetrvávaly vysoké teploty i během nočního měření. Ve 22 hodin bylo na meteorologické stanici Olomouc, Holice 20,9 °C, o hodinu později 20,2 °C a o půlnoci 20,5 °C. Severozápadní vítr o průměrné rychlosti 0,2 m · s<sup>-1</sup> byl zaznamenán ve 22 hodin i následující hodinu. O půlnoci vál severní vítr průměrnou rychlostí 1,4 m · s<sup>-1</sup>. Obloha byla ve 22 hodin zcela bez oblačnosti.

Během jízdy kolísala teplota vzduchu v rozpětí 5,7 °C, minimální zaznamenaná teplota byla 16,8 °C, maximum činilo 22,5 °C. Rozdíl teploty vzduchu od průměru měření (19,6 °C) je vyjádřen na obrázku 13.

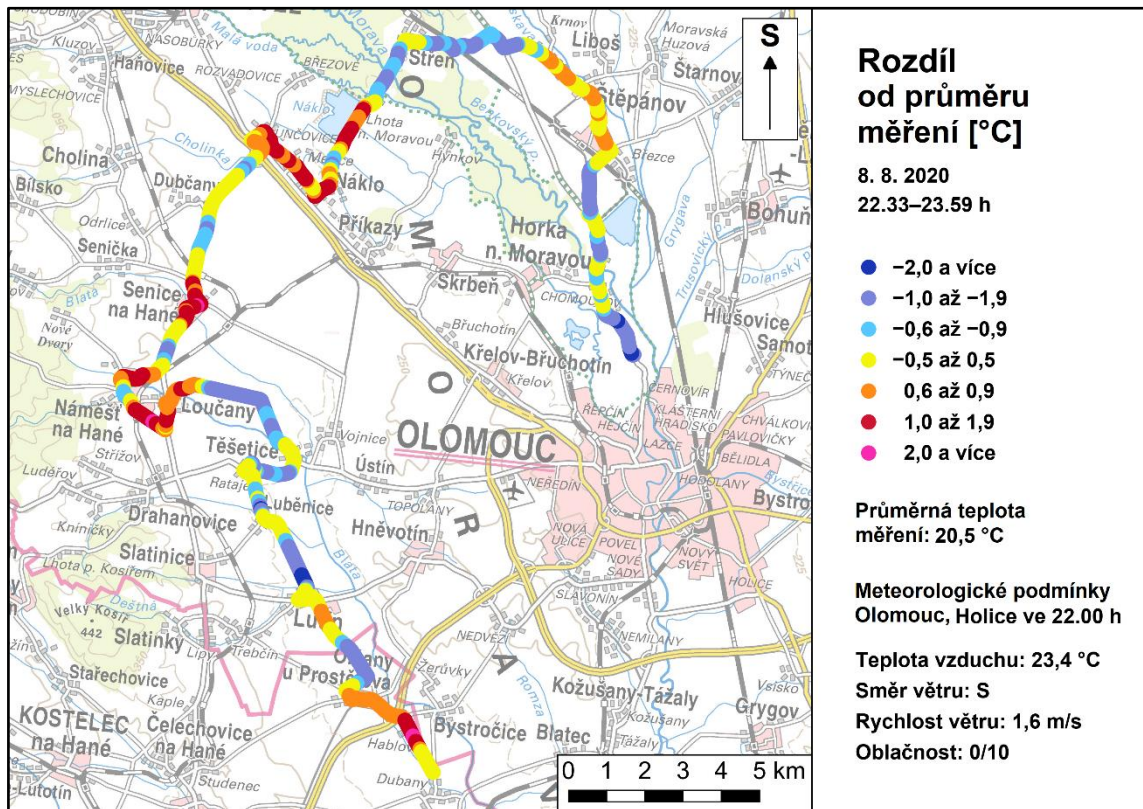


**Obr. 13** Rozdíl teploty vzduchu od průměru měření dne 7. 8. 2020, zdroj dat z meteorologické stanice: ČHMÚ (2021), zdroj podkladové mapy: Geoportál ČÚZK (2021), vlastní zpracování

## 6.2.4 Noční měření 8. 8. 2020

Ještě vyšší teploty vzduchu panovaly během čtvrtého nočního měření. Stanice Olomouc, Holice zaznamenala teplotu 23,4 °C ve 22 hodin, 22,1 °C o hodinu později a 21,6 °C o půlnoci. Severní vítr o průměrné rychlosti 1,6 m · s<sup>-1</sup> vál ve 22 hodin, o hodinu později bylo zaznamenáno bezvětří a o půlnoci proudil vzduch od severozápadu průměrnou rychlostí 1,4 m · s<sup>-1</sup>. Stejně jako předchozí den byla ve 22 hodin obloha zcela bez oblačnosti.

Nejvyšší naměřená teplota byla 22,6 °C, nejnižší 17,4 °C, variační rozpětí tedy činilo 5,2 °C. Průměrná teplota vzduchu měla hodnotu 20,5 °C, což je nejvíce ze všech nočních mobilních měření. Rozdíl teploty vzduchu od průměru měření je vyjádřen na obrázku 14.



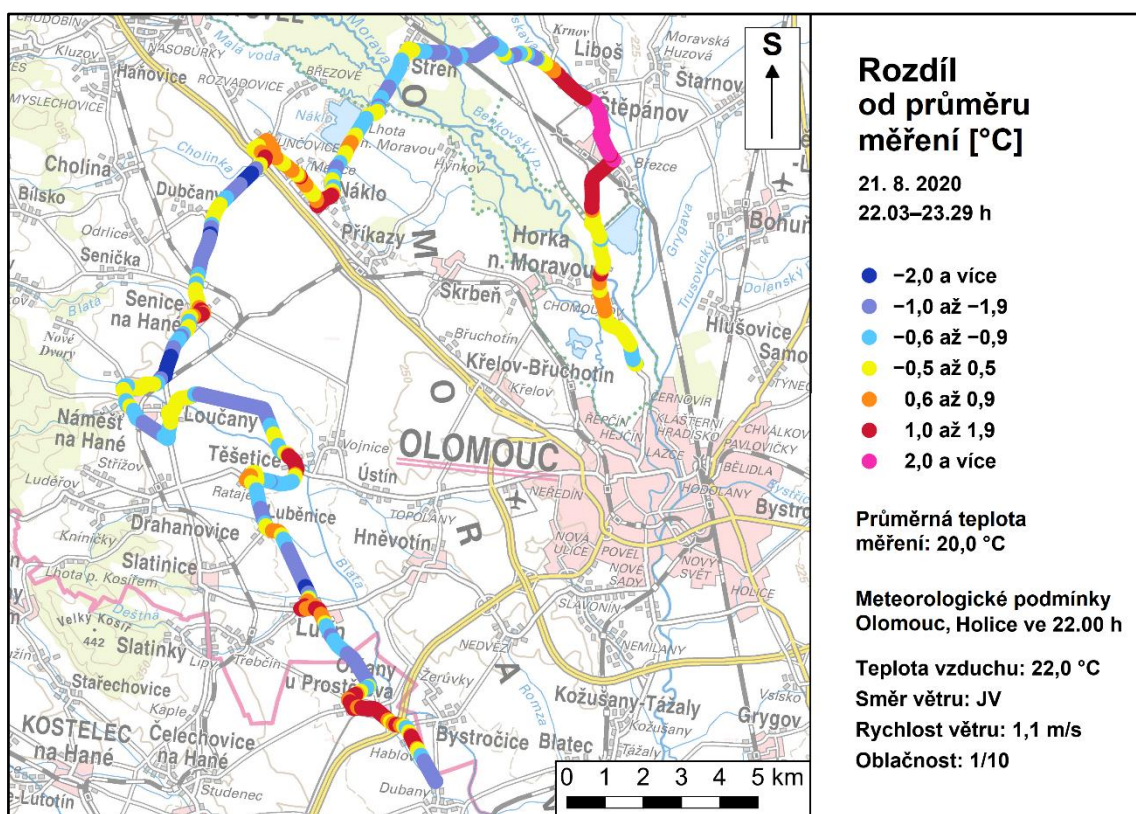
**Obr. 14** Rozdíl teploty vzduchu od průměru měření dne 8. 8. 2020, zdroj dat z meteorologické stanice: ČHMÚ (2021), zdroj podkladové mapy: Geoportál ČÚZK (2021), vlastní zpracování



## 6.2.5 Noční měření 21. 8. 2020

Ve 22 hodin dosahovala teplota vzduchu na stanici Olomouc, Holice 22,0 °C, následující hodinu se ochladilo na 21,0 °C a o půlnoci byla zaznamenána teplota 19,3 °C. Slabý vítr v průběhu měření měnil směr, ve 22 hodin vál od jihovýchodu průměrnou rychlostí 1,1 m · s<sup>-1</sup>, ve 23 hodin od severovýchodu rychlostí 0,9 m · s<sup>-1</sup> a východní proudění o rychlosti 0,3 m · s<sup>-1</sup> bylo zaznamenáno o půlnoci. Ve 22 hodin byla míra pokrytí oblohy oblačností jedna desetina.

Teplota vzduchu se při měření pohybovala v rozmezí od 17,8 °C do 22,9 °C, variační rozpětí tedy bylo 5,1 °C. Průměrná teplota měření byla 20,0 °C, rozdíl od průměru měření je vyjádřen na obrázku 15.



**Obr. 15** Rozdíl teploty vzduchu od průměru měření dne 21. 8. 2020, zdroj dat z meteorologické stanice: ČHMÚ (2021), zdroj podkladové mapy: Geoportál ČÚZK (2021), vlastní zpracování

### 6.3 Souhrn a zhodnocení provedených mobilních měření

Při všech denních měřeních přesahovala průměrná teplota vzduchu na trase hodnotu 25 °C, během tří z nich byla  $\geq 30$  °C. Variační rozpětí teploty vzduchu se v rámci měření pohybovala od 4,1 °C do 5,6 °C, jejich průměr pak činil 4,7 °C. Průměrná rychlost větru během měření byla poněkud vyšší, ve čtyřech případech se pohybovala na stanici Olomouc, Holice v rozmezí 1,8 až 3,7 m · s<sup>-1</sup>, 21. srpna vál vítr o rychlosti 4,3 až 4,7 m · s<sup>-1</sup>. Míra pokrytí oblohy oblačností byla během dvou denních měření  $\leq 2/10$ , v dalších dvou 3/10 a 8. srpna 4/10. Meteorologické podmínky během denních měření jsou shrnuty v tabulce 3, souhrn charakteristických hodnot z mobilních měření je uveden v tabulce 4.

**Tab. 3** Meteorologické podmínky v 15 hodin SELČ na stanici Olomouc, Holice

Datum měření	teplota vzduchu [°C]	směr větru	rychlost větru [m/s]	oblačnost
29. 7. 2020	28,1	SZ	2,6	3/10
30. 7. 2020	28,7	SZ	3,0	2/10
7. 8. 2020	31,6	V	2,8	3/10
8. 8. 2020	30,5	SV	3,1	4/10
21. 8. 2020	28,8	JV	4,7	1/10

Zdroj: Český hydrometeorologický ústav, 2021

**Tab. 4** Teplotní charakteristiky denních měření

Datum měření	Teplota vzduchu [°C]			variační rozpětí teploty vzduchu [°C]
	průměrná	minimální	maximální	
29. 7. 2020	29,0	26,4	30,5	4,1
30. 7. 2020	29,2	26,6	30,7	4,1
7. 8. 2020	31,8	27,8	33,4	5,6
8. 8. 2020	31,4	28,3	33,1	4,8
21. 8. 2020	30,0	26,7	31,5	4,8

V rámci všech pěti odpoledních měření byly zaznamenány podprůměrné teploty v lesních úsecích trasy poblíž obce Střeň – poblíž Benkovského potoka a v blízkosti řeky Moravy před Lhotou nad Moravou. Další úsek s podprůměrnou teplotou vzduchu se nachází mezi poli za nadejdem dálnice směrem na Dubčany, nižší teploty byly naměřeny mezi Senicí na Hané a Náměští na Hané v úseku dlouhém několik set metrů před odbočkou do Náměště. V rámci všech denních měření byly zaznamenány nadprůměrné teploty vzduchu mezi poli v první části úseku Loučany–Těšetice. Mezi Těšeticemi a koncem trasy měření rovněž převažovaly úseky s nadprůměrnou teplotou vzduchu.

Meteorologické podmínky byly během nočních měření většinou příznivé, shrnuty jsou v tabulce 5. Oproti denním měřením se zklidnil vítr, ve všech případech průměrná rychlost proudění dle údajů z meteorologické stanice Olomouc, Holice nepřesáhla hodnotu  $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , mnohdy bylo bezvětří. Ve čtyřech případech byla míra pokrytí oblohy oblačností  $\leq 1/10$ , během prvního měření to bylo 7/10. Průměrné variační rozpětí teploty vzduchu v rámci jednoho měření bylo  $5,3 \text{ }^\circ\text{C}$ , nejmenší  $4,8 \text{ }^\circ\text{C}$  během prvního nočního měření, při míře pokrytí oblohy oblačností 7/10 a největší  $5,9 \text{ }^\circ\text{C}$ . Přehled charakteristických hodnot teploty vzduchu je v tabulce 6.

**Tab. 5** Meteorologické podmínky ve 22 hodin SELČ na stanici Olomouc, Holice

Datum měření	teplota vzduchu [ $^\circ\text{C}$ ]	směr větru	rychlost větru [m/s]	oblačnost
29. 7. 2020	19,3	–	0,0	7/10
30. 7. 2020	19,0	–	0,0	1/10
7. 8. 2020	20,9	SZ	0,2	0/10
8. 8. 2020	23,4	S	1,6	0/10
21. 8. 2020	22,0	JV	1,1	1/10

Zdroj: Český hydrometeorologický ústav, 2021

**Tab. 6** Teplotní charakteristiky nočních měření

Datum měření	Teplota vzduchu [ $^\circ\text{C}$ ]			variační rozpětí teploty vzduchu [ $^\circ\text{C}$ ]
	průměrná	minimální	maximální	
29. a 30. 7. 2020	16,5	14,0	18,8	4,8
30. a 31. 7. 2020	16,5	13,3	19,2	5,9
7. 8. 2020	19,6	16,8	22,5	5,7
8. 8. 2020	20,5	17,4	22,6	5,2
21. 8. 2020	20,0	17,8	22,9	5,1

Během nočních měření již byly úseky s nadprůměrnou teplotou vzduchu téměř výhradně vázány na sídla, naopak chladněji bylo převážně na dlouhých úsecích mezi poli. Vyšší teplota vzduchu byla rovněž zaznamenána poblíž vodní plochy Náklo.

## 6.4 Vztah teploty vzduchu a nadmořské výšky

Změna teploty vzduchu s nadmořskou výškou je označována jako vertikální teplotní gradient  $\gamma$ , který je matematicky vyjádřen  $\gamma = -dT/dz$ , kde  $dT$  je rozdíl teplot a  $dz$  je změna nadmořské výšky. Běžná hodnota vertikálního teplotního gradientu je  $0,65\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ , což znamená, že s nárůstem výšky o  $100\text{ m}$  klesne teplota o  $0,65\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Pokud je vertikální teplotní gradient kladný, teplota s rostoucí výškou klesá a jedná se o normální teplotní zvrstvení, při záporném  $\gamma$  se jedná o teplotní inverzi a s rostoucí výškou se zvyšuje teplota vzduchu. Při  $\gamma = 0$  se teplota s výškou nemění a jde o izotermii. Teplotní inverze se dle příčiny vzniku dělí na přízemní radiační inverze, advekční inverze, inverze ve volné atmosféře, subsidenční inverze a pasátové inverze (Vysoudil, 2013).

Analýzou dat z denních měření byla ve třech případech zjištěna záporná hodnota vertikálního teplotního gradientu, ve zbylých dvou případech byla tato hodnota kladná. Během tří denních měření byla závislost teploty vzduchu na nadmořské výšce statisticky významná. Přehled vertikálních teplotních gradientů během jednotlivých denních měření je v tabulce 7.

**Tab. 7** Vertikální teplotní gradient během denních měření, statisticky významné hodnoty jsou vyznačeny tučně

Datum měření	$\gamma$ [ $^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ ]
29. 7. 2020	0,29
30. 7. 2020	-0,28
7. 8. 2020	<b>-1,58</b>
8. 8. 2020	<b>-1,34</b>
21. 8. 2020	<b>0,50</b>

Poměr nocí s kladnou a zápornou hodnotou vertikálního teplotního gradientu byl stejný jako ve dne, zároveň noc po dni s kladným vertikálním teplotním gradientem měla také vždy kladný vertikální teplotní gradient, po dni se záporným  $\gamma$  následovala noc rovněž se zápornou hodnotou  $\gamma$ . V případě čtyř nočních měření byla závislost teploty vzduchu na nadmořské výšce statisticky významná. U všech měření je patrné zesílení teplotního gradientu (ať už kladného či záporného) během noci. Ve dvou případech z pěti dosahuje změna teploty na  $100\text{ m}$  výšky více než  $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Přehled vertikálních teplotních gradientů během jednotlivých nočních měření je v tabulce 8.

**Tab. 8** Vertikální teplotní gradient během nočních měření, statisticky významné hodnoty jsou vyznačeny tučně

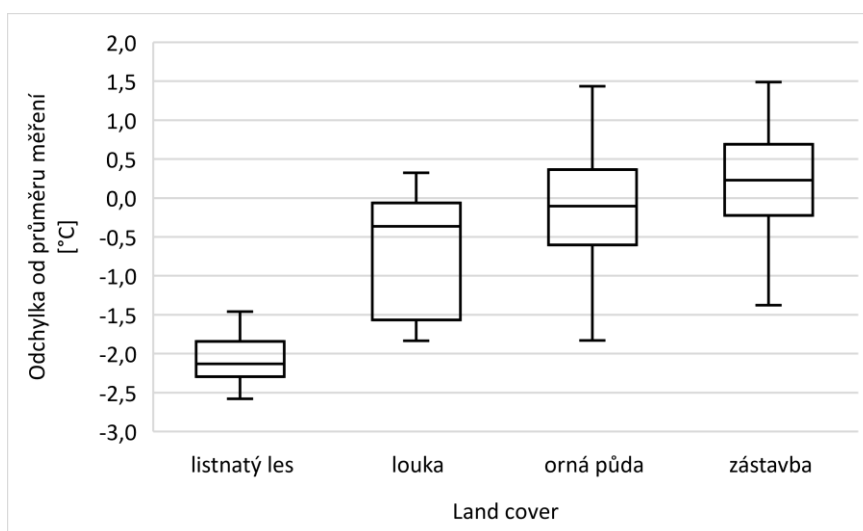
Datum začátku měření	$\gamma$ [ $^{\circ}\text{C}/100$ m]
29. 7. 2020	<b>0,88</b>
30. 7. 2020	-0,58
7. 8. 2020	<b>-3,83</b>
8. 8. 2020	<b>-2,49</b>
21. 8. 2020	<b>3,99</b>

## 6.5 Vztah teploty vzduchu a kategorií land cover

### 6.5.1 Denní měření 29. 7. 2020

V rámci prvního odpoledního měření bylo nejchladněji v úsecích vedoucích listnatým lesem, oproti průměru celého měření zde byla o 2,1  $^{\circ}\text{C}$  nižší teplota vzduchu. Dále v pořadí podle průměru i mediánu rozdílů od průměru měření, viz obrázek 16 a tabulka 9, následovaly kategorie louka a orná půda, nejvyšší teplota vzduchu byla v zastavěných oblastech.

Z obrázku 16 je patrné, že největší mezikvartilové rozpětí vykazuje louka, nejnižší pak listnatý les. U něj je rovněž nejmenší směrodatná odchylka, nejvyšší hodnoty vykazuje v prostředí louky a orné půdy, viz tabulka 9. Největší variační šíře dosahuje kategorie orná půda, nejnižší vykazuje listnatý les.



**Obr. 16** Rozdíl teploty vzduchu od průměru měření v jednotlivých kategoriích land cover během denního měření 29. 7. 2020. Medián je vyznačen horizontální čarou uvnitř boxu, kvartily jsou jeho hranice, minimum a maximum je vyznačeno krajními vodorovnými čarami.

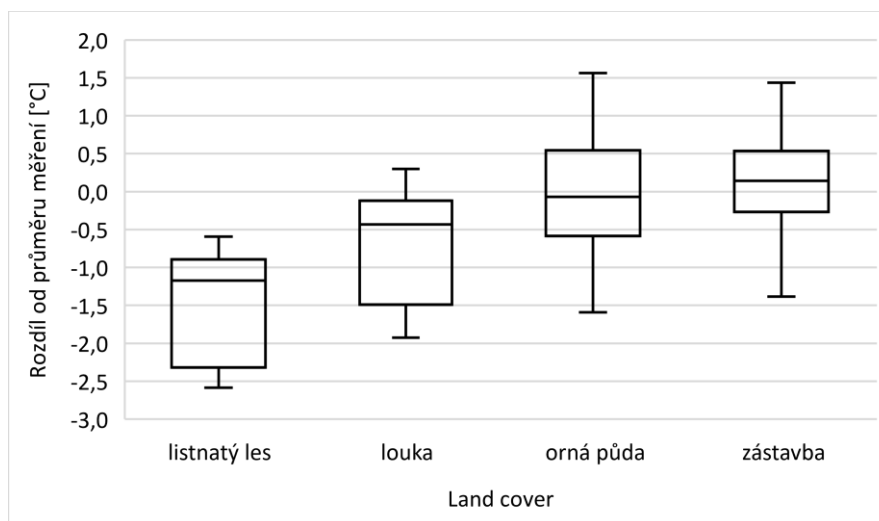
**Tab. 9** Průměrný rozdíl teploty vzduchu mezi jednotlivými kategoriemi land cover a průměrnou teplotou celého denního měření 29. 7. 2020

	listnatý les	louka	orná půda	zástavba
průměrný rozdíl [°C]	-2,1	-0,8	-0,1	+0,2
směrodatná odchylka [°C]	0,4	0,7	0,7	0,6

### 6.5.2 Denní měření 30. 7. 2020

V rámci druhého měření bylo pořadí jednotlivých kategorií land cover podle průměru i mediánu rozdílu od průměru měření shodné s předchozím dnem. Nejnižší teplota vzduchu byla v listnatém lese, následovala louka, orná půda a nejvyšší teplota byla v rámci zástavby. Rozdíl teplot mezi posledními dvěma jmenovanými kategoriemi je však malý, jak dokládá obrázek 17 a tabulka 10.

Největší směrodatnou odchylku vykazovala orná půda, která měla rovněž největší variační šíři. Nejnižší mezikvartilové rozpětí vykazovaly zastavěné oblasti, nejvyšší listnatý les a louka.



**Obr. 17** Rozdíl teploty vzduchu od průměru měření v jednotlivých kategoriích land cover během denního měření 30. 7. 2020. Medián je vyznačen horizontální čarou uvnitř boxu, kvartily jsou jeho hranice, minimum a maximum je vyznačeno krajními vodorovnými čarami.

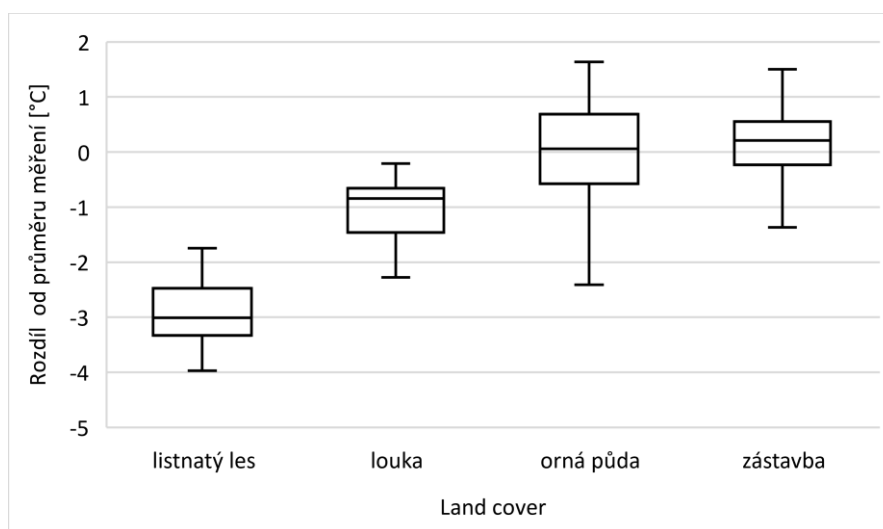
**Tab. 10** Průměrný rozdíl teploty vzduchu mezi jednotlivými kategoriemi land cover a průměrnou teplotou celého denního měření 30. 7. 2020

	listnatý les	louka	orná půda	zástavba
průměrný rozdíl [°C]	-1,5	-0,8	0,0	+0,1
směrodatná odchylka [°C]	0,7	0,7	0,8	0,5

### 6.5.3 Denní měření 7. 8. 2020

Během třetího denního měření bylo nejchladněji v listnatém lese, kde průměrný rozdíl od průměrné teploty činil  $-2,9$  °C, medián pak  $-3,0$  °C. Ze všech denních měření se tak jednalo o největší záporný rozdíl. Pořadí dalších kategorií zůstalo stejné jako v předchozích měřeních, druhá nejchladnější byla louka, následovala orná půda a zástavba.

Největší variabilitu vykazuje kategorie orná půda, má největší variační šíři, mezikvartilové rozpětí a směrodatnou odchylku, jak dokládá obrázek 18 a tabulka 11. Prostředí louky je naopak charakterizováno nejmenší směrodatnou odchylkou a rozpětím naměřených hodnot.



**Obr. 18** Rozdíl teploty vzduchu od průměru měření v jednotlivých kategoriích land cover během denního měření 7. 8. 2020. Medián je vyznačen horizontální čarou uvnitř boxu, kvartily jsou jeho hranice, minimum a maximum je vyznačeno krajními vodorovnými čarami.

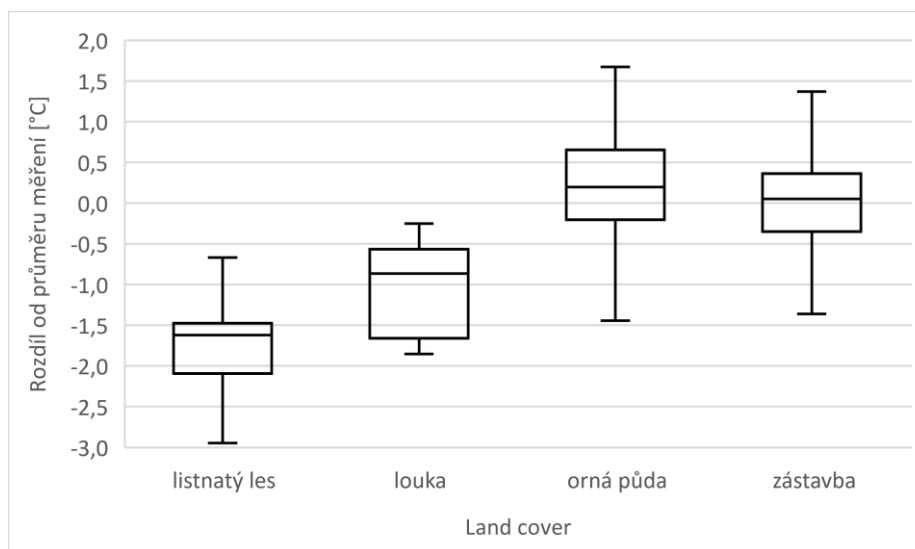
**Tab. 11** Průměrný rozdíl teploty vzduchu mezi jednotlivými kategoriemi land cover a průměrnou teplotou celého denního měření 7. 8. 2020

	listnatý les	louka	orná půda	zástavba
průměrný rozdíl [°C]	-2,9	-1,0	0,0	+0,2
směrodatná odchylka [°C]	0,6	0,5	0,9	0,6

#### 6.5.4 Denní měření 8. 8. 2020

Během tohoto měření byla nejvyšší teplota vzduchu v kategorii land cover orná půda, což je změna oproti předchozím dnům, kdy bylo nejtepleji v rámci zástavby. Nejnižší teplota byla v listnatém lese, druhým nejchladnějším prostředím byla louka.

Hodnoty směrodatné odchylky jsou od 0,5 v kategorii louka a les po 0,7 v rámci orné půdy, viz tabulka 12. Orná půda rovněž vykazuje největší variační šíři, největší mezikvartilové rozpětí vykazuje louka, jak je patrné z obrázku 19.



**Obr. 19** Rozdíl teploty vzduchu od průměru měření v jednotlivých kategoriích land cover během denního měření 8. 8. 2020. Medián je vyznačen horizontální čarou uvnitř boxu, kvartily jsou jeho hranice, minimum a maximum je vyznačeno krajními vodorovnými čarami.

**Tab. 12** Průměrný rozdíl teploty vzduchu mezi jednotlivými kategoriemi land cover a průměrnou teplotou celého denního měření 8. 8. 2020

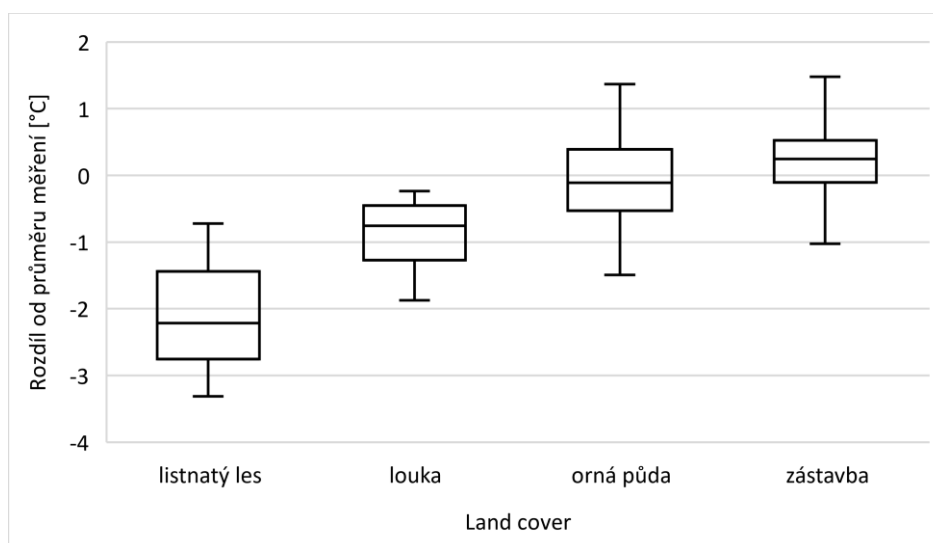
	listnatý les	louka	orná půda	zástavba
průměrný rozdíl [°C]	-1,8	-1,0	+0,2	0,0
směrodatná odchylka [°C]	0,6	0,5	0,7	0,5



### 6.5.5 Denní měření 21. 8. 2020

Poslední denní měření přineslo návrat k pořadí kategorií land cover dle teploty vzduchu z prvních třech měření. Nejchladněji tedy bylo v listnatém lese s průměrným rozdílem  $-2,1$  °C od průměru měření, následovala louka, orná půda a nejtepleji bylo v rámci zástavby, kde průměrný rozdíl činil  $+0,2$  °C, viz tabulka 13.

Na obrázku 20 jde vidět, že největší mezikvartilové rozpětí vykazuje listnatý les, který má společně s ornou půdou poněkud větší variační šíři. Naopak nejmenší mezikvartilové rozpětí má zástavba.



**Obr. 20** Rozdíl teploty vzduchu od průměru měření v jednotlivých kategoriích land cover během denního měření 21. 8. 2020. Medián je vyznačen horizontální čarou uvnitř boxu, kvartily jsou jeho hranice, minimum a maximum je vyznačeno krajními vodorovnými čarami.

**Tab. 13** Průměrný rozdíl teploty vzduchu mezi jednotlivými kategoriemi land cover a průměrnou teplotou celého denního měření 21. 8. 2020

	list. les	louka	orná půda	zástavba
průměrný rozdíl [°C]	-2,1	-0,9	-0,1	+0,2
směrodatná odchylka [°C]	0,7	0,5	0,6	0,5

### 6.5.6 Souhrn denních měření

Během všech denních měření bylo nejchladněji v listnatém lese, průměrný rozdíl oproti průměrné teplotě měření dosahoval hodnot od  $-2,9$  °C do  $-1,5$  °C. Tento výsledek je v souladu s poznatkami o vlivu stromů na zmírňování teploty vzduchu za horkých dnů uvedenými v kapitole 4.3, ochlazování zajišťuje evapotranspirace a stínění stromů. Druhým nejchladnějším prostředím byla louka s rozdílem od průměru měření  $-1,0$  °C až  $-0,8$  °C. Nejvyšší průměrné teploty byly zaznamenávány v rámci orné půdy a zástavby. Průměrný rozdíl teploty vzduchu se v případě orné půdy pohyboval v rozmezí od  $-0,1$  °C do  $+0,2$  °C, v případě zástavby pak od  $0,0$  °C do  $+0,2$  °C. Teplota vzduchu byla v těchto dvou kategoriích velmi podobná, což dokládají rovněž mediány odchylky od průměru měření či absolutní hodnoty teploty vzduchu v souhrnné tabulce 14. Ve čtyřech případech z pěti byla nejvyšší průměrná teplota v rámci zástavby. Shrňeme-li tyto výsledky, významně chladněji bylo v listnatém lese, s odstupem následovala louka a s dalším odstupem orná půda a zástavba, mezi nimiž se teploty vzduchu příliš nelišily.

Orná půda vykazovala během všech denních měření největší variační šíři a ve čtyřech případech z pěti také největší směrodatnou odchylku, největší mezikvartilové rozpětí však bylo u této kategorie pouze jednou. Nejmenší variační šíři měla ve třech případech louka, ve dvou listnatý les. Zástavba měla během tří měření nejmenší mezikvartilové rozpětí a směrodatnou odchylku. Zároveň nevykazovala v žádné ze zkoumaných měř variability v rámci všech denních měření nejvyšší hodnotu mezi kategoriemi land cover.

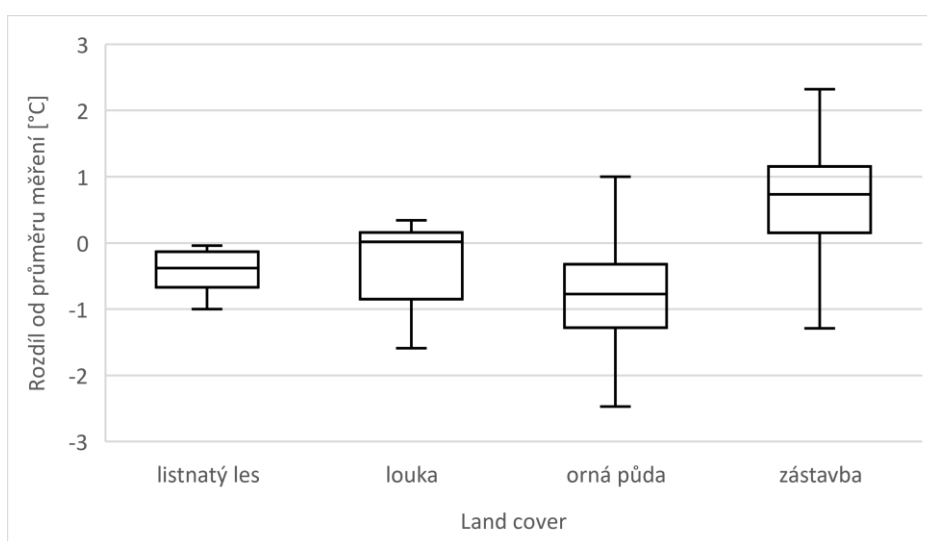
**Tab. 14** Souhrn průměrných teplot vzduchu z denních měření v jednotlivých kategoriích land cover a jejich rozdílů od průměrné teploty měření

datum měření	Průměrná teplota v jednotlivých kategoriích LC [°C]			
	(rozdíl od průměrné teploty vzduchu měření [°C])			
	listnatý les	louka	orná půda	zástavba
29. 7. 2020	27,0 (-2,1)	28,3 (-0,8)	28,9 (-0,1)	29,2 (+0,2)
30. 7. 2020	27,7 (-1,5)	28,4 (-0,8)	29,1 (0,0)	29,3 (+0,1)
7. 8. 2020	28,9 (-2,9)	30,8 (-1,0)	31,8 (0,0)	32,0 (+0,2)
8. 8. 2020	29,6 (-1,8)	30,4 (-1,0)	31,6 (+0,2)	31,5 (0,0)
21. 8. 2020	27,9 (-2,1)	29,2 (-0,9)	29,9 (-0,1)	30,2 (+0,2)
<b>průměr</b>	<b>28,2 (-2,1)</b>	<b>29,4 (-0,9)</b>	<b>30,3 (0,0)</b>	<b>30,4 (+0,1)</b>

### 6.5.7 Noční měření 29. až 30. 7. 2020

Při prvním nočním měření byla nejvyšší teplota vzduchu v rámci zástavby, naopak kategorií land cover s nejnižší teplotou byla orná půda. Kategorie listnatý les a louka měly shodný rozdíl teploty od průměru měření, a to  $-0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , medián rozdílu byl však vyšší na louce, viz obrázek 21 a tabulka 15.

Největší směrodatnou odchylku vykazuje orná půda, nejmenší pak listnatý les, jak je uvedeno v tabulce 15. Ten má rovněž nejmenší mezikvartilové rozpětí a variační šíři, viz obrázek 21. Zástavba a orná půda mají variační šíři více než  $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , mezikvartilová rozpětí těchto kategorií a louky jsou přibližně stejná.



**Obr. 21** Rozdíl teploty vzduchu od průměru měření v jednotlivých kategoriích land cover během nočního měření 29. až 30. 7. 2020. Medián je vyznačen horizontální čarou uvnitř boxu, kvartily jsou jeho hranice, minimum a maximum je vyznačeno krajními vodorovnými čarami.

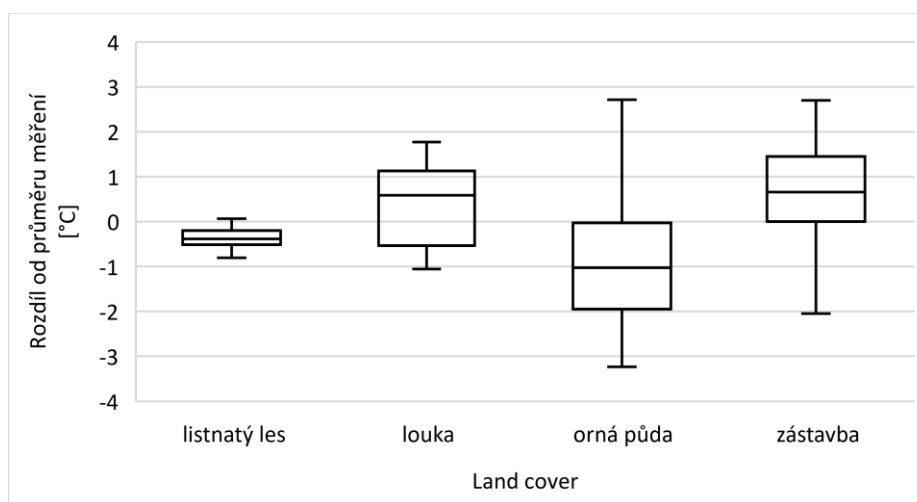
**Tab. 15** Průměrný rozdíl teploty vzduchu mezi jednotlivými kategoriemi land cover a průměrnou teplotou celého nočního měření z 29. a 30. 7. 2020

	listnatý les	louka	orná půda	zástavba
průměrný rozdíl [ $^{\circ}\text{C}$ ]	-0,4	-0,4	-0,8	+0,6
směrodatná odchylka [ $^{\circ}\text{C}$ ]	0,3	0,6	0,8	0,7

### 6.5.8 Noční měření 30. až 31. 7. 2020

Seřadíme-li jednotlivá prostředí dle rozdílu od průměrné teploty měření od nejvyššího po nejnižší, dostaneme následující pořadí – zástavba, louka, listnatý les a orná půda. Při porovnávání mediánů rozdílu teploty vzduchu od průměru měření je pořadí stejné, rozdíl mediánů mezi zástavbou a loukou je ale menší než 0,1 °C, viz obrázek 22 a tabulka 16.

Orná půda vykazuje největší hodnoty ve všech zde zkoumaných mírách variability, naopak nejnižší hodnoty směrodatné odchylky, mezikvartilového rozpětí a variační šíře má listnatý les, jak je patrné z tabulky 16 a obrázku 22. Velkou variační šíří má rovněž zástavba.



**Obr. 22** Rozdíl teploty vzduchu od průměru měření v jednotlivých kategoriích land cover během nočního měření 30. až 31. 7. 2020. Medián je vyznačen horizontální čarou uvnitř boxu, kvartily jsou jeho hranice, minimum a maximum je vyznačeno krajními vodorovnými čarami.

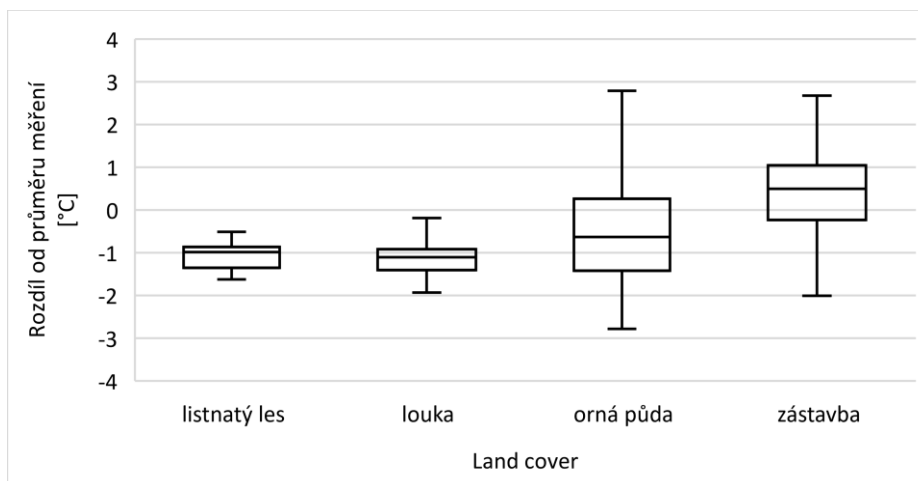
**Tab. 16** Průměrný rozdíl teploty vzduchu mezi jednotlivými kategoriemi land cover a průměrnou teplotou celého nočního měření z 30. a 31. 7. 2020

	listnatý les	louka	orná půda	zástavba
průměrný rozdíl [°C]	-0,4	+0,3	-0,9	+0,7
směrodatná odchylka [°C]	0,2	0,9	1,3	0,9

### 6.5.9 Noční měření 7. 8. 2020

Během třetího nočního měření byl nejvyšší průměr teploty vzduchu rovněž v zástavbě. Na rozdíl od předchozích dvou měření byla kategorie land cover orná půda druhá nejteplejší. Shodný rozdíl  $-1,1$  °C od průměrné teploty měření vykazovaly kategorie louka a listnatý les, ten měl však nepatrně větší medián.

Z hlediska charakteristik variability můžeme rozdělit kategorie land cover do dvou skupin. V první z nich jsou listnatý les a louka, které vykazují relativně malé mezikvartilové rozpětí i malou směrodatnou odchylku a variační šíři, viz obrázek 23 a tabulka 17. Ostatní kategorie land cover mají naopak všechny tyto míry variability větší, zejména orná půda.



**Obr. 23** Rozdíl teploty vzduchu od průměru měření v jednotlivých kategoriích land cover během nočního měření 7. 8. 2020. Medián je vyznačen horizontální čarou uvnitř boxu, kvartily jsou jeho hranice, minimum a maximum je vyznačeno krajními vodorovnými čarami.

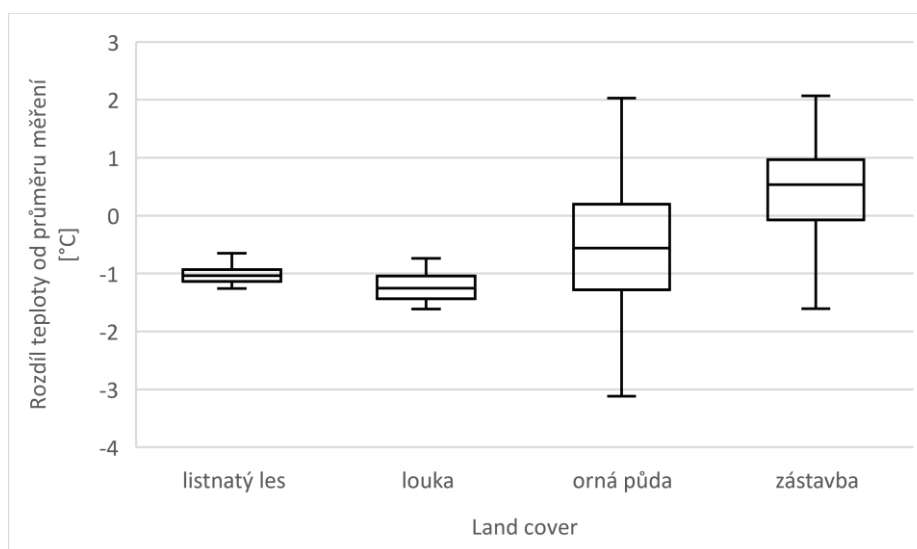
**Tab. 17** Průměrný rozdíl teploty vzduchu mezi jednotlivými kategoriemi land cover a průměrnou teplotou celého nočního měření ze 7. 8. 2020

	listnatý les	louka	orná půda	zástavba
průměrný rozdíl [°C]	-1,1	-1,1	-0,5	+0,5
směrodatná odchylka [°C]	0,3	0,4	1,3	0,9

### 6.5.10 Noční měření 8. 8. 2020

V rámci tohoto měření byla nejvyšší teplota v zástavbě, následovala orná půda, listnatý les a louka. Toto pořadí platí jak pro průměrné rozdíly, tak pro mediány rozdílů od průměru měření, viz obrázek 24 a tabulka 18.

Na obrázku 24 můžeme vidět rozdílnou variabilitu odchylek teploty od průměru měření. Listnatý les vykazuje velmi malé mezikvartilové rozpětí i variační šíři, jen o něco větší má tyto míry variability louka. Podstatně větších hodnot nabývají tyto ukazatele v případě zástavby a největší variační šíři, mezikvartilové rozpětí i směrodatnou odchylku má orná půda. Nejnižší hodnotu směrodatné odchylky mají listnatý les a louka, viz tabulka 18.



**Obr. 24** Rozdíl teploty vzduchu od průměru měření v jednotlivých kategoriích land cover během nočního měření 8. 8. 2020. Medián je vyznačen horizontální čarou uvnitř boxu, kvartily jsou jeho hranice, minimum a maximum je vyznačeno krajními vodorovnými čarami.

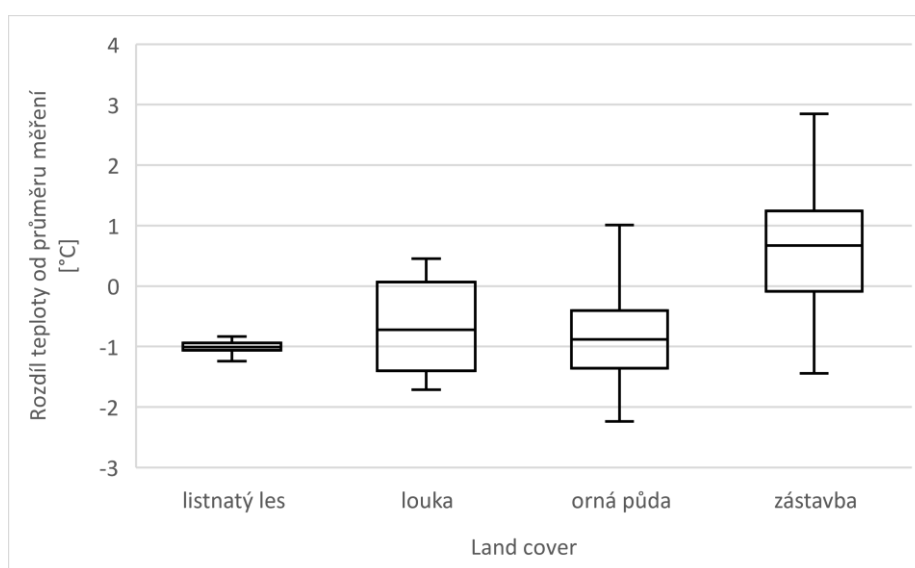
**Tab. 18** Průměrný rozdíl teploty vzduchu mezi jednotlivými kategoriemi land cover a průměrnou teplotou celého nočního měření z 8. 8. 2020

	listnatý les	louka	orná půda	zástavba
průměrný rozdíl [°C]	-1,0	-1,2	-0,5	+0,5
směrodatná odchylka [°C]	0,2	0,2	1,1	0,8

### 6.5.11 Noční měření 21. 8. 2020

Stejně jako ve všech předchozích nočních měřeních byla nejvyšší průměrná teplota v úsecích se zástavbou. Významně chladněji bylo v dalších třech kategoriích land cover, mezi nimiž byly rozdíly teplot jen velmi malé, viz obrázek 25 a tabulka 19. V pořadí od nejvyšší teploty to byla louka, orná půda a listnatý les.

Nejmenší směrodatnou odchylku má listnatý les, největší zástavba a jen o 0,1 °C menší směrodatnou odchylku vykazují orná půda a louka, viz tabulka 19. Listnatý les má rovněž nejmenší mezikvartilové rozpětí a variační šíři, jak lze vidět na obrázku 25. Naopak největší variační šíři má zástavba a největší mezikvartilové rozpětí louka.



**Obr. 25** Rozdíl teploty vzduchu od průměru měření v jednotlivých kategoriích land cover během nočního měření 21. 8. 2020. Medián je vyznačen horizontální čarou uvnitř boxu, kvartily jsou jeho hranice, minimum a maximum je vyznačeno krajními vodorovnými čarami.

**Tab. 19** Průměrný rozdíl teploty vzduchu mezi jednotlivými kategoriemi land cover a průměrnou teplotou celého nočního měření z 21. 8. 2020

	listnatý les	louka	orná půda	zástavba
Průměrný rozdíl [°C]	-1,0	-0,7	-0,8	+0,6
směrodatná odchylka [°C]	0,1	0,8	0,8	0,9



### 6.5.12 Souhrn nočních měření

Během všech nočních měření byla zjištěna nejvyšší průměrná teplota vzduchu v úsecích trasy se zástavbou, kde se odchylka od průměru měření pohybovala od 0,5 °C do 0,7 °C. Z tabulky 20 je patrné, že ve třech případech převyšovala průměrná teplota v zástavbě o 1,0 °C a více druhou nejteplejší kategorii land cover. Patrně se tak jedná o projev tepelného ostrova sídel, jímž se budeme podrobněji zabývat dále. Pořadí dalších třech kategorií dle teploty bylo nestálé, ve třech případech z pěti byla druhá nejvyšší teplota vzduchu na louce, ve dvou na orné půdě.

Rozdíl mezi průměrnou teplotou nejteplejší a nejchladnější kategorie land cover byl během prvního měření 1,4 °C, v ostatních případech to bylo 1,6 °C. Během prvního nočního měření byla rovněž zaznamenána nejmenší hodnota variačního rozpětí teploty vzduchu, pravděpodobně kvůli vyšší míře pokrytí oblohy oblačností, která narušuje utváření teplotních rozdílů. Míra pokrytí oblohy oblačností tehdy činila 7/10. Nejvyrovnanější teploty posuzované dle měř variability mezikvartilového rozpětí, směrodatné odchylky a variační šíře byly zjištěny v listnatém lese. Naopak největší míru variability vykazovala teplota vzduchu většinou v rámci orné půdy, méně pak zástavby.

**Tab. 20** Souhrn průměrných teplot vzduchu z nočních měření v jednotlivých kategoriích land cover a jejich rozdílů od průměrné teploty měření

datum začátku měření	Průměrná teplota v jednotlivých kategoriích LC [°C]			
	(rozdíl od průměrné teploty vzduchu měření [°C])			
	listnatý les	louka	orná půda	zástavba
29. 7. 2020	16,0 (-0,4)	16,1 (-0,4)	15,7 (-0,8)	17,1 (+0,6)
30. 7. 2020	16,2 (-0,4)	16,8 (+0,3)	15,6 (-0,9)	17,2 (+0,7)
7. 8. 2020	18,5 (-1,1)	18,5 (-1,1)	19,1 (-0,5)	20,1 (+0,5)
8. 8. 2020	19,5 (-1,0)	19,3 (-1,2)	20,0 (-0,5)	20,9 (+0,5)
21. 8. 2020	19,0 (-1,0)	19,3 (-0,7)	19,2 (-0,8)	20,6 (+0,6)
<b>průměr</b>	<b>17,8 (-0,8)</b>	<b>18,0 (-0,6)</b>	<b>17,9 (-0,7)</b>	<b>19,2 (+0,6)</b>

## 6.6 Intenzita tepelného ostrova sídel

### 6.6.1 Denní měření 29. 7. 2020

Při prvním denním měření byl u 11 sídel zaznamenán kladný rozdíl od teploty vzduchu okolí, ve dvou případech byla intenzita tepelného ostrova 1,0 °C a více. Ve čtyřech obcích či jejich částech byla zjištěna nižší průměrná teplota vzduchu než v jejich okolí, v Mezicích činil rozdíl 0,0 °C, viz tabulka 21. Související informace o počtu obyvatel, nadmořské výšce zástavby a kategoriích land cover v okolí studovaných sídel jsou uvedeny v souhrnných tabulkách (tabulka 26 pro denní měření, tabulka 33 pro noční měření) a v příloze. Společným znakem sídel se zápornou intenzitou tepelného ostrova je okolí tvořené ornou půdou, která během denních měření vykazovala nejvyšší průměrnou teplotu mimo zástavbu. Průměrná teplota vzduchu všech úseků mimo zástavbu byla 28,8 °C, průměr z naměřených hodnot v zástavbě činil 29,2 °C. Analýzou hodnot byl zjištěn statisticky významný nárůst intenzity tepelného ostrova o 0,306 °C na 1000 obyvatel, souvislost mezi intenzitou UHI a nadmořskou výškou nebyla zjištěna.

**Tab. 21** Intenzita tepelného ostrova jednotlivých sídel během odpoledního měření dne 29. 7. 2020

<b>sídlo</b>	<b>intenzita UHI [°C] 29. 7. 2020</b>
Hablov	0,3
Lhota n. M.	0,8
Rataje	-0,1
Mezice	0,0
Unčovice	-0,2
Luběnice	0,3
Střeň	0,7
Loučany	-0,2
Těšetice	-0,3
Náklo	1,1
Chomoutov	0,1
Senice n. H.	1,2
Olšany u Prost.	0,5
Náměšť n. H.	0,6
Lutín	0,6
Štěpánov	0,4

### 6.6.2 Denní měření 30. 7. 2020

Během druhého dne se intenzita tepelného ostrova projížděných sídel pohybovala v rozmezí od  $-0,5$  °C do  $0,8$  °C, jak je patrné z tabulky 22. Ve čtyřech zastavěných oblastech byla nižší průměrná teplota vzduchu než v jejich nezastavěném okolí, přičemž kategorie land cover přiléhající k těmto sídlům byla vždy orná půda. Ve zbylých 12 obcích či jejich částech bylo tepleji než v jejich okolí. Průměrná teplota vzduchu všech úseků se zástavbou činila  $29,3$  °C, mimo ni pak  $29,0$  °C. Zjištěný trend nárůstu intenzity tepelného ostrova s velikostí sídla o  $0,140$  °C na 1000 obyvatel nebyl statisticky významný na hladině  $\alpha = 0,05$ , závislost intenzity UHI na nadmořské výšce nebyla zjištěna.

**Tab. 22** Intenzita tepelného ostrova jednotlivých sídel během odpoledního měření dne 30. 7. 2020

<b>sídlo</b>	<b>intenzita UHI [°C] 30. 7. 2020</b>
Hablov	0,3
Lhota n. M.	0,6
Rataje	0,2
Mezice	-0,1
Unčovice	0,1
Luběnice	-0,3
Střeň	0,6
Loučany	0,1
Těšetice	-0,5
Náklo	0,4
Chomoutov	0,2
Senice n. H.	0,8
Olšany u Prost.	-0,1
Náměšť n. H.	0,6
Lutín	0,1
Štěpánov	0,2

### 6.6.3 Denní měření 7. 8. 2020

V tabulce 23 jsou uvedeny rozdíly mezi průměrnou teplotou vzduchu v jednotlivých sídlech a jejich okolí, které se odpoledne 7. srpna pohybovaly v rozmezí od  $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $+1,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Kladné hodnoty rozdílu byly zaznamenány u méně než poloviny obcí či jejich částí. Konkrétně šlo o sedm sídel, z nichž ve dvou činil rozdíl  $+1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  a více. V šesti případech se teplota vzduchu v zástavbě v rámci zaokrouhlování na desetinu stupně Celsia nelišila od okolí. Zbylá tři sídla vykazovala nižší teplotu než okolí, v Těšeticích šlo již o třetí záporný rozdíl v řadě. Průměrná teplota vzduchu v zástavbě v rámci celého měření činila  $32,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , mimo ni  $31,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Zjištěný trend nárůstu intenzity tepelného ostrova s velikostí sídla o  $0,172\text{ }^{\circ}\text{C}$  na 1000 obyvatel nebyl statisticky významný na hladině  $\alpha = 0,05$ , souvislost mezi intenzitou UHI a nadmořskou výškou nebyla zjištěna.

**Tab. 23** Intenzita tepelného ostrova jednotlivých sídel během odpoledního měření dne 7. 8. 2020

<b>sídlo</b>	<b>intenzita UHI [<math>^{\circ}\text{C}</math>] 7. 8. 2020</b>
Hablov	0,0
Lhota n. M.	0,0
Rataje	-0,5
Mezice	0,2
Unčovice	0,2
Luběnice	-0,1
Střeň	1,3
Loučany	0,0
Těšetice	-0,2
Náklo	0,0
Chomoutov	1,0
Senice n. H.	0,3
Olšany u Prost.	0,0
Náměšť n. H.	0,0
Lutín	0,3
Štěpánov	0,5

#### 6.6.4 Denní měření 8. 8. 2020

Během odpoledního měření 8. srpna se rozdíl mezi průměrnou teplotou vzduchu v jednotlivých sídlech a jejich okolí pohyboval od  $-0,5\text{ °C}$  do  $+1,0\text{ °C}$ . V osmi sídlech byla naměřena záporná intenzita tepelného ostrova, ve dvou případech se teplota vzduchu v zástavbě nelišila od okolní teploty. Největší záporný rozdíl,  $-0,5\text{ °C}$ , byl zaznamenán v Těšeticích. Ve zbylých šesti sídlech byla změřena vyšší průměrná teplota vzduchu, v případě Střene činil rozdíl  $+1,0\text{ °C}$ , viz tabulka 24. Průměrná teplota vzduchu v úsecích se zástavbou činila  $31,5\text{ °C}$ , v úsecích bez zástavby  $31,4\text{ °C}$ . Analýzou hodnot nebyla zjištěna ani souvislost mezi počtem obyvatel a intenzitou tepelného ostrova, ani mezi nadmořskou výškou a intenzitou UHI.

**Tab. 24** Intenzita tepelného ostrova jednotlivých sídel během odpoledního měření dne 8. 8. 2020

sídlo	intenzita UHI [°C] 8. 8. 2020
Hablov	0,3
Lhota n. M.	0,0
Rataje	-0,3
Mezice	-0,2
Unčovice	0,1
Luběnice	-0,2
Střeň	1,0
Loučany	-0,3
Těšetice	-0,5
Náklo	-0,1
Chomoutov	0,2
Senice n. H.	-0,4
Olšany u Prost.	-0,4
Náměšť n. H.	0,0
Lutín	0,3
Štěpánov	0,3

### 6.6.5 Denní měření 21. 8. 2020

Z tabulky 25 je patrné, že během pátého denního měření byla ve 13 sídlech či jejich částech zaznamenána kladná intenzita tepelného ostrova, průměrná teplota v Luběnicích se nelišila od přilehlých úseků bez zástavby a ve dvou sídlech bylo chladněji oproti okolí. Jednalo se o Těšetice, kde byl záporný rozdíl teploty vzduchu od průměru měření zaznamenán i ve všech předchozích denních měřeních, a Rataje, kde byla záporná intenzita tepelného ostrova změřena již po čtvrté. Průměrná intenzita tepelného ostrova se toho dne pohybovala od  $-0,3$  °C do  $0,8$  °C. Průměrná teplota vzduchu v zastavěných úsecích činila  $30,2$  °C, mimo zástavbu to bylo  $29,8$  °C. Analýzou hodnot byl zjištěn statisticky významný nárůst intenzity tepelného ostrova s velikostí sídla o  $0,275$  °C na 1000 obyvatel, nebyla nalezena významná souvislost mezi intenzitou UHI a nadmořskou výškou.

**Tab. 25** Intenzita tepelného ostrova jednotlivých sídel během odpoledního měření dne 21. 8. 2020

<b>sídlo</b>	<b>intenzita UHI [°C] 21. 8. 2020</b>
Hablov	0,1
Lhota n. M.	0,5
Rataje	-0,1
Mezice	0,3
Unčovice	0,4
Luběnice	0,0
Střeň	0,8
Loučany	0,2
Těšetice	-0,3
Náklo	0,1
Chomoutov	0,8
Senice n. H.	0,6
Olšany u Prost.	0,3
Náměšť n. H.	0,2
Lutín	0,5
Štěpánov	0,8

### 6.6.6 Souhrn denních měření

V součtu byl během denních měření ve 49 případech (61 %) naměřen kladný rozdíl teploty vzduchu vůči průměrné teplotě vzduchu v okolí, z toho devětkrát činil +1,0 °C a více. Ve 21 případech (26 %) byla tato odchylka záporná a ve zbylých 10 případech (13 %) se průměrná teplota vzduchu v zástavbě nelišila od průměrné teploty v okolí. Rozdíly mezi průměrnou teplotou vzduchu mezi sídly a okolím se pohybovaly mezi -0,5 °C a +1,3 °C.

Z přehledu průměrných intenzit tepelného ostrova během denních měření uvedeném v tabulce 26 vyplývá, že v 10 obcích či jejich částech byla průměrná teplota vzduchu vyšší oproti okolí, ve třech sídlech se teplota od okolí neliší a ve třech bylo v průměru chladněji.

**Tab. 26** Průměrná intenzita tepelného ostrova jednotlivých sídel během odpoledních měření, vysvětlivky: OP – orná půda, LL – listnatý les, LOU – louka

sídlo	počet obyv.	průměrná nadm. výška zástavby [m n. m.]	okolní land cover	průměrná intenzita UHI [°C]
Hablov	156	212	OP	0,2
Lhota n. M.	165	224	OP, LL	0,4
Rataje	205	224	OP	-0,2
Mezice	347	228	OP	0,0
Unčovice	407	232	OP	0,1
Luběnice	487	222	OP	-0,1
Střeň	605	223	OP, LL, LOU	0,9
Loučany	605	235	OP	0,0
Těšetice	733	223	OP	-0,4
Náklo	937	226	OP	0,3
Chomoutov	1 007	216	OP, LOU	0,5
Senice n. H.	1 299	238	OP	0,5
Olšany u Prost.	1 809	216	OP	0,0
Náměšř n. H.	1 855	243	OP	0,3
Lutín	2 446	217	OP	0,4
Štěpánov	2 459	220	OP, LOU, LL	0,4

Zdroj: Český statistický úřad, 2015

Největší záporná hodnota průměru intenzity tepelného ostrova byla zjištěna v Těšeticích, kde bylo v rámci zástavby ve všech případech chladněji než v okolí. To je tvořeno ornou půdou, převážně černozemí, díky jejímž tepelným vlastnostem byla pravděpodobně vyšší teplota vzduchu mimo zástavbu, zejména v úseku mezi Loučany a Těšeticemi. Největší průměrná intenzita tepelného ostrova činila 0,9 °C a byla naměřena

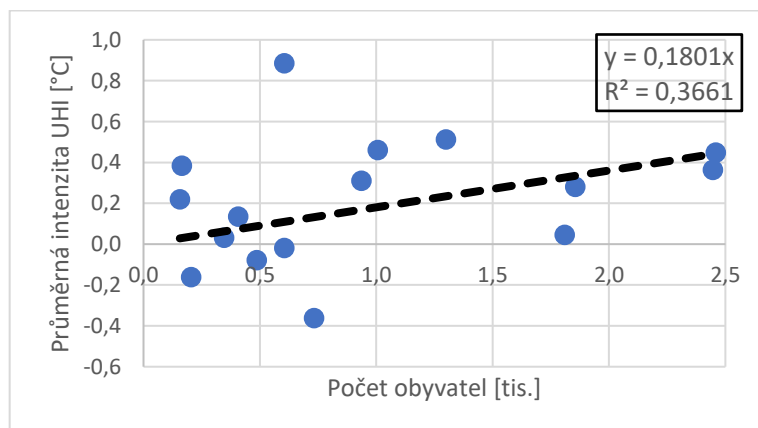
v obci Střeň. Ta je jako jediná ze zkoumaných sídel obklopena z obou stran listnatým lesem, během dne jednoznačně nejchladnějším z projížděných kategorií land cover.

Z tabulky 27, ve které jsou vyjádřeny závislosti intenzity tepelného ostrova na velikosti sídla, vyplývá, že během dvou denních měření byl zjištěn statisticky významný nárůst intenzity UHI s velikostí sídla o 0,306 °C na 1000 obyvatel a 0,275 °C na 1000 obyvatel. V dalších dvou dnech byl trend nárůstu o 0,140 °C na 1000 obyvatel a 0,172 °C na 1000 obyvatel statisticky významný pouze na hladině významnosti  $\alpha = 0,1$ . Výsledkem analýzy závislosti průměrné intenzity tepelného ostrova ze všech denních měření na velikosti sídla je statisticky významný trend nárůstu intenzity UHI o 0,180 °C na 1000 obyvatel, který je graficky znázorněn na obrázku 26.

Při zkoumání souvislosti mezi intenzitou tepelného ostrova a nadmořskou výškou nebyl nalezen statisticky významný trend ani na hladině významnosti  $\alpha = 0,1$  v případě jednotlivých denních měření i v rámci průměrných hodnot intenzity UHI.

**Tab. 27** Závislost intenzity tepelného ostrova na počtu obyvatel v sídlech během jednotlivých denních měření, tučně jsou vyznačeny statisticky významné hodnoty

datum měření	nárůst intenzity UHI [°C/1000 obyv.]	p-hodnota
29. 7. 2020	<b>0,306</b>	0,004
30. 7. 2020	0,140	0,083
7. 8. 2020	0,172	0,074
8. 8. 2020	0,007	0,928
21. 8. 2020	<b>0,275</b>	0,001
průměr	<b>0,180</b>	0,010



**Obr. 26** Závislost průměrných hodnot intenzity tepelného ostrova z denních měření na velikosti sídel



### 6.6.7 Noční měření 29. až 30. 7. 2020

Intenzita tepelného ostrova jednotlivých sídel, která je vyjádřena v tabulce 28, nabývala ve všech případech kladných hodnot. U dvou obcí činil rozdíl mezi průměrnou teplotou vzduchu zástavby a okolím +2,0 °C a více, v dalších devíti sídlech to bylo +1,0 °C a více oproti nezastavěnému okolí. Nejnižší intenzita tepelného ostrova (+0,1 °C) byla naměřena ve Střeni. Naopak nejvyšší intenzita tepelného ostrova (+2,2 °C) byla v obci Lutín. Průměrná teplota vzduchu v rámci zástavby činila 17,1 °C, mimo zástavbu 15,7 °C. Analýzou hodnot byl zjištěn statisticky významný nárůst intenzity tepelného ostrova o 0,947 °C na 1000 obyvatel, souvislost mezi intenzitou tepelného ostrova a nadmořskou výškou nebyla zjištěna.

**Tab. 28** Intenzita tepelného ostrova jednotlivých sídel během nočního měření 29. až 30. 7. 2020

<b>sídlo</b>	<b>intenzita UHI [°C] 29. až 30. 7. 2020</b>
Hablov	1,6
Lhota n. M.	0,2
Rataje	0,6
Mezice	0,5
Unčovice	2,0
Luběnice	1,5
Střeň	0,1
Loučany	1,2
Těšetice	1,0
Náklo	0,7
Chomoutov	1,5
Senice n. H.	1,8
Olšany u Prost.	1,7
Náměšť n. H.	1,5
Lutín	2,2
Štěpánov	1,4

### 6.6.8 Noční měření 30. až 31. 7. 2020

Během druhého nočního měření byly zjištěny rozdíly průměrné teploty vzduchu mezi jednotlivými sídly a okolím v rozmezí od  $-0,2$  °C do  $+2,5$  °C. V 15 obcích či jejich částech byla vyšší teplota vzduchu oproti nezastavěnému okolí, z toho ve 13 činila odchylka  $+1,0$  °C a více, z toho ve třech případech to bylo  $+2,0$  °C a více. Z tabulky 29 je patrné, že nejvyšší hodnota intenzity tepelného ostrova byla zaznamenána v Olšanech u Prostějova, jejichž okolí spadá do kategorie land cover orná půda. Nejnižší intenzita tepelného ostrova byla zjištěna stejně jako v předchozím nočním měření v obci Střeň. Průměrná teplota úseků trasy se zástavbou byla  $17,2$  °C, mimo zástavbu  $15,7$  °C. Analýzou hodnot byl zjištěn statisticky významný nárůst intenzity tepelného ostrova o  $0,989$  °C na 1000 obyvatel, závislost intenzity UHI na nadmořské výšce nebyla zjištěna.

**Tab. 29** Intenzita tepelného ostrova jednotlivých sídel během nočního měření 30. až 31. 7. 2020

<b>sídlo</b>	<b>intenzita UHI [°C] 30. až 31. 7. 2020</b>
Hablov	1,5
Lhota n. M.	0,2
Rataje	1,0
Mezice	0,5
Unčovice	2,2
Luběnice	1,6
Střeň	-0,2
Loučany	1,5
Těšetice	1,4
Náklo	1,1
Chomoutov	1,2
Senice n. H.	1,9
Olšany u Prost.	2,5
Náměšť n. H.	1,1
Lutín	2,0
Štěpánov	1,5

### 6.6.9 Noční měření 7. 8. 2020

Intenzita tepelných ostrovů vyjádřená v tabulce 30 se v jednotlivých sídlech pohybovala od  $-0,3$  °C do  $2,4$  °C. Ve dvou z nich bylo v rámci zástavby chladněji než v okolí, v jednom případě se teplota sídla a okolí nelišila. Většina sídel, konkrétně 13, vykazovala kladnou intenzitu tepelného ostrova. U osmi z nich byla průměrná teplota vzduchu v zástavbě o  $+1,0$  °C a více nad průměrem nezastavěného okolí. Největší intenzita tepelného ostrova byla zaznamenána v případě Senice na Hané, jejíž průměrná teplota o  $2,4$  °C převyšovala teplotu vzduchu okolní orné půdy. Naopak průměrná teplota vzduchu ve Lhotě nad Moravou byla o  $0,3$  °C nižší než okolí, které spadá do kategorií land cover orná půda a listnatý les. Průměrná teplota vzduchu v rámci zástavby byla  $20,1$  °C, v nezastavěných úsecích to bylo  $19,0$  °C. Analýzou hodnot byl zjištěn statisticky významný nárůst intenzity tepelného ostrova o  $0,627$  °C na 1000 obyvatel, souvislost mezi intenzitou UHI a nadmořskou výškou nebyla zjištěna.

**Tab. 30** Intenzita tepelného ostrova jednotlivých sídel během nočního měření 7. 8. 2020

<b>sídlo</b>	<b>intenzita UHI [°C] 7. 8. 2020</b>
Hablov	1,0
Lhota n. M.	-0,3
Rataje	0,6
Mezice	-0,1
Unčovice	1,6
Luběnice	1,4
Střeň	0,2
Loučany	1,0
Těšetice	0,3
Náklo	0,4
Chomoutov	1,3
Senice n. H.	2,4
Olšany u Prost.	0,9
Náměšť n. H.	0,0
Lutín	1,2
Štěpánov	1,3

### 6.6.10 Noční měření 8. 8. 2020

Průměrná teplota vzduchu úseků trasy vedených zástavbou činila 20,9 °C, zbylá část trasy měla průměrnou teplotu 20,0 °C, šlo tedy o nejmenší rozdíl v rámci nočních měření. Jediným sídlem se zápornou intenzitou tepelného ostrova byla Lhota nad Moravou, která vykazovala záporný rozdíl od průměrné teploty vzduchu okolí i v předešlém nočním měření. Největší intenzita tepelného ostrova byla rovněž zjištěna u stejné obce jako při předchozím měření, jednalo se o Senici na Hané s rozdílem průměrné teploty vzduchu od průměru okolí +1,6 °C. Jak je uvedeno v tabulce 31, jedno sídlo vykazovalo zápornou intenzitu tepelného ostrova, v jednom případě se průměrné teploty vzduchu sídla a okolí nelišily a ve zbylých 14 sídlech byla průměrná teplota vyšší než v okolí, v osmi z nich činil rozdíl +1,0 °C a více. Analýzou hodnot byl zjištěn statisticky významný nárůst intenzity tepelného ostrova o 0,614 °C na 1000 obyvatel, závislost intenzity UHI na nadmořské výšce nebyla zjištěna.

**Tab. 31** Intenzita tepelného ostrova jednotlivých sídel během nočního měření 8. 8. 2020

<b>sídlo</b>	<b>intenzita UHI [°C] 8. 8. 2020</b>
Hablov	1,2
Lhota n. M.	-0,5
Rataje	0,4
Mezice	0,2
Unčovice	1,2
Luběnice	1,0
Střeň	0,4
Loučany	1,2
Těšetice	0,9
Náklo	0,2
Chomoutov	0,8
Senice n. H.	1,6
Olšany u Prost.	1,2
Náměšť n. H.	0,0
Lutín	1,4
Štěpánov	1,3

### 6.6.11 Noční měření 21. 8. 2020

Absence modrých odstínů v tabulce 32 značí, že průměrná teplota vzduchu všech jednotlivých sídel byla vyšší než teplota v okolí. Intenzita tepelného ostrova dosahovala hodnot od 0,2 °C ve Lhotě nad Moravou po 2,2 °C ve Štěpánově. Nejnižší hodnota intenzity tepelného ostrova byla zaznamenána ve Lhotě nad Moravou už po třetí z pěti měření, nejvyšší hodnota ve Štěpánově po druhé. V pěti případech byla teplota vzduchu v rámci obce či její části vyšší o méně než 1,0 °C oproti průměrné teplotě okolí, v 11 případech šlo o rozdíl +1,0 °C a více, z toho dvakrát o rozdíl +2,0 °C a více. Průměrná teplota v zástavbě v rámci celé trasy činila 20,7 °C, mimo ni to bylo 19,2 °C. Analýzou hodnot byl zjištěn statisticky významný nárůst intenzity tepelného ostrova o 0,424 °C na 1000 obyvatel, závislost intenzity UHI na nadmořské výšce nebyla zjištěna.

**Tab. 32** Intenzita tepelného ostrova jednotlivých sídel během nočního měření 21. 8. 2020

<b>sídlo</b>	<b>intenzita UHI [°C] 21. 8. 2020</b>
Hablov	1,8
Lhota n. M.	0,2
Rataje	1,2
Mezice	0,4
Unčovice	1,6
Luběnice	1,3
Střeň	0,5
Loučany	1,2
Těšetice	1,6
Náklo	0,9
Chomoutov	0,3
Senice n. H.	1,6
Olšany u Prost.	2,1
Náměšť n. H.	1,1
Lutín	1,9
Štěpánov	2,2

### 6.6.12 Souhrn nočních měření

Výsledky nočních měření se podstatně liší od těch denních, kladná intenzita tepelného ostrova byla zjištěna v 74 případech z 80 (92,5 %), z toho v 51 případech (63,75 %) byla průměrná teplota v rámci sídla vyšší o 1,0 °C a více, osmkrát byl zaznamenán rozdíl +2,0 °C a více. Naopak ve čtyřech případech vykazovala sídla nižší průměrnou teplotu vzduchu oproti okolí, ve dvou případech byl zjištěn rozdíl 0,0 °C. Nejnižší hodnota intenzity tepelného ostrova zjištěná v rámci všech nočních měření byla -0,5 °C ve Lhotě nad Moravou dne 8. srpna, nejvyšší pak 2,5 °C v Náměšti na Hané během druhého nočního měření.

Z tabulky 33 vyjadřující průměrné hodnoty intenzity tepelného ostrova jednotlivých sídel vyplývá, že ve většině z nich, konkrétně 10, byla průměrná intenzita tepelného ostrova  $\geq 1,0$  °C. V dalších pěti obcích či jejich částech byla průměrná teplota vzduchu o 0,2–0,8 °C vyšší v porovnání s okolím bez zástavby.

**Tab. 33** Průměrná intenzita tepelného ostrova jednotlivých sídel během odpoledních měření, vysvětlivky: OP – orná půda, LL – listnatý les, LOU – louka

sídlo	počet obyv.	průměrná nadm. výška zástavby [m n. m.]	okolní land cover	průměrná intenzita UHI [°C]
Hablov	156	212	OP	1,4
Lhota n. M.	165	224	OP, LL	0,0
Rataje	205	224	OP	0,8
Mezice	347	228	OP	0,3
Unčovice	407	232	OP	1,7
Luběnice	487	222	OP	1,4
Střeň	605	223	OP, LL, LOU	0,2
Loučany	605	235	OP	1,2
Těšetice	733	223	OP	1,1
Náklo	937	226	OP	0,7
Chomoutov	1 007	216	OP, LOU	1,0
Senice n. H.	1 299	238	OP	1,9
Olšany u Prost.	1 809	216	OP	1,7
Náměšť n. H.	1 855	243	OP	0,7
Lutín	2 446	217	OP	1,7
Štěpánov	2 459	220	OP, LOU, LL	1,6

Zdroj: Český statistický úřad, 2015

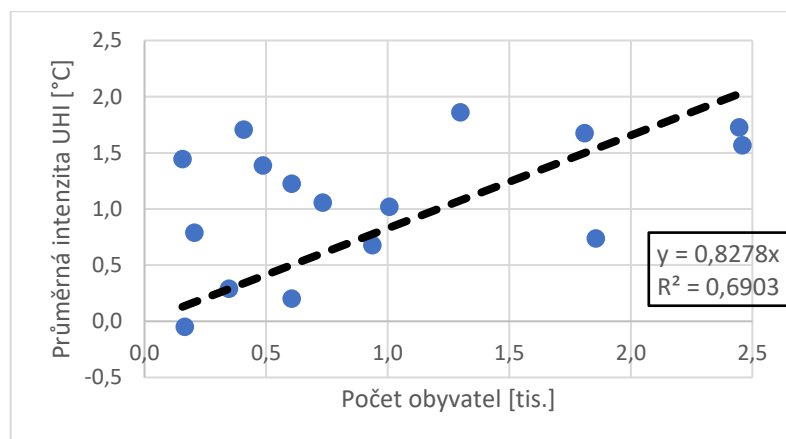
V případě Lhoty nad Moravou se od sebe průměrné teploty vzduchu v zástavbě a mimo ni nelišily v rámci zaokrouhlení na desetinu °C. Naopak nejvyšší průměrná intenzita tepelného ostrova (1,9 °C) byla zjištěna v Senici na Hané.

V tabulce 34 je uvedena závislost intenzity tepelného ostrova na počtu obyvatel sídel během jednotlivých nočních měření. Všechny tyto závislosti jsou statisticky významné, byl zjištěn trend nárůstu intenzity UHI mezi 0,424 °C a 0,989 °C na 1000 obyvatel při jednotlivých měřeních. Lineární regresí byla rovněž analyzována závislost průměrné intenzity tepelného ostrova na velikosti sídla, výsledkem byl statisticky významný trend nárůstu intenzity UHI o 0,828 °C na 1000 obyvatel, který je graficky vyjádřen na obrázku 27.

Analyzována byla rovněž závislost intenzity tepelného ostrova na nadmořské výšce sídla. Statisticky významný trend nebyl zjištěn ani na hladině významnosti  $\alpha = 0,1$ .

**Tab. 34** Závislost intenzity tepelného ostrova na počtu obyvatel v sídlech během jednotlivých nočních měření, tučně jsou vyznačeny statisticky významné hodnoty

datum měření	nárůst intenzity UHI [°C/1000 obyv.]	p-hodnota
29. až 30. 7. 2020	<b>0,947</b>	$1,50 \cdot 10^{-5}$
30. až 31. 7. 2020	<b>0,989</b>	$5,53 \cdot 10^{-5}$
7. 8. 2020	<b>0,627</b>	$1,39 \cdot 10^{-3}$
8. 8. 2020	<b>0,614</b>	$2,91 \cdot 10^{-4}$
21. 8. 2020	<b>0,424</b>	$3,92 \cdot 10^{-2}$
průměr	<b>0,828</b>	$3,61 \cdot 10^{-5}$



**Obř. 27** Závislost průměrných hodnot intenzity tepelného ostrova z denních měření na velikosti sídel

## 7 Diskuze

Hlavním předmětem zájmu této práce byl tepelný ostrov malých sídel, konkrétně se jednalo o obce či jejich části o velikosti přibližně od 150 do 2500 obyvatel. V souladu s Oke, 1973 a Torok et al., 2001 byl efekt tepelného ostrova i v takto malých sídlech měřitelný, větší intenzity nabýval během nočních měření, kdy ve více než třech pětinach případů jeho intenzita dosahovala 1,0 °C a více, během denních měření se tento fenomén projevoval výrazně méně.

Během všech nočních měření byl pozorován statisticky významný nárůst intenzity tepelného ostrova s rostoucí velikostí sídla vyjádřenou počtem obyvatel. Při denních měřeních nebyla ve všech případech závislost intenzity UHI na počtu obyvatel sídla statisticky významná. V případě závislosti průměrné intenzity tepelného ostrova na velikosti sídla při denních měřeních se již jednalo o statisticky významný nárůst, který byl ovšem mírnější oproti hodnotám z nočních měření. Je třeba dodat, že tyto trendy nárůstu intenzity tepelného ostrova o 0,18 °C na 1000 obyvatel ve dne a 0,83 °C na 1000 obyvatel v noci získané lineární regresí nelze extrapolovat pro sídla větších velikostních kategorií, zde už je třeba počítat s logaritmickou závislostí. Podle vztahu

$$UHI = 0,73 \cdot \log_{10}(pop) \text{ } ^\circ\text{C},$$

který uvádí Oke, 1973, by měla intenzita tepelného ostrova sídla o velikosti 200 obyvatel činit přibližně 1,7 °C, v případě 500 obyvatel 2,0 °C, u obce s velikostí 1000 obyvatel zhruba 2,2 °C a intenzita tepelného ostrova největších studovaných obcí v rámci této práce 2,5 °C. Podobné hodnoty byly u některých sídel zjištěny i v této studii v případě maximálních intenzit UHI v rámci nočních měření, například z nejmenší velikostní kategorie Hablov (1,8 °C), z obcí okolo 500 obyvatel Unčovice (2,2 °C), největší zjištěná intenzita činila 2,5 °C v případě Olšan u Prostějova. V některých sídlech, například ve Lhotě nad Moravou, Střeni či Náměšti na Hané, byla zjištěná intenzita UHI výrazněji menší oproti předpokladu, pravděpodobně se projevil vliv dalších geofaktorů, což je diskutováno v dalších odstavcích. Studovaná malá sídla měla v nočních hodinách intenzitu tepelného ostrova srovnatelnou s rozdílem průměrných teplot mezi nejteplejšími a nejchladnějšími místními klimatickými zónami v Olomouci, který činil 1,1–1,8 °C (Lehnert et al., 2018a).



Přestože se vliv velikosti sídel na intenzitu tepelného ostrova ukázal jako významný, v některých případech se pravděpodobně výrazněji projevil jiný geofaktor, případně jejich kombinace. Průměrná intenzita tepelného ostrova Hablova v rámci nočních měření činila 1,4 °C, zatímco podobně velká Lhota nad Moravou vykazovala intenzitu UHI 0,0 °C. V případě Hablova se pravděpodobně projevil vliv geometrie zástavby. Jedná se o tzv. silniční ves, kde domy tvoří souvislou frontu po obou stranách silnice, přičemž vzdálenost mezi těmito dvěma řadami je relativně malá. Hablov se dá klasifikovat jako místní klimatická zóna LCZ 3 podle Stewart a Oke, 2012. Naopak Lhota nad Moravou je tvořena řídkou zástavbou, což odpovídá LCZ 9. Právě použití konceptu místních klimatických zón nebo klasifikace Urban Atlas užívaných ve velkých a středních městech by mohlo při studiu tepelného ostrova malých sídel přinést zpřesnění poznatků oproti klasifikaci Corine Land Cover 2018, jejíž kategorie městská nesouvislá zástavba dostatečně nezohledňuje morfologickou strukturu sídel.

Asi nejvýraznějším příkladem vlivu zastoupení tříd land cover v okolí zkoumaného sídla je průměrná intenzita tepelného ostrova Střeně v rámci denních měření, která ostatní sídla převyšuje o 0,4 °C a více. Tato obec je z obou stran obklopena listnatým lesem, který se při denních měřeních projevoval jako jednoznačně nejchladnější kategorie land cover. Nadprůměrné hodnoty intenzity tepelného ostrova během dne vykazovala všechna sídla, v jejichž okolí jsou zastoupeny i jiné kategorie land cover než orná půda.

Z 10 143 bodů měření po vyjmutí těch s nízkou průjezdní rychlostí připadalo 5591 na zástavbu (55 %) a 4552 na ostatní kategorie land cover (45 %). V rámci nich pak převažovala orná půda s 4027 body měření (88 %), výrazně menší zastoupení měla louka s 287 body (6 %) a listnatý les s 238 body (5 %). Právě relativně nízké zastoupení posledních dvou zmiňovaných kategorií může limitovat přesnost při interpretaci vlivu jednotlivých kategorií land cover na teplotu vzduchu.

Podrobněji se nyní zaměříme na převažující kategorii land cover mimo zástavbu – ornou půdu. Ačkoliv se jedná o jednu kategorii land cover, nemůžeme ji považovat za homogenní vzhledem k tepelným vlastnostem. Například Středová et al., 2011 uvádí, že teplota vzduchu závisí na pěstované plodině. Vliv na teplotní variabilitu může mít i sklizeň, při níž dochází ke změně albeda a tím i energetické bilance, případně orba. Dalším faktorem ovlivňujícím prostorovou distribuci teploty vzduchu může být půdní

typ. V druhé části trasy převažovala černozem, která díky svým tepelným vlastnostem zvyšovala průměrnou teplotu vzduchu v okolí sídel a je tedy pravděpodobnou příčinou záporných tepelných ostrovů Luběnic a Těšetic. Taktéž množství srážek v období předcházejícím měření a s tím spojená půdní vlhkost a výpar či evapotranspirace mohou výrazně ovlivnit teplotu vzduchu.

Dalším studovaným geofaktorem byla nadmořská výška. Statisticky významná souvislost mezi intenzitou tepelného ostrova sídel a nadmořskou výškou nebyla zjištěna, souvislost teploty vzduchu a nadmořské výšky však již v sedmi měřeních z deseti statisticky významná byla. Vzhledem k malé vertikální členitosti trasy, kdy se nadmořská výška pohybovala v rozmezí 209–253 m n. m., byl její vliv na teplotu vzduchu relativně malý. Tvar reliéfu však mohl mít v některých lokalitách významnější vliv na prostorovou distribuci teploty vzduchu, což se mohlo v nočních hodinách projevit například v lokalitách s konkávním tvarem reliéfu hromaděním studeného vzduchu. Okolí trasy bylo po většinu její délky rovinaté, vliv reliéfu proto nebyl převažující na rozdíl od studie na případu Vsetína, kterou realizoval Navrátil, 2013.

Zde se nabízí prostor k rozšiřování poznatků o tepelném ostrově malých sídel v podobě dalších studií prováděných v členitějším reliéfu, kde bude zkoumán vliv jeho tvarů a nadmořské výšky na intenzitu tepelného ostrova.

Určitý vliv na prostorovou distribuci teploty vzduchu měly rovněž meteorologické podmínky během měření. Při odpoledních měřeních se mnohdy rychlost větru pohybovala okolo limitních hodnot pro radiační režim počasí, místy jej i překračovala, což pravděpodobně v kombinaci s geometrií zástavby vedlo ke stírání rozdílů teplot. Menší variabilitu teploty vzduchu během prvního nočního měření pravděpodobně zapříčinila poněkud větší míra pokrytí oblohy oblačností (7/10).

## 8 Závěr

Pomocí metody mobilního měření byl studován vliv malých sídel na pole teploty vzduchu v odpoledních a nočních hodinách, přičemž v každé z denních dob byly pozorovány charakteristické projevy. Během nočních měření byl efekt tepelného ostrova výraznější, v 51 případech z 80 převyšovala průměrná teplota vzduchu v rámci sídla průměrnou teplotu vzduchu nezastavěného okolí o 1,0 °C a více. Intenzita tepelného ostrova statisticky významně rostla s velikostí sídla, dalším klíčovým faktorem byla jeho geometrie, kompaktnost.

Přes den byl vliv sídel na teplotní pole podstatně menší, nezářídka byla v rámci zástavby nižší teplota vzduchu oproti okolí. Přestože byla rovněž zjištěna statisticky významná závislost nárůstu intenzity tepelného ostrova s velikostí sídla, mnohdy ji převážil vliv kategorií land cover či dalších klimatotvorných faktorů. Souvislost mezi intenzitou tepelného ostrova a nadmořskou výškou nebyla nalezena.

Tato práce představuje první studii tepelného ostrova malých sídel v okolí Olomouce, na níž lze navázat a dále se podrobněji tomuto tématu věnovat.

## 9 Summary

This study aimed to describe the phenomenon of the heat island of small settlements around the city of Olomouc, the Czech Republic. The measurements took place during summer days in the year 2020.

Method of mobile measuring by car was used to gain data about air temperature. The traverse led through 16 small settlements with a population of approximately between 150 and 2500. The measurements were made in the afternoon and at night during the warm summer days with minimum cloudiness and low wind speed. The results were processed using QGIS and Microsoft Excel programs.

The Corine Land Cover 2018 classification was used to demarcate the heat island. Heat island magnitude was defined as the difference in average temperature between the category discontinuous urban fabric and other categories without development (arable land, pastures, broad-leaved forest).

During the night hours, there was greater spatial variability in air temperature compared to the afternoon measurements. The magnitude of the heat island of small settlements was also greater at nights – average intensities of the heat island ranged between 0,0 °C and 1,9 °C, the maximum values between 0,2 °C and 2,5 °C. During the afternoon measurements, the average intensity of the heat island ranged between –0,4 °C and 0,9 °C and the maximum values between –0,2 °C and 1,3 °C.

A statistically significant increase of the heat island intensity with an increasing population of the settlement was found during the afternoon and at night. There was no correlation between the intensity of the heat island and the altitude. The intensity of the heat island was influenced by other factors, such as the geometry and compactness of the development or the surrounding land cover.

## 10 Seznam zdrojů

- AKBARI, H., POMERANTZ, M., TAHA, H. (2001): Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas. *Solar Energy*, 70(3), s. 295–310.
- BERANOVÁ, R., HUTH, R. (2003): Pražský tepelný ostrov za různých synoptických podmínek. *Meteorologické zprávy*, 56(5), s. 137–142.
- BÍNA, J., DEMEK, J. (2012). *Z nížin do hor: Geomorfologické jednotky České republiky*. Academia, Praha, 343 s.
- BRÁZDIL R., BUDÍKOVÁ M. (1999): An urban bias in air temperature fluctuations at the Klementinum, Prague, The Czech Republic. *Atmospheric Environment*, 33, s. 4211–4217.
- CZUBASZEK, R., WYSOCKA-CZUBASZEK, A. (2016): Urban heat island in Białystok. *Journal of Ecological Engineering*. 17(3), 60–65.
- ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD (2015): Historický lexikon obcí České republiky – 1869–2011 [online]. cit. [2021-04-19]. Dostupné z: [https://www.czso.cz/csu/czso/iii-pocet-obyvatel-a-domu-podle-kraju-okresu-obci-a-casti-obci-v-letech-1869-2011\\_2015](https://www.czso.cz/csu/czso/iii-pocet-obyvatel-a-domu-podle-kraju-okresu-obci-a-casti-obci-v-letech-1869-2011_2015)
- ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD (2021a): Charakteristika okresu Olomouc [online]. cit. [2021-04-19]. Dostupné z: [https://www.czso.cz/documents/11276/17839886/okres\\_Olomouc.pdf/24d8fda0-00c0-439c-b539-6aa6adceab4b?version=1.3](https://www.czso.cz/documents/11276/17839886/okres_Olomouc.pdf/24d8fda0-00c0-439c-b539-6aa6adceab4b?version=1.3)
- ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD (2021b): Charakteristika okresu Prostějov [online]. cit. [2021-04-19]. Dostupné z: [https://www.czso.cz/documents/11276/17838488/okres\\_+Prostejov.pdf/3a4b7e6b-208e-473e-b0a1-1cc87256f816?version=1.3](https://www.czso.cz/documents/11276/17838488/okres_+Prostejov.pdf/3a4b7e6b-208e-473e-b0a1-1cc87256f816?version=1.3)
- DOBROVOLNÝ, P., KRAHULA, L. (2012): Vliv geometrie zástavby na pole teploty vzduchu a intenzitu tepelného ostrova města na příkladu Brna. *Meteorologické zprávy*, 65(2), s. 51–56.
- DOBROVOLNÝ, P., KRAHULA, L. (2015): The spatial variability of air temperature and nocturnal urban heat island intensity in the city of Brno, Czech Republic. *Moravian Geographical Reports*, 23(3), s. 8–16.
- DUCKWORTH, F. S., SANDBERG, J. S. (1954): The Effect of Cities upon Horizontal and Vertical Temperature Gradients. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 35(5), 198–207.
- GELETIČ, J., LEHNERT, M. (2016): GIS-based delineation of local climate zones: The case of medium-sized Central European cities. *Moravian Geographical Reports*, 24(3), s. 2–12.
- GELETIČ, J., LEHNERT, M., JUREK, M. (2020): Spatiotemporal variability of air temperature during a heat wave in real and modified lancover conditions: Prague and Brno (Czech Republic). *Urban Climate*, 31, 100588.

GEOPORTÁL ČÚZK (2021): Prohlížečská služba WMS – ZM 200. [online]. cit. [2021-03-10]. Dostupné z: [https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(1xtos2xqfcy45vb4cp33usww\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&side=wms.ve rejne&metadataID=CZ-CUZK-WMS-ZM200-P&metadataXSL=metadata.sluzba&head\\_tab=sekce-03-gp&menu=3118](https://geoportal.cuzk.cz/(S(1xtos2xqfcy45vb4cp33usww))/Default.aspx?mode=TextMeta&side=wms.ve rejne&metadataID=CZ-CUZK-WMS-ZM200-P&metadataXSL=metadata.sluzba&head_tab=sekce-03-gp&menu=3118)

HAMMON, W. H., DUENCHEL, F. W. (1902): Abstract of a comparison of the minimum temperatures recorded at the U. S. Weather Bureau and the Forest Park Meteorological Observatories, St. Louis, Missouri, for the year 1891. *Monthly Weather Review*, 30(1), s. 11–12.

HARLAN, S. L., RUDDER, D. M. (2011): Climate change and health in cities: impacts of heat and air pollution and potential co-benefits from mitigation and adaptation. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 3(3), s. 126–134.

HAVLÍČKOVÁ, T. (2008): Hodnocení topoklimatu ve vybraných lokalitách CHKO Žďárské vrchy se zaměřením na vznik možných místních klimatických efektů. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 132 s.

HÖPPE, P. (1999): The physiological equivalent temperature – A universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *International Journal of Biometeorology*, 43, s. 71–75.

HOWARD, L. (1820): Climate of London deduced from meteorological observations, made at different places in the neighbourhood of the metropolis, 2, Londýn, 1818–20.

HUTCHEON R. J., JOHNSON R. H., LOWRY W. P., BLACK C. H., HADLEY D. (1967): Observations of the heat island in a small city. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 48, s. 7–9.

CHANDLER, T. J. (1962): London's urban climate. *The Geographical Journal*, 128, s. 279–298.

JENDRITZKY, G., DE DEAR, R., HAVENITH, G. (2012): UTCI – Why another thermal index? *International Journal of Biometeorology*, 56, s. 421–428.

KLICPEROVÁ, M. (2018): Příspěvek ke studiu horkých vln v Olomouci 2011–2016. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 94 s.

KOPEC, R. J. (1970): Further observations of the urban heat island in a small city. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 51(7), 602–607.

KUBEČEK, J. (2015): Časoprostorová variabilita teploty vzduchu mezi lužním lesem a otevřenou krajinou na příkladu okolí Horky nad Moravou. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 65 s.

KUBEČEK, J. (2017): Místní klimatické zóny v Olomouci a okolí: teplota vzduchu. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 132 s.

KVĚTOŇ, V., VOŽENÍLEK, V. (2011): Klimatické oblasti Česka: klasifikace podle Quitta za období 1961–2000. Univerzita Palackého v Olomouci v koedici s Českým hydrometeorologickým ústavem, Olomouc, Praha, 20 s.

- KYSELÝ, J., HUTH, R. (2004): Úmrtnost související se stresem z horka v České republice v současném a budoucím klimatu. *Meteorologické zprávy*, 57(4), s. 113–121.
- KYSELÝ, J., PLAVCOVÁ, E. (2012): Declining impacts of hot spells on mortality in the Czech Republic, 1986–2009: adaptation to climate change? *Climatic Change*, 113, s. 437–453.
- LANDSBERG, H. E. (1981): *The Urban Climate*. International Geophysics Series, 28, Academic Press, New York, 275 s.
- LEHNERT, M., GELETIČ, J., DOBROVOLNÝ, P., JUREK, M. (2018a): Temperature differences among local climate zones established by mobile measurements in two central European cities. *Climate Research*, 75, s. 53–64.
- LEHNERT, M., KUBEČEK, J., GELETIČ, J., JUREK, M., FRAJER, J. (2018b): Identifying hot and cool spots in the city centre based on bicycle measurements: the case of Olomouc, Czech Republic. *Geographica Pannonica*, 22(4), s. 230–240.
- LÍSKOVEC, D. (2020): Časoprostorová variabilita teploty vzduchu v místních klimatických zónách: případová studie Praha-Uhřetěves. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 70 s.
- MAHDAVI, A., KIESEL, K., VUCKOVIC, M. (2014): Empirical and computational assessment of the Urban Heat Island phenomenon and related mitigation measures. *Geographia Polonica*, 87, s. 505–516.
- MAPY.CZ (2021): Prohlížení [online]. cit. [2021-03-29]. Dostupné z: <https://mapy.cz/>
- NÁRODNÍ GEOPORTÁL INSPIRE (2021): Prohlížení [online]. cit. [2021-03-29]. Dostupné z: <https://geoportal.gov.cz/web/guest/map>
- NAVRÁTIL, B. (2013): Teplotní poměry Vsetína. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 118 s.
- OKE, T. R. (1973). City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment*, 7, s. 769–779.
- PEPLER, A. (1929): Das Auto als Hilfsmittel der meteorologischen Forschung. *Zeitschrift für angewandte Meteorologie*, 46, s. 305–308.
- QUITT, E. (1956): Příspěvek k metodice výzkumů teplotních poměrů měst. *Meteorologické zprávy*, 1, s. 69–74.
- RENOU, E. (1862): Différences de température entre Paris et Choisy-le-Roi. *Société Météorologique de France, Annuaire*, 10, s. 105–109.
- ROŽNOVSKÝ, J. (2014): G. J. Mendel's meteorological observations. *Mendel and Bioclimatology*, Masarykova univerzita v Brně, Brno, 1, s. 373–381.
- ROŽNOVSKÝ, J., LITSCHMANN, T., STŘEDOVÁ, H., STŘEDA, T., SALAŠ, P., HORKÁ, M. (2017): Microclimate Evaluation of the Hradec Králové City using HUMIDEX. *Contributions to Geophysics and Geodesy*, 47(3), s. 231–246.

- ŘEPKA, M., LIPINA, P., VYSOUDIL, M. (2012): Historie a současnost meteorologických pozorování v Olomouci. *Meteorologické zprávy*, 65(5), s. 129–138.
- SHASHUA-BAR, L., PEARLMUTTER, D., ERELL, E. (2009): The cooling efficiency of urban landscape strategies in hot dry climate. *Landscape and Urban Planning*, 92, s. 179–186.
- SCHMIDT, W. (1929): Die Verteilung der Minimumtemperaturen in der Frostnacht des 12 Mai 1927 im Gemeindegebiet von Wien. *Fortschritte der Landwirtschaft*, 2(21), s. 681–686.
- SLÁDEK, I., MAZÚR, P., MERTL, J. (2001): Klementinum vydává svědectví o změnách podnebí v Praze. *Geografické rozhledy*, 11(2), s. 52–53.
- STEWART, I. D., OKE, T. R. (2012): Local Climate Zones for Urban Temperature Studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93(12), s. 1879–1900.
- STŘEDOVIČ, H. et al. (2011): Mikroklima a mezoklima měst, mikroklima porostů. Český hydrometeorologický ústav, Praha, 98 s.
- STŘEDOVIČ, H., STŘEDA, T., LITSCHMANN, T. (2015): Smart tools of urban climate evaluation for smart spatial planning. *Moravian Geographical Reports*, 23(3), s. 45–57.
- SUNDBORG, Å (1950): Local Climatological Studies of the Temperature Conditions in an Urban Area. *Tellus*. 2(3), 221–231.
- ŠITKA, J. (2008): Tepelný ostrov města Brna. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Brno, 48 s.
- TAHA, H. (1997): Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat. *Energy and buildings*, 25(2), s. 99–103.
- TOLASZ, R. et al. (2007): Atlas podnebí Česka. Český hydrometeorologický ústav v koedici s Univerzitou Palackého v Olomouci, Praha, Olomouc, 255 s.
- TOMÁŠ, M. (2012): Letní teploty vzduchu v Olomouci v letech 2010–2011 z hlediska teplotního komfortu člověka. *Meteorologické zprávy*, 65(3), s. 75–82.
- TOROK, S., MORRIS, C., SKINNER C., PLUMMER, N. (2001): Urban heat island features of southeast Australian towns. *Australian Meteorological Magazine*, 50(1), s. 1–13.
- URBAN A., KYSELÝ, J. (2014): Využití biometeorologických indexů pro hodnocení kardiovaskulární úmrtnosti a nemocnosti související se stresem z horka a chladu. *Meteorologické zprávy*, 67(1), s. 6–12.
- VYSOUDIL, M. (2013): Základy fyzické geografie 1: Meteorologie a klimatologie. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 112 s.
- VYSOUDIL, M. et al. (2012): Podnebí Olomouce. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 212 s.
- WOOLLUM, C. A. (1964): Notes from a study of the microclimatology of the Washington, D. C., area for the winter and spring seasons. *Weatherwise*, 17, s. 263–271.



ŽÁK, M., ZAHRADNÍČEK, P., SKALÁK, P. (2015): Co víme o tepelném ostrovu Prahy? Vytápění, větrání, instalace, 1/2015, s. 10–15.

## 11 Přílohy

### Příloha 1 – Přehled intenzit UHI – den

Tab. 1 Přehled intenzit tepelného ostrova jednotlivých sídel během denních měření

sídlo	počet obyv.	průměrná nadm. výška sídla [m n. m.]	okolní land cover	intenzita UHI [°C]					
				29. 7. 2020	30. 7. 2020	7. 8. 2020	8. 8. 2020	21. 8. 2020	průměr
Hablov	156	212	OP	0,3	0,3	0,0	0,3	0,1	<b>0,2</b>
Lhota n. M.	165	224	OP, LL	0,8	0,6	0,0	0,0	0,5	<b>0,4</b>
Rataje	205	224	OP	-0,1	0,2	-0,5	-0,3	-0,1	<b>-0,2</b>
Mezice	347	228	OP	0,0	-0,1	0,2	-0,2	0,3	<b>0,0</b>
Unčovice	407	232	OP	-0,2	0,1	0,2	0,1	0,4	<b>0,1</b>
Luběnice	487	222	OP	0,3	-0,3	-0,1	-0,2	0,0	<b>-0,1</b>
Střeň	605	223	OP, LL, LOU	0,7	0,6	1,3	1,0	0,8	<b>0,9</b>
Loučany	605	235	OP	-0,2	0,1	0,0	-0,3	0,2	<b>0,0</b>
Těšetice	733	223	OP	-0,3	-0,5	-0,2	-0,5	-0,3	<b>-0,4</b>
Náklo	937	226	OP	1,1	0,4	0,0	-0,1	0,1	<b>0,3</b>
Chomoutov	1 007	216	OP, LOU	0,1	0,2	1,0	0,2	0,8	<b>0,5</b>
Senice n. H.	1 299	238	OP	1,2	0,8	0,3	-0,4	0,6	<b>0,5</b>
Olšany u Prost.	1 809	216	OP	0,5	-0,1	0,0	-0,4	0,3	<b>0,0</b>
Náměšť n. H.	1 855	243	OP	0,6	0,6	0,0	0,0	0,2	<b>0,3</b>
Lutín	2 446	217	OP	0,6	0,1	0,3	0,3	0,5	<b>0,4</b>
Štěpánov	2 459	220	OP, LOU, LL	0,4	0,2	0,5	0,3	0,8	<b>0,4</b>

Zdroj: Český statistický úřad, 2015

## Příloha 2 – Přehled intenzit UHI – noc

Tab. 2 Přehled intenzit tepelného ostrova jednotlivých sídel během nočních měření

sídl	počet obyv.	průměrná nadm. výška sídla [m n. m.]	okolní land cover	intenzita UHI [°C]					průměr
				29. až 30. 7. 2020	30. až 31. 7. 2020	7. 8. 2020	8. 8. 2020	21. 8. 2020	
Hablov	156	212	OP	1,6	1,5	1,0	1,2	1,8	<b>1,4</b>
Lhota n. M.	165	224	OP, LL	0,2	0,2	-0,3	-0,5	0,2	<b>0,0</b>
Rataje	205	224	OP	0,6	1,0	0,6	0,4	1,2	<b>0,8</b>
Mezice	347	228	OP	0,5	0,5	-0,1	0,2	0,4	<b>0,3</b>
Unčovice	407	232	OP	2,0	2,2	1,6	1,2	1,6	<b>1,7</b>
Luběnice	487	222	OP	1,5	1,6	1,4	1,0	1,3	<b>1,4</b>
Střeň	605	223	OP, LL, LOU	0,1	-0,2	0,2	0,4	0,5	<b>0,2</b>
Loučany	605	235	OP	1,2	1,5	1,0	1,2	1,2	<b>1,2</b>
Těšetice	733	223	OP	1,0	1,4	0,3	0,9	1,6	<b>1,1</b>
Náklo	937	226	OP	0,7	1,1	0,4	0,2	0,9	<b>0,7</b>
Chomoutov	1 007	216	OP, LOU	1,5	1,2	1,3	0,8	0,3	<b>1,0</b>
Senice n. H.	1 299	238	OP	1,8	1,9	2,4	1,6	1,6	<b>1,9</b>
Olšany u Prost.	1 809	216	OP	1,7	2,5	0,9	1,2	2,1	<b>1,7</b>
Náměšť n. H.	1 855	243	OP	1,5	1,1	0,0	0,0	1,1	<b>0,7</b>
Lutín	2 446	217	OP	2,2	2,0	1,2	1,4	1,9	<b>1,7</b>
Štěpánov	2 459	220	OP, LOU, LL	1,4	1,5	1,3	1,3	2,2	<b>1,6</b>

Zdroj: Český statistický úřad, 2015