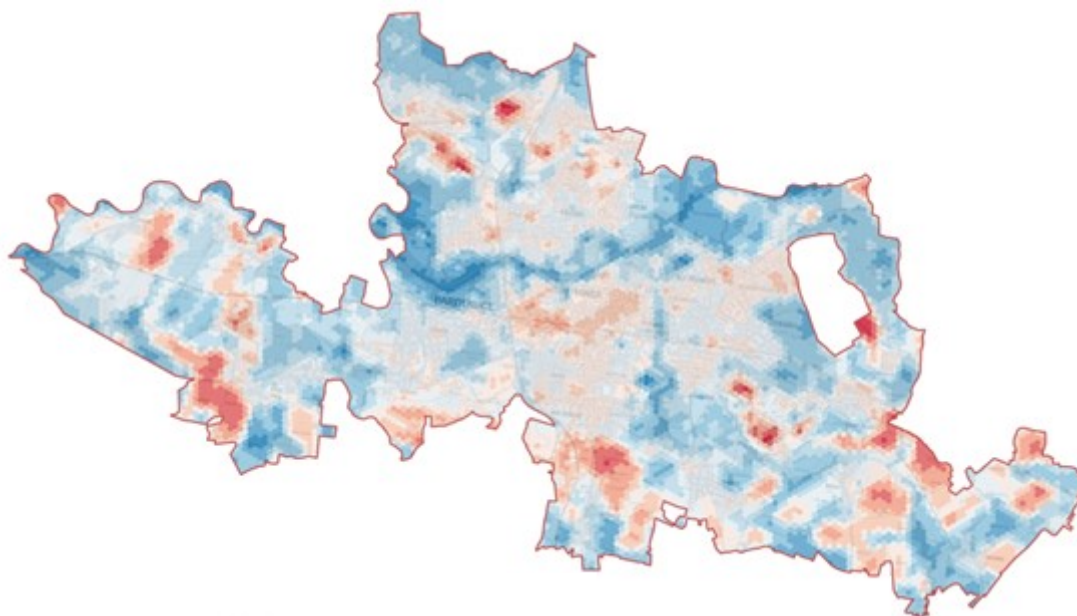


Zranitelnost města Pardubic vůči vysokým teplotám a možnosti adaptací



Květen 2020

OBJEDNATEL:

STATUTÁRNÍ MĚSTO PARDUBICE

HLAVNÍ ZPRACOVATEL:

EKOTOXA S.R.O.

© **EKOTOXA s.r.o.**

Fišova 403/7, 602 00 Brno, Černá Pole

tel. 558 900 010, fax 558 900 011

e-mail: emc@ekotoxa.cz

ŘEŠITELSKÝ TÝM

| EKOTOXA s.r.o. - odpovědný řešitel projektu |
|--|
| Bc. Jan Ausfíř Ing. Čestmír Kantor Mgr. Zdeněk Frélich Mgr. Štěpán Vizina Mgr. Ing. Jan Blažek |

Obsah

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Úvod | 5 |
| 2 | Východiska - Města v prostředí zvyšujících se teplot..... | 6 |
| 2.1 | Predikce vývoje v rámci ČR..... | 6 |
| 2.2 | Základní teplotní charakteristiky města Pardubice a predikce budoucího vývoje | 7 |
| 2.3 | Městské tepelné ostrovy | 9 |
| 2.4 | Vysoké teploty a vlny veder – rizika pro města a obyvatele | 11 |
| 3 | Metodický postup Vymezení zranitelných oblastí města Pardubice s ohledem na vysoké teploty . | 12 |
| 3.1 | vstupní data a jejich analýza..... | 12 |
| 3.1.1 | Územní plán města..... | 12 |
| 3.1.2 | ZABAGED..... | 13 |
| 3.1.3 | Pasport zeleně..... | 13 |
| 3.1.4 | Počty obyvatel | 14 |
| 3.1.5 | Školská zařízení | 14 |
| 3.1.6 | Zdravotnické zařízení lůžkové | 14 |
| 3.1.7 | Domovy pro seniory..... | 14 |
| 3.1.8 | Hranice města..... | 14 |
| 3.1.9 | Přehledka ulice a č. p. budov | 14 |
| 3.2 | Analýza termálních satelitních snímků – metodický postup | 15 |
| 3.2.1 | Analýza povrchových teplot..... | 17 |
| 3.2.2 | Popis počasí v referenční den 26. 6. 2019 | 19 |
| 3.2.3 | Izolinie – interpolace dat..... | 21 |
| 3.2.4 | Identifikace hlavních tepelných a chladících ploch..... | 21 |
| 3.2.5 | Teplota povrchu na plochy dle ÚP..... | 22 |
| 3.2.6 | Šestiúhelníkový grid..... | 22 |
| 3.2.7 | Analýza vývoje teplot..... | 23 |
| 3.2.8 | Teplota povrchu budov | 25 |
| 3.2.9 | Analýza vývoje vegetace | 25 |
| 3.3 | Analýza termálních snímků – výsledky..... | 27 |
| 3.3.1 | Identifikace zranitelných oblastí/lokalit s nejvyššími povrchovými teplotami..... | 27 |
| 3.3.2 | Identifikace zranitelných oblastí z hlediska funkčních ploch dle územního plánu..... | 28 |
| 3.3.3 | Vývoj vegetace s ohledem na nárůst teplot..... | 29 |
| 4 | Zranitelné oblasti, jejich základní charakteristika a doporučení k adaptacím | 31 |
| 4.1 | Lokality nejvíce ovlivněné vysokými teplotami | 31 |
| 4.1.1 | Lokality s chladícím účinkem..... | 31 |
| 4.2 | Lokality nejvíce ovlivněné vysokými teplotami dle funkčních ploch územního plánu..... | 32 |
| 4.3 | Místa s vyšším výskytem citlivých skupin obyvatel | 33 |
| 4.4 | Příkladové Hodnocení vybraných typů ploch z hlediska vysokých teplot a možností adaptací na ně | 35 |
| 4.4.1 | Plochy veřejných prostranství v centrální části města..... | 35 |
| 4.4.2 | Historické centrum města | 37 |
| 4.4.3 | Obchodní centra a parkoviště..... | 38 |
| 4.4.4 | Plošně rozsáhlejší výrobní plochy | 39 |
| 4.4.5 | Místa s výskytem zranitelných skupin obyvatel..... | 40 |
| 4.4.6 | Vybrané rozvojové lokality | 42 |
| | Příloha č. 1: Katalog příkladů vybraných adaptačních opatření z hlediska zvýšených teplot | 47 |
| | Zelené střechy, zelené fasády budov a vertikální zahrady | 48 |
| | Odráživé materiály a povrchy..... | 50 |
| | Modrá infrastruktura - Pítka, jezírka, kašny..... | 51 |
| | Stínící prvky..... | 53 |

| | |
|--------------------------------------|----|
| Péče o veřejnou zeleň ve městě | 55 |
| Seznam tabulek | 58 |
| Seznam obrázků | 59 |
| Přehled použitých zdrojů | 60 |

1 ÚVOD

Problematika rostoucích teplot a adaptací měst na ně je novým tématem, kterým se města a obce zabývají. Ačkoliv se hovoří o budoucnosti, projevy těchto změn zažíváme ve městech již nyní. Dlouhodobě vnímáme postupný nárůst teplot, v průběhu léta téměř pravidelně zažíváme dříve méně časté a méně intenzivní vlny veder. S tím souvisí také problematika sucha – například roky 2015 a 2018 byly mimořádně suché.

Dopady vysokých teplot se ve městech mohou projevit závažnými důsledky. Města tak stojí před výzvou, jak se uvedeným změnám přizpůsobit - adaptovat, aby dopady byly pro obyvatele co nejmenší a aby byly zachovány podmínky pro kvalitní život.

Předložená studie se touto problematikou podrobně zabývá pro území města Pardubice. Cílem studie bylo:

- identifikovat oblasti, lokality a případně objekty s nejvyššími teplotami a intenzitou přehřívání
- charakterizovat uvedené lokality a analyzovat zranitelnosti a možná rizika v nich
- navrhnout obecná doporučení pro vhodné formy adaptačních opatření ve zranitelných lokalitách a vytvořit podklad pro zlepšení kvality životního prostředí zohledňující vysoké teploty
- vytvořit podklad pro územní plánování a pro rozhodování v území s využitím adaptačních opatření
- vytvořit podklad pro doplnění systému sídelní zeleně a pro stanovení priorit v péči o stávající zeleň

Výstupy jsou následující:

- Textová zpráva
- Mapy:
 - M.1 Teplota povrchu dne 26.6. 2019
 - M.2 Vývoj teploty povrchu mezi dubnem a listopadem 2019 ve znázornění pomocí gridu
 - M.3 Teplota povrchu dne 26.6. 2019 ve funkčních plochách dle územního plánu
 - M.4 Vývoj stavu vegetace dle vegetačního indexu mezi dubnem a říjnem 2019
 - M.5 Teplota povrchu budov
 - M.6 Teplota povrchu dne 26.6. 2019 v širším centru města
- Tabulkové výstupy – soubory .xls
 - T.1 Teploty ploch dle územního plánu
 - T.2 Teploty – školy, nemocnice, domovy důchodců
 - T.3 Teploty budov
- Digitální mapové výstupy
 - Výkresy ve formátu pdf
 - Výstupní vrstvy ve formátu shp

2 VÝCHODISKA - MĚSTA V PROSTŘEDÍ ZVYŠUJÍCÍCH SE TEPLOT

2.1 PREDIKCE VÝVOJE V RÁMCI ČR

Globální průměrná roční teplota vzduchu se mezi roky 1880 až 2012 zvýšila o přibližně 0,85 °C (IPCC, 2013); pro rok 2017 se přitom odhad nárůstu oproti preindustriálnímu období pohybuje kolem 1 °C (IPCC, 2018). Oteplování atmosféry je výraznější více na severní než na jižní polokouli a výraznější více nad pevninou než nad hladinou oceánu.

Od poloviny 20. století přibývá extrémně teplých (a ubývá extrémně studených) dní, jak co do jejich četnosti, tak síly (IPCC, 2013). Horké vlny se vyskytují častěji a mají delšího trvání. (ČHMÚ, 2019)

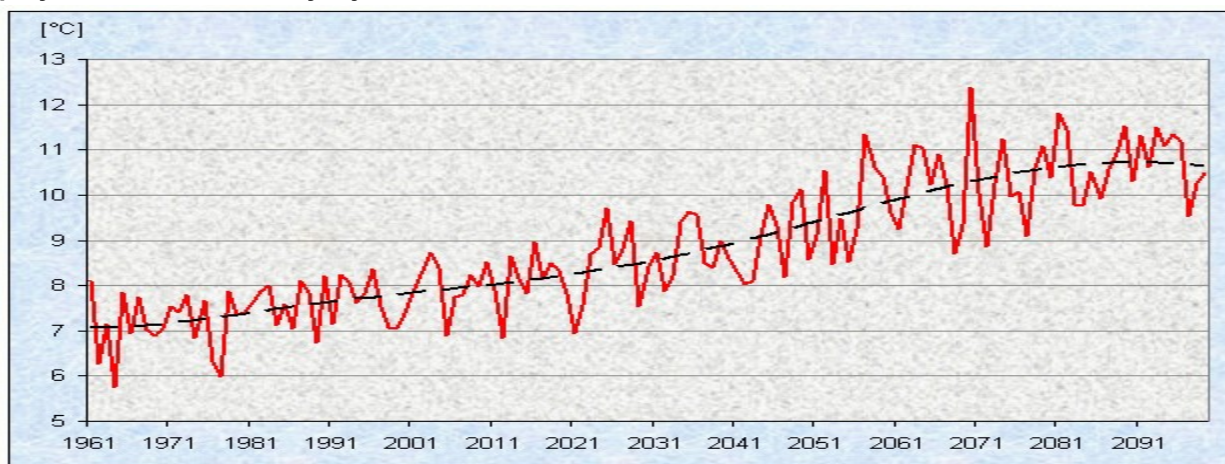
Pro ČR jsou předpokládány tyto **hlavní změny a trendy**:

- Postupný nárůst průměrných ročních teplot o cca 1 °C do r. 2040, přes 2 °C do r. 2070 a přes 3 °C do r. 2100.
- Nejvýraznější oteplení v letních měsících – až o téměř 4 °C do r. 2100.
- Delší a intenzivnější vlny veder.
- Mírné snížení množství srážek v letních měsících (o cca 10 %) do r. 2100 a četnější období beze srážek.
- Častější a intenzivnější výskyt extrémních meteorologických jevů – povodní, přívalových srážek, období sucha, požárů. (ČHMÚ, 2019)

Důležité je vnímat také kombinaci těchto trendů, tj. zejména nárůst srážek a meteorologických extrémů a změnu v distribuci srážek, tj. snížení počtu dní se sněhovou pokrývkou nebo snížení množství letních srážek. Se zvýšením teplot v zimním období a současně i s vyšším množstvím srážek souvisí i zvýšená evapotranspirace, která se naopak v létě z důvodu nedostatku srážek snižuje.

V rámci studie (Pretel, 2011) byly modelovány scénáře do roku 2099 a srovnávány s referenčním obdobím 1961–1990. Scénář do roku 2099 předpokládá postupný nárůst průměrných teplot – viz obrázek níže.

Obrázek 1: Predikované průměrné roční hodnoty teploty vzduchu (°C) na území ČR včetně polynomického trendu vývoje 1961–2099



Zdroj: Pretel, 2011

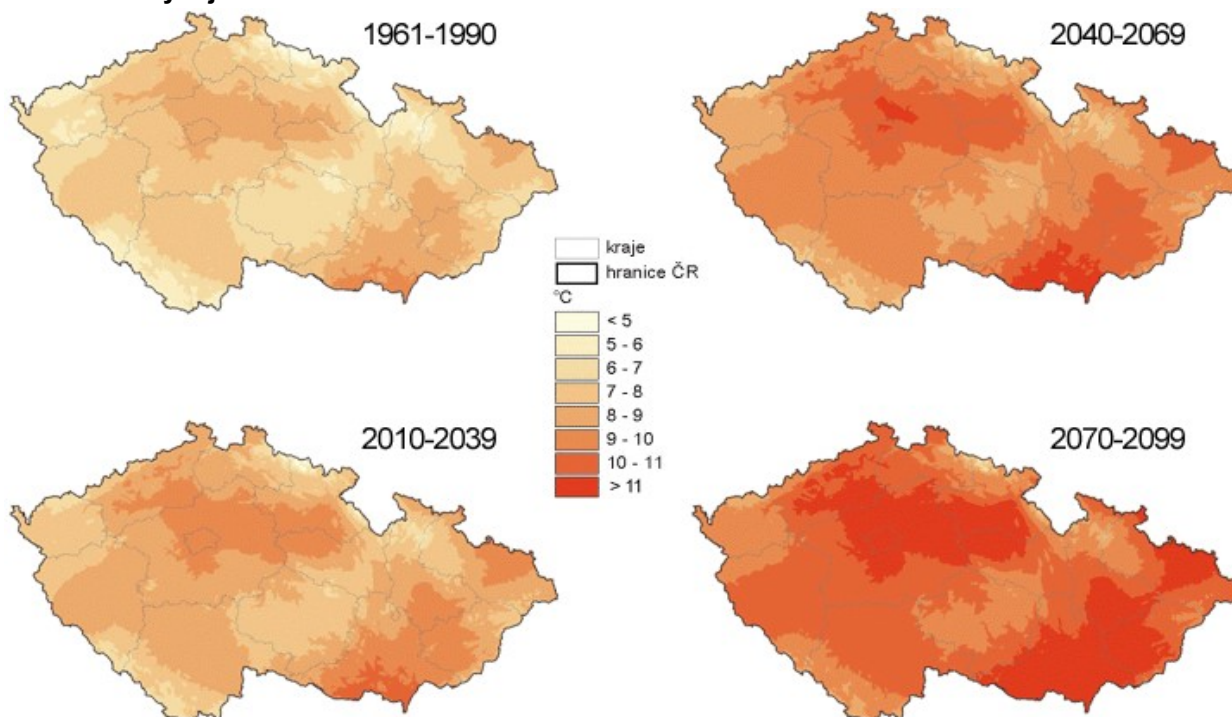
Předpokládá se postupný nárůst průměrné teploty v ČR o cca 1 °C do r. 2039 a další navýšení v období 2040 – 2069. V jednotlivých lokalitách se oteplení může na jaře a v létě pohybovat od 2,3 °C

po 3,2 °C, na podzim od 1,7 °C po 2,1 °C a v zimě od 1,5 °C po 2,0 °C. Nejvíce se zvýší průměrná teplota vzduchu v létě.

Posledním období 2070 – 2099 vykazuje oteplení v létě o cca 4° C, na podzim a v zimě je předpoklad nárůstu teploty o cca 2,8 °C oproti referenčnímu období 1961-1990.

Vývoj ročních průměrných teplot vzduchu je také patrný z následujících kartogramů. **Teploty budou i nadále nejvyšší v oblasti** jižní a střední Moravy a **Polabí**, což se bezprostředně dotýká města Pardubice, ke zvýšení dojde bez větších rozdílů na území celé ČR.

Obrázek 2: Dlouhodobé průměry ročních teplot (°C) v referenčním období a ve třech scénářích budoucího vývoje



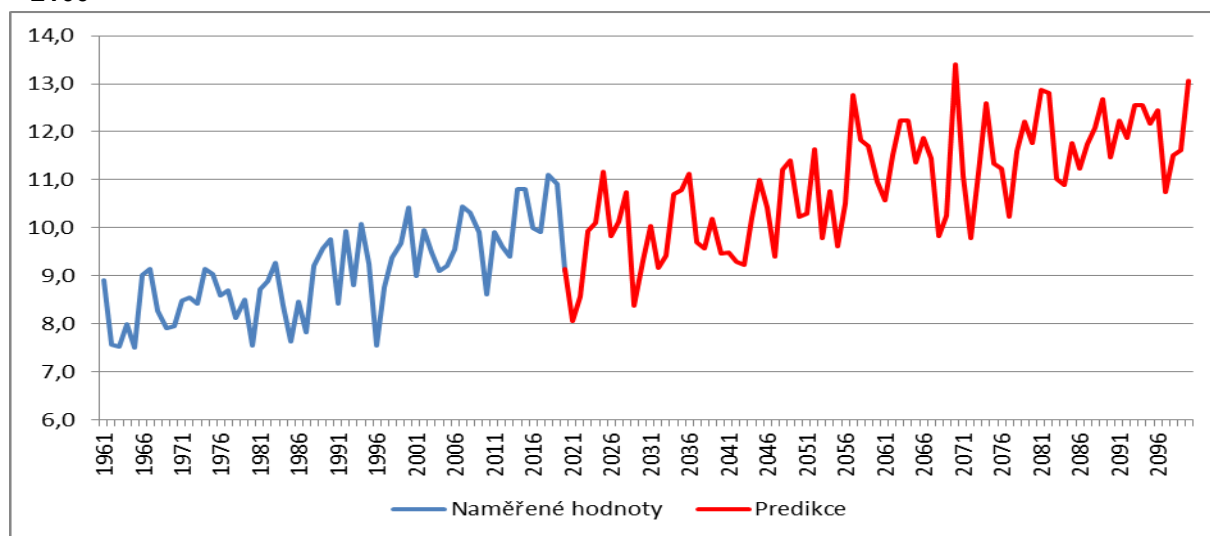
Zdroj: Pretel, 2011

V posledních dvou desetiletích došlo na území ČR ke zvýšení průměrných ročních počtů dní s vysokými teplotami (letní a tropické dny, tropické noci), a logicky ke snížení průměrných ročních počtů dní s nízkými teplotami (mrazové, ledové a arktické dny). Tento trend bude pokračovat. Výskyt těchto dní s mezními hodnotami se bude pochopitelně v rámci ČR vyskytovat rozdílně v závislosti na lokalitě.

2.2 ZÁKLADNÍ TEPLOTNÍ CHARAKTERISTIKY MĚSTA PARDUBICE A PREDIKCE BUDOUCÍHO VÝVOJE

Níže je uveden dosavadní a předpokládaný vývoj průměrných ročních teplot na území města Pardubice. Z grafu je patrné kolísání a postupný nárůst teplot od r. 1961 do současnosti.

Nárůst průměrných ročních teplot je předpokládán i do budoucna. Toto je patrné i v následujícím grafu a tabulce.

Obrázek 3: Pozorované a predikované průměrné roční teploty v Pardubicích (°C) v období 1961 – 2100

Zdroj: Dle dat ČHMÚ

Předpokládaný vývoj teplot v jednotlivých měsících je znázorněn v následující tabulce. Ke zvýšení průměrných teplot dojde ve všech měsících, výrazný je nárůst zejména v letních měsících (červenec až září) a v březnu. (Jedná se o průměry za dané období, model předpokládá výraznější výkyvy v jednotlivých letech.)

Tabulka 1: Průměrné měsíční teploty v jednotlivých obdobích (°C) v Pardubicích

| Období/Měsíc | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | Celkový průměr |
|---------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------------|
| 1961-2009 | -1,4 | 0,1 | 3,8 | 8,8 | 13,9 | 17,0 | 18,5 | 18,1 | 13,9 | 9,0 | 3,8 | 0,1 | 8,8 |
| 2010-2039 | -0,4 | 0,8 | 4,7 | 9,0 | 14,9 | 16,8 | 19,6 | 18,8 | 15,1 | 10,7 | 4,1 | 0,8 | 9,6 |
| 2040-2069 | -0,3 | 2,2 | 6,1 | 11,5 | 15,2 | 17,6 | 21,1 | 21,5 | 16,1 | 10,9 | 5,1 | 1,5 | 10,7 |
| 2070-2100 | 1,7 | 3,0 | 7,6 | 12,2 | 15,6 | 18,6 | 22,3 | 23,0 | 17,8 | 11,8 | 5,3 | 2,3 | 11,8 |
| Nárůst 4. období vs. 1. období | 3,0 | 2,8 | 3,8 | 3,4 | 1,7 | 1,6 | 3,7 | 4,9 | 3,9 | 2,8 | 1,5 | 2,2 | 2,9 |

Zdroj: Dle dat ČHMÚ

Pozn.: Teploty vycházející z naměřených hodnot jsou uváděny do r. 2009. Pro přehlednost je zachováno členění na daná tři období, rok 2010 proto není v tabulce uváděn.

Nárůst průměrných teplot přímo ovlivňuje celou řadu dalších charakteristik. Patří k nim především evapotranspirace (tj. celkový výpar fyzikální a fyziologický), výskyt extrémních teplot, sněhové podmínky a řada dalších. Nárůst průměrných teplot zvýší evapotranspiraci, což bude klást vyšší nároky na vodu, respektive se zvýší ohrožení suchem. Rovněž se zkrátí délka trvání sněhové pokrývky, která je v Pardubicích již nyní nízká, a sníží se množství sněhu, což bude mít vliv na množství vody v půdě a intenzitu jarního tání.

Dále je pro lepší přehled předpokládaného vývoje uvedena predikce vývoje dalších klimatických charakteristik. Pro tyto potřeby byla využita data z webových stránek <http://www.klimatickazmena.cz>. Zde jsou využity údaje Globálních klimatických modelů (GCM), tj. počítačových modelů klimatického systému, které slouží pro výpočet pravděpodobných budoucích klimatických podmínek. Z celkem 40 GCM, které jsou v současné době k dispozici, bylo pro potřeby tohoto webu vybráno 5 modelů, které reprezentují celou šíři klimatického spektra. Pro prezentaci budoucích predikcí **na území města**

Pardubice byl použit především model IPSL (verze IPSL-CM5A-MR), tj. model reprezentující medián všech testovaných GCM nejlépe.

Jsou zde uvedeny 3 časové horizonty, a to 2021-2040, 2041-2060 a 2081-2100. Dále jsou využity emisní scénáře charakterizující antropogenní emise skleníkových plynů. Pro potřeby predikce vývoje klimatu na území města Pardubice byl využit **střední emisní scénář (RCP4,5)**, který představuje tzv. přechodný scénář budoucího vývoje, kdy emise nebudou striktně omezeny, ale zároveň bude regulován jejich růst.

Přehled dosavadního vývoje a predikce hlavních teplotních (roční, měsíční a sezónní průměry) a srážkových charakteristik je popsána v předchozích kapitolách. Zde jsou uvedeny další doplňující charakteristiky.

Tabulka 2: Vývoj dalších teplotních charakteristik v Pardubicích

| Další teplotní charakteristiky | Rok | | | |
|---|-------------|-----------|-----------|-----------|
| | 1981 - 2010 | 2021-2040 | 2041-2060 | 2081-2100 |
| Průměrný počet tropických dní ¹ (dny/rok) | 11-15 | 21-25 | 26-30 | 31-40 |
| Průměrný počet letních dní ² (dny/rok) | 51-60 | 61-70 | 71-80 | 81-100 |
| Průměrný počet mrazových dní ³ (dny/rok) | 81-100 | 61-80 | 61-80 | 41-50 |
| Průměrný počet ledových dní ⁴ (dny/rok) | 21-30 | 11-20 | 11-20 | 11-20 |
| Četnost výskytu horkých vln ⁵ (za rok) | 1-2 | 3-4 | 3-4 | 3-4 |
| Průměrná délka horké vlny (dny) | 6-7 | 10-12 | 10-12 | 13-15 |
| Průměrná doba trvání horkých vln ⁶ (dny/rok) | 11-15 | 21-30 | 31-40 | 41-50 |

Zdroj: www.klimatickazmena.cz

Pozn.: Chybí údaje o období 2011-2020. Nelze je doplnit, neboť období 1981-2010 je zpracováno z naměřených údajů, slouží jako referenční; další období jsou scénářová, predikují budoucnost.

2.3 MĚSTSKÉ TEPELNÉ OSTROVY

Městský tepelný ostrov (dále také jen „MTO“) je definován jako oblast zvýšené teploty vzduchu v přízemní a mezní vrstvě atmosféry (vrstva dosahující výšky ~1,5 km, kde je proudění ovlivňováno zemským povrchem) nad městem anebo průmyslovou aglomerací ve srovnání s okolní krajinou (Meteorologický slovník výkladový a terminologický, 2015). Teplotní rozdíl (intenzita tepelného ostrova) je způsobený zejména lidskou aktivitou a jeho účinky jsou nejvýraznější v období negativní energetické bilance, kdy antropogenní materiály vyzařují tepelnou energii, kterou během dne akumulovaly. Intenzita je nejvyšší v době radičního počasí, tzn. bez oblačnosti, beze srážek a s nízkými rychlostmi větru (max. 3-4 ms⁻¹). Tepelný ostrov je patrný v letním i zimním období.

Intenzita tepelného ostrova se obecně definuje jako maximální rozdíl mezi teplotou mezi urbanizovaným územím města a venkovskými oblastmi. Podle scénářů změn klimatu se teplota v MTO může zvýšit o 2 až 4 °C. (MŽP, 2019). Městský tepelný ostrov ovlivňují faktory, jako jsou podíl zastavění ploch a jejich nepropustnost, hustota zalidnění (vztahená k zastavěnému území), podíl zeleně a vodních ploch nebo způsob zateplení budov. Město má možnost tyto faktory ovlivnit, ať už jsou to typy povrchů, zastínění, tepelný stav budov nebo také zdroje odpadního tepla.

Na níže uvedeném obrázku je názorně vidět, jak různé typy povrchů ovlivňují rozdíly mezi teplotou vzduchu a povrchovou teplotou nad jednotlivými typy městských povrchů. V případě denních teplot platí, že za horkých slunečných dní je povrchová teplota nad částmi sídel s vysokou koncentrací zástavby a zpevněných ploch (centra měst, obchodní a průmyslové plochy) výrazně vyšší oproti

¹ dny s maximální denní teplotou vzduchu nad 30 °C

² dny s maximální denní teplotou vzduchu nad 25 °C

³ dny s minimální denní teplotou vzduchu pod 0 °C

⁴ dny s maximální denní teplotou vzduchu pod 0 °C

⁵ období, kdy průměr maximální denní teploty vzduchu přesahuje 30 °C. Přičemž denní maximální teplota vzduchu přesahuje 30 °C alespoň tři dny po sobě a během celého období neklesne pod 25 °C

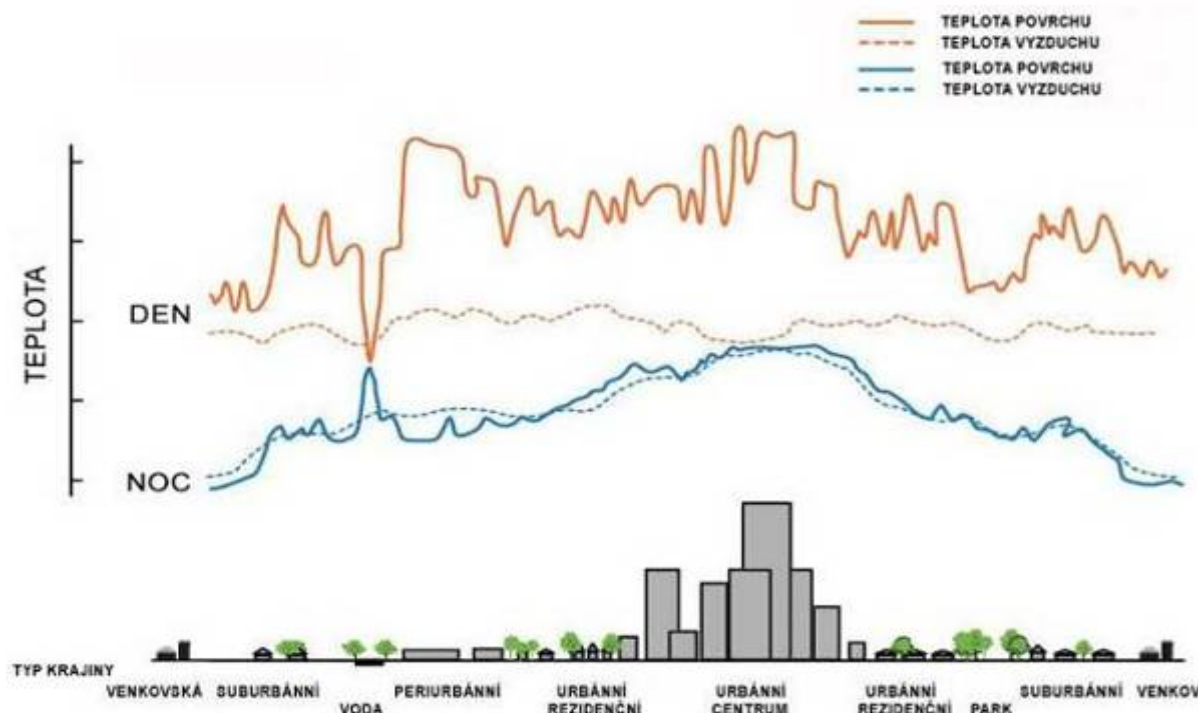
⁶ celkový počet dní v rámci výskytu horkých vln v daném období přepočítán a vyjádřen jako průměrný počet dní za rok

teplotám nad částmi sídel s obytnou funkcí a vyšším podílem zeleně a zahrad. Ještě patrnější je rozdíl oproti parkovým plochám (případně lesům) a zejména plochám vodním.

Rozsáhlý městský park (o velikosti přes 2 hektary) se vzrostlými stromy ovlivňuje pozitivně klima i 500 m od svých hranic. Chladící efekt skupin stromů je pak až do vzdálenosti cca 80 metrů (během denních hodin a při slunečném počasí); výraznější efekt je při větším počtu stromů (Žák M., ČHMÚ).

V blízkosti vodních ploch může být povrchová teplota nižší, než je teplota vzduchu. Inverzní je situace v nočních hodinách, kdy povrchové teploty nad zastavěnými plochami klesají s teplotou vzduchu oproti plochám vodním, kde se – díky naakumulovanému teplu ve vodní ploše – v jejím okolí udržuje vyšší povrchová teplota než je teplota vzduchu.

Obrázek 4 Městský tepelný ostrov – průběh denních a nočních teplot



Zdroj: Komplexní studie dopadů, zranitelnosti a zdrojů rizik souvisejících se změnou klimatu v ČR (Ekotoxa, 2015)

S ohledem na predikované změny klimatu podporuje efekt městského tepelného ostrova nežádoucí změny – zvyšování teploty a teplotních extrémů. Za účelem snížení těchto negativních dopadů se dá na území měst pracovat především s používanými povrchy. Nejvhodnější vlastnosti mají takové typy povrchů, které:

- jsou schopné vázat a uvolňovat vodu (např. mokřady, nezakrytá půda či vegetace),
- dobře odráží sluneční záření (např. vodní plochy, světlé povrchy),
- mají nízkou tepelnou kapacitu (např. půda či dřevo).

V případě nástupu vlny horka první typ povrchů primárně uvolňuje vodu (přebytečné teplo se spotřebovává k vypařování) a nedochází tak k nadbytečné absorpci slunečního záření. Obdobně se chovají povrchy schopné odrážet sluneční záření (čím více záření se odráží, tím méně záření je absorbováno) a povrchy s nízkou tepelnou kapacitou (pohlít pouze limitované množství záření).

2.4 VYSOKÉ TEPLoty A VLNY VEDER – RIZIKA PRO MĚSTA A OBYVATELE

Předpokládané vlivy vysokých teplot na lidské zdraví jsou velmi široké. Mezi hlavní patří zdravotní problémy a zvýšená úmrtnost související se zvyšující se průměrnou roční teplotou a s rostoucím počtem vln veder a jejich délky.

Nárůst teploty o 1 °C zvyšuje v zemích EU úmrtnost zhruba o 1 až 3 % a do dvaceti let by se úmrtnost související s růstem teploty mohla zvýšit o 30 000 případů ročně (EC, 2009). Nejrizikovější skupinou jsou senioři se sníženou schopností termoregulace, kteří za těchto podmínek podléhají častěji úpalu, kardiovaskulárním příhodám, renálnímu, respiračnímu či metabolickému selhání. Dalšími ohroženými skupinami jsou chronicky nemocní jedinci a malé děti.

Zvyšování průměrných a maximálních teplot, vyšší počty tropických dní a nocí a delší a četnější epizody vln veder jsou projevy změny klimatu, které v městském prostředí ještě umocňuje vliv tepelného ostrova města. S teplotou a slunečním zářením jsou spojena zejména následující onemocnění:

- **Úpal** - který je důsledkem selhání termoregulace s následným přehřátím organismu. Příčinou bývá nadměrná teplota a vlhkost prostředí, často ve spojení s větší fyzickou námahou.
- **Úžeh** - vzniká při pobytu na slunci expozicí slunečnímu záření, a to zvláště v případě, kdy hlava není chráněna před slunečními paprsky.
- **Kolaps, vyčerpání nebo křeče z horka.**
- **Kožní nádory, sluneční alergie, pigmentace, solární dermatitida.**
- UV záření poškozuje také oči, kde vzniká **akutní konjunktivitida**, vzácněji fotokeratitida a později katarakta.

Je nutno zmínit také místně omezené **pozitivní** vlivy změny klimatu, jako je snížení zimních úmrtí v důsledku teplejších zim (EKOTOXA, 2015) zejména u rizikové skupiny osob bez přístřeší.

3 METODICKÝ POSTUP VYMEZENÍ ZRANITELNÝCH OBLASTÍ MĚSTA PARDUBICE S OHLEDEM NA VYSOKÉ TEPLoty

3.1 VSTUPNÍ DATA A JEJICH ANALÝZA

V rámci studie se pracovalo s alfanumerickými a prostorovými daty z následujících dvou zdrojů:

- data poskytnutá zadavatelem – jednalo se o základní vstupy do studie, které definovaly jeho rámec a nad nimiž se primárně prováděly analýzy,
- data, které zajistil zpracovatel – data z veřejných zdrojů, zejména družicové snímky sloužící pro vyhodnocování tepelných map.

Výsledkem studie byla syntéza těchto vstupních dat a to ve formě dat, map, tabulek a zprávy.

Následující podkapitoly 3.1 popisují vstupní data zadavatele. Data zpracovatele jsou popsány v kapitole 3.2 společně s provedenými analýzami.

3.1.1 Územní plán města

Byly dodány 4 rastry:

- a) Výkres územního plánu Pardubic včetně legendy, bez k. ú. Hostovice
- b) Regulativy využití funkčních ploch
- c) Výkres územního plánu k. ú. Hostovice
- d) Legenda ÚP k. ú. Hostovice

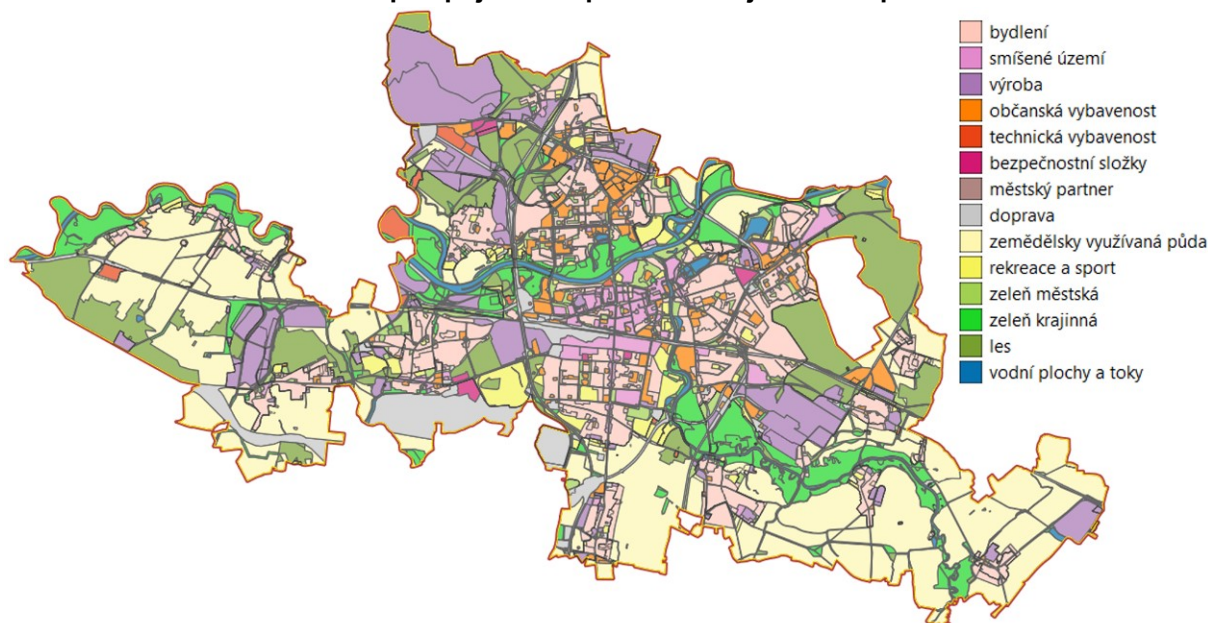
Pro účel analýzy teplot na úroveň ploch územního plánu jsou rastrová data jen těžko využitelná. Proto byla dodána i vektorová podoba ÚP pro Pardubice bez k. ú. Hostovice a ÚP k. ú. Hostovice.

Pro účel tohoto projektu byly tyto dvě vektorové vrstvy spojeny.

Byl dodán obrázek „regulativy_prehled“ se seznamem funkčních ploch v ÚP města Pardubice. Seznam byl využit v mapě M.3 pro popis ploch vektorového ÚP.

V rámci projektu byla ze spojené vrstvy ploch dle ÚP vytvořena vrstva sloučených ploch dle širší skupiny funkčního využití. Výsledkem bylo např. sloučení tříd „BM – vícepodlažní městské a BS – vícepodlažní sídlištní atd.“ do jedné třídy „B – bydlení“.

Obrázek 5: Vizualizace dat ÚP po spojení vstupních dat a sjednocení ploch



V rámci balíku 01_Úz_plán_města byla rovněž dodána vektorová vrstva zastavěného území obce (112 ploch v rozlišení dle katastrálních území).

Na základě této vrstvy byla sloučením vytvořena vrstva obsahující jedinou celkovou plochu zastavěného území. Tato vrstva byla v analýzách využita pro prostorové vymezení průměrných teplot v zastavěném území obce.

Poznámka: V průběhu zpracování bylo zjištěno, že dodaná vrstva zastavěného území je pravděpodobně zastaralá a místy neodpovídá současnosti. Tyto odchylky ale nejsou zásadního charakteru. Oprava zastavěného území nebyla součástí analýzy.

3.1.2 ZABAGED

3.1.2.1 Výškopis

Seznam dodaných dat: vrstevnice (hlavní zesílená, doplňková), profil, most, kótovaný bod, koruna železničního tělesa, horní hrana, dolní hrana, břehovka, bod mřížky

3.1.2.2 Polohopis

Jedná se o 121 vrstev z celkem 128 vrstev ZABAGEDu, jejichž popis je k dispozici v [katalogu](#) ČÚZK.

3.1.2.3 ZM 10

Byla dodána barevná mapa ZM10 ve formě 288 rastrových souborů tif+tfw (rozsah SO ORP Pardubice). Vrstva ZM 10 byla využita zejména jako podklad pro vizualizace, a to v černobílé a poloprůhledné formě.

3.1.3 Pasport zeleně

Pasport zeleně byl dodán ve formátu dxf. Obsahoval bodové entity pasportu zeleně (43617 prvků), liniové entity pasportu zeleně (46021 prvků) a plošné entity (46021 prvků). Data byla využita pro prvotní analýzu a seznámení se s územím.

3.1.4 Počty obyvatel

Alfanumerická tabulka:

- a) Trvalý pobyt občanů ČR ve 32 částech a souhrn počtů obyvatel v městských obvodech obce k 1.1.2020 – tato data byla využita

Prostorové vrstvy:

- pce_mestske_obvody_pol – plochy 8 městských obvodů (Pardubice I – VIII)
- pce_casti_obce_pol – 27 ploch

Aby se neztratila dodaná podrobnost alfanumerických dat pro 32 městských částí, byla v rámci projektu dodaná vrstva 27 ploch upravena s využitím vrstvy městských obvodů. Na takto upravenou vrstvu byla navázána alfanumerická data počtu obyvatel.

3.1.5 Školská zařízení

Bylo dodáno následujících 5 prostorových vrstev:

- a) Mateřské školy – 42 bodů
- b) Základní školy – 30 bodů (vč. speciálních a uměleckých základních škol)
- c) Střední školy – 14 bodů
- d) Vysoké školy – 3 body
- e) Ostatní školská zařízení – 16 bodů (zde patří domovy dětí a mládeže, a základní umělecké neuvedené v bodu b)

V rámci přípravy dat byla data sjednocena do jedné vrstvy (celkem 105 bodů).

3.1.6 Zdravotnické zařízení lůžkové

Byl dodán jeden bod reprezentující Nemocnici Pardubického kraje (Kyjevská 44).

3.1.7 Domovy pro seniory

Byly dodány dva body reprezentující Domov pro seniory Dubina (Blahoutova 646) a Domov pro seniory U Kostelíčka (Štrossova 357).

3.1.8 Hranice města

Byla dodána vrstva „hranice_mesta_pol“ odpovídající administrativnímu vymezení obce Pardubice a definující zájmovou oblast studie.

3.1.9 Přehledka ulice a č. p. budov

V rámci skupiny byly dodány následující vrstvy:

- a) Plochy budov – vymezení 23784 ploch budov v obci, bez dalších atributů
- b) Body popisných čísel – umístění 12380 popisných čísel. Tyto lze v případě potřeby navázat na plochy budov uvedené v předchozím bodu.
- c) Body názvů ulic – 892 bodů s atributem názvu ulic.
- d) Liniová vrstva „prehledka_lin“ – 43929 linií obrysů ploch ÚP.

V rámci příprav dat byly propojeny plochy budov s body čísel popisných. Z celkem 23912 dodaných ploch budov v zájmovém území bylo napojeno 11208 budov na informaci o číslu popisném. Pro zajištění jednoznačnosti čísla popisného bylo k budovám navíc na základě prostorové analýzy

přiřazeno zařazení do části obce (hodnota RC z dodané vrstvy „pce_casti_obce_pol“. Z dodaných dat nebylo možné budovy provázat s názvy ulic.

3.2 ANALÝZA TERMÁLNÍCH SATELITNÍCH SNÍMKŮ – METODICKÝ POSTUP

Část studie věnovaná zpracování termálních dat a jejich analýza s dalšími daty byla provedena postupně v několika krocích:

1) Vstup dat

Vstupní data byla získána ze dvou zdrojů – od zadavatele a z veřejně dostupných zdrojů. Z nich se v průběhu studie vytvářely další data a informace, případně byly další informace získány průzkumem atd.

2) Příprava dat

Na uvedených vstupních datech zadavatele byla provedena přípravná práce pro následné zpracování. Úpravy byly podrobněji popsány v kapitole 3.1; zde je jejich shrnutí:

- územní plány – příprava vrstvy obsahující sjednocené funkční plochy,
- počty obyvatel – příprava vrstvy městských částí tak, aby bylo možno propojit alfanumerické informace o počtech obyvatel s prostorovým vymezením městských částí,
- školská zařízení – sjednocení dat z více vrstev do jedné vrstvy pro další zpracování,
- budovy – bylo provedeno napojení bodové vrstvy čísel popisných a plošné vrstvy městských částí na plošnou vrstvu budov.

Na získaných družicových snímcích byly provedeny tyto přípravné práce:

- převod tepelných dat (hodnot pixelů DN) na °C,
- výběr hlavního tepelného snímku,
- tvorba RGB kompozic – byly vytvořeny barevné snímky zájmového území pro všechny termíny z dat Landsat 8 (na úrovni produktu Level 2) v rozlišení 30 m na pixel a z dat Sentinel 2 (na úrovni produktu 2A) v rozlišení 10 m na pixel,
- tvorba NDVI kompozic – z dat družice Sentinel 2 byly vytvořeny kompozice vegetačních indexů (NDVI) pro všechny termíny v rozlišení 10 m na pixel.

Byla vytvořena nová vrstva:

- šestiúhelníková 100m mřížka (hex grid) – pro provedení srovnávací analýzy teplot povrchů v čase.

Práce a analýzy nad družicovými daty budou dále popsány níže v textu.

3) Zpracování dat

Jedná se o hlavní analytická práce s daty, v rámci níž byly propojeny data o teplotách povrchu se vstupními daty. Jedná se konkrétně o:

- agregace teplotních dat v zastavěné a nezastavěné ploše obce – zejména za účelem stanovení průměrné hodnoty pro srovnání ostatních údajů,
- agregace teplotních dat ve funkčních plochách ÚP – příprava dat o teplotách jednotlivých funkčních ploch,
- agregace teplotních dat ve sjednocených funkčních plochách – zjištění teplot zejména ploch bydlení a výrobních ploch s cílem srovnání jednotlivých ploch mezi sebou,
- agregace teplotních dat na úrovni jednotlivých budov,
- srovnání teplot v rámci tříd ÚP – formou tabulek a obarvených tříd v mapách,
- agregace teplotních dat ve 100m gridu.

V případě agregací byly zpravidla vyhodnocovány tyto charakteristiky:

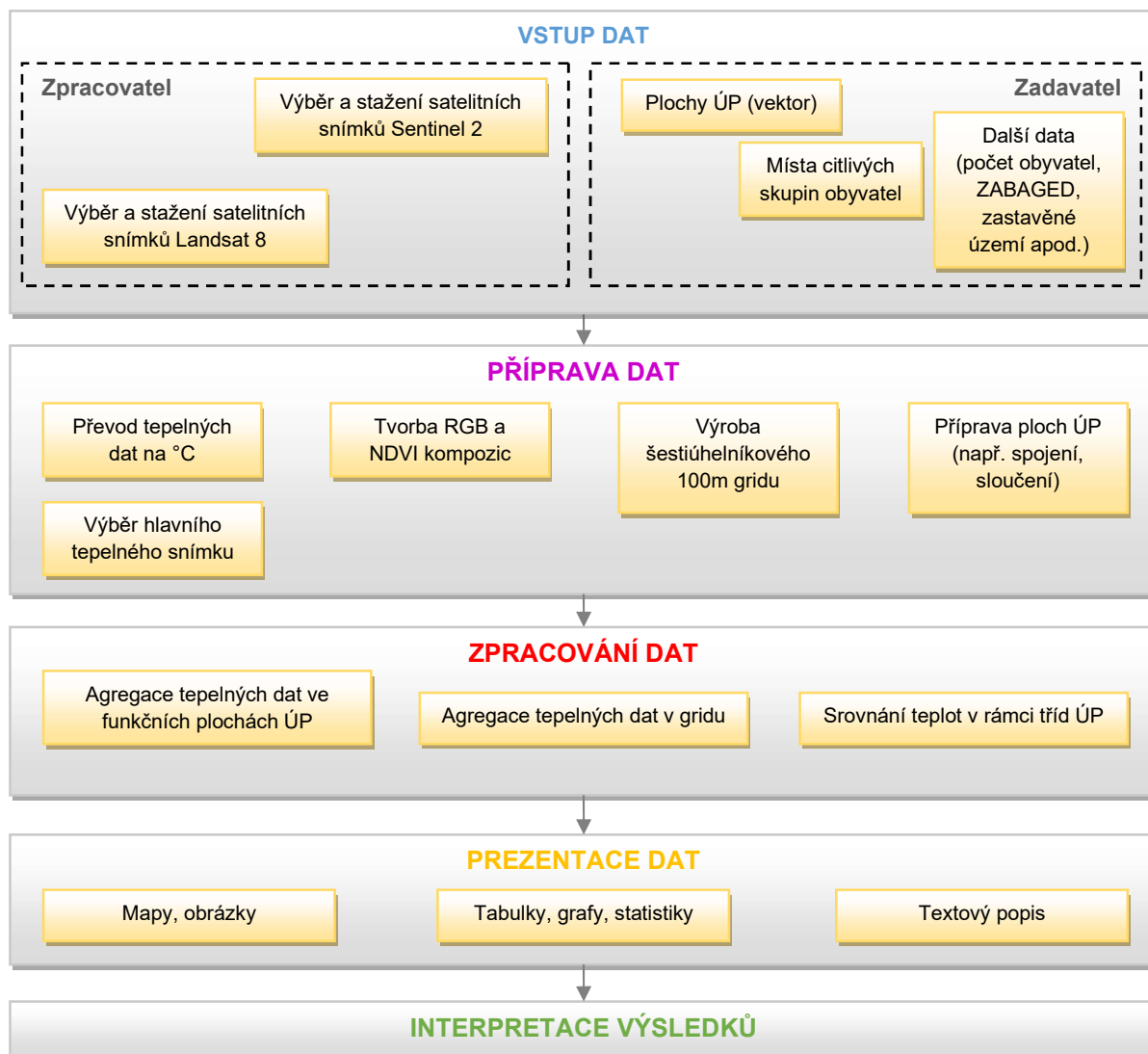
- průměr – nejdůležitější charakteristika interpretována pro zjednodušení dále jako teplota povrchu,
- minimum – minimální teplota v ploše,
- maximum – maximální teplota v ploše,
- směrodatná odchylka – bezrozměrové číslo charakterizující homogenitu teplot v rámci plochy (čím menší číslo, tím je teplota rovnoměrnější, čím větší číslo, tím je teplota více rozkolísaná).

Výsledky zpracování jsou dále popsány v kapitole 4.

4) Prezentace dat

Pro účel prezentace, ale i odborné analýzy adaptačních opatření v rámci studie, byla zpracovaná data vizualizována ve formě map nebo tabulek a následně v rámci této zprávy.

Obrázek 6 Schéma postupu analýzy



3.2.1 Analýza povrchových teplot

Na základě zadání projektu byla analýza povrchových teplot obce zpracována na základě podkladu dat získaných z družicových snímků metodou dálkového průzkumu země.

Pro termální data byly využity snímky družice Landsat 8.

Pro stanovení charakteristik ploch, které jsou sezónně proměnné (zemědělská půda v průběhu roku), byly využity snímky družice Sentinel 2 z termínů, které se časově co nejvíce přibližovaly termínům snímků Landsat 8.

Pro obecnou identifikaci ploch, které se svým charakterem nemění (většina zastavěného území), byly využity letecké ortofotomapy.

3.2.1.1 Termální data ze satelitních snímků družice Landsat 8

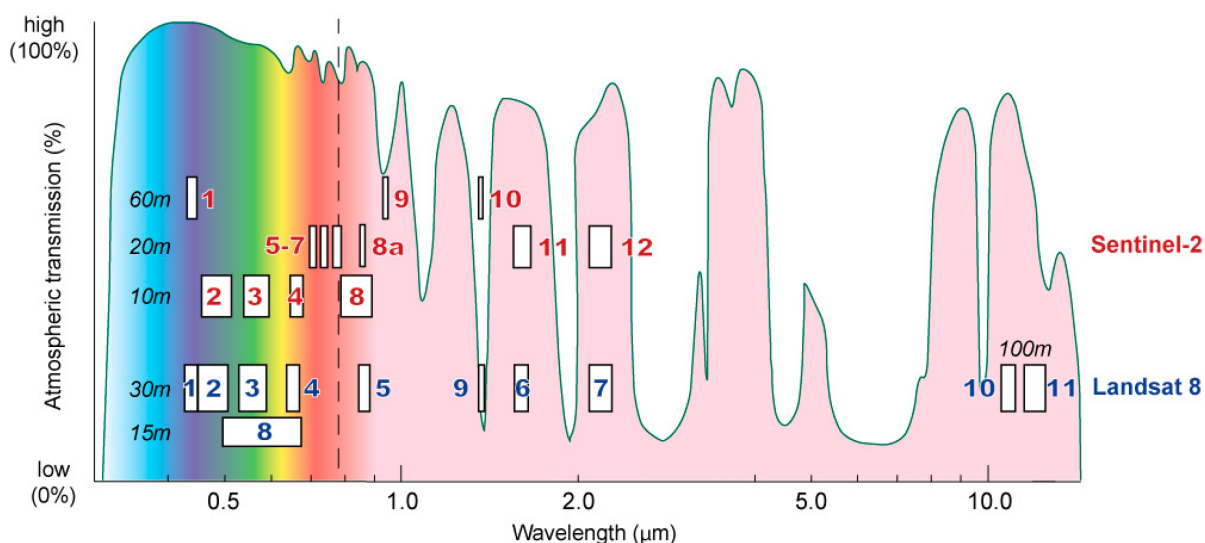
Družice Landsat 8 byla vypuštěna v roce 2013 a je v pořadí osmou družicí v rámci programu určeného pro sběr dálkových dat Země. Družice je provozována americkou NASA a Geologickou službou Spojených států (USGS).

Orbit družice Landsat 8 je synchronní se sluncem, to znamená, že snímá stejné místo na zemském povrchu vždy v přibližně stejný čas. Přelet nad daným územím se uskuteční vždy jednou za 16 dní.

Družice Landsat 8 obsahuje dva senzory.

- 1) Senzor jménem OLI pro snímání snímků ve viditelném pásmu. Z nich lze vytvořit barevné snímky o velikost pixelu 30 metrů (spektrální pásmo 0,45 – 0,68 μm), nebo panchromatické s pixelem 15 metrů. V rámci projektu byly tyto snímky využity zejména pro identifikaci míst s oblačností a pro orientační mapy v nízkém měřítku.
- 2) Senzor jménem TIRS snímá zemský povrch v tepelném pásmu 10,3 – 11,3 μm . Rozlišení snímače je 100 metrů. Snímaná data jsou ve snímku převedeny na pixel 60 m.

Obrázek 7: Frekvence vlnových délek jednotlivých pásem družic Landsat 8 a Sentinel 2. Pro analýzy teplot byly využity data pásma 10



Zdroj: https://www.mdpi.com/remotesensing/remotesensing-08-00598/article_deploy/html/images/remotesensing-08-00598-g001.png

Data družice Landsat jsou poskytována zdarma prostřednictvím [mapového portálu společnosti USGS](#). Pokrytí jedním snímkem je cca 180 x 160 km. Zájmové území zcela pokrývají oblasti č. 190025 a 191025.

V rámci projektu byly prohledány všechny dostupné snímky v rozmezí od dubna do listopadu a staženy všechny relevantní bezoblačné snímky, nebo snímky jen s minimální oblačností nad zájmovým územím. Termíny snímkování jsou podrobně popsány v následující kapitole.

Snímky byly následně ořezány na plochu obdélníka 40 x 30 km s obcí Pardubice uprostřed. Veškerá rastrová data jsou pak zpracována v tomto širším obdélníku.

Termální data nasnímané senzorem TIRS obsahují surové naměřené hodnoty na úrovni předzpracování Level-1. Pro zjištění hodnoty vyzařované teploty zemského povrchu, bylo nutno data dále zpracovat. K převodu DN hodnot na °C bylo využito metainformačních parametrů snímků, které jsou součástí dodávaných družicových dat.

3.2.1.2 Termíny snímkování analyzovaných termálních dat

V rámci této studie byly zajištěny všechny alespoň trochu vhodné termální snímky družice Landsat 8 za rok 2019. Vzhledem k termínu vzniku studie (květen 2020), nejsou termální snímky za rok 2020 zatím relevantní a snímky za rok 2018 nejsou potřeba, jelikož jich bylo zajištěno dostatek za rok 2019. Byly zajištěny termální snímky v následujících termínech:

Tabulka 3: Teploty a oblačnost v době termálního snímkování

| Datum | Rozsah teplot | Oblačnost | Poznámka |
|-------------|---------------|-----------------------|---|
| 16. 4. 2019 | 15 °C – 30 °C | bez oblačnosti | větší množství zemědělské půdy bez vegetace |
| 3. 6. 2019 | 24 °C – 43 °C | bez oblačnosti | |
| 26. 6. 2019 | 26 °C – 43 °C | bez oblačnosti | hlavní snímek pro teplotní analýzy |
| 6. 8. 2019 | 18 °C – 36 °C | 0,2 % zájmového území | |
| 14. 9. 2019 | 16 °C – 32 °C | 1,5 % zájmového území | |
| 1. 11. 2019 | 5 °C – 13 °C | 0,6 % zájmového území | zde se již teplotní ostrovy neprojeví |

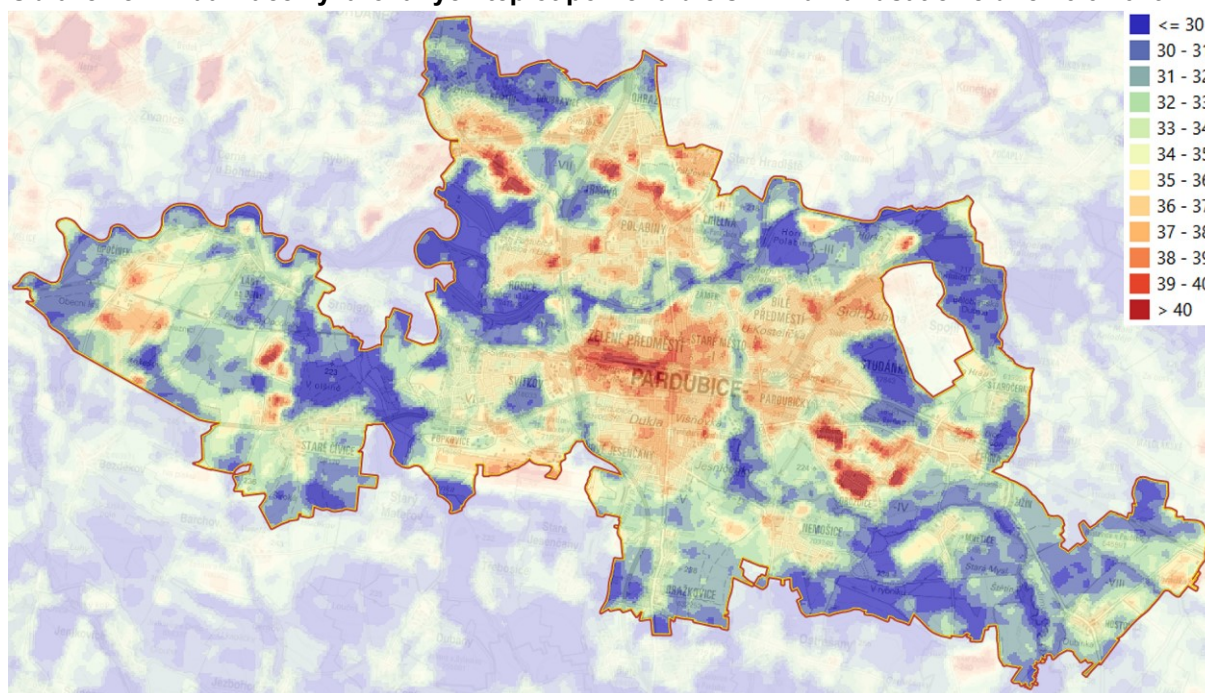
Jako hlavním nebo referenčním snímkem pro analýzy teplotních dat, byl zvolen snímek ze dne 26. 6. 2019. V tomto termínu se naplno projeví efekty tepelných ostrovů v zastavěném území (V tomto termínu byla analýzou zjištěna největší směrodatná odchylka teplot v zastavěném území.) Mimo zastavěné území se dne 26. 6. 2019 netvořily extrémní zásadní tepelné ostrovy nad zemědělskou půdou.

Rozepsáno po jednotlivých měsících:

- Teplotní snímky z období leden-březen nebyly analyzovány.
- Snímek z dubna (16. 4.) je zajímavý tím, že se zde naplno projeví teplotní rozdíly nad zemědělskou půdou momentálně bez vegetačního pokryvu nebo jen s nízkou vegetací.
- V květnu nebyl k dispozici žádný bezoblačný snímek zájmového území.
- V červnu byly k dispozici dva snímky s odstupem 23 dní, byly tedy analyzovány oba termíny.
- V červenci nebyl k dispozici žádný bezoblačný snímek zájmového území.
- V srpnu byl získán klasický teplotní snímek. Okraj zájmového území západně od Starých Čivic byl pokryt drobnou oblačností.
- Nejméně oblačný snímek v září byl ze dne 14. 9. I zde se ale nacházela drobná oblačnost, a to na třech místech – jižně od Starých Čivic, jižně od Popkovic, západně od pardubického hlavního nádraží v Zeleném Předměstí a ve Višňovce. Zde je nutno upřesnit, že vyhodnocení teplotních dat brání jednak klasická oblačnost (a částečně také její stíny), ale také např. kouř, dým a podobné průmyslové projevy.
- V říjnu nebyl k dispozici žádný bezoblačný snímek zájmového území.

- Snímek z listopadu ze dne 1. 11. 2019 byl ve studii ponechán jako ukázka teplot v průběhu jasného, ale chladnějšího dne, kdy noční teploty vzduchu klesly k $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a denní teplota dosáhla jen $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. V čase pořízení snímku (cca 10:50 h), nebyly detekovány klasické rozdíly teplot různých povrchů. Naopak, holé povrchy rozsáhlých výrobních ploch se ještě nestačily prohřát a vykazují spíše podprůměrné teploty (viz mapa M.2). Teplotní data ze snímku z tohoto dne nebyla započtena do mapy zobrazující průměrnou standardizovanou teplotu, jelikož by nepřispěla k lepšímu vymezení klasických teplotních rozdílů jednotlivých ploch. I na tomto snímku se nacházela drobná oblačnost z průmyslových zdrojů – v areálu PARAMO a.s., na okraji Višňovky a v části Na Židově.
- Snímek z prosince (pokud by nějaký bezoblačný existoval) by neměl pro tuto studii smysl, anebo by neposkytoval více informací nad rámec listopadových údajů.

Obrázek 8: Vizualizace vyzařovaných teplot povrchu dle snímku Landsat 8 ze dne 26.6.2019



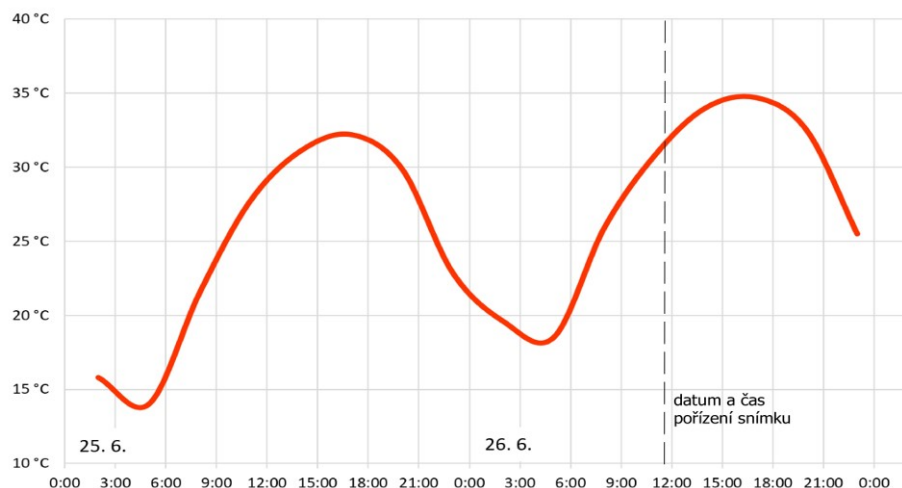
3.2.2 Popis počasí v referenční den 26. 6. 2019

Pro zasazení teplot povrchu do širšího kontextu podmínek byly z meteorologické stanice zjištěny teploty, které v termínu referenčního snímku panovaly.

Meteorologická stanice se nachází v části Pardubice – Popkovice, ve výšce 225 m n. m. a jejím provozovatelem je ČHMÚ.

Následující graf zobrazuje naměřené teploty vzduchu dne 26. 6. a den předem. V grafu je rovněž zaznačen čas pořízení termálního snímku Landsat (11:44 h). V daný čas byla naměřená teplota vzduchu okolo $31\text{ }^{\circ}\text{C}$.

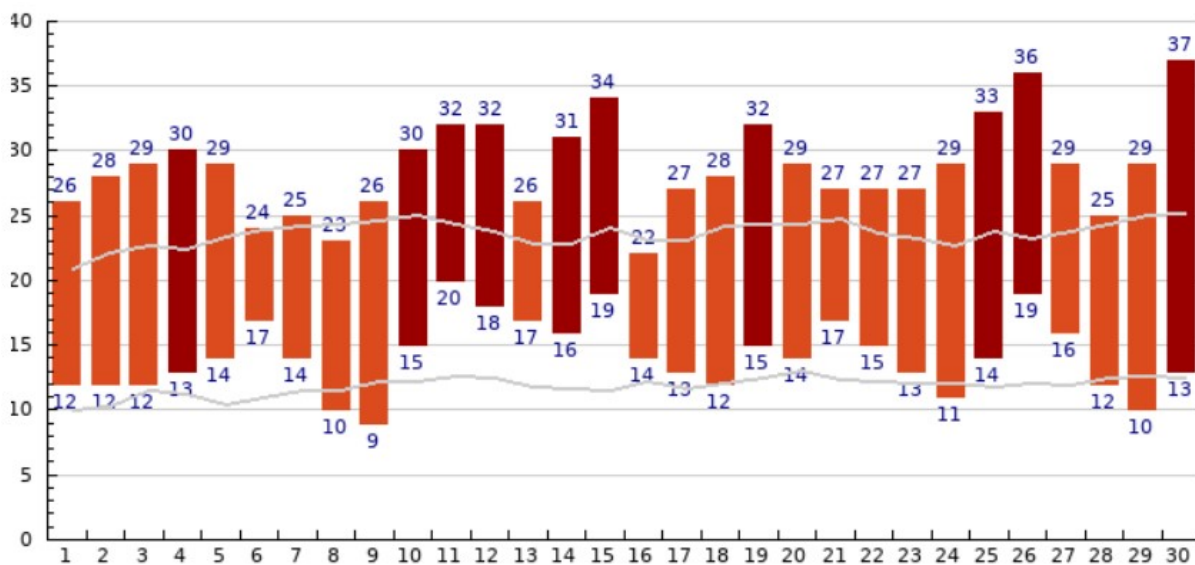
Obrázek 9: Teplota vzduchu 25. a 26. 6. 2019



Zdroj: data ze serveru in-pocasi.cz

Z archivu meteostanice lze rovněž zjistit měsíční hodnoty. Den 26.6. 2019 patřil k nejteplejším dnům v daném měsíci.

Obrázek 10: Minimální a maximální (sloupce) teploty a průměrné rozpětí teplot (šedá oblast) v červnu 2019

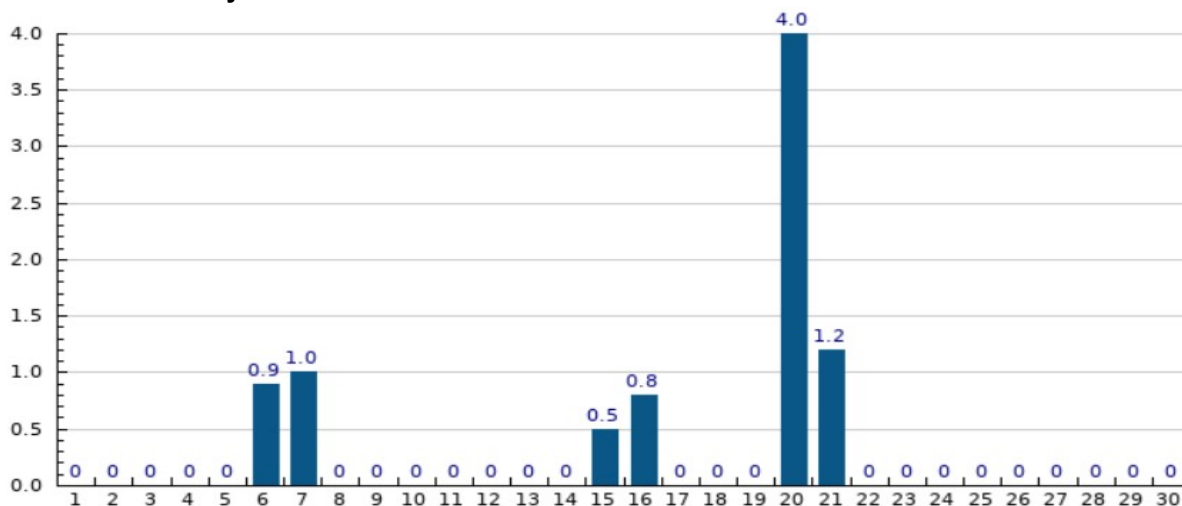


Zdroj: archiv serveru in-pocasi.cz

Z dat meteostanice lze rovněž odečíst rychlost větru, která se v daný den dopoledne pohybovala okolo 7 km/h (klasifikace „větřík“ dle Beafortovy stupnice).

Co se týká srážek, pak bylo v celém červnu 2019 srážek minimálně. Naposledy byly naměřeny srážky 5 dní před pořízením teplotního snímku.

Obrázek 11: Srážky v červnu 2019 v mm

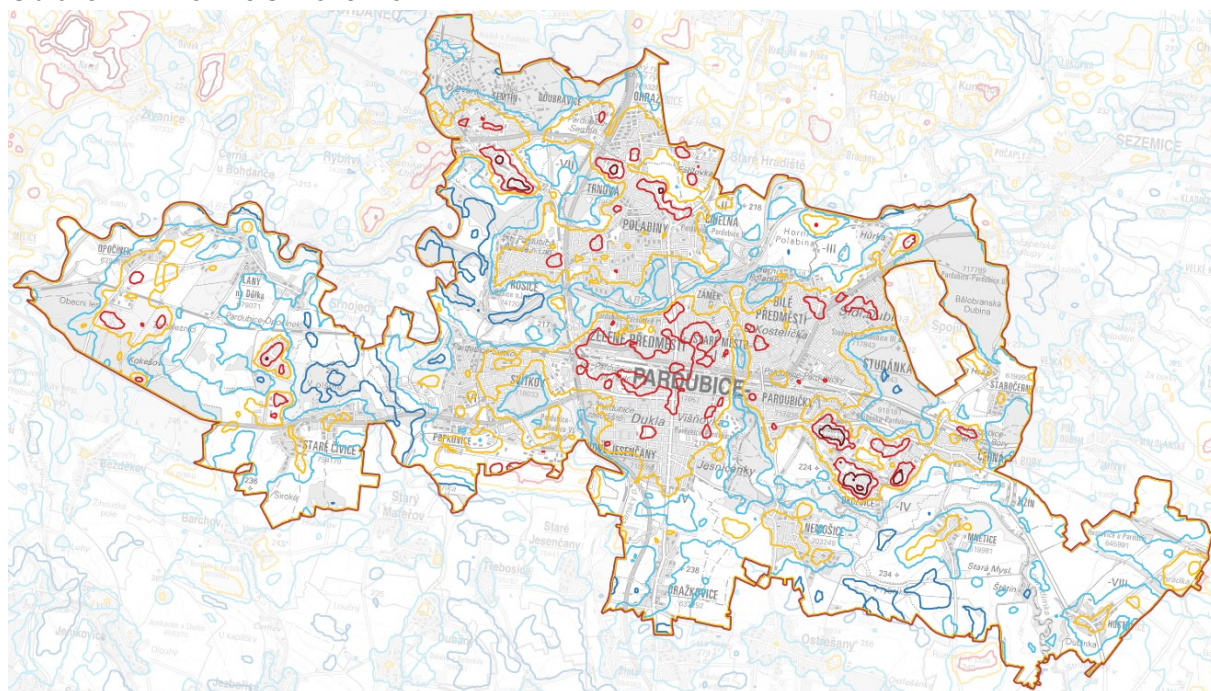


Zdroj: archiv serveru in-pocasi.cz

3.2.3 Izolinie – interpolace dat

Jako podpůrný prvek pro vizualizaci byla z termálních dat vytvořena vrstva izolinií. Jedná se o křivky tvořené body se stejnou hodnotou, v tomto případě se stejnou teplotou povrchu v daném čase. Izolinie byly vytvořeny s intervalem po 1 °C. Hrubší členění (např. pro účel vizualizace v malém měřítku) lze z dat odfiltrovat.

Obrázek 12: Izolinie s krokem 3 °C



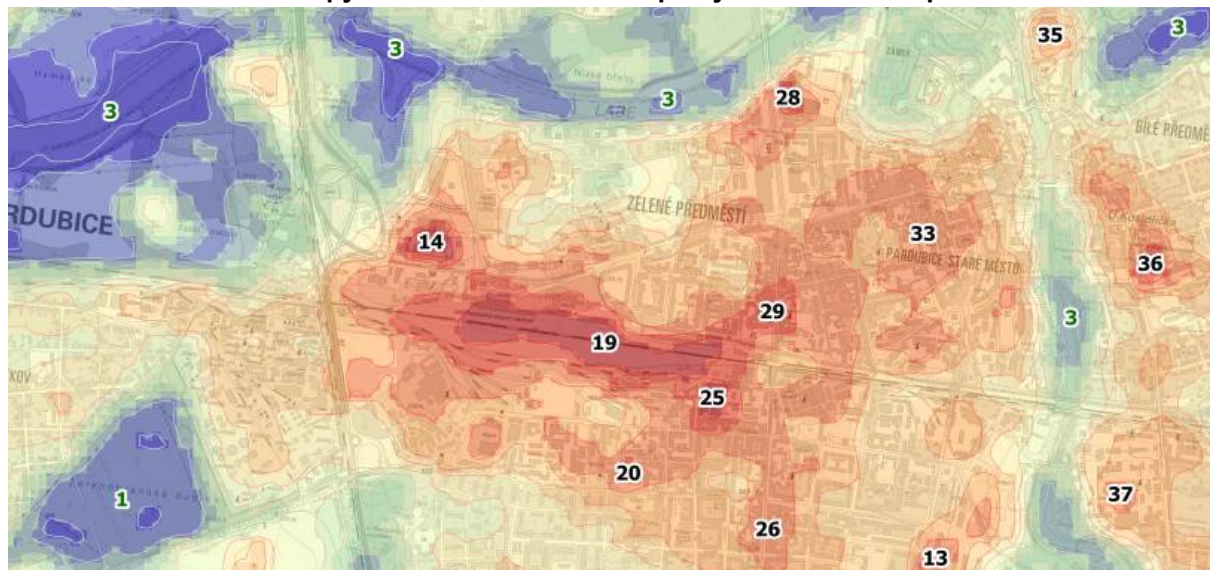
3.2.4 Identifikace hlavních tepelných a chladících ploch

Na základě teplotních dat ze dne 26. 6. 2019 byly identifikovány hlavní tepelné plochy (plochy výrazně teplejší, než okolí) a hlavní chladící plochy (plochy výrazně chladnější, než okolí). Tyto plochy můžeme také nazvat plochy s tepelným respektive chladícím účinkem.

Teplné a chladicí plochy byly identifikovány ve formě bodu umístěného ve středu plochy, která tvořila lokální maximum nebo lokální minimum teploty.

Popis identifikovaných ploch se nachází v kapitole 3.3. Výsledek identifikace je zobrazen v mapě M.1

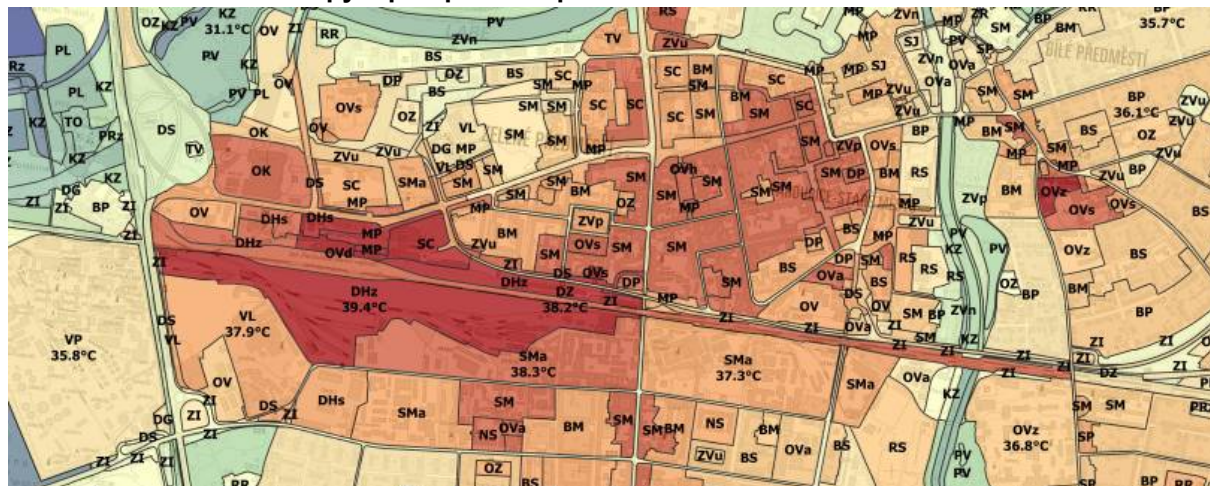
Obrázek 13: Ukázka z mapy identifikace hlavních tepelných a chladicích ploch



3.2.5 Teplota povrchu na plochy dle ÚP

Teplota povrchu ze dne 26. 6. 2019 v 11:44h dle snímku Landsat 8 byla propojena s vrstvou funkčních ploch územního plánu města. Každé funkční ploše města byla přiřazena průměrná hodnota teploty na základě tzv. zonální statistiky.

Obrázek 14: Ukázka z mapy teplot povrchu ploch dle ÚP



Výsledek je vizualizován v mapě M.3, popsán v kapitole 3.3 a dále interpretován v kapitole 4.

3.2.6 Šestiúhelníkový grid

Pro účely srovnání dat z jednotlivých termínů a standardizace vizualizace teplotních dat, byl vytvořen pravidelný šestiúhelníkový grid (hex) pokrývající celé zájmové území.

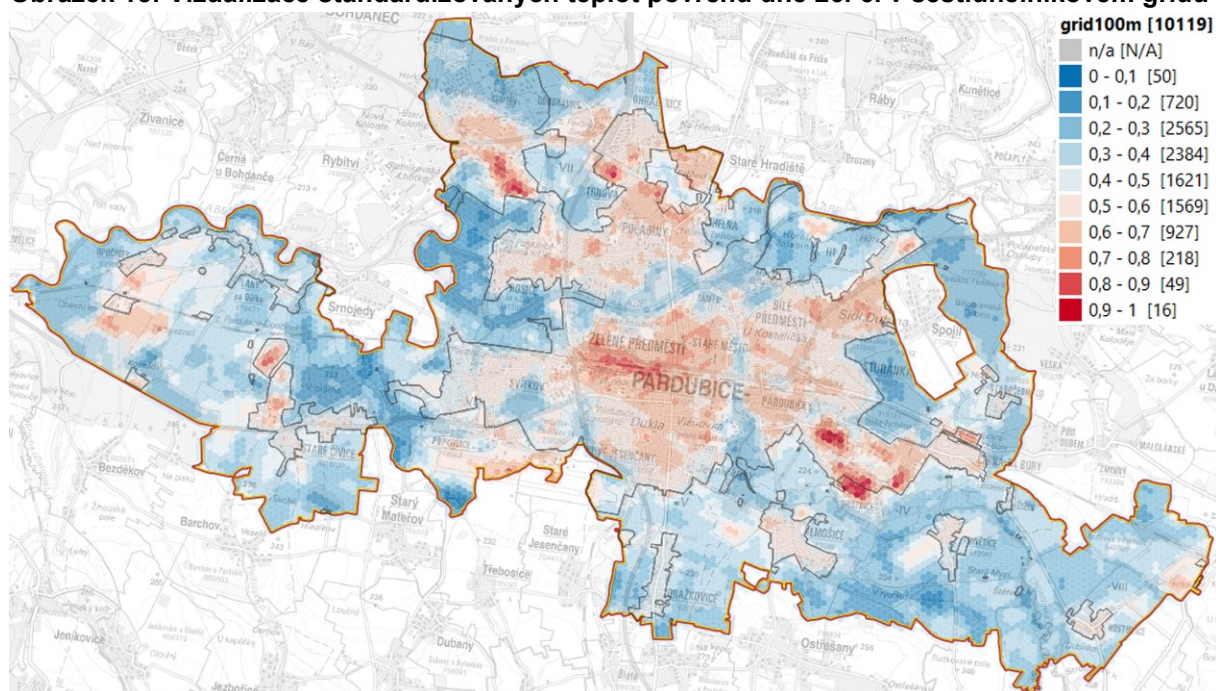
Grid je tvořen šestiúhelníky o velikosti na základě vepsaného kruhu o velikosti 100 m. Jednotlivé hrany mají přibližně 60 m. V zájmové ploše se nachází celkem 10119 takových šestiúhelníků, z nichž je 3961 v ploše zastavěného území a 6158 mimo zastavěné území (přiřazení na základě majority plochy).

V gridu byly provedeny následující analýzy:

- Stanovení teploty povrchu na základě hodnot v daném termínu
- Výpočet standardizovaných hodnot teploty povrchu v daném termínu
- Výpočet odchylek standardizovaných hodnot teplot povrchu od průměrné teploty zastavěného území
- Výpočet průměru standardizovaných hodnot ze všech termínů (s vynecháním listopadu, kdy byly teploty nízké)

Poznámka: Hodnoty teplot jsou z důvodu drobné oblačnosti na ploše některých šestiúhelníků znehodnoceny. Hodnoty takových šestiúhelníků byly změněny na hodnotu -1 a průměrné hodnoty v daném termínu nezapočítávány.

Obrázek 15: Vizualizace standardizovaných teplot povrchu dne 26. 6. v šestiúhelníkovém gridu



3.2.7 Analýza vývoje teplot

V rámci projektu bylo staženo a zpracováno 6 teplotních snímků v různých termínech. Z nich se měla vytvořit mapa vývoje a srovnání teplot a vrstva průměrné teploty. Výsledkem je mapa M.2, která nezobrazuje teplotu povrchu v absolutních hodnotách, ale v relativních hodnotách zdůrazňující rozdíly teplot povrchu, a to v šestiúhelníkovém gridu.

Pro účel srovnání dat z různých termínů, a tedy z různých časových rozsahů, byla data všech 6 teplotních snímků převedena z °C na standardizované hodnoty v rozsahu od 0 do 1, a to metodou Min-max. Pro příklad: ve dne 3. 6. hodnota 0 reprezentuje minimální teplotu gridu, která se v zájmovém území vyskytuje a to je 23,7 °C a 1 reprezentuje maximální teplotu v zájmovém území a to je 43,9 °C.

Tabulka 4: Srovnání standardizovaných hodnot v rozsahu 0-1 s absolutními teplotami v daných termínech

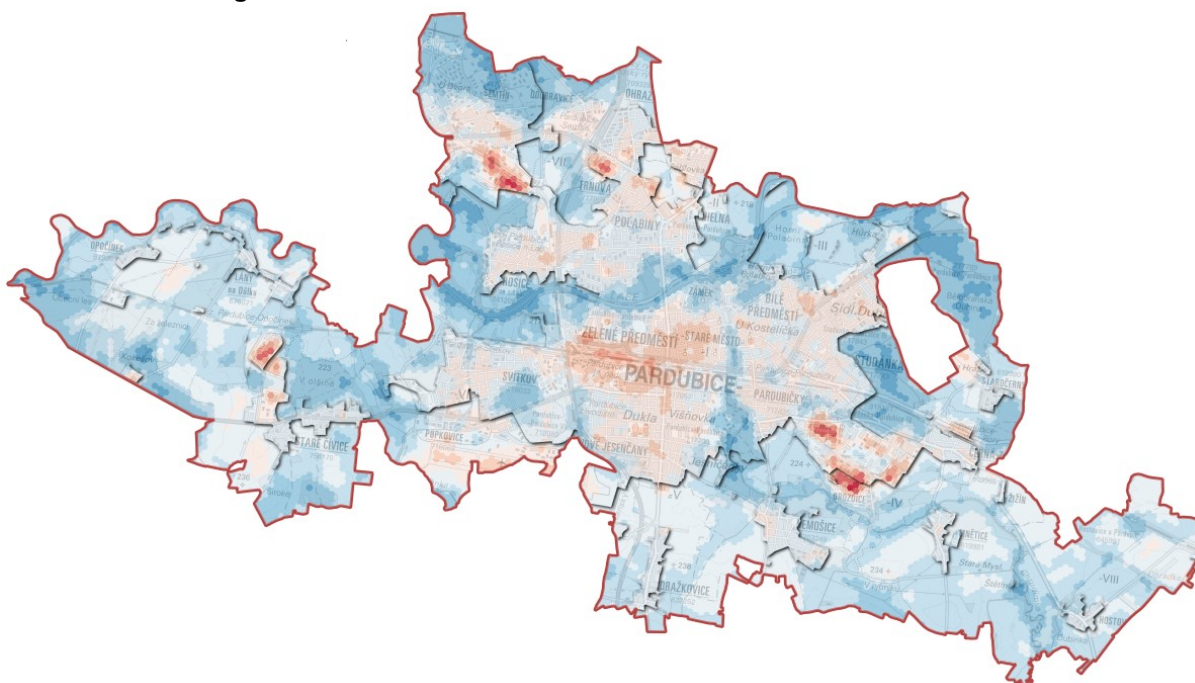
| Datum | Minimální teplota (hodnota 0) | Průměrná teplota (hodnota 0,5) | Maximální teplota (hodnota 1) | Směrodatná odchylka v zastavěném území |
|-------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--|
| 16. 4. 2019 | 15,4 °C | 22,4 °C | 29,5 °C | 1,7 |
| 3. 6. 2019 | 23,7 °C | 33,8 °C | 43,9 °C | 2,6 |
| 26. 6. 2019 | 26,1 °C | 34,8 °C | 43,5 °C | 2,4 |
| 6. 8. 2019 | 18,1 °C | 27,3 °C | 36,5 °C | 2,1 |
| 14. 9. 2019 | 16,4 °C | 24,2 °C | 32,0 °C | 2,0 |
| 1. 11. 2019 | 4,7 °C | 8,7 °C | 12,7 °C | 0,7 |

Největší variabilita povrchových teplot (v zastavěném území) byla analýzou směrodatných odchylek zjištěna v termínech 3. 6. 2019 a 26. 6. 2019. Na těchto dvou snímcích lze nejvíce sledovat rozdíly v teplotách ploch. Z těchto dvou byl termín 26. 6. 2019 zvolen jako referenční den proto, že obsahoval méně zemědělských tepelných ploch. Těmi se tato studie primárně nevěnuje a jejich velká přítomnost v celkové mapě by mohla odvádět pozornost od problémů tepelných ostrovů v intravilánu obce.

V uvedené tabulce je také patrný rozdílný charakter povrchových teplot dne 1. 11. Tento datum tedy nebyl brán v úvahu při sestavování průměrné teplotní mapy.

Průměrná teplotní mapa (součástí mapy M.2, také v šestiúhelníkovém gridu) vznikla součtem hodnot 5 termínů 16. 4. až 14. 9. a vydělení 5 (v případě oblačnosti mohlo do průměru vstupovat méně snímků, nejméně však 3).

Výsledkem průměrné mapy povrchových teplot je mapa bez zjevných extrémů (zejména na zemědělské ploše), na které vyniknou jen dlouhodobě přehřívané plochy.

Obrázek 16: Průměr zjištěných standardizovaných teplot povrchu ze snímků duben - září v šestiúhelníkovém gridu

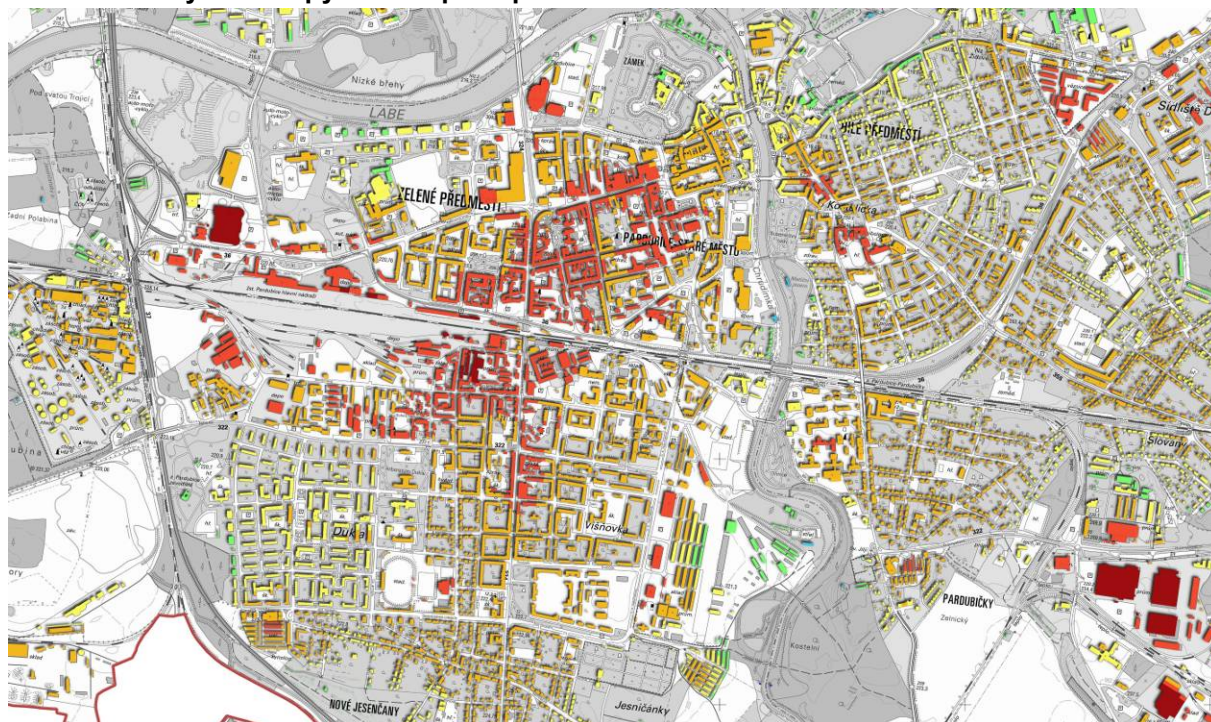
3.2.8 Teplota povrchu budov

Data o teplotách povrchu ze dne 26. 6. 2019 byla zonální statistikou propojena s dodanými vstupními daty budov (popsaných v kapitole 3.1.10).

Je nutno připomenout, že detail teplotních dat (100m/pixel) nepostačuje účelu přesného stanovení teploty povrchů na úrovni jednotlivých budov. Tato analýza poskytuje zprůměrované hodnoty teplot v místě výskytu budov.

Výsledek je prezentován v mapě M.5. Oproti mapám M.1 a M.3 byl ve pro přehlednost ve škále zvolen dvoustupňový rozestup teplot a barev.

Obrázek 17: Výřez z mapy M.5 – teplota povrchu budov



3.2.9 Analýza vývoje vegetace

Vizualizace souhrnného stavu vegetace v zájmovém území může sloužit jako podpůrný nástroj pro poznání příčin vzniku tepelných ploch, nebo naopak chladících ploch. Vzrostlá a zdravá vegetace zadržuje množství vody, zabraňuje přehřívání holých povrchů a přispívá příznivě pocitovému vnímání teploty člověka a celkové kvalitě života.

V zastavěném území obce se jedná především o městskou zeleň ve formě parků, stromořadí, ale i jednotlivých stromů, keřů a trávníků. Tato část studie poskytuje podpůrnou informaci, jak se stav městské zeleně proměňuje v průběhu sezóny.

V zemědělské ploše obce je stav vegetace závislý na člověkem plánovaný cyklus zemědělských činností. V případě orné půdy (cyklus orba – postupný růst vegetace – žně) přímo ovlivňuje stav vegetace a vývoj povrchových teplot. Tyto tepelné plochy pak mohou přímo ovlivňovat teplotu okrajových částí zastavěného území obce nebo vesnic.

3.2.9.1 Data ze satelitních snímků družice Sentinel 2

Pro stanovení stavu vegetace v jednotlivých termínech byly využity data družice Sentinel-2. Tato družice je provozována v rámci programu Copernicus financovaným EU a ve spolupráci s Evropskou kosmickou agenturou (ESA).

Sentinel-2 je reprezentována dvěma družicemi obíhající Zemi od roku 2015 (v roce 2017 byla vypuštěna druhá družice). Podobně, jako v případě Landsatu-8, mají i družice Sentinel-2 synchronizované přelety s rotací Země – dané místo na zemském povrchu přeletí vždy ve stejný čas. Perioda přeletu je velmi příznivá, 2-3 dny. Parametry spektrálních pásem jsou uvedeny v obrázku v kapitole 3.2.1.

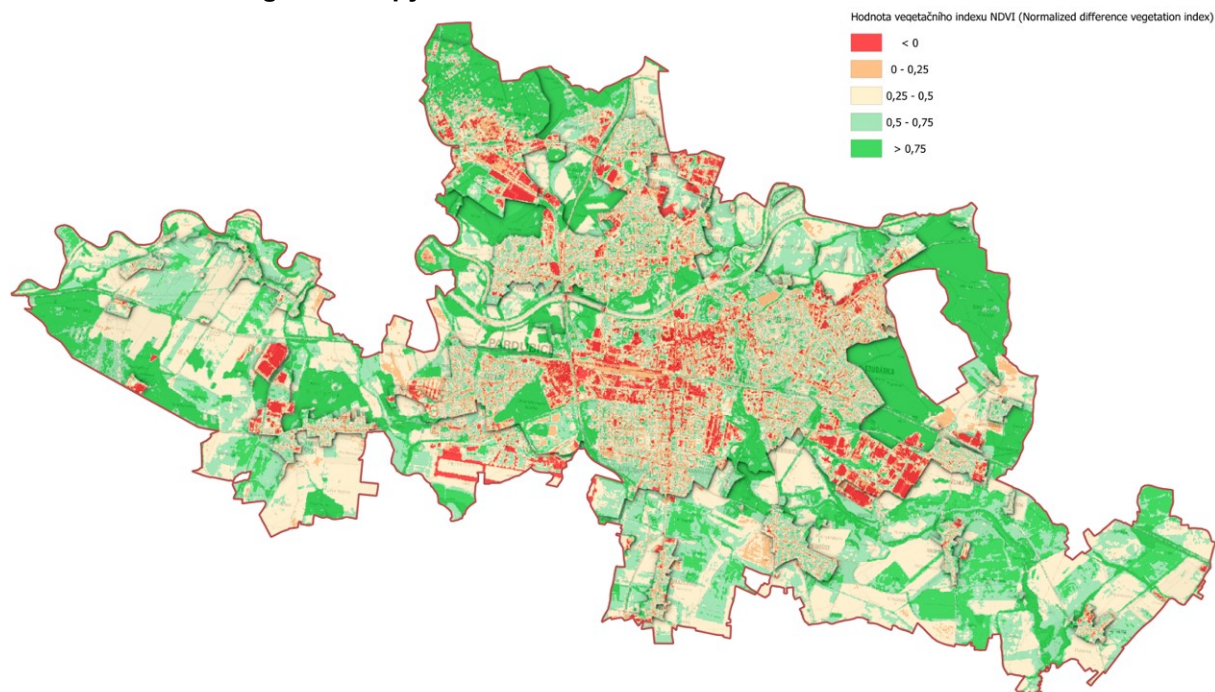
Data družice Sentinel-2 jsou poskytovány prostřednictvím mapového portálu [Copernicus Open Data Hub](#) a jsou zdarma.

Termíny snímků Sentinel-2 se co nejvíce blížily termínům snímků Landsat 8.

V rámci studie byly využity pásma 2, 3, 4 a 8, všechny s rozlišením 10 m na pixel. Byly vytvořeny barevné RGB kompozice a NDVI index (Normalized difference vegetation index). Ten byl vybrán jako vhodná reprezentace stavu vegetace a byl vypočítán vzorcem $(NIR-RED) / (NIR+RED)$. Výsledné hodnoty jsou v rozmezí teoreticky od -1 pro plochy zcela bez vegetace až po +1 pro zcela hustou zdravou vegetaci.

V rámci studie byla použita škála <0; 0-0,25; 0,25-0,5; 0,5 – 0,75; >0,75, která je jednotná pro všechny uvedené termíny a umožňuje srovnání.

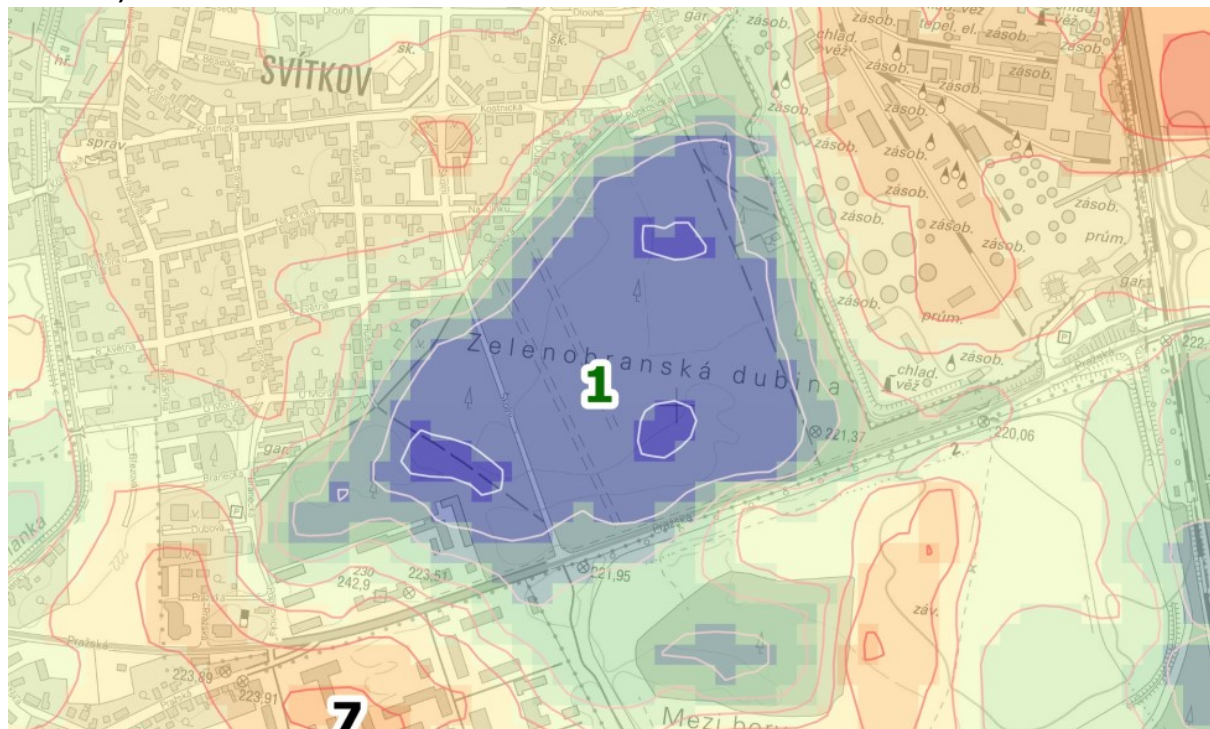
Obrázek 18: Stav vegetace mapy ve dne 26. 6. 2019



Tabulka 6: Plochy s chladícím účinkem dle převládajícího typu a jejich počty v zájmovém území

| Typ tepelné plochy | Počet ploch v zastavěném území | Počet ploch mimo zastavěné území |
|--------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| přírodní plocha | 9 | 22 |
| zemědělská půda | | 15 |

Obrázek 20: Příklad plochy s chladícím účinkem (přírodní plocha Zelenobranská dubina ve Svítkově)



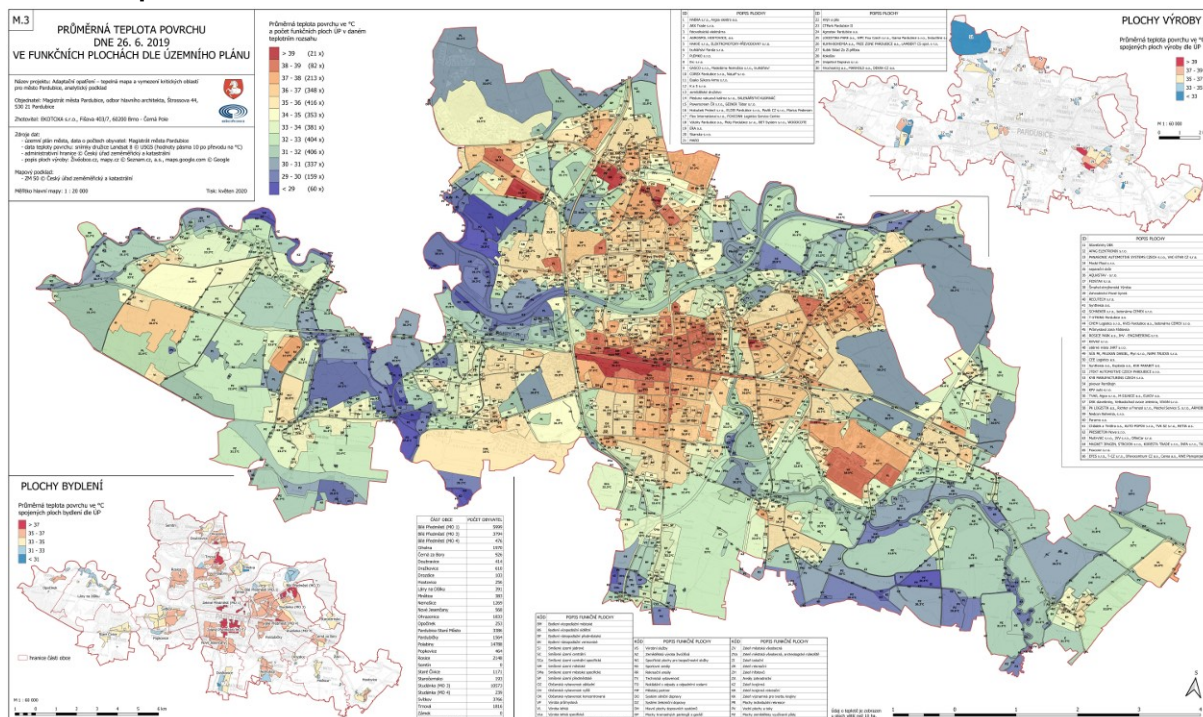
3.3.2 Identifikace zranitelných oblastí z hlediska funkčních ploch dle územního plánu

Data o teplotách povrchů ze dne 26. 6. 2019 byla propojena metodou zonální statistiky na vstupní vektorové data funkčních ploch územního plánu (celkově jich bylo 3180). Každé ploše byla vypočítána průměrná teplota povrchu.

Je třeba si uvědomit, že výsledné hodnoty jsou průměry daných ploch, což má za následek určité rozředění vysokých teplot např. u větších výrobních areálů obsahující ne bezvýznamné plochy vegetace (Synthesia, Explosia).

Výsledkem je mapa M.3 zobrazující funkční plochy v zájmovém území v barevné škále od méně než 29 °C po 1°C až do 39 °C a více.

Obrázek 21: Náhled mapy M.3 – průměrné teploty povrchu dne 26. 6. ve funkčních plochách dle územního plánu



Součástí mapy je výběr dvou specifických typů funkčních ploch:

- výrobních ploch – včetně identifikace jednotlivých výrobních ploch a podnikatelských subjektů (identifikace z dostupných veřejných zdrojů),
- ploch bydlení – sdružených do větších souvislých celků a včetně propojení na údaje o počtech obyvatel.

Kromě map a surových dat jsou informace prezentovány rovněž formou tabulek T.1.

3.3.3 Vývoj vegetace s ohledem na nárůst teplot

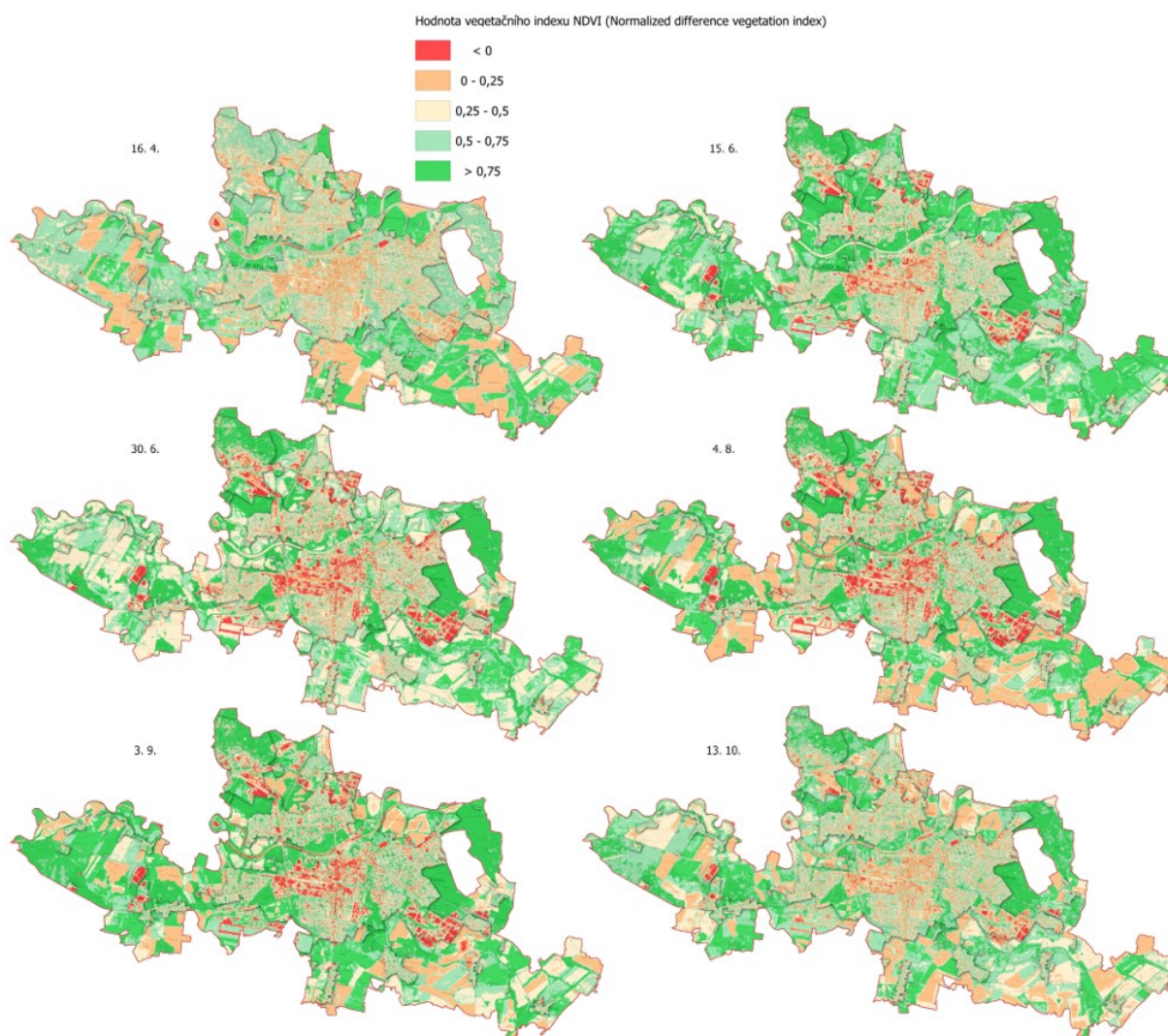
Mapa M.4 zobrazuje stav vegetace dle NDVI (normalized differenced vegetation index) v uvedené škále v 6 termínech: 16. 4., 15. 6., 30. 6., 4. 8., 3. 9. a 13. 10., všechny v roce 2019.

V mapě je také zobrazena jedna RGB kompozice z data 30. 6., která slouží pro srovnání vzhledu povrchu a ilustraci, jak spolu korespondují typy povrchů a NDVI hodnoty. Je vhodné srovnat především ornou půdu v různých stádiích vegetace s její hodnotou NDVI. (Součástí výstupu jsou také zpracovaná data s přesnými hodnotami.)

Z uvedené mapy M.4 jsou patrné zejména dva trendy:

- variabilita vegetačního pokryvu zemědělské půdy v průběhu sezóny způsobené výhradně agrotechnickými rozhodnutími,
- postupné snižování hodnoty vegetačního indexu od jara do léta v centrální části Pardubic způsobené teplejším a sušším počasím a schnutím vegetace a následně jeho regenerace na říjnovém snímku.

Obrázek 22: Vývoj stavu vegetace v termínech mezi dubnem – říjnem 2019, vyjádřeným vegetačním indexem



4 ZRANITELNÉ OBLASTI, JEJICH ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA A DOPORUČENÍ K ADAPTACÍM

Cílem analýz byla identifikace zranitelných ploch ve městě vůči vysokým teplotám. Metodický postup a hlavní výsledky jsou stručně popsány v předchozí kapitole.

Tato část se zabývá základní charakteristikou nejvíce problémových (typů) ploch, následně jsou k nim uvedena základní doporučení pro lepší adaptaci na vysoké teploty.

V následném popisu je vycházeno z termálního snímku z 26. června 2019.

4.1 LOKALITY NEJVÍCE OVLIVNĚNÉ VYSOKÝMI TEPLOTAMI

Lokality nejvíce ovlivněné vysokými teplotami jsou plošně lokalizovány v **Mapě M.1 Teplota povrchu** včetně jejich identifikace. Obecněji se jedná především o tyto oblasti:

- A) Oblast hlavního nádraží a okolního prostoru
- B) Oblast historického centra města Pardubice
- C) Oblast dnešního širšího centra města – tj. širšího prostoru mezi hlavním nádražím, Starým městem, Zeleným předměstím a oblastí Višňovky
- D) Výrobní a skladovací lokalita u ulice Průmyslová
- E) Další lokality místního významu, jako jsou:
 - a. Hypermarkety, supermarkety a parkovací plochy na ně navazující
 - b. Výrobní a skladové plochy – např. lokality v Semtíně
 - c. Uliční profily bez zeleně
 - d. Další větší zastavěné plochy s parkovišti

Tyto plochy jsou vyznačeny, lokalizovány a popsány v Mapě č. 1 Teplota povrchu.

4.1.1 Lokality s chladícím účinkem

V rámci celého území města Pardubice jsou nejchladnějšími lokalitami oblasti vodních toků a ploch, lesa a krajinné zeleně. V rámci zástavby města jsou klíčové větší i menší parkové plochy a plochy vegetace podél vodních toků.

Z hlediska samotné centrální části města jsou klíčové tyto plochy:

- **Řeka Chrudimka a okolní vodní plochy, parky a zeleň podél ní** – zasahují přímo do centrální části města
- **Řeka Labe a okolní vodní plochy a zeleň** – taktéž přímo dostupné z centra města
- **Lokalita zámku Pardubice**
- **Menší parkové plochy v centrální části města**

Lokálně mají velmi důležitou roli menší parčíky v centrální části města (např. náměstí ČS. Legií), celoplošně je velmi významná zeleň ve vnitroblocích a také na sídlištích. Sídlištní oblasti v Pardubicích disponují vysokým množstvím zeleně, která tyto oblasti ochlazuje a teplota je zde nižší než v centrální části města.

Řeky Chrudimka a Labe a zeleň v jejich okolí jsou klíčovými oblastmi z hlediska teplot a také optimálním místem pro obyvatele města v období vln veder, neboť teploty jsou zde výrazně nižší oproti centru. Tyto oblasti by měly být chráněny a dále rozvíjeny, podporována by měla být především rekreační/volnočasová funkce, sportovní aktivity a další.

Mimo tyto oblasti je žádoucí zejména:

- Dostatečná péče o veřejnou zeleň na veřejných prostranstvích, sídlištích a parcích
- Ochrana a zachování zeleně ve vnitroblocích
- Zachování zeleně při výstavbě parkovacích ploch a rekonstrukcích ulic a veřejných prostranství.

4.2 LOKALITY NEJVÍCE OVLIVNĚNÉ VYSOKÝMI TEPLOTAMI DLE FUNKČÍCH PLOCH ÚZEMNÍHO PLÁNU

Lokality nejvíce ovlivněné vysokými teplotami v rozdělení na funkční plochy dle územního plánu jsou plošně lokalizovány v **Mapě č. 3 Průměrná teplota povrchu dne 26. 6.2019 ve funkčních plochách dle územního plánu.**

Níže uvádíme tabulku, která shrnuje vysokými teplotami nejvíce ovlivněné funkční plochy dle územního plánu města. Plochy byly pro zjednodušení agregovány do větších sobě skupin.

Ze vzájemného srovnání mají největší povrchovou teplotu tyto typy ploch:

- městský parter
- smíšené území
- občanská vybavenost
- bezpečnostní složky
- bydlení
- výroba

Plošně nejrozsáhlejší jsou smíšená území (jádrová, centrální, městské, příměstské) a plochy občanské vybavenosti (základní, vyšší, koncentrovaná). Městský parter je plošně menšího rozsahu a je součástí veřejných prostranství (ulic, náměstí, parkovišť aj.). Mezi plochy s funkcí bezpečnostní lze zařadit např. areál věznice, vojenské letiště a objekty Ministerstva obrany, tj. uzavřené lokality plošně menšího rozsahu ve speciálním režimu.

Plochy bydlení jsou plošně rozsáhlejší, ale jejich teplota je z hlediska průměrných teplot v zastavěném území srovnatelná s průměrem. Do podrobnějšího hodnocení jsme z ploch bydlení vybrali pouze plošně rozsáhlou a z hlediska adaptací prostorově zajímavou lokalitu sídliště Dubina. Obdobné platí i o plochách výroby, kde teplotně vystupují pouze některé plošně rozsáhlejší areály (areál u ul. Průmyslová, Fáblovka aj.).

Tabulka 7: Skupiny funkčních ploch dle územního plánu a jejich teplotní charakteristiky

| FUNKČNÍ PLOCHY ÚP | | | TEPLOTA 26.6.2019 | | | | |
|-------------------|---------------------------|-------------|-------------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------|-------------------|
| KÓD | POPIS | VÝMĚRA (ha) | PRŮMĚRNÁ TEPLOTA | ODCHYLKA OD PLOCHY OBCE | ODCHYLKA OD ZA STAVĚNÉHO ÚZEMÍ | MINIMÁLNÍ TEPLOTA | MAXIMÁLNÍ TEPLOTA |
| MP | městský parter | 41 | 37,0 | +3,9 | +1,9 | 31,7 | 40,1 |
| S | smíšené území | 221 | 36,7 | +3,3 | +1,3 | 30,2 | 40,3 |
| O | občanská vybavenost | 288 | 36,0 | +3,0 | +1,0 | 29,8 | 42,4 |
| NS | bezpečnostní složky | 32 | 35,7 | +2,7 | +0,7 | 30,5 | 39,7 |
| B | bydlení | 1218 | 35,0 | +1,9 | -0,1 | 28,9 | 39,6 |
| V | výroba ^m | 739 | 34,9 | +1,8 | -0,2 | 28,3 | 44,7 |
| V | výroba ⁿ | 849 | 34,5 | +1,5 | -0,5 | 28,3 | 44,7 |
| D | doprava | 674 | 34,5 | +1,4 | -0,6 | 28,0 | 41,5 |
| Z | zeleň městská | 277 | 34,0 | +0,9 | -1,1 | 28,3 | 41,5 |
| R | rekreace a sport | 269 | 33,8 | +0,7 | -1,3 | 28,7 | 39,8 |
| T | technická vybavenost | 58 | 33,4 | +0,4 | -1,6 | 27,9 | 41,9 |
| PZ | zemědělsky využívaná půda | 2271 | 31,9 | -1,2 | -3,2 | 25,3 | 39,4 |
| K | zeleň krajinná | 854 | 31,3 | -1,7 | -3,7 | 26,7 | 40,4 |
| PL | les | 984 | 30,8 | -2,3 | -4,3 | 26,6 | 37,7 |
| PV | vodní plochy a toky | 230 | 30,7 | -2,3 | -4,3 | 27,1 | 36,9 |

Zdroj: Vlastní analýzy

4.3 MÍSTA S VYŠŠÍM VÝSKYTEM CITLIVÝCH SKUPIN OBYVATEL

Mezi zranitelné skupiny obyvatel z hlediska teplot patří senioři, chroničtí nemocní pacienti s kardiovaskulárními a obdobnými chorobami a malé děti. Byly proto podrobněji analyzovány objekty typu škol, domovů pro seniory a zdravotnická zařízení. Teplotně nejvíce ovlivněné objekty/lokality jsou uvedeny v tabulce.

Tabulka 8: Objekty s vyšším výskytem zranitelných skupin obyvatel z hlediska teplot

| Typ | NÁZEV ZAŘÍZENÍ | T 26.6.19 | Odchylka od průměru |
|-----------|--|-----------|---------------------|
| SŠ | Obchodní akademie, Štefánikova 325 | 39,6 °C | 4,5 |
| ZŠ | Základní škola Dubina, E. Košťála 870 | 39,0 °C | 3,9 |
| ZŠ | Základní umělecká škola škola Dubina, E. Košťála 870 | 39,0 °C | 3,9 |
| SŠ | Sportovní gymnázium Dašická 268 | 38,7 °C | 3,6 |
| SŠ | Gymnázium Dašická 1083 | 38,5 °C | 3,4 |
| VŠ | Univerzita Pardubice, náměstí Legií 565 | 38,3 °C | 3,2 |
| Senioři | Domov pro seniory U Kostelíčka Pardubice (Štrossova 357) | 38,3 °C | 3,2 |
| Nemocnice | Nemocnice Pardubického kraje, a.s., Pardubická nemocnice | 38,1 °C | 3,0 |
| ostatní | Základní umělecká škola, Gorkého 867 | 38,1 °C | 3,0 |
| ZŠ | ZŠ Pardubice, Štefánikova 448 | 38,1 °C | 3,0 |
| SŠ | Střední odborné učiliště plynárenské, Poděbradská 93 | 38,0 °C | 2,9 |
| SŠ | Anglické gymnázium a vyšší odborná škola, Gorkého 867 | 38,0 °C | 2,9 |
| Senioři | Domov pro seniory Dubina Pardubice (Blahoutova 646) | 36,9 °C | 1,8 |

Na základě analýzy termálních snímků byly jako příkladové objekty vybrány areál krajské nemocnice Pardubice a okolí Domova pro seniory v lokalitě U Kostelíčka s blízkým areálem Sportovního gymnázia a Gymnázia Dašická





V následných kapitolách jsou s ohledem na výše uvedené podrobněji z hlediska teplotních charakteristik hodnoceny tyto typy ploch:

- **Veřejná prostranství** – přednádražní prostor, vybrané ulice a prostory v centrální části města (včetně ploch typu městský parter)
- **Plochy občanské vybavenosti** – obchodní centra a parkovací plochy
- **Historické centrum města**
- **Hlavní plochy výroby**
- **Vybrané objekty s výskytem citlivých skupin obyvatel** – nemocnice, domovy pro seniory
- **Bydlení** – sídliště
- **Vybrané rozvojové plochy** – dle specifikace zadavatele

Pozn: Hodnocení je uváděno na vybraných příkladech ploch a objektů.

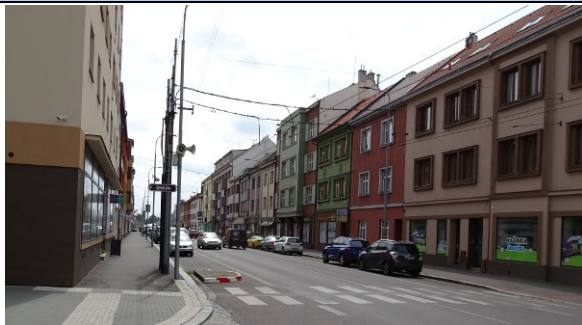

4.4 PŘÍKLADOVÉ HODNOCENÍ VYBRANÝCH TYPŮ PLOCH Z HLEDISKA VYSOKÝCH TEPLŮT A MOŽNOSTÍ ADAPTACÍ NA NĚ

4.4.1 *Plochy veřejných prostranství v centrální části města*





| | | |
|--|---|--|
| Plocha/lokalita | Prostor přednádraží (č. 19 dle mapy M.1) (se zahrnutím autobusového nádraží) | |
| Stávající využití | Veřejné prostranství před nádražím, autobusové nástupiště, autobusové nádraží, parkování | |
| Hlavní charakteristiky plochy z hlediska vysokých teplot | | |
| + Pozitivně působící prvky (chladící efekt aj.) | • Negativně působící prvky (efekt zvýšení teploty) | |
| <ul style="list-style-type: none"> + Nové výsadby zeleně a jednotlivé starší stromy + Větší prostor pro kořeny stromů + Vodní prvek v blízkosti - fontána + Část laviček vhodně umístěných u stromů + Typ povrchů umožňující dílčí vsak (dlažba) + Pravidelná zálivka stromů (zavlažovací vaky) | <ul style="list-style-type: none"> • Vysoké množství zpevněných povrchů • Místy chybějící zastínění (např. přední zastávky autobusu), řada laviček mimo stín zeleně • Nedostatek travních ploch • Plošně rozsáhlá železniční nástupiště a železniční objekty/budovy • Vysoká intenzita dopravy | |
| Doporučení a možnosti z hlediska adaptací na vysoké teploty | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ○ Potenciál v ozelenění střech – nad parkovištěm pro cyklisty, střecha nad nástupištěm MHD, zastřešení na autobusovém nádraží ○ Možnost využití OZE – fotovoltaických panelů na střechách uvedených objektů ○ Lepší propojení mobiliáře (laviček) s výsadbami zeleně ○ Zvýšení výšky stromové zeleně ○ Adaptační opatření na železničních budovách v případě budoucí rekonstrukce ○ Instalace pítek na frekventovaných lokalitách | | |
| Komentovaná fotodokumentace | | |
|  <p>Zeleň u laviček díky své poloze a výšce nestíní.</p> |  <p>Plochy objekt střechy u nástupiště MHD skýtá prostor pro zelenou střechu s ochlazujícím účinkem.</p> | |
|  <p>Vodní prvek a zeleň podél pěších komunikací – optimální řešení veřejného prostoru.</p> |  <p>Příklad optimálního propojení zeleně se stínícím účinkem, mikroklimatizačním účinkem a lavičkou</p> | |

4.4.1.1 Silniční komunikace s okolním parterem





Jedná se o lokality silničních komunikací s vyšší intenzitou automobilové dopravy a podélnými chodníky s vyšší frekvencí chodců, případně cyklistů. Okolní budovy poskytují kromě funkce bydlení také obchody a další služby. Ve sledovaném případě se jedná o silniční komunikace především v centrální části města, jako jsou např. ul. Jana Palacha, 17. listopadu a další. Teplotní režim ulice je ovlivňován i jejím nasměrováním, neboť zastínění je kvůli přítomnosti budov rozdílné u komunikací v S-J směru než u Z-V směru.

| Plocha/lokality | Ul. Jana Palacha |
|---|--|
| Stávající využití | Významná dopravní komunikace, pěší komunikace, služby, bydlení |
| Hlavní charakteristiky plochy z hlediska vysokých teplot | |
| + Pozitivně působící prvky (chladící efekt aj.) | • Negativně působící prvky (efekt zvýšení teploty) |
| <p>+ Protiváhu rozpáleným ulicím mohou pro rezidenty tvořit zelené vnitrobloky</p> <p>+ Občasné prvky mobilní zeleně, ale s velmi nízkým účinkem.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • S-J orientace ulice tvoří v období vln veder výšeň, ve které se koncentruje teplo z přímého slunečního záření a odražené teplo z povrchů a budov. • Vysoké množství zpevněných povrchů, tmavé asfaltové plochy • Vysoká intenzita dopravy a hluchost zhoršuje pohodu lidí, vytváření fotochemického smogu. • Minimum veřejné zeleně, minimální plochy trávníků, minimum chladících prvků • Veškerá dešťová voda je ihned odváděna kanalizací, nepřispívá k lepšímu mikroklimatu • Autobusové zastávky nezastíněny, minimum stínu celkově. • Velmi omezené možnosti úprav z důvodu OP technické infrastruktury. |
| Poznámka: Podobný charakter má více ulic v centrální části města. | |
| Doporučení a možnosti z hlediska adaptací na vysoké teploty | |
| <ul style="list-style-type: none"> ○ Maximální zachování stávající zeleně, pokud je přítomna, zajištění dostatečné plochy pro kořeny ○ V rámci rekonstrukcí prověřit možnosti výsadby nové zeleně, zajistit zelený pás alespoň podél jedné strany ulice s ohledem na směr slunečního záření ○ Provázet mobiliář se zelení, u zahrádek umožnit instalaci prvků mobilní zeleně, vyžadovat zastínění ○ Řešit možnosti zastínění zastávek MHD ○ Instalace pítek ○ Rozčlenění ploch pro parkování prvky zeleně – vyšší stromy. | |
| Komentovaná fotodokumentace | |
|  <p>Ul. J. Palacha - Typický uliční profil v širším centru města.</p> |  <p>Ulice čistě ze zpevněných povrchů a vyššími budovami okolo</p> |



4.4.2 Historické centrum města

| Plocha/lokality | Historické centrum (č. 33 dle mapy M.1) | |
|---|--|--|
| Stávající využití | Veřejné prostranství (náměstí), pěší zóna, služby, bydlení, veřejná správa | |
| Hlavní charakteristiky plochy z hlediska vysokých teplot | | |
| + Pozitivně působící prvky (chladící efekt aj.) | • Negativně působící prvky (efekt zvýšení teploty) | |
| <ul style="list-style-type: none"> + Stromová zeleň v ulicích bez trolejového vedení + Zklidněná doprava v historickém centru + Adaptační potenciál soukromých podniků (zahrádky) i institucí (rozsáhlé a často chladivé vnitřní prostory) + Typ povrchů umožňující dílčí vsak (dlažba, kostky), odvodňovací pásy + Revitalizace parku před Krajským úřadem s dostatkem zastínění i mobiliáře | <ul style="list-style-type: none"> • Vysoké množství zpevněných povrchů • Chybějící zastínění především stromovou zelení - (tam, kde je trolejové vedení, v ulicích s historickou zástavbou, u křižovatek na třídě Míru, u velkých budov na Masarykově nám. i na velkých prostranstvích (nám. Republiky, Pernštýnské nám.) • Pocitově větší vzdálenost od ploch veřejné zeleně • Nedostatek travních ploch | |
| Doporučení a možnosti z hlediska adaptací na vysoké teploty | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ○ Doplnění stromové zeleně, případně jiných stínících prvků ○ Zvýraznění stávající zeleně a vodních prvků v historickém centru ○ Vícepatrové řešení veřejné zeleně – doplnění keřového a bylinného patra pod vzrostlé stromy ○ Doplnění travnatých pásů u zpevněných ploch ○ Propojení centra s nábřežími podél Chrudimky například pěší lávkou ○ Propojení centrální pěší zóny a zeleně Tyršových sadů pasáží před Sukovou síní – zde doplnění o prvky modro-zelené infrastruktury ○ Rekonstrukce ul. Kostelní se zaměřením na využití vodního kanálu ○ Instalace zelených fasád ○ Instalace mobilní zeleně a zastínění (vyvýšené záhony, květináče, zelené zastřešení) na velkých prostranstvích ○ Instalace pitek a laviček na frekventovaných lokalitách | | |
| Komentovaná fotodokumentace | | |
|  <p>Chybějící zastínění křižovatky na třídě Míru - v ulicích i na budovách. Lze řešit například zelenými fasádami (budovy) a mobilní zelení a zastíněním (ulice).</p> |  <p>Nedostatečné využití zeleného i vodního prvku a potenciálu pro odpočinek před nákupním centrem v pěší zóně.</p> | |
|  <p>Nevyužití potenciálu stávající zeleně v historické zástavbě – strom lze doplnit např. o vyvýšený záhon a lavičky.</p> |  <p>Příklad optimálního řešení prostupné zeleně se stínícím a mikroklimatizačním účinkem a lavičkou.</p> | |

4.4.3 Obchodní centra a parkoviště



| Plocha/lokality | Obchodní centra Albert u nádraží a Kaufland (S. K. Neumanna) (č. 13 a 14 dle mapy M.1) | |
|---|---|--|
| Stávající využití | Příklady dvou obchodních center včetně navazujících parkovacích ploch | |
| Hlavní charakteristiky plochy z hlediska vysokých teplot | | |
| + Pozitivně působící prvky (chladičí efekt aj.) | | • Negativně působící prvky (efekt zvýšení teploty) |
| + Vyšší množství keřové a stromové zeleně (Albert) + Parkovací plochy přerušované prvky zeleně (Albert) + Sousedství větších ploch zeleně a vodních ploch (Albert) + Odstínění stromovou zelení od hlavní komunikace (Albert) + Bílá střecha (Albert) odrážející lépe záření | | <ul style="list-style-type: none"> • Plošně rozsáhlé budovy absorbující a vyzářující teplo • Minimum zeleně a travnatých ploch (Kaufland) • Plošně rozsáhlé parkovací plochy s žádným (Kaufland) nebo nízkým (Albert) zastíněním zelení • Nezastíněné zastávky MHD • Dešťová voda odváděna kanalizací |
| Poznámka: Plochy u Albertu a Kauflandu jsou svým charakterem odlišné, zejména v množství zeleně. V tomto ohledu jsou plochy u Albertu hodnoceny pozitivněji. | | |
| Doporučení a možnosti z hlediska adaptací na vysoké teploty (Pozn.: V tomto případě zejména pro případné nové plochy tohoto typu) | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ○ Uplatnění požadavků na však nebo využití dešťových vod ○ Rozčlenění ploch parkovišť zelení s vyšší výškou zeleně kvůli efektu stínění a mikroklimatu ○ Umožnění zvýšení výšky a rozsahu zeleně (parkoviště Albert) ○ Potenciál pro realizaci zelených střech a prvků popínavé zeleně na budovách ○ Doporučení pro vodní prvky a zeleně u hlavních vchodů ○ Potenciál pro využití OZE (fotovoltaika, solární kolektory) na střechách budov nebo parkovištích (FVE) ○ Izolační zeleň mezi obchodním centrem a hlavními komunikacemi | | |
| Komentovaná fotodokumentace | | |
|  |  | |
| Množství keřové a stromové zeleně u Albertu výrazně vyšší než u Kauflandu. Mírně zlepšuje mikroklima. | Zachovalý prvek (občasné průtočné?) zeleně na parkovišti u Albertu | |
|  |  | |
| Doporučit lze zastínění míst s vyšší koncentrací osob, např. zastávek MHD, zelení. | Parkoviště u Kauflandu – velká zpevněná plocha bez stínu a zeleně, v létě rozpálená | |

4.4.4 Plošně rozsáhlejší výrobní plochy





| | | |
|---|---|--|
| Plocha/lokalita | Výrobní plochy na ul. Průmyslová | |
| Stávající využití | Plochy výroby, logistická centra, zemědělská a potravinářská výroba | |
| Hlavní charakteristiky plochy z hlediska vysokých teplot | | |
| + Pozitivně působící prvky (chladící efekt aj.) | • Negativně působící prvky (efekt zvýšení teploty) | |
| <ul style="list-style-type: none"> + Větší vzdálenost od obydlených území – nižší míra působení na své okolí + V okolí areálu rozsáhlejší plochy zeleně s chladícím účinkem + Nízký výskyt zranitelných skupin obyvatel (převážně zaměstnanci) | <ul style="list-style-type: none"> • Plošně rozsáhlé budovy absorbující a vyzařující teplo • Minimum zeleně a travnatých ploch • Plošně rozsáhlé parkovací plochy s žádným nebo nízkým zastíněním zelení | |
| Poznámka: Jedná se o největší plochu tohoto typu. Ostatní se ve svých parametrech mohou lišit. | | |
| Doporučení a možnosti z hlediska adaptací na vysoké teploty (Pozn.: V tomto případě zejména pro případné nové plochy tohoto typu) | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ○ Uplatnění požadavků na vsak nebo využití dešťových vod ○ Rozčlenění ploch parkovišť zelení s vyšší výškou zeleně kvůli efektu stínění a mikroklimatu ○ Potenciál pro realizaci zelených střech a prvků popínavé zeleně na budovách ○ Potenciál pro využití OZE (fotovoltaika, solární kolektory) na střechách budov nebo parkovištích (FVE) ○ Vhodné plochy izolační zeleně mezi areály a okolní zástavbou. | | |
| Komentovaná fotodokumentace | | |
|  |  | |
| Rozsáhlé asfaltové plochy tmavých parkovišť významně zvyšují teplotu. | Kombinace větších budov a pozemků bez zastínění. Nové obdobné plochy doporučujeme řešit i s ohledem na teploty a zejména na efektivní nakládání s dešťovými vodami. | |

4.4.5 Místa s výskytem zranitelných skupin obyvatel



4.4.5.1 Areál Krajské nemocnice Pardubice

| Plocha/lokalita | Areál Krajské nemocnice Pardubice | |
|--|---|--|
| Stávající využití | Nemocniční areál | |
| Hlavní charakteristiky plochy z hlediska vysokých teplot | | |
| + Pozitivně působící prvky (chladící efekt aj.) | • Negativně působící prvky (efekt zvýšení teploty) | |
| + Vyšší množství keřové a stromové zeleně + Vyšší množství zelených ploch, trávníků + Sousedství větší plochy zeleně – parků podél řeky Chrudimky + Probíhá postupná rekonstrukce budov | <ul style="list-style-type: none"> • Vysoká a dlouhodobá koncentrace zranitelných skupin obyvatel – seniorů a chronicky nemocných • Při rekonstrukcích nejsou využívána adaptační opatření • V některých objektech nejsou využívány stínící prvky, hrozí přehřívání • Prvky zeleně nejsou v řadě případů s mobiliářem – stromy efektivně nestíní. | |
| Poznámka: Jedná se o krajské zařízení mimo přímou kompetenci města Pardubice. | | |
| Doporučení a možnosti z hlediska adaptací na vysoké teploty (Pozn.: V tomto případě zejména pro případné nové plochy tohoto typu) | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ○ Při průběžné obnově a revitalizacích zeleně zohledňovat potřebnost zastínění objektů a provazbu s mobiliářem a chodníky pro pěší. ○ Možnost instalace vodního prvku (typu fontány) ○ Potenciál pro využití OZE (fotovoltaika, solární kolektory) na střeších budov ○ Potenciál pro využití adaptačních opatření na budovách při rekonstrukcích – stínící prvky (žaluzie aj.), zelená střecha (s ohledem na statiku) | | |
| Komentovaná fotodokumentace | | |
|  |  | |
| Rekonstrukce budov je příležitostí pro adaptace | Ukázka vhodného využití stínících prvků na rekonstruovaných budovách – umožní lepší regulaci teploty v objektech v době horka. | |

4.4.5.2 Domov pro seniory, školní zařízení

| | | |
|--|--|--|
| Plocha/lokalita | Domov pro seniory U kostelíčka, areál Sportovního Gymnázia a Gymnázia Dašická, lokalita záměru domova pro seniory v ul. Sakařova | |
| Stávající využití | Domov pro seniory, školní zařízení | |
| Hlavní charakteristiky plochy z hlediska vysokých teplot | | |
| + Pozitivně působící prvky (chladící efekt aj.) | • Negativně působící prvky (efekt zvýšení teploty) | |
| <ul style="list-style-type: none"> + Dostatek stromové zeleně v okolních ulicích i před oběma areály + Dostatek travních ploch včetně nesečených pásů před budovou Gymnázia + Dostatek pouliční zeleně a odstíněná doprava v obytné zóně ul. Sakařova | <ul style="list-style-type: none"> • Vysoké množství zpevněných povrchů včetně malých nevyužitých ploch a nevhodných detailů (štěrkové retardéry namísto travnatých) • Chybějící zastínění u hlavní cesty Dašická směrem do centra města. • Nevyhovující stav budov. Při rekonstrukcích nejsou využívána adaptační opatření • S ohledem na vyšší výskyt zranitelných skupin v lokalitě chybí mobiliář k odpočinku, pítka • Zanedbaný prostor se zpevněnými i travními plochami před budovou Gymnázia bez funkčního mobiliáře. • Nedostatečný bezpečný venkovní prostor domova pro seniory • Neprostupnost areálů snižuje možnost využití zeleně | |
| Doporučení a možnosti z hlediska adaptací na vysoké teploty | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ○ Zastínění parkoviště u Sportovního gymnázia ○ Doplnění travnatých pásů a stromové zeleně podél hlavní ulice Dašická ○ Potenciál pro využití OZE (fotovoltaika, solární kolektory) na střeších budov ○ Potenciál pro využití adaptačních opatření na budovách při rekonstrukcích – stínící prvky (žaluzie aj.), zelená střecha), zelená fasáda, či alespoň menší zelené prvky ○ Úprava mobiliáře (lavičky, pítka, odpočívadla) – podél hlavní cesty, ve zklidněné obytné zóně (procházková zóna), v parku U Kostelíčka (obslužná zóna) ○ Propojení části venkovního areálu gymnázií s domovem pro seniory ○ Zpřístupnění zeleně před budovami gymnázií pro studenty, seniory i kolemjdoucí do podoby veřejného parku – zapojení jednotlivých skupin například komunitním sadem/zahradou. ○ Doplnění zelených retardérů a zklidnění dopravy v lokalitě ○ Rekonstrukce parkoviště před domovem pro seniory na zelenou zahradu se vzrostlými stromy ○ Rekonstrukce parku U Kostelíčka v bezpečný a bezbariérový prostor | | |
| Komentovaná fotodokumentace | | |
|  <p>Venkovní zelený prostor domova pro seniory je omezen. Parkoviště je vhodné přebudovat na zahradu.</p> |  <p>Ukázka vhodně řešené pouliční zeleně – odstínění chodníku i budovy.</p> | |
|  <p>Adaptační opatření na budovách lze realizovat i na menších plochách – zde je možným řešením systém menších zelených střešů a vertikální zeleně</p> |  <p>Vhodně odstíněné parkoviště vzrostlými stromy a zelenou fasádou domu</p> | |

4.4.6 Bydlení – sídliště

| | |
|--|---|
| Plocha/lokalita | Sídliště Dubina (č. 48 dle mapy M.1) |
| Stávající využití | Bydlení, veřejná zeleň |
| Hlavní charakteristiky plochy z hlediska vysokých teplot | |
| + Pozitivně působící prvky (chladící efekt aj.) | • Negativně působící prvky (efekt zvýšení teploty) |
| <ul style="list-style-type: none"> + Dostatek travnatých ploch i stromů mezi domy + Zastínění některých budov stromovou zelení + Centrální zelená část sídliště s páteří sítí stezek/cyklostezek + Blízkost příměstského lesa a jeho dostupnost + Zklidněná doprava | <ul style="list-style-type: none"> • Chybějící funkční využití zeleně především mezi domy – ani odpočinkové, ani okrasné, ani ekologické, ani stínící + chybějící adekvátní mobiliář • Chybějící zastínění parkovišť a cesty k nákupní zóně na ul. Hůrka – chybějící stromová zeleň • Některé budovy nejsou „zateplené“ - jsou před rekonstrukcí |
| <p>Poznámka: Jedná se o typické zelené sídliště. Zeleně je zde dostatek, avšak mobiliář chybí nebo je nevládný. Zeleň nenaplňuje potenciál svých funkcí a neplní pro obyvatele chladící funkci na maximum. Obyvatelé musí z domu do zeleně vyrazit, a to často přes otevřený nezastíněný prostor. Zeleň nelze využít přímo mezi domy. To je problém především pro starší lidi</p> | |
| Doporučení a možnosti z hlediska adaptací na vysoké teploty | |
| <p>Koncepční zpracování území z hlediska adaptačního potenciálu a naplňování funkcí pro obyvatele, např:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Odpočinková a setkávací funkce dostupná rovnoměrně na všech místech sídliště – zeleň blíže lavičkám, lavičky ke stromům, obyvatele zapojit do zeleně mezi domy – chodníky, aktivity, pítka ○ Stínící funkce – stromy nebo další odstínění mezi auta a plochy s největším provozem, participativní program podporující zeleň v balkonech domů ○ Atraktivní prostorově zacílený mobiliář (není nutné mít vše před každým domem) – dětské hřiště, specifický prostor pro seniory (např. šachové stoly), participativní program podporující vznik komunitní zahrady nebo rozvoje předzahrádek ○ Estetická a ekologická funkce - rozšíření trvalkových záhonů podél komunikací, zamezení „temným místům/zkratám“. ○ Potenciál mikro OZE řešení (spíše k nabíjení mobiliáře, než budov) a zelených střech na zastřešených parkovištích ○ Instalace většího vodního prvku – jezírko | |
| Komentovaná fotodokumentace | |
|  <p>Typický sídlištní travnatý pás se stromovou výsadbou – nefunkční místo, které bude mít za mnoho let pouze stínící funkci pro několik bytů. Ideální prostor pro velký trvalkový záhon i participativní zeleň.</p> |  <p>Travnatý pás ani strom nelze nijak využít. Lavička je na plném slunci.</p> |

| | |
|---|---|
|  |  |
| <p>Když lze zastínit kontejnery, je možné zastínit i parkoviště</p> | <p>Nevhodně řešené místo se vzrostlou zelení - potenciálně nebezpečné („temný průchod, keře). Nevýhodný dětský mobiliář lze proměnit na odstíněný prostor setkávání. Atraktivní dětské hřiště lze koncentrovat pro více bloků na jiném místě.</p> |
|  |  |
| <p>Chybějící zastínění chodníku propojujícího sídliště s nákupní zónou.</p> | <p>Krásně zastíněné budovy a chodníky. Zelený prostor je však nevyužit.</p> |
|  |  |
| <p>Nefunkční prostor – lavičky nejsou zastíněny stromem. Ideální příležitost pro vodní prvek – např. chladicí brouzdaliště na promenádě</p> | <p>Estetický i ekologický prvek – vhodné řešení k zapojení jednotlivých pater zeleně</p> |

4.4.7 Vybrané rozvojové lokality

V této části jsou hodnoceny vybrané potenciálně rozvojové lokality z hlediska teplot a adaptací na změny klimatu. Není zde hodnocen současný stav, pouze navržen doporučení a aspekty, které lze z hlediska adaptací zohledňovat.

| Plocha/lokality | Roh ulic Hlaváčova a Palackého třída |
|---|--|
| Stávající využití | Travnaté plochy a zeleň – plocha určená k zástavbě |
| Doporučení a možnosti z hlediska adaptací na vysoké teploty | |
| <ul style="list-style-type: none"> ○ Zajistit zastínění (optimálně zelení) na chodníku podél Palackého třídy a Hlaváčovy ○ Zvážit možnost zachování části stávající vzrostlé zeleně ○ Zajistit využití nebo vsak dešťových vod ○ Předpoklad výstavby v nízkoenergetickém nebo pasivním standardu – vyšší potenciál využití OZE ○ Realizace adaptačních opatření na budovách ○ Provéřit možnost realizace podzemního parkoviště kvůli efektivnějšímu využití plochy ○ Podporovat rekonstrukci stávající budovy Depa (pošta) s možností realizace zelené střechy | |

Komentovaná fotodokumentace



Vhodné zajistit zastínění frekventovaného chodníku







Při případné rekonstrukci budovy lze využít řadu adaptačních opatření

| | |
|---|---|
| Plocha/lokalita | Roh Masarykovo náměstí a roh nábřeží Závodu Míru |
| Stávající využití | Travnaté plochy a zeleň – plocha určená k zástavbě |
| Doporučení a možnosti z hlediska adaptací na vysoké teploty | |
| <ul style="list-style-type: none"> ○ Zajistit zastínění zelení na chodníku podél hlavních komunikací ○ Zajistit využití nebo vsak dešťových vod ○ Předpoklad výstavby v nízkoenergetickém nebo pasivním standardu – vyšší potenciál využití OZE ○ Realizace adaptačních opatření na budovách ○ Provéřit možnost realizace podzemního parkoviště kvůli efektivnějšímu využití plochy ○ Odstínění zelení od hlavních komunikací | |
| Komentovaná fotodokumentace | |
| | |
| <p>Rozvojová lokalita v centru města. Potenciál pro ukázkový projekt a realizaci v centru města.</p> | |

| | |
|--|--|
| Plocha/lokality | Sukova třída – parkoviště u zimního a fotbalového stadionu |
| Stávající využití/Návrh | Parkovací plocha – předpoklad výstavby parkovacího domu |
| Doporučení a možnosti z hlediska adaptací na vysoké teploty | |
| <ul style="list-style-type: none"> ○ Zajistit využití nebo vsak dešťových vod – např. pro využití v daném objektu nebo zálivku okolních ploch ○ Potenciál využití OZE - fotovoltaika ○ Doporučena realizace zelené střechy z důvodu lepšího mikroklimatu, zadržení dešťové vody a estetického působení k okolí – protiváha okolních objektů stadionu a obytných budov, které vyzařují teplo. ○ Zachovat odstínění zelení od ul. Sukova | |
| Komentovaná fotodokumentace | |
|  |  |
| Optimálně umístěná zeleň mezi hlavní komunikací a cyklostezkou. Žádoucí zachovat, možnost doplnění keřového a bylinného patra. | Záměr výstavby parkovacího domu. Doporučeno využít zelenou střechu pro zlepšení mikroklimatu, zadržení vody a jako protiváhu rozsáhlým okolním objektům. |

| | |
|---|--|
| Plocha/lokality | Areál kasáren T. G. Masaryka |
| Stávající využití/Návrh | Bývalá kasárna – záměr zástavby, rekonstrukce ul. Pod Břízkami (areál s řadou nevyužívaných budov, velkými zpevněnými plochami a aktuálně záchytným parkovištěm) |
| Doporučení a možnosti z hlediska adaptací na vysoké teploty | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Potenciál pro přestavbu areálu a realizaci ukázkového projektu moderní architektury • V rámci rekonstrukce ul. Pod Břízkami zachovat/obnovit stávající liniovou zeleň podél komunikací, případně umožnit zadržení/zásak dešťových vod v okolních travnatých plochách • V rámci stanovení regulativů a přípravě investic nebo při jednání s investory lze z hlediska adaptací na vysoké teploty doporučit: <ul style="list-style-type: none"> • Rekonstrukci budov nebo novou výstavbu v nízkoenergetickém/pasivním standardu • Zajistit přednostně využití nebo vsak dešťových vod • Využití propustných povrchů na parkovištích • Soustavu adaptačních opatření na budovách (možnosti viz příloha) • Dostatečné množství zeleně na veřejných prostranstvích, prostor pro park • Efektivní řešení mobiliáře s ohledem na zastínění • Instalaci vodního prvku v rámci veřejných prostranství (fontána, jezírko na dešťovou vodu aj.) • Vyžadovat podzemní parkoviště/garáže v rámci budov kvůli efektivnějšímu využití ploch. | |
| Komentovaná fotodokumentace | |
|  |  |
| Areál dnes využit jako záchytné parkoviště. | Prostor pro realizaci ukázkového projektu moderní architektury. |

| | |
|---|---|
| Plocha/lokality | Garážová stání – Pardubičky (Průmyslová), ul. Pod vinicí |
| Stávající využití | Plochy garáží, garážové lokality obecně |
| + Pozitivně působící prvky (chladící efekt aj.) | • Negativně působící prvky (efekt zvýšení teploty) |
| + Plochy povrchů spíše nezpevněné + Možný zásak dešťových vod | <ul style="list-style-type: none"> • Plochy střech, často s tmavým povrchem • Nižší estetický vzhled, občas ve vazbě na obytnou zástavbu |
| Doporučení a možnosti z hlediska adaptací na vysoké teploty | |
| <ul style="list-style-type: none"> ○ Potenciál pro realizaci drobných a snadno realizovatelných ploch extenzivních zelených střech – jednodušší realizace, zlepšení mikroklimatu, zadržení dešťové vody, zlepšení estetického vzhledu. | |
| Komentovaná fotodokumentace | |
|  <p>Pardubičky – povrchy nezpevněny, porostlé vegetací. Malé extenzivní zelené střechy poměrně snadno zrealizovatelné.</p> |  <p>Garážová stání Pod vinicemi – garáže se nachází přímo pod obytnými domy. Kromě zmíněných funkcí může realizace zelené střechy okrášlit i celkový prostor.</p> |

| | |
|--|--|
| Plocha/lokality | Věžnice a okolí (č. 41 dle mapy č. 1) |
| Stávající využití | Věžnice a především bytové domy v okolí |
| Doporučení a možnosti z hlediska adaptací na vysoké teploty | |
| <ul style="list-style-type: none"> ○ Doplnění stromové zeleně na ul. Věry Junkové ○ Doplnění travnatých ploch před bytové domy i do vnitrobloků ○ V areálu věžnice možnost realizace komunitní zahrady a dalších forem participativní zeleně ○ Doplnění keřového a bylinného patra v parku na Husově ul. ○ Požadovat částečnou prostupnost a/nebo zelené vnitrobloky u novostaveb bytových domů ○ Využití zelených fasád a střech u novostaveb i rekonstrukcí. | |
| Komentovaná fotodokumentace | |
|  <p>I soukromé vnitrobloky mohou být zelené – starší bytové domy v lokalitě</p> |  <p>Chybějící stromová zeleň na ulici Věry Junkové</p> |

PŘÍLOHA Č. 1: KATALOG PŘÍKLADŮ VYBRANÝCH ADAPTAČNÍCH OPATŘENÍ Z HLEDISKA ZVÝŠENÝCH TEPLOT

Tato část obsahuje katalog typových nejčastějších adaptačních opatření uplatnitelných v rámci adaptací na vysoké teploty. Cílem katalogu je představit podrobněji možnosti adaptací, které úspěšně fungují v jiných – především českých – městech a inspirovat realizaci konkrétních projektů i jinde, např. v Pardubicích.

Katalog u jednotlivých opatření obsahuje:

- stručný popis opatření včetně možných variant technických řešení
- příklady konkrétních úspěšných projektů
- výhody a nevýhody jednotlivých řešení
- odkazy na relevantní zdroje informací

Přehled katalogových opatření

- Zelené střechy, zelené fasády budov a vertikální zahrady
- Odrazivé materiály a povrchy
- Pítky, jezírka, kašny
- Stínící prvky
- Péče o veřejnou zeleň ve městě

Zelené střechy, zelené fasády budov a vertikální zahrady

Střechy budov osázené zelení dělíme podle způsobu využití na extenzivní (ploché a šikmé) zelené střechy a intenzivní zelené střechy (nebo také intenzivní zahrady).

Extenzivní ploché zelené střechy jsou zpravidla osázené jednoduchou suchomilnou vegetací, adaptovanou na extrémní podmínky (vítr, nedostatek vláhy, přímé sluneční záření) a schopné se samovolně rozrůstat a regenerovat (např. suchomilné trávy, byliny a mechy, netřesky a rozchodníky). Mocnost substrátu extenzivních střech je mezi 6 až 15 cm a vyznačuje se nedostatkem živin s nepravidelným přísunem vláhy. Nasákavost substrátu by se měla pohybovat okolo 30 %.

Extenzivní šikmé zelené střechy představují extenzivní střechu se sklonem. Jsou osázené stejnou vegetací jako ploché extenzivní střechy, Střecha musí být podle sklonu ale zajištěna tak, aby vlivem gravitace nedocházelo ke „stékání“ vegetace a substrátu. U střech se sklonem do 15° nejsou zábrany nutné, v případě strmějších střech do 30° je nutné použít zábrany proti sjíždění vrstev. Nejvhodnější je využít volně ležící prvky tak, aby se případným kotvením zábrany do střechy nepoškodila její hydroizolační vrstva. Střechy se sklonem nad 30° je lepší pokrýt vegetačními koberci s předpěstovanými rostlinami.

Údržba extenzivních zelených střech je nenáročná. U šikmých střech je nutné kontrolovat erozi substrátu.

Intenzivní zelené střechy (intenzivní zahrady) jsou tvořeny stejnými vrstvami, jako střechy extenzivní, rozdíly se projevují v mocnosti substrátu (od 20 cm výše), jeho složení (vyšší obsah živin, větší podíl organických složek) a v druzích rostlin, kterými jsou osázené. V případě intenzivní zelené střechy, která může sloužit také k rekreaci a pohybu lidí, bývá vegetační vrstva tvořená travníky, trvalkami, keři i menšími stromy. Mohou zde být ale také vysázené různé užitkové rostliny a střechu je tak možné využít pro pěstování plodin.

Aby rostliny intenzivní zahrady prospívaly, je nutné je pravidelně zavlažovat, hnojit a jinak o ně pečovat. Intenzivní zelené střechy jsou proto náročnější na údržbu oproti střechám extenzivním.

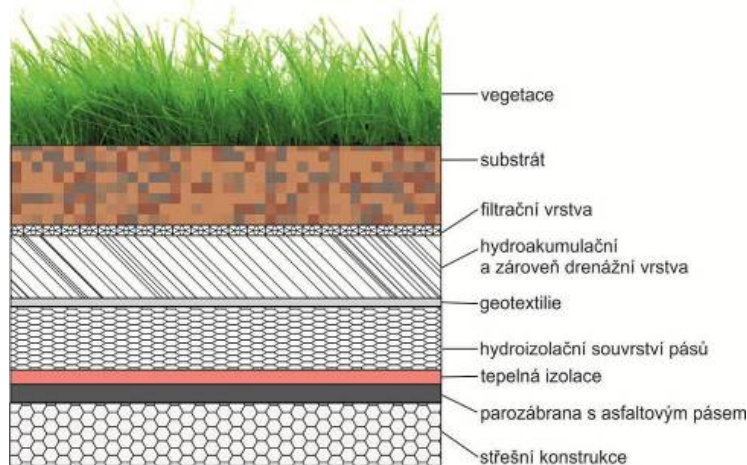


Schéma skladby zelené střechy

Zelené fasády budov

Tam, kde nelze vybudovat zelenou střechu (např. z důvodu nosnosti konstrukce střechy) je možné využít zelené fasády, a to na jedné či více stranách budovy. Zelená fasáda funguje na stejném principu - tedy prostřednictvím výparu zvyšuje vlhkost okolí a snižuje teplotu, pohlcuje sluneční záření a snižuje teplotu také přímo na fasádě domu (až o 20 °C) a pohlcuje prach. Bujná vegetace na fasádě může působit také jako protihlukové opatření. Fasáda je osázená především vhodnými popínavými rostlinami, z nichž některé potřebují zvláštní nosnou konstrukci (intenzivní zelené fasády), jiné se pnou po omítce s minimální úpravou (extenzivní zelené fasády). Zálivka se uskutečňuje srážkovou vodou ze střechy ozeleněného objektu.

Vertikální zahrady (exteriérové) jsou umístovány na stěny stávajících, anebo speciálně projektovaných budov, které jsou opatřeny odizolovanou konstrukcí, která je osázená rostlinami. Vertikální zahrady se rovněž podílejí na zlepšování mikroklimatu měst, a také na dobrém nakládání se srážkovými vodami (ovšem jen v případě použití substrátu, nikoliv hydroponie). Tyto zahrady jsou navíc zajímavým estetickým oživením veřejného prostoru.

Příklady konkrétních projektů



Zelená střecha NH Collection Olomouc congress
(zdroj: www.zelenestrechy.info)



Extenzivní zelená střecha na budově veřejných toalet v Uherském Brodě (zdroj: www.ub.cz)

| | |
|--------------------------------|---|
| <p>Výhody</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Zadržování vody – extenzivní střechy mohou zadržet třetinu až polovinu vodních srážek, intenzivní střechy pak až 90 %. Do kanalizace je tak odváděno méně dešťové vody. V případě, že je zelená střecha doplněná ještě retenčním nebo vsakovacím zařízením, může být toto opatření velmi efektivní a úsporné. • Redukce tepelného ostrova - odpařováním vody z vegetace (evapotranspirace) a vodních ploch, což snižuje teplotu okolního prostředí. • Regulace spotřeby energií - odpaření 1 litru vody je ekvivalentem cca 0,7 kWh energie potřebné pro provoz chladicího zařízení, tedy 1 mm srážek zadržovaných na 100 m vegetační střechy odpovídá úspoře 70 kWh energie potřebné na chlazení budovy v letních vedrech. • Redukce znečištění vzduchu – zachytávání prachu, CO₂ a produkce kyslíku. • Zvyšování druhové rozmanitosti – střešní vegetace může lákat k osídlení různými druhy hmyzu, případně ptáků a dalších živočichů. • Pěstování plodin – intenzivní zahrady lze využívat také pro pěstování vybraných plodin. • Ochrana střešní izolace - před tepelnými výkyvy, UV zářením a mechanickým poškozením - prodloužení životnosti střešního pláště. • Ochrana pláště budovy před prachem a účinkem vysokých teplot a vody. • Zvýšení zvukové izolace - pomocí vegetačního souvrství substrátu a omezení pronikání hluku do obytných prostor. • Regulace teploty uvnitř budov - v zimním období fungují zelené střechy a fasády v závislosti na vlhkosti substrátu jako tepelná izolace, v letním období mají chladicí účinek. • Zvýšená estetická a architektonická hodnota objektu a okolí – především v silně urbanizovaných lokalitách, tam kde je složité vyhradit místo pro výsadbu veřejné zeleně, představuje zelená střecha vítaný prvek. Zelené fasády se mohou uplatnit i ve stísněných podmínkách městského prostředí. • Rekreace a odpočinek – zbudování obytné zahrady bez nutnosti záboru půdy. • Zelené fasády – ekonomicky málo náročné, velké potlačení hluku. |
| <p>Nevýhody</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Konstrukčně náročnější – je nutné dbát na dokonalé provedení hydroizolační vrstvy. Ploché střechy mají častější problémy se zatékáním. Některé fasády a vertikální zahrady potřebují konstrukci • Vyšší zatížení střešní konstrukce – nelze vždy provést na stávajících střechách, případně je nutné konstrukci zesílit. Lépe proveditelné u nových budov, kdy se se zelenou střechou počítá již při projekci. • Údržba – o zelenou střechu je nutné pravidelně se starat, extenzivní střechy nejsou tak náročné jako střechy intenzivní. Náročnější zajištění vody/zálivky v době sucha. • Cena – hlavně intenzivní střechy mohou být nákladné ve fázi pořizovací i při následné údržbě (zavlažování, hnojení, sečení, stříhání, péče), u všech pak i revize odtokových cest. |
| <p>Zdroje informací</p> | <p>www.zelenestrechy.info, www.drevostavby.cz, www.zelenestrechy.cz, webové stránky projektantů zelených střech, Počítáme s vodou</p> |

Odráživé materiály a povrchy

Světlé povrchy reflektují sluneční záření více, než povrchy tmavé, které naopak během dne hromadí energii ze slunce ve formě tepla, které pak v noci vyzařují zpět do okolní atmosféry. Ke snížení lokální teploty ve městech je tak vhodné využívat spíše materiály a povrchy s vysokým stupněm odrazivosti slunečního záření. Zejména je nutné dbát na světlé kamenivo, pokud je dosypáváno do štěrkových záhonů.

Studené střechy (cool roofs) jsou navrženy tak, aby odrážely více slunečního záření a absorbovaly méně tepla než standardní střechy. Použitím vhodných materiálů a barev je tak možné snížit náklady na klimatizaci budovy o 10 – 15 %. Studené střechy mohou představovat velmi reflexivní nátěr (bílá barva, anebo jiné odrazivé pigmenty), krycí fólii, reflexivní střešní tašky anebo šindele. Druhy materiálu, ze kterých jsou střechy vyrobeny, závisí na sklonu střechy. Pro málo ukloněné střechy je nejlepším řešením jednovrstvá membrána, natažená na ploše střechy a připevněná mechanicky, chemicky (adheziva), anebo zatížená kameny, štěrkem atp. Reflexní krycí vrstvu je také možné na střechu aplikovat jako pěnu ve spreji. Pro střechy s větším sklonem je nejlepší využít šindele či střešní tašky, obojí ve světlých barvách. Plechové střechy je pak nejlepší ošetřit světlým nátěrem.

Další variantou, která napomáhá snížit teplotu uvnitř budovy a také ovlivnit teplotu v blízkém okolí, je použití tzv. **odvětratelné fasády**. Jedná se o sendviče složené ze dvou vnějších hliníkových vrstev, mezi nimiž je jádro s nízkou hustotou z polyetylenu (*LDPE - low-density polyethylene*), minerálního materiálu se sníženou hořlavostí nebo nehořlavého minerálního materiálu. Vnější hliníková vrstva pak bývá ještě pro znásobení efektu ve světlém provedení.

Studené povrchy (cool pavements) stejně jako studené střechy pomáhají snižovat teplotu lokálního mikroklimatu. Pokud se navíc tento přístup uplatní pro větší prostory, jako jsou parkoviště, náměstí a podobně rozlehlé plochy, je výsledný efekt ještě větší. Například asfaltové povrchy silnic nahrazené světlejší alternativou vykazují mnohem nižší povrchovou teplotu (což má za následek i větší trvanlivost materiálu, který není teplem deformován).

Příklady konkrétních projektů



Bílá kovová střecha české produkce (zdroj: www.krytiny-strechy.cz)



Odvětratelná fasáda ve světlém provedení (zdroj: www.konstrukce.cz)



Kombinace světlé barvy a povrchu z porézního betonu (zdroj: www.stavbaroku.cz).



Náměstí Máj v Uherském Brodě s použitím světlého dláždění (zdroj: www.ub.cz)

| | |
|--------------------------------|--|
| <p>Výhody</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Snižování spotřeby energie – menší nároky na provoz klimatizací. • Údržba – větší stabilita materiálu, který není vystaven vysokým teplotám. • Snižování tepelného ostrova města – v místech, kde se vyskytuje větší množství studených střeš a povrchů dochází ke snižování teploty v okolním mikroklimatu. Materiály nehromadí teplo během dne a tudíž jej v noci ani nevyzařují zpět do okolní atmosféry. • Poměr cena/výkon – v případě nátěru již existujících ploch tam, kde je to možné, se jedná o poměrně levné řešení s velkým účinkem. |
| <p>Nevýhody</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Údržba – v lokalitách, kde bývá vlhčeji a tepleji, může docházet k růstu různých řas či plísní na střešách. V chladných podmínkách pak ke kondenzaci vlhkosti. • Lokalita a rozsah - změna barvy povrchů na bílou nemusí vždy znamenat zlepšení situace, v některých případech může docházet ke snižování proudění vzduchu. Přebarvení všech povrchů na bílo a snížení povrchových teplot objektů pak může naopak vést ke zvýšení pocitové teploty obyvatel (vysoká odrazivost). Je proto vhodné povrchy spíše kombinovat a před samotnou realizací konkrétní záměry v konkrétních lokalitách prověřit. |
| <p>Zdroje informací</p> | <p>www.energy.gov, www.krytiny-strechy.cz, webové stránky projektantů střeš</p> |

Modrá infrastruktura - Pítka, jezírka, kašny

Zelená a modrá infrastruktura představuje ekosystémová opatření založená na zapojení veřejné zeleně a vodních prvků do veřejného prostoru.

Méně tradiční prvky, které ve městech pomáhají zlepšovat mikroklima a kvalitu života jeho obyvatel, jsou:

Pítka – místa, kde se lidé mohou osvěžit pitnou nezávadnou vodou. V Česku existují mapy pitek (např. Praha, Brno) na různých internetových stránkách - www.atlasceska.cz, www.cestikon.cz, www.googlemaps.com s jejich lokalizací apod. Přepadovou vodu z pitek je vhodné zasakovat u doprovodné zeleně.

Kašny – v minulosti často jediný zdroj nezávadné pitné vody pro obyvatele měst, dnes zastupují funkci především architektonické a estetické.

Jezírka (neboli přírodní koupací jezírka či „biotopy“) jsou malé vodní plochy s přírodním samočištěním, které fungují jako ekosystémy s trvalou kvalitou vody vhodnou ke koupání. Zhruba polovina vodní plochy je určena ke koupání, druhá půlka tvoří čistící zónu s mokřadními rostlinami. Filtrace vody probíhá prostřednictvím vodních rostlin (orobince, rákosy) a filtrační jednotkou, sestávající se ze skimeru (filtrace povrchové vody z jezírka a její sběr do čistící jednotky) a speciálního granulátu zachycujícího organické nečistoty.

Příklady konkrétních projektů



Pítka na Palackého náměstí v Uherském Hradišti
(zdroj: www.mesto-uh.cz)



Nové pítka ve Zlíně pořízené z participativního rozpočtu
(zdroj: www.radiokromeriz.cz)



Kašna před nádražím v Uherském Brodě
(zdroj: Ekotoxa)



Koupací biotop v Bohuslavicích u Kyjova
(zdroj: www.vychodni-morava.cz)

| | |
|--------------------------------|--|
| <p>Výhody</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Snižování tepelného ostrova města – výpar z jezírek a kašen pomáhá ochlazovat okolní mikroklima. • Pítka – nepodporování produkce plastů. • Údržba biotopů – minimální a jednoduchá. • Estetická funkce, architektonická funkce. • Společenská funkce – místa setkávání lidí. |
| <p>Nevýhody</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Zásobování vodou – v případě nedostatku srážek je nutné vodu do biotopů dotovat z jiných zdrojů. Rovněž provoz kašny může být v obdobích sucha problematictější. |
| <p>Zdroje informací</p> | <p>www.atlasceska.cz, www.ekozahrady.com, voda.tzb-info.cz, www.zivavodamodra.cz,</p> |

Stínící prvky

Ke snížení teploty uvnitř budov je možné využít různé typy stínících prvků, a to především na oknech, aby se přímé sluneční záření nedostalo dovnitř budovy. Také na těch místech ve městě, kde chybí, nebo není z různých důvodů možné vysadit veřejnou zeleň, může být řešením pro zlepšení pohody obyvatel instalace stínících prvků do veřejného prostoru.

Slunolamy představují konstrukční prvky, nebo přístřešky.

- **Konstrukční prvky** jsou stínící prvky budov tvořené polohovacími (naklápěcími) lamelami nejčastěji vyrobenými z kovu, umístěné na vnějším opláštění budovy. Každá lamela je ve své ose ukotvená na čepu a zapadá do ložiska, které je zachyceno v profilovém rámu. Jednotlivé lamely jsou propojeny pomocí nerezových pák a táhel, na jejichž konci je lineární motor, který natáčí lamely do požadované polohy. Natáčení lamel (automaticky motorově, nebo ručně) reaguje na míru a směr slunečního záření a reguluje tak vstup světla.
- **Přístřešky** plní dvojí funkci. Kromě funkce stínící před sluncem mají také funkci ochrannou před deštěm, kdy lamely přístřešku zadržují vodu, která je sváděna žlábkem na lamelách do bočních profilů a posléze odváděna odtokovým systémem konstrukce.

Okenicové systémy jsou oblíbeným řešením k získání stínu, které má dlouholetou tradici. Jedná se o dvě křídla okenic vyrobených většinou z přírodních materiálů, řezaných speciálními technologiemi. Dřevěná okenice je vsazená pomocí kování do pevné části okenních rámu, do ostění okenního výklenku nebo přímo na okenní křídla.

Podobné okenicovým systémům jsou **posuvné fasádní panely**, které jsou tvořené rámem, který je možné vyplnit téměř jakoukoliv výplní. Např. dřevěné panely pak mohou obsahovat pevnou nebo naklápěcí lameláž. Rám (rámování, nebo dřevěný panel) je pak umístěn na posuvný mechanismus skládající se z horní a dolní vodící kolejničky.

Rolety mohou být předokenní nebo nadokenní. Předokenní jsou umístěny před oknem, buď v plechové schránce, nebo ve schránce omítané. Nadokenní schránky jsou součástí překladu, jejich součástí je doplňující tepelný izolant. Předokenní rolety v plechové schránce lze umístit i dodatečně, ostatní musí být zakomponovány v koncepci projektového řešení. Rolety lze kombinovat se sítí proti hmyzu, tzv. **kombi roleta**, kdy se zvedáním rolety zvedá současně i síť. Lamely rolet se vyrábějí z nejrůznějších materiálů (hliníkové, plastové, dřevěné) a ovládání rolet je stejně jako u předchozích opatření ruční, nebo mechanické pomocí elektromotoru.

Podobným řešením jako rolety jsou **vnější žaluzie**, které jsou rovněž sestavené z lamel (nejčastěji hliníkových či dřevěných). Ty mohou být typu Z-profil, nebo C-profil, s těsnící gumou, která zaručuje téměř dokonalé zatemnění uvnitř budovy, k dostání jsou i rolety se speciálním nastavením lamel, které se využívají například na pracovištích s požadavkem na inteligentní regulaci světla (PC obrazovky, LCD displeje, nemocnice apod.).

Markýzy z textilních materiálů mají dlouhou tradici (až starověký Egypt). Rozlišujeme výsuvné, korbové, fasádní, markýzy pro zimní zahrady, markýzolety, výklopné markýzy.

Z moderních stínících systémů se uplatňují **Shadovoltaics** – stínící prvky obsahující navíc fotovoltaické články, takže spojují dvě funkce, a to stínící a přeměnu sluneční energie v elektrickou energii. Jsou složeny z natáčecích lamel sloužících jako ochrana před sluncem i zvýšení denního osvětlení místnosti. Lamely mohou být natáčeny buď počítačem řízenými elektromotory, nebo termohydraulickým natáčecím systémem řízeným sluncem.

Ve veřejném prostoru se jako technické stínící prvky čím dál významněji uplatňují tzv. **sluneční plachty**, a to jak v případě absence veřejné zeleně a stromů jako přirozených stínících prvků, tak i jako zajímavý architektonický doplněk ke stávající veřejné zeleni. Zastřešení plachtami je poměrně jednoduché a levné řešení, s přidanou estetickou hodnotou. Využitelné jsou dobře třeba na dětských hřištích nebo třeba v zahradách MŠ, neboť děti jsou zranitelnější vůči vysokým teplotám a záření.

Příklady konkrétních projektů



Okenní slunolam na budově firmy Astra v Uherském Brodě (zdroj: www.atenasro.cz)



Slunolam na budově školícího střediska Slovákých strojiren Uherský Brod (zdroj: www.slovacky.denik.cz)



Pískoviště se stínícími plachtami (zdroj: www.slunecniplachty.cz/)

| | |
|--------------------------------|---|
| <p>Výhody</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Snižování tepelného ostrova města – v závislosti na barevném provedení opatření – světlé barvy odrážejí přímé sluneční záření a budova se tak ve dne tolik nezahřívá a tím pádem noci pak teplo nevyzařuje do okolí. • Ochrana budovy před nepříznivým počasím – přístřešky - lamely zadržují vodu, která je sváděna žlábků na lamelách do bočních profilů a posléze odváděna odtokovým systémem konstrukce. • Stíněním a zároveň přeměňováním sluneční energie v energii elektrickou dochází k podstatným úsporám na klimatizaci. • Cena – pořizovací náklady žaluzií, venkovních okenic, rolet, markýz apod. jsou poměrně nízké. |
| <p>Nevýhody</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Cena – cena jednotlivých produktů se liší podle materiálů, ze kterých jsou vyrobeny a případných doplňkových funkcí. Pořizovací ceny naklápacích systémů s inteligentními čidly či stínící žaluzie se zakomponovanými fotovoltaickými články jsou vyšší. Pořizovací cena stínících plachet se odvíjí od výrobce, nejnákladnější částí může být uchycení nosných sloupků. |
| <p>Zdroje informací</p> | <p>www.atenasro.cz, www.slovacky.denik.cz webové stránky výrobců stínící techniky, České vysoké učení technické Praha - Stavitelství III., Vnější stínící prvky.pdf, www.czgbc.org</p> |

Péče o veřejnou zeleň ve městě

Veřejná zeleň má schopnost město ochlazovat, a tak zmírňovat efekt tzv. městského tepelného ostrova, díky kterému má městská zástavba výrazně vyšší teploty než okolní krajina. Zeleň také poskytuje prostor pro pobyt různých druhů živočichů, zadržuje vodu, zlepšuje kvalitu ovzduší, které současně zvlhčuje a může působit také protihlukově. Pro zajištění zodpovědného přístupu k veřejné zeleni je prvořadou úlohou správců sídelní zeleně pořízení adekvátních funkčních a využitelných dokumentů (strategií a územních studií sídelní zeleně), které plně podporují komplexní přístup k zeleni, umožňují plánování její systémové provázanosti a mají zásadní význam pro kompetentní rozhodování o významu vegetace v urbánním prostředí.

Vlastní údržbu veřejné zeleně pak zajišťují většinou technické služby města, které často nemají dostatečné kapacity či prostředky na údržbu zeleně. Zanedbávaná zeleň nejen, že neposkytuje výše uvedené služby, ale působí také na estetické cítění obyvatel města a ti k ní mohou získat negativní vztah. Naopak kvalitní zeleň působí pozitivně na své okolí a veřejnost má potřebu tyto ostrůvky zeleně v urbanizovaném území ochraňovat.

Zeleň ve městě a především stromy jsou vystaveny častým zkouškám. První příčinou úhynu stromu je již jeho nesprávná výsadba, kdy jsou dle arboristů v současnosti často nesprávně nastavené rozměry nutné pro správné založení kořenového systému stromu, a ani kmenu není dán dostatek prostoru pro jeho růst a silení. V kořenové části stromů se často provádějí výkopové práce. Stresové faktory představují také hutnění půdy způsobené chodci, auty, vyasfaltování či vydláždění až k patě stromu, anebo vysoká koncentrace psích výkalů či moči a poškození kořenů či kmene při sečení trávy. Nežádá se na stromy montují různé technické konstrukce, zábradlí, světla, stromy slouží jako sloupky elektrického vedení, problematické je také vánoční osvětlení. Veřejná zeleň se dále dostává do střetu s různými developerskými zájmy či se správci technických sítí.

Níže jsou uvedena některá opatření pro to, aby měla zeleň (a především stromy) ve městě zajištěné své místo a aby se zároveň vyrovnala se změnou klimatu.

Ošetření stromů arboristy – přestože se může zdát, že se jedná o nákladnou službu, investice do odborného arboristického ošetření se vyplatí. V současné době jsou v mnoha městech vysázeny i nepůvodní druhy stromů, z nichž některé se vyznačují extrémní životaschopností i na nehostinných stanovištích (jerlín, akát), bez péče arboristů by však s vysokou pravděpodobností přežít ve městech nedokázaly. Stromy s vážnými problémy je pak nutné ořezat nebo celé kácet. Odborný dohled by byl také přínosem při samotné výsadbě nových stromů.

Staré stromy mohou zůstat na místech, kde pády větví dřevin náchylných na rozlomení či vyvrácení neohrožují majetek a zdraví obyvatel. Důležité je zvolit správný druh stromu. Přestárlé stromy je třeba postupně podsazovat novou výsadbou, aby docházelo k plynulé obměně. U krátkověkých dřevin a dřevin s mělkým kořenovým systémem jsou vyšší nároky na následnou péči (zejména křehké a měkké dřeviny – topoly, vrby). Odumřelý strom lze zbavit větví a zbylé torzo ponechat rozkladným procesům a organismům (nutná je pravidelná kontrola bezpečnosti). Tyto tlející zbytky pomáhají zadržet vodu v okolí a případné nové sazenice stromů tak mají lepší podmínky k růstu. Veřejnost torza stromů kupodivu vnímá pozitivně, dokonce i padlé kmeny lze ponechat na místě pro dětské radovánky či jako broukoviště.

Výsadba stromů – použití usměrnění pro kořeny pomocí boxů je v současnosti novým přístupem, jak zamezit poškozování podzemních technických sítí kořeny stromů. Podstatou tohoto opatření je dát stromům dostatek prostoru a dovést kořeny tam, kde se mohou v rámci možností rozrůst a čerpat živiny. Boxy mohou být plastové anebo s tzv. biobariérou, tj. z textilie, která je impregnována herbicidem, který úplně zabraňuje anebo zpomaluje růst kořenového systému v daném místě. Bariéry musí být umístěny v místě mezi stromem a sítěmi a zasahovat do dostatečné hloubky, přičemž umisťování bariéry mezi stávající strom a technickou infrastrukturu je velmi náročné na provedení tak, aby strom neuhynul stresem. Tento zásah je proto žádoucí svěřit odborné arboristické péči.

Adopce stromů – příkladem této praxe je ze zahraničí město Lipsko, které svému obyvatelstvu umožňuje podílet se na obnově městské zeleně díky programu adopce stromů. Zájemci a zájemkyně mohou věnovat městu finanční dar, čímž se stanou kmotry a kmotrami vybraného stromu. Je možné takto financovat jak výsadbu nových stromů, tak péči o ty, co už mají své místo v ulicích, parcích, na náměstích nebo městských hřbitovech. Stejnou praxi na jaře letošního roku zavedlo město Brno, resp. městská část Brno-střed. Zájemci mohou finance na účet zasílat volně bez vymezení účelu nebo s konkrétním záměrem.

Zavlažování veřejné zeleně – častým problémem, se kterým se města potýkají, je nedostatek vody k zavlažování zeleně. V současnosti je zeleň zavlažována převážně pitnou vodou z veřejného vodovodu (Uherský Brod). Dešťová voda je nejčastěji z povrchů ve městě odváděna jednotnou kanalizací do ČOV, kde při významných srážkách dochází k jejich přeplnění, anebo přelivu znečištěných vod do vodního recipientu

bez přečištění. Opatřením je proto přeměna jednotné kanalizace na **kanalizaci oddílnou**, kdy jsou zvláště odváděny vody splaškové a zvláště vody dešťové. Dešťová voda u oddílné kanalizace bývá svedena přímo do vodního recipientu, není zde tedy dostatek času proto, aby mohla být využita kořeny rostlin, proto je žádoucí tento systém doplnit opatřeními vedoucími k zasakování dešťové vody v místě dopadu – tato opatření jsou podrobněji komentována v předchozích katalogových listech.

Dále je pro závlahu rostlin ve městě v teplých obdobích bez dostatečných srážek doporučována tzv. **kapková závlaha**, kdy je voda transportována přímo ke kořenovému systému rostlin bez ztrát do okolí, je tedy šetrná na spotřebu vody. V případě zavlažovacích vaků se doporučují velké vaky odpovídající koruně stromů, nikoliv vaky kolem kmenů, které zapříčiňují špatný růst kořenového systému a hniloby u kmene.

Příklady konkrétních projektů



Kořenová bariéra ReRoot (zdroj: www.greenblue.com)



Plastové boxy chránící prostor pro kořeny stromů v u Národního muzea v Praze, které jsou vidět i v inženýrských plánech (zdroj: ekolist.cz)



Kapková závlaha švestkového sadu v Brumově (zdroj: www.hydro-x.cz)



Zavlažovací vaky také pro stromy v Uherském Brodě (www.treeib.cz)

Výhody

Ošetření stromů arboristy

- představuje odbornou péči, která v dlouhodobém měřítku **snižuje náklady na údržbu zeleně**.

Staré stromy jako biotop

- podpora **biodiverzity**.
- zajištění vhodných podmínek pro **růst nových rostlin**.

Kořenové boxy

- **usměrnění růstu** kořenového systému rostlin, podpora růstu kořenů do hloubky.
- jednoduchá **instalace**.
- **ochrana kořenů** při rekonstrukci chodníků.

Adopce stromů

- podíl na **nákladech** na údržbu zeleně s obyvateli města

| | |
|-------------------------|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> • zlepšení vztahu k veřejné zeleni, předcházení vandalismu na zeleni. <p>Oddílná kanalizace</p> <ul style="list-style-type: none"> • Samostatné odvádění dešťových vod mimo ČOV. <p>Kapková závlaha a mimořádně vaky při záchraně cenných stromů</p> <ul style="list-style-type: none"> • nižší spotřeba vody nutná k zavlažování rostlin, přesnější distribucí vody ke kořenům rostlin. Výrazné posílení životaschopnosti stromů. |
| Nevýhody | <p>Ošetření stromů arboristy</p> <ul style="list-style-type: none"> • nákladné <p>Staré stromy jako biotop</p> <ul style="list-style-type: none"> • ponechání „bezúdržbové“ plochy, což se nemusí líbit obyvatelům města. <p>Kořenové boxy</p> <ul style="list-style-type: none"> • nákladné, nutno překopat ulice. • postupem času může dojít k obrostení bariéry kořeny. <p>Oddílná kanalizace</p> <ul style="list-style-type: none"> • odvádění dešťových vod přímo do vodního recipientu bez jejich dalšího využití. <p>Kapková závlaha a vaky</p> <ul style="list-style-type: none"> • poměrně jednoduchá vandalizace. Vaky je nutno používat jen jako doplňkový zdroj vody pro mladé stromy v období největšího sucha tak, aby se vyvinul dostatečný kořenový systém a stromy byly v budoucnu soběstačné a nedocházelo k zahánění kmene |
| Zdroje informací | <p>www.ibrno.cz, www.canr.msu.edu, www.zavlazovacivaky.cz, www.treegator.com, www.tzb-info.cz, ww.greenblue.com www.hydro-x.cz, ekolist.cz</p> |

SEZNAM TABULEK

| | |
|--|----|
| Tabulka 1: Průměrné měsíční teploty v jednotlivých obdobích (°C) v Pardubicích..... | 8 |
| Tabulka 2: Vývoj dalších teplotních charakteristik v Pardubicích..... | 9 |
| Tabulka 3: Teploty a oblačnost v době termálního snímání | 18 |
| Tabulka 4: Srovnání standardizovaných hodnot v rozsahu 0-1 s absolutními teplotami v daných termínech..... | 24 |
| Tabulka 5: Tepelné plochy dle převládajícího typu a jejich počty v zájmovém území..... | 27 |
| Tabulka 6: Plochy s chladícím účinkem dle převládajícího typu a jejich počty v zájmovém území..... | 28 |
| Tabulka 7: Skupiny funkčních ploch dle územního plánu a jejich teplotní charakteristiky..... | 32 |
| Tabulka 8: Objekty s vyšším výskytem zranitelných skupin obyvatel z hlediska teplot | 33 |

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|--|----|
| Obrázek 1: Predikované průměrné roční hodnoty teploty vzduchu (°C) na území ČR včetně polynomického trendu vývoje 1961–2099 | 6 |
| Obrázek 2: Dlouhodobé průměry ročních teplot (°C) v referenčním a ve scénářových obdobích..... | 7 |
| Obrázek 3: Pozorované a predikované průměrné roční teploty v Pardubicích (°C) v období 1961 – 2100..... | 8 |
| Obrázek 4 Městský tepelný ostrov – průběh denních a nočních teplot | 10 |
| Obrázek 5: Vizualizace dat ÚP po spojení vstupních dat a sjednocení ploch | 13 |
| Obrázek 6 Schéma postupu analýzy..... | 16 |
| Obrázek 7: Frekvence vlnových délek jednotlivých pásem družic Landsat 8 a Sentinel 2. Pro analýzy teplot byly využity data pásma 10..... | 17 |
| Obrázek 8: Vizualizace vyzařovaných teplot povrchu dle snímku Landsat 8 ze dne 26.6.2019 | 19 |
| Obrázek 9: Teplota vzduchu 25. a 26. 6.2019 | 20 |
| Obrázek 10: Minimální a maximální (sloupce) teploty a průměrné rozpětí teplot (šedá oblast) v červnu 2019..... | 20 |
| Obrázek 11: Srážky v červnu 2019 v mm | 21 |
| Obrázek 12: Izolinie s krokem 3 °C | 21 |
| Obrázek 13: Ukázka z mapy identifikace hlavních tepelných a chladících ploch | 22 |
| Obrázek 14: Ukázka z mapy teplot povrchu ploch dle ÚP | 22 |
| Obrázek 15: Vizualizace standardizovaných teplot povrchu dne 26. 6. v šestiúhelníkovém gridu..... | 23 |
| Obrázek 16: Průměr zjištěných standardizovaných teplot povrchu ze snímků duben - září šestiúhelníkovém gridu..... | 24 |
| Obrázek 17: Výřez z mapy M.5 – teplota povrchu budov | 25 |
| Obrázek 18: Stav vegetace mapy ve dne 26.6.2019 | 26 |
| Obrázek 19: Příklad plochy s tepelným účinkem (výrobní haly Foxconn s.r.o. v Pardubičkách)..... | 27 |
| Obrázek 20: Příklad plochy s chladícím účinkem (přírodní plocha Zelenobranská dubina ve Svítkově) | 28 |
| Obrázek 21: Náhled mapy M.3 – průměrné teploty povrchu dne 26.6. ve funkčních plochách dle územního plánu | 29 |
| Obrázek 22: Vývoj stavu vegetace v termínech mezi dubnem – říjnem 2019, vyjádřeným vegetačním indexem | 30 |

PŘEHLED POUŽITÝCH ZDROJŮ

- AVRES at al., 2009. Climate change and respiratory disease: European Respiratory Society Position Statement, European Respiratory Journal, 2009, 34, 295-302
- ČHMÚ, Žák, M., Zahradníček, P. (2017): Tepelný ostrov v Praze a možnosti zmírnění jeho negativních dopadů, dostupné k 24.4.2020 online na http://portalzp.praha.eu/public/41/bf/ab/2498938_800079_Tepelny_ostrov_vPraze_MZak.pdf
- EC (European Commission), 2009. Vliv změny klimatu na zdraví lidí, zvířat a rostlin, Průvodní dokument k Bílé knize Přizpůsobení se změně klimatu: směřování k evropskému akčnímu rámci
- EEA (European Environment Agency), 2016. Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. Dostupné z <http://www.eea.europa.eu/publications/climate-change-impacts-and-vulnerability-2016>
- EKOTOXA s.r.o. 2015. Komplexní studie dopadů, zranitelnosti a zdrojů rizik souvisejících se změnou klimatu v ČR.
- Meteorologický slovník výkladový a terminologický [online]. Praha: Česká meteorologická společnost, 2015 [cit. 12. 4. 2019]. Dostupné na: <<http://slovník.cmes.cz/>>.
- MŽP (2015): Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR.
- MŽP (Ministerstvo životního prostředí), 2017. Národní akční plán adaptace na změnu klimatu. ČR. Praha.
- MŽP (Ministerstvo životního prostředí), 2017b. Politika ochrany klimatu v ČR. Praha.
- Pretel, J., Metelka, L., Novický, O., Daňhelka, J., Rožnovský, J., Janouš, D., others. (2011). Zpřesnění dosavadních odhadů dopadů klimatické změny v sektorech vodního hospodářství, zemědělství a lesnictví a návrhy adaptačních opatření. TECHNICKÉ SHRUTÍ VÝSLEDKŮ PROJEKTU VaV SP/1a6/108/07 v letech 2007–2011. Praha: ČHMÚ.
- UK (Univerzita Karlova v Praze), 2015. Výstupy regionálních klimatických modelů na území ČR pro období 2015 až 2060
- WMO (World Meteorological Organization), 2017. [online] cit. 29. 4. 2020. Dostupné na <<https://public.wmo.int/en/media/press-release/wmo-confirms-2016-hottest-year-record-about-11%C2%B0c-above-pre-industrial-era>>
- www.chmi.cz
- www.czso.cz
- www.intersucho.cz
- www.klimatickazmena.cz
- www.mapy.cz
- www.maps.google.com
- www.zivefirmy.cz
- www.ziveobce.cz