

**ČESKÁ ZEMEDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

**FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ**

**KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A**

**ENVIROMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ**



**Česká  
zemědělská  
univerzita  
v Praze**

**Vliv městského prostředí na tepelný komfort v zimě**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Vypracovala: Marie Paličková**

**Vedoucí práce: Mgr. Aleš Urban, Ph.D.**

**2024**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Marie Paličková

Aplikovaná ekologie

Název práce

**Vliv městského prostředí na tepelný komfort v zimě**

Název anglicky

**The effects of urban environment on human thermal comfort in winter**

---

### Cíle práce

Míra tepelné zátěže (jinak také tepelný komfort) lidského organismu je výsledkem celého souborů faktorů. Kromě teploty vzduchu mají významný vliv další meteorologické prvky jako jsou vlhkost vzduchu, rychlost větru a sluneční záření, které se mohou výrazně lišit během dne a v závislosti na fyzikálních vlastnostech konkrétní lokality. Tepelný diskomfort má svá specifika v zimní sezoně, kdy je ovlivňován zejména větrem.

Cílem práce je zpracovat základní přehled procesů a faktorů, které ovlivňují tepelný komfort v městském prostředí v zimě.

### Metodika

V praktické části práce bude naším cílem kvantifikovat vliv vybraných typů městského prostředí (zeleně, vodních ploch) na tepelný komfort na základě měření tzv. pocitové teploty pomocí přenosného přístroje Kestrel 5400. Naměřené hodnoty budou vyhodnoceny pomocí základních statistických ukazatelů a diskutovány s literaturou.



**Doporučený rozsah práce**

50

**Klíčová slova**

stres z chladu, pocitová teplota, tepelný comfort

**Doporučené zdroje informací**

Oke, T.R., Mills, G., Christen, A., Voogt, J.A. 2017: Urban Climates. Cambridge University Press, USA. ISBN 978-1-107-42953-6.

Oliveira, S., Andrade, H., Vaz, T., 2011. The cooling effect of green spaces as a contribution to the mitigation of urban heat : A case study in Lisbon. Build. Environ. 46, 2186–2194.  
doi:10.1016/j.buildenv.2011.04.034

Potchter O, Cohen P, Lin TP, Matzarakis A (2018) Outdoor human thermal perception in various climates: A comprehensive review of approaches, methods and quantification. Sci Total Environ 631–632:390–406. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.276>

Shao T, Jin H (2020) A field investigation on the winter thermal comfort of residents in rural houses at different latitudes of northeast severe cold regions, China. J Build Eng 32:101476.  
<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101476>

**Předběžný termín obhajoby**

2023/24 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

Mgr. Aleš Urban, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

**Konzultant**

Ing. Lucie Chlapcová

Elektronicky schváleno dne 22. 2. 2024

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

vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 23. 2. 2024

**prof. RNDr. Michael Komárek, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 27. 03. 2024

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Vliv městského prostředí na tepelný komfort v zimě vypracovala samostatně. Citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a zároveň jsem je uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, že se na mou bakalářskou práci plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědoma, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne 28.3.2024

.....

Marie Paličková

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou vyjádřila poděkování Mgr. Aleši Urbanovi, Ph.D. za jeho cenné rady, doporučení, vstřícnost a trpělivost při vedení mé bakalářské práce. Taktéž bych chtěla poděkovat Ing. Lucii Chlapcové za ochotu a pomoc při získávání potřebných informací a podkladů.

Na závěr bych chtěla vyjádřit velké díky mé rodině a přátelům, kteří mi byli podporou po celou dobu mého studia.

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se zabývá vlivem městského prostředí na tepelný komfort obyvatel, se zaměřením na různé typy městského prostředí jako je park, zástavba, vodní plocha, frekventovaná komunikace.

Cílem práce je s pomocí několika indexů popsat základní faktory a procesy tepelného ostrova, a porovnání tepelného komfortu jednotlivých mikroklimat mezi sebou v zimním období.

Sběr dat proběhl v zimních měsících na přelomu roku 2023 a roku 2024 v oblasti Prahy 2 za pomoci přenosného přístroje Kestrel 5400. Měření bylo prováděno na sedmi různých stanovištích ve dvouhodinových intervalech. Měření započalo vždy v 8 hod. ráno a končilo po pěti měřených kolech na všech stanovištích.

V teoretické části tato práce popisuje základní pojmy, charakteristiku městského klimatu, tepelného komfortu a tepelného ostrova, dále popisuje konkrétní indexy, jež byli přístrojem Kestrel 5400 snímány.

Výsledky z praktické části této práce ukazují rozdílný vliv vybraných typů městského prostředí (park, zástavba, vodní plocha) na tepelný komfort na základě měření pocitové teploty. Naměřená data byla vzájemně porovnána a vyhodnocena.

**Klíčová slova:** stres z chladu, pocitová teplota, tepelný komfort

## **Abstract**

This bachelor's thesis deals with the influence of the urban environment on the thermal comfort of residents, with a focus on different types of urban environment such as a park, built-up area, water area, busy road.

The goal of the work is to describe the basic factors and processes of the heat island with the help of several indices, and to compare the thermal comfort of individual microclimates with each other in winter.

Data collection took place in the winter months at the turn of 2023 and at the turn of 2024 in the Prague 2 area using a Kestrel 5400 portable device. Measurements were carried out at seven different locations at two-hour intervals. The measurement always started at 8 a.m. and ended after five measured laps at all stations.

In the theoretical part, this work describes the basic terms, the characteristics of the urban climate, thermal comfort and the heat island, and also describes specific indices that were measured by the Kestrel 5400 device.

The results from the practical part of this work show the different influence of selected types of urban environment (park, built-up area, water area) on thermal comfort based on the measurement of the wild chill temperature. The measured data were compared and evaluated.

**Key words:** cold stress, wild chill temperature, thermal comfort

# Obsah

<b>1. Úvod</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Cíl práce</b> .....	<b>2</b>
<b>3. Literární rešerše</b> .....	<b>3</b>
3.1 Klima .....	3
3.2 Klimatický systém .....	3
3.2.1 Aktivní povrch.....	4
3.2.2 Klimatické kategorie .....	4
3.2.3 Podnebí Evropy .....	6
3.3 Sluneční záření .....	7
3.4 Vlhkost vzduchu .....	9
3.5 Kondenzace vodních par v atmosféře.....	10
3.6 Srážky .....	11
3.6.1 Orografické srážky .....	12
3.6.2 Konvektivní srážky.....	13
3.6.3 Atmosférické srážky.....	14
3.7 Oblačnost.....	14
3.7.1 Klasifikace oblačnosti .....	16
3.8 Tlak vzduchu .....	17
3.9 Teplota vzduchu.....	18
3.9.1 Denní chod teploty vzduchu .....	19
3.10 Vitr.....	20
3.11 Městský tepelný ostrov.....	21
3.11.1 Podnebí České republiky .....	22
3.11.2 Tepelný ostrov města Prahy.....	23
3.12 Biometeorologie.....	25

3.12.1 Tepelná/Energetická bilance lidského těla .....	25
<b>4. Metodika.....</b>	<b>29</b>
4.1 Zdroje dat .....	29
4.2 Tepelné indexy .....	29
4.3 Zkoumané území .....	31
4.3.1 Stanoviště č. 1 a 8 .....	33
4.3.2 Stanoviště č. 2 .....	34
4.3.3 Stanoviště č. 3.....	35
4.3.4 Stanoviště č. 4.....	36
4.3.5 Stanoviště č. 5.....	37
4.3.6 Stanoviště č. 6.....	38
4.3.7 Stanoviště č. 7.....	39
4.4 Měření .....	40
<b>5. Výsledky.....</b>	<b>41</b>
5.1 Rozbor jednotlivých dnů .....	41
5.1.1 Nejchladnější den z hlediska teploty – 31.12.2023 .....	42
5.1.2 Den s nejvyšší vlhkostí vzduchu - 24.12.2023 .....	43
5.1.3 Den s nejvyšší rychlostí větru - 29.12.2023.....	44
5.2 Rozdíl v jednotlivých stanovištích .....	45
5.2.1 Srovnání stanovišť na základě teploty vzduchu a WCT .....	45
5.2.2 Průběh teploty vzduchu skupiny 1 a skupiny 2 .....	48
5.2.3 Průběh WCT skupiny 1 a skupiny 2.....	50
5.2.4 Rozdíl teplot v ranních a odpoledních hodinách .....	51

<b>6. Diskuze</b> .....	<b>54</b>
<b>7. Závěr</b> .....	<b>58</b>
<b>8. Seznam použitých obrázků a tabulek</b> .....	<b>59</b>
<b>9. Seznam použitých zdrojů a literatury</b> .....	<b>61</b>
9.1 Odborná literatura.....	61
9.2 Internetové zdroje.....	62



## 1. Úvod

Městské prostředí je charakteristické vysokou koncentrací zástavby a značnou populací. Vyznačuje se řadou specifických vlastností oproti běžné krajině, které ovlivňují nejen teplotu okolního vzduchu, ale i celkový tepelný komfort jeho obyvatel.

Ve srovnání s venkovskými oblastmi disponují města vyšším podílem zpevněných a zastavěných povrchů, které akumulují a udržují teplo, což vede k vytváření tzv. městských tepelných ostrovů.

Zatímco v letních měsících se pozornost soustředí převážně na problémy spojené s nadměrným ohříváním a zvyšováním teplot ve městech, v zimním období je tepelný komfort ve venkovním prostředí města neméně důležitým, avšak méně prozkoumaným tématem.

Touto prací bych ráda přispěla k hlubšímu pochopení vlivu městského prostředí na tepelný komfort během zimního období, s cílem identifikovat strategie, jež by mohly zmírnit negativní vliv zimního počasí na jeho obyvatele.

## **2. Cíl práce**

Cílem práce je s pomocí vybraných biometeorologických ukazatelů popsat a porovnat základní faktory a procesy, které mají dopad na tepelný komfort jednotlivých městských mikroklimat během zimního období.

Data byla sbírána v prosinci roku 2023 a v lednu 2024 za pomoci přenosného přístroje Kestrel 5400, který automaticky zaznamenává základní meteorologické ukazatele a z nich odvozené biometeorologické indexy, jako je Wet Bulb Global Temperature (WBGT), Heat Index (HI), a Wind Chill Temperature (WCT).

Teoretická část práce se věnuje popisu městského klimatu, charakteristice tepelného komfortu a popisuje především konkrétní indexy použité pro hodnocení tepelného komfortu.

### **3. Literární řešerše**

#### **3.1 Klima**

Pod pojmem klima, v češtině označované jako "podnebí", se skrývá dlouhodobý charakteristický povětrnostní režim Země nebo jejích částí, který je dán proměnlivostí stavů v rámci klimatického systému. Geneze klimatu je výsledkem kombinovaného působení klimatických faktorů a zpětných vazeb, které se projevují v hodnotách klimatických prvků a odvozených klimatologických ukazatelů. Tento projev činí z klimatu jedinečný rys Země jako celku a každého konkrétního místa na ní. (Elektronický meteorologický slovník)

Kategorizace klimatu vymezuje různá prostorová měřítka, přičemž pomocí klasifikace klimatu rozlišuje mezi typy podnebí uspořádanými do klimatických zón. Podoba těchto zón je ovlivněna zonalitou klimatu, která je primárně pozměněna rozdíly v kontinentalitě klimatu. (Elektronický meteorologický slovník; Netopil a kol., 1984)

Významnou charakteristikou ve většině oblastí je sezónnost, která významně ovlivňuje charakter a klimatický potenciál krajiny. Úloha vlhkosti (množství srážek apod.) v klimatu je značná, přičemž dynamika klimatických faktorů řídí vývoj klimatu. Proměnlivost celkové cirkulace atmosféry, vyjádřená klimatickými oscilacemi, je jednou z příčin klimatických výkyvů. Krátkodobé výkyvy jsou zmírňovány hodnocením klimatu prostřednictvím klimatologických normálů a jednosměrné změny dopadu klimatických faktorů vedou ke klimatickým změnám, které jsou dále zhoršovány antropogenními změnami klimatu (Elektronický meteorologický slovník; Vysoudil, 2006).

#### **3.2 Klimatický systém**

Klimatický systém je poháněn především sluneční energií, která interaguje se zemským povrchem a atmosférou. Tento systém se skládá z pěti subsystémů, a to atmosféry, litosféry (zemský povrch), hydrosféry (veškerá voda na zemském povrchu,

jako jsou jezera a moře, a někdy včetně vody nad zemským povrchem, jako jsou mraky), kryosféry a biosféry (globální ekologický systém integrující všechny živé bytosti a jejich vztahy, včetně jejich interakce s prvky litosféry, hydrosféry a atmosféry.) (Ruda, 2014)

### 3.2.1 Aktivní povrch

Aktivní povrch označuje část Země, kde se sluneční záření odráží a přeměňuje z krátkovlnné zářivé energie na tepelnou energii. Tato tepelná energie je pak transportována zpět do atmosféry nebo do geologického substrátu buď turbulentní výměnou, nebo molekulárním vedením. Aktivní povrch si lze představit jako trojrozměrný prostor, kde je vliv sluneční energie oslabována s hloubkou. (Ruda, 2014; Vysoudil, 2013)

Klimatický systém je složitý a chaotický, charakterizovaný zpětnovazebními mechanismy. Příkladem takové zpětné vazby je odstranění vegetace v důsledku výstavby parkoviště, což vede ke zvýšení povrchové teploty, protože asfalt nemůže ochlazovat prostředí jako vegetační kryt prostřednictvím fyziologické transpirace. Tato složitost je dále umocněna variabilitou uvnitř složek systému (pevnina a oceány) a pomaleji se měnícími vnějšími faktory (vztahy Země-Slunce). (Ruda, 2014; Vysoudil, 2006)

### 3.2.2 Klimatické kategorie

Klimatické kategorie založené na prostorovém měřítku studie zahrnují:

- **Makroklima:** Odráží interakci mezi atmosférou a aktivním povrchem nad velkými územními jednotkami, jako jsou kontinenty. Je vertikálně omezena tropopauzou.
- **Mezoklima:** odkazuje se na klimatické podmínky v mírně rozsáhlých oblastech. Typicky se týká charakteristik klimatu v rozsahu jako jsou

města, údolí, lesy, nebo zemědělská pole. Mezoklima zohledňuje, jak se klima může lišit v rámci těchto oblastí z důvodu lokálních faktorů, jako jsou terénní rysy, vodní plochy, vegetace nebo umělé struktury, které mohou ovlivnit teplotu, vlhkost, větrné podmínky a srážky.

- **Topoklima:** se vztahuje na klimatické podmínky specifické pro velmi malé, lokální oblasti, často jen několik metrů či kilometrů čtverečních. Zaměřuje se na detailní klimatické rozdíly, které jsou ovlivněny přímo lokálním terénem, jako jsou svahy, údolí, vodní plochy nebo vegetace. Topoklima může být ovlivněno mnoha faktory, včetně expozice sluncem, typem půdy, nebo přítomností budov. Ty mohou měnit teplotu, vlhkost, rychlost a směr větru, nebo množství srážek v dané oblasti. Toto úzké zaměření na specifické lokální podmínky umožňuje lepší pochopení a přizpůsobení se klimatickým podmínkám pro zemědělství, stavebnictví, nebo urbanistické plánování.
- **Mikroklima:** popisuje klimatické podmínky v malých, specifických oblastech, často jen na několika metrech čtverečních, které se mohou výrazně lišit od klimatu v širším okolí. Tyto malé oblasti mohou mít jedinečné klimatické charakteristiky z důvodu specifických faktorů, jako je blízkost vodních ploch, druh a hustota vegetace, umělé struktury (například budovy nebo asfaltové plochy), expozice slunci a ochrana před větrem. Mikroklima může ovlivnit teplotu, vlhkost, rychlost větru a množství srážek na velmi malém prostoru.
- **Kryptoklima:** odkazuje se na klimatické podmínky v extrémně malých a specifických mikro prostorech, jako jsou dutiny ve skále, pod kameny, v půdním profilu nebo v jiných skrytých nebo uzavřených prostorech, kde se klima může výrazně lišit od okolního vnějšího prostředí. Tyto podmínky mohou zahrnovat velmi specifické teploty, vlhkost, osvětlení a cirkulaci vzduchu, které jsou ovlivněny omezeným prostředím. (Ruda, 2014; Trizna, 2004; Vysoudil, 2006)

### 3.2.3 Podnebí Evropy

Podnebí Evropy je ovlivněno cirkulací vzduchu nad Evropou, která se vyznačuje sezónním rytmem, který je determinován dynamickým působením arktické, polární a tropické vzduchové hmoty. Tyto vzduchové masy se liší svými termodynamickými vlastnostmi, a proto se jejich vzájemná interakce promítá do charakteru počasí a klimatu v jednotlivých oblastech Evropy. (Ruda, 2014)

**V letním období** se cirkulace vzduchu nad Evropou mění. Dominuje jí subtropický anticyklonální systém, který přináší teplé a suché vzduchové masy z tropických oblastí. V tomto období se zvyšuje sluneční radiace a dochází k oteplování celého kontinentu. V severních oblastech Evropy se však i v létě mohou vyskytnout vpády arktického vzduchu, které vedou k ochlazení a srážkám. (Bričík, Brinke, Netopil, 1989; Ruda 2014)

**V zimním období** dominuje nad Evropou západní proudění, které přináší mírné a vlhké oceánské vzduchové masy z Atlantského oceánu. Toto proudění je však narušováno vpády arktického vzduchu ze severu a východu, které vedou k prudkým poklesům teplot a sněžení. V oblasti Středozemního moře se projevuje vliv polární vzduchové hmoty, která se zde transformuje a vytváří sezonní větry. (Bričík, Brinke, Netopil, 1989; Ruda 2014)

Značný vliv mají také **tlakové gradienty a proudění vzduchu** mezi Azorskou a Islandskou níží vedou k silnému západnímu až jihozápadnímu proudění. Toto proudění je ve spodní vrstvě narušováno terénem a Alpami-Karpatami, i tam však převládá západní složka. Nad Středozemním mořem se vytváří oblast severního proudění (sezonní větry). Východní Evropa je pod vlivem oblasti vysokého tlaku, která umožňuje pronikání studeného a arktického vzduchu. Z Atlantského oceánu postupují **cyklóny a fronty** s teplým a vlhkým vzduchem po třech hlavních drahách. (arktická fronta, atlantská polární fronta, středomořská větev polární fronty). Průběh lednových izoterm má poledníkový směr a zimy jsou proměnlivé s vpády arktické vzduchové hmoty. (National Oceanic and Atmospheric administration, Ruda, 2014)

### 3.3 Sluneční záření

Sluneční záření je převládajícím zdrojem energie v celém planetárním systému, který zahrnuje jak elektromagnetické záření, tak korpuskulární záření (proud elektricky nabitých částic, jako jsou elektrony, protony, neutrony atd.). Jiné existující zdroje energie, jako je geotermální energie, kosmické nebo radioaktivní záření a energie z elektrických výbojů v atmosféře, přispívají pouze nepatrným zlomkem (0,024 %) celkové energie. Energie z elektromagnetického záření v planetárním geosystému se přeměňuje na jiné formy energie, včetně tepelné, elektrické, nebo sekundárně na kinetickou energii nebo energii dlouhovlnného záření. (National Oceanic and Atmospheric Administration)

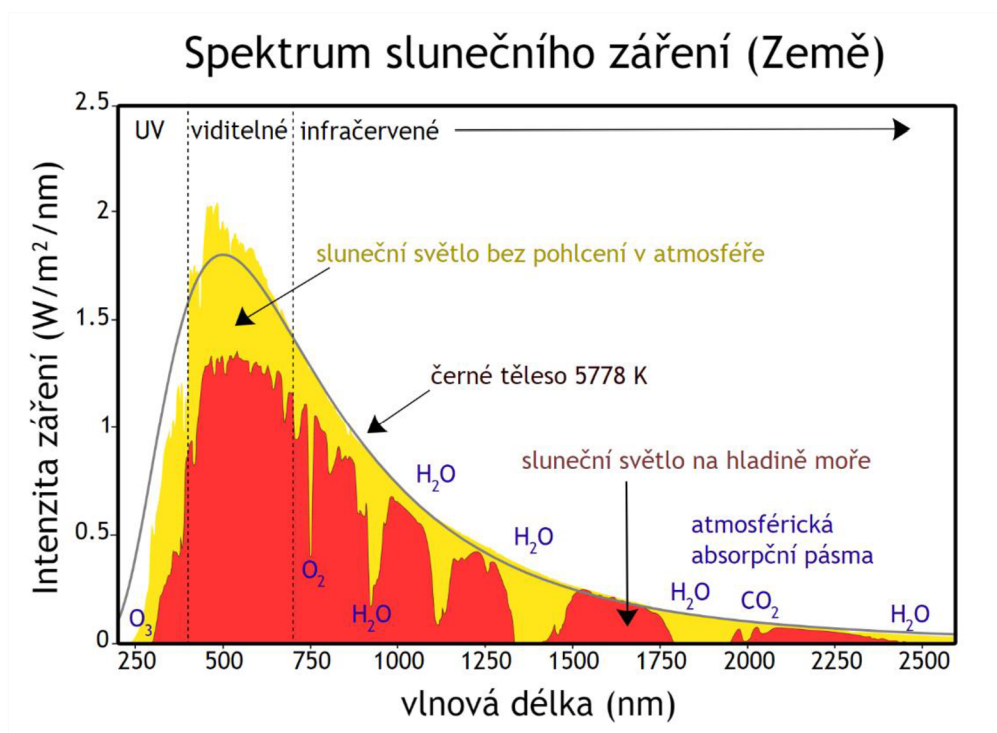
Množství záření lze kvantitativně vyjádřit jeho intenzitou ve wattech (W) na metr čtvereční ( $m^2$ ). V časovém intervalu je celková intenzita vyjádřena ve wathodinách (Wh) nebo kilowatthodinách (kWh). Celková intenzita elektromagnetického záření ze Slunce, které dopadá na horní hranici atmosféry na ploše  $1 m^2$  kolmé na paprsky, se nazývá sluneční konstanta v průměrné vzdálenosti Země od Slunce. Jeho hodnota se pohybuje kolem  $1366 W/m^2$ . Protože však Země obíhá kolem Slunce po eliptické dráze a intenzita záření klesá s druhou mocninou vzdálenosti od zdroje záření, hodnota sluneční konstanty se také mění v průběhu roku (Quitt a kol., 2005)

#### **Vznik změny slunečního záření v atmosféře**

Sluneční záření prochází při průchodu zemskou atmosférou významnými kvalitativními i kvantitativními změnami, které zahrnují procesy, jako je absorpce, rozptyl a disperze. Tyto změny jsou klíčové pro pochopení energetické bilance Země a atmosférických procesů, které ovlivňují počasí a klima.

**Absorbce** slunečního záření v atmosféře je charakterizována výrazně selektivním způsobem, kdy jednotlivé plyny absorbují pouze záření o konkrétních vlnových délkách. Pouze asi 15 % celkového slunečního záření je absorbováno. Hlavními plyny zodpovědnými za tuto absorpci jsou vodní páry, dusík, kyslík, ozon a oxid uhličitý. Kyslík primárně absorbuje záření krátkých vlnových délek v ultrafialové a viditelné části spektra. Stratosférický ozon převážně absorbuje většinu ultrafialového záření a méně záření infračerveného. V infračervené oblasti spektra významně absorbuje sluneční záření oxid uhličitý a vodní páry, což způsobuje ohřívání atmosféry

a posiluje skleníkový efekt. Současně dochází k absorpci dlouhovlnného tepelného záření zemského povrchu a jeho následnému vyzařování, což například v noci přispívá ke snížení tepelných ztrát. (Svoboda, Fiala, Mlýnek, 2008)



Obr. 1: Absorbce slunečního záření různými plyny v různých vlnových délkách (Robert A. Rohde, 2009).

**Rozptyl** slunečního záření v atmosféře je proces, při kterém dochází k difúzi slunečního záření na molekulách a atomech plynů, také na pevných a kapalných částicích. S rostoucí výškou a snižující se hustotou vzduchu klesá intenzita rozptylu. To vede ke zvýraznění modrého nebe, a dokonce k černé barvě na horní hranici atmosféry, kde je intenzita rozptylu nulová

**Molekulární (Rayleighův) rozptyl:** platí Rayleighův zákon, který stanoví, že čím je vlnová délka záření kratší, tím je záření více rozptýleno. Tento typ rozptylu nastává na molekulách a atomech plynů vzduchu. V důsledku toho je ve viditelné části spektra rozptýleného záření dominantní modrá a fialová barva, což vysvětluje modré zbarvení oblohy. Naopak, v přímém slunečním záření jsou převážně dlouhovlnné části spektra, a proto se



slunce na obloze, při východu nebo západu, jeví červenožlutě. Krátkovlnné záření ve spektru modré a zelené barvy je téměř úplně rozptýleno.

**Aerosolový rozptyl:** Probíhá na větších kapkách a pevných částicích v atmosféře. Tento druh rozptylu není závislý na vlnové délce a nezpůsobuje změnu spektrálního složení světla. Proto mají oblaka a mlha bílé až šedé zbarvení. (Bednář, 2007; Svoboda, Fiala, Mlýnek, 2008; Quitt a kol., 2005)

### 3.4 Vlhkost vzduchu

Vlhkost vzduchu je základním meteorologickým prvkem, který vyjadřuje množství vodních par přítomných ve vzduchu. Pro vyjádření obsahu vodních par v atmosféře se využívají charakteristiky jako jsou:

- **Napětí (tlak) vodních par (e):** Tento parametr vyjadřuje dílčí tlak vodní páry ve směsi se suchým vzduchem a pohybuje se obvykle v rozmezí 15–20 hPa. Pokud je vzduch nasycený (tj. není schopen přijmout žádnou vodní páru), nahrazuje se tato charakteristika napětím nasycení (E).
- **Poměrná (relativní) vlhkost vzduchu (r):** Relativní vlhkost vyjadřuje poměr mezi skutečným napětím vodních par (e) a maximálně možným napětím nasycení (E) při dané teplotě, a to ve procentech podle vztahu:

$$r = (e/E) \times 100 (\%).$$

- **Sytostní doplněk (d):** Tato charakteristika, známá také jako deficit vlhkosti, udává rozdíl mezi maximálním a skutečným napětím vodních par, což představuje chybějící množství vodních par pro dosažení nasyceného stavu vzduchu, a je vyjádřena v hPa jako:

$$d = E - e.$$

- **Absolutní vlhkost vzduchu (a):** Absolutní vlhkost vyjadřuje hustotu vodní páry v jednotce objemu vzduchu při určité teplotě a je obvykle udávána v gramu vodní páry na metr krychlový vzduchu ( $\text{g}/\text{m}^3$ ).

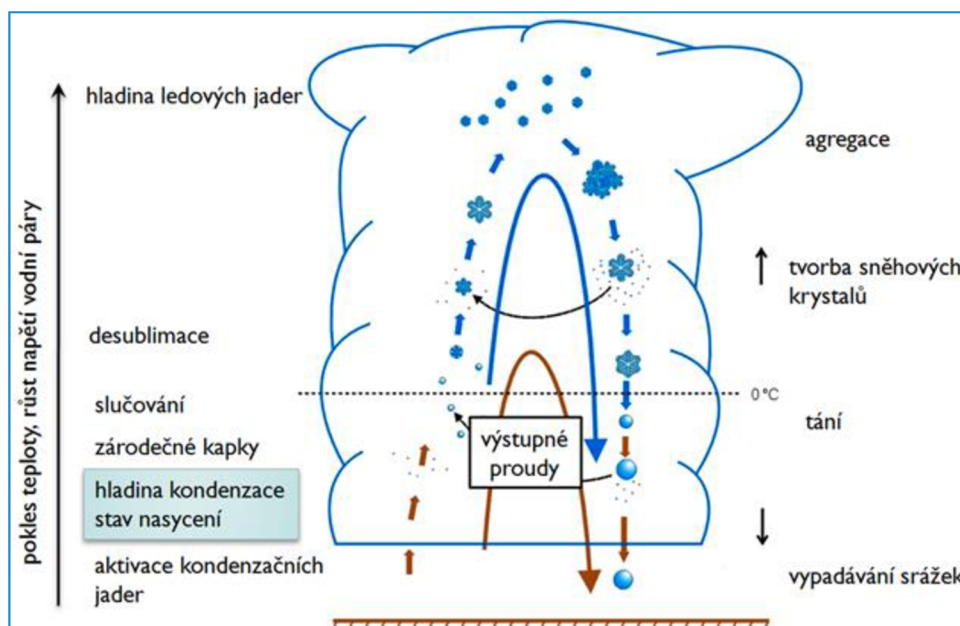
- **Specifická (měrná) vlhkost vzduchu (s):** Specifická vlhkost je poměr hmotnosti vodních par v jednotce hmotnosti vlhkého vzduchu, což je bezrozměrná veličina.
- **Poměr směsi (w):** Tato bezrozměrná veličina vyjadřuje podíl hmotnosti vodních par a hmotnosti suchého vzduchu v daném objemu.
- **Rosný bod ( $\tau$ ):** Teplota, při které by vodní páry nacházející se ve vzduchu tento vzduch nasytily, a pokud klesne teplota pod rosný bod, dochází k kondenzaci par a vytváří se rosa nebo mlha. Teplota rosného bodu je vždy nižší než teplota vzduchu při relativní vlhkosti nižší než 100 %. (Oke, 1979; WMO, [online]: community.wmo.int/en; Bednář, Kopáček, 2005)

### 3.5 Kondenzace vodních par v atmosféře

Kondenzace vodních par v atmosféře je klíčový proces v hydrologickém cyklu, který ovlivňuje vznik srážek, oblaků a mlhy. Kondenzace se děje, když se vodní pára v atmosféře ochladí na svůj rosný bod nebo když vzduch dosáhne stavu nasycení vodní párou v důsledku přidání dalších vodních par nebo snížení teploty vzduchu.

**Procesem kondenzace je výstup teplého vzduchu**, kdy teplý vzduch obsahující vodní páru stoupá vzhůru, kde se postupně ochlazuje. S nadmořskou výškou obsah vodní páry ve vzduchu klesá, částečně i díky její kondenzaci. **Dosahování rosného bodu** při dosažení určité výšky se teplota vzduchu sníží na rosný bod, což je teplota, při které se vzduch stává nasyceným vodní párou a začíná její kondenzace. **Kondenzace na kondenzačních jádrech**, kde se vodní pára kondenzuje na mikroskopických částicích, známých jako kondenzační jádra (aerosoly), čímž vznikají mikroskopické kapky vody nebo zárodečné kapky. **Vznik oblačných kapek nebo ledových krystalků** v nasyceném prostředí dochází k slučování mikroskopických kapek vody a jejich růstu do větších oblačných kapek nebo, v případě dostatečně nízkých teplot, k tvorbě ledových krystalků. **Srůstání a vypadávání srážek**, když kapky vody nebo ledové krystalky dosáhnou dostatečné velikosti, začnou pod vlivem gravitace padat k zemi jako srážky.

**Důsledky kondenzace** jsou **vznik oblaků a srážek** (Kondenzace vodních par je základním procesem vedoucím k tvorbě oblaků a následně srážek, které jsou nezbytné pro doplňování zásob vody na Zemi). **Vznik mlhy** (Kondenzace vodních par blízko zemského povrchu vede k vzniku mlhy, což je oblak dotýkající se země. Mlha vzniká, když je vzduch ochlazen pod svůj rosný bod v blízkosti zemského povrchu). (Bednář, 2007; Bednář, Kopáček, 2005; Řezáčová a kol., 2007; Kříž a kol., 1994)



Obr. 2: Vznik a vypadávání srážek (Ruda, 2014).

### 3. 6 Srážky

Srážky jsou meteorologickým jevem, při kterém dochází k přeměně vodních par ve vzduchu na kapalnou nebo tuhou formu a následnému jejich úpadku na zemský povrch. Existují různé typy srážek, které se liší v závislosti na mechanismu, který je způsobuje. Některé z těchto typů jsou **radiace** mlhy, která vzniká ochlazením vzduchu od aktivního povrchu, což může být například zemský povrch nebo vodní plochy. Při tomto procesu dochází k ochlazení vzduchu a kondenzaci vodní páry, čímž vzniká mlha. Dále **advekce** mlhy, která souvisí s přemísťováním relativně teplého vzduchu nad studený vzduch. Kondenzace vodních par dochází, když teplý vzduch přijde do kontaktu se studeným vzduchem, čímž vzniká mlha. Příkladem může být i vypařování,

kdy z vypařování vzniká mlha, a to při výparu z teplejší vodní plochy do studeného vzduchu, kde dochází ke kondenzaci vodních par a vytváření mlhy.

Pokud se vytvořená mlha dostane do kontaktu s teplejším vzduchem, může přestat být nasycená vodními parami a v atmosféře se mohou vytvořit mikroskopické kapičky vody, což se nazývá kouřmo. Kouřmo zvětšuje dohlednost na 1–10 km. Existuje i další typ, který se liší podle příčin výstupného pohybu vzduchu vedoucího k jeho ochlazování, čímž vzniká různé typy srážek.

Orografické srážky, ty vznikají v důsledku nuceného stoupání vzduchu nad horskými překážkami, což způsobuje ochlazování a kondenzaci vodní páry, čímž dochází k srážkám.

Konvektivní srážky vznikají v důsledku výstupu vzduchu v důsledku konvekce, kdy teplý vzduch stoupá a ochlazuje se, což může vést k tvorbě srážek.

Cyklonální srážky, které vznikají v důsledku pohybu vzduchových hmot, kdy vzduch vychladne a dochází k srážkám v důsledku cyklonálního působení vzduchových proudů. (Řezáčová a kol., 2007; Kříž, Schneider, Tolasz, 1994; Vysoudil, 2003)

### 3.6.1 Orografické srážky

Orografické srážky jsou typem srážek, které vznikají v důsledku nuceného výstupu vzduchu nad horskými překážkami. Proces vzniku orografických srážek je **příval vzduchu k horské překážce** (vzduch proudí k horské překážce, kde dochází k nucenému výstupu vzduchu vzhůru) **ochlazování vzduchu**, (vzduch se ochlazuje s postupem do výšky podle suchoadiabatického gradientu, což znamená, že se ochlazuje o přibližně 1 °C na každých 100 metrů vzestupu. Při dosažení hladiny kondenzace se začínají vytvářet oblaka) a **vznik oblaků a srážek** (při dalším stoupání se vzduch ochlazuje podle vlhkoadiabatického gradientu, což je gradient ochlazování vzduchu s ohledem na obsah vlhkosti. Tento proces vede k kondenzaci vodní páry a vzniku srážek). Dále pak i **sestup na závětrné straně** (po překonání horské překážky se

vzduch začne sestupovat na závětrné straně hor. Během tohoto sestupu se vzduch otepluje podle suchoadiabatického gradientu, čímž se stává teplejším a suchším.)

Výsledkem orografických srážek je obvykle zvýšený úhrn srážek na návětrné straně horského hřbetu, což se nazývá orografické zesílení srážek. Naopak na závětrné straně hory vzniká srážkový stín, což může vést k nižšímu úhrnu srážek v tomto oblasti, například za Krušnými horami. (Tolasz, Olbricht, 2007; Vysoudil, 2013)

### 3.6.2 Konvektivní srážky

Konvektivní srážky jsou srážky, které vznikají v důsledku procesu konvekce, který nastává při nerovnoměrném zahřívání zemského povrchu. Příčinou vzniku konvektivních srážek může být **nerovnoměrné zahřívání zemského povrchu** při slunečním záření dochází k nerovnoměrnému zahřívání zemského povrchu. Některé oblasti se zahřívají rychleji než jiné, což vytváří lokální rozdíly v teplotě vzduchu.) pak také **vznik konvekčních bublin** v místech, kde je zemský povrch silněji zahřátý, se vytvářejí bubliny teplého vzduchu s nižší hustotou než okolní vzduch. Tyto bubliny mají tendenci stoupat vzhůru kvůli své nižší hustotě.

V neposlední řadě **adiabatické ochlazování**, kdy se během stoupaní teplý vzduch adiabaticky ochlazuje, což znamená, že se ochlazuje bez výměny tepla s okolím. Při dosažení hladiny kondenzace, kde teplota dosáhne bodu rosného, dochází ke kondenzaci vodní páry a vytváření kupovitých oblaků.

Další příčinou může být **vývoj bouřkových oblaků** při intenzivní konvekci. Oblaka se tehdy vyvíjejí vertikálně do podoby bouřkových oblaků, známých jako cumulonimbus. To se obvykle děje, když je vzduch teplý a vlhký, což způsobuje menší pokles teploty s výškou při kondenzaci, nebo když teplota vzduchu v okolní atmosféře klesá rychleji než teplota ve vystupujícím vzduchu, což způsobuje, že vzduch je teplejší než okolní a podporuje jeho další výstup.

Konvektivní srážky jsou typické pro letní období a jsou často spojeny s bouřkovými jevy, které mohou zahrnovat silné deště, bouřky a výskyt blesků. (Ruda, 2014; Vysoudil, 2013; Kříž a kol. 1994; Český hydrometeorologický ústav, [online], dostupné z: chmi.cz)







### 3.6.3 Atmosférické srážky

Pojem "vlastní atmosférické srážky" se odkazuje na srážky, které vznikají v oblacích v důsledku úpadu kapének vody, jež už nejsou udržovány ve vzduchu výstupnými proudy. Tyto srážky jsou charakterizovány tím, že kapénky vody, které byly v oblacích, dosáhly své maximální velikosti a nejsou schopny zůstat suspendované v atmosféře. Tento útlum proudů vzduchu v oblacích může být způsoben například narušením vzestupných proudů, změnou podmínek v oblasti oblačnosti nebo interakcí s jinými atmosférickými jevy. Tyto srážky jsou označovány jako vertikální srážky, protože kapénky vody padají směrem dolů k zemskému povrchu.

Vzhledem k různým podmínkám v oblacích a různým procesům, které mohou vést k úpadu kapének vody, jsou atmosférické srážky mnohotvárné, mohou se lišit ve tvaru, velikosti i skupenství. Toto rozmanité spektrum vlastností srážek umožňuje jejich rozdělení do různých druhů a kategorií. Příkladem může být dělení na srážky **horizontální** (jako je rosa, jíní, jinovatka, ovlhnutí, ledovka či námraza) a **vertikální** (např. déšť, mrholení, sníh, sněhové krupky a zrna, zmrzlý déšť atd.) (Kříž a kol., 1994; Řezáčová a kol., 2007; Vysoudil, 2013)

### 3.7 Oblačnost

Oblačnost je meteorologický termín, který popisuje stupeň pokrytí oblohy oblaky a má přímý vztah k trvání slunečního svitu. Stanovení oblačnosti obvykle probíhá odhadem, kdy si představujeme oblaky na obloze v jednotkách osmin (v synoptické meteorologii) nebo desetin (v klimatologii). Každý stupeň pokrytí oblohy oblaky má své specifické slovní označení, které se používá k popisu aktuálních meteorologických podmínek. (Kříž a kol., 1994)

označení		pokrytí oblohy oblaky
	jasno	0/8
	skoro jasno	1/8 – 2/8
	polojasno	3/8 – 4/8
	oblačno	5/8 – 6/8
	skoro zataženo	7/8
	zataženo	8/8

*Obr. 3: Vyjádření oblačnosti v osminách (Králová M., Techmania science center).*

Oblačnost je výsledkem procesu kondenzace atmosférické vodní páry v určité výšce nad povrchem Země, když dochází k ochlazení vzduchu pod teplotu rosného bodu. Většina této vodní páry, až 85 %, pochází z oceánů, zatímco zbývajících 15 % je z vnitrozemských vodních útvarů, jako jsou jezera a řeky.

Existuje několik způsobů, jak vznikají oblaka, což je odrazem jejich velké rozmanitosti. Jeden z hlavních faktorů je přítomnost mikroskopických jader v atmosféře, kolem kterých se vodní pára kondenzuje. Tyto jádra mohou být například zrnka prachu nebo krystalky mořské soli. Znečištěnější ovzduší může vést k většímu množství deště, protože částice prachu umožňují kondenzaci vodní páry. Velikost kapének vody pak ovlivňuje průhlednost oblaku, přičemž menší kapky vedou k méně průhledným oblakům.

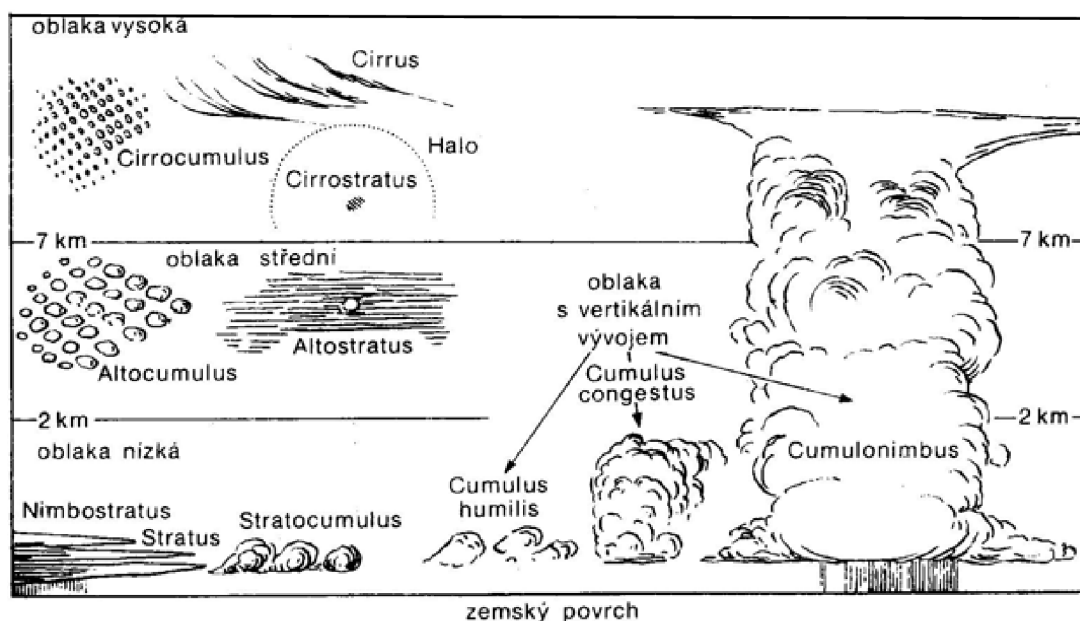
V některých případech mohou kapky vody zůstat v tekutém stavu i při teplotách pod nulou, což se nazývá přechlazení vzduchu. Tento stav je však nestabilní a může být snadno narušen, což vede k rychlému zmrazení kapének vody na ledové krystaly. Barva oblaků závisí na úhlu dopadajícího světla, poloze Slunce na obzoru a tloušťce oblaku. Tmavé zbarvení je často spojeno s mohutností oblaku, který může být tlustý několik kilometrů. (Dobrovolný, 2012; Kříž a kol., 1994)

### 3.7.1 Klasifikace oblačnosti

Klasifikace oblačnosti se řídí systémem, který byl vyvinut v průběhu let a je podrobně popsán v Mezinárodním atlasu oblaků. Tento atlas, jehož historie sahá až do roku 1803 díky práci Luke Howarda, který poprvé zavedl základní názvosloví pro oblaky, je základním průvodcem pro rozpoznání a kategorizaci různých typů oblaků v atmosféře. Atlas byl v průběhu času aktualizován, naposledy o dvanáct specifických jevů, které rozšiřují rozsah klasifikace oblaků a atmosférických jevů (Kříž a kol., 1994; Meteocentrum, 2020).

#### Hlavní kritéria klasifikace oblaků:

- Podle tvaru (morfologie): Oblaky jsou klasifikovány do skupin založených na jejich vizuálním vzhledu, jako jsou kupovité (cumulus), vláknité (cirrus), vrstevnaté (stratus) atd. *Viz tabulka 1*
- Podle nadmořské výšky: Oblaky jsou rozděleny do kategorií založených na výšce nad zemským povrchem, kde se vyskytují. Tyto kategorie zahrnují nízké, střední, vysoké a vertikálně se rozvíjející oblaky (Atlas oblaků, 2005; Netopil, 1984).



Obr. 4: Schéma druhů oblaků (Netopil R. a kol. 1984).



Tabulka 1: sumarizuje informace o rozdělení druhů oblaků z obr. 3.

Patro oblaků	Latinsky	Zkratka	Česky
Vysoké oblaky	cirrus	Ci	řasa
	cirrocumulus	Cc	řasová kupa
	cirrostratus	Cs	řasová sloha
Střední oblaky	altocumulus	Ac	vysoká kupa
Nízké oblaky	stratocumulus	Sc	slohová kupa
	stratus	St	sloha
Oblaky zasahující do více pater	altostratus	As	vysoká sloha
	nimbostratus	Ns	dešťová sloha
	cumulus	Cu	kupa
	cumulonimbus	Cb	dešťová kupa (bouřkový oblak)

### 3.8 Tlak vzduchu

Tlak vzduchu je síla, kterou vzduch vyvíjí na jednotku plochy, a je způsoben hmotností vzduchového sloupce, který se nachází nad danou plochou. V meteorologii se obvykle měří v milibarech (mb) nebo v hektopascálech (hPa), přičemž 1 hPa = 1 mb. Standardní atmosférický tlak na hladině moře je přibližně 1013,25 hPa.

S nadmořskou výškou se tlak vzduchu snižuje, což je způsobeno klesající hustotou vzduchu. (Čím jsme výše, tím je tlak nižší, protože je nad námi méně vzduchového sloupce.) Tento jev je důležitý pro pochopení rozložení tlaku v atmosféře a ovlivňuje mnoho meteorologických procesů. Obecně platí, že oblasti s vysokým tlakem vzduchu mají tendenci být spojeny s klidnějším počasím, zatímco oblasti s nízkým tlakem jsou často spojeny s bouřkovou aktivitou a deštěm.

Změna tlaku vzduchu s nadmořskou výškou je popsána vertikálním barickým gradientem, zatímco rozložení tlaku v horizontálním směru tvoří barické pole, které je zaznamenáno na mapách pomocí izobar. Toto pole je základní pro určení vzdušných proudění a je ovlivněno množstvím slunečního záření dopadajícího na Zemi, což způsobuje teplotní změny na aktivním povrchu.

V barickém poli rozlišujeme oblasti vysokého a nízkého tlaku, které mají zásadní vliv na počasí. Mezi hlavní barické útvary patří cyklóny (oblasti nízkého tlaku), anticyklóny (oblasti vysokého tlaku), brázdy nízkého tlaku, hřebeny vysokého tlaku a barická sedla. Tyto útvary jsou zobrazeny na synoptických mapách a jsou klíčové pro předpovědi počasí a pro pochopení atmosférických procesů (Elektronický meteorologický slovník; Ruda, 2014; Techmania).

### **3.9 Teplota vzduchu**

Teplota vzduchu je základní meteorologická veličina, která nám říká, jak teplý nebo chladný je vzduch v atmosféře. Tento stav je výsledkem složité interakce mezi různými faktory. Patří sem například přenos tepla mezi zemí a atmosférou, který probíhá prostřednictvím záření a pohybu vzduchu, a také absorpce slunečního záření molekulami plynu a částicemi v atmosféře. Procesy spojené s vodou, jako je vypařování a kondenzace, hrají také významnou roli, protože mohou buď uvolňovat nebo spotřebovávat teplo. Důležitá je také teplotní advekce, což je přenos tepla vzdušnými hmotami z jedné oblasti do druhé (Elektronický meteorologický slovník; Ruda, 2014).

Pro měření teploty vzduchu se využívají meteorologické stanice, které monitorují teplotu ve specifikované výšce nad povrchem země, obvykle mezi 1,25 a 2

metry. Pro sledování přesnějších údajů o teplotních podmínkách blízko povrchu země, tzv. přízemní teploty vzduchu, se také provádějí měření ve výšce 5 cm nad zemí. Kromě toho se provádějí sondáže atmosféry, které umožňují sledovat změny teploty vzduchu s výškou. Hodnoty teploty jsou vyjádřeny v různých teplotních stupnicích, jako jsou stupně Celsia, Fahrenheita nebo Kelvinovy stupnice.

Teplota vzduchu a její změny jsou klíčové pro pochopení počasí, klimatu a celkových podmínek v atmosféře. Sledování extrémů teplot je důležité pro hodnocení dopadů na životní prostředí, ekosystémy a lidskou činnost (Dobrovolný, 2012; Elektronický meteorologický slovník).

### 3.9.1 Denní chod teploty vzduchu

Denní teplota vzduchu je charakteristika, která popisuje kolísání teploty vzduchu v průběhu jednoho dne. Jedná se o jednoduchou vlnu s minimem kolem východu Slunce a maximem nejčastěji mezi 14. a 15. hodinou místního času.

Chod teploty vzduchu během dne je ovlivněn několika faktory, jako je **charakter počasí** (Radiální typ počasí (malá oblačnost, nízká rychlost větru) má větší teplotní amplitudu než advekční typ počasí (horizontální přenos vzduchu, velká oblačnost), **roční období** (Nejvyšší amplituda je na jaře, kdy je v podloží malá zásoba tepelné energie po zimním období, a s blížící se zimou se amplituda snižuje), **zeměpisná šířka** (amplituda roste od rovníku k subtropickým šířkám), **vzdálenost od pobřeží**, **tvár reliéfu** (kopce mají menší amplitudu než rovinné a vyhloubené tvary) a **pokryv aktivního povrchu** (vegetační pokryv snižuje amplitudu transpirací, zatímco holý povrch se pouze otepluje a amplituda se zvyšuje) (Netopil, 1984; Strahler, 2006).

**Amplituda denní teploty vzduchu** je rozdílem mezi nejvyšší a nejnižší hodnotou teploty vzduchu během dne. Snižuje se s rostoucí nadmořskou výškou. Je výraznější nad pevninou než nad oceánem (Trizna, 2004).

**Průměrná denní teplota vzduchu** je aritmetickým průměrem hodnot teploty vzduchu naměřených v pravidelných intervalech.

V České republice se počítá podle vzorce:

$$\bar{T} = (T_7 + T_{14} + 2T_{21}) / 4$$

Kde indexy 7, 14 a 21 vyjadřují časy pozorování v 7:00, 14:00 a 21:00 (Elektronický meteorologický slovník).

Někdy se pro hrubý odhad používá vzorec:

$$\bar{T} = (T_{\max} + T_{\min}) / 2$$

Kde  $T_{\max}$  je maximální a  $T_{\min}$  minimální denní teplota vzduchu (Elektronický meteorologický slovník).

### 3.10 Vítr

**Vítr** je definován jako horizontální proudění vzduchu s výrazně převládající horizontální složkou. Pro jeho popis se používá vektor rychlosti větru, zkráceně vektor větru. **Rychlost větru** udává, jak rychle se vzduch pohybuje. Měří se v metrech za sekundu (m/s) nebo v kilometrech za hodinu (km/h). Existuje několik způsobů měření rychlosti větru, včetně anemometrů a Beaufort-ovy stupnice. **Směr větru** udává, odkud vítr vane. Udává se ve stupních azimutu, přičemž 0° je sever, 90° je východ, 180° je jih a 270° je západ. Směr větru se měří pomocí větrných směrovek.

Vítr je ovlivněn hned několika faktory, jedním z nich je **horizontální tlakový gradient**, jedná se o rozdíl v atmosférickém tlaku mezi dvěma místy. Vítr vane z oblasti s vyšším tlakem do oblasti s nižším tlakem. Dalším faktorem je **Coriolisova síla**, která odchyluje pohybující se objekty na severní polokouli vpravo a na jižní polokouli vlevo. V důsledku Coriolisovy síly vane vítr na severní polokouli východně od tlakové níže a západně od tlakové výše. Jedním z faktorů je také **síla tření**, jenž

zpomaluje vítr a mění jeho směr. Síla tření je největší u povrchu Země a s výškou se snižuje.

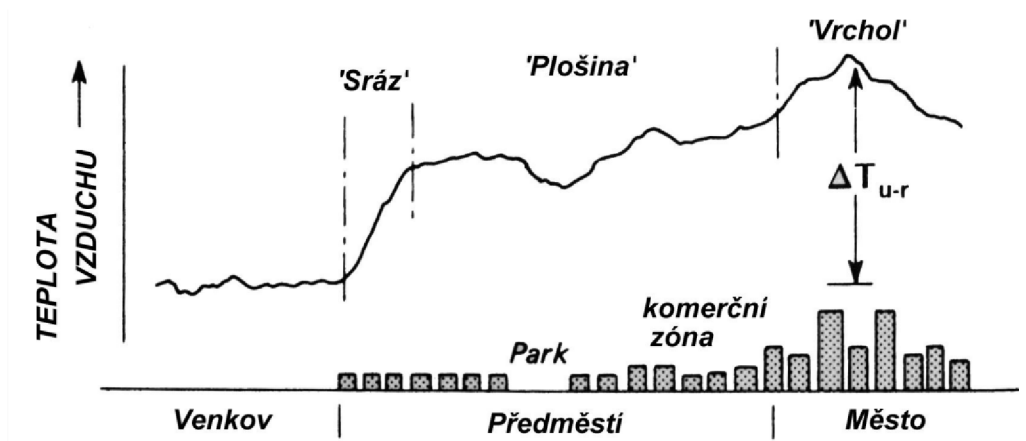
Vítr má vliv na **přenos tepla a vlhkost**, zvyšuje intenzitu výparu z vodní hladiny a z povrchu vlhkých předmětů (**Evaporace**). Vítr působí na překážky **dynamickým tlakem**, dále může **erodovat** půdu a horniny a také napomáhá při opylování rostlin (Horník, 1986; Netopil, 1984; Strahler, 2006).

### 3.11 Městský tepelný ostrov

Městský tepelný ostrov (MTO) je oblast ve městě, která je teplejší než okolní venkovská oblast. Tento jev vzniká z několika důvodů. Za prvé, v městské krajině je mnoho nepropustných povrchů, jako jsou silnice, chodníky a střechy budov, které absorbují sluneční energii během dne a uvolňují ji jako teplo v noci. Dále, města často mají nedostatek vegetace, jako jsou stromy a rostliny, které by ochlazovaly vzduch odpařováním vody. Vysoké budovy pak brání proudění vzduchu a zvyšují množství slunečního záření zachyceného nad městem. Kromě toho, různé tepelné zdroje, jako jsou auta, průmysl a klimatizace, produkují další teplo, které dále zvyšuje teplotu vzduchu v MTO (Dobrovolný, 2012; Oke a kol., 2017).

Městský tepelný ostrov má řadu důsledků. Zvyšuje se nemocnost a úmrtnost obyvatel, zejména u starších a nemocných lidí. Vysoké teploty podporují tvorbu smogu a dalších znečišťujících látek, což ovlivňuje kvalitu ovzduší. Vysoké teploty v MTO také snižují komfort a mohou vést k dehydrataci a únavě. MTO má také vliv na životní prostředí, ovlivňuje lokální meteorologii a snižuje biodiverzitu (Tolasz, 2007; Gartland, 2008).

Existuje několik strategií, jak řešit problém městského tepelného ostrova. Jednou z možností je zvýšení množství zeleně v městském prostředí, což pomáhá ochlazovat vzduch. Další možnosti zahrnují vytváření stinných ulic a parků, podporu udržitelné dopravy a využívání energeticky efektivních materiálů při stavbě a rekonstrukci budov. Důležité je také implementovat programy na podporu adaptace na změnu klimatu v MTO. Tyto opatření mohou pomoci snížit negativní dopady MTO a zlepšit životní podmínky ve městech (Dobrovolný, 2013; Oke a kol., 2017).



Obr.5: Řez městským tepelným ostrovem (upraveno podle: Oke, 1990).

### 3.11.1 Podnebí České republiky

**Nadmořská výška** hraje klíčovou roli v rozložení teplot. S rostoucí výškou klesá průměrná roční teplota o 0,58 °C na 100 metrů. Nejvyšší oblasti (hraniční pohoří) a inverzní sníženiny se tak vyznačují nejnižšími průměrnými ročními teplotami (např. Sněžka 0,2 °C, Litvínovice -42 °C). Naopak nížiny (Polabí, Dolnomoravský úval) dosahují nejvyšších průměrných ročních teplot (např. Praha Klementin 10 °C, Hodonín 9,5 °C).

**Roční chod teplot** je charakteristický nejteplejším měsícem, což je červenec (průměrně 16,7 °C, nejtepleji v Praze 19,7 °C, nejchladněji na Sněžce 8 °C) a nejchladnějším měsícem, což je leden (průměrně -2,9 °C, nejtepleji v Praze -0,2 °C, nejchladněji na Sněžce -7,8 °C).

**Terén** dále ovlivňuje rozložení teplot. Teplý a suchý vítr otepluje podhůří Hrubého Jeseníku, Opavska a Šumavy, zatímco centrální Středočeská pahorkatina a Českomoravská vrchovina ("Česká Kanada", "Česká Sibiř") se potýkají s nižšími teplotami.

**Průměrný roční srážkový úhrn** v ČR je 680 mm. Distribuci ovlivňuje proudění vzduchu (západní s proměnlivou SZ a JZ složkou) a nadmořská výška (s rostoucí výškou se úhrn srážek zvyšuje). **Nejvíce srážek** (1200–1600 mm) spadne na

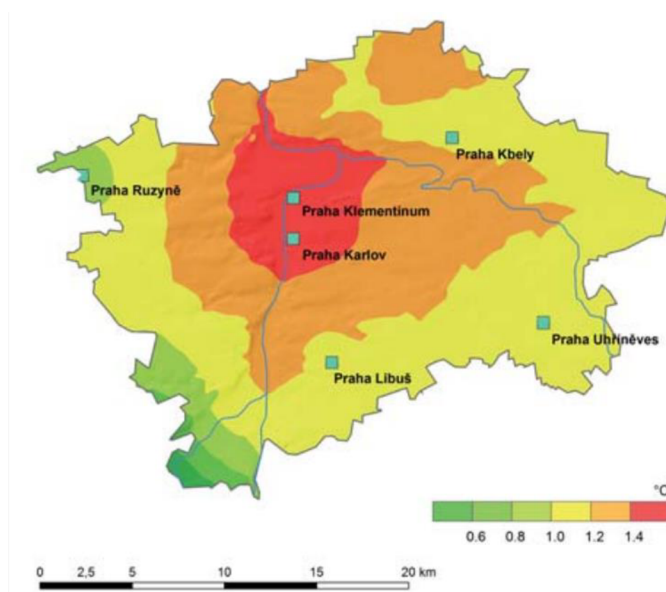
návětrných stranách Jizerských hor, Moravskoslezských Beskyd, Hrubého Jeseníku a Šumavy. **Nejméně srážek** (pod 500 mm) spadne v oblastech ležících ve srážkovém stínu Krušných hor, v dolním Povltaví, severním okolí Plzně, okolí Brna a Dyjskosvrateckém úvalu.

Kromě výše uvedených faktorů je důležité zohlednit i **průměrné měsíční teploty** a **extrémní průměrné měsíční teploty**, které dokreslují komplexní obraz podnebí České republiky (Atlas podnebí Česka, 2007; Bičík, Brinke, Netopil, 1982; Ruda, 2014).

### 3.11.2 Tepelný ostrov města Prahy

V hlavním městě České republiky, Praze, dochází k nejvýraznějšímu projevu městského tepelného ostrova v rámci celé země, což má podstatný dopad na pohodu a životní podmínky jeho obyvatel. Zjištění zveřejněná v práci Žáka a jeho kolektivu (2015) ukazují, že vliv tohoto jevu na městské prostředí se v posledních pěti dekadách značně zvýšil. Tento trend je přičítán expanzi urbanizované plochy, nárůstu počtu obyvatel, zvýšené spotřebě elektrické energie, jakož i intenzifikaci dopravy a průmyslové činnosti, což vede k zesílení rozdílu teplot mezi městským centrem a jeho okolím (Žák a kol., 2015).

Projekt UHI, finalizovaný v roce 2014, se zaměřil na analýzu teplotních trendů v Praze v období 1961 až 2013. Výsledky projektu odhalily sezónní variabilitu v míře oteplování, s rozdíly mezi průměrnými, minimálními a maximálními teplotami. Zejména minimální teploty vykazovaly výrazné rozdíly v závislosti na lokaci měřicí stanice, s větším nárůstem teplot v centru města ve srovnání s jeho periferiemi. Mezi lety 2001 a 2010 byl zaznamenán téměř 1,5 °C nárůst minimálních teplot v centrálních částech města oproti období 1961 až 1971. Rovněž byl pozorován nárůst počtu dní s extrémně vysokými teplotami a pokles počtu mrazových dnů (Skalák et al., 2015).



*Obr. 6: Rozdíl průměrných minimálních teplot vzduchu za období 2001–2010 a 1961– 1971 (Žák a kol., 2015).*

Z hlediska charakteristik městského tepelného ostrova se zvláštní pozornost věnuje minimálním teplotám, které nejvíce ovlivňují jeho intenzitu. Během období 1961 až 1990 se intenzita pohybovala v rozmezí 1,0 až 1,7 °C, zatímco v letech 1991 až 2013 dosahovala hodnot mezi 1,5 a 2,3 °C, s nejvyššími hodnotami v srpnu a nejnižšími v prosinci. Předpokládá se, že do roku 2030 dojde k dalšímu zvýšení průměrné roční teploty vzduchu a že se zintenzivní i výskyt extrémních teplotních vln (UrbanAdapt, 2015).

S ohledem na tyto změny je zásadní při plánování dalšího rozvoje Prahy zohlednit dopady městského tepelného ostrova na jeho obyvatele. Strategie přizpůsobení se změně klimatu v ČR zdůrazňuje potřebu vypracování preventivních opatření proti městským tepelným ostrovům ve velkých městech. Klíčovým prvkem těchto opatření je vytvoření udržitelného systému městské zeleně a vodních ploch, který by přispěl ke snížení teplot ve městě díky procesu evapotranspirace. Významnou roli zde hrají také zelené střechy a fasády jakožto alternativní řešení pro místa s omezenou možností zeleně (Oliver, 2008, Dobrovolný a kol. 2012).



## 3.12 Biometeorologie

Biometeorologie, jakožto vědní oblast, zkoumá kvantitativní aspekty biologických procesů a jevů prostřednictvím aplikace metrologických principů a metodologií. Tato disciplína systematicky analyzuje měřitelné charakteristiky živých systémů, včetně genetických informací, fyziologických funkcí a interakcí mezi organismy a jejich okolím. Cílem biometeorologie je vytvářet a validovat spolehlivé metody měření biologických veličin (Elektronický meteorologický slovník).

### 3.12.1 Tepelná/Energetická bilance lidského těla

#### Regulace tělesné teploty

Lidské tělo si udržuje vnitřní teplotu okolo 37 °C pomocí termoregulačního systému. Tento systém zajišťuje homeostázi, tedy stabilitu vnitřního prostředí za normálních podmínek. Teplota kůže se však může pohybovat v rozmezí od 31 °C do 34 °C v závislosti na okolním prostředí.

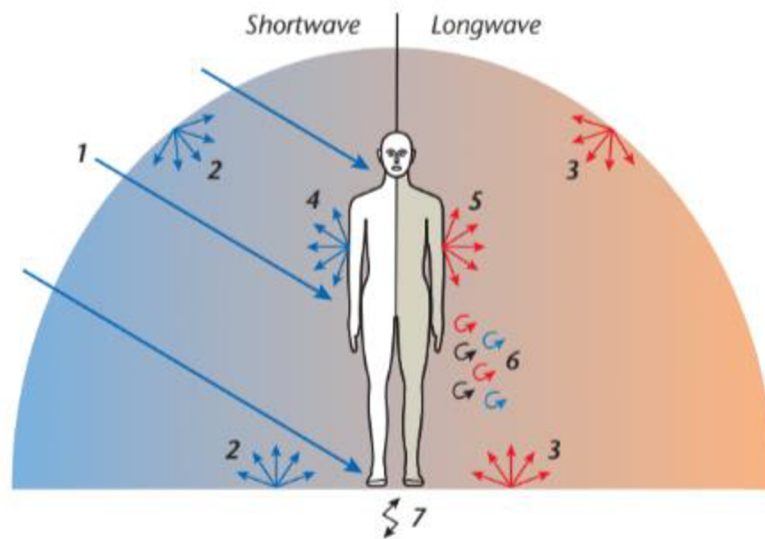
Termoregulace zahrnuje fyziologické (tělesné) a behaviorální (chování ovlivňující tělo) procesy, které řídí výměnu tepla mezi tělem a okolím. Jejím cílem je udržovat rovnováhu mezi produkcí a úbytkem tepla. Jedná se o složitý mechanismus, který reguluje odvod tepla generovaného vnitřními metabolickými pochody v reakci na vnější prostředí. To zahrnuje faktory jako radiace (tepelné záření), sálavé teplo a výměnu latentního tepla (odpařování vody z těla) (Centnerová, 2000; Kříž a kol., 1994).

**Hlavním zdrojem tepla** v lidském těle je metabolické teplo, které se generuje při metabolismu potravy. Množství produkovaného tepla závisí na **úrovni aktivity** (v klidu je produkce tepla nejnižší (70 W), při běžné aktivitě se pohybuje okolo 100 W a při intenzivní aktivitě může dosáhnout až 800 W), **svalové hmotě** (Čím více svalové hmoty člověk má, tím více tepla produkuje.), dále na **věku**, (věkem se produkce tepla snižuje), a na **hormonální aktivitě**. (Hormony, jako je adrenalin a tyroxin, zvyšují produkci tepla.)

**Přenášení tepla v organismu** z vnitřního prostředí na povrch kůže probíhá pomocí **krevního oběhu** (teplo se z tkání přenáší do krve, která ho transportuje do kůže) a **dýcháním** (vydechovaný vzduch je teplejší než vdechovaný, čímž se ztrácí část tepla).

**Odvod tepla z povrchu kůže** probíhá **sáláním**, (teplo se vyzařuje ve formě infračerveného záření, a rychlost sálání závisí na teplotě kůže a teplotě okolního prostředí) **konvekcí** (teplo se přenáší prouděním okolního vzduchu nebo vody, zde rychlost konvekce závisí na teplotním gradientu mezi kůží a okolním prostředím a na rychlosti proudění). Kůže a podkožní tkáň se v reakci na úbytek tepla ochlazují nerovnoměrně. Nejnižší teploty jsou zaznamenány v končetinách, jako jsou prsty rukou a nohou, které jsou vzdálené od tělesného jádra. A dalším typem odvodu tepla **vypařováním** potu z povrchu kůže, přičemž rychlost odpařování závisí na teplotě a vlhkosti okolního vzduchu.

Na bilanci lidského těla má také **vliv oblečení**, kdy **teplejší a objemnější oděvy** snižují odvod tepla sáláním a konvekcí., **propustné oblečení** umožňuje odpařování potu a odvod tepla. Jiný druh **chrání před větrem a deštěm**, čímž zabraňuje nadměrnému ochlazení, cílem je udržet optimální teplotu těla (37 °C) a zabránit podchlazení. Vhodná volba oblečení podporuje termoregulační mechanismy a snižuje tak energetické nároky organismu. (Centnerová, 2000; Oke a kol, 2017; Meteorologické zprávy, 74.roč., č.4.; Meshack, 2016; United States Environmental Protection Agency)



1. Přímé krátkovlnné záření: Dopadá na osluněnou část těla.
2. Rozptýlené krátkovlnné záření: Pochází z oblohy díky rozptylu slunečního záření a ze země díky odrazu.
3. Rozptýlené dlouhovlnné záření: Vyzařované z oblohy a ze země.
4. Odražené krátkovlnné záření: Záleží na albedu oděvu těla (poměr odraženého a dopadajícího záření).
5. Vyzařované dlouhovlnné záření: Je funkcí teploty povrchu těla.
6. Konvektivní výdej tepla: Ztráta tepla prouděním vzduchu a výměnou latentního a tepla s okolním prostředím, částečně závislá na rychlosti větru.
7. Konduktivní výměna tepla: Se zemí prostřednictvím fyzického kontaktu.

Obr. 7: Výměna energie na povrchu těla (Oke, 2017).

## Termoregulace

Tělo má vyvinutý termoregulační systém, který umožňuje udržovat stálou teplotu vnitřního prostředí i v měnících se podmínkách. Termoregulace zahrnuje **vasomotorické reakce**, (změna průtoku krve v kůži ovlivňuje její teplotu) **termoregulační třes** (mimovolná svalová aktivita, která zvyšuje produkci tepla) a **potivost** (odpařování potu pomáhá ochlazovat organismus).

Energetická bilance je ovlivněna faktory jako jsou **věk a pohlaví** (s věkem se produkce tepla snižuje a klesá i efektivita termoregulace), **zdravotní stav** (některá onemocnění, jako je hypertyreóza, mohou vést k nadměrné produkci tepla), **léky** (některé léky, jako jsou betablokátory, mohou ovlivňovat termoregulaci), **aklimatizace a postava** (velikost těla, množství tělesného tuku (produkce tepla je úměrná hmotě těla, avšak

ztráty tepla jsou úměrné velikosti jeho povrchu). (Centnerová, 2000; Moran, Morgan, 1989)

### Rovnice tepelná bilance lidského těla:

$$M \pm R \pm C_v \pm C_d - E_{diff} - E_{rsw} - E_{resp} - L = \Delta S$$

kde je:	M	- hodnota metabolismu
	R	- tepelná ztráta (zisk) sáláním
	C <sub>v</sub>	- tepelná ztráta (zisk) prouděním
	C <sub>d</sub>	- tepelná ztráta (zisk) vedením
	E <sub>diff</sub>	- tepelná ztráta difuzí pokožky
	E <sub>rsw</sub>	- tepelná ztráta běžným pocením
	E <sub>resp</sub>	- tepelná ztráta dýcháním (latentní)
	L	- tepelná ztráta dýcháním (citelná)
	ΔS	- změna tepelné kapacity.

(Centnerová, 2000)

### Tepelný komfort

Tepelný komfort (někdy také nazýván tepelná pohoda) je stav mysli, kdy jsme spokojeni s tepelným prostředím, ve kterém se nacházíme. Posuzuje se subjektivním hodnocením. Komfortní člověk tedy necítí ani horko, ani zimu a nemá potřebu měnit oblečení, aktivitu nebo upravovat okolní prostředí. Tato definice zdůrazňuje klíčovou roli psychologie při hodnocení našeho tepelného stavu. Odchytky od komfortu vyvolávají tepelné pocity jako „zahřívání“ nebo „ochlazování“. Tyto pocity závisí nejen na biofyzikálních parametrech (jako je množství potu nebo teplota kůže), ale také na individuálních preferencích. Ty mohou souviset s kulturním zázemím, očekáváním ohledně teploty a procesem aklimatizace.

Velká část biometeorologického výzkumu se zaměřuje na propojení vyjádřených tepelných pocitů s měřením zátěží (reakcí těla) a stresorů (podmínek prostředí) (Bednář, 2007; Parsons, 2003).

## 4. Metodika

### 4.1 Zdroje dat

Sběr hodnot meteorologických indexů a prvků probíhal vlastním měřením v terénu pomocí přenosného přístroje Kestrel 5400, a to konkrétně v prosinci roku 2023 a v lednu roku 2024. Měření bylo prováděno na osmi stanovištích, která byla vybrána na základě odlišných faktorů městského prostředí. Kromě automaticky zaznamenaných veličin, díky přístroji Kestrel 5400, jako jsou WBGT (Wet Bulb Globe Temperature), WCT (Wind chill temperature), relativní vlhkost, rychlost a směr větru atp., byla zaznamenávána data jako je druh oblačnosti a stupeň pokrytí oblohy, sluneční svit a počet lidí na daném stanovišti.

### 4.2 Tepelné indexy

#### Wind chill temperature

Teplota chladivého účinku větru (zkráceně WCT) je vypočítaná hodnota, jejíž velikost nám udává, jaká je vnímaná teplota, kterou pociťuje lidské tělo v chladném prostředí, když na něj fouká vítr. Je nižší než skutečná teplota vzduchu, a to kvůli ochlazování způsobenému prouděním vzduchu. WCT se týká pouze exponované kůže. Oblečení snižuje ochlazování a zvyšuje pocitovou teplotu. WCT je důležitým faktorem při posuzování rizika omrzlin a hypotermie. WCT se využívá například v meteorologických předpovědích v USA k informování o pocitové teplotě a riziku podchlazení. National weather service jí interpretuje jako ukazatel toho, za jak dlouho kůže omrzne na nechráněném místě. Pro její výpočet se používá vzorec:

$$WCT = 13,13 + 0,62 * T - 13,95 * V^{0,16} + 0,486 * T * V^{0,16}$$

Kde WCT= pocitová teplota, T=reálná teplota, v=rychlost větru

(Alpy4000; National weather service)

#### Wet Bulb Globe Temperature (Teplota vlhkého kulového teploměru)

Jedná se o komplexní index používaný k hodnocení rizika přehřátí v přímém slunečním záření. WBGT zohledňuje vliv teploty, vlhkosti, a radiačního slunečního záření na lidské tělo a umožňuje tak objektivní posouzení tepelného stresu. WBGT se vypočítává z naměřených hodnot teploty suchého teploměru, teploty vlhkého teploměru ( $T_{wb}$ ) a teploty černého glóbu ( $T_g$ ) dle vzorce:

$$WBGT = 0,7 * T_{wb} + 0,2 * T_g + 0,1 * T$$

- 4  $T_{wb}$ : Teplota vlhkého teploměru ( $^{\circ}C$ ) se měří psychrometrem, který se skládá ze dvou teploměrů, z nichž jeden je opatřen vlhkým obalem. Vlhkost ovlivňuje rychlost odpařování a tím i ochlazování organismu.
- 5  $T_g$ : Teplota černého glóbu ( $^{\circ}C$ ) se měří teploměrem umístěným uvnitř duté kovové koule natřené na černo. Tato koule simuluje absorpci slunečního záření lidským tělem.
- 6  $T$ : Teplota suchého teploměru ( $^{\circ}C$ ) se měří běžným teploměrem a reprezentuje okolní teplotu vzduchu. (Dear, Brager, 1998; Parsons, 2003)

WBGT je ovlivňován i několika dalšími faktory, jako jsou rychlost větru (vítr zvyšuje odpařování a tím i ochlazování organismu), vlhkost vzduchu (vysoká vzdušná vlhkost snižuje rychlost odpařování a ztěžuje tak ochlazování organismu), sluneční záření (intenzita slunečního záření ovlivňuje absorpci tepla organismem), typ oblečení (tmavé a neprodyšné oblečení absorbuje více tepla a zhoršuje ochlazování organismu), fyzická aktivita (fyzická aktivita zvyšuje produkci tepla organismem). (Meshack, 2016; Parsons, 2003)

WBGT slouží k hodnocení rizika tepelného stresu u osob pracujících venku v horkém počasí. Dále se používá v sportech k určení, zda jsou podmínky vhodné pro fyzicky náročné aktivity. Vysoké hodnoty WBGT mohou představovat vážné riziko pro zdraví sportovců. Velký význam má i při meteorologických předpovědích k informování o riziku tepelného stresu (Meshack, 2016; Olgyanová, Hnízdil, 2010; Parsons, 2003).

## **Teplota vlhkého teploměru**

Tato teplota je ovlivněna teplotou a vlhkostí vzduchu. Vlhký teploměr ukazuje nižší teplotu než suchý teploměr, a to z důvodu ochlazování odpařováním vody z tkaniny. Čím sušší je vzduch, tím je odpařování intenzivnější a TWB je nižší.

TWB se používá k výpočtu vlhkosti vzduchu, rosného bodu a dalších hygrometrických parametrů, dále se používá k výpočtu komfortní teploty a vlhkosti v klimatizovaných prostorech. Ve zdravotnictví má uplatnění při diagnostice a léčbě dehydratace a dalších poruch termoregulace. (Bednář, 2007; Global climate change)

## **Wind speed (rychlost větru)**

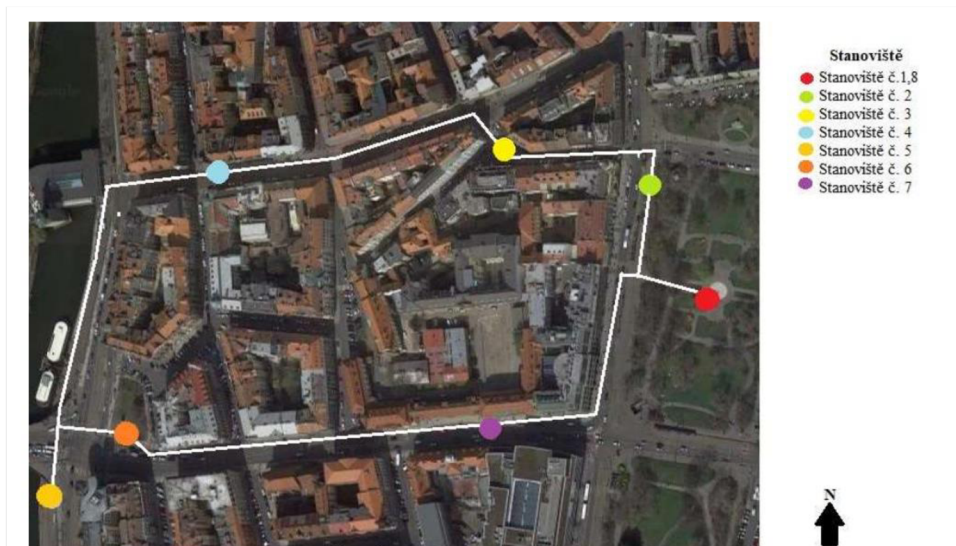
Míra rychlosti větru ovlivňuje pocitovou teplotu člověka tím, že urychluje odvádění tepla z povrchu těla. Pocitová teplota tak může být nižší než skutečná teplota vzduchu, a to i v případě, že je teploměrná hodnota nad bodem mrazu.

Chladicí účinek větru (wind chill) je silnější při vyšší rychlosti větru (čím silnější vítr fouká, tím větší je jeho chladicí efekt), při nižší teplotě vzduchu (chladicí efekt větru je silnější při nižších teplotách vzduchu), a během nižší vlhkosti vzduchu (v suchém vzduchu je chladicí efekt větru silnější než ve vlhkém vzduchu). Také je silnější při směru větru do obličeje (vítr vanoucí do obličeje má větší chladicí efekt než vítr vanoucí zezadu.) Například při teplotě 0 °C a mírném vánku (5 m/s) může pocitová teplota klesnout na -5 °C, a při teplotě -10 °C a silném větru (10 m/s) může pocitová teplota klesnout na -25 °C. Chladicí účinek zobrazuje tabulka z obr. 29. (Bednář, 2007; Meteorologické zprávy, 74.roč., č.4.;Parsons, 2003)

## **4.3 Zkoumané území**

Území bylo vybráno na základě letního měření z roku 2019, pro výzkum vlivu městského tepelného ostrova během horkých dní (Chlapcová, 2020). Trasa na daném území pro měření má délku 1,5 km a tvoří smyčku s osmi stanovišti. Toto uspořádání umožňuje měřit na každém stanovišti vždy po dvou hodinách. Délka trasy a počet stanovišť byly zvoleny tak, aby měření nepřesáhlo dvě hodiny. Trasa zahrnuje místa s

větším výskytem lidí, jako je zastávka MHD, dále různé prvky jako jsou lavičky v parku, kašny. Ulice mezi domy, turisticky zajímavou lokalitu a místo u vody.



Obr. 8: Trasa zkoumaného území (upraveno podle [www.maps.google.cz](http://www.maps.google.cz)). (Chlapcová, 2020)

Následující tabulka zobrazuje souhrn základní charakteristiky měřených stanovišť, jako je popis povrchu, výskytu vodního prvku či zeleně a popisuje obecný charakter stanoviště pro využití lidmi.

Tabulka 2: Základní vlastnosti měřených stanovišť.

	park Karlovo náměstí	Novoměstská radnice	hotel Mosaic	ulice Myslíkova	Náplavka	Jiráskovo nám.	ulice Resslova
Stanoviště	č. 1,8	č. 2	č. 3	č. 4	č.5	č. 6	č. 7
Typ lokality	Park	zastávka	ulice	ulice	promenáda	turistický cíl	ulice
Povrch	Asfalt	dlažební kostky	dlažební kostky	dlažební kostky	dlažební kostky	hlína	dlažební kostky
Vodní prvek	Ne	Ne	Ne	Ne	Ano	Ano	Ne
Zeleň	Ano	Ano	Ne	Ano	Ne	Ano	Ne



### 4.3.1 Stanoviště č. 1 a 8

První a zároveň poslední stanoviště se nachází v parku na Karlově náměstí (viz obr. 9). Toto místo se vyznačuje vysokou frekvencí lidí, s průměrem 30 osob na jedno měření během celého dne. Park slouží jako průchozí zóna, ale i k relaxaci na lavičkách. Najdeme zde zeleň a v teplejších měsících vodní prvek v podobě kašny, která je na zimu vypouštěna. V zimním období je zde instalováno vánoční osvětlení, které ve večerních hodinách přineslo vyšší návštěvnost parku. Povrch stanoviště je tvořen asfaltem.



*Obr. 9: Stanoviště č. 1 a 8 (park na Karlově náměstí).*

### 4.3.2 Stanoviště č. 2

Druhé stanoviště nalezneme na zastávce MHD Novoměstská radnice, situované v severozápadním rohu Karlova náměstí (viz obr. 10). Toto místo se vyznačuje vysokou frekvencí lidí během pracovních dní, s průměrem 70 osob na jedno měření během celého dne. Zastávka je částečně obklopena stromy, a povrch stanoviště tvoří dlažební kostky.



*Obr. 10: Stanoviště č. 2 (zastávka MHD Novoměstská radnice).*



### 4.3.3 Stanoviště č. 3

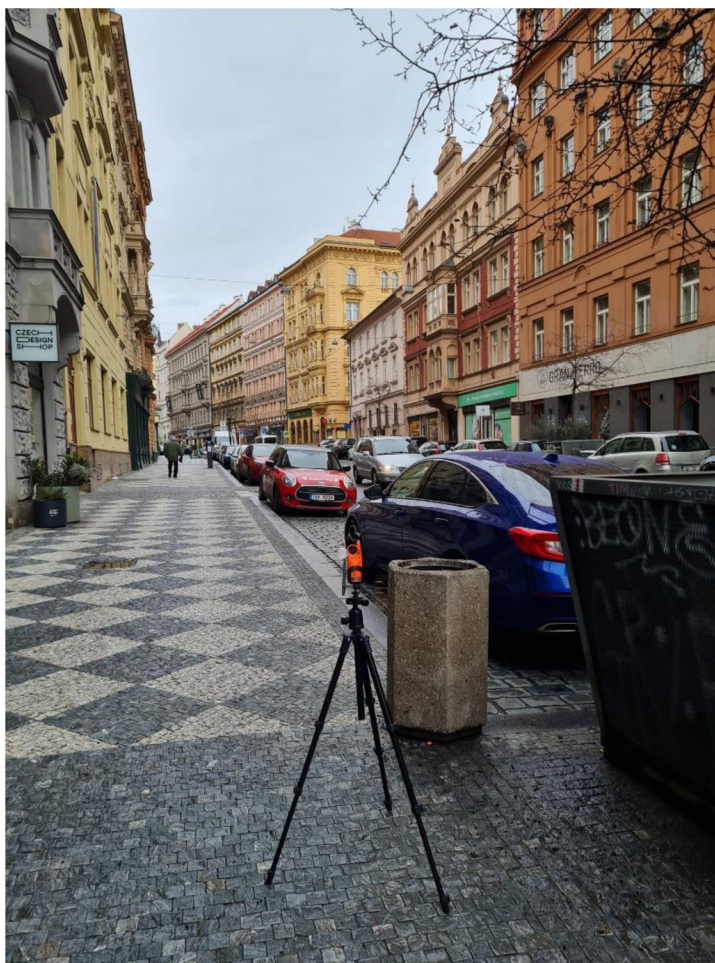
Třetí stanoviště se nachází před hotelem Mosaic House Design v ulici Odborů. Toto místo navštěvují nárazově skupiny turistů za účelem fotit Trpákova díla. Díky tomu se návštěvnost pohybuje průměrně kolem 35 osob na jedno měření a je zde i zvýšená frekvence replik veteránu, jež vozí turisty. Stanoviště se nachází v zákrytu vyšších budov a jeho povrch tvoří dlažební kostky. (viz obr. 11)



*Obr. 11: Stanoviště č. 3 (hotel Mosaic House Design).*

#### 4.3.4 Stanoviště č. 4

Čtvrté stanoviště je umístěno v Myslíkově ulici, mezi vysokými budovami. Toto místo slouží čistě pro průchod osob, a nenachází se zde žádné odpočinkové prvky jako lavičky nebo fontána. Podél této ulice je umístěno několik velkých květináčů, osázených malými stromy. Povrch je tvořen dlažebními kostkami (viz obr. 12), a během jednoho měření zde prošlo 35 osob průměrně z celého dne.



*Obr. 12: Stanoviště č. 4 (ulice Myslíkova).*

#### 4.3.5 Stanoviště č. 5

Páté stanoviště se nachází na Náplavce, u pravého břehu Vltavy (viz obr. 13). Toto místo je oblíbené zejména v odpoledních a večerních hodinách, kdy se zde lidé shromažďují či velmi pomalu prochází. Místo je přímo určené k relaxaci a zábavě, a během jednoho měření zde pobývá v průměru 25 osob za celý den. Nenachází se zde žádná zeleň a povrch je tvořen dlažebními kostkami. Z východní strany je stanoviště chráněno vysokou kamennou zdí a v těsné blízkosti stanoviště se nachází Jiráskův železobetonový most.



Obr. 13: Stanoviště č. 5 (Náplavka pod Jiráskovým mostem).



#### 4.3.6 Stanoviště č. 6

Šesté stanoviště je umístěno na Jiráskově náměstí nedaleko Tančícího domu (viz obr. 14) vedle frekventované dopravní komunikace s křižovatkou. Stanoviště se vyznačuje zvýšenou koncentrací lidí, v průměru za celý den 100 osob během jednoho měření. Místo je vystaveno přímému slunečnímu záření a obsahuje prvky zeleně, včetně několika menších stromů kolem zatravněné plochy. Povrch je tvořen hlínou a trávou, a v bezprostřední blízkosti se nachází kašna se stojatou vodou.



*Obr. 14: Stanoviště č. 6 (Jiráskovo náměstí).*

#### 4.3.7 Stanoviště č. 7

Sedmé stanoviště leží v Ulici Resslova (viz obr. 15). Celá ulice je lemována vysokými domy a nenachází se zde žádná zeleň ani vodní prvky. Místo se nachází vedle kostela Cyrila a Metoděje, což přináší zvýšený pohyb osob, zejména turistů (v průměru 60 lidí za celý den během jednoho měření). Povrch tvoří dlažební kostky a vedle stanoviště prochází rušná silnice.



*Obr. 15: Stanoviště č. 7 (ulice Resslova).*

## 4.4 Měření

Data pro tuto práci byla získána měřením vybraných meteorologických prvků a indexů tepelné zátěže na osmi stanovištích v centru Prahy. Měření probíhalo od konce prosince roku 2023 do začátku ledna 2024, vždy od 8:00 do 17:45 hodin. Pro sběr dat byl použit přenosný přístroj Kestrel 5400.

Přístroj byl před každým měřením vycentrován a aklimatizován po dobu dvou minut, následovalo osmi minutové měření meteorologických prvků a indexů tepelné zátěže v 5-sekundových intervalech. Z celkových 36 měření dlouhých 8 minut byly vypočítány průměrné hodnoty, přičemž u indexu WBGT byla zohledněna pouze poslední hodnota.

Měřenými parametry byla teplota vzduchu, relativní vlhkost vzduchu, rychlost větru, teplotu rosného bodu (DP) a Globe Temperature (teplota kulového teploměru). Z naměřených hodnot přístroj dále automaticky vypočítává: Wet Bulb Temperature (teplota vlhkého teploměru), Heat Index (index horka), Wet Bulb Globe Temperature (teplota vlhkého kulového teploměru) a Wind-Chill Index (index ochlazujícího účinku větru).

Během měření byly zaznamenány i další faktory, jako jsou: čas měření, druh oblačnosti, pokrytí oblohy oblačností, sluneční svit, počet osob na stanovišti a celkový charakter počasí.

Měření probíhalo v pěti intervalech vždy s dvouhodinovým rozstupem, a to v: 8:00, 10:00, 12:00, 14:00 a 16:00 hod. Za den bylo nutné na každém stanovišti provést pět měření.

Zprůměrováním naměřených dat pro každé stanoviště pro dané kolo měření den byl získán soubor hodnot charakterizujících mikroklima daného místa, ( $T_{\text{mean}}$ -průměrná teplota, DP-teplota rosného bodu, RH-vlhkost vzduchu, WS-rychlost větru) s výjimkou hodnoty WBGT, kde se zohledňoval pouze poslední záznam. Cílem této analýzy bylo porovnat mikroklima jednotlivých stanovišť a zjistit, jak se mění v závislosti na změně městského prostředí.



## 5. Výsledky

### 5.1 Rozbor jednotlivých dnů

Dny měření byly vybrány na základě dostupných časových možností a s ohledem na povodňovou situaci. Ta byla vyhlášena 1. ledna 2024 (první stupeň povodňové aktivity - bdělost), kvůli zvyšující se hladině vody. V důsledku toho byly některé náplavky v Praze uzavřeny a provoz přívozu byl přerušen, což mělo za následek nedostupnost jednoho ze stanovišť.

Naměřené dny měly různý charakter počasí. Dva z měřených dní vykazovaly chladnější charakter, (31.12., 5.1.), kde byla naměřena nejnižší teplota 1,6 °C v 8:50 hodin na náplavce 31.12. a nejvyšší teplota pouze 9,8 °C v 16:05 hodin v praku na Karlově náměstí. Zbývající tři dny měly naměřeny vyšší průměrné hodnoty teplot, konkrétně dny 24.12., 26.12. a 29.12. Dne 29.12. byla zaznamenána nejvyšší teplota 12,1 °C, a to dokonce ve dvou různých časech: 12:50 na Náplavce a ve 14:40 na ulici Myslíkova.

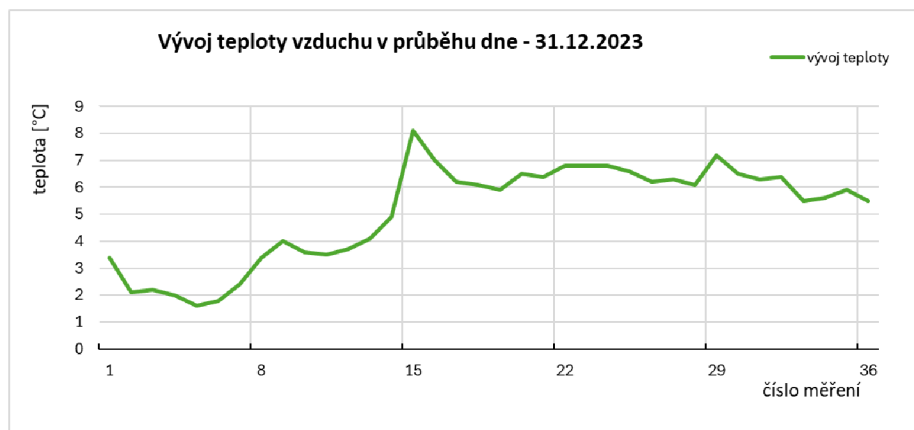
Následující tabulka (tab. 3) představuje průměrné hodnoty zaznamenané během celého dne na všech stanovištích. Nejnižší hodnoty sledovaných parametrů jsou označeny modrou barvou a nejvyšší hodnoty oranžovou barvou.

*Tabulka 3: Hromadné zobrazení průměrných hodnot měřených parametrů z celého dne (nejnižší hodnoty jsou zvýrazněny modrou barvou a nejvyšší oranžovou).*

datum	Tmean (°C)	DP (°C)	RH (%)	HI (°C)	WS (m/s)	WCT (°C)	WBGT (°C)	Oblačnost
24.12.	10,0	5,3	72,9	9,5	1,7	8,8	8,3	8/8
26.12.	10,8	4,7	66,1	10,1	1,6	9,9	8,7	6/8
29.12.	11,1	3,8	61,0	10,3	1,8	10,1	8,6	7/8
31.12.	5,1	1,7	78,7	4,9	0,3	5,0	3,9	7/8
5.1.	6,2	2,4	76,9	6,0	0,5	6,0	5,0	6/8

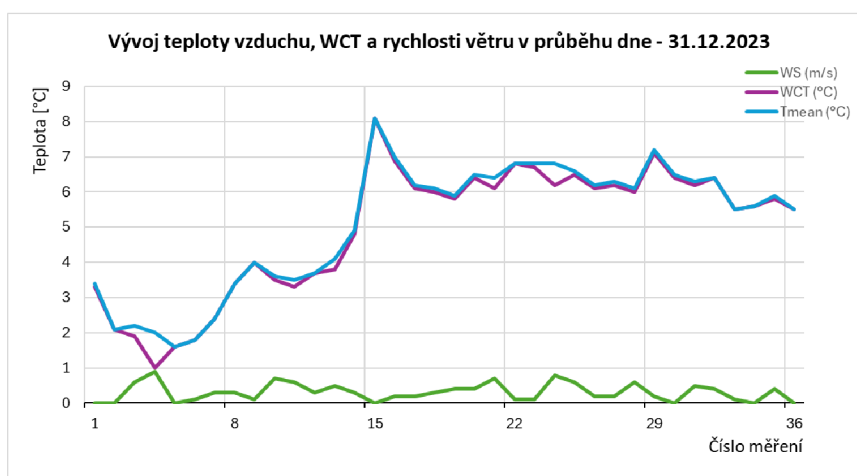
### 5.1.1 Nejchladnější den z hlediska teploty - 31.12. 2023

Nejchladnějším dnem z hlediska teploty byl 31.12. 2023. Průměrná teplota vzduchu za celý den byla 5,1 °C. Během tohoto dne byla také zaznamenána nejnižší teplota ze všech měření (1,6 °C), a to mezi 8:46 a 8:56 hod. na pátém stanovišti, kterým je Náplavka. Tento den byl nejchladnější z hlediska WCT i HI, a také se vyznačoval nejvyšší vlhkostí vzduchu.



Obr. 16: Graf vývoje teploty vzduchu v závislosti na denní době.

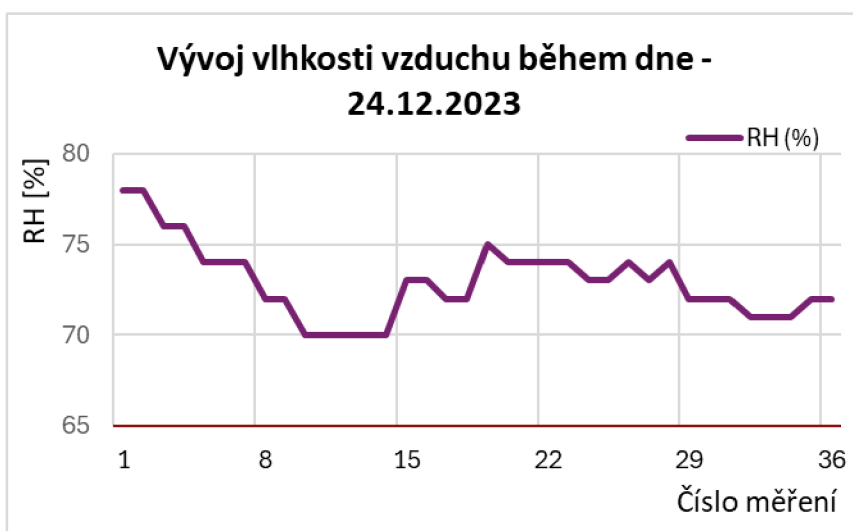
Následující graf (obr. 17) ukazuje, jak se vyvíjí teplota vzduchu ( $T_{\text{mean}}$ ), WCT a rychlost větru (WS) během dne. Z grafu jde vidět negativní korelace rychlosti větru a teplot, tedy když nám stoupá rychlost větru klesá pocitová teplota a obráceně. Zároveň lze z grafu vyčíst, že ranní hodiny jsou výrazně chladnější než odpolední hodiny. Nicméně s blížícím se stmíváním se teplota vzduchu postupně snižuje.



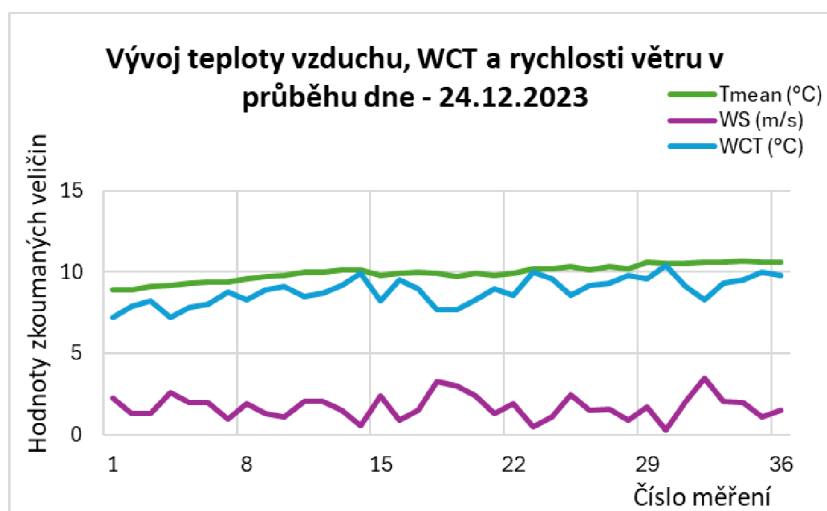
Obr. 17: Graf vývoje rychlosti větru, teploty vzduchu a hodnoty WCT během dne 31.12.2023.

### 5.1.2 Den s nejvyšší vlhkostí vzduchu 24. 12. 2023

Dopad předchozího dne (23. 12. 2023), kdy napadlo 5 cm nového sněhu, pravděpodobně ovlivnil vlhkost vzduchu 24. 12. 2023. Teplota vzduchu 23. 12. 2023 postupně stoupala od 0 °C až k 2 °C a před půlnocí dosáhla více než 5 °C (průměrná teplota vzduchu během celého dne byla 1,7 °C). V den měření (24. 12. 2023) pokračovala stoupající tendence teploty vzduchu, když se zvýšila z 5 °C na 8,9 °C, a nadále mírně narůstala během dne. Tento vývoj je patrný z obr. 19 a průběh vlhkosti vzduchu lze vidět na obr. 18. (meteomanz.com, data roku 2023 a 2024)

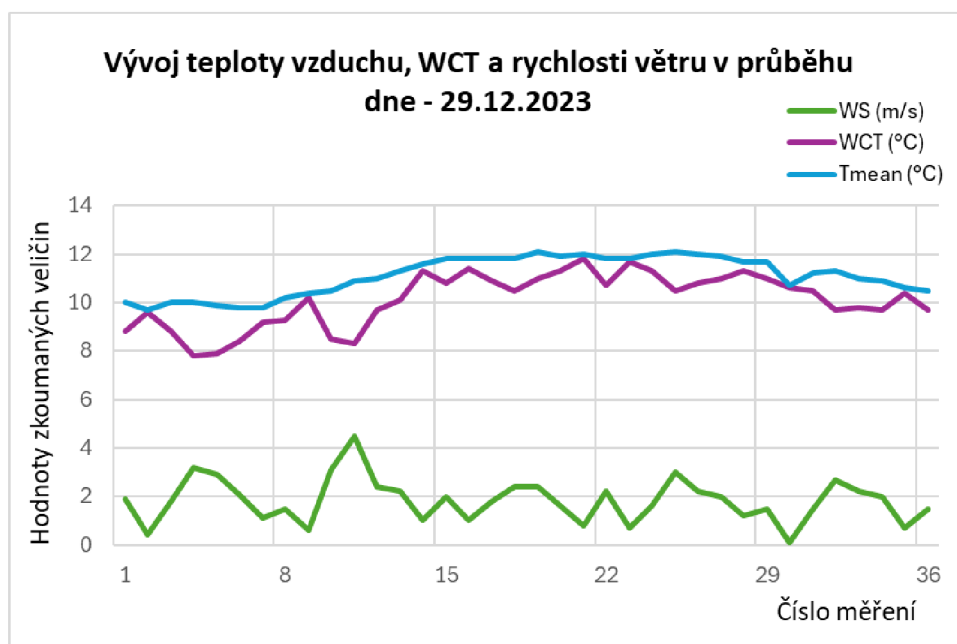


Obr. 18: Vývoj vlhkosti vzduchu během dne 24.12. 2023.



Obr. 19: Graf vývoje teploty vzduchu, pocitové teploty (WCT) a rychlosti větru 24. 12. 2023.

### 5.1.3 Den s nejvyšší rychlostí větru 29. 12. 2023



Obr. 20: Graf vývoje teploty vzduchu, pocitové teploty (WCT) a rychlosti větru 29. 12. 2023.

Rychlost větru se projevuje převážně největším rozdílem mezi teplotou vzduchu a hodnotou WCT. Na obr. 20 lze opět vidět, jak rychlost větru ovlivňuje pocitovou teplotu (WCT) (se zvyšující se rychlostí větru, klesá hodnota WCT a naopak).

Z tabulky č. 4 je patrné, že s rostoucí rychlostí větru se snižuje pocitová teplota (WCT), což způsobuje zvětšení rozdílu mezi průměrnou teplotou vzduchu na stanovišti a průměrnou pocitovou teplotou (WCT) na stanovišti. Nejnížší hodnoty jsou zvýrazněny modrou barvou a ty nejvyšší oranžovou barvou.

Tabulka 4: Průměrné hodnoty teploty vzduchu, WCT, rychlosti větru a rozdíl mezi teplotou vzduchu a WCT na jednotlivých stanovištích během 29.12.2023.

Stanoviště	průměrná T (°C)	průměr WCT (°C)	rychlost větru (m/s)	Rozdíl T-WCT
č.1	11,1	10,1	1,8	1
č.2	10,9	10,7	0,6	0,2
č.3	11,1	10	2,0	1,1
č.4	11,2	9,4	3,2	1,8
č.5	11,2	9,8	2,4	1,4
č.6	11,2	10,1	2,0	1,1
č.7	11,3	10,8	1,0	0,5
č.8	11,2	10,3	1,7	0,9

## 5.2 Rozdíl v jednotlivých stanovištích

### 5.2.1 Srovnání stanovišť na základě teploty vzduchu a WCT

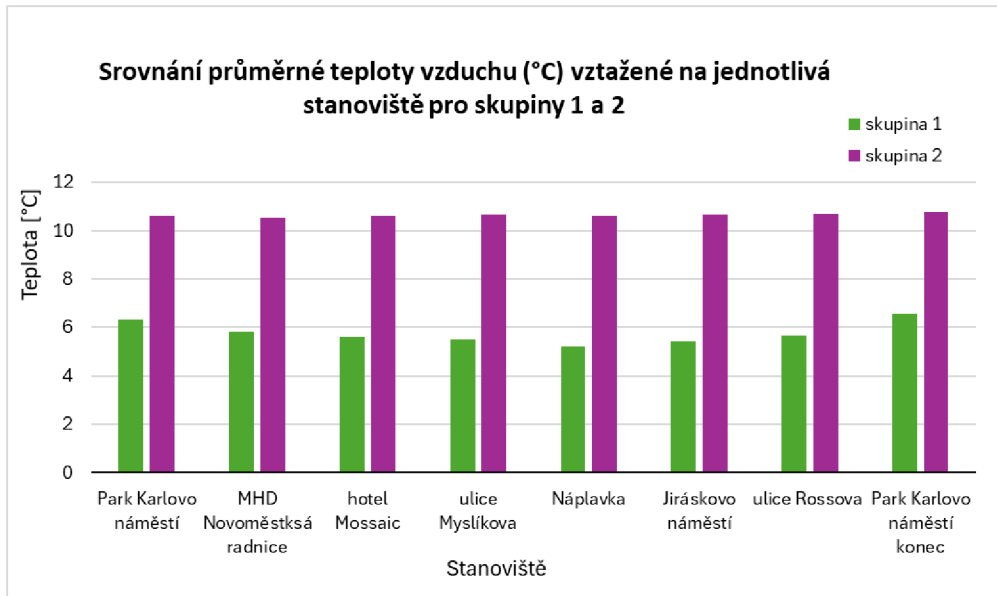
Pro snadnější a přehlednější srovnání teplot na jednotlivých stanovištích byla naměřená data jednotlivých dní rozdělena do dvou skupin. Skupina 1 se vyznačovala nižšími teplotami než skupina 2. Do skupiny 1 tedy patří data ze 31.12. a 5.1., přičemž do tabulky byl zařazen průměr veličiny pro dané stanoviště, a stejně tak byla zpracována data pro dny s vyšší teplotou, tedy dny 24.12., 26.12. a 29.12.

Následující tabulka (tabulka č. 5) znázorňuje přehledný souhrn průměrných hodnot teploty vzduchu a WCT indexu na jednotlivá stanoviště s porovnáním jednotlivých skupin. Největší hodnoty rozdílu jsou vyznačeny oranžovou barvou a ty nejmenší hodnoty rozdílu modrou.

Tabulka 5: Souhrn průměrných teplot vzduchu a WCT jednotlivých stanovišť.

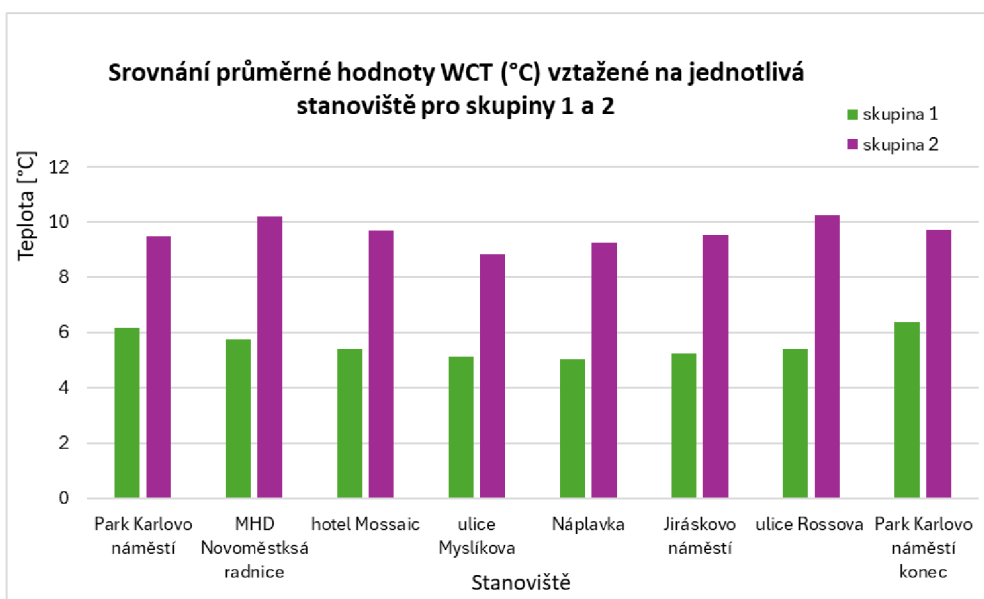
průměrné hodnoty na stanovišti	stanoviště	teplota vzduchu (°C)			WTC (°C)		
		sk. 1	sk. 2	rozdíl	sk. 1	sk. 2	rozdíl
<b>Park Karlovo náměstí</b>	č.1	6,34	10,61	-4,27	6,17	9,50	-3,33
<b>MHD Novoměstská radnice</b>	č.2	5,82	10,54	-4,72	5,76	10,21	-4,45
<b>hotel Mossaic</b>	č.3	5,60	10,61	-5,01	5,40	9,71	-4,31
<b>ulice Myslíkova</b>	č.4	5,48	10,66	-5,18	5,15	8,85	-3,70
<b>Náplavka</b>	č.5	5,20	10,60	-5,40	5,02	9,25	-4,23
<b>Jiráskovo náměstí</b>	č.6	5,41	10,65	-5,24	5,24	9,54	-4,30
<b>ulice Resslerova</b>	č.7	5,67	10,68	-5,01	5,41	10,27	-4,86
<b>Park Karlovo náměstí konec</b>	č.8	6,55	10,77	-4,22	6,38	9,75	-3,37

Následující grafy (grafy z obrázků č. 21 a č. 22) zobrazují výše předloženou tabulku. Pokud budeme analyzovat data vyjadřující průměrnou teplotu vzduchu za celý den k jednomu konkrétnímu stanovišti nezohledňující čas měření, vidíme jasný trend, ukazující že při nižších teplotách vzduchu je více zřetelnější rozdíl na jednotlivých stanovištích než během vyšších teplot. (obr. 21)



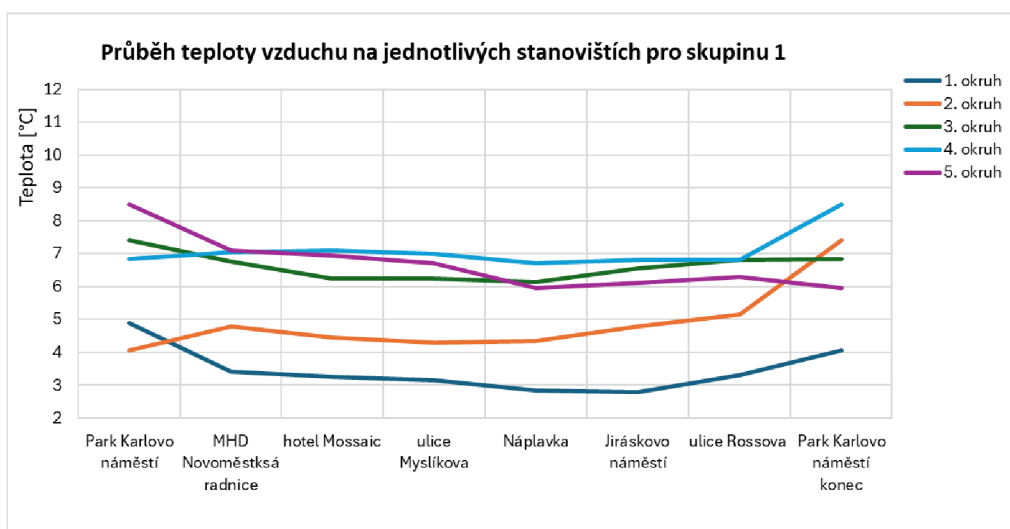
Obr. 21: Graf porovnávající průměrné teploty vzduchu vztažené na stanoviště skupiny 1 a skupiny 2.

Zatímco hodnoty teploty se mění na všech stanovištích v obou případech obdobně, tedy i pokud se pohybujeme v nižších nebo vyšších teplotách zimního období, proměnlivost WCT je vyšší v závislosti na charakteru stanoviště a měřícího dne. Nejvyšší hodnoty WCT byly zaznamenány na stanovištích s vyšší koncentrací lidí, (obr. 22) kteří tvořili shluky a zdržovali se na jednom místě. Dále také na stanovištích umístěných vedle rušných silnic. Proto vidíme nejvyšší hodnoty na zastávce MHD Novoměstská radnice a poté ze směru Jiráskova náměstí od Tančícího domu skrz ulici Rossova. Téměř stejný efekt vyvolalo zívění stromů v parku na Karlově náměstí, kde díky tomu byla snížena rychlost větru, zároveň tudy procházelo více lidí směrem k MHD a během zimních měsíců zde byla vypuštěna kašna a bylo zde nainstalováno okrasné osvětlení, které lákalo velký počet lidí.



Obr. 22: Graf porovnávající průměrné hodnoty WCT vztažené na stanoviště skupiny 1 a skupiny 2.

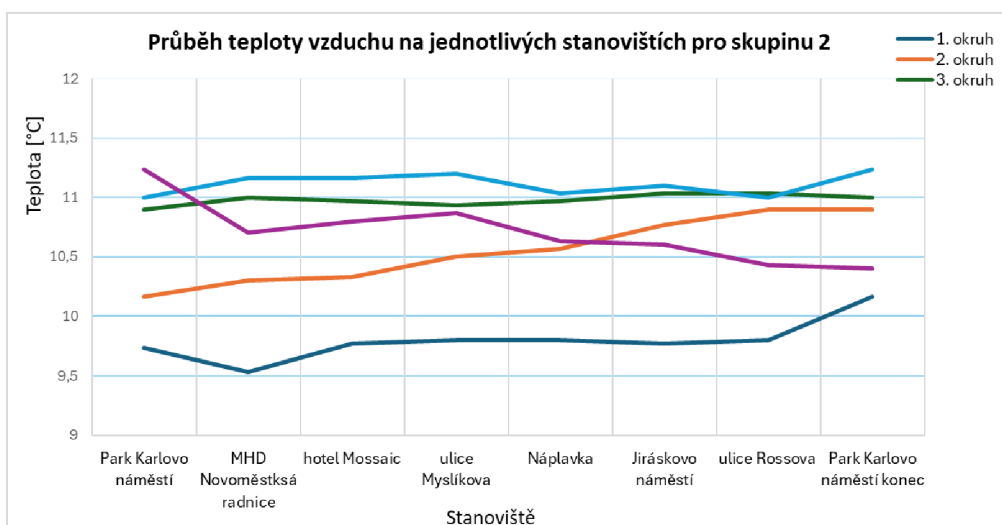
### 5.3 Průběh teploty vzduchu skupiny 1 a skupiny 2



Obr. 23: Graf znázorňující průběh vývoje teploty vzduchu skrz jednotlivá stanoviště pro jednotlivé okruhy skupiny 1.

Graf na obrázku 23 ukazuje, jak se měnila teplota na jednotlivých stanovištích během jednotlivých okruhů, tedy jak se liší teplota na daném stanovišti při jiném čase měření pro skupinu 1. Na vodorovné ose jsou vyobrazena jednotlivá stanoviště, aby bylo snáze čitelné, jak se mění po jednotlivých okruzích jejich vývoj (spojnice trendu), a svislá osa zobrazuje hodnoty teploty  $T$  (°C).



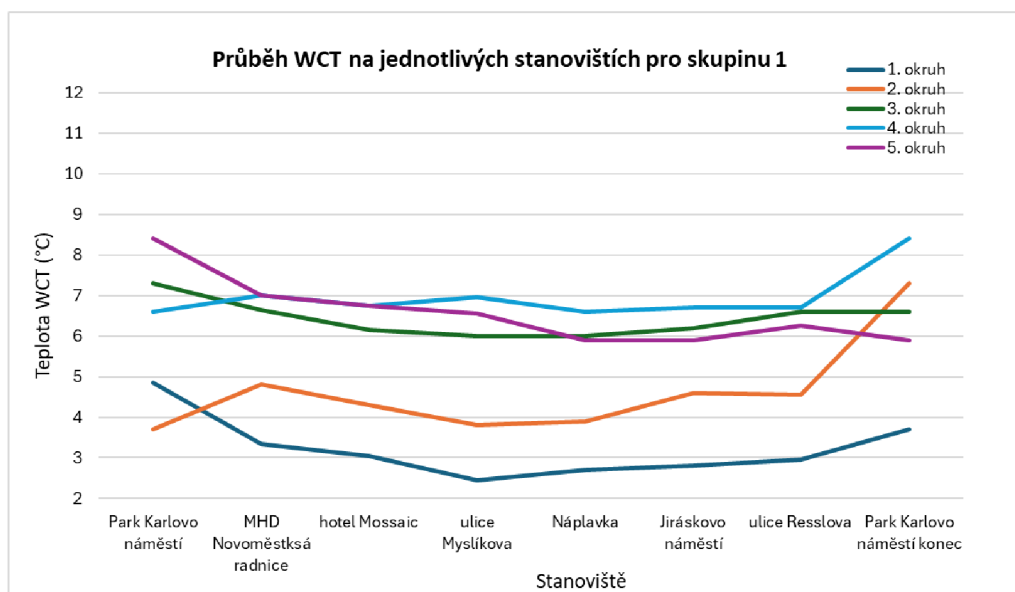


Obr. 24: Graf znázorňující průběh vývoje teploty vzduchu skrz jednotlivá stanoviště pro jednotlivé okruhy skupiny 2.

Obrázek č. 24 popisuje obdobně jako obrázek č. 23 vývoj teploty během jednotlivých okruhů na stanovištích, nyní je však zobrazován z naměřených hodnot pro skupinu 2.

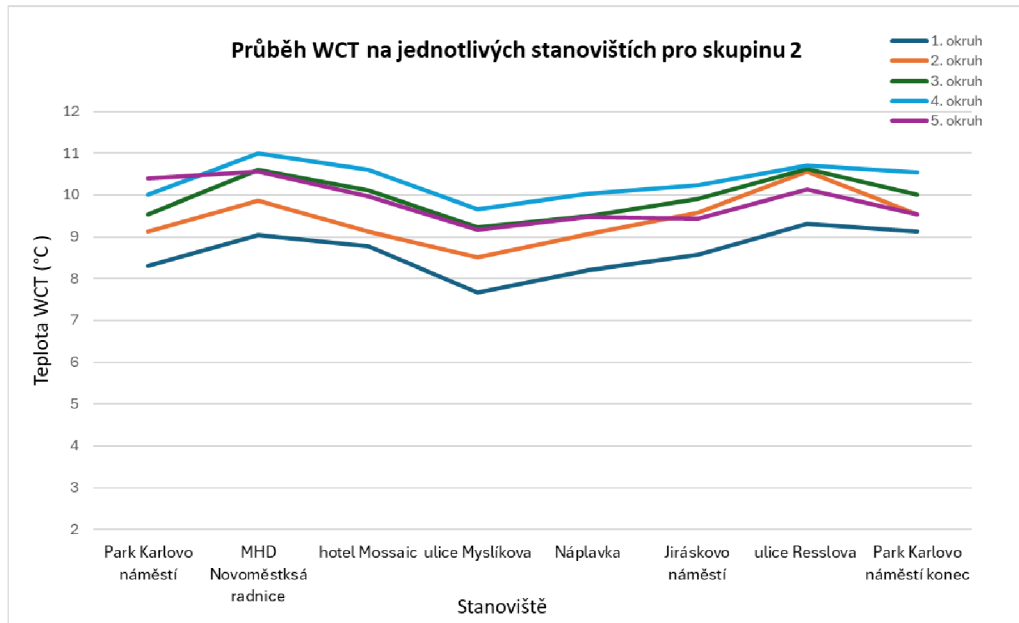
U obou grafů je zřetelně nižší hodnota vždy v prvním kole měření, tedy od 8:00 do 9:30 hodin než v odpoledních kolech (kolo 3 a 4), a v posledním kole, časově od 16:00 do 17:30, kde vidíme opět větší pokles teploty oproti kolech odpoledních. V obou grafech z obrázku 23 a 24 vidíme vždy mírně vyšší teplotu u parku na Karlově náměstí a nejnižší hodnoty na Náplavce pod Jiráskovým mostem, což odpovídá charakterům daných stanovišť.

## 5.4 Průběh WCT skupiny 1 a skupiny 2



Obr. 25: Vývoj WCT na jednotlivých stanovištích pro jednotlivé okruhy skupiny 1.

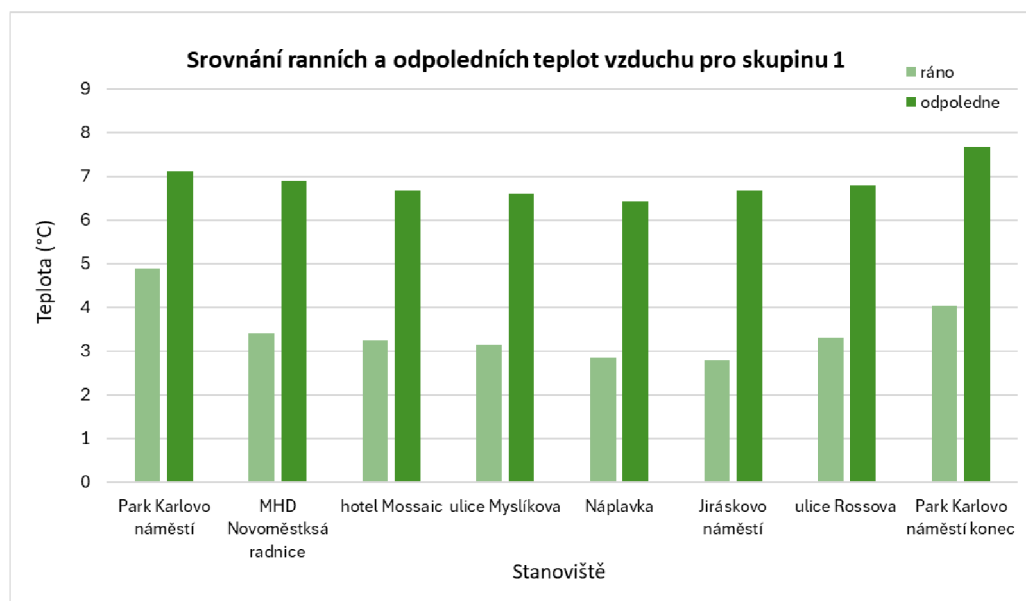
Průběh WCT skupiny 1 je vyobrazen na výše umístěném grafu z obr. 25 pro každý měřicí okruh zvlášť. Na ose x jsou jednotlivá stanoviště, tak jak šla za sebou a na ose y je teplota WCT ve °C. Během chladných dní, tedy dní ze skupiny 1 vidíme u jednotlivých spojnic trendu, že s každým okruhem je teplota o něco vyšší a tento teplotní rozdíl WCT je větší než u dní ze skupiny 2. Pocitově nejteplejším stanovištěm je Park na Karlově, protože během chladných dní zde téměř nefoukalo, nebo se rychlost větru pohybovala v desetinných číslech od 0 m/s. Nejchladnějšími stanovišti jsou ulice Myslíkova a Náplavka, kde byli naměřeny nejvyšší hodnoty rychlosti větru a nejnižší teploty vzduchu.



Obr. 26: Vývoj WCT na jednotlivých stanovištích pro jednotlivé okruhy skupiny 2.

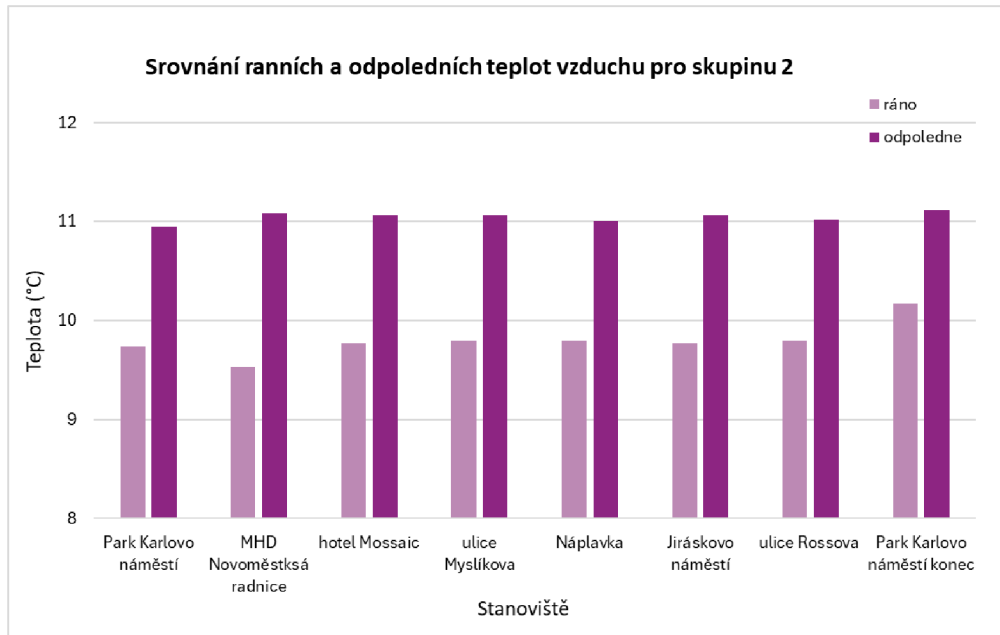
Průběh WCT pro teplejší dny ze skupiny 2 je vyobrazen graficky na obr. 26. V těchto měřených dnech se teplota vzduchu a pocitová teplota nelišily na daných okruzích tolik jako u dní ze skupiny 2, avšak během těchto dní bylo mnohem více větrno (průměrně 1,73 m/s). Na stanovištích Náplavka a ulice Myslíkova dosahovala rychlost větru hodnot kolem 2,8 m/s s maximální naměřenou hodnotou 4,5 m/s na ulici Myslíkova, kde byly měřeny nejvyšší rychlosti větru, a tudíž zde byla i pocitově největší zima, tedy největší propad v grafu znázorňující průběh WCT. Na stanovišti Novoměstská radnice byla rychlost větru průměrně 0,75 m/s a ulice Resslerova s průměrnou rychlostí v těchto dnech 0,89 m/s což byli nejmenší naměřené hodnoty, a proto zde bylo i pocitově nejtepleji.

## 5.5 Rozdíl teplot v ranních a odpoledních hodinách



Obr. 27: Sloupcový graf srovnání ranních a odpoledních teplot vzduchu skupiny 1.

Obrázek 27 zobrazuje srovnání ranních teplot vzduchu (hodnoty teplot z měření během prvního okruhu) s hodnotami odpoledních teplot vzduchu (průměr hodnot z okruhu 3 a 4) na jednotlivých stanovištích pro skupinu 1. V těchto chladnějších dnech vidíme během prvního kola i během odpoledních hodin nejvyšší teplotu v prahu na Karlově náměstí při ukončování kola, tedy stanoviště č.8, což může být důsledkem souhry více faktorů, jako je zeď, vysázené stromy, a prvky určené k relaxaci, které společně tvoří zákryt proudění větru. V případě ranního okruhu mohl mít vliv větší počet procházejících lidí, a během večera se zde lidé zdržovali. Nejnižší hodnoty jsou na Náplavce, a to i v ranních i odpoledních hodinách. Domnívám se, že zde je to způsobeno přítomností řeky Vltavy a její velikostí. Místo měření na Náplavce je z jedné strany izolováno zdí, tudíž je zde vytvořený koridor, jímž fouká vždy silnější vítr, než je tomu na stanovištích v zastavěných oblastech.



Obr. 28: Sloupcový graf srovnání ranních a odpoledních teplot vzduchu skupiny 2.

Na obrázku 28 je znázorněno srovnání vývoje teplot během prvního kola měření a odpoledního měření (tedy průměr kola 3 a 4) na jednotlivých stanovištích pro skupinu 2. Z grafu je patrný podobný trend jako je tomu u skupiny 1, avšak na zastávce MHD byla v ranních hodinách naměřena razantně nižší teplota než u odpoledních hodin, díky čemuž zde vznikl i největší rozdíl naměřených hodnot. V tomto případě odhaduji, že se jedná o ojedinělou situaci, jelikož našimi teplejšími dny jsou data: 24.12., 26.12., a 29.12. Tedy dny, kdy se v ranních hodinách na zastávce MHD nevyskytovali téměř žádní lidé, zatím co v odpoledních hodinách měla zastávka MHD fluktuaci vysokou. Naopak právě park na Karlově náměstí měl během začátku měření nižší hodnoty, než by se dalo očekávat, avšak při zakončování měření na tomto stanovišti již vykazoval očekávané vyšší hodnoty. Porovnáme-li grafy vzájemně, vidíme že trendy jsou velmi podobné a ty nejnižší a nevyšší teploty se vyskytují na stejných stanovištích. Zároveň vyplývá, že během chladnějších dní nastává větší teplotní rozdíl mezi ranními a odpoledními hodnotami, tedy i vyšší “teplotní šok” pro organismus. Teplotní šok obvykle nastává v situacích, kdy je tělo vystaveno extrémnímu chladu nebo když je tělo v chladu po dlouhou dobu, což může vést k tomu, že tělesná teplota klesne pod úroveň potřebnou pro normální metabolickou funkci. Přechod z domácího prostředí (cca 20-22 °C) do venkovního prostředí 2 °C může být nepříjemný a vyžaduje rychlé přizpůsobení těla nižší vnější teplotě, zahrnující zvýšenou produkci tepla (třesem) nebo snížení tepelné ztráty (“husí kůže” k omezení

průtoku krve na povrchu kůže). A čím je tento teplotní rozdíl větší, tím nejpříjemněji jej vnímáme, avšak v tomto teplotním rozmezí pro zdravého jedince nepředstavuje vážné riziko hypotermie, je-li jedinec dostatečně oblečen ve vhodném oblečení a není chladu vystaven po příliš dlouhou dobu.

Tabulka 6: Srovnání průměrných ranních a odpoledních hodnot skupiny 1 a 2.

skupina 1	Park Karlovo náměstí	MHD zastávka	hotel Mossaic	Ul. Myslíkova	Náplavka	Jiráskovo náměstí	Ul. Resslerova	Park Karlovo nám. konec
ráno	4,9	3,4	3,3	3,2	2,9	2,8	3,3	4,1
odpoledne	7,1	6,9	6,7	6,6	6,4	6,7	6,8	7,7
rozdíl	-2,2	-3,5	-3,4	-3,4	-3,5	-3,9	-3,5	-3,6
skupina 2	Park Karlovo náměstí	MHD zastávka	hotel Mossaic	Ul. Myslíkova	Náplavka	Jiráskovo náměstí	Ul. Resslerova	Park Karlovo nám. konec
ráno	9,7	9,5	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	10,2
odpoledne	11,0	11,1	11,1	11,1	11,0	11,1	11,0	11,1
rozdíl	-1,3	-1,6	-1,3	-1,3	-1,2	-1,3	-1,2	-0,9

## 6. Diskuze

Stanoviště, na kterých probíhalo měření, by se dala rozdělit do tří skupin, podle toho, jaké prvky se na nich vyskytují. Stanoviště se zelení, tedy park na Karlově náměstí a zastávka MHD Novoměstská radnice, poté stanoviště s vodním prvkem, tedy Náplavka a Jiráskovo náměstí a poslední by byla stanoviště téměř bez zeleně a bez vodního prvku, tedy ulice Myslíkova, ulice Resslerova a stanoviště před hotelem Mossaic.

Toto rozdělení do skupin podle obsahu prvků na stanovišti má téměř pravidelný trend měřených hodnot, (je zde podobný rozdíl mezi ranními a odpoledními teplotami), který také souvisí s tím, jak jsou stanoviště situována prostorově, jelikož velkou roli v zimě na pocitovou teplotu má vítr, jeho rychlost i směr.

Na Náplavce byla naměřena nejnižší teplota v rámci všech měření, 1,6 °C dne 31.12. během prvního kola měření mezi 8:46 a 8:56 hodinou. Náplavka je nejchladnějším stanovištěm z hlediska průměrné teploty vzduchu (viz. Obr. 21) i z hlediska průměrné pocitové teploty WCT (viz. Obr. 22), což může být způsobeno vlivem řeky Vltavy, nepřítomností zeleně, stromů ani antropologického znečištění jako jsou auta a MHD. Přispět mohl i fakt, že během ranních okruhů měření se zde nepohybovali téměř žádní lidé, a neprobíhal zde ani žádný jiný provoz, který by mohl přispět k zvýšení teploty na stanovišti díky antropogennímu teplu.

Nejteplejším stanovištěm je podle výsledků naměřené teploty vzduchu park na Karlově náměstí. Myslím si, že je to způsobeno přítomností vysázených stromů, tím, že kašna, která bývá přes léto naplněna vodou byla přes zimu vypuštěna a kolem ní bylo nainstalováno umělé osvětlení. Tím, jak je stanoviště situované vzniká zákryt a není tak vystavené totožné síle větru jako tomu bylo na jiných stanovištích stejného dne a měřicího kola.

Avšak budeme-li se dívat na vývoj WCT na nejteplejším stanovišti (obr. 25 a obr.26), vidíme, že během chladných dní (skupina 1) WCT odpovídá naměřeným hodnotám teploty vzduchu, ale během teplejších dní (tedy dní ze skupiny 2) nenabývá nejvyšších hodnot. V tomto případě se nejedná tak úplně o pokles WCT na 1. stanovišti (park na Karlově náměstí), ale o vzrůst pocitové teploty WCT na zastávce MHD Novoměstská radnice. Jelikož zde docházelo k velké frekvenci střídání nebo sdružování lidí, i větší vytíženosti dopravní situace. Obdobný jev vidíme i během měření WCT skupiny 1, avšak v době druhého a čtvrtého kola, časově tedy kolem 10:15 a 14:15 hodiny, kdy se dá předpokládat vyšší využívání MHD.

Z našich naměřených hodnot vyplývá, že druhým nejteplejším stanovištěm z hlediska teploty vzduchu je právě stanoviště II. (MHD Novoměstská radnice), které obsahuje pár zelených prvků, je zde velká fluktuace lidí, což má hlavně vliv na WCT, povrch je tvořen dlažebními kostkami, vykazuje tak podobný charakter jako Jiráskovo náměstí.

V případě Jiráskova náměstí, které obsahuje trávou zarostlou část, je zde přítomen vodní prvek (kterým je malá kašna, jenž nebyla v zimě v provozu, avšak byla naplněna dešťovou vodou) a povrch tvoří hlína, hlavní roli hraje podle mne během měření WCT přítomnost velkého množství lidí v bezprostřední blízkosti měřicího

přístroje a velké shluky lidí procházející kolem celého stanoviště. Jsou zde nárazově velké kolony aut. Všechny tyto antropogenní činnosti mají za důsledek kumulaci tepla, které je příčinou celkově teplejšího dojmu, než jaký by byl bez jakéhokoli antropogenního vlivu.

Zbývající stanoviště (stanoviště III. Hotel Mosaic, IV. ulice Myslíkova a VII. ulice Resslova) jsou totožná ve své charakteristice výskytu prvků, jimiž jsou dlažební kostky tvořící povrch, zastavěná oblast vysokými budovami, nepřítomnost zeleně a taktéž nepřítomnost vodního prvku či jiný rekreační prvek. Ovšem liší se v ohledu na tvar zástavy, kdy je stanoviště III. umístěno uprostřed zástavy vysokých domů, které tvoří téměř uzavřený kruh, jen s prostorem na jednosměrnou ulici. V ulici pod stanovištěm je vyšší návštěvnost, díky přítomným sochám. Tento fakt ale nemá zřetelný vliv na měření WCT, jelikož naměřené hodnoty rychlosti větru byly na tomto stanovišti obecně nízké díky prostorovému uspořádání ulice.

Stanoviště IV. a VII. jsou stejné svým tvarem, jsou tedy protáhlé, na rovné ulici, v zástavě vysokých domů z jedné strany a z druhé strany silnice, ovšem zde se liší ve frekvenci návštěvnosti. Zatímco stanoviště IV. je málo frekventované, stanoviště VII. je velmi vytižené téměř každou denní dobu. Na vícepruhové silnici vznikají kolony aut, a samotné stanoviště mívá velký počet lidí díky historickým prvkům lokality.

Během chladných dní ze skupiny 1 není tento rozdíl tak markantní, avšak během teplejších dní ze skupiny 2, kdy byla obecně větší síla větru, se tento rozdíl propisuje velmi razantně, což je dobře viditelné na obr. 26. Obecně můžeme říct, že během měřících dnů nebyla překročena hranice rizika omrznutí,

Však během ledna roku 2024 a prosince roku 2023 byla naměřena na stanici Pražské Ruzyně i tato extrémní data, konkrétně ve dnech 4.12.2023 byla nejnižší naměřená teplota  $-10,5\text{ °C}$  (s rychlostí  $3\text{ m/s}$ ), 21.12.2023 den s rychlostí větru  $11,56\text{ m/s}$  ( $=41,6\text{ km/h}$ ) při teplotě  $3,3\text{ °C}$ . V ledu to bylo dne 9.1.2024  $-12,4\text{ °C}$  s rychlostí větru  $2\text{ m/s}$  ( $=7,4\text{ km/h}$ ) a dne 24.1.2024 při teplotě  $2,5\text{ °C}$  rychlost větru  $10\text{ m/s}$  ( $=36,9\text{ km/h}$ ). (Meteomanz)

V těchto extrémních případech podle porovnávací tabulky pro WCT (zohledňující ochlazující účinek rychlosti větru při dané teplotě) můžeme říct, že již při větru o rychlosti  $40\text{ km/h}$  a teplotě nad  $0\text{ °C}$  se dostáváme pocitově pod bod mrazu.



Pro teploty pohybující se v mínusech, nám i malá rychlost větru sníží tuto teplotu pocitově o nemalé jednotky.

Wind Chill (pocitová teplota)												
												www.alpy4000.cz
T <sub>air</sub> (°C)	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50
V <sub>10</sub> (km/h)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
5	4	-2	-7	-13	-19	-24	-30	-36	-41	-47	-53	-58
10	3	-3	-9	-15	-21	-27	-33	-39	-45	-51	-57	-63
15	2	-4	-11	-17	-23	-29	-35	-41	-48	-54	-60	-66
20	1	-5	-12	-18	-24	-30	-37	-43	-49	-56	-62	-68
25	1	-6	-12	-19	-25	-32	-38	-44	-51	-57	-64	-70
30	0	-6	-13	-20	-26	-33	-39	-46	-52	-59	-65	-72
35	0	-7	-14	-20	-27	-33	-40	-47	-53	-60	-66	-73
40	-1	-7	-14	-21	-27	-34	-41	-48	-54	-61	-68	-74
45	-1	-8	-15	-21	-28	-35	-42	-48	-55	-62	-69	-75
50	-1	-8	-15	-22	-29	-35	-42	-49	-56	-63	-69	-76
55	-2	-8	-15	-22	-29	-36	-43	-50	-57	-63	-70	-77
60	-2	-9	-16	-23	-30	-36	-43	-50	-57	-64	-71	-78
65	-2	-9	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-58	-65	-72	-79
70	-2	-9	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-58	-65	-72	-80
75	-3	-10	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-59	-66	-73	-80
80	-3	-10	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-60	-67	-74	-81

Obr. 29: Porovnávací tabulka WCT (alpy4000).

Riziko omrznutí
Nízké riziko omrznutí pro většinu lidí
Vzrůstající riziko omrznutí pro většinu lidí 30 minut po začátku působení
Vysoké riziko pro většinu lidí mezi 5 až 10 minutami po začátku působení
Vysoké riziko pro většinu lidí mezi 2 až 5 minutami po začátku působení
Vysoké riziko pro většinu lidí do 2 minut po začátku působení

Obr. 30: Interpretace rizik omrznutí tabulky z obr. 29 (alpy4000).

Je potřeba zohlednit, že na riziko omrznutí bylo pohlíženo v rámci minutového působení, avšak vystaví-li se lidské tělo ne tak extrémně nízkým zimním teplotám (teploty podobné měřených dní) po delší časový úsek, i při malých rychlostech větru, s delší dobou pobytu v těchto podmínkách působí to na organismus velmi nepříjemně a s přibývajícím dobou pobytu se tento pocit prohlubuje.

## 7. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo posoudit a zhodnotit vliv městského prostředí Prahy na tepelný komfort během zimního období v jeho různých částech. Vybraný okruh od Karlova náměstí po Náplavku obsahoval různé strukturní prvky a výsledkem jejich hodnocení je, že pocitově nejpříjemněji bylo v místech s největším množstvím zeleně, tedy v prahu na Karlově náměstí a hned poté na zastávce MHD Novoměstská radnice, a pocitově nejhůře jsou na tom místa bez zelených prvků a v oblasti velkého vodní plochy. Rozdíly mezi stanovišti však souvisely i s prostorovou orientací a vliv na měření pocitové teploty mělo množství lidí.

Pocitová teplota, je vnímaná teplota, kterou pociťuje lidské tělo v chladném prostředí, když na něj fouká vítr. A tepelný komfort je subjektivní pocit každého jedince, kdy se cítí příjemně.

Nejpříjemnější pobyt v rámci experimentu byl pro mne samotnou na zastávce MHD Novoměstská radnice v době, kdy zde byla největší frekvence dopravních prostředků včetně MHD, díky čemuž se zde pohybovalo i více lidí, a celkově tyto faktory produkovaly větší množství tepla. Ve dnech svátku, a denní době menšího počtu lidí bylo pocitově přijatelně v parku na Karlově náměstí, pravděpodobně díky ochrannému efektu stromů a vegetace, které tvoří bariéru proti větru a snižují tím proudění studeného vzduchu.

Naopak nejmrazivější byl pro mne pobyt na Náplavce, kde proudil silnější vítr díky tvaru koridoru, a kvůli zvýšené vlhkosti způsobené řekou Vltavou. Nízké hodnoty byly naměřeny v ulici Myslíkova, což je zřejmě opět způsobeno prostorovým uspořádáním tohoto stanoviště a nepřítomností žádné zeleně či jiných překážek, které by bránili proudění větru.

Zelená infrastruktura, jako jsou parky, stromy a další vegetace hrají důležitou roli ve zlepšování tepelného komfortu ve městě v zimním období, díky tomu že chrání před větrem a zadržují teplo, čímž zvyšují pocitovou teplotu, která je důležitým faktorem pro tepelný komfort. Město by mělo podporovat rozvoj zelené infrastruktury, což zahrnuje výsadbu stromů a zeleně, a také ochranu té stávající. Budoucí urbanistické plánování by mělo brát v potaz i výšku budov (jsou-li vysoké, vrhají celodenně stín, čímž snižují pocitovou teplotu), volbu vhodného stavebního materiálu a zařazování zelených prvků, čímž by mohlo dojít ke zvýšení tepelného komfortu.

## 8. Seznam použitých grafů, obrázků a tabulek

Obr. 1: Absorbce slunečního záření různými plyny v různých vlnových délkách (Robert A. Rohde, 2009).

Obr. 2: Vznik a vypadávání srážek (Ruda, 2014).

Obr. 3: Vyjádření oblačnosti v osminách (Králová M., Techmania science center).

Obr. 4: Schéma druhů oblaků (Netopil R. a kol. 1984).

Obr. 5: Řez městským tepelným ostrovem (Oke, 1976).

Obr. 6: Rozdíl průměrných minimálních teplot vzduchu za období 2001–2010 a 1961–1971 (Žák a kol., 2015).

Obr. 7: Výměna energie na povrchu těla (Oke, 2017).

Obr. 8: Trasa zkoumaného území (upraveno podle [www.maps.google.cz](http://www.maps.google.cz)), (Chlapcová, 2020).

Obr. 9: Stanoviště č. 1 a 8 (park na Karlově náměstí).

Obr. 10: Stanoviště č. 2 (zastávka MHD Novoměstská radnice).

Obr. 11: Stanoviště č. 3 (hotel Mosaic House Design).

Obr. 12: Stanoviště č. 4 (ulice Myslíkova).

Obr. 13: Stanoviště č. 5 (Náplavka pod Jiráskovým mostem).

Obr. 14: Stanoviště č. 6 (Jiráskovo náměstí).

Obr. 15: Stanoviště č. 7 (ulice Resslerova).

Obr. 16: Graf vývoje teploty vzduchu v závislosti na denní době.

Obr. 17: Graf vývoje rychlosti větru, teploty vzduchu a hodnoty WCT během dne 31.12.2023.

Obr. 18: Vývoj vlhkosti vzduchu během dne 24.12.2023.

Obr. 19: Graf vývoje teploty vzduchu, pocitové teploty (WCT) a rychlosti větru 24.12.2023.

Obr. 20: Graf vývoje teploty vzduchu, pocitové teploty (WCT) a rychlosti větru 29. 12. 2023.

Obr. 21: Graf porovnávající průměrné teploty vzduchu vztažené na stanoviště skupiny 1 a skupiny 2.

Obr. 22: Graf porovnávající průměrné hodnoty WCT vztažené na stanoviště skupiny 1 a skupiny 2.

Obr. 23: Graf znázorňující průběh vývoje teploty vzduchu skrz jednotlivá stanoviště pro jednotlivé okruhy skupiny 1.

Obr. 24: Graf znázorňující průběh vývoje teploty vzduchu skrz jednotlivá stanoviště pro jednotlivé okruhy skupiny 2.

Obr. 25: Vývoj WCT na jednotlivých stanovištích pro jednotlivé okruhy skupiny 1.

Obr. 26: Vývoj WCT na jednotlivých stanovištích pro jednotlivé okruhy skupiny 2.

Obr. 27: Sloupcový graf srovnání ranních a odpoledních teplot vzduchu skupiny 1.

Obr. 28: Sloupcový graf srovnání ranních a odpoledních teplot vzduchu skupiny 2.

Obr. 29: Porovnávací tabulka WCT (alpy4000).

Obr. 30: Interpretace rizik omrznutí tabulky z obr. 29 (alpy4000).

Tabulka 1: sumarizuje informace o rozdělení z obr. 3.

Tabulka 2: Základní vlastnosti měřených stanovišť.

Tabulka 3: Hromadné zobrazení průměrných hodnot měřených parametrů z celého dne.

Tabulka 4: Průměrné hodnoty teploty vzduchu, WCT, rychlosti větru a rozdíl mezi teplotou vzduchu a WCT na jednotlivých stanovištích během 29.12.2023.

Tabulka 5: Souhrn průměrných teplot vzduchu a WCT jednotlivých stanovišť.

Tabulka 6: Srovnání průměrných ranních a odpoledních hodnot skupiny 1 a 2.

## 9. Seznam použitých zdrojů a literatury

### 9.1 Odborná literatura

Bednář, J., Kopáček, J., 2005: Jak vzniká počasí, Praha.

Bednář J., 2007: Vytápění a větrání budov, ČVUT, Praha.

Bičík I., Brinke J., Netopil R., 1989: Geografie Evropy.

Brázdil R., Mikšovský J., 2001: Klimatické změny: minulost, současnost, budoucnost.

Dear R. J., Brager G. S., 1998: Developing and adaptive model of thermal comfort and preference.

Dobrovolný P., Řeznáčková L., a kol. 2012: Klima Brna.

Dvořák Petr, 2022: Atlas oblaků.

Gartland L., 2008: Heat Islands, Earthscan, Londýn.

Horník S., 1986: Fyzická geografie.

Chlapcová L., 2020: Vliv městského prostředí na tepelný komfort. Česká zemědělská univerzita, Fakulta životního prostředí, Praha. (Bakalářská práce). „nepublikováno“. Dep. SIC ČZU v Praze.

Kolektiv autorů, 2007: Atlas podnebí Česka.

Kříž, V., Schneider, B., Tolasz, R. 1994: Cvičení z meteorologie, klimatologie a hydrologie.

Meshack O. Efeoma, 2016: The Influence of Clothing on Adaptive Thermal Comfort.

Moran, J.M., Morgan, M.D., 1989: Meteorology: The Atmosphere and the Science of.

Netopil R., a kol. 1984: Fyzická geografie I.

Oke T. R. 1978: Boundary layer climates, Methuen, London.

Oke T. R. 1979: Review of urban climatology, WMO, Geneva.

Oke T. R. 1982: The energetic basic of the urban heat island.

Oke, T.R., Mills, G., Christen, A., Voogt, J.A., 2017: Urban Climates. Cambridge University Press, USA.

Oliver J. E., 2008: Encyklopedia of world climatology.

- Olgyanová E., Hnízdil J., 2010: Tepelná pohoda v interiéru.
- Parson K. C., 2003: Human thermal comfort, *Ashare Journal* 45.
- Quitt E., a kol., 2005: Atlas podnebí Česka
- Ruda, A. 2014: Klimatologie a hydrogeografie pro učitele. Masarykova univerzita, Brno.
- Řezáčová D., Novák P., Kašpar M., Setvák M., 2007: Fyzika oblaků a srážek. Praha.
- Skřehot P. 2004: Klasifikace oblaků. Meteorologická Operativní Rada, sekce odborných studií a popularizace meteorologie, Praha.
- Strahler A., 2006: Introduction Physical Geography.
- Svoboda V., Fiala D., Mlýnek P., 2008: Obnovitelné zdroje energie
- Tolasz R., Olbricht J., 2007: Meteorologie a klimatologie pro geografy, UK Praha.
- Trizna M. 2004: Klimagoegrafia a hydrogeografia, Praha.
- Vysoudil M., 1991: Klimatologie - základy bioklimatologie.
- Vysoudil M., 2013: Základy fyzické geografie 1.
- Weather. Macmillan Publication Co, New York.
- Žák, M., Zahradníček, P., Skalák, P. 2015: Co víme o tepelném ostrovu Prahy? Vytápění, větrání, instalace. 24. Ročník, č.1.

## 9.2 Internetové zdroje

- ALPY4000: [online], dostupné z: [Alpy4000.cz](http://Alpy4000.cz).
- CENTNEROVÁ L., 2000: [online], dostupné z: [Tepelná pohoda a nepohoda - TZB-info](http://Tepelná_pohoda_a_nepohoda_-_TZB-info).
- ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV: [online], Dostupné z URL: [Portál ČHMÚ : Home \(chmi.cz\)](http://Portál_ČHMÚ:_Home_(chmi.cz)) .
- EARTH OBSERVATORY – NASA: [online], Dostupné z URL: [EO Explorer \(nasa.gov\)](http://EO_Explorer(nasa.gov)).

EDU TECHMANIE: [online], dostupné z: [Eduportál | Eduportál Techmania](#).

EPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY: [online], dostupné z: [Indikátory změny klimatu: úmrtí související s horkem | Dohoda o hospodářském partnerství USA \(epa.gov\)](#).

GLOBAL CLIMATE CHANGE: [online], dostupné z: [Home – Climate Change: Vital Signs of the Planet \(nasa.gov\)](#).

HLÁSNÁ A PŘEDPOVĚDNÍ POVODŇOVÁ SLUŽBA: [online], dostupné z: [Hlásná a předpovědní povodňová služba \(chmi.cz\)](#).

METEOCENTRUM 2020: [online], dostupné z: [Počasí Meteocentrum - nejpřesnější předpověď počasí, počasí aktuálně](#).

METEOMANZ: [online] dostupné z: [Datos meteorológicos de SYNOPS/BUFR - Predicciones GFS/ECMWF - Meteomanz.com](#).

METEOROLOGICKÉ ZPRÁVY: 2015, ROČNÍK 68, ČÍSLO 1.

METEOROLOGICKÉ ZPRÁVY: 2021, ROČNÍK 74, ČÍSLO 4.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION: [online]. Dostupné z: [National Oceanic and Atmospheric Administration \(noaa.gov\)](#).

NATIONAL WEATHER SERVICE: [online], dostupné z: [National Weather Service](#).

URBANADAPT 2015: Praha [online], Dostupné z URL: [Praha | UrbanAdapt](#) .

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION: [online], dostupné z: [Homepage | World Meteorological Organization WMO](#).