



Zemědělská
fakulta
Faculty
of Agriculture

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Katedra agroekologie

Diplomová práce

Analýza energetické bilance intravilánu města pomocí metod
dálkového průzkumu Země

Autor práce: Bc. David Šourek

Vedoucí práce: doc. Ing. Jakub Brom, Ph.D.

České Budějovice
2021

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne

Podpis

Abstrakt

Energetická bilance intravilánu každého sídla je závislá na specifikách aktivního povrchu a dalších komplexních jevech. Převažují plochy se suchým a nepropustným charakterem v porovnání s okolní krajinou. Různé druhy zástavby mají odlišné vlastnosti, jež určují způsob distribuce slunečního záření prostřednictvím energetických toků. Ty vyjadřuje především zjevné teplo, latentní teplo výparu a teplo vedené do půdy. Důležitou roli v podílech daných toků hraje vegetace, která dokáže efektivně transformovat příchozí solární radiaci a ovlivnit tím mikroklimatickou situaci prostřednictvím klimatizačního efektu evapotranspirace a dalších ekosystémových služeb. Účinnost závisí na stavu vegetace a panujících podmínkách (roční období, počasí, zásoby vody atd.).

Za zájmové území bylo zvoleno město Písek. Zkoumání probíhalo ve dvou letních a dvou podzimních termínech roku 2019 pomocí dálkového průzkumu Země a statistického vyhodnocení. Výsledky ukázaly závislost růstu toku latentního tepla výparu v lokalitách s vyšší hustotou vegetace a dostatečnou zásobou vody. Vysoká teplota povrchu a tok zjevného tepla se vyskytovaly v zástavbě s převažujícími materiály s velkou tepelnou kapacitou, tj beton, asphalt, plech, kámen apod. Byly tak definovány problematické kategorie zástavby z pohledu přehřívání ploch a výskytu lokálních tepelných ostrovů. Konkrétně se jednalo o historické centrum, průmyslové zóny a obchodní zóny. Lepší mikroklimatická situace panovala v parku s vodní plochou, suburbíích a zástavbě rodinných domů.

Klíčová slova: energetické toky, energetická bilance, DPZ, Landsat, vliv vegetace, využití povrchu, evapotranspirace, mikroklima, městské prostředí

Abstract

The energy balance of each urban area depends on the specifics of active surface and other complex phenomena. In general, compared to the surrounding rural landscape, dry and impermeable surfaces predominate in urban areas. Different types of built-up areas have various properties determining how distributed solar radiation is. Overall, it is through energy fluxes defined by the sensible heat flux, the latent heat flux of evaporation, and the soil heat flux. Besides, vegetation plays a significant role in the proportions of fluxes. Plants can effectively transform the obtained solar radiation and thus influence the microclimatic situation through the cooling effect of evapotranspiration or other ecosystem services. Nevertheless, the efficiency depends on the state of vegetation and other prevailing conditions (weather, etc.).

As the study area was selected the town of Písek. The research took place on two summer and two autumn days using remote sensing and statistical evaluation. The results showed the growing dependence of the latent heat flux of evaporation in localities with a higher vegetation density and a sufficient water supply. High values of surface temperature and sensible heat flux occurred in built-up areas with predominant materials with a large specific heat capacity, i.e. concrete, asphalt, sheet metal, stone etc. These indicators thus defined some problematic types of built-up areas, especially in terms of surface overheating or of the occurrence of local heat islands. Specifically, it was the historic centre, industrial zones and shopping centres. A better microclimatic situation prevailed in the park with a water surface, suburbs and built-up areas of family houses.

Keywords: energy fluxes, energy balance, remote sensing, Landsat, effect of vegetation, land use, evapotranspiration, urban area

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Jakubu Bromovi, Ph.D. za věcné připomínky, odborné vedení, ochotu a čas během zpracování diplomové práce. Zároveň děkuji za poskytnutí materiálů a rad pro zpracování datových výstupů v rozhraní QGIS.

Obsah

Úvod.....	8
Cíle práce a hypotézy	9
1. Literární přehled.....	10
1.1. Problematika městského mikroklimatu	10
1.2. Tepelný ostrov města.....	11
1.2.1. Příčiny vzniku tepelných ostrovů.....	12
1.2.2. Typy a subtypy tepelných ostrovů	13
1.3. Význam vegetace v utváření energetických toků a mikroklimatu	17
1.3.1. Význam vegetace v utváření městského klimatu	19
1.3.2. Energetická bilance v rámci měst	21
1.4. Využití DPZ pro studium energetické bilance	23
2. Metodika	27
2.1. Výběr zájmového území.....	27
2.1.1. Popis vybraných lokalit.....	28
2.2. Metodický postup	33
2.2.1. Popis snímků z Landsat.....	33
2.2.2. Zpracování snímků a výpočet vybraných veličin.....	33
2.2.3. Standardizace dat	36
2.2.4. Zhodnocení dat statistickými metodami	37
3. Výsledky	38
3.1. Porovnání výsledků vybraných veličin	38
3.1.1. Teplota povrchu	38
3.1.2. Albedo	40
3.1.3. Vlhkostní index NDMI	41
3.1.4. Vegetační index NDVI.....	43
3.1.5. Evaporativní frakce	44

3.1.6. Tok latentního tepla výparu	46
3.1.7. Tok zjevného tepla	48
3.1.8. Tok tepla vedeného do půdy	49
4. Diskuze.....	51
Závěr	56
Seznam použité literatury.....	57
Seznam obrázků	69
Seznam tabulek	70
Seznam grafů.....	73
Přílohy	74

Úvod

Hybná síla zapříčiňující téměř veškeré energetické toky na Zemi pochází ze Slunce. Díky němu probíhá většina biologických a biochemických procesů. Přírodní cykly spojené s koloběhem látek a energie vlivem člověka ztrácí stabilitu. Stávají se méně předvídatelné a nabývají extrémní povahy, např. v podobě projevů počasí (Gaitani et al., 2011). Deforestace, meliorace, zábor půdy a další antropogenní aktivity celkově mění krajinu a její funkci. Z hlediska měst převládají procesy urbanizace a suburbanizace, což vytváří tlak na ekosystémy jak v daném místě, tak jeho okolí. Rozdíly lze pozorovat hlavně ve vyspělých regionech s rozsáhlými aglomeracemi a průmyslovou výrobou. (Gardi et al., 2007; Středová a kol., 2011). Všechny tyto obecné faktory se následně projevují na formě a využití území, neboť roste podíl zástavby spolu s doprovodnou infrastrukturou. Městský intravilán tvoří z velké části nepropustné a umělé povrchy, u nichž převažují záporné vlastnosti z pohledu retence vody a tepelných charakteristik. Mezi příčiny patří disproporce v transformaci slunečního záření do různých energetických toků (Oke, 1981).

V době, kdy se mluví o klimatických změnách v kontextu oteplování planety, suchu a nedostatku vody, se stalo téma městského mikroklimatu poměrně propíraným. Dochází k přehřívání umělých povrchů, nadbytku odpadního tepla a obecně ke znečišťování ŽP. Díky narušení přirozeného proudění energetických toků se častěji projevují různé negativní aspekty, např. tepelné ostrovy měst, zhoršený stav vegetace, vody a půdy (Arrau & Peňa, 2008; Stewart & Oke, 2012). Důsledky ovlivňují zároveň obyvatele Země. Objevuje se nejen jistý diskomfort, ale též poškozené zdravé či majetek (Šerá, 2015).

Poslední roky představovaly jedny z nejteplejších a nejsušších období od počátku zaznamenávání teploty vzduchu v ČR. Průměry let 2018 a 2019 dosahovaly 9,6 °C (2018) a 9,5 °C (2019). Jednalo se o maxima v dosavadních měřeních. V porovnání s dlouhodobým průměrem 1981-2010 jej hodnoty překračovaly o 1,6-1,7 °C. Např. měsíc červen v roce 2019 nabýval odchylky +5,2 °C. Nejsušší perioda ve stejném čase panovala v rozmezí červenec-září a potvrdila tak pokračování hydrologického sucha (ČHMÚ, 2019 in Burýšek & Junek, 2020). Město Písek obklopují lesní porosty a lze tvrdit, že intravilán nabízí významné plochy zeleně. V kontextu s prací bude zajímavé sledovat, jak se město vypořádává s teplotními extrémy.

Cíle práce a hypotézy

Hlavní cíl práce představuje **analýzu energetických toků v intravilánu města Písku během roku 2019**. K tomuto účelu slouží zpracování dat z družice Landsat 8. Dílčí cíle tvoří popsání teplotních a vlhkostních poměrů ve vybraném území, porovnání rozdílů u různých typů zástavby a vyhodnocení vlivů vegetace na mikroklima zkoumaného území s případnými návrhy opatření na zlepšení daného stavu. Jejich úkolem by mělo být praktické omezení negativních vlivů na mikroklimatickou situaci ve vybraných lokalitách. Mezi zmiňované odlišnosti k porovnání patří především teplota povrchu, vegetační indexy a toky tepla.

S ohledem na omezený výskyt vegetace v urbánním prostředí lze předpokládat existenci lokálních tepelných ostrovů v návaznosti na umělé, suché a nepropustné aktivní povrchy, což se projeví zvýšenými teplotami povrchu a nerovnováhou energetických toků.

Hypotézy je možné shrnout následovně:

- a) Mikroklimatická situace se bude odvíjet od hustoty a typu zastavěných ploch, dále od podílu, druhu a stavu vegetace v různých kategoriích zástavby.
- b) Důležitou roli v mikroklimatické situaci bude hrát kromě vegetace také nasycenost prostředí vodou a retenční schopnost prostředí.
- c) Sezónnost podnebí bude ovlivňovat výsledné hodnoty energetických toků, teploty povrchu a dalších ukazatelů spolu s meteorologickými podmínkami během sledovaného období.
- d) V létě lze předpokládat výraznější projevy sledovaných proměnných vzhledem k intenzivnějšímu příkonu slunečního záření.

1. Literární přehled

1.1. Problematika městského mikroklimatu

Definice mikroklimatu pojednává o poměrně malé části atmosféry v řádech stovek metrů až jednoho kilometru v horizontálním měřítku. Vertikálně je mikroklima vymezeno pouze v rozsahu jednotek či desítek metrů (Středová a kol., 2011, Střeščík, 2011). Littmann (2008) přímo popisuje mikroklima jako oblast o rozměrech od 10 m² do 100 m². Oproti makroklimatu a mezoklimatu se tato kategorie liší hlavními činiteli, kteří se podílejí na jeho utváření. Jedná se především o místní podmínky, k nimž se řadí například nadmořská výška, expozice, reliéf, geografická poloha a cirkulace vzduchu. Avšak obě výše postavené klimatické kategorie se do určité míry promítají v dané nižší úrovni (Středová a kol., 2011). Pro městské klima je určující nejspodnější vrstva atmosféry situovaná těsně nad zemí. Zde probíhají nejintenzivnější výměny energií (ČMeS, 1993c).

Studium městského mikroklimatu probíhá již zhruba dvě století. Jedním z hlavních faktorů jsou rozdíly teplot vzduchu mezi centrem a periferními částmi (Oke, 1973; Dimoudi et al., 2013). Mikroklima závisí z velké části na vlastnostech aktivního povrchu, jenž taktéž spadá do skupiny místních podmínek. Aktivní povrch lze definovat jako styčnou plochu mezi zemským povrchem a atmosférou, ve které dochází k absorpci sluneční energie, následné akumulaci, transformaci a vyzařování do okolí (ČMeS, 1993a). U aktivního povrchu rozhoduje jeho drsnost, sklon dopadajícího záření, albedo (míra odrazivosti elektromagnetického záření) a původ (přirozené/přírodní a umělé povrchy). U měst jej tvoří hlavně dopravní komunikace, chodníky, střechy, vnější zdi budov a plochy zeleně (ČMeS, 1993a; Vysoudil, 2013). Právě přítomnost vegetace částečně reguluje negativní dopady antropogenní činnosti na místní klimatické podmínky, jako např. omezení přehřívání ploch, regulace odtokových poměrů, zlepšení kvality ovzduší a vodních zdrojů (Barth, 1987 in Pondělíček, 2014; Střeščík, 2011)

Aktivní povrch přeměňuje nejčastěji sluneční energii na teplo, kdy účinnost závisí na druhu plochy. Za důležité hodnoty se považují veličiny zjevného (pocitové) a latentního tepla výparu (Rosenzweig a kol., 2006 in Pokorný a kol., 2018; Pokorný a kol., 2018). Ve městech s nízkou hustotou vegetace se stává, že transformace na zjevné teplo probíhá výrazněji. Umělý aktivní povrch má tendenci pohlcovat sluneční záření efektivněji a následně ho v podobě pocitového tepla i uvolňovat. Záleží

na specifické tepelné kapacitě a vodivosti materiálu (Oke, 1987; Yoshino, 1987 in Geiger et al., 1995; Voogt a Oke, 2003; Littmann, 2008). Mezi další negativní vlastnosti umělého aktivního povrchu patří především geometrické uspořádání a nepropustná povaha. To zapříčiňuje buďto rychlý odtok vody, nebo naopak vysokou kumulaci, což se může projevat např. zatopením oblasti při příválových deštích (Oke, 1981).

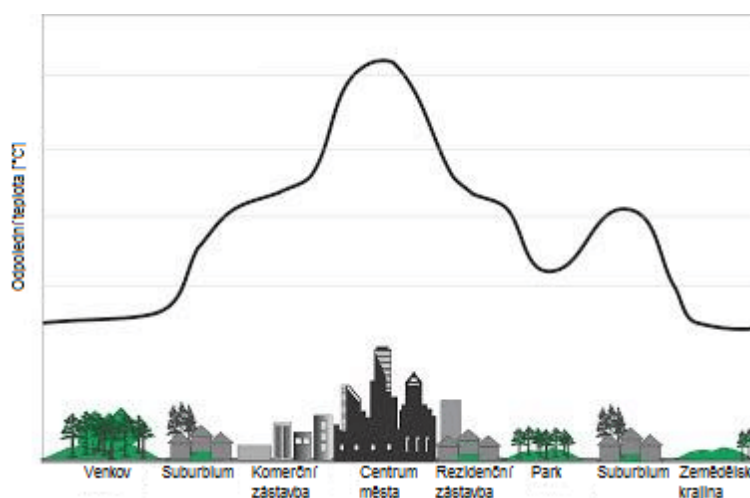
Důležitý aspekt ovlivňující mikroklima je rozdílná cirkulace vzduchu vlivem zástavby, jež brání přirozenému proudění. Řada autorů používá pojem městský vítr nebo městský větrný ostrov (Urban wind island effect; Vysoudil, 2013, Droste et al., 2018). Proudění vzduchu většinou slábne v městské zástavbě. Nicméně v některých případech naopak roste. To zapříčiňuje odlišná hladina mezní vrstvy atmosféry nad městem v porovnání se svým okolím (Droste et al., 2018). Studium mikroklimatu měst se zabývá především environmentálními problémy, jejich původem a možným řešením, do čehož patří také prevence proti extrémním projevům počasí.

Středová a kol. (2011) poukazují na celosvětovou krizi změny klimatu. Velkou váhu přikládají stále rostoucí demografické křivce a vysoké míře urbanizace, která často přdestírá vyspělost daného regionu. V současnosti hodnota globální urbanizace činí 55,7 % a prognózy předpokládají další zvyšování (The World Bank, 2019). Z environmentálního úhlu pohledu nárůst lidské populace inklinuje k výraznějšímu tlaku na přírodní zdroje. Koncentrace ekonomického a sociálního kapitálu v urbánních zónách s sebou přináší kromě profitu vznik negativních externalit. Městské mikroklima je odrazem antropogenní činnosti, neboť člověk zcela přetvořil krajinný ráz (Oke, 1973; Torrey, 2004; Jiang et al., 2008).

1.2. Tepelný ostrov města

Nejčastěji řešená problematika k tématu „mikroklima v urbánním prostředí“ se věnuje výskytu tepelných ostrovů (angl. Urban heat island – UHI). Tento fenomén poprvé popsal Luke Howard v roce 1818 (Howard, 1820). Zjednodušeně lze UHI popsat jako odlišné teploty mezi zastavěným územím města a jeho extravilánem. Jedná se zároveň o tepelné znečištění urbánní oblasti. Rozšiřováním měst se UHI a jeho efekt znásobuje (Litschmann a Rožnovský, 2005; Branea et al., 2016).

Oke (1973) popisuje spojitosti mezi velikostí města a jeho vzrůstající průměrnou teplotou ve srovnání se svým okolím. Daná křivka se zvyšuje směrem od rurálního prostředí do centra, viz obrázek č. 1. Závisí však na vícero faktorech ovlivňujících mikroklimatické podmínky, a sice na **průmyslovém rozvoji, rozloze, topografii, povrchových materiálech, podnebí regionu** a na **aktuální meteorologické situaci**. UHI se znatelněji projevuje za jasného, bezvětřného počasí (ČMeS, 1993b). Nejvýraznější rozdíly teploty vzduchu se obecně objevují v nočních hodinách. Přes den naopak roste amplituda odchylek teplot aktivního povrchu. Maxima lze pozorovat během letního a zimního ročního období (Solecki et al., 2005; Arrau & Peňa, 2008).



Obrázek 1: Teplota vzduchu v různě využitě krajíně (Voogt, 2002, upraveno)

1.2.1. Příčiny vzniku tepelných ostrovů

Tepelné ostrovy ve městech vznikají v nadbytku umělých a nepropustných ploch, které nedokážou zadržet vodu a účelně přeměnit přijatou sluneční energii (Oke, 1981; Arrau & Peňa, 2008). Nízkou vlhkostí povrchu vzniká problém nedostatku vody pro výpar. Klesá podíl latentního tepla výparu a plochy emitují ve vyšším poměru zjevné teplo. Přítomnost antropogenních aerosolů (znečištění) v ovzduší tento efekt znásobuje (Voogt, 2002; Rosenzweig a kol., 2006 in Pokorný a kol., 2018). Aerosoly mohou rozptylovat či absorbovat sluneční záření a způsobovat nevyrovnanou energetickou bilanci. Přesněji za normálního stavu dopomáhají k ochlazování prostředí, jelikož slouží jako kondenzační jádra pro vázání molekul vody, díky čemuž se následně tvoří oblačnost. Nicméně vzhledem k nízké retenční kapacitě a rychlému odtoku v oblasti městské zástavby nedochází k dostatečnému využití energie

vypařováním a zároveň je bráněno zpětnému vyzařování tepla do vyšších pater atmosféry. Tím se mění charakter srážkové činnosti. Mezi jednotlivými událostmi nastávají delší prodlevy, zato intenzita úhrnů roste (Arrau & Peňa, 2008; Šrámek, 2008). Omezení ploch vegetace brání přirozené horizontální cirkulaci vzduchu mezi městem a svým okolím způsobené sníženým teplotním gradientem v urbánní oblasti. Narušuje se tak klimatizační efekt spojený se zelení v městských parcích – tzv. „Park cool island“ (PCI; Arrau & Peňa, 2008; Heisler & Brazel, 2010; Dobrovolný & Krahula, 2012).

V rámci změny především vertikální geometrie aktivních povrchů se liší i jejich charakter. Roste drsnost a tepelná kapacita většiny staveb. Albedo dosahuje relativně nízkých hodnot. Umělé plochy jsou schopny přijímat a následně uchovat sluneční energii během pozitivní energetické bilance. Tento efekt je znásoben vlivem vícečetných odrazů záření právě mezi vertikálními plochami budov (Stewart & Oke, 2012; Dobrovolný & Krahula, 2012). Při negativní energetické bilanci redistribuují dříve přijatou energii, z čehož plyne postupné vyzařování zjevného tepla do okolí (Voogt, 2002 in Litschmann & Rožnovský, 2005; Voogt & Oke, 2003 in Dobrovolný, 2011). V tomto smyslu autoři hovoří o vzniku tzv. městského kaňonu (např. Theeuwes et al., 2014).

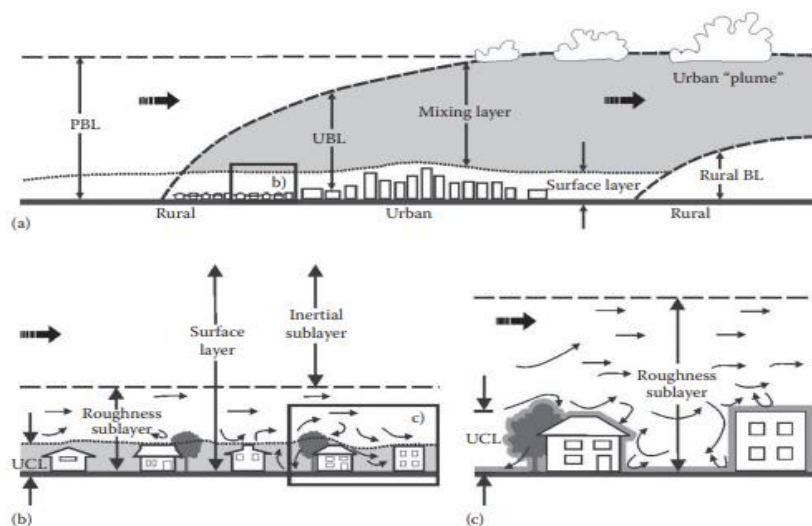
Rozdíl oproti rurální krajině s ohledem na ostatní lidskou činnost tkví v generaci obrovského množství odpadního tepla spolu se znečištěním. Zdroje lze spatřit například ve vytápění a klimatizaci budov. Obecně mezi činitele patří v první řadě průmyslová výroba, výroba elektřiny, automobilová doprava a metabolismus organismů (Sailor, 2011; Li & Zhao, 2012). Antropogenní vinou a vlivem výše zmíněných původců se uvolňuje do ovzduší velké množství polutantů a skleníkových plynů, které i za přispění vodní páry částečně pohlcují tepelné záření emitované zemským povrchem. Tím se narušuje přirozená radiační bilance a vodní cyklus s tvorbou oblačnosti (Oke, 1976; Oke, 1987; Britannica, 1998).

1.2.2. Typy a subtypy tepelných ostrovů

Základní druhy tepelných ostrovů se dělí na **atmosférický** (Atmospheric urban heat island – AUHI) a **povrchový tepelný ostrov města** (Surface urban heat island – SUHI). Z názvů je patrná závislost na prostředí, kde dané jevy vznikají. Zároveň ke každému UHI dochází za působení odlišných faktorů. Rozdíly mezi oběma typy

UHI lze pozorovat z hlediska časového vývoje během roku i dne, zjišťovacích metod a zobrazovacích prostředků (Oke, 1997; Akbari et al., 2008).

Rozlišovat tepelné ostrovy je možné také dle rozsahu monitoringu a dopadu v rámci mikroměřítká, lokálního měřítká, mezoměřítká a regionálního měřítká. Jedná se o územní škálu od vnitřních a vnějších prostor budov přes celé městské čtvrtě až po města s širším okolím (Grimmond, 2006 in Středová a kol., 2011; Heisler & Brazel, 2010). Roth (2012) rozlišuje 3 základní typy měřítek městského klimatu. Studium v kontextu mikroměřítká (microscale) se zabývá v zásadě oblastí městské přízemní zóny. Zkoumá okolí budov, jejich vegetaci a prostor mezi nimi v bodových oblastech za působení mikroklimatických podmínek (obr. č. 2c). Propojením těchto sousedících lokalit vznikají celky spadající pod místní měřítko (local scale; obr. č. 2b). V rámci střední velikosti území (mesoscale) se autoři zabývají celou mezní vrstvou atmosféry a aspekty v ní obsaženými (obr. č. 2a). Do této kategorie lze zařadit celá města a částečně jejich blízké okolí, neboť zde dochází k mísení jednotlivých vzduchových hmot. Míchání nastává na hranici přízemní a mezní vrstvy atmosféry (Wanner & Fillinger, 1989; Středová a kol., 2011; Roth, 2012). Tato škála se využívá k formování modelů, které pomáhají utvářet obraz o vlivu klimatických změn. Zároveň slouží i k predikci možných scénářů vývoje. Problematiku města Chicaga řeší například Conry et al. (2015).



Obrázek 2: Vertikální struktura atmosféry zobrazená v různém měřítku (Oke, 2006 in Roth, 2012)

Vzhledem k výskytu malých a lokálních tepelných ostrovů způsobených specifickými vlastnostmi aktivního povrchu v zastavěném území města se někdy vymezují tzv. mikrourbánní tepelné ostrovy (z angl. Micro urban heat island – MUHI). Jedná

se především o projev SUHI, kdy se v intravilánu utvářejí menší, bodová tepelná znečištění (Aniello, 1993 in Aniello et al., 1995). Za hlavní příčinu vzniku je považována geometrie ulic s efektem městského kaňonu. V praxi se konkrétně v daných místech vyskytují plochy bez vegetace – parkoviště, asfaltové cesty, dlážděné plochy apod. (Aniello et al., 1995; Arrau & Peňa, 2008).

Povrchový tepelný ostrov města (SUHI)

SUHI určuje přímo teplota aktivního povrchu. Odvíjí se od schopnosti absorbovat energii vzniklou sluneční činností. Plochy vystavené přímému solárnímu záření mohou dosahovat až o 27-50 °C více v porovnání s okolní teplotou vzduchu. Zastíněná prostranství se přibližují teplotě ovzduší. SUHI se nejzřetelněji vyskytuje v čase, kdy převládá pozitivní energetická bilance, tudíž probíhá absorpce a vedení tepla do podloží (Vysoudil, 2004; Akbari et al., 2008).

Specifikum SUHI je, že jej lze pozorovat během celého dne. Nejintenzivněji se projevuje v letním období za jasného počasí, neboť intenzita sluneční radiace nabývá maximálního charakteru. To zapříčiňuje míra insolace (intenzita přímého slunečního záření), jež je ovlivněna vzdáleností od Slunce, oblačností a rozsahem znečištění atmosféry. Mění se v průběhu roku a koreluje se zeměpisnou šířkou, částí dne a sezóny (Vysoudil, 2013; Brázdil a Máčka, 2016). V porovnání s venkovskou krajinou zde dochází k rozdílům povrchových průměrných teplot od 10 do 15 °C v denních hodinách a od 5 do 10 °C v rámci noční fáze. K měření se používají především nepřímé metody, a sice dálkový průzkum Země (Akbari et al., 2008).

Atmosférický tepelný ostrov města (AUHI)

AUHI lze popsat jako změnu teploty vzduchu v určitém rozsahu atmosféry intravilánu města oproti okolní venkovské krajině. Tento rozdíl není tak zřejmý jako u SUHI (Akbari et al., 2008; Středová a kol., 2011).

Nejintenzivnějších hodnot dosahuje během noci či před úsvitem. V rámci ročního režimu AUHI nabývá na síle v zimních měsících. Za bílého dne nemusí vůbec dojít k výskytu nebo jeho vliv vykazuje marginální charakter (rozdíl teplot maximálně o 1-3 °C). V nočních hodinách se průměrná teplota liší od extravilánu o cca 7-12 °C. Zjišťování hodnot se provádí pomocí klasických meteorologických stanic jak stálých, tak mobilních. Výstupy jsou nejčastěji zobrazovány izotermickými mapami nebo teplotními grafy (Oke, 1997; Akbari et al., 2008).

V porovnání povrchového a atmosférického tepelného ostrova se AUHI dělí podle mnohých autorů na další dva subtypy, a sice tepelný ostrov přízemní vrstvy atmosféry (Canopy layer urban heat island – CLUHI), tzv. městský zápoj, a tepelný ostrov mezní vrstvy atmosféry (Boundary layer urban heat island – BLUHI; Oke, 1982; Středová a kol., 2011).

Tepelný ostrov přízemní vrstvy atmosféry (CLUHI)

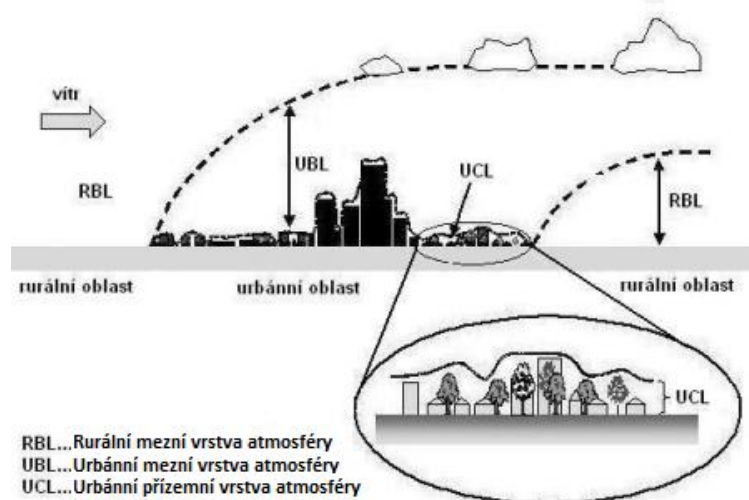
Přízemní vrstva atmosféry úrovní sahá do výšky lidských obydlí nebo vzrostlé zeleně čili maximálně několik jednotek až desítek metrů. To indikuje důležitost pro antropogenní sféru, neboť v ní dochází k realizaci většiny činností. Přízemní vrstvu atmosféry definuje Český meteorologický slovník jako nejspodnější část, kde probíhají nejintenzivnější energetické výměny mezi povrchem a zmiňovanou oblastí (ČMeS, 1993c). Na CLUHI působí vertikální geometrie budov s vysokou hustotou zástavby. Tyto stavby a další infrastrukturu pomyslně ohraničuje ovlivněná masa vzduchu a brání turbulentnímu přenosu tepelného toku prostřednictvím větrné energie (Oke, 2006 in Středová a kol., 2011; Voogt & Oke, 2003). Z hlediska rozsahu studia se spíše jedná o oblasti lokálního měřítka (Roth, 2012).

Tepelný ostrov mezní vrstvy atmosféry (BLUHI)

Hranice mezní vrstvy atmosféry začíná od střech budov a korun stromů (od horní meze přízemní vrstvy atmosféry) a pokračuje do výšky 1,5-2 km nad zemským povrchem, kde již urbánní sídla neovlivňují atmosféru. Stále zde však dochází k interakci s meteorologickými prvky (Oke, 1982; ČMeS, 1993d). Jedná se o studium ve větším měřítku, neboť mezní vrstva atmosféry představuje rozsáhlejší oblast, viz obrázek č. 3. V rámci výzkumu se BLUHI přesouvá na rozmezí působnosti mezoklimatu a mikroklimatu (Roth, 2012; Vysoudil, 2013).

Pro BLUHI je typické, že denní chod v urbánní sféře se téměř teplotně neliší od okolní rurální oblasti. Intenzita stoupá především v noci díky výskytu inverzního jevu, jenž je způsoben dlouhovlnným vyzařováním tepla z aktivního povrchu. Nastává během negativní energetické bilance za asistence emisí z antropogenních činností (bottom-up heating). Zároveň teplo může vstupovat tzv. top-down efektem, což znamená mísení tepla z vnějšího prostředí mezní urbánní vrstvy za účinku teplotní inverze. Hodnoty a výraznost jevu závisí na charakteru meteorologických podmínek, a sice především na oblačnosti a rychlosti větru v dané době (Oke, 1995; Roth, 2012).

Mezní vrstva nabývá největší mocnosti nad zastavěným územím díky větší drsnosti povrchu a nestabilnímu teplotnímu rozložení vrstev. Její rozsah se mění v průběhu dne (Středová a kol., 2011).



Obrázek 3: Atmosférický tepelný ostrov a jeho vrstvy (Voogt, 2004; upraveno)

1.3. Význam vegetace v utváření energetických toků a mikroklimatu

Energetické toky v přírodě tvoří systém interagujících různých zdrojů energie v rámci biotických a abiotických faktorů. Jedná se o vztah především mezi atmosférou, biosférou, pedosférou a hydrosférou, kde dochází k výměně a transformaci energií (Su, 2002). Penman (1948) vyzdvihuje důležitost tří povrchů, jež ovlivňují srážkové a vodní poměry v přírodě, a sice půdu, vegetační a vodní plochy. Celková bilance energetických toků se následně musí rovnat nulové hodnotě za určité období, neboť podle zákona zachování energie zůstává množství energie stále stejné. Dochází pouze k její přeměně na různé druhy, které zásadně určují podobu prostředí (Nedomová, 2005; Pokorný, 2014).

V přírodě lze za hlavní faktory považovat **sluneční, vodní, větrnou a biologickou složku** (Su, 2002). Výrazný aspekt ovlivňující energetickou bilanci je antropogenní činnost, jež nejčastěji souvisí s přetvářením krajiny. Díky lidským aktivitám se nezdá, kdy objevují četné disfunkce ekosystémů (např. narušení rovnováhy odtokových poměrů). Existence vegetace umožňuje efektivněji usměrňovat a regulovat toky energií, což poté reflektuje lepší stav mikroklimatu (Novák, 2012; Forzieri et al., 2020).

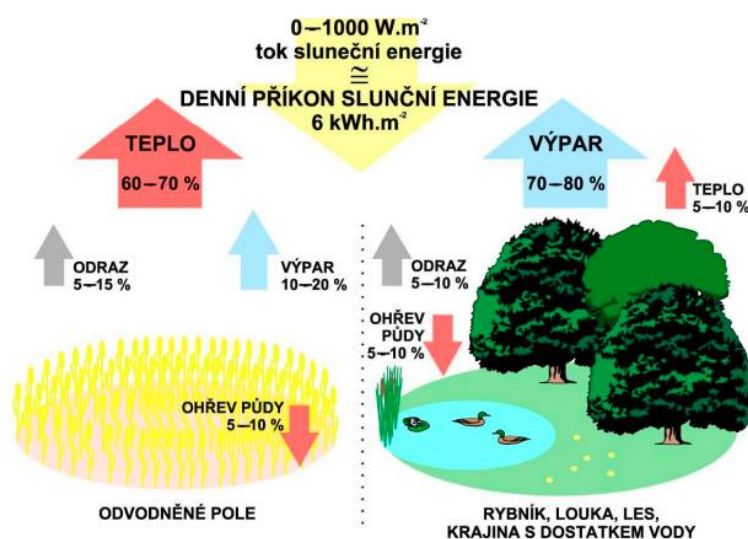
Význam vegetace se pojí se schopností absorbovat krátkovlnné záření produkované Sluncem a použít jej k vlastním biologicko-chemickým účelům, tj. k transpiraci a fotosyntéze. S vyšší intenzitou slunečního záření je vegetace schopna za dostatku vody a živin vytvořit více hmoty a podpořit produktivní výpar. S omezeným nebo nadbytečným přísunem základních složek pro vývoj rostlin, např. během krátkodobých výkyvů počasí, se částečně dokážou přizpůsobit situaci a do určité míry dále plnit svou funkci (Pokorný, 2009). Zeleň totiž umí kontrolovat do kritického okamžiku příjem a výdej vody pomocí kořenů a průduchů v listech (Kravčík a kol., 2007; Novák, 2012). Tím dochází ke snižování teplotních rozdílů (amplitudy) s přihlédnutím na průběh denních a ročních chodů (Geiger et al., 1995).

Efekt u rostlin vyvolaný slunečním zářením za spoluúčasti abiotických a biotických faktorů se nazývá klimatizační efekt evapotranspirace. Skládá se z dějů evaporace, což je celkové odpařování vody z prostředí, a transpirace neboli odpařování vody pomocí rostlin (Kravčík a kol., 2007; Novák, 2012). Evapotranspirace významně ovlivňuje své okolí, jelikož vznikající vodní pára za spotřeby tepla (tok latentního tepla výparu) v sobě váže transformovanou sluneční energii během kladné energetické bilance. Díky tomu se snižuje teplota prostředí v důsledku menšího zahřátí půdy, k čemuž přispívá také stín tvořený vegetací a snížený podíl neproduktivního výparu (Šerá, 2005; Kravčík a kol., 2007; Brom, 2008; Novák, 2012). Po překročení teplotní hranice rosného bodu (= po dostatečném ochlazení) vodní pára opět mění své skupenství na kapalně. Kondenzace se odehrává při negativní energetické bilanci nad chladnější oblastí, kde vodní pára uvolňuje energii v podobě srážek, rosy apod. Dochází tak k vyrovnávání rozdílů teplot a tlaku mezi jednotlivými územími (Hadaš, 2004; Pokorný a kol., 2017). Zjednodušeně lze hovořit o jedné ze součástí malého vodního oběhu.

Při absenci vegetace dochází k omezení transformace energie do toku latentního tepla, tudíž se redukuje ochlazovací jev. Plochy nejsou schopny zadržet dostatečné množství vody a vzniká tak nerovnováha v energetické bilanci, viz obrázek č. 5 znázorňující distribuci sluneční energie v rozdílných prostředích (Pokorný & Klem, 2004; Pokorný, 2014). Pomocí výparu z území s dostačujícími zásobami vody je účelně využito až 80 % dopadajícího záření. Naopak v suché krajině se kolem 60 % dopadající radiace transformuje na zjevné teplo (Pokorný et al., 2007; Pokorný, 2009).

Kromě sluneční energie hraje v tomto ohledu důležitou roli zmiňovaná voda a nasycenost prostředí danou látkou (Kravčík a kol., 2007). Retence kapalné složky v území spolu s evapotranspiračním efektem vegetace má pozitivní vliv na mikroklima (Šerá, 2015). Nejlépe se daří mokřadním a dalším vzrostlým společenstvům, která teoreticky zvládnou z 1 m² za ideálních podmínek při silném působení horizontálního proudění teplého vzduchu, tj. advekci, odpařit až 20 l vody za den. Reálně se však hodnota pohybuje kolem 3-8 l (Kravčík a kol., 2007; Pokorný a kol., 2017).

Při nenarušeném a dobře fungujícím malém vodním cyklu dochází k častějšímu opakování periodických procesů. Snižují se intervaly mezi jednotlivými srážkami, jsou méně intenzivní a krajina tak lépe odolává extrémním projevům počasí (Kravčík a kol., 2007; Pokorný a Dvořáková, 2011). U vodního cyklu záleží na jeho otevřenosti. V uzavřeném hydrologickém koloběhu dochází k relativně rychlejší recyklaci vody v regionálním měřítku (Trenberth, 1999). Předchází se tak odnosu živin a degradaci půdy, což tvoří jeden ze základních předpokladů pro zdravé životní prostředí se schopností zadržovat vodu. Určujícím ukazatelem je obsah a kvalita půdní organické hmoty s ohledem na strukturu půdy. Ta podtrhuje svůj vliv výživovou funkcí pro rostliny a ostatní organismy (Syrůvka a kol., 2002; Voltz et al., 2018).



Obrázek 4: Distribuce sluneční energie v různých podmínkách (Pokorný & Květ, 2004)

1.3.1. Význam vegetace v utváření městského klimatu

Pro dosažení udržitelného rozvoje měst se v nynější době jednotlivé municipality, státy a mnozí autoři zabývají dopady klimatických změn na životní prostředí na úrovni sídel. Na městské klima se nahlíží zcela specificky, viz kapitoly 1.1. a 1.2. Kapitola 1.3. se obecně věnuje významu vegetace v krajině. Intravilány měst lze podobně přirovnat k odvodněným a suchým plochám, kde navíc převládají antropogenní povrchy.

Do kategorie městské zeleně jsou řazeny parky, zahrady, lesy, aleje, trávničky, jednotlivé stromy a keře v ulicích. Jedná se víceméně o jakýkoliv rostlinný pokryv (Pokorný a kol, 2018). Zeleň plní množství ekosystémových služeb (produkce kyslíku, zachytávání prachu, izolace hluku apod.). V kontextu mikroklimatu sídel pozitivně slouží především klimatizačním efektem evapotranspirace (Pondělíček, 2014; Dimoudi & Nikolopoulou, 2003; Pokorný a kol., 2018).

Vegetace udržuje stálost příhodnějších mikroklimatických podmínek při dlouhodobějším nepříznivém (suchém i deštivém) počasí. Mění se pouze efektivita tohoto působení v závislosti na podmínkách. Do charakteristik spadá vlhkost vzduchu i půdy za využití stínění a evapotranspirace. Stínění částečně brání dopadu přímého slunečního záření na povrch, které by jej jinak ohřívalo a transformovaná energie by byla akumulována v půdě (teplo vedené do půdy). Do jisté míry se stíněním též předchází zpětnému vyzařování tepla do okolí (zjevné teplo) a vzniku UHI. Na rozdíl od umělých aktivních povrchů dokáže zeleň a půda efektivněji podpořit vsakování, což vede k omezení rychlého odtoku vody po deštích, z mlhy či rosy. Zároveň výskyt přirozených ploch s vegetací umožňuje zásobování podpovrchových zdrojů vody (Brom & Procházka, 2007 in Brom, 2008; Pondělíček, 2014).

Městské zázemí tvoří dominantně zástavba různých objektů. Za jedinečný aspekt lze označit geometrii aktivního povrchu v porovnání s okolní krajinou. I přes možné stínění budov se liší tyto oblasti právě v procesu evapotranspirace. 0,7 kWh generovaných sluneční radiací je využito na fázovou přeměnu 1 l vody do plynného skupenství. Při nepřítomnosti zeleně v odvodněném území s umělým aktivním povrchem a nízkou retenční schopností dochází k pouhé přeměně na zjevné teplo (Pokorný a Květ, 2004; Kravčík a kol., 2007; Novák, 2012).

Pro zlepšení mikroklimatu uvnitř budov bývá tento deficit kompenzován mechanickými klimatizacemi, jež produkují odpadní teplo. Vzrostlý strom umí vyprodukovat teoreticky stejné množství energie jako přibližně 10 klimatizačních zařízení. Podstatný rozdíl tkví v distribuci „odpadního tepla“ vyprodukovaného vegetací. To se prostřednictvím páry uvolňuje buďto ve vyšších vrstvách atmosféry, nebo přímo na chladnějších a vlhčejších plochách zemského povrchu během negativní energetické bilance (Kravčík a kol., 2007; Pokorný a kol., 2018).

Teploty asfaltových, betonových či jiných umělých ploch (např. střech) se mohou při letním, slunečném počasí rozpálit až k hranici 70 °C. Vegetační plochy nelze s danou teplotou srovnávat, jelikož při stejných podmínkách dochází k ohřevu

maximálně v intervalu jednotek až tří desítek °C. Pro městské mikroklima je výhodnější souvislá zeleň. Nicméně záleží také na patrech a rozměrech porostu, z čehož při hodnocení vycházejí stromy nejlépe. I solitérní strom s širším průměrem koruny dokáže znatelně ovlivnit mikroklimatické podmínky (Ren et al., 2011 in Šerá, 2015).

Jako příklad lze uvést Pokorného a kol. (2018), kteří zkoumali odlišnosti energetických toků u chodníku v Klatovech pod stromem a na přímém slunci. Jednak se neshodovala povrchová teplota (přímé slunce – 51 °C, pod stromem – 26,9 °C) a jednak sluneční radiace dopadající na povrch (přímé slunce – 877 W.m⁻², pod stromem – 82 W.m⁻²). Rozdíl mezi energetickými hodnotami způsobovala převážně spotřeba dané radiace listy stromu pro transpiraci spolu s ostatními biologicko-chemickými procesy, kdy z jednoho m² povrchu stromu byly výparem odvedeny v daném dni a podmínkách zhruba 2 litry vody s teoretickou spotřebou 1,4 kWh/m². U chodníku bez vegetace se sluneční energie změnila na zjevné teplo, což vyústilo v přehřátí povrchu.

1.3.2. Energetická bilance v rámci měst

Trendem rozšiřování urbánního prostředí dochází k signifikantní nerovnováze energetických toků způsobené narušením přirozených pochodů předávání tepla, proudění větru a vlastní produkce tepla (Gaitani et al., 2011).

V prostředí města lze energetickou bilanci vyjádřit jak radiační (tepelnou) bilancí povrchu, tak i vodní bilancí (evapotranspiraci; Brutsaert, 1982). Existuje několik modelů, jež analyzují situaci v reakci na zmiňované energetické výměny. Hlavní rozdíly v městském prostředí v porovnání s extravilánem způsobuje antropogenní činnost a její dopad na působení radiačních toků v přízemní i mezní vrstvě atmosféry, např. vlivem znečištění ovzduší (Roberts et al., 2006; Novák, 2012). Dle Nunez & Oke (1977), Roberts et al. (2006) a dalších lze použít upravenou rovnici pro tepelnou bilanci:

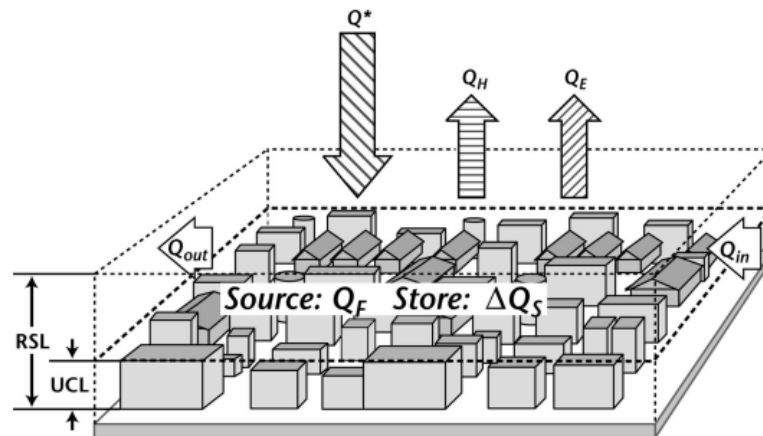
$$Q^* + Q_F = Q_H + Q_E + \Delta Q_S + \Delta Q_A \quad [\text{W.m}^{-2}] \quad (1)$$

kde Q^* je čistá bilance záření vznikající součtem hodnot odraženého a vyzařovaného krátkovlnného (S) a dlouhovlnného záření (L ; $Q^* = S + L$). Krátkovlnné záření se skládá z přímého slunečního záření (DS), odraženého

slunečního záření (R) a rozptýleného slunečního záření (D ; $S = DS + R + D$). Celkové dlouhovlnné záření (L) je dáno rozdílem opětovného vyzařování dlouhovlnného záření od atmosféry (L^\downarrow) a dlouhovlnným vyzařováním zemského aktivního povrchu (L^\uparrow ; $L = L^\downarrow - L^\uparrow$; Nováková, 2018). Q_F znázorňuje teplo generované lidskou aktivitou, Q_H turbulentní tok zjevného tepla, Q_E turbulentní tok latentního tepla, ΔQ_S uchované teplo v přízemní vrstvě atmosféry a ΔQ_A teplo transportované ve vodorovném směru zkoumaného systému ($Q_A = Q_{in} - Q_{out}$), viz obrázek č. 7. Často dochází k redukcii $\Delta Q_S + \Delta Q_A$ díky zanedbatelné hodnotě.

$$Q^* = Q_H + Q_E + Q_G \quad [\text{W.m}^{-2}] \quad (2)$$

kde Q_G odpovídá součtu tepelných toků vedených v půdě (Nunez & Oke, 1977; Roberts et al., 2006; Mitchell et al., 2008; Callejas, 2016).



Obrázek 5: Radiační bilance městského povrchu (Oke, 1987 in Roberts et al., 2006)

Vodní bilance se v urbánní sféře pojí s procesem evapotranspirace a odpovídá vztahu:

$$P + I + F = ET + R + S + A \quad [\text{mm/h}] \quad (3)$$

kde levá strana rovnice značí vstupy a pravá strana výstupy. P představuje objem srážek, I zásoby přiváděné vody, F vodu generovanou a transformovanou lidskou aktivitou, ET evapotranspiraci, R odtok, S rozdíl v retenci nahromaděné vody za určitou periodu a A čistý horizontální transport vlhkosti prouděním vzduchové hmoty, tj. advekcí (Grimmond & Oke, 1999). Dále je uváděn zjednodušený vztah vycházející z Grimmond & Oke (1991 in Cleugh et al., 2005):

$$P + I = ET + D + \Delta S \quad [\text{mm/h}] \quad (4)$$

kde D znázorňuje odvodnění zahrnující odpadní vodu a srážkovou vodu. ΔS charakterizuje změny v zásobách vody jak v půdě, tak v umělých retenčních zařízeních (Cleugh et al., 2005; Mitchell et al., 2008).

Vodní bilance popisuje transport a zároveň interakci vody mezi půdou, povrchem a atmosférou pomocí srážek, výparu, vsaku a odtoku. Jedná se o hydrologický cyklus, který ve výsledku za použití zmíněných rovnic značí svou nevyrovnanost v urbánním prostředí. Ve městech dochází k prohlubování problémů vlivem antropogenních zásahů v rámci využívání půdy (Brutsaert, 1982).

Hlavní roli hrají opět formy aktivního povrchu. Důležitým aspektem je jeho struktura a pokryv. Struktura se podepisuje na klimatu v rámci ovlivňování proudění vzduchu, transportu atmosférického tepla a rovnováže jak krátkovlnného, tak dlouhovlnného záření. Typ pokryvu povrchu z pohledu mikroklimatu lze definovat albedem, nasyceností vodou a potenciálem povrchu ochlazovat/ohřívat okolí (Stewart & Oke, 2012). Tyto aspekty daly vzniknout konceptu místních klimatických zón, jež porovnávají zástavbu s typy povrchu. Celkem vykryštovalo 17 zón. Detailnější popis lze nalézt např. v Stewart & Oke (2012; viz obrázek č. 8 v přílohách), v ČR Geletič a kol. (2016) či Lehnert & Geletič (2017).

1.4. Využití DPZ pro studium energetické bilance

S postupem rozvoje technologií se čím dál více používají různé typy dálkového průzkumu Země (DPZ). V dnešní době lze hovořit o DPZ jako o jednom z prudce progresivních oborů s přihlédnutím ke konvenčním (analogovým – např. fotografie) a častěji nekonvenčním (digitálním – např. rastrové snímky) metodám nacházející uplatnění v moderních geografických informačních systémech (GIS; Horák, 2014). Ve spojitosti se zvyšujícími se teplotami a klimatickými změnami spolu s rostoucím významem negativních jevů nabývá výzkum na důležitosti (Vooght & Oke, 2003).

Dálkový průzkum (angl. remote sensing) se zjednodušeně definuje jako dosažení informací o různých předmětech na určitou vzdálenost bez fyzického kontaktu. Obecně dochází ke snímání elektromagnetického záření nějakého celku či předmětu (např. území) za použití různých druhů snímačů (Brom a kol., 2014). V případě DPZ tyto informace dopomáhají vědcům utvořit si představu o současné situaci životního prostředí a zároveň monitorovat daný stav (Horák, 2014).

Díky DPZ lze sledovat a rozpoznat tzv. funkční parametry, mezi které patří např. vegetační pokryv, teplota a vlhkost povrchu. Zároveň z nashromážděných

dat je možno kontrolovat jejich vývoj v rámci časových řad (Procházka et al., 2011c in Procházka a kol., 2014). Funkční parametry závisí na formě aktivního povrchu, neboť každý reaguje odlišně během transformace energií a následné emitace. Zemek a kol. (2014) jmenují 4 základní druhy aktivních povrchů, a sice vegetace, voda, půda a umělé povrchy. Ty vzhledem k diferenciálním vlastnostem vyzařují danou radiaci v různých vlnových délkách elektromagnetického spektra. Odborně lze hovořit o spektrální reflektanci (odrazivosti) objektů. Detekce probíhá pomocí citlivých přístrojů.

Vooght a Oke (2003) se zabývaly tepelným dálkovým snímáním (angl. thermal remote sensing) zemského povrchu. Jedná se o jeden ze způsobů DPZ. Pomocí této metody se zjišťuje elektromagnetické záření v tepelné části spektra. Z hlediska zájmu je monitorován zemský povrch a jeho teplota, neboť ta dokáže přesněji poukázat na změny v energetických výměnách (Vooght & Oke, 2003). Zkoumá se především infračervené tepelné záření objektů, které nabývá hodnot od 3 μm do 1 mm. Naměřené hodnoty v sobě zahrnují všechny energetické přeměny pojící se s humiditou povrchu, jeho vlastnostmi, energetickými vstupy a výstupy. Jinak řečeno výsledná povrchová teplota již obsahuje radiační a termodynamické charakteristiky povrchu (Vooght & Oke, 2003). Proto se při slunečním záření o stejné intenzitě chovají povrchy diferenciálně, což se projevuje v městském prostoru daleko více (př. SUHI).

Každé těleso či materiál vyzařuje určité teplo na molekulové úrovni vlivem kinetické energie (kinetické teplo) nezávisle na slunečním záření. Míru emitace daného povrchu a to, v jakém spektru se záření pohybuje, určují energetické výměny s okolím a typ daného povrchu. Za jedinou podmínku lze považovat teplotu vyšší než 0 K, tj. $-273,15\text{ }^\circ\text{C}$ (Zemek a kol., 2014; Pokorný a kol., 2018).

Informace o teplotě povrchu v rámci městského klimatu se získávají tepelným snímáním pouze ze dvou intervalů, a sice 3-5 μm a 7,5(8)-14 μm . Díky propustnosti atmosféry v těchto rozmezích objekt výrazněji emituje vlastní záření ve srovnání s odrazem sluneční radiace. První interval slouží lépe k pozorování v nočních hodinách, jelikož během dne dochází také k silnému odrazu slunečního záření, což může způsobovat značné zkreslení při průzkumu. Lze tak kvalitněji určit např. UHI. Druhý interval se využívá za slunečního počasí, kdy se naopak ztelněji projevuje klimatizační efekt evapotranspirace. Je možné rozeznat typ povrchu a zároveň převahu buďto zjevného, nebo latentního tepla výparu. Objektem emitovaná energie převládá v tomto rozmezí spektra nad slunečním odrazem od aktivního

povrchu. Označuje se jako termální infračervené záření (TIR; Vooght & Oke, 2003; Sedlák a kol., 2010; Zemek a kol., 2014; Pokorný a kol., 2018).

Obecně se vhodné oblasti spektra pro DPZ mohou členit na ultrafialové (UV – 0,1-0,4 μm), viditelné (VIS – 0,4–0,72 μm), blízké (NIR – 0,72-1,3 μm), střední (MIR – 1,3-3 μm), vzdálené (tepelné; 3-1000 μm) a mikrovlnné záření (1-1000 mm). Každý z intervalů má za úkol získávání odlišných informací o studovaném území (Zemek a kol., 2014).

Pro určení energetických toků ve městech často slouží družice (např. LANDSAT, TERRA ASTER). Snímání povrchu může probíhat jak jedním, tak vícero širokospektrálními skenery, které zjišťují vícečetné informace o dané lokalitě, viz tabulka č. 1. Za další možnost monitorování energetických toků s ohledem na DPZ lze jmenovat letecké a termovizní snímání. V poslední době roste obliba využívání dronů, neboť klesá ekonomická náročnost pořizování dat (Pokorný a kol., 2018).

Využitím DPZ v rámci městského klimatu se zabývají v posledních letech např. projekty adaptace sídel na změny klimatu. Vyhodnocují nejrůznější data, ať už termovizních kamer, družicových či leteckých snímků pro odhalení teplotních rozdílů. Vzniká mnoho prací monitorujících difference v podmínkách měst. Mezi ně patří mapování využívaných ploch, sledování biofyzikálních parametrů (např. podíl ploch s vegetací, normalizovaný rozdílový vegetační index – NDVI) nebo popis a kvantifikace spojitých polí. Snímky z DPZ lze použít k porovnání povrchové teploty s druhem využití krajiny, následným rozeznáním UHI a zároveň i rozpoznáním znečištění ovzduší (Sedlák a kol., 2010).

Dálkovým průzkumem je možné vygenerovat velké množství dat o jednotlivých površích. Z těchto dat lze získat přehled o prostorové distribuci různých významných jevů majících vliv na klima nejen planety, ale i měst a jejich okolí. Mezi časté aspekty monitoringu patří např. růst měst díky urbanizaci a suburbanizaci, vyhodnocování jeho dynamiky a následků spjatých s rozdílem teplot, vlhkosti apod. Díky novějším a přesnějším technologiím probíhá snímání dat v kvalitnějších rozlišení (vyšší než 5 m), což otvírá další možnosti pro zpracovávání a interpretaci dat (Mitraka & Chrysoulakis, 2018).

Aplikace dat pomáhá při územním plánování, při tvorbě urbanistických koncepcí měst nebo při architektonických návrzích staveb a následně jejich realizaci pro co nejoptimálnější funkčnost sídel s co největším omezením vzniku negativních externalit (např. vysokých teplot povrchů, prašnosti). V kontextu práce lze hovořit

o zmiňovaných adaptacích měst na změnu klimatu – rozšiřování vegetačních ploch, zvýšení retenční schopnosti půdy, snižování emisí apod. (Seto & Christensen, 2013).

Tabulka 1: Specifikace družic Landsat (ARCDATA Praha, 2020)

		Landsat 7	Landsat 8	Pásma LS 8
Datum vypuštění		15. 4. 1999	11. 2. 2013	
Spektrální rozlišení	panchromatické	520–900 nm	500–680 nm	Band 8
Spektrální rozlišení multispektrální	pobřežní	-	433–453 nm	Band 1
	viditelné modré	450–520 nm	450–515 nm	Band 2
	viditelné zelené	530–610 nm	525–600 nm	Band 3
	viditelné červené	630–690 nm	630–680 nm	Band 4
	blízké infračervené	780–900 nm	845–885 nm	Band 5
	infračervené I	1550–1750 nm	1360–1390 nm	Band 6
	infračervené II	2090–2350 nm	1560–1660 nm	Band 7
	infračervené III	-	2100–2300 nm	Band 9
	tepelné I	10400–12500 nm	10300–11300 nm	Band 10
tepelné II	-	11500–12500 nm	Band 11	
Prostorové rozlišení	panchromatické	15 m	15 m	
	multispektrální	30 m	30 m	
	tepelné	60 m	100 m	
Radiometrické rozlišení		8bitové	12bitové	
Doba oběhu		16 dní	16 dní	
Čas přeletu (lokální čas)		10.00	9.30–10.00	
Inklinace		98,2 °	98,2 °	
Velikost scény		183 × 173 km	183 × 173 km	
Výška orbity		705 km	705 km	

* 1 nm = 0,001 μm

2. Metodika

2.1. Výběr zájmového území

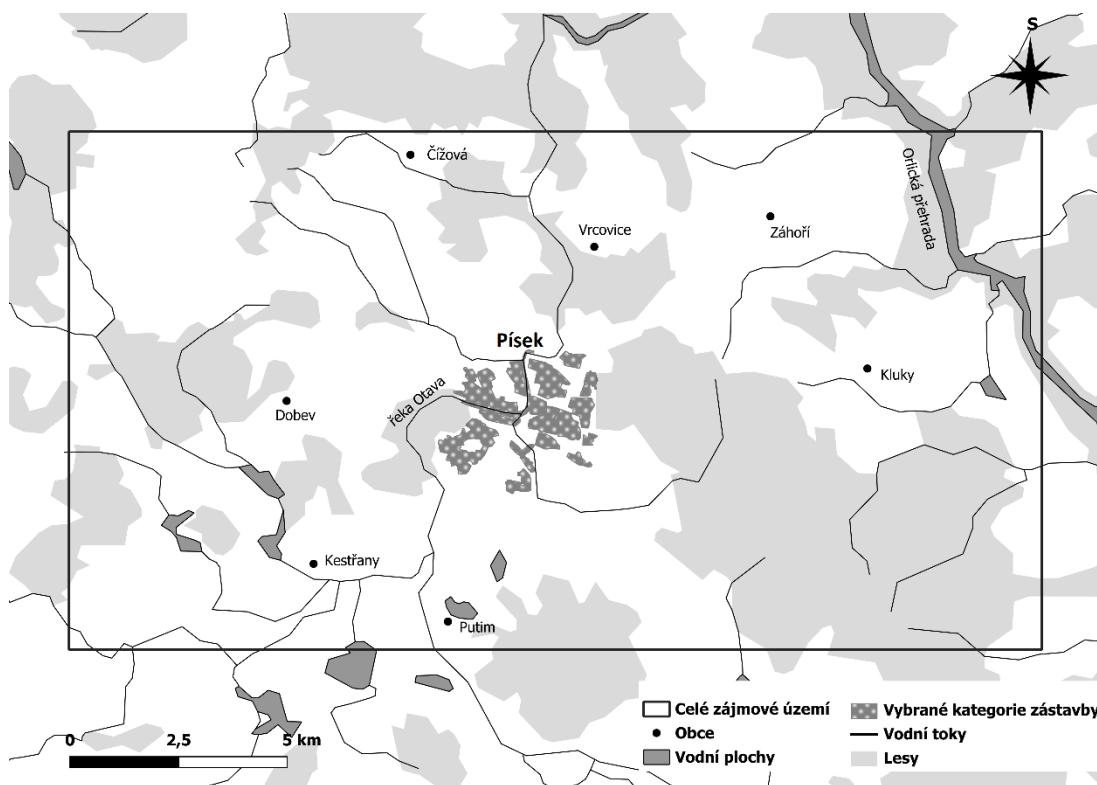
Pro účely diplomové práce bylo vybráno město Písek. Nachází se v Jihočeském kraji, zhruba 44 km severozápadně od Českých Budějovic a 100 km jižně od Prahy v okrese Písek. Řadí se na třetí místo co do počtu obyvatel (30 415) v kraji po Českých Budějovicích a Táboře. Přírodní charakteristikou pro tuto oblast jsou mimo řeku Otavu také rozsáhlé lesní porosty obklopující zájmové území (Město Písek, 2021; ČSÚ, 2021).

Z klimatického hlediska město spadá podle Quitta do mírně teplé oblasti MT10 a MT11. Projevují se zde vlivy jak oceánského, tak kontinentálního klimatu s převládáním západního a severozápadního proudění větru, který je však brzděn specifickou polohou města v kotlině mezi lesními porosty. Průměrné roční teploty se pohybují kolem 8-9 °C. Minima dosahují zhruba -20 °C a maxima šplhají až ke 35 °C. Průměrně za rok spadne zhruba 560 mm. Sluneční svit trvá cca 1700 hodin ročně (Berman Group; 2005; ČSÚ, 2021).

Dle geomorfologického členění se město vyskytuje z poloviny v celku Tábořské pahorkatiny, podcelku Písecké pahorkatiny (Mehelnická vrchovina) a z druhé poloviny v celku Českobudějovické pánve, podcelku Putimské pánve. Geologické složení tvoří především granodiority, metamorfované horniny a neogenní sedimenty. Nejvyšším vrcholem je Mehelník (632 m n. m.) v Píseckých horách, v celém okrese pak Kozlov (708 m n. m.). Průměrná nadmořská výška města odpovídá 378 m n. m (Berman Group, 2005; VRV & SHDP, 2017).

Rozloha města činí 6323,02 ha, z čehož zemědělská půda zabírá 2194 ha. Z této plochy lze vyčlenit 1496 ha orné půdy, 169 ha zahrad a 511 ha trvalých travních porostů. Nezemědělská půda se podílí na celkovém fondu 4128 hektary, z čehož lesní pozemky zaujímají 2982 ha, vodní plochy 179 ha, zastavěná plocha 236 ha a ostatní plochy 732 ha. Data ukazují významnost lesních porostů (především v Píseckých horách) a zemědělské orné půdy (ČSÚ, 2021).

K analýze a porovnání různých druhů zástavby byl vybrán širší výřez krajiny, viz obrázek č. 6. Znárodnuje zájmovou zástavbu Písku s dalšími přírodními a antropogenními prvky (vodní plochy a toky, lesy, sídla).



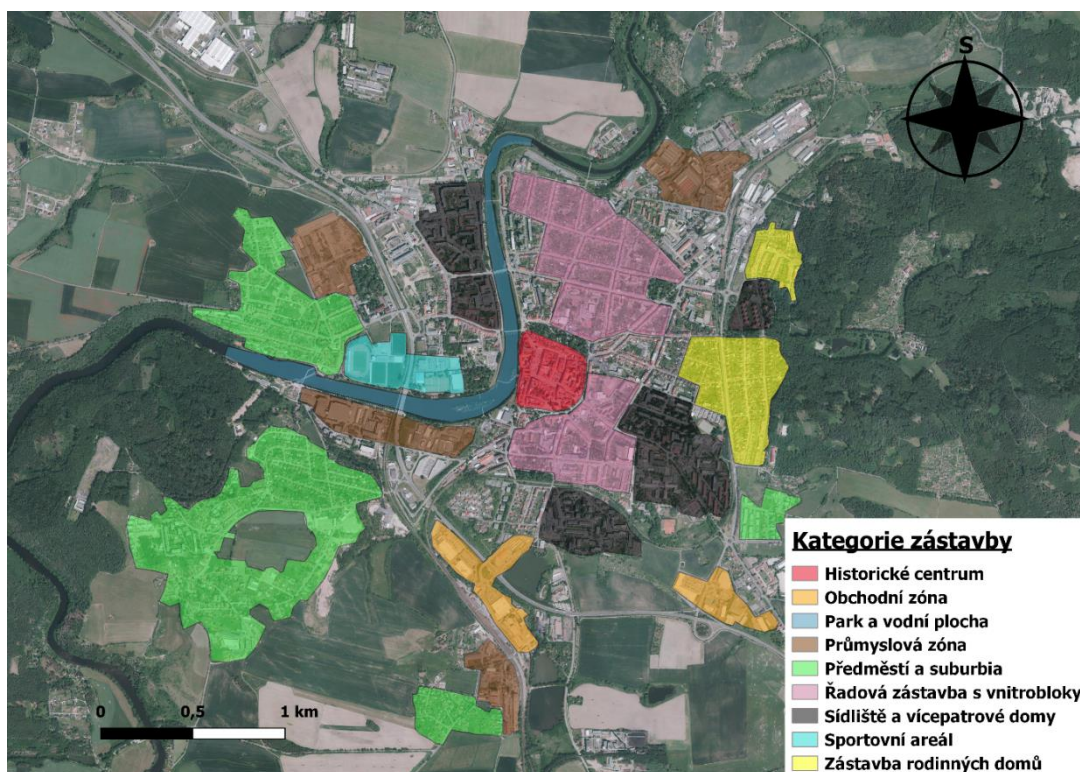
Obrázek 6: Celé vybrané zájmové území použité pro analýzu
(ArcČR 500, 2021; vlastní zpracování)

2.1.1. Popis vybraných lokalit

Pro analýzu energetických toků bylo vymezeno celkem 22 lokalit, které byly dále rozděleny do devíti kategorií, viz tabulka č. 2 a obrázek č. 7. Kategorie byly vybírány na základě způsobu využití území částečně podle popisu Stewarta & Okea (2012), přičemž byla zohledňována kritéria druhu a funkce zástavby a hustoty vegetace. K výběru typického prostorového uspořádání různých druhů zástavby posloužily WMS-Ortofotomapa (ČÚZK, 2021) a územní plán města (Město Písek, 2015).

Tabulka 2: Kategorie zástavby a vybrané lokality v Písku

Kategorie zástavby	Lokalita
Historické centrum	Centrum
Řadová zástavba s vnitrobloky	Severně od centra
	Jižně od centra
Zástavba rodinných domů	Amerika
	Řadové rodinné domy u Logrů
Předměstí a suburbia	Amerika II
	Václavské předměstí
	Hradiště
	Putimská Vysoká
Sídliště a vícepatrové domy	Dr. M. Horákové a Za Kapličkou
	Jih
	Logry
	Dukla
	Portyč
Průmyslová zóna	Jitex
	Průmyslový areál u Putimské Vysoké
	Výrobní areál směr Praha
	Interplex
Obchodní zóna	Za Hřebčincem
	Kaufland, Lidl, Tesco
Park a vodní plocha	Otava
Sportovní areál	FC Písek, IHC Písek, Sportcentrum



Obrázek 7: Vybrané kategorie zástavby města Písek (ČÚZK, 2021; vlastní zpracování)

Historické centrum patří k jádrové a nejstarší části města. Začalo se formovat v polovině 13. století, kdy Písek získal statut města. Podle katastrálních území víceméně kopíruje Vnitřní město. Za typické znaky lze považovat vícepodlažní měšťanské domy sloužící v současnosti k smíšenému využití. V přízemích se obvykle vyskytují různé obchody, restaurace či kavárny. Vyšší patra často slouží k funkci obytné. V centru se obecně vyskytují jak veřejné (úřady, muzea, školy apod.), tak různé soukromé instituce a služby (hotely, banky, sídla firem apod.). Dominantně jej tvoří prostory Velkého a Alšova náměstí spolu s historickými kulturními a náboženskými stavbami. S ohledem na druh povrchů víceméně chybí jakékoliv vegetační zastoupení mimo linie solitérních stromků a pár vzrostlých stromů v malých vnitroblocích. Severně od náměstí se nachází park Palackého sady, ten však nebyl zařazen do zhodnocení energetických toků vzhledem k odlišné struktuře území. Charakteristicky převládají v historickém centru dlážděné kamenné plochy.

Řadová zástavba s vnitroblokem představuje poměrně velkou část využitého území jak v severní části směrem od centra, tak i v jižněji položené lokalitě. Typicky se jedná o vícepodlažní, řadově navazující zděné domy (3-5 pater) s vnitroblokem. V nich se nacházejí nejčastěji travnaté zahrady s roztroušenou vegetací stromů nebo parkoviště s občasnou zástavbou krytých garáží. V současnosti dochází k rekonstrukci nezpevněných povrchů některých parkovišť na plochy zpevněné (zámková dlažba, asfalt). Mezi další prvky, jež lze ve vnitroblocích nalézt, patří školy a školky (např. ZŠ a MŠ J.K. Tyla, ZŠ Jana Husa). V přízemích řadových domů se neřídka objevují různé služby (malé prodejny, veterinární ošetřovny, jídelny, hospody apod.). Z těchto lokalit lze vyjmenovat např. bytové bloky kolem ulic Kollárova, Erbenova, Lázeňská, Na Houpačkách v severní části a ulice Heritesova, Purkyňova či Nádražní v jižní části směrem od centra.

Zástavba rodinných domů se nachází hlavně na okrajích intravilánu města. Byly vybrány 2 lokality, a sice rodinné domy na Americe a řadové rodinné domy severně od sídliště Logry v ulicích Jiřího Srnky, Jana Mukařovského, Jana Čarka a Richarda Weinaera. Obě lokality leží nedaleko od sebe v sousedství východně situovaného přírodního parku Písecké hory.

Solitérní rodinné domy na Americe se skládají buď z vilových domů stavěných v průběhu 20. století, nebo z jednopodlažních i dvoupodlažních bungalovů spadajících do současnosti. Nelze opomenout také minoritně se vyskytující vily budované v posledních cca 20 letech. Všechny tyto zástavby disponují většími travnatými

zahradami s vyšším podílem stromů a keřů. Většinu domů taktéž doplňují garážové prostory. Obecně se jedná o jednu z nejlukrativnějších částí pro bydlení v Písku. To indikuje hlavní funkci zastavěných ploch.

Předměstí a suburbia, co se týče vzniku, lze rozdělit na 2 skupiny podle vývoje – historická a nová (satelity). Lokality Václavského předměstí a Hradiště byly v minulosti vedeny jako osady, které se však postupným rozrůstáním propojily s městem. Jejich minulost sahá až do středověkého období. Pro tato předměstí je charakteristická smíšená zástavba s různými původními i nepůvodními prvky. K obytné funkci slouží jak jednopatrové či dvougenerační domy, tak vícepatrové zděné bytové nebo panelové domy. Podle územního plánu lze nalézt v historické části plochy bydlení venkovského charakteru. V případě Písku se tyto předměstí stále rozšiřují především ve svých okrajových částech, kde vznikají satelitní městečka s moderním bydlením. Zahrady nabývají v porovnání s kategorií zástavby rodinných domů na Americe menších rozměrů.

Amerika II a Putimská vysoká se řadí do kategorie nových předměstí a suburbií. Společným znakem je, že před započítáním výstavby nových objektů se zde vyskytovalo jen pár rodinných domů či usedlostí. Vlivem suburbanizace se začaly dané lokality rychle rozrůstat. V nynější době převažují novostavby, jež vznikaly v horizontu posledních 10-20 let.

Z pohledu využití území je zástavba více rozvolněná a nepřilíživě pravidelná ve starších částech předměstí. V nových lokalitách se již jedná o přesnou parcelaci pozemků se snahou o šetrné rozmístění staveb. Tomu odpovídá přítomnost travnatých porostů proložených stromovou a keřovou vegetací, která zaujímá místo jak na zahradách, tak mezi domy a komunikacemi. Zároveň zmiňované lokality charakteristicky obklopuje zemědělská půda.

Sídliště a vícepatrové domy byly stavěny především ve druhé polovině 20. století vlivem bytové politiky tehdejšího socialistického režimu. Pro tyto plochy platí, že mají omezenou hustotu zeleně. Nicméně v posledních letech probíhají revitalizace, jež v možné míře situaci zlepšují. Klasickými znaky jsou 4-15 patrové budovy v závislosti na druhu sídliště (zděné nebo panelové), rozsáhlá asfaltová, popř. betonová parkoviště, dětská hřiště mezi budovami doplněná travnatými pásy a stále převládající jednotvárnost. U parkovišť lze vidět nepravidelně alejovitě rozmístěné stromy různého stáří. Práce se zaobírá celkem 5 lokalitami se sídlištní vícepatrovou zástavbou. Pouze sídliště Logry a část ze sídlišť Dr. M. Horákové a Za

Kapličkou jsou tvořena zděnými bytovými domy. Sídliště zprostředkovávají primárně obytnou funkci s přítomností základních služeb v přízemích či poblíž bytových domů (např. obchody, kadeřnictví, řemeslnické služby aj.).

Průmyslové zóny lze považovat za plochy s převažující výrobní a skladovací funkcí. Jedná se o velké areály, které se primárně skládají z plechových nebo zděných hal, obklopených asfaltovou a betonovou infrastrukturou. Prostory využívá buďto jedna firma, nebo se po krachu velkého podniku pronajímají více subjektům. Vegetace v těchto lokalitách nabývá marginálního charakteru. Písek se během své historie vyhnul těžkému průmyslu s ohledem na průmyslovou revoluci. První továrny začaly vznikat na konci 19. století, kdy byla do města přivedena železnice. Další vlna přišla v době socialistické éry, kdy došlo k výstavbě podniků, jež se do určité podoby zachovaly dodnes. Jedná se například o vybranou lokalitu Jitex (Jihočeské textilie) ve východní části intravilánu. V 90. a následujících letech se investoři ze zahraničí pustili do budování fabrik se zaměřením na automobilový průmysl, čemuž odpovídá lokalita Interplex (bývalý Kovosvit). Výrobní areál u Putimské Vysoké shlukuje vícero firem s různým zaměřením (např. Křovina vyrábí školní nábytek). Poslední zvolená oblast nemá specifický název a taktéž ji spravuje několik vlastníků či pronajímatelů s nesourodým předmětem podnikání (např. Pikatron – výroba el. součástek, Kopeko – nábytek).

Obchodní zóna svou zástavbou připomíná průmyslové zóny, nicméně zde figurují hlavně plechové konstrukce obřích rozměrů doplněné o velké plochy asfaltových parkovacích míst. Často se na parkovištích vyskytují mladé solitérní stromky. Liší se také funkcí, kdy se obchodním zónám připisuje kategorie občanského vybavení pro komerční zařízení. Do práce byly vybrány 2 lokality, a sice Za Hřebčincem, kde se nachází Albert, New Yorker, Penny a další obchodní řetězce, a obchodní zóna u vlakového a autobusového nádraží, které dominují Obi, Kaufland, Tesco a Lidl.

Park a vodní plochu představuje vodoteč Otavy, jež zahrnuje mimo dominantní vodní plochu také park Městský ostrov a částečně vegetaci na březích řeky. Výběr této kategorie proběhl za účelem porovnání rozdílů energetických toků vzhledem k přírodnímu charakteru prostředí a aspektu vody.

Sportovní areál se svou funkcí řadí k plochám občanské vybavenosti v rámci tělovýchovných a sportovních zařízení. V rozsáhlé oblasti se nachází fotbalový areál FC Písek, areál zimního stadionu IHC Písek a tenisové kurty u Sportcentra. Povrchy jednotlivých areálů se výrazně liší. U fotbalových hřišť převládá zavlažovaný,

intenzivně sečený trávník a umělý trávník. Hokejový stadion tvoří převážně plechová hala. Tenisová hřiště se skládají majoritně z antukových povrchů. Všechna sportoviště mají k dispozici rozsáhlá parkoviště s minimem vzrostlé či keřové zeleně a budovy se šatnami, kanceláři klubů apod. Dále byla do polygonu z důvodu propojení přidána i část silnice I4.

2.2. Metodický postup

Práce se zabývá vlivem různých typů zástavby na teplotní projevy povrchu, vlhkostní poměry povrchu a transformaci sluneční energie v zájmovém území pomocí satelitních snímků. Disipaci solární radiace vyjadřují energetické toky latentního tepla výparu, zjevného tepla a tepla vedeného do půdy.

Hlavními zdroji dat byly satelitní snímky z družice Landsat 8, které lze dohledat na stránkách United States Geological Survey pomocí služby EarthExplorer (USGS, 2020a) a stáhnout je bezplatně pro výzkumné účely prostřednictvím služby ESPA (USGS, 2020b). Jako podkladové materiály sloužily Ortofotomapa z WMS serveru Českého úřadu zeměměřičského a katastrálního (ČÚZK, 2021) a geodatabáze ArcČR 500 (ARCDATA Praha, 2021).

2.2.1. Popis snímků z Landsat

Snímky z družic Landsat 8 (bližší popis viz tabulka č. 1) byly vybírány z celého roku 2019 podle parametru oblačnosti do 20 % s následnou kontrolou pro zájmovou oblast intravilánu města Písku. Pro ojediněle se vyskytující oblačnost byly vygenerovány masky prostřednictvím programu Fmask a implementovány do jednotlivých snímků z důvodu předcházení zkreslení výsledků (Zhu et al., 2015). Nakonec z dostupných snímků byly vhodné 4 termíny, a sice 26. 6. 2019, 3. 7. 2019, 5. 9. 2019 a 21. 9. 2019. Pořízení všech dat proběhlo v čase 9:57 SEČ kromě 26. června (9:51 SEČ). Jednotlivé vrstvy odpovídaly stejné kartografické projekci (EPSG:32633 – WGS 84 / UTM zone 33N).

2.2.2. Zpracování snímků a výpočet vybraných veličin

Analýza energetických toků, vlhkostních a teplotních poměrů vycházela primárně z teploty povrchu zájmového území v rámci termálního zpracování dat. Teplota povrchu byla vypočtena podle postupu, který uvádí Barsi et al. (2005), za použití kombinace optických spektrálních satelitních dat a termálního pásma (pásmo 10).

Pro získání hodnot byl aplikován skript Ts_atcor_Barsi (Landsat thermal band correction) pro QGIS (Brom, 2019, unpubl.).

Vrstvy energetických toků a doplňujících veličin byly vypočteny pomocí spektrálních pásem 2-7 (spektrální reflektance v relativních hodnotách), povrchové teploty [°C], nadmořské výšky [m] odvozené ze SRTM digitálního modelu terénu (DMT) s rozlišením 30 m (USGS, 2021; <https://earthexplorer.usgs.gov/>), teploty vzduchu [°C], relativní vlhkosti vzduchu [rel., %], globální radiace [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$] (viz tab. č. 3), data, času a lokace měření. Rastrová vrstva teploty vzduchu vznikla přepočtem z vrstvy DMT, hodnotou teploty nejbližší meteorologické stanice a teplotním gradientem na 100 m.

$$T_a = T_{st} + \frac{\Gamma}{100}(Z_{st} - DMT) \quad [^\circ\text{C}] \quad (5)$$

kde T_{st} [°C] odpovídá teplotě vzduchu změřené meteostanicí ve výšce Z_{st} [m] (435 m n. m.). Γ [°C/m] značí adiabatický gradient (0,65 °C/100 m), který předpokládá změnu teploty s rostoucí nebo klesající nadmořskou výškou.

Hodnoty relativní vlhkosti a globálního záření poskytla pro výzkumné účely aplikace Solcast API Toolkit (Solcast, 2020). Datum a čas závisel na termínech přeletu družice nad zájmovým územím (viz kapitola 2.2.1.).

Tabulka 3: Meteorologické informace potřebné k výpočtu energetických toků (ČHMÚ, 2019; Solcast, 2020)

Datum	26. 6. 2019	3. 7. 2019	5. 9. 2019	21. 9. 2019
Relativní vlhkost vzduchu (%)	57,9	47,7	57,8	49,2
Globální radiace ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$)	893	900	646	657
Teplota vzduchu u meteostanice Vráž (°C)	28,6	18,2	15,1	11,4

Pomocí programu SEBCS (Brom, 2012-2021) s použitím gradientové metody byly vypočítány z požadovaných vrstev a informací veličiny **albedo**, **NDVI** (normalizovaný rozdílový vegetační index), **NDMI** (normalizovaný rozdílový vlhkostní index), **tok zjevného tepla**, **tok latentního tepla výparu**, **tok tepla do půdy** a **evaporativní frakci** v podobě rastrových výstupů.

Albedo definuje vztah dopadajícího slunečního záření R_{sd} [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$] a odraženého slunečního záření aktivním povrchem R_{su} [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$] (Novák, 2012):

$$\alpha = \frac{R_{su}}{R_{sd}} = \sum_{b=1}^7 (\rho_{s,b} * w_b) \quad [\text{rel., \%}] \quad (6)$$

kde číslo b představuje kanál senzorů, $\rho_{s,b}$ [rel.] znázorňuje spektrální reflektanci zemského povrchu pro pásmo b a w_b [konst.] jsou váhové koeficienty zohledňující různé typy frakcí solární radiace pro jednotlivá spektrální pásma (Tasumi et al., 2008).

Normalizovaný rozdílový vegetační index (NDVI) slouží k určení množství, typu a stavu vegetace ve zkoumaném území. Lze vypočítat ze satelitních snímků zachycujících odrazivost blízkého infračerveného záření (band 5; NIR) a červeného viditelného záření (band 4, RED).

$$NDVI = \frac{\text{band 5} - \text{band 4}}{\text{band 5} + \text{band 4}} = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad [\text{rel.}] \quad (7)$$

Nabývá teoretických hodnot v intervalu $\langle -1; 1 \rangle$. Vyšší hodnoty předpokládají vyšší výskyt vegetace (0,5 a více; Klem a kol., 2014).

Normalizovaný rozdílový vlhkostní index (NDMI) stanovuje teoretickou hodnotu vlhkosti vegetačního pokryvu. Dokáže zachytit nevýrazné odchylky ve vodních zásobách rostlin a jejich fenologických fázích (Jin & Sader, 2005). Index lze zachytit pomocí blízkého infračerveného (band 5; NIR) a krátkovlnného infračerveného pásma (band 6; SWIR I).

$$NDMI = \frac{\text{band 5} - \text{band 6}}{\text{band 5} + \text{band 6}} = \frac{NIR - SWIR I}{NIR + SWIR I} \quad [\text{rel.}] \quad (8)$$

Výsledné hodnoty se pohybují v intervalu $\langle -1; 1 \rangle$. Se zvyšující se hodnotou roste také množství vlhkosti v dané zeleni (Jin & Sader, 2005).

Další veličiny a jejich výpočty vycházejí z rovnice (2) popisující energetickou bilanci, kde hlavní roli hrají toky zjevného tepla, latentního tepla výparu a tepla vedeného do půdy, které se považují za zásadní ukazatele při popisu disipace solární radiace.

Evaporativní frakce udává poměr mezi latentním teplem výparu a ostatní dostupnou energií. Hovoří o podílu energie z celkového objemu, u kterého dojde k přeměně na skupenské teplo výparu (Lhomme & Elguero, 1999 in Brom & Procházka, 2008). Evaporativní frakce je dána obecným vztahem (Kaimal & Finnigan, 1994 in Brom & Procházka, 2008):

$$EF = \frac{LE}{R_n - G} \quad [\text{rel.}] \quad (9)$$

Pro výpočet byl využit gradientový přístup pro zjištění evaporativní frakce za výpočtu horizontálního gradientu teploty povrchu. Vychází se z hypotézy, že nejnižší teploty povrchu vykazují nejvyšší hodnoty evaporace a naopak, že nejnižší intenzita výparu odpovídá plochám s nejvyšší teplotou povrchu (Jackson et al., 1981, Jones et al., 2009). Z evaporativní frakce se následně odvodí tok *latentního tepla výparu* LE [$W.m^{-2}$] a *tok zjevného tepla* H [$W.m^{-2}$] (Suleiman & Crago, 2004). Přesný postup lze nalézt v Brom (2012-2021).

K výpočtům je třeba znát také celkovou čistou radiaci Rn [$W.m^{-2}$]. U ní program přepočítává geometrii tvaru povrchu ke geometrii záření a toky krátkovlnného a dlouhovlnného záření, včetně emisivity jednotlivých povrchů, viz Brom (2012-2021).

Tok tepla vedeného do půdy G [$W.m^{-2}$] udává další část z rovnice energetické bilance. Odvíjí se od teplotního gradientu a tepelné vodivosti půdy, u které záleží na minerálním složení, textuře, obsahu vody a hustotě vegetačního pokryvu ve zkoumaném prostředí (Pokorný a kol., 2017). K výpočtu v prostředí SEBCS byl využit vztah podle Bastiaansena et al. (1998):

$$G = \frac{T_s}{\alpha} (0,0038\alpha + 0,0074\alpha^2)(1 - 0,98NDVI^4)Rn \quad [W.m^{-2}] \quad (10)$$

kde T_s [$^{\circ}C$] představuje jasovou teplotu povrchu.

2.2.3. Standardizace dat

Pro možnost porovnání výsledků mezi zvolenými termíny bylo nutné provést standardizaci dat veličin vyjádřených absolutními hodnotami. Při snímkování povrchu totiž dochází k působení různých vlivů počasí v závislosti na ročním období a na změnách ve vegetačním krytu během roku. Transformace přizpůsobila data do shodného měřítka bez určitých jednotek. Z několika možností byla zvolena standardizace směrodatnou odchylkou vztažením vybraných kategorií zástavby k většímu celku. Ten zahrnoval jak vybrané kategorie zástavby, tak širší výřez krajiny. Konkrétně lze říci, že intravilán Písku tvoří podmnožinu celého zájmového území. Podrobnější postup popisují Brom a kol. (2012).

Standardizovaná data ze souboru originálních hodnot lze vypočítat pomocí vztahu:

$$y = \frac{x_i - \bar{x}}{s} \quad [\text{rel.}] \quad (11)$$

kde y představuje standardizovanou hodnotu, x_i původní proměnnou hodnotu, \bar{x} výběrový průměr a s směrodatnou odchylku. Výsledný průměr je roven 0 a rozptyl 1 (Brom a kol., 2012).

2.2.4. Zhodnocení dat statistickými metodami

Získaná data veličin z programu SEBCS bylo nutné analyzovat pomocí statistických metod. Prvotní krok představoval výpočet zonálních statistik pro rastrové vrstvy pod polygonem kategorií zástavby vztažených ke každé kategorii a zároveň k celému zájmovému území.

Statistické testování začalo nejprve extrakcí všech hodnot z rastrů celého zájmového území, kde každý pixel představoval jednu hodnotu vybrané veličiny. Poté byl z jednotlivých základních souborů proveden náhodný výběr sta hodnot pro každou kategorii zástavby a také sta hodnot pro celé zájmové území pomocí skriptu `rasters_samples2csv.py` (Brom, 2021, unpubl.).

Posouzení normality dat bylo provedeno pomocí Shapiro-Wilkova testu. Všechny výběrové soubory vykazaly neprůkazné výsledky, proto byl následně použit neparametrický test.

Zjištění statistického vztahu mezi jednotlivými kategoriemi zástavby bylo provedeno pomocí testování nulové hypotézy s použitím Kruskal-Wallisova testu (KS).

Pro porovnání jednotlivých kategorií byl použit post hoc test, v případě této práce se jednalo o Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání.

Posledním krokem pro zjištění chování jednotlivých ploch a jejich podobnosti v rámci jednotlivých veličin bylo použití hierarchické klastrové (shlukové) analýzy pro kategorie zástavby. K vytvoření shluků posloužila metoda nejbližšího souseda, která postupně spojovala nejméně rozdílné hodnoty. Hodnocení vzdáleností mezi jednotlivými kategoriemi proběhlo na základě Euklidovské míry vzdálenosti.

3. Výsledky

3.1. Porovnání výsledků vybraných veličin

Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání umožňuje rozlišit vztah mezi páry kategorií zástavby. Pro všechny sledované veličiny byl výsledek porovnání průkazný, viz tab. č. 4.

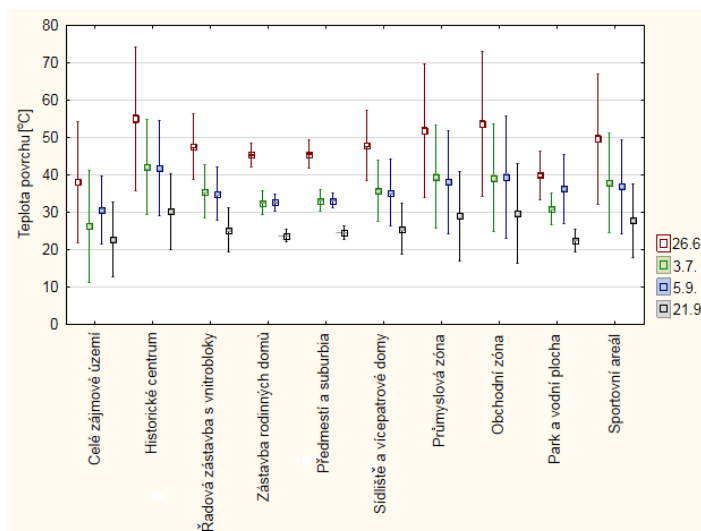
Tabulka 4: Přehled Kruskal-Wallisova neparametrického testu (KS test) s Chí-kvadrát rozdělením (χ^2) a stupni volnosti (df)

	Datum	χ^2 (df = 9)	P		Datum	χ^2 (df = 9)	P
Tok latentního tepla výparu	26. 6.	353,8	< 10 ⁻⁶	NDMI	26. 6.	281	< 10 ⁻⁶
	3. 7.	358,6	< 10 ⁻⁶		3. 7.	218,1	< 10 ⁻⁶
	5. 9.	269,5	< 10 ⁻⁶		5. 9.	259,5	< 10 ⁻⁶
	21. 9.	383,9	< 10 ⁻⁶		21. 9.	217,9	< 10 ⁻⁶
Tok zjevného tepla	26. 6.	235,1	< 10 ⁻⁶	NDVI	26. 6.	267,9	< 10 ⁻⁶
	3. 7.	302	< 10 ⁻⁶		3. 7.	235,1	< 10 ⁻⁶
	5. 9.	231,4	< 10 ⁻⁶		5. 9.	284,8	< 10 ⁻⁶
	21. 9.	135	< 10 ⁻⁶		21. 9.	222,5	< 10 ⁻⁶
Tok tepla vedeného do půdy	26. 6.	356,5	< 10 ⁻⁶	Evaporativní frakce	26. 6.	320,6	< 10 ⁻⁶
	3. 7.	371,3	< 10 ⁻⁶		3. 7.	391,4	< 10 ⁻⁶
	5. 9.	236,8	< 10 ⁻⁶		5. 9.	265,4	< 10 ⁻⁶
	21. 9.	227,5	< 10 ⁻⁶		21. 9.	285,1	< 10 ⁻⁶
Albedo	26. 6.	153,4	< 10 ⁻⁶	Teplota povrchu	26. 6.	337,8	< 10 ⁻⁶
	3. 7.	182	< 10 ⁻⁶		3. 7.	405,1	< 10 ⁻⁶
	5. 9.	197,3	< 10 ⁻⁶		5. 9.	294,6	< 10 ⁻⁶
	21. 9.	204,1	< 10 ⁻⁶		21. 9.	307,9	< 10 ⁻⁶

3.1.1. Teplota povrchu

Nejvýraznější a extrémní průměrné teploty povrchu převládaly 26. 6. 2019 (47,5 °C), kdy např. u historického centra, průmyslových a obchodních zón přesahovaly 50 °C, viz graf č. 1. Navíc ve stejném termínu a lokalitách byly zjištěny největší rozsahy hodnot v intervalu přibližně 30-75 °C se směrodatnou odchylkou 8,6 °C. Naopak podzimní termín 21. 9. 2019 vykázal nejnižší průměrnou teplotu povrchů (26,1 °C; sm. odch. 5,0 °C) s nižší amplitudou hodnot mezi jednotlivými kategoriemi zástavby a celým zájmovým územím. K výkyvům v celé práci docházelo 5. 9. 2019, což se projevilo v narušení trendu poklesu teploty povrchu od června do září (park a vodní plocha, obchodní zóny a celé zájmové území). První zářijový

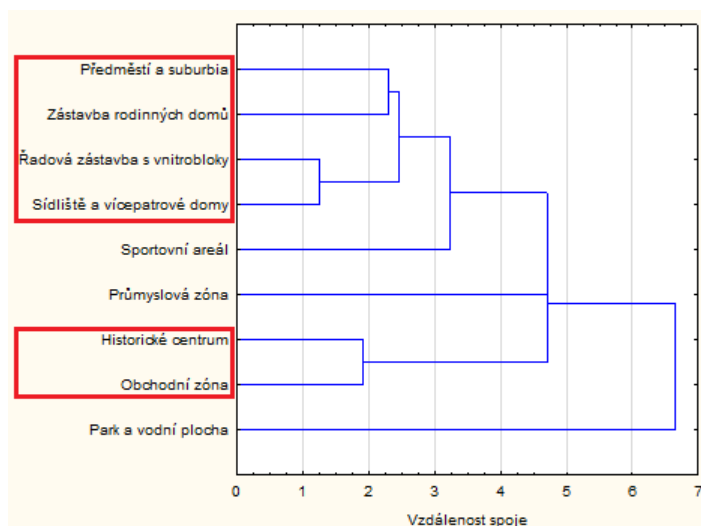
termín vykázal vyšší průměr (35,9 °C; sm. odch. 6,1 °C) v porovnání s červencovým datem (35,3 °C; sm. odch. 6,1 °C). Nejnižší teploty povrchu byly zjištěny během vybraných dnů u zástavby rodinných domů, předměstí a suburbií a parku a vodní plochy.



Graf 1: Teplota povrchu vybraných dnů u zvolených kategoriích zástavby

Teplota povrchu vykázala statisticky signifikantní odlišnosti ve všech termínech, viz tabulka č. 4. Mimo celé zájmové území se z vybraných kategorií zástavby při párovém porovnání nejvíce odchylovaly zástavba rodinných domů a park a vodní plocha. Významně se také lišily řadová zástavba s vnitrobloky a sídliště s vícepatrovými domy. Jmenované lokality nabývaly značných rozdílů téměř vždy s historickým centrem, obchodními a průmyslovými zónami, viz tabulky č. 5-8 v přílohách. Největší výkyvy se objevily 5. 9. 2019, což lze sledovat u většiny veličin.

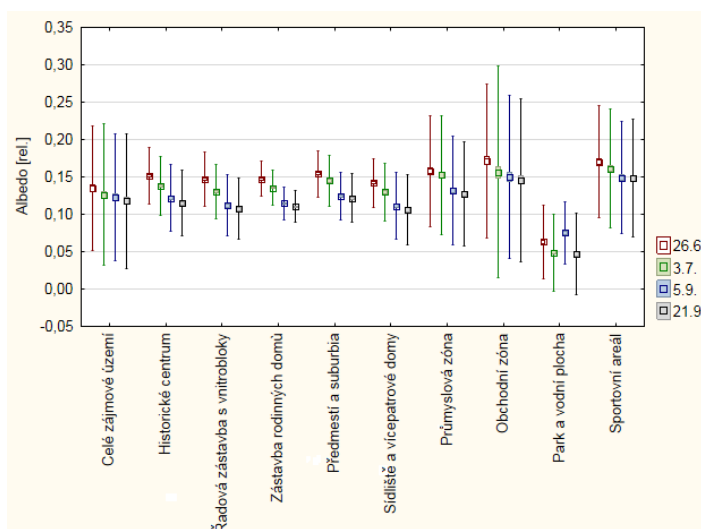
Klastrová analýza teploty povrchu (viz graf č. 2) ukázala podobnost řadové zástavby s vnitrobloky se sídlišti a vícepatrovými domy. Obdobný jev bylo možné pozorovat u předměstí a suburbií se zástavbou rodinných domů. Poslední primární shluk tvořily historické centrum a obchodní zóny. Na tyto základní shluky se postupně řetězily další kategorie zástavby s blízkými charakteristikami teploty povrchu. Na základě generalizace výsledků lze říci, že předměstí a suburbia, řadová zástavba s vnitrobloky, sídliště a vícepatrové domy, zástavba rodinných domů a sportovní areály tvořily jednu skupinu lokalit. Druhá skupina zahrnuje lokality historického centra, obchodní a průmyslové zóny. Teplota povrchu sportovních areálů odpovídala na základě podobnosti spíše první jmenované skupině. Kategorie parku a vodní plochy představovala plochu s odlišnými vlastnostmi teploty povrchu.



Graf 2: Klastrová analýza teploty povrchu pro kategorie zástavby

3.1.2. Albedo

Míra odrazivosti (viz graf č. 3) se v celém zájmovém území pohybovala v rozmezí 10-15 %. Nejvyšší průměrné albedo připadlo na 26. 6. 2019 (14,4 %, sm. odch. 4,2 %) a klesalo napříč vybranými dny. U lokalit s maximálními hodnotami se konkrétně jednalo o obchodní zóny, sportovní areály a průmyslové zóny, které překračovaly hranici průměru 15 % odraženého záření. Zároveň u nich spolu s celým zájmovým územím nastal nejvyšší rozsah hodnot (zhruba 2-30 %), jenž se projevoval především 3. 7. 2019. Nejnižší průměrné hodnoty bylo možné pozorovat 21. 9. 2019 (11,5 %, sm. odch. 4,2 %). Pojily se s parkem a vodní plochou (cca 5 %), sídlišti s vícepatrovými domy a řadovou zástavbou s vnitrobloky (obě cca 11 %).

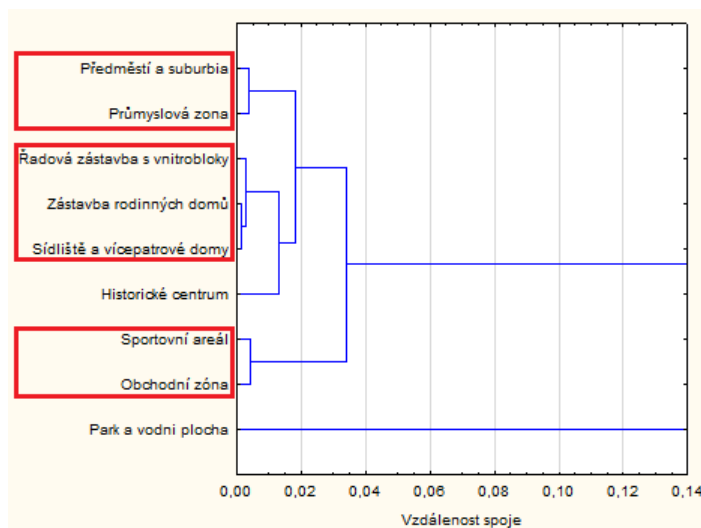


Graf 3: Albedo vybraných dnů u zvolených kategorií zástavby

Albedo nabývalo vysoké variability dat ve všech vybraných dnech, viz tabulka č. 4. Bylo unikátní z pohledu párového porovnání kategorií zástavby, kdy pouze lokalita

parku a vodní plochy nekorelovala s žádnou zástavbou. Sportovní areály měly podobnou vlastnost kromě vztahu s obchodními zónami a předměstími a suburbii. Poměrně více se také statisticky odlišovaly zástavba rodinných domů, řadová zástavba s vnitrobloky a sídliště s vícepatrovými domy v porovnání s historickým centrem, průmyslovými a obchodními zónami, viz tabulky č. 9-12 v přílohách.

V klastrové analýze albeda (viz graf č. 4) se projevila vysoká variabilita. Spojily se totiž předměstí a suburbia s průmyslovými zónami, zástavba rodinných domů s řadovou zástavbou s vnitrobloky nebo sportovní areály s obchodními zónami. Došlo tak k narušení trendu podobnosti, který lze vidět u ostatních veličin. Nicméně stále se objevovaly obdobné vzory shluků např. průmyslových zón a historického centra nebo řadové zástavby s vnitrobloky a sídlišť s vnitrobloky. Hodnoty albeda se nejvíce odlišovaly u parku a vodní plochy.

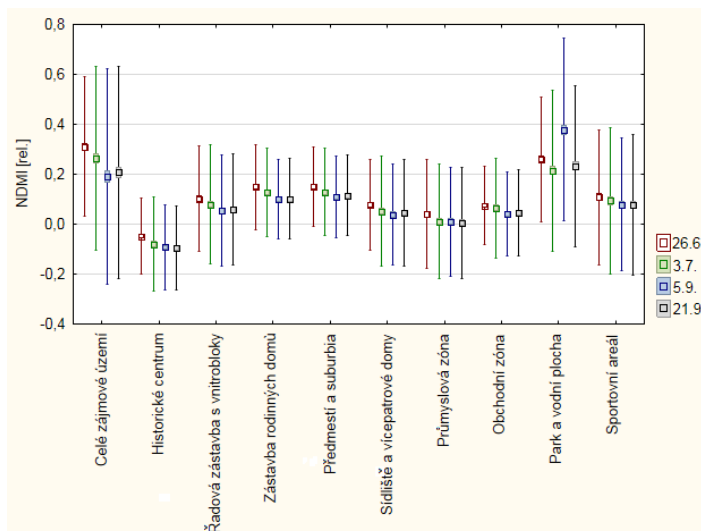


Graf 4: Klastrová analýza albeda pro kategorie zástavby

3.1.3. Vlhkostní index NDMI

Vlhkostní index ukazoval nejlepší vlastnosti s ohledem na vlhkost povrchů během 26. 6. 2019 (průměr 0,124, sm. odch. 0,145). Naopak suché dny připadly na zářijové termíny 5. 9. 2019 (průměr 0,092, sm. odch. 0,177) a 21. 9. 2019 (průměr 0,079, sm. odch. 0,154). Graf č. 5 na první pohled značí, že nejmenší povrchová vlhkost odpovídala datu 5. 9. 2019, když 6 z 10 kategorií zástavby nabývaly nižších hodnot, nicméně vzhledem k odchylce u parku a vodní plochy tomu tak nebylo. Mediány hodnot NDMI u obou dní se lišily minimálně (5. 9. 2019 = 0,0686; 21. 9. 2019 = 0,0680). Značnou variabilitu hodnot vykazaly celé zájmové území, park a vodní plocha a sportovní areály. Mezi zástavby s nejhoršími vlhkostními charakteristikami patřily historické centrum, průmyslové a obchodní zóny. Především historické

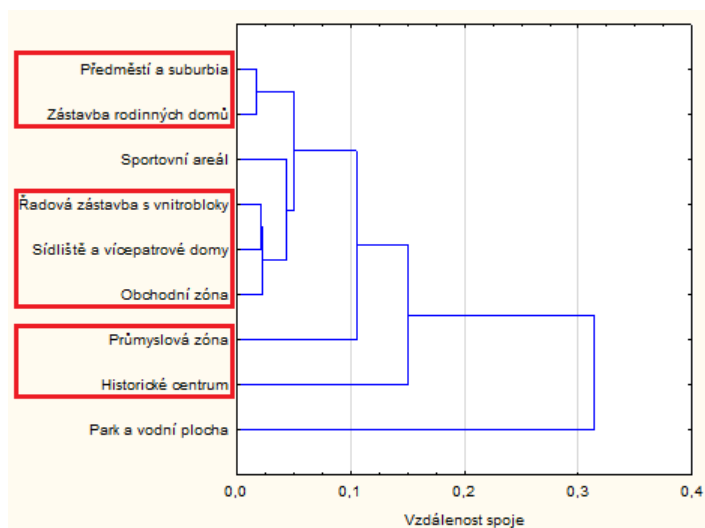
centrum dosahovalo negativních hodnot kolem -0,100. Nejlepší výsledky odpovídaly lokalitě parku a vodní plochy následované sportovními areály. Ze zástavby s převládající obytnou funkcí lze zmínit zástavbu rodinných domů a předměstí a suburbia s hodnotami v intervalu přibližně 0,100-0,175. Celé zájmové území vypovídalo o rozdílech mezi jednotlivými typy ploch městského prostředí a okolní (rurální) krajinou.



Graf 5: Vlhkostní index NDMI vybraných dnů u zvolených kategorií zástavby

Výběrové soubory NDMI se statisticky průkazně lišily během všech dní, nejzřetelněji 26. 6. 2019, viz tab. č. 4. Z hlediska pravděpodobnosti porovnávaných kategorií zástavby se jednoznačně diferencovaly historické centrum a park a vodní plocha. Celé zájmové území taktéž vykazalo minimum interakcí s dalšími lokalitami. Žádné společné vazby neměly např. zástavba rodinných domů a předměstí a suburbia s průmyslovými zónami nebo historickým centrem, viz tabulky č. 13-16 v přílohách.

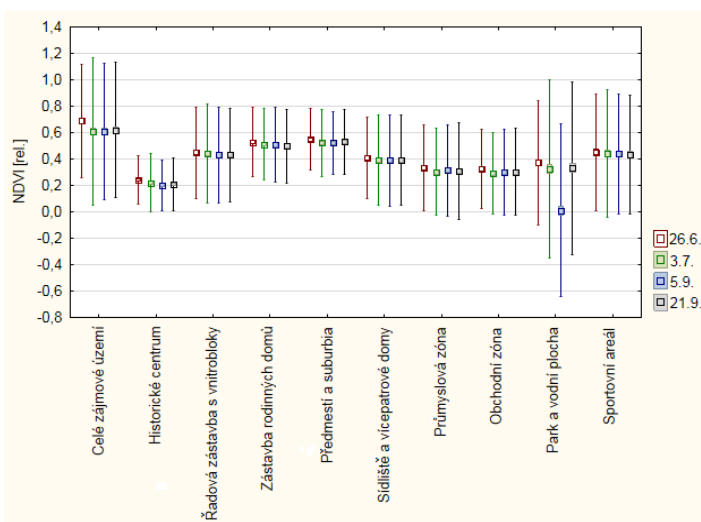
Klastrová analýza vlhkostních charakteristik (viz graf č. 6) zobrazila základní podobnost dat u lokalit řadové zástavby s vnitrobloky a sídlišť s vícepatrovými domy. S minimálním rozdílem se k předešlé zástavbě řadily také obchodní zóny. Druhý významný shluk představovaly předměstí a suburbia se zástavbou rodinných domů. S ohledem na podobnost vlhkosti povrchu se přidružily k sportovním areálům. Průmyslové zóny a historické centrum vykazaly značné odlišnosti v porovnání s ostatními lokalitami. Nejzřetelnější rozdíly připadly na park a vodní plochu.



Graf 6: Klastrová analýza NDMI pro kategorie zástavby

3.1.4. Vegetační index NDVI

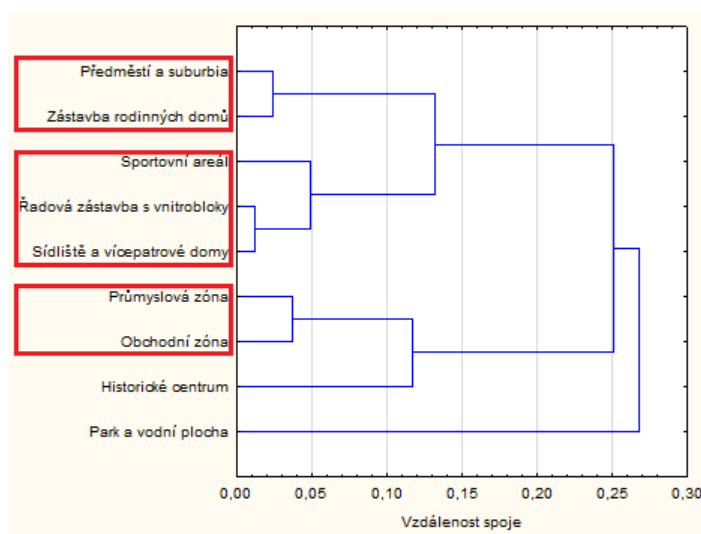
Vegetační index NDVI u všech kategorií zástavby ukázal nižší hodnoty v porovnání s celým zájmovým územím, viz graf č. 7. To vypovídalo o menší hustotě vegetace v intravilánu města. Nejvyšší průměrné výsledky vegetačního pokryvu vyšly v termínu 26. 6. 2019 (0,433, sm. odch. 0,209), kdy zástavby rodinných domů a předměstí a suburbia nabývaly zhruba 0,500 NDVI. Následovalo 21. 9. 2019 (0,403, sm. odch. 0,229) a 3. 7. 2019 (0,402, sm. odch. 0,232). Mezi jednotlivými termíny nedocházelo k výrazným amplitudám (mimo 5. 9. 2019 u parku a vodní plochy), přesto 5. 9. 2019 v porovnání s ostatními dny vyšlo nejhůře (0,365; sm. odch. 0,259). Nízký vegetační index připadl na historické centrum, průmyslové zóny, obchodní zóny a park s vodní plochou (cca 0,200-0,400). Nejvyšší rozsah bylo možné vidět u parku a vodní plochy, celého zájmového území a sportovních areálů, což se projevuje hlavně 3. 7. 2019 (-0,633; 0,906).



Graf 7: Vegetační index NDVI vybraných dnů u zvolených kategorií zástavby

Statistická odlišnost výběrových souborů vyšla zcela průkazně u každého sledovaného dne. Největší pravděpodobnostní rozdíly byly k datu 5. 9. 2019, viz tab. č. 4. V rámci vícenásobného porovnání mezi nejvíce variabilní kategorie zástavby patřily historické centrum a předměstí a suburbia. Dalšími lokalitami s nízkou podobností výběrových souborů byly např. obchodní či průmyslové zóny, které vykazaly neslučitelné hodnoty především se zástavbou rodinných domů. Park a vodní plocha 5. 9. 2019 nekorelovala téměř s žádnou zástavbou mimo historické centrum, viz tabulky č. 17-20 v přílohách.

Klastrová analýza u vegetačního podílu (viz graf č. 8) vyhodnotila největší podobnost mezi řadovou zástavbou s vnitrobloky a sídlišti s vícepatrovými domy. Kategorie předměstí a suburbií se zástavbou rodinných domů představovaly druhou významnou vazbu. Posledními podobnými lokalitami byly průmyslové a obchodní zóny. Sportovní areály vykazaly částečnou shodu s řadovou zástavbou a sídlišti. Historické centrum odpovídalo spíše průmyslovým a obchodním zónám. Tyto tři oblasti se výrazně lišily od ostatních kategorií zástavby. Park s vodní plochou potvrdil samostatnou roli v rámci vegetačních charakteristik.

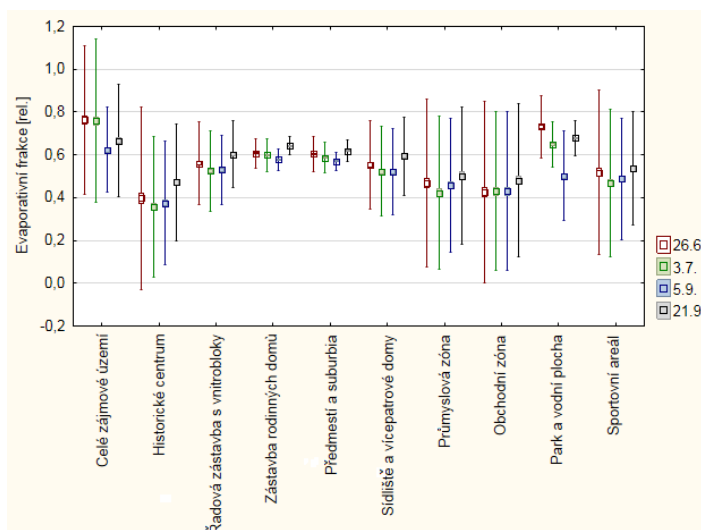


Graf 8: Klastrová analýza NDVI pro kategorie zástavby

3.1.5. Evaporativní frakce

Evaporativní frakce nabývala hodnot v celém zájmové území zhruba od 0,6 do 0,8, viz graf č. 9. U kategorií zástavby dosahovaly výsledky přibližně 0,35-0,75. K dolní hranici intervalu se řadily historické centrum, obchodní zóny a průmyslové zóny. Naopak blíže k mezi 0,75 měly park s vodní plochou, zástavba rodinných domů a předměstí a suburbia. Z hlediska období vyšší průměrné hodnoty převládaly 21. 9. 2019 (0,58, sm odch. 0,135) a 26. 6. 2019 (0,56, sm. odch. 0,188). Nejnižší podíl evaporativní frakce připadl na 5. 9. 2019 (0,51, sm. odch. 0,135). Největší rozsah

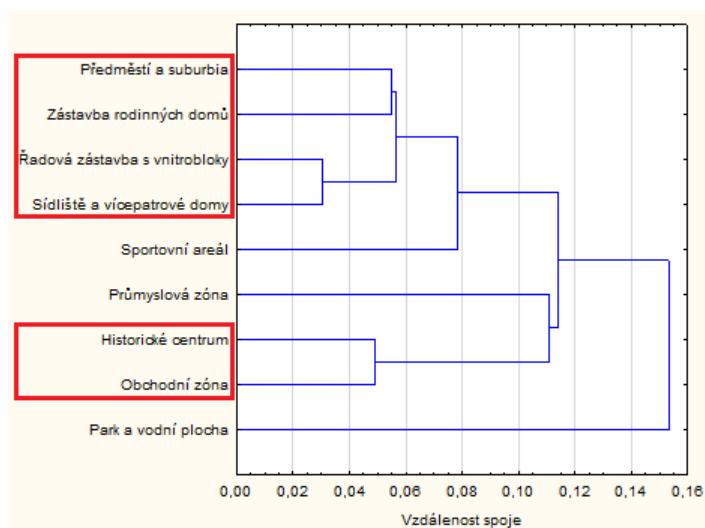
hodnot se projevilo 26. 6. 2019 (-0,08; 1,59) především u lokalit historického centra, sportovních areálů, průmyslových a obchodních zón. Nejmenší variabilitu dat značil termín 5. 9. 2019 (0,012; 0,722) u kategorií zástavby rodinných domů a předměstí a suburbii. Kategorie parku a vodní plochy ve stejném dni narušila trend vyšší odchylkou i variabilitou hodnot.



Graf 9: Evaporativní frakce vybraných dnů u zvolených kategorií zástavby

Statisticky průkazné odlišnosti všech dnů ukazuje tabulka č. 4 s χ^2 rozdělením s nejzřetelnější variabilitou v termínu 3. 7. 2019. Vysokou pravděpodobnost rozdílnosti dat vykazaly v porovnání s ostatními lokalitami historické centrum, zástavba rodinných domů, předměstí a suburbia a park a vodní plocha (mimo datum 5. 9. 2019, které se opět vymykalo). Celé zájmové území se tradičně lišilo od většiny zástavby, viz tabulky č. 21-24 v přílohách.

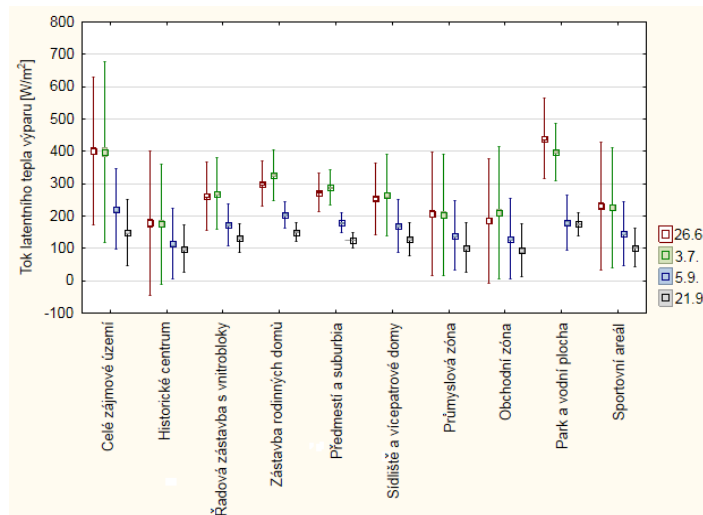
Podobnost jednotlivých kategorií zástavby v rámci evaporativní frakce přiblížila klastrová analýza v grafu č. 10. Nejvyšší korelace převládala u řadové zástavby s vnitrobloky a sídlišť s vícepatrovými domy. Následovaly historické centrum a obchodní zóny. Významné seskupení tvořily také předměstí a suburbia a zástavba rodinných domů. Sportovní areály částečně odpovídaly řadové zástavbě s vnitrobloky a sídlištím s vícepatrovými domy. Průmyslové zóny se přiřadily spíše k historickému centru a obchodním zónám. Z analýzy bylo zřejmé, že historické centrum, obchodní a průmyslové zóny vykazovaly zcela odlišné hodnoty evaporativní frakce. Trend samostatnosti parku a vodní plochy přetrval také u této veličiny.



Graf 10: Klastrová analýza evaporační frakce pro kategorie zástavby

3.1.6. Tok latentního tepla výparu

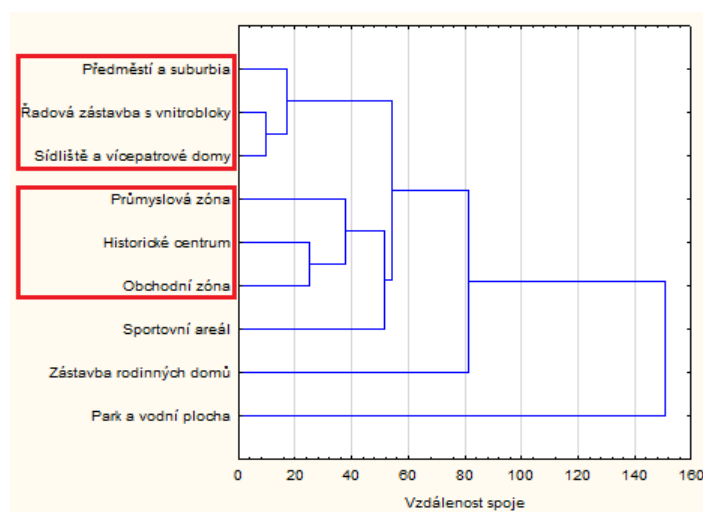
Tok latentního tepla výparu nabýval, stejně jako ostatní energetické toky, nejvyšších hodnot v letních měsících, viz graf č. 11. Celé zájmové území v červnu a červenci odpovídalo hodnotám kolem 400 W.m^{-2} . Zářijové výsledky vyšly přibližně $150\text{--}200 \text{ W.m}^{-2}$. V intravilánu města bylo možné s celým zájmovým územím srovnávat pouze park a vodní plochu, kde hodnoty definoval markantnější rozdíl mezi letními a podzimními termíny. V zářijových dnech docházelo k nižšímu rozpětí dat, zejména 21. 9. 2019 (minimum $5,1 \text{ W.m}^{-2}$ a maximum 253 W.m^{-2}). Naopak širší rozpětí nastalo 26. 6. 2019 (675 W.m^{-2}) a 3. 7. 2019 (658 W.m^{-2}). Nejlepší výsledky průměrného toku latentního tepla výparu připadly na 3. 7. 2019 (276 W.m^{-2} , sm. odch. $110,3 \text{ W.m}^{-2}$) a 26. 6. 2019 (273 W.m^{-2} , sm. odch. $115,7 \text{ W.m}^{-2}$). Tyto výsledky lze pozorovat u parku a vodní plochy, zástavby rodinných domů a předměstí a suburbí. Řadové zástavby s vnitrobloky a sídliště s vícepatrovými domy taktéž vykázaly podobné hodnoty. Nejnižší průměry energetického toku vycházely v zářijových termínech 5. 9. 2019 (166 W.m^{-2} , sm. odch. $55,6 \text{ W.m}^{-2}$) a 21. 9. 2019 (126 W.m^{-2} , sm. odch. $40,3 \text{ W.m}^{-2}$). Jednalo se o historické centrum, průmyslové a obchodní zóny a sportovní areály.



Graf 11: Tok latentního tepla výparu vybraných dnů u zvolených kategorií zástavby

Statistickou odlišnost náhodných výběrů ukázaly signifikantní výsledky 21. 9. 2019, avšak všechny termíny lze označit jako průkazné, viz tabulka č. 4. Nejvyšší variabilitu dat z hlediska vícenásobného porovnání představovaly zástavba rodinných domů, park a vodní plocha mimo 5. 9. 2019, dále např. historické centrum obchodní a průmyslové zóny, které zásadně nekorelovaly s ostatními lokalitami kromě vzájemné vazby, viz tabulky č. 25-28 v přílohách.

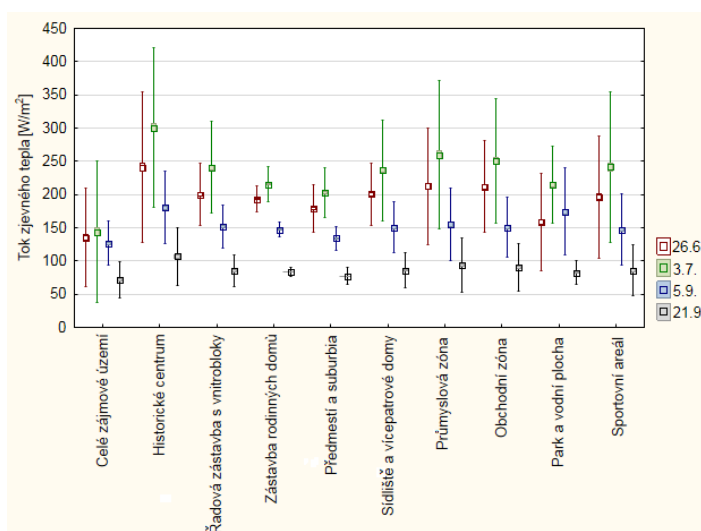
Klastrová analýza toku latentního tepla výparu (graf č. 12) poukázala na blízké uspořádání hodnot náhodných výběrů řadové zástavby s vnitrobloky se zástavbou sídlišť a vícepatrovými domy. Podobnost vyšla také mezi obchodními zónami a historickým centrem. Předměstí a suburbia částečně odpovídala řadovým zástavbám a sídlištím. Průmyslové zóny a následně sportovní areály přiléhaly spíše historickému centru a obchodním zónám. Zástavba rodinných domů a park s vodní plochou se nejvíce lišily, což vypovídá o rozdílných charakteristikách aktivních povrchů.



Graf 12: Klastrová analýza toku latentního tepla výparu pro kategorie zástavby

3.1.7. Tok zjevného tepla

Tok zjevného tepla (graf č. 13) se nejvýrazněji projevil v červencovém (230 W.m⁻², sm. odch. 58,3) a červnovém termínu (193 W.m⁻², sm. odch. 45,2). Největší rozdíly mezi minimálními a maximálními hodnotami nastaly rovněž 3. 7. 2019 (min 65,5 W.m⁻², max 378,5 W.m⁻²) a 26. 6. 2019 (min 86 W.m⁻², max 327,7 W.m⁻²). V podzimních měsících klesala intenzita, když zejména 21. 9. 2019 vykázalo nejnižší hodnoty. Ty dosahovaly u všech kategorií zástavby menšího rozpětí ve vzájemném porovnání (průměr 86,3 W.m⁻², sm. odch. 17,4, min. 51 W.m⁻², max 140,6 W.m⁻²). Z hlediska lokalit se daný tok značně transformoval v prostředí historického centra, sportovních areálů, průmyslových a obchodních zón (cca 250-300 W.m⁻² 3. 7. 2019). Naopak nejmenší objem ve stejný den bylo možné pozorovat u předměstí a suburbií, zástavby rodinných domů a parku a vodní plochy (cca 200-225 W.m⁻²; celé zájmové území dokonce zhruba 150 W.m⁻²).

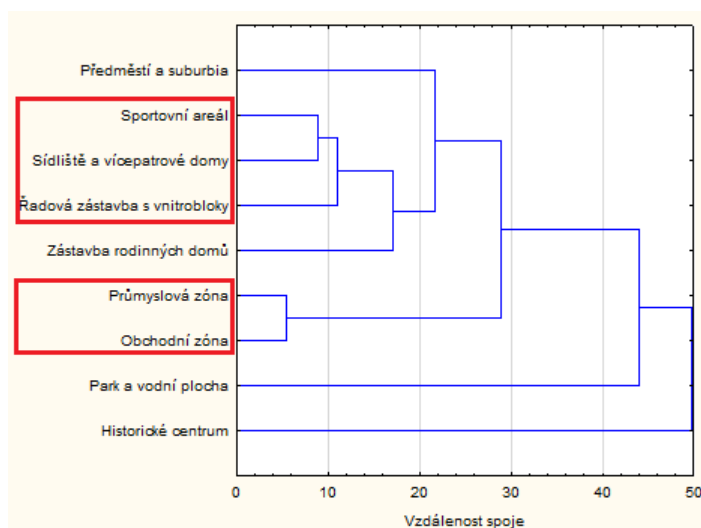


Graf 13: Tok zjevného tepla vybraných dnů u zvolených kategorií zástavby

Původ výběrových souborů toku zjevného tepla se statisticky lišil během všech dnů, nejprůkazněji 3. 7. 2019, viz tab. č. 4. Pro každý termín platily poměrně proměnlivé vlastnosti v párových porovnáních s nižším počtem významných nálezů. Nicméně vysoká pravděpodobnost odlišnosti připadla na historické centrum, předměstí a suburbia a park a vodní plochy (mimo 21. 9. 2019), viz tabulky č. 29-32 v přílohách.

Klastrová analýza toku zjevného tepla, viz graf č. 14, zobrazila nejvyšší podobnost u průmyslových a obchodních zón, dále pak u sportovních areálů a sídlišť s vícepatrovými domy. Na ně navazovala řadová zástavba s vnitrobloky, což potvrdilo trend s ohledem na ostatní veličiny. Zástavba rodinných domů opět vytvořila shluk

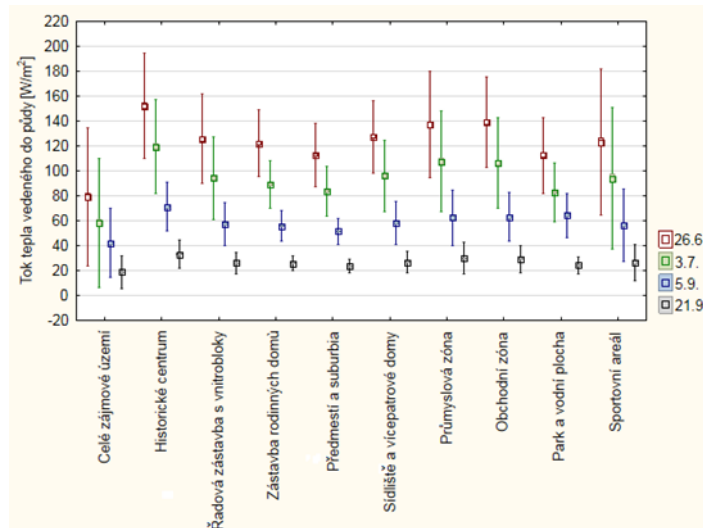
s předměstími a suburbii. Lokality historického centra a parku s vodní plochou se značně odlišovaly od ostatních kategorií zástavby v kontextu pocitového tepla.



Graf 14: Klastrová analýza toku zjevného tepla pro kategorie zástavby

3.1.8. Tok tepla vedeného do půdy

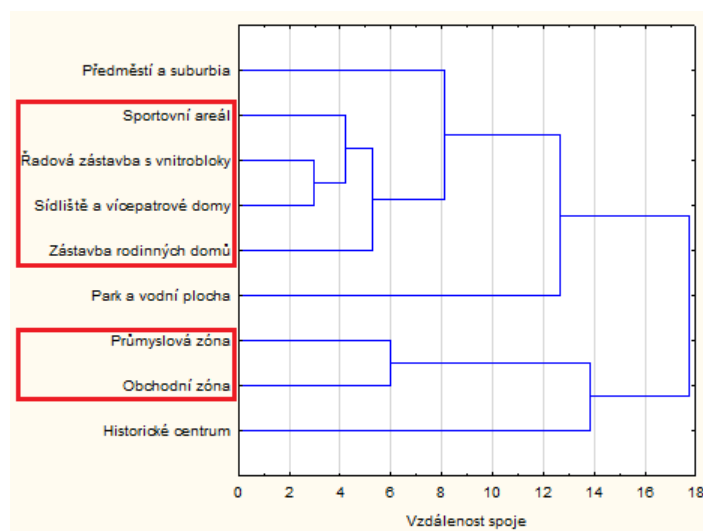
Výsledky toku tepla vedeného do půdy (graf č. 15) jasně ukázaly posloupnost, kdy v červnu nabývaly nejvyšších a v druhé polovině září nejnižších hodnot. Zároveň lze pozorovat velké skokové rozdíly mezi jednotlivými termíny. Datum 26. 6. 2019 nabýval extrémních průměrných hodnot (123 W.m^{-2} , sm. odch. $27,2 \text{ W.m}^{-2}$) v porovnání s 3. 7. 2019 (93 W.m^{-2} , sm. odch. $24,3 \text{ W.m}^{-2}$). Široký rozsah dat bylo možné vidět v červnovém ($40,6\text{-}191,6 \text{ W.m}^{-2}$) i červencovém ($33,9\text{-}152,7 \text{ W.m}^{-2}$) dni. V termínu 21. 9. 2019 klesaly odchylky při vzájemném porovnání všech typů využitých ploch (průměr $26,4 \text{ W.m}^{-2}$, sm. odch. $6,3 \text{ W.m}^{-2}$, min $8,97 \text{ W.m}^{-2}$, max $45,4 \text{ W.m}^{-2}$). Kategorie zástavby z části odpovídaly grafickému rozložení toku zjevného tepla. Maximálních hodnot během všech dní dosahovaly lokality historického centra, průmyslových a obchodních zón. Nejméně bylo teplo vedeno do půdy v předměstích a suburbiích, zástavbě rodinných domů a parku s vodní plochou.



Graf 15: Tok tepla vedeného do půdy vybraných dnů u zvolených kategorií zástavby

Statistická průkaznost pravděpodobnosti rozdílnosti dat výběrových souborů vyšla pro všechny dny jednoznačně, nejzřetelněji pro 3. 7. 2019, viz tab. č. 4. Významné hodnoty odlišnosti převládaly především u historického centra, řadové zástavby s vnitrobloky a předměstí a suburbií, viz tabulky č. 33-36 v přílohách.

Klastrová analýza toku tepla do půdy, viz graf č. 16, vypočetla na základě podobnosti nejvyšší shodu mezi řadovou zástavbou s vnitrobloky a sídlišti s vícepatrovými domy. Druhým podobným shlukem byly průmyslové zóny a obchodní zóny. Sportovní areály do jisté míry odpovídaly řadovým zástavbám a sídlištím. U zástavby rodinných domů a u předměstí a suburbií podobnost klesala. Historické centrum inklinovalo spíše k průmyslovým a obchodním zónám, nicméně tyto tři kategorie zástavby se výrazně odchýlily od ostatních zájmových území. Lokalita parku a vodní plochy taktéž vykázala značně rozdílné vlastnosti.



Graf 16: Klastrová analýza toku tepla vedeného do půdy pro kategorie zástavby

4. Diskuze

Urbánní krajinu charakterizují zcela odlišné podmínky pro různé druhy aktivního povrchu, hustotu zástavby nebo podíl městské zeleně. Přítomnost vegetace z části mění působení energetických toků zjevného tepla, latentního tepla výparu a tepla vedeného do půdy. Dochází k nevyrovnané energetické bilanci měst v porovnání s přilehlou krajinou, což se projevuje odchylkami teplot, vlhkostními nuancemi či rozdíly u dalších ukazatelů. Schopnost zeleně efektivně transformovat přijatou solární energii při dostatku vody v antropogenních oblastech zkoumalo a potvrdilo ve svých pracích mnoho autorů v průběhu řady let, např. Avissar (1996), Dimoudi & Nikolopoulou (2003) nebo Susca et al. (2011). Podobné výsledky vyšly také v této práci.

Ve sledovaných termínech byly zjištěny rozdíly v rozložení energetických toků mezi vybranými kategoriemi zástavby. Termín 5. 9. 2019 nejčastěji vykazoval určité výkyvy, zejména u parku a vodní plochy. Z analýzy meteorologických dat vyplynulo, že konec srpna a začátek září 2019 byl velice teplý, kdy nejvyšší denní teploty vzduchu dosahovaly až 32 °C (meteorologická stanice Vráž). Úhrny srážek nabývaly nízkých hodnot (12 mm za 15 dní), díky čemuž panovalo značné sucho (IN-POČASÍ, 2019b). Zároveň se vegetace již nacházela za svým fyziologickým vrcholem. Omezila se tak její evapotranspirační funkce vzhledem ke klesajícímu trendu průměrné teploty vzduchu a intenzity slunečního záření, viz tab. č. 3 (ČMeS, 1993e).

Tok zjevného tepla převládal v územích s velkým podílem zastavění za přítomnosti nepropustných aktivních povrchů, jimž dominují dlážděné, asfaltové či plechové plochy. Tento jev nastal především u historického centra, obchodních a průmyslových zón, viz graf č. 13. Dalším znakem byla nízká hustota zeleně (graf č. 8) a menší vlhkost povrchu (graf č. 6). Albedo v těchto a podobných lokalitách vykazovalo jedny z nejvyšších hodnot (cca 17,5 %; graf č. 3). To lze připsat velkému množství světlých a umělých materiálů, které mají značnou tepelnou kapacitu a zároveň zvládají efektivně odrážet sluneční záření. Např. bílé plechové střechy u obchodních zón přesahovaly dne 26. 6. 2019 podíl 30 % (teplota povrchu až 70 °C), zatímco vegetace u zástavby rodinných domů nabývala zhruba 15 % (maximální teplota povrchu cca 48 °C). Důležité je také přihlédnutí k výšce zástavby s ohledem na vícečetné odrazy radiace. Tím se snižuje albedo a kumuluje teplo (Dobrovolný & Krahula, 2012), což se projevilo u sídlišť s vícepatrovými domy a řadové zástavby s vnitrobloky.

Vysoké hodnoty toku zjevného tepla a teploty povrchu představovaly vhodné podmínky pro vznik tepelných ostrovů na bázi SUHI, popř. MUHI v tzv. městských kaňonech zmiňovaných kategorií zástavby. Dalším znakem byl nízký podíl spotřebované energie na výpar, viz graf č. 9. Nejsušší povrchy dosahovaly průměrné teploty kolem 50 °C v červnovém termínu. Extrémní projevy lze přičíst faktu, že rok 2019 byl druhým nejteplejším rokem v historii (ČHMÚ, 2019 in Burýšek & Junek, 2020). Průměrná teplota vzduchu v červnu bývá obvykle nejnižší v porovnání s ostatními letními měsíci. Nicméně v roce 2019 byla absolutně nejvyšší na mnoha místech měření (IN-POČASÍ, 2019a). Např. meteorologická stanice Vráž vykázala pro červen průměrnou teplotu vzduchu 21,2 °C, pro červenec 19,7 °C a pro srpen 19,2 °C (ČHMÚ, 2019). S nástupem zářijových dnů klesala intenzita slunečního záření, což snižovalo také hodnoty energetických toků a teploty povrchu. Lze potvrdit zásadní vliv intenzity slunečního záření a druhu aktivního povrchu na finální ukazatele během léta, respektive na pravděpodobnost vzniku UHI (Oke, 1997; Akbari et al., 2008; Theeuwes et al., 2014).

Opačný trend než tok zjevného tepla vykázal tok latentního tepla výparu, viz graf č. 11. To se projevilo v hodnotách evaporativní frakce, když některé lokality přesáhly podíl 0,6, viz graf č. 9. Rozdíl průměrné teploty povrchu u odlišných kategorií zástavby činil až 15 °C (např. historické centrum a park a vodní plocha). Významným prvkem v tomto vztahu byl podíl vegetace, která prostřednictvím klimatizačního efektu evapotranspirace účinněji transformovala sluneční záření na latentní teplo výparu (Penman, 1948; Kravčík a kol., 2007; Novák, 2012). To se dělo i přes nižší albedo u rostlinných povrchů (cca 15-20 %) v porovnání s obchodními či průmyslovými zónami. Nejzřetelněji se projevily termíny 3. 7. 2019 (392 W.m⁻²) a 26. 6. 2019 (386,7 W.m⁻²) v kontextu celého zájmového území, jež se skládá převážně z lesů a zemědělské půdy. Z pohledu intravilánu měst se proces evapotranspirace či evaporace děje v omezené míře díky množství a struktuře vegetace, formě aktivního povrchu a zároveň vlhkostním poměrům. Nejmarkantnější rozdíly u jednotlivých druhů zástavby nastaly právě v letních měsících. Během nich docházelo k značnému nárůstu teploty vzduchu i přes 30 °C, deficitům v přísunu vláh (viz NDMI v grafu č. 5), a tím i k nevyrovnanému působení evapotranspiračního efektu. Přesto lze jmenovat lokality parku a vodní plochy (cca 400-450 W.m⁻²) se zástavbou rodinných domů (cca 300-350 W.m⁻²), u kterých se tok latentního tepla výparu pohyboval nejbliže průměru celého zájmového území. Park s vodní plochou

zároveň poukázaly na zásadní vliv vody v prostředí vzhledem k její výborné tepelné kapacitě a nezbytnosti pro růst a vývoj zeleně (Kravčík a kol., 2007; Vysoudil, 2013).

Tok tepla vedeného do půdy (G; graf č. 15) do jisté míry pozitivně koreloval s tokem zjevného tepla (H; graf č. 13). V celém zájmovém území největší objem energie připadl na sledované letní dny (123 W.m⁻² – 26. 6. 2019; 93 W.m⁻² – 3. 7. 2019), kdy hodnoty odpovídaly intenzitě dopadajícího slunečního záření. S nástupem podzimu se jednotlivé energetické toky snižovaly v rámci pozitivního a negativního ročního chodu energetické bilance (Pokorný a kol., 2018). Význam vegetace pro rozložení hodnot obou toků (H a G) determinovala její hustota, forma a stav, což bylo možné vidět porovnáním toku tepla vedeného do půdy s NDVI (graf č. 7). Výjimku tvořily vodní plochy, jež vždy dosahují nejnižší poměr NDVI (Williams, 1995 in Klem a kol., 2014). V intravilánu města se konkrétně jednalo o zástavby rodinných domů a předměstí a suburbií s nejnižším tokem tepla do půdy a nejvyšším podílem vegetace.

Obecně lze tvrdit, že zástavby s hustší přítomností vegetace dosahovaly pozitivních vlastností v rámci mikroklimatu města. Konkrétně indikovaly nižší teploty povrchu, lepší vlhkostní charakteristiky a příjemnější pocitovou teplotu vzduchu. Nastaly u nich také menší odchylky od průměru celého zájmového území. Absentující vegetace předurčovala území k omezené transformaci energie do toku latentního tepla výparu, tudíž nevznikal klimatizační evapotranspirační efekt. Povrchy nedokázaly zadržet dostatečné množství vody, což potvrdily ukazatele jak NDMI (graf č. 5), tak hodnoty energie spotřebované na výpar (graf č. 9). Nedostatečnou možností výparu vznikala nerovnováha v energetické bilanci při disipaci slunečního záření. Rostl objem zjevného (pocitového) toku tepla a toku tepla vedeného do půdy (grafy č. 13 a 15; Pokorný, 2014).

Pomocí výparu z území s dostačujícími zásobami vody se účelně distribuuje až 80 % dopadajícího záření. Naopak v suché krajině s umělými aktivními povrchy se kolem 60 % dopadající radiace transformuje do toku zjevného tepla (Pokorný et al., 2007; Pokorný, 2009; Vysoudil, 2013), čehož jsou důkazem letní termíny u kategorií zástavby v rámci NDMI, NDVI a dalších ukazatelů. Teplota povrchu v grafu č. 1 následně negativně koreluje s vlhkostním indexem, vegetačním indexem a evaporativní frakcí.

Vzrostlá vegetace zvládne odpařit z 1 m² několik litrů vody za den při ideálních podmínkách, tj. při dostatečném přísunu vody, silném vlivu advekce a vysoké intenzitě

slunečního záření (Pokorný, 2009; Pokorný a kol., 2018). Zeleň navíc poskytuje ochranu povrchu před dopadajícím slunečním zářením, vytváří stín a omezuje neproduktivní výpar (Pokorný & Hesslerová, 2011; Vysoudil, 2013). V městském prostředí však z pohledu vegetačního krytu převládají travní porosty s malým podílem stromů a keřů, čímž reálně účinnost evapotranspirace a stínění klesá (Wang et al., 2012; Stan et al., 2014). Přesto se daří v intravilánu města Písku částečně odbourávat negativní projevy mikroklimatu, což se prokázalo především u lokalit parku a vodní plochy, rodinných domů a předměstí a suburbíí.

Z analýzy dat je patrné, že mnohé plochy v zájmové urbánní oblasti postrádají prvky zajišťující kvalitnější místně klimatické podmínky. Za zmínku stojí také zástavby sídlišť s vícepatrovými domy nebo řadová zástavba s vnitrobloky, které jsou tvořeny převážně antropogenními povrchy se špatnými vlastnostmi (beton). Navíc je obklopuje poměrně vytížená dopravní infrastruktura, což značí silné působení efektu městského kaňonu. Podobné výsledky vycházely u sportovních areálů, u nichž energetické toky vykazaly vysokou variabilitu vlivem nehomogenních ploch. U všech těchto oblastí existuje prostor pro zlepšení. I přes probíhající revitalizace se často jedná o napravení vzhledové stránky, nikoli energeticko-bilančního aspektu.

Urbánní prostor se však z celistvého pohledu stále rozrůstá. Dochází k záboru půdy a transformaci povrchů. Tím se zvyšuje tlak na environmentální prostředí, mění se biodiverzita, vlhkostní a teplotní poměry. Díky demografickému růstu přibývají nároky na obytné plochy a zároveň na doprovodné služby s různou infrastrukturou. Z pohledu komplexních opatření a mnohých názorů by měla převládat výstavba do výšky s využitím území podle bonity půdy, popř. revitalizace brownfieldů (eAgri, 2021). Nicméně v současnosti probíhá trend masivního budování rezidenční i komerční zástavby (př. suburbíí a okrajových částí měst), kterou definuje široký půdorys a nerespektování stanovištních podmínek. Další problematikou jsou rozsáhlé průmyslové, obchodní a skladovací plochy vzhledem k exponované poloze ČR a funkci tranzitní země ve středu Evropy, což se projevuje i v Písku. Pro budoucí rozvoj území a zlepšení mikroklimatu lze doporučit orgánům města několik bodů. Jedná se o důraz na zapojení moderních postupů pro podporu retenční/infiltrační schopnosti půd, omezení přehřívání povrchů (tj. zvyšování albeda), využití zeleně a v neposlední řadě snížení podílu antropogenního odpadního tepla. Nepředpokládá se totiž přílišný pokles v zastavování ploch, nicméně je nutné brát v potaz udržitelnost

rozvoje, definovanou v dokumentu *Our Common Future* (UN, 1987), a dopad prováděných aktivit.

Za doprovodná a konkrétní opatření k zajištění lepších mikroklimatických podmínek lze považovat v první řadě rozšiřování vegetačního krytu a uliční zeleně s podporou retence vody buď přirozeně, nebo aplikací zásobníků/nádrží s následným využitím recyklace vody. Jednou z možností je budování parků se vzrostlou zelení např. mezi panelovými či bytovými domy, nebo v místech parkovišť. U nich zaznívá otázka nad přesunem do podzemních prostor, což by však vyžadovalo nemalé investice a obrovskou náročnost na provedení. V jiných zemích se ukazuje jako dobrá praxe zakládání zelených střech, popř. zelených stěn, které dokážou omezit vlivy přímého slunečního záření snížením a regulací teploty povrchu. Nevýhoda tkví v omezeném využití u historických a památkově chráněných budov, tj. především historické centrum Písku. Zároveň biologické organismy negativně působí na materiály, tudíž by se zvyšovala nákladnost údržby. Za zvážení stojí využívání moderních stavebních materiálů a postupů s dobrými fyzikálními vlastnostmi s nižší tepelnou kapacitou a zároveň vysokou mírou odrazivosti (bílé střechy apod.)

V některých ulicích Vídně například fungují závlahové systémy rozstříkující vodu do ovzduší pro zlepšení vlhkosti a snížení pocitové teploty při extrémně teplých dnech. Toto opatření ale určitě není prozíravé do budoucna. Jako řešení se nabízí různé otevřené vodní plochy v podobě kašen, jezírek, rybníčků apod., které mohou doplňovat právě parky. Poznatky ohledně možných zlepšení v rámci územního plánování probírají ve svých pracích např. Blakely (2007), Wamsler et al. (2013), Pondělíček (2014) a Baroš a kol. (2015). Změny se však neobejdou bez investic.

Závěr

Intravilán města Písku vykázal z celkového hlediska zhoršený mikroklimatický stav v porovnání s okolní krajinou během historicky druhého nejteplejšího roku v ČR. Výsledky jednotlivých druhů zástavby nastínily rezervy. Pozornost by se měla zaměřit na plochy s malým nebo absentujícím zastoupením vegetace, neboť se naplnily predikce rozdílných hodnot teploty povrchu a dalších ukazatelů. Důležitou roli hrály meteorologická situace a aktivní povrch. Sledované čtyři termíny spadaly do letního a podzimního období. Horší hodnoty energetických toků s navazujícími negativními externalitami (např. UHI) připadaly na letní termíny, což potvrdilo předpoklad vlivu sezónnosti a počasí na charakter tepelných ukazatelů ve vybraných lokalitách. U kategorií zástavby záleželo na hustotě a druhu zástavby spolu s podílem a formou vegetace, jak se dokázaly vypořádat s velkým příkonem sluneční energie. Mikroklima taktéž ovlivnila nasycenost prostředí vodou, bez níž by evapotranspirační efekt nefungoval. Výsledky zářijových dnů nabývaly nižších amplitud ve vybraných veličinách, přesto bylo možné rozpoznat podobný trend z červnových a červencových termínů u jednotlivých druhů zástavby.

Mikroklimatické podmínky se obecně zlepšují s vyšším podílem zeleně a dostatečnou zásobou vody. Vegetace v dobrém zdravotním stavu zabraňuje rychlému odtoku, omezuje přeměnu sluneční energie na zjevné teplo a snižuje objem tepla vedeného do půdy. Celkově slouží jako přirozený stabilizátor. Tyto aspekty se následně projevují na životním prostředí, které přímo ovlivňuje kvalitu nejen lidského života. Je třeba brát zřetel na rozumné zacházení s přírodními zdroji. Narušením ekologického pilíře si lidstvo způsobuje obrovský problém, jenž ovlivní jak sociální, tak ekonomickou sféru vzhledem k propojenosti těchto tří oblastí udržitelnosti rozvoje.

Seznam použité literatury

AKBARI, Hashem., et al., 2008. Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies Urban Heat Island Basics. *Environmental Protection Agency*, Washington, DC, USA, p. 1-22

ANIELLO, Cathy, et al., 1995. Mapping micro-urban heat islands using Landsat TM and a GIS. *Computers & Geosciences*. 21(8), p. 965-969. ISSN: 0098-3004

ARCDATA Praha, 2020. *Družice Landsat* [online]. [Cit. 20. 11. 2020]. Dostupné z: <https://www.arcdata.cz/pro.dukty/geograficka-data/druzicova-data/landsat>

ARCDATA Praha, 2021. *ArcČR 500* [online]. [Cit. 4. 1. 2021]. Dostupné z: <https://www.arcdata.cz/produkty/geograficka-data/arccr-500>

ARRAU, Camilo P., PEÑA, A. Marco, 2008. *The Urban Heat Island (UHI) Effect* [online]. [Cit. 27. 10. 2020]. Dostupné z: <https://www.urbanheatislands.com/>

AVISSAR, Roni, 1996. Potential effects of vegetation on the urban thermal environment. *Atmospheric environment*. 30(3), p. 437-448. ISSN 1352-2310

BASTIAANSEN, Wim G. M., et al. , 1998. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL). 1. Formulation. *Journal of hydrology*. 212, p. 198-212. ISSN: 0022-1694

BAROŠ, Adam, et al., 2015. *Adaptace na změnu klimatu ve městech: pomocí přírodě blízkých opatření*. Útvar koncepce a rozvoje města Plzně, 79 s.

BARSI, Julia A., et al., 2005. Validation of a web-based atmospheric correction tool for single thermal band instruments. *Earth observing systems X. International Society for Optics and Photonics*. vol. 5882, p. 58820E 1-7. DOI: 10.1117/12.619990

Berman Group, 2005. *Socio-ekonomický profil města Písku* [online]. [Cit. 4. 2. 2021]. Dostupné z:

https://www.mesto-pisek.cz/assets/File.ashx?id_org=12075&id_dokumenty=1497

BLAKELY, Edward J., 2007. *Urban planning for climate change*. Lincoln Institute of Land Policy. Working paper WP07EB1, 29 p.

BRANEA, Ana-Maria, et al., 2016. *Challenges regarding the study of urban heat islands*. Ruleset for researchers. Proceedings of Risk Reduction for Resilient Cities, Politehnica University of Timisoara, 9 p.

BRÁZDIL, Rudolf a MÁČKA, Zdeněk, 2016. *Fyzická geografie* [online]. [Cit. 30. 10. 2020].

Dostupné z: https://is.muni.cz/el/1431/podzim2016/Z0026p/um/65096628/FG_1.pdf

Britannica, 1998. *Urban climate* [online]. [Cit. 29. 10. 2020]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/science/urban-climate>

BROM, Jakub, 2008. *Úloha vegetace v kulturní krajině ve vztahu k disipaci sluneční energie*. Disertační práce, Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta. České Budějovice. 68 s.

BROM, Jakub, PROCHÁZKA, Jan, 2008. Vliv využití vegetačního krytu na energetické toky a evapotranspiraci na příkladu dvou malých povodí. In: ŠÍR, Miloslav a kol. (Eds.). *Hydrologie malého povodí*. Ústav pro hydrodynamiku AVČR, s. 31-38

BROM, Jakub, et al., 2012. Changes in vegetation cover, moisture properties and surface temperature of a brown coal dump from 1984 to 2009 using satellite data analysis. *Ecological Engineering*, 43, p. 45-52. ISSN: 0925-8574

BROM, Jakub, 2012-2021. *SEBCS for QGIS, Module for calculation of energy balance features and vegetation water stress indices* [online]. Software. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, České Budějovice [cit. 9. 3. 2021]. Dostupné z: <https://github.com/JakubBrom/SEBCS>

BRUTSAERT, Wilfried, 2013. *Evaporation into the atmosphere: theory, history and applications*. Vol. 1, Reidel, Dordrecht, 299 p. ISBN 978-90-481-8365-4

BURÝŠEK, Jiří a JUNA, Petr, 2020. *Rok 2019 byl druhým nejteplejším v historii měření* [online]. Seznam Zprávy [cit. 16. 3. 2021]. Dostupné z: <https://www.seznamzpravy.cz/clanek/rok-2019-byl-druhym-nejteplejsim-v-historii-mereni-85885>

CALLEJAS, Ivan Julio Apolonio, et al., 2016. Seasonal variation of surface energy balance of a central Brazil city. *Mercator*, 15(3), p. 85-106. ISSN 1984-2201

CLEUGH, A. Helen., et al., 2005. Evapotranspiration in urban water balance models: A methodological framework. In: *Canberra, Australia: International Congress on Modelling and Simulation (MODSIM05)*. p. 2012-2018

ČHMÚ, 2019. *Denní data dle zákona 123/1998 Sb. Vráž* [online]. Český hydrometeorologický ústav [cit. 20. 3. 2020]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/denni-data/Denni-data-dle-z.-123-1998-Sb>

ČMeS, 1993a. *Povrch aktivní* [online]. Elektronický meteorologický slovník [cit. 13. 10. 2020]. Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz/heslo/2819>

ČMeS, 1993b. *Vrstva atmosféry přízemní* [online]. Elektronický meteorologický slovník [cit. 23. 10. 2020]. Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz/fulltext/tepeln%C3%BD%20ostrov>

ČMeS, 1993c. *Ostrov tepelný* [online]. Elektronický meteorologický slovník [cit. 30. 10. 2020]. Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz/heslo/4427>

ČMeS, 1993d. *Vrstva atmosféry mezní* [online]. Elektronický meteorologický slovník [cit. 31. 10. 2020]. Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz/heslo/4423>

ČMeS, 1993d. *Období vegetační* [online]. Elektronický meteorologický slovník [cit. 8. 4. 2021]. Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz/heslo/2285>

ČÚZK, 2021. *WMS-Ortofotomapa* [online]. Český úřad zeměměřičský a katastrální [cit. 15. 1. 2021]. Dostupné z: https://geoportal.cuzk.cz/WMS_ORTOFOTO_PUB/WMSservice.aspx

ČSÚ, 2021. *Písek. Vybrané údaje za obec* [online]. Český statistický úřad [cit. 4. 2. 2021]. Dostupné z: https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=profil-uzemi&uzemiprofil=31588&u=VUZEMI_43_549240#

DIMOUDI, Argiro, NIKOLOPOULOU, Marialena, 2003. Vegetation in the urban environment: microclimatic analysis and benefits. *Energy and buildings*, 35(1), p. 69-76. ISSN 0378-7788

DIMOUDI, Argiro, et al., 2013. Investigation of urban microclimate parameters in an urban center. *Energy and Buildings*, 64, p. 1-9. ISSN 0378-7788

DOBROVOLNÝ, Petr, 2011. Analýza teploty aktivních povrchů v oblasti Brna. In: STŘEDOVÁ, Hana, a kol. (Eds.). *Mikroklima a mezoklima krajinných struktur a antropogenních prostředí: sborník abstraktů z mezinárodní konference, konáno ve dnech, 2.-4.2.2011, Skalní mlýn, Mendelova univerzita*. ISBN: 978-80-86690-87-2

DOBROVOLNÝ, Petr, KRAHULA, Lukáš, 2012. Vliv geometrie zástavby na pole teploty vzduchu a intenzita tepelného ostrova města na příkladu Brna. *Meteorologické zprávy*, 65(2), s. 51–57

DROSTE, Arjan Marten., et al., 2018. Introducing the urban wind island effect. *Environmental research letters*, 13(9), 094007. ISSN: 1748-9326

eAGRI ,2021. *Degradace půd. Zastavování území* [online]. Ministerstvo zemědělství [cit. 17. 3. 2020]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/puda/ochrana-pudy-a-krajiny/degradace-pud/zastavovani-uzemi/>

FORZIERI, Giovanni, et al., 2020. Increased control of vegetation on global terrestrial energy fluxes. *Nature Climate Change*, 10(4). p. 356-362. ISSN: 1758-6798

GAITANI, N., et al., 2011. Improving the microclimate in urban areas: a case study in the centre of Athens. *Building Services Engineering Research and Technology*, 32(1). p. 53-71. DOI:10.1177/0143624410394518

GARDI, Ciro, et al., 2007. Urbanization process and variation of energy budget of land surfaces. *Italian Journal of Agronomy*, 2(2), p. 119-126. DOI: 10.4081/ija.2007.119.

GEIGER, Rudolf, et al., 1995. *The Climate Near the Ground*, 5th ed., Vieweg, Braunschweig, Germany, 528 p. ISBN 3-528-08948-2

GELETIČ, Jan, et al., 2016. *Místní klimatické zóny při studiu současného a budoucího klimatu města Brna* [online]. Plánování adaptací na změnu klimatu ve městech s využitím přírodě blízkých řešení [cit. 15. 11. 2020]. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.24099.25122>

GRIMMOND, Christine Susan B., OKE, Timothy Richard, 1999. Evapotranspiration rates in urban areas: Impacts of Urban Growth on Surface Water and Groundwater Quality. *Proceedings of IUGG 99 Symposium HS5*, IAHS Publ. (259), p. 235-243

HADAŠ, Pavel, 2004. Vláhová bilance ekosystému lužních lesů jižní Moravy v roce 2003. In: ROŽNOVSKÝ, Jaroslav, LITSCHMANN, Tomáš. (Eds.). *Seminář: Extrémny počasí a podnebí*. ČHMÚ, Brno, s. 24-25

HEISLER, Gordon M. and BRAZEL, Anthony J., , 2010. The urban physical environment: Temperature and urban heat islands. *Urban ecosystem ecology*, 55, p. 29-56. ISBN: 9780891181811

HORÁK, Jiří, 2014. *Dálkový průzkum Země* [online]. E-learningová podpora. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Hornicko-geologická fakulta, Ostrava, 148 s. [Cit. 18. 11. 2020]. Dostupné z:

<http://home1.vsb.cz/~hor10/Vyuka/DPZ%20prednasky/DPZ%202014.pdf>

HOWARD, Luke, 1820. The Climate of London: *Deduced from Meteorological Observations Made at Different Places in the Neighbourhood of the Metropolis*. Vol. II. W. Phillips, 383 p.

IN-POČASÍ, 2019a. *Absolutní rekord pro červen padl, Doksany hlásí 38,9 °C* [online]. [Cit. 22. 3. 2021]. Dostupné z: <https://www.in-pocasi.cz/clanky/vyznacne/rekord-cerven-26.6.2019/>

IN-POČASÍ, 2019b. *Archiv počasí. Vraž* [online]. [Cit. 25. 3. 2021]. Dostupné z: https://www.in-pocasi.cz/archiv/vraz/?&typ=teplota&historie_bar_mesic=8&historie_bar_rok=2019#monthly_graph

JACKSON, Ray D., et al., 1981. Canopy temperature as a crop water stress indicator. *Water resources research*, 1981, 17(4), p. 1133-1138. ISSN: 0043-1397

JIANG, Leiwen, YOUNG, Malea Hoepf, HARDEE, Karen, 2008. Population, urbanization and the environment. *World Watch*, 21(5), p. 34-39.

JIN, Suming, SADER, Steven A., 2005. Comparison of time series tasseled cap wetness and the normalized difference moisture index in detecting forest disturbances. *Remote sensing of Environment*, 94(3), p. 364-372. ISSN: 0034-4257

JONES, David A., WANG, William, FAWCETT, Robert. High-quality spatial climate data-sets for Australia. *Australian Meteorological and Oceanographic Journal*, 2009, 58(4), p. 233-248. DOI: 10.22499/2.5804.003

KLEM, Karel, et al., 2014. *Využití měření spektrální odrazivosti a odvozených specializovaných vegetačních indexů v pěstební technologii jarního ječmene*. Metodika pro zemědělskou praxi, Agrotest fyto s.r.o., Medndelova univerzita v Brně, 44 s. ISBN: 978-80-904594-0-3

KRAVČÍK, Michal, et al., 2007. *Voda pre ozdravenie klímy–Nová vodná paradigma*. Žilina, Municipalia, 93 s. ISBN: 978-80-969766-5-2

LEHNERT, Michal, GELETIČ, Jan., 2017. Místní klimatické zóny a jejich význam ve městech České republiky. *Urbanismus a územní rozvoj*, 20(2), s. 9-16.

LI, Yan, ZHAO, Xinyi, 2012. An empirical study of the impact of human activity on long-term temperature change in China: A perspective from energy consumption. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 117, p. D17117 1-12. DOI: 10.1029/2012JD018132

LITSCHMANN, Tomáš, ROŽNOVSKÝ, Jaroslav, 2005. Příspěvek ke studiu městského klimatu v Brně. Transport vody, chemikálií a energie v systéme pôda-rastlina-atmosféra. *Ústav hydrologie a Geofyzikální ústav SAV*, Bratislava, s. 331-342.

LITTMANN, Thomas, 2008. Topoclimate and microclimate. In: BRECKLE, Siegmund-Walter. *Arid Dune Ecosystems*. Springer, Berlin, Heidelberg, p. 175-182. ISBN: 978-3-540-75498-5

Město Písek (2015): *Územní plán Písek* [online]. [Cit. 10. 2. 2021]. Dostupné z: <https://www.mesto-pisek.cz/uzemni-plan-pisek/d-24761>

Město Písek (2021): *Historie města* [online]. [Cit. 10. 2. 2021]. Dostupné z: <https://www.mesto-pisek.cz/historie-mesta/ds-1027>

MITCHELL, Valerie Grace, et al., 2008. Linking urban water balance and energy balance models to analyse urban design options. *Hydrological Processes: An International Journal*, 22(16), p. 2891-2900. DOI: 10.1002/hyp.6868

MITRAKA, Zina, CHRYSOULAKIS, Nektarios, 2018. Earth observation for Urban climate monitoring: surface cover and land surface temperature. *Multi-purposeful Application of Geospatial Data*, p. 125-145. DOI: 10.5772/intechopen.71986

NEDOMOVÁ, Lea, 2005. Země a svět jako systém—udržitelnost a reflexe paradigmatu světa. In: *Co znamená udržitelnost pro univerzity? Sborník mezinárodní konference, konané ve dnech 5.-6. září 2005 v Praze*, Univerzita Karlova, Praha, s. 75-79. ISBN: 80-239-6560-3

NOVÁK, Viliam, 2012. *Evapotranspiration in the Soil-Plant-Atmosphere System*. Progress in Soil Science, Springer Science & Business Media, Dordrecht, 256 p. ISBN: 978-94-007-3840-9

NOVÁKOVÁ, Tereza, 2018. *Zhodnocení přínosu zahrnutí urbanizace do předpovědního modelu počasí*. Praha. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze, Matematicko-fyzikální fakulta, 80 s.

NUNEZ, Manuel, OKE, Timothy Richard, 1977. The energy balance of an urban canyon. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 16(1), p. 11-19. DOI: 10.1175/1520-0450(1977)016<0011:TEBOAU>2.0.CO;2

OKE, Timothy Richard, 1973. City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment*, 7(8), p. 769-779. DOI: 10.1016/0004-6981(73)90140-6

OKE, Timothy Richard, 1976. The distinction between canopy and boundary-layer urban heat islands. *Atmosphere*, 14(4), p. 268-277. DOI: 10.1080/00046973.1976.9648422

OKE, Timothy Richard, 1981. Canon geometry and the nocturnal heat island: comparisons of scale model and field observations. *Journal of Climatology*, 1, p. 237–254. DOI: 10.1002/joc.3370010304

OKE, Timothy Richard, 1987. *Boundary Layer Climates*. Routledge, 464 p. ISBN: 0415043190, 9780415043199

OKE, Timothy Richard, 1995. The heat island of the urban boundary layer: Characteristics, causes and effects. In: CERMAK, J. E., et al. (Eds.). *Wind climate in cities*. NATO ASI Series, Vol. 277, Springer, Dordrecht, p. 81-107. ISBN: 978-94-017-3686-2

OKE, Timothy Richard, 1997. Urban Climates and Global Environmental Change. In THOMPSON, Russell D., PERRY, Allen (Eds.). *Applied Climatology: Principles & Practices*. New York, Routledge. p. 273-287. ISBN: 9780415141017

-
- POKORNÝ, Jan, 2009. Význam vegetace a vody pro zmírňování klimatické změny. *Zpravodaj EZ přírodě*, Olomouc, Bioinstitut, 5, s. 18-19
- POKORNÝ, Jan, HESSLEROVÁ, Petra, 2011. Úloha vegetace a vody v utváření klimatu. *Geografické rozhledy*, 21(1), s. 28-29
- POKORNÝ, Jan, DVOŘÁKOVÁ, Jana, 2011. *Voda v krajině* [online]. Hamerský potok, s. 143-152 [cit. 9. 11. 2020]. Dostupné z: <http://www.auc.cz/ipb/vpk/doc/hydro03a2012/Voda-v-krajine.pdf>
- POKORNÝ, Jan, 2014. *Hospodaření s vodou v krajině-funkce ekosystémů*. Univerzita JE Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, 103 s.
- POKORNÝ, Jan, a kol., 2017: Nepřímý a přímý termodynamický vliv mokřadů na klima – část I. *Vodní hospodářství*, 67(6), s. 2-5
- POKORNÝ, Jan, a kol., 2018. Význam zeleně pro klima města a možnosti využití termálních dat v městském prostředí. *Urbanismus a územní rozvoj*, 20(1), s. 1-12
- PONDĚLÍČEK, Michael, 2014. *Zeleň měst a její úloha ve světle klimatické změny* [online]. Praha, Vysoká škola regionálního rozvoje [cit. 26. 10. 2020]. Dostupné z: http://www.regionálnírozvoj.eu/sites/regionalnirozvoj.eu/files/06_zelen_mest_a_jeji_uloha_f.pdf
- PROCHÁZKA, Jan, a kol., 2014. *Hodnocení funkčních parametrů povrchu krajiny na územích zasažených povrchovou těžbou pomocí metod dálkového průzkumu Země*. Certifikovaná metodika. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, s.r.o., 82 s. ISBN: 978-80-7458-052-9
- ROBERTS, Sarah M., et al., 2006. Comparison of four methods to estimate urban heat storage. *Journal of applied meteorology and climatology*, 45(12), p. 1766-1781. DOI: 10.1175/JAM2432.1
- ROTH, Matthias, 2012. Urban heat islands. In: FERNANDO J. Harinda (Eds.). *Handbook of Environmental Fluid Dynamics*. Volume Two, Boca Raton: CRC Press, p. 160-177. ISBN: 9781466556041
- SAILOR, David J., 2011. A review of methods for estimating anthropogenic heat and moisture emissions in the urban environment. *International journal of climatology*, 31(2), p. 189-199. DOI: 10.1002/joc.2106
-

SEDLÁK, Pavel, PRISLINGERB, Jan, VYSOUDIL, Miroslav, 2010. Využití dat z družice LANDSAT pro detekci tepelného znečištění v městské a příměstské krajině. *Scientific papers of the University of Pardubice*. Faculty of Economics and Administration. Series D-16, s. 264–278. ISSN: 1211 – 555X

SETO, Karen C., CHRISTENSEN, Peter, 2013. Remote sensing science to inform urban climate change mitigation strategies. *Urban Climate*, 3, p. 1-6. DOI: 10.1016/j.uclim.2013.03.001

Solcast, 2020. *Solcast API Toolkit* [online]. [Cit. 5. 10. 2020]. Dostupné z: <https://toolkit.solcast.com.au/live-forecast>

SOLECKI, William D., et al., 2005. Mitigation of the heat island effect in urban New Jersey. *Global Environmental Change Part B: Environmental Hazards*, 6(1), p. 39-49. DOI: 10.1016/j.hazards.2004.12.002

STAN, Florentina Iuliana, et al., 2014. Evapotranspiration variability of different plant types at Romanian experimental evapometric measurement stations. *Climatologie*, 11, p. 85-90. DOI: 10.4267/climatologie.603

STEWART, Ian Douglas, OKE, Tim Richard, 2012. Local climate zones for urban temperature studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93(12), p. 1879-1900. DOI: 10.1175/BAMS-D-11-00019.1

STŘEDOVÁ, Hana, a kol., 2011. *Mikroklima a mezoklima měst, mikroklima porostů*. Praha, Český hydrometeorologický ústav, 102 s. ISBN: 978-80-86690-90-2

STŘEŠTÍK, Jaroslav, 2011. Změna průměrných teplot vzduchu ve městě a mimo město za posledních 65 let. In: STŘEDOVÁ, Hana, a kol. (Eds.). *Mikroklima a mezoklima krajinných struktur a antropogenních prostředí: sborník abstraktů z mezinárodní konference, konáno ve dnech, 2.-4.2.2011, Skalní mlýn, Mendelova univerzita*. ISBN: 978-80-86690-87-2

SU, Zhongbo, 2002. The Surface Energy Balance System (SEBS) for estimation of turbulent heat fluxes. *Hydrology and earth system sciences*, 6(1), p. 85-100. DOI: 10.5194/hess-6-85-2002

SULEIMAN, Ayman, CRAGO, Richard, 2004. Hourly and daytime evapotranspiration from grassland using radiometric surface temperatures. *Agronomy Journal*, 96(2), p. 384-390. DOI: 10.2134/agronj2004.3840

SUSCA, Tiziana, et al., 2011. Positive effects of vegetation: Urban heat island and green roofs. *Environmental pollution*, 159(8-9), p. 2119-2126. DOI: 10.1016/j.envpol.2011.03.007

SYROVÁTKA, Oldřich, ŠÍR, Miloslav, TESAŘ, Miroslav, 2000. Obnova retenčně evapotranspirační funkce podhorské krajiny. In: BUČEK, Josef, TESAŘ, Miroslav (Eds). *Sborník příspěvků z konference Hydrologické dny 2000 – Nové podněty a vize pro příští století, konané ve dnech 18.-21. září 2000, Plzeň*, p. 515-522. ISBN: 80-85813-76-9

ŠERÁ, Božena, 2015). Pozitivní vliv zeleně na uživatele městských sídlišť. *Životné prostredie*, 49 (2), s. 100-105

ŠRÁMEK, Jan, 2008. *Velkoměsta trápí tepelný ostrov* [online]. Lidové noviny [cit. 26. 10. 2020]. Dostupné z: https://www.lidovky.cz/noviny/velkomesta-trapi-tepelny-ostrov.A080531_000140_in_noviny_sko

TASUMI, Masahiro, ALLEN, Richard G., TREZZA, Ricardo, 2008. At-surface reflectance and albedo from satellite for operational calculation of land surface energy balance. *Journal of hydrologic engineering*, 13(2), p. 51-63. DOI: 10.1061/(ASCE)1084-0699(2008)13:2(51)

The World Bank, 2019. *Urban population (% of total population)* [online]. [Cit. 13. 10. 2020]. Dostupné z: <https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS>

THEEUWES, Natalie E., et al., 2014. Seasonal dependence of the urban heat island on the street canyon aspect ratio. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 140(684), p. 2197-2210. DOI: 10.1002/qj.2289

TORREY, Barbara Boyle, 2004. *Urbanization: An Environmental Force to Be Reckoned With* [online]. PRB [cit. 13. 10. 2020]. Dostupné z: <https://www.prb.org/urbanization-an-environmental-force-to-be-reckoned-with/>

TRENBERTH, Kevin E., 1999. Conceptual framework for changes of extremes of the hydrological cycle with climate change. In: KARL Thomas R., et al. (Eds.). *Weather and climate extremes*. Springer. Dordrecht. 1999. p. 327-339. ISBN: 978-94-015-9265-9

UN, 1987. *Our Common Future* [online]. United Nations [cit. 15. 3. 2021]. Dostupné z: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>

USGS, 2020a. *EarthExplorer* [online]. United States Geological Survey [cit. 12. 12. 2020]. Dostupné z: <https://earthexplorer.usgs.gov/>

USGS, 2020b. *ESPA* [online]. United States Geological Survey [cit. 12. 12. 2020]. Dostupné z: <https://espa.cr.usgs.gov/ordering/new/>

VOLTZ, Marc, et al., 2018. Soils and Regulation of the Hydrological Cycle. In: BETHELIN, Jacques, et al. (Eds.). *Soils as a Key Component of the Critical Zone 1: Functions and Services*. ISTE, 1, p. 59-80. DOI: 10.1002/9781119438069.ch3

VOOGT, James A., 2002. Urban Heat Island. In: MUNN, Ted (Eds.). *Encyclopedia of Global Environmental Change*. Wiley, Chichester, vol. 3, p. 600-660. ISBN: 978-0-470-85362-7

VOOGT, James A., 2004. *Urban Heat Island: Hotter Cities* [online]. American Institute of Biological Sciences [cit. 20. 10. 2020]. Dostupné z: <http://www.actionbioscience.org/environment/voogt.html>

VOOGT, James A., OKE, Tim R., 2003. Thermal remote sensing of urban climates. *Remote sensing of environment*, 86(3), p. 370-384. DOI: 10.1016/S0034-4257(03)00079-8

VRV & SHDP, 2017. *Studie odtokových poměrů včetně návrhů možných protipovodňových opatření v povodí vodního toku Mehelnický potok* [online]. Analytická část, 64 s. [Cit. 4. 2. 2021]. Dostupné z: https://www.mesto-pisek.cz/html/soubory/WEB_Studie/WEB_Mehelnicky/pdf/A/A_1_Analyticka_casst.pdf

VYSOUDIL, Miroslav, 2004. *Meteorologie a klimatologie*. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 232 s.

VYSOUDIL, Miroslav, 2013. *Základy fyzické geografie 1: Meteorologie a klimatologie*. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 114 s.

WAMSLER, Christine, BRINK, Ebba, RIVERA, Claudia, 2013. Planning for climate change in urban areas: from theory to practice. *Journal of Cleaner Production*, 50, p. 68-81. DOI: 10.1016/j.jclepro.2012.12.008

WANG, S., et al., 2012. Soil moisture and evapotranspiration of different land cover types in the Loess Plateau, China. *Hydrology and Earth System Sciences*, 16(8), p. 2883-2892. DOI: 10.5194/hess-16-2883-2012

WANNER, Heinz, FILLIGER, Paul, 1989. Orographic influence on urban climate. *Weather and Climate*, p. 22-28. DOI: 10.2307/44279768

ZHU, Zhe, WANG, Shixiong, WOODCOCK, Curtis E., 2015. Improvement and expansion of the Fmask algorithm: Cloud, cloud shadow, and snow detection for Landsats 4–7, 8, and Sentinel 2 images. *Remote Sensing of Environment*, 159, p. 269-277. DOI: 10.1016/j.rse.2014.12.014

Seznam obrázků

Obrázek 1: Teplota vzduchu v různě využitě krajině (Voogt, 2002, upraveno).....	12
Obrázek 2: Vertikální struktura atmosféry zobrazená v různém měřítku (Oke, 2006 in Roth, 2012).....	14
Obrázek 3: Atmosférický tepelný ostrov a jeho vrstvy (Voogt, 2004; upraveno).....	17
Obrázek 4: Distribuce sluneční energie v různých podmínkách (Pokorný & Květ, 2004)	19
Obrázek 5: Radiační bilance městského povrchu (Oke, 1987 in Roberts et al., 2006)	22
Obrázek 6: Celé vybrané zájmové území použité pro analýzu (ArcČR 500, 2021; vlastní zpracování)	28
Obrázek 7: Vybrané kategorie zástavby města Písek (ČÚZK, 2021; vlastní zpracování).....	29
Obrázek 8: Přehled místních klimatických zón (Stewart & Oke, 2012).....	74

Seznam tabulek

Tabulka 1: Specifikace družic Landsat (ARCDATA Praha, 2020)	26
Tabulka 2: Kategorie zástavby a vybrané lokality v Písku	29
Tabulka 3: Meteorologické informace potřebné k výpočtu energetických toků (ČHMÚ, 2019; Solcast, 2020)	34
Tabulka 4: Přehled Kruskal-Wallisova neparametrického testu (KS test) s Chí- kvadrát rozdělením (χ^2) a stupni volnosti (df).....	38
Tabulka 5: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání teploty povrchu 26. 6. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby	75
Tabulka 6: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání teploty povrchu 3. 7. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby	75
Tabulka 7: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání teploty povrchu 5. 9. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby	76
Tabulka 8: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání teploty povrchu 21. 9. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby	76
Tabulka 9: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání albeda 26. 6. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby.....	77
Tabulka 10: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání albeda 3. 7. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby.....	77
Tabulka 11: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání albeda 5. 9. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby.....	78
Tabulka 12: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání albeda 21. 9. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby.....	78
Tabulka 13: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání NDMI 26. 6. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby.....	79
Tabulka 14: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání NDMI 3. 7. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby.....	79
Tabulka 15: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání NDMI 5. 9. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby.....	80
Tabulka 16: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání NDMI 21. 9. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby.....	80
Tabulka 17: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání NDVI 26. 6. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby.....	81













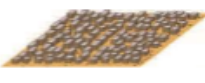




Tabulka 18: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání NDVI 3. 7. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby.....	81
Tabulka 19: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání NDVI 5. 9. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby.....	82
Tabulka 20: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání NDVI 21. 9. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby.....	82
Tabulka 21: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání evaporativní.....	83
Tabulka 22: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání evaporativní frakce 3. 7. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby.....	83
Tabulka 23: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání evaporativní frakce 5. 9. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby.....	84
Tabulka 24: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání evaporativní frakce 21. 9. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby.....	84
Tabulka 25: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání toku latentního tepla výparu 26. 6. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby	85
Tabulka 26: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání toku latentního tepla výparu 3. 7. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby	85
Tabulka 27: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání toku latentního tepla výparu 5. 9. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby	86
Tabulka 28: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání toku latentního tepla výparu 21. 9. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby	86
Tabulka 29: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání toku zjevného tepla 26. 6. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby.....	87
Tabulka 30: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání toku zjevného tepla 3. 7. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby.....	87
Tabulka 31: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání toku zjevného tepla 5. 9. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby.....	88
Tabulka 32: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání toku zjevného tepla 21. 9. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby.....	88
Tabulka 33: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání toku tepla vedeného do půdy 26. 6. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby.....	89
Tabulka 34: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání toku tepla vedeného do půdy 3. 7. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby	89

Tabulka 35: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání toku tepla vedeného do půdy 5. 9. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby	90
Tabulka 36: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání toku tepla vedeného do půdy 21. 9. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby.....	90

Seznam grafů

Graf 1: Teplota povrchu vybraných dnů u zvolených kategorií zástavby	39
Graf 2: Klastrová analýza teploty povrchu pro kategorie zástavby	40
Graf 3: Albedo vybraných dnů u zvolených kategorií zástavby	40
Graf 4: Klastrová analýza albeda pro kategorie zástavby	41
Graf 5: Vlhkostní index NDMI vybraných dnů u zvolených kategorií zástavby	42
Graf 6: Klastrová analýza NDMI pro kategorie zástavby	43
Graf 7: Vegetační index NDVI vybraných dnů u zvolených kategorií zástavby	43
Graf 8: Klastrová analýza NDVI pro kategorie zástavby	44
Graf 9: Evaporativní frakce vybraných dnů u zvolených kategorií zástavby	45
Graf 10: Klastrová analýza evaporativní frakce pro kategorie zástavby	46
Graf 11: Tok latentního tepla výparu vybraných dnů u zvolených kategorií zástavby	47
Graf 12: Klastrová analýza toku latentního tepla výparu pro kategorie zástavby	47
Graf 13: Tok zjevného tepla vybraných dnů u zvolených kategorií zástavby	48
Graf 14: Klastrová analýza toku zjevného tepla pro kategorie zástavby	49
Graf 15: Tok tepla vedeného do půdy vybraných dnů u zvolených kategorií zástavby	50
Graf 16: Klastrová analýza toku tepla vedeného do půdy pro kategorie zástavby	50

Přílohy

Built types	Definition	Land cover types	Definition
 <p>1. Compact high-rise</p>	Dense mix of tall buildings to tens of stories. Few or no trees. Land cover mostly paved. Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	 <p>A. Dense trees</p>	Heavily wooded landscape of deciduous and/or evergreen trees. Land cover mostly pervious (low plants). Zone function is natural forest, tree cultivation, or urban park.
 <p>2. Compact midrise</p>	Dense mix of midrise buildings (3–9 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Stone, brick, tile, and concrete construction materials.	 <p>B. Scattered trees</p>	Lightly wooded landscape of deciduous and/or evergreen trees. Land cover mostly pervious (low plants). Zone function is natural forest, tree cultivation, or urban park.
 <p>3. Compact low-rise</p>	Dense mix of low-rise buildings (1–3 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Stone, brick, tile, and concrete construction materials.	 <p>C. Bush, scrub</p>	Open arrangement of bushes, shrubs, and short, woody trees. Land cover mostly pervious (bare soil or sand). Zone function is natural scrubland or agriculture.
 <p>4. Open high-rise</p>	Open arrangement of tall buildings to tens of stories. Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	 <p>D. Low plants</p>	Featureless landscape of grass or herbaceous plants/crops. Few or no trees. Zone function is natural grassland, agriculture, or urban park.
 <p>5. Open midrise</p>	Open arrangement of midrise buildings (3–9 stories). Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	 <p>E. Bare rock or paved</p>	Featureless landscape of rock or paved cover. Few or no trees or plants. Zone function is natural desert (rock) or urban transportation.
 <p>6. Open low-rise</p>	Open arrangement of low-rise buildings (1–3 stories). Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Wood, brick, stone, tile, and concrete construction materials.	 <p>F. Bare soil or sand</p>	Featureless landscape of soil or sand cover. Few or no trees or plants. Zone function is natural desert or agriculture.
 <p>7. Lightweight low-rise</p>	Dense mix of single-story buildings. Few or no trees. Land cover mostly hard-packed. Lightweight construction materials (e.g., wood, thatch, corrugated metal).	 <p>G. Water</p>	Large, open water bodies such as seas and lakes, or small bodies such as rivers, reservoirs, and lagoons.
 <p>8. Large low-rise</p>	Open arrangement of large low-rise buildings (1–3 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Steel, concrete, metal, and stone construction materials.	VARIABLE LAND COVER PROPERTIES	
 <p>9. Sparsely built</p>	Sparse arrangement of small or medium-sized buildings in a natural setting. Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees).	b. bare trees	Leafless deciduous trees (e.g., winter). Increased sky view factor. Reduced albedo.
 <p>10. Heavy industry</p>	Low-rise and midrise industrial structures (towers, tanks, stacks). Few or no trees. Land cover mostly paved or hard-packed. Metal, steel, and concrete construction materials.	s. snow cover	Snow cover >10 cm in depth. Low admittance. High albedo.
		d. dry ground	Parched soil. Low admittance. Large Bowen ratio. Increased albedo.
		w. wet ground	Waterlogged soil. High admittance. Small Bowen ratio. Reduced albedo.

Obrázek 8: Přehled místních klimatických zón (Stewart & Oke, 2012)

**Tabulka 5: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání teploty povrchu
26. 6. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby**

	Celé zájmové území	Historické centrum	Řadová zástavba s vnitrobloky	Zástavba rodinných domů	Předměstí a suburbia	Sídliště a vícepatrové domy	Průmyslová zóna	Obchodní zóna	Park a vodní plocha	Sportovní areál
Celé zájmové území		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000
Historické centrum	0,0000		0,0019	0,0000	0,0000	0,0437	1,0000	1,0000	0,0000	0,1035
Řadová zástavba s vnitrobloky	0,0000	0,0019		0,0089	0,5820	1,0000	0,0021	0,0000	0,0000	1,0000
Zástavba rodinných domů	0,0000	0,0000	0,0089		1,0000	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001
Předměstí a suburbia	0,0000	0,0000	0,5820	1,0000		0,0457	0,0000	0,0000	0,0000	0,0183
Sídliště a vícepatrové domy	0,0000	0,0437	1,0000	0,0003	0,0457		0,0486	0,0001	0,0000	1,0000
Průmyslová zóna	0,0000	1,0000	0,0021	0,0000	0,0000	0,0486		1,0000	0,0000	0,1141
Obchodní zóna	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	1,0000		0,0000	0,0004
Park a vodní plocha	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000
Sportovní areál	0,0000	0,1035	1,0000	0,0001	0,0183	1,0000	0,1141	0,0004	0,0000	

**Tabulka 6: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání teploty povrchu
3. 7. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby**

	Celé zájmové území	Historické centrum	Řadová zástavba s vnitrobloky	Zástavba rodinných domů	Předměstí a suburbia	Sídliště a vícepatrové domy	Průmyslová zóna	Obchodní zóna	Park a vodní plocha	Sportovní areál
Celé zájmové území		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0487	0,0000
Historické centrum	0,0000		0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000	0,0000	0,0107
Řadová zástavba s vnitrobloky	0,0000	0,0001		0,0000	0,0015	1,0000	0,0026	0,0026	0,0000	1,0000
Zástavba rodinných domů	0,0000	0,0000	0,0000		0,7531	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000
Předměstí a suburbia	0,0000	0,0000	0,0015	0,7531		0,0064	0,0000	0,0000	0,0012	0,0000
Sídliště a vícepatrové domy	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0064		0,0006	0,0005	0,0000	1,0000
Průmyslová zóna	0,0000	1,0000	0,0026	0,0000	0,0000	0,0006		1,0000	0,0000	0,1282
Obchodní zóna	0,0000	1,0000	0,0026	0,0000	0,0000	0,0005	1,0000		0,0000	0,1262
Park a vodní plocha	0,0487	0,0000	0,0000	1,0000	0,0012	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000
Sportovní areál	0,0000	0,0107	1,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,1282	0,1262	0,0000	

**Tabulka 7: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání teploty povrchu
5. 9. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby**

	Celé zájmové území	Historické centrum	Řadová zástavba s vnitrobloky	Zástavba rodinných domů	Předměstí a suburbia	Sídliště a vícepatrové domy	Průmyslová zóna	Obchodní zóna	Park a vodní plocha	Sportovní areál
Celé zájmové území		0,0000	0,0000	0,6331	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Historické centrum	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000	0,5528	0,0019
Řadová zástavba s vnitrobloky	0,0000	0,0000		0,0000	0,4181	1,0000	0,0073	0,0000	0,0181	1,0000
Zástavba rodinných domů	0,6331	0,0000	0,0000		0,2783	0,0025	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Předměstí a suburbia	0,0000	0,0000	0,4181	0,2783		1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002
Sídliště a vícepatrové domy	0,0000	0,0000	1,0000	0,0025	1,0000		0,0000	0,0000	0,0001	0,0518
Průmyslová zóna	0,0000	1,0000	0,0073	0,0000	0,0000	0,0000		1,0000	1,0000	1,0000
Obchodní zóna	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000		1,0000	0,0177
Park a vodní plocha	0,0000	0,5528	0,0181	0,0000	0,0000	0,0001	1,0000	1,0000		1,0000
Sportovní areál	0,0000	0,0019	1,0000	0,0000	0,0002	0,0518	1,0000	0,0177	1,0000	

**Tabulka 8: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání teploty povrchu
21. 9. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby**

	Celé zájmové území	Historické centrum	Řadová zástavba s vnitrobloky	Zástavba rodinných domů	Předměstí a suburbia	Sídliště a vícepatrové domy	Průmyslová zóna	Obchodní zóna	Park a vodní plocha	Sportovní areál
Celé zájmové území		0,0000	0,0023	1,0000	0,0000	0,0010	0,0000	0,0000	0,6812	0,0000
Historické centrum	0,0000		0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	1,0000	1,0000	0,0000	1,0000
Řadová zástavba s vnitrobloky	0,0023	0,0000		0,0012	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Zástavba rodinných domů	1,0000	0,0000	0,0012		0,0000	0,0005	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000
Předměstí a suburbia	0,0000	0,0002	1,0000	0,0000		1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0013
Sídliště a vícepatrové domy	0,0010	0,0000	1,0000	0,0005	1,0000		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Průmyslová zóna	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		1,0000	0,0000	1,0000
Obchodní zóna	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000		0,0000	0,4083
Park a vodní plocha	0,6812	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000
Sportovní areál	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0013	0,0000	1,0000	0,4083	0,0000	

Tabulka 9: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání albeda 26. 6. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby

	Celé zájmové území	Historické centrum	Řadová zástavba s vnitrobloky	Zástavba rodinných domů	Předměstí a suburbia	Sídliště a vícepatrové domy	Průmyslová zóna	Obchodní zóna	Park a vodní plocha	Sportovní areál
Celé zájmové území		1,0000	1,0000	1,0000	0,0074	1,0000	1,0000	0,0107	0,0000	0,0000
Historické centrum	1,0000		1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000	0,0036
Řadová zástavba s vnitrobloky	1,0000	1,0000		1,0000	0,0087	1,0000	1,0000	0,0126	0,0000	0,0000
Zástavba rodinných domů	1,0000	1,0000	1,0000		0,0217	1,0000	1,0000	0,0306	0,0000	0,0000
Předměstí a suburbia	0,0074	1,0000	0,0087	0,0217		0,0129	1,0000	1,0000	0,0000	1,0000
Sídliště a vícepatrové domy	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,0129		1,0000	0,0184	0,0000	0,0000
Průmyslová zóna	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000		1,0000	0,0000	0,0011
Obchodní zóna	0,0107	1,0000	0,0126	0,0306	1,0000	0,0184	1,0000		0,0000	1,0000
Park a vodní plocha	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000
Sportovní areál	0,0000	0,0036	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0011	1,0000	0,0000	

Tabulka 10: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání albeda 3. 7. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby

	Celé zájmové území	Historické centrum	Řadová zástavba s vnitrobloky	Zástavba rodinných domů	Předměstí a suburbia	Sídliště a vícepatrové domy	Průmyslová zóna	Obchodní zóna	Park a vodní plocha	Sportovní areál
Celé zájmové území		1,0000	0,6617	1,0000	0,0740	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000	0,0002
Historické centrum	1,0000		0,8802	1,0000	0,0514	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000	0,0001
Řadová zástavba s vnitrobloky	0,6617	0,8802		1,0000	0,0000	1,0000	0,0050	0,0003	0,0000	0,0000
Zástavba rodinných domů	1,0000	1,0000	1,0000		0,0005	1,0000	0,3456	0,0438	0,0000	0,0000
Předměstí a suburbia	0,0740	0,0514	0,0000	0,0005		0,0021	1,0000	1,0000	0,0000	1,0000
Sídliště a vícepatrové domy	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,0021		0,8396	0,1279	0,0000	0,0000
Průmyslová zóna	1,0000	1,0000	0,0050	0,3456	1,0000	0,8396		1,0000	0,0000	0,0627
Obchodní zóna	1,0000	1,0000	0,0003	0,0438	1,0000	0,1279	1,0000		0,0000	0,4657
Park a vodní plocha	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000
Sportovní areál	0,0002	0,0001	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0627	0,4657	0,0000	

Tabulka 11: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání albeda 5. 9. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby

	Celé zájmové území	Historické centrum	Řadová zástavba s vnitrobloky	Zástavba rodinných domů	Předměstí a suburbia	Sídliště a vícepatrové domy	Průmyslová zóna	Obchodní zóna	Park a vodní plocha	Sportovní areál
Celé zájmové území		1,0000	0,1189	0,0615	1,0000	0,1461	1,0000	0,2183	0,0000	0,0002
Historické centrum	1,0000		1,0000	1,0000	0,4331	1,0000	1,0000	0,0070	0,0000	0,0000
Řadová zástavba s vnitrobloky	0,1189	1,0000		1,0000	0,0002	1,0000	0,1882	0,0000	0,0000	0,0000
Zástavba rodinných domů	0,0615	1,0000	1,0000		0,0001	1,0000	0,0999	0,0000	0,0000	0,0000
Předměstí a suburbia	1,0000	0,4331	0,0002	0,0001		0,0002	1,0000	1,0000	0,0000	0,1449
Sídliště a vícepatrové domy	0,1461	1,0000	1,0000	1,0000	0,0002		0,2294	0,0000	0,0000	0,0000
Průmyslová zóna	1,0000	1,0000	0,1882	0,0999	1,0000	0,2294		0,1388	0,0000	0,0001
Obchodní zóna	0,2183	0,0070	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,1388		0,0000	1,0000
Park a vodní plocha	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000
Sportovní areál	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,1449	0,0000	0,0001	1,0000	0,0000	

Tabulka 12: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání albeda 21. 9. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby

	Celé zájmové území	Historické centrum	Řadová zástavba s vnitrobloky	Zástavba rodinných domů	Předměstí a suburbia	Sídliště a vícepatrové domy	Průmyslová zóna	Obchodní zóna	Park a vodní plocha	Sportovní areál
Celé zájmové území		1,0000	0,0275	0,0184	1,0000	0,0066	1,0000	0,4887	0,0000	0,0003
Historické centrum	1,0000		1,0000	1,0000	0,0582	1,0000	1,0000	0,0006	0,0000	0,0000
Řadová zástavba s vnitrobloky	0,0275	1,0000		1,0000	0,0001	1,0000	0,0589	0,0000	0,0000	0,0000
Zástavba rodinných domů	0,0184	1,0000	1,0000		0,0000	1,0000	0,0401	0,0000	0,0000	0,0000
Předměstí a suburbia	1,0000	0,0582	0,0001	0,0000		0,0000	1,0000	1,0000	0,0000	0,0960
Sídliště a vícepatrové domy	0,0066	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000		0,0153	0,0000	0,0000	0,0000
Průmyslová zóna	1,0000	1,0000	0,0589	0,0401	1,0000	0,0153		0,2606	0,0000	0,0001
Obchodní zóna	0,4887	0,0006	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,2606		0,0000	1,0000
Park a vodní plocha	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000
Sportovní areál	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000	0,0960	0,0000	0,0001	1,0000	0,0000	

Tabulka 13: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání NDMI 26. 6. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby

	Celé zájmové území	Historické centrum	Řadová zástavba s vnitrobloky	Zástavba rodinných domů	Předměstí a suburbia	Sídliště a vícepatrové domy	Průmyslová zóna	Obchodní zóna	Park a vodní plocha	Sportovní areál
Celé zájmové území		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000
Historické centrum	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000
Řadová zástavba s vnitrobloky	0,0000	0,0000		0,1694	0,1260	1,0000	0,0361	1,0000	0,0000	1,0000
Zástavba rodinných domů	0,0000	0,0000	0,1694		1,0000	0,0022	0,0000	0,0006	0,0003	0,2813
Předměstí a suburbia	0,0000	0,0000	0,1260	1,0000		0,0015	0,0000	0,0004	0,0005	0,2121
Sídliště a vícepatrové domy	0,0000	0,0000	1,0000	0,0022	0,0015		1,0000	1,0000	0,0000	1,0000
Průmyslová zóna	0,0000	0,0003	0,0361	0,0000	0,0000	1,0000		1,0000	0,0000	0,0198
Obchodní zóna	0,0000	0,0000	1,0000	0,0006	0,0004	1,0000	1,0000		0,0000	1,0000
Park a vodní plocha	1,0000	0,0000	0,0000	0,0003	0,0005	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000
Sportovní areál	0,0000	0,0000	1,0000	0,2813	0,2121	1,0000	0,0198	1,0000	0,0000	

Tabulka 14: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání NDMI 3. 7. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby

	Celé zájmové území	Historické centrum	Řadová zástavba s vnitrobloky	Zástavba rodinných domů	Předměstí a suburbia	Sídliště a vícepatrové domy	Průmyslová zóna	Obchodní zóna	Park a vodní plocha	Sportovní areál
Celé zájmové území		0,0000	0,0000	0,0081	0,0084	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000
Historické centrum	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0007	0,0000	0,0000	0,0000
Řadová zástavba s vnitrobloky	0,0000	0,0000		0,1388	0,1349	1,0000	0,0290	1,0000	0,0000	1,0000
Zástavba rodinných domů	0,0081	0,0000	0,1388		1,0000	0,0013	0,0000	0,0222	0,1129	0,5224
Předměstí a suburbia	0,0084	0,0000	0,1349	1,0000		0,0013	0,0000	0,0214	0,1163	0,5093
Sídliště a vícepatrové domy	0,0000	0,0000	1,0000	0,0013	0,0013		1,0000	1,0000	0,0000	1,0000
Průmyslová zóna	0,0000	0,0007	0,0290	0,0000	0,0000	1,0000		0,1752	0,0000	0,0054
Obchodní zóna	0,0000	0,0000	1,0000	0,0222	0,0214	1,0000	0,1752		0,0000	1,0000
Park a vodní plocha	1,0000	0,0000	0,0000	0,1129	0,1163	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000
Sportovní areál	0,0000	0,0000	1,0000	0,5224	0,5093	1,0000	0,0054	1,0000	0,0000	

Tabulka 15: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání NDMI 5. 9. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby

	Celé zájmové území	Historické centrum	Řadová zástavba s vnitrobloky	Zástavba rodinných domů	Předměstí a suburbia	Sídliště a vícepatrové domy	Průmyslová zóna	Obchodní zóna	Park a vodní plocha	Sportovní areál
Celé zájmové území		0,0000	0,0002	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0076
Historické centrum	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Řadová zástavba s vnitrobloky	0,0002	0,0000		0,2553	0,0410	1,0000	0,7817	1,0000	0,0000	1,0000
Zástavba rodinných domů	1,0000	0,0000	0,2553		1,0000	0,0189	0,0000	0,0221	0,0000	1,0000
Předměstí a suburbia	1,0000	0,0000	0,0410	1,0000		0,0020	0,0000	0,0024	0,0000	0,5143
Sídliště a vícepatrové domy	0,0000	0,0000	1,0000	0,0189	0,0020		1,0000	1,0000	0,0000	1,0000
Průmyslová zóna	0,0000	0,0000	0,7817	0,0000	0,0000	1,0000		1,0000	0,0000	0,0695
Obchodní zóna	0,0000	0,0000	1,0000	0,0221	0,0024	1,0000	1,0000		0,0000	1,0000
Park a vodní plocha	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000
Sportovní areál	0,0076	0,0000	1,0000	1,0000	0,5143	1,0000	0,0695	1,0000	0,0000	

Tabulka 16: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání NDMI 21. 9. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby

	Celé zájmové území	Historické centrum	Řadová zástavba s vnitrobloky	Zástavba rodinných domů	Předměstí a suburbia	Sídliště a vícepatrové domy	Průmyslová zóna	Obchodní zóna	Park a vodní plocha	Sportovní areál
Celé zájmové území		0,0000	0,0000	0,4156	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0001
Historické centrum	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Řadová zástavba s vnitrobloky	0,0000	0,0000		0,4587	0,0302	1,0000	0,2494	1,0000	0,0000	1,0000
Zástavba rodinných domů	0,4156	0,0000	0,4587		1,0000	0,0951	0,0000	0,0582	0,0001	1,0000
Předměstí a suburbia	1,0000	0,0000	0,0302	1,0000		0,0042	0,0000	0,0023	0,0049	0,1396
Sídliště a vícepatrové domy	0,0000	0,0000	1,0000	0,0951	0,0042		1,0000	1,0000	0,0000	1,0000
Průmyslová zóna	0,0000	0,0000	0,2494	0,0000	0,0000	1,0000		1,0000	0,0000	0,0583
Obchodní zóna	0,0000	0,0000	1,0000	0,0582	0,0023	1,0000	1,0000		0,0000	1,0000
Park a vodní plocha	1,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0049	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000
Sportovní areál	0,0001	0,0000	1,0000	1,0000	0,1396	1,0000	0,0583	1,0000	0,0000	

Tabulka 17: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání NDVI 26. 6. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby

	Celé zájmové území	Historické centrum	Řadová zástavba s vnitrobloky	Zástavba rodinných domů	Předměstí a suburbia	Sídlště a vícepatrové domy	Průmyslová zóna	Obchodní zóna	Park a vodní plocha	Sportovní areál
Celé zájmové území		0,0000	0,0000	0,0010	0,0193	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Historické centrum	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0151	0,0333	0,0000	0,0000
Řadová zástavba s vnitrobloky	0,0000	0,0000		0,1269	0,0092	1,0000	0,0020	0,0008	1,0000	1,0000
Zástavba rodinných domů	0,0010	0,0000	0,1269		1,0000	0,0011	0,0000	0,0000	0,0000	0,0853
Předměstí a suburbia	0,0193	0,0000	0,0092	1,0000		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0057
Sídlště a vícepatrové domy	0,0000	0,0000	1,0000	0,0011	0,0000		0,2004	0,1008	1,0000	1,0000
Průmyslová zóna	0,0000	0,0151	0,0020	0,0000	0,0000	0,2004		1,0000	1,0000	0,0034
Obchodní zóna	0,0000	0,0333	0,0008	0,0000	0,0000	0,1008	1,0000		1,0000	0,0014
Park a vodní plocha	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000		1,0000
Sportovní areál	0,0000	0,0000	1,0000	0,0853	0,0057	1,0000	0,0034	0,0014	1,0000	

Tabulka 18: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání NDVI 3. 7. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby

	Celé zájmové území	Historické centrum	Řadová zástavba s vnitrobloky	Zástavba rodinných domů	Předměstí a suburbia	Sídlště a vícepatrové domy	Průmyslová zóna	Obchodní zóna	Park a vodní plocha	Sportovní areál
Celé zájmové území		0,0000	0,0001	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Historické centrum	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0825	0,1514	0,0000	0,0000
Řadová zástavba s vnitrobloky	0,0001	0,0000		0,3706	0,1186	1,0000	0,0001	0,0000	1,0000	1,0000
Zástavba rodinných domů	1,0000	0,0000	0,3706		1,0000	0,0007	0,0000	0,0000	0,0001	0,1594
Předměstí a suburbia	1,0000	0,0000	0,1186	1,0000		0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0465
Sídlště a vícepatrové domy	0,0000	0,0000	1,0000	0,0007	0,0001		0,1078	0,0577	1,0000	1,0000
Průmyslová zóna	0,0000	0,0825	0,0001	0,0000	0,0000	0,1078		1,0000	0,3028	0,0004
Obchodní zóna	0,0000	0,1514	0,0000	0,0000	0,0000	0,0577	1,0000		0,1712	0,0002
Park a vodní plocha	0,0000	0,0000	1,0000	0,0001	0,0000	1,0000	0,3028	0,1712		1,0000
Sportovní areál	0,0000	0,0000	1,0000	0,1594	0,0465	1,0000	0,0004	0,0002	1,0000	

Tabulka 19: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání NDVI 5. 9. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby

	Celé zájmové území	Historické centrum	Řadová zástavba s vnitrobloky	Zástavba rodinných domů	Předměstí a suburbia	Sídliště a vícepatrové domy	Průmyslová zóna	Obchodní zóna	Park a vodní plocha	Sportovní areál
Celé zájmové území		0,0000	0,0001	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001
Historické centrum	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0027	0,0086	1,0000	0,0000
Řadová zástavba s vnitrobloky	0,0001	0,0000		0,3072	0,0510	1,0000	0,0044	0,0013	0,0000	1,0000
Zástavba rodinných domů	1,0000	0,0000	0,3072		1,0000	0,0024	0,0000	0,0000	0,0000	0,2753
Předměstí a suburbia	1,0000	0,0000	0,0510	1,0000		0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0449
Sídliště a vícepatrové domy	0,0000	0,0000	1,0000	0,0024	0,0002		0,4678	0,2018	0,0000	1,0000
Průmyslová zóna	0,0000	0,0027	0,0044	0,0000	0,0000	0,4678		1,0000	0,0000	0,0051
Obchodní zóna	0,0000	0,0086	0,0013	0,0000	0,0000	0,2018	1,0000		0,0001	0,0016
Park a vodní plocha	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001		0,0000
Sportovní areál	0,0001	0,0000	1,0000	0,2753	0,0449	1,0000	0,0051	0,0016	0,0000	

Tabulka 20: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání NDVI 21. 9. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby

	Celé zájmové území	Historické centrum	Řadová zástavba s vnitrobloky	Zástavba rodinných domů	Předměstí a suburbia	Sídliště a vícepatrové domy	Průmyslová zóna	Obchodní zóna	Park a vodní plocha	Sportovní areál
Celé zájmové území		0,0000	0,0000	0,0672	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Historické centrum	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0105	0,0120	0,0000	0,0000
Řadová zástavba s vnitrobloky	0,0000	0,0000		0,7521	0,0173	1,0000	0,0014	0,0012	1,0000	1,0000
Zástavba rodinných domů	0,0672	0,0000	0,7521		1,0000	0,0146	0,0000	0,0000	0,0018	0,4804
Předměstí a suburbia	1,0000	0,0000	0,0173	1,0000		0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0093
Sídliště a vícepatrové domy	0,0000	0,0000	1,0000	0,0146	0,0001		0,1349	0,1204	1,0000	1,0000
Průmyslová zóna	0,0000	0,0105	0,0014	0,0000	0,0000	0,1349		1,0000	0,6316	0,0027
Obchodní zóna	0,0000	0,0120	0,0012	0,0000	0,0000	0,1204	1,0000		0,5731	0,0024
Park a vodní plocha	0,0000	0,0000	1,0000	0,0018	0,0000	1,0000	0,6316	0,5731		1,0000
Sportovní areál	0,0000	0,0000	1,0000	0,4804	0,0093	1,0000	0,0027	0,0024	1,0000	

Tabulka 21: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání evaporativní frakce 26. 6. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby

	Celé zájmové území	Historické centrum	Řadová zástavba s vnitrobloky	Zástavba rodinných domů	Předměstí a suburbia	Sídlště a vícepatrové domy	Průmyslová zóna	Obchodní zóna	Park a vodní plocha	Sportovní areál
Celé zájmové území		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000
Historické centrum	0,0000		0,0007	0,0000	0,0000	0,0424	1,0000	1,0000	0,0000	0,0321
Řadová zástavba s vnitrobloky	0,0000	0,0007		0,0372	0,2126	1,0000	0,0559	0,0002	0,0000	1,0000
Zástavba rodinných domů	0,0000	0,0000	0,0372		1,0000	0,0006	0,0000	0,0000	0,0000	0,0009
Předměstí a suburbia	0,0000	0,0000	0,2126	1,0000		0,0057	0,0000	0,0000	0,0000	0,0078
Sídlště a vícepatrové domy	0,0000	0,0424	1,0000	0,0006	0,0057		1,0000	0,0169	0,0000	1,0000
Průmyslová zóna	0,0000	1,0000	0,0559	0,0000	0,0000	1,0000		1,0000	0,0000	0,9654
Obchodní zóna	0,0000	1,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0169	1,0000		0,0000	0,0126
Park a vodní plocha	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000
Sportovní areál	0,0000	0,0321	1,0000	0,0009	0,0078	1,0000	0,9654	0,0126	0,0000	

Tabulka 22: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání evaporativní frakce 3. 7. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby

	Celé zájmové území	Historické centrum	Řadová zástavba s vnitrobloky	Zástavba rodinných domů	Předměstí a suburbia	Sídlště a vícepatrové domy	Průmyslová zóna	Obchodní zóna	Park a vodní plocha	Sportovní areál
Celé zájmové území		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000
Historické centrum	0,0000		0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000	0,0000	0,0055
Řadová zástavba s vnitrobloky	0,0000	0,0001		0,0000	0,0001	1,0000	0,1206	0,2764	0,0000	1,0000
Zástavba rodinných domů	0,0000	0,0000	0,0000		1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0142	0,0000
Předměstí a suburbia	0,0000	0,0000	0,0001	1,0000		0,0006	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000
Sídlště a vícepatrové domy	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0006		0,0288	0,0729	0,0000	1,0000
Průmyslová zóna	0,0000	1,0000	0,1206	0,0000	0,0000	0,0288		1,0000	0,0000	1,0000
Obchodní zóna	0,0000	1,0000	0,2764	0,0000	0,0000	0,0729	1,0000		0,0000	1,0000
Park a vodní plocha	1,0000	0,0000	0,0000	0,0142	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000
Sportovní areál	0,0000	0,0055	1,0000	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000	

Tabulka 23: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání evaporativní frakce 5. 9. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby

	Celé zájmové území	Historické centrum	Řadová zástavba s vnitrobloky	Zástavba rodinných domů	Předměstí a suburbia	Sídliště a vícepatrové domy	Průmyslová zóna	Obchodní zóna	Park a vodní plocha	Sportovní areál
Celé zájmové území		0,0000	0,0000	0,1927	0,0021	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Historické centrum	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0261	1,0000	0,0000	0,0004
Řadová zástavba s vnitrobloky	0,0000	0,0000		0,0000	0,0022	1,0000	0,5882	0,0026	1,0000	1,0000
Zástavba rodinných domů	0,1927	0,0000	0,0000		1,0000	0,0033	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Předměstí a suburbia	0,0021	0,0000	0,0022	1,0000		0,2643	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Sídliště a vícepatrové domy	0,0000	0,0000	1,0000	0,0033	0,2643		0,0069	0,0000	0,9035	0,2280
Průmyslová zóna	0,0000	0,0261	0,5882	0,0000	0,0000	0,0069		1,0000	1,0000	1,0000
Obchodní zóna	0,0000	1,0000	0,0026	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000		0,1230	0,5307
Park a vodní plocha	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,9035	1,0000	0,1230		1,0000
Sportovní areál	0,0000	0,0004	1,0000	0,0000	0,0000	0,2280	1,0000	0,5307	1,0000	

Tabulka 24: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání evaporativní frakce 21. 9. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby

	Celé zájmové území	Historické centrum	Řadová zástavba s vnitrobloky	Zástavba rodinných domů	Předměstí a suburbia	Sídliště a vícepatrové domy	Průmyslová zóna	Obchodní zóna	Park a vodní plocha	Sportovní areál
Celé zájmové území		0,0000	0,0002	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0476	0,0000
Historické centrum	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000	0,0000	1,0000
Řadová zástavba s vnitrobloky	0,0002	0,0000		0,0108	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001
Zástavba rodinných domů	1,0000	0,0000	0,0108		0,0023	0,0030	0,0000	0,0000	0,0014	0,0000
Předměstí a suburbia	0,0000	0,0000	1,0000	0,0023		1,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0008
Sídliště a vícepatrové domy	0,0000	0,0000	1,0000	0,0030	1,0000		0,0001	0,0000	0,0000	0,0006
Průmyslová zóna	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001		1,0000	0,0000	1,0000
Obchodní zóna	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000		0,0000	1,0000
Park a vodní plocha	0,0476	0,0000	0,0000	0,0014	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000
Sportovní areál	0,0000	1,0000	0,0001	0,0000	0,0008	0,0006	1,0000	1,0000	0,0000	

Tabulka 25: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání toku latentního tepla výparu 26. 6. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby

	Celé zájmové území	Historické centrum	Řadová zástavba s vnitrobloky	Zástavba rodinných domů	Předměstí a suburbia	Sídliště a vícepatrové domy	Průmyslová zóna	Obchodní zóna	Park a vodní plocha	Sportovní areál
Celé zájmové území		0,0000	0,0000	0,0038	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000
Historické centrum	0,0000		0,0001	0,0000	0,0003	0,0364	1,0000	1,0000	0,0000	0,9000
Řadová zástavba s vnitrobloky	0,0000	0,0001		0,0030	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,6667
Zástavba rodinných domů	0,0038	0,0000	0,0030		0,0009	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Předměstí a suburbia	0,0000	0,0003	1,0000	0,0009		1,0000	0,0001	0,0000	0,0000	1,0000
Sídliště a vícepatrové domy	0,0000	0,0364	1,0000	0,0000	1,0000		0,0132	0,0000	0,0000	1,0000
Průmyslová zóna	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0132		1,0000	0,0000	0,4214
Obchodní zóna	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000		0,0000	0,0020
Park a vodní plocha	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000
Sportovní areál	0,0000	0,9000	0,6667	0,0000	1,0000	1,0000	0,4214	0,0020	0,0000	

Tabulka 26: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání toku latentního tepla výparu 3. 7. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby

	Celé zájmové území	Historické centrum	Řadová zástavba s vnitrobloky	Zástavba rodinných domů	Předměstí a suburbia	Sídliště a vícepatrové domy	Průmyslová zóna	Obchodní zóna	Park a vodní plocha	Sportovní areál
Celé zájmové území		0,0000	0,0000	0,3117	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000
Historické centrum	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	1,0000	1,0000	0,0000	0,6190
Řadová zástavba s vnitrobloky	0,0000	0,0000		0,0000	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1076
Zástavba rodinných domů	0,3117	0,0000	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0864	0,0000
Předměstí a suburbia	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000		1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0566
Sídliště a vícepatrové domy	0,0000	0,0001	1,0000	0,0000	1,0000		0,0000	0,0011	0,0000	1,0000
Průmyslová zóna	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		1,0000	0,0000	0,3157
Obchodní zóna	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0011	1,0000		0,0000	1,0000
Park a vodní plocha	1,0000	0,0000	0,0000	0,0864	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000
Sportovní areál	0,0000	0,6190	0,1076	0,0000	0,0566	1,0000	0,3157	1,0000	0,0000	

Tabulka 27: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání toku latentního tepla výparu 5. 9. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby

	Celé zájmové území	Historické centrum	Řadová zástavba s vnitrobloky	Zástavba rodinných domů	Předměstí a suburbia	Sídliště a vícepatrové domy	Průmyslová zóna	Obchodní zóna	Park a vodní plocha	Sportovní areál
Celé zájmové území		0,0000	0,0055	1,0000	0,0000	0,0012	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Historické centrum	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000	0,0013	1,0000
Řadová zástavba s vnitrobloky	0,0055	0,0000		0,0000	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0776	0,0000
Zástavba rodinných domů	1,0000	0,0000	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Předměstí a suburbia	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000		1,0000	0,0011	0,0000	1,0000	0,0694
Sídliště a vícepatrové domy	0,0012	0,0000	1,0000	0,0000	1,0000		0,0000	0,0000	0,2437	0,0000
Průmyslová zóna	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0011	0,0000		1,0000	0,0612	1,0000
Obchodní zóna	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000		0,0003	0,7666
Park a vodní plocha	0,0000	0,0013	0,0776	0,0000	1,0000	0,2437	0,0612	0,0003		1,0000
Sportovní areál	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0694	0,0000	1,0000	0,7666	1,0000	

Tabulka 28: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání toku latentního tepla výparu 21. 9. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby

	Celé zájmové území	Historické centrum	Řadová zástavba s vnitrobloky	Zástavba rodinných domů	Předměstí a suburbia	Sídliště a vícepatrové domy	Průmyslová zóna	Obchodní zóna	Park a vodní plocha	Sportovní areál
Celé zájmové území		0,0000	1,0000	0,0229	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Historické centrum	0,0000		0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	1,0000	1,0000	0,0000	1,0000
Řadová zástavba s vnitrobloky	1,0000	0,0000		0,0012	0,0012	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Zástavba rodinných domů	0,0229	0,0000	0,0012		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,7340	0,0000
Předměstí a suburbia	0,0000	1,0000	0,0012	0,0000		0,1527	0,3504	0,0004	0,0000	0,1096
Sídliště a vícepatrové domy	1,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,1527		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Průmyslová zóna	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,3504	0,0000		1,0000	0,0000	1,0000
Obchodní zóna	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0004	0,0000	1,0000		0,0000	1,0000
Park a vodní plocha	0,0000	0,0000	0,0000	0,7340	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000
Sportovní areál	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,1096	0,0000	1,0000	1,0000	0,0000	

Tabulka 29: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání toku zjevného tepla 26. 6. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby

	Celé zájmové území	Historické centrum	Řadová zástavba s vnitrobloky	Zástavba rodinných domů	Předměstí a suburbia	Sídliště a vícepatrové domy	Průmyslová zóna	Obchodní zóna	Park a vodní plocha	Sportovní areál
Celé zájmové území		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000
Historické centrum	0,0000		0,1685	0,0004	0,0000	0,0105	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000
Řadová zástavba s vnitrobloky	0,0000	0,1685		1,0000	0,0000	1,0000	1,0000	0,9256	0,0000	0,4832
Zástavba rodinných domů	0,0000	0,0004	1,0000		0,0015	1,0000	0,2283	0,0048	0,0000	1,0000
Předměstí a suburbia	0,0000	0,0000	0,0000	0,0015		0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0703
Sídliště a vícepatrové domy	0,0000	0,0105	1,0000	1,0000	0,0000		1,0000	0,0880	0,0000	1,0000
Průmyslová zóna	0,0000	1,0000	1,0000	0,2283	0,0000	1,0000		1,0000	0,0000	0,0066
Obchodní zóna	0,0000	1,0000	0,9256	0,0048	0,0000	0,0880	1,0000		0,0000	0,0001
Park a vodní plocha	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0001
Sportovní areál	0,0000	0,0000	0,4832	1,0000	0,0703	1,0000	0,0066	0,0001	0,0001	

Tabulka 30: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání toku zjevného tepla 3. 7. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby

	Celé zájmové území	Historické centrum	Řadová zástavba s vnitrobloky	Zástavba rodinných domů	Předměstí a suburbia	Sídliště a vícepatrové domy	Průmyslová zóna	Obchodní zóna	Park a vodní plocha	Sportovní areál
Celé zájmové území		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Historické centrum	0,0000		0,0003	0,0000	0,0000	0,0000	0,0175	0,1201	0,0000	0,0000
Řadová zástavba s vnitrobloky	0,0000	0,0003		0,0000	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,0008	0,2911
Zástavba rodinných domů	0,0000	0,0000	0,0000		0,2668	0,0536	0,0000	0,0000	1,0000	0,5772
Předměstí a suburbia	0,0000	0,0000	0,0000	0,2668		0,0000	0,0000	0,0000	0,0112	0,0000
Sídliště a vícepatrové domy	0,0000	0,0000	1,0000	0,0536	0,0000		0,1421	0,0213	0,8924	1,0000
Průmyslová zóna	0,0000	0,0175	1,0000	0,0000	0,0000	0,1421		1,0000	0,0000	0,0095
Obchodní zóna	0,0000	0,1201	1,0000	0,0000	0,0000	0,0213	1,0000		0,0000	0,0010
Park a vodní plocha	0,0000	0,0000	0,0008	1,0000	0,0112	0,8924	0,0000	0,0000		1,0000
Sportovní areál	0,0000	0,0000	0,2911	0,5772	0,0000	1,0000	0,0095	0,0010	1,0000	

Tabulka 31: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání toku zjevného tepla 5. 9. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby

	Celé zájmové území	Historické centrum	Řadová zástavba s vnitrobloky	Zástavba rodinných domů	Předměstí a suburbia	Sídliště a vícepatrové domy	Průmyslová zóna	Obchodní zóna	Park a vodní plocha	Sportovní areál
Celé zájmové území		0,0000	0,0000	0,0000	0,0718	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Historické centrum	0,0000		0,0001	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000
Řadová zástavba s vnitrobloky	0,0000	0,0001		1,0000	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,0129	0,0016
Zástavba rodinných domů	0,0000	0,0001	1,0000		0,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,0115	0,0018
Předměstí a suburbia	0,0718	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0822
Sídliště a vícepatrové domy	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000	0,0000		1,0000	1,0000	0,0000	1,0000
Průmyslová zóna	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000	0,0000	1,0000		1,0000	0,0007	0,0258
Obchodní zóna	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000	0,0000	1,0000	1,0000		0,0036	0,0061
Park a vodní plocha	0,0000	1,0000	0,0129	0,0115	0,0000	0,0000	0,0007	0,0036		0,0000
Sportovní areál	0,0000	0,0000	0,0016	0,0018	0,0822	1,0000	0,0258	0,0061	0,0000	

Tabulka 32: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání toku zjevného tepla 21. 9. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby

	Celé zájmové území	Historické centrum	Řadová zástavba s vnitrobloky	Zástavba rodinných domů	Předměstí a suburbia	Sídliště a vícepatrové domy	Průmyslová zóna	Obchodní zóna	Park a vodní plocha	Sportovní areál
Celé zájmové území		0,0000	0,0000	0,0000	0,0916	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Historické centrum	0,0000		0,0000	0,0028	0,0000	0,0000	0,0166	0,7820	0,0000	0,0000
Řadová zástavba s vnitrobloky	0,0000	0,0000		1,0000	0,0000	1,0000	1,0000	0,5038	1,0000	1,0000
Zástavba rodinných domů	0,0000	0,0028	1,0000		0,0000	0,8454	1,0000	1,0000	1,0000	0,0838
Předměstí a suburbia	0,0916	0,0000	0,0000	0,0000		0,0014	0,0000	0,0000	0,0003	0,0296
Sídliště a vícepatrové domy	0,0000	0,0000	1,0000	0,8454	0,0014		0,2324	0,0031	1,0000	1,0000
Průmyslová zóna	0,0000	0,0166	1,0000	1,0000	0,0000	0,2324		1,0000	0,6608	0,0168
Obchodní zóna	0,0000	0,7820	0,5038	1,0000	0,0000	0,0031	1,0000		0,0131	0,0001
Park a vodní plocha	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000	0,0003	1,0000	0,6608	0,0131		1,0000
Sportovní areál	0,0000	0,0000	1,0000	0,0838	0,0296	1,0000	0,0168	0,0001	1,0000	

Tabulka 33: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání toku tepla vedeného do půdy 26. 6. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby

	Celé zájmové území	Historické centrum	Řadová zástavba s vnitrobloky	Zástavba rodinných domů	Předměstí a suburbia	Sídlíště a vícepatrové domy	Průmyslová zóna	Obchodní zóna	Park a vodní plocha	Sportovní areál
Celé zájmové území		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Historické centrum	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0353	0,9450	0,0000	0,0000
Řadová zástavba s vnitrobloky	0,0000	0,0000		1,0000	0,0009	1,0000	0,0108	0,0001	0,0053	1,0000
Zástavba rodinných domů	0,0000	0,0000	1,0000		1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000
Předměstí a suburbia	0,0000	0,0000	0,0009	1,0000		0,0021	0,0000	0,0000	1,0000	0,2711
Sídlíště a vícepatrové domy	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000	0,0021		0,0051	0,0000	0,0112	1,0000
Průmyslová zóna	0,0000	0,0353	0,0108	0,0000	0,0000	0,0051		1,0000	0,0000	0,0000
Obchodní zóna	0,0000	0,9450	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000		0,0000	0,0000
Park a vodní plocha	0,0000	0,0000	0,0053	1,0000	1,0000	0,0112	0,0000	0,0000		0,8834
Sportovní areál	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000	0,2711	1,0000	0,0000	0,0000	0,8834	

Tabulka 34: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání toku tepla vedeného do půdy 3. 7. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby

	Celé zájmové území	Historické centrum	Řadová zástavba s vnitrobloky	Zástavba rodinných domů	Předměstí a suburbia	Sídlíště a vícepatrové domy	Průmyslová zóna	Obchodní zóna	Park a vodní plocha	Sportovní areál
Celé zájmové území		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Historické centrum	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,3719	1,0000	0,0000	0,0000
Řadová zástavba s vnitrobloky	0,0000	0,0000		0,1357	0,0020	1,0000	0,0001	0,0000	0,0024	1,0000
Zástavba rodinných domů	0,0000	0,0000	0,1357		1,0000	0,1281	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000
Předměstí a suburbia	0,0000	0,0000	0,0020	1,0000		0,0019	0,0000	0,0000	1,0000	0,0389
Sídlíště a vícepatrové domy	0,0000	0,0000	1,0000	0,1281	0,0019		0,0001	0,0000	0,0022	1,0000
Průmyslová zóna	0,0000	0,3719	0,0001	0,0000	0,0000	0,0001		1,0000	0,0000	0,0000
Obchodní zóna	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000		0,0000	0,0000
Park a vodní plocha	0,0000	0,0000	0,0024	1,0000	1,0000	0,0022	0,0000	0,0000		0,0447
Sportovní areál	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000	0,0389	1,0000	0,0000	0,0000	0,0447	

Tabulka 35: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání toku tepla vedeného do půdy 5. 9. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby

	Celé zájmové území	Historické centrum	Řadová zástavba s vnitrobloky	Zástavba rodinných domů	Předměstí a suburbia	Sídliště a vícepatrové domy	Průmyslová zóna	Obchodní zóna	Park a vodní plocha	Sportovní areál
Celé zájmové území		0,0000	0,0000	0,0000	0,0708	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Historické centrum	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0567	0,5652	0,0000
Řadová zástavba s vnitrobloky	0,0000	0,0000		1,0000	0,0048	1,0000	0,0184	0,0000	0,0000	1,0000
Zástavba rodinných domů	0,0000	0,0000	1,0000		0,2388	1,0000	0,0002	0,0000	0,0000	1,0000
Předměstí a suburbia	0,0708	0,0000	0,0048	0,2388		0,0521	0,0000	0,0000	0,0000	0,0268
Sídliště a vícepatrové domy	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000	0,0521		0,0014	0,0000	0,0000	1,0000
Průmyslová zóna	0,0000	0,0002	0,0184	0,0002	0,0000	0,0014		1,0000	1,0000	0,0032
Obchodní zóna	0,0000	0,0567	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000		1,0000	0,0000
Park a vodní plocha	0,0000	0,5652	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000		0,0000
Sportovní areál	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000	0,0268	1,0000	0,0032	0,0000	0,0000	

Tabulka 36: Kruskal-Wallisův test vícenásobného porovnání toku tepla vedeného do půdy 21. 9. 2019 u jednotlivých kategorií zástavby

	Celé zájmové území	Historické centrum	Řadová zástavba s vnitrobloky	Zástavba rodinných domů	Předměstí a suburbia	Sídliště a vícepatrové domy	Průmyslová zóna	Obchodní zóna	Park a vodní plocha	Sportovní areál
Celé zájmové území		0,0000	0,0000	0,0000	0,0029	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Historické centrum	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0368	1,0000	0,0000	0,0000
Řadová zástavba s vnitrobloky	0,0000	0,0000		1,0000	0,0061	1,0000	0,0047	0,0000	1,0000	1,0000
Zástavba rodinných domů	0,0000	0,0000	1,0000		0,0221	1,0000	0,0011	0,0000	1,0000	1,0000
Předměstí a suburbia	0,0029	0,0000	0,0061	0,0221		0,0762	0,0000	0,0000	1,0000	0,0111
Sídliště a vícepatrové domy	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000	0,0762		0,0002	0,0000	1,0000	1,0000
Průmyslová zóna	0,0000	0,0368	0,0047	0,0011	0,0000	0,0002		1,0000	0,0000	0,0025
Obchodní zóna	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000		0,0000	0,0000
Park a vodní plocha	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000		1,0000
Sportovní areál	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000	0,0111	1,0000	0,0025	0,0000	1,0000	