

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

Katedra geografie

Bc. Barbora DOSOUDILOVÁ

**VYUŽITÍ RUČNÍ TERMÁLNÍ KAMERY  
PRO STUDIUM MÍSTNÍHO KLIMATU**

Diplomová práce

Vedoucí práce: doc. RNDr. Miroslav Vysoudil, CSc.

Olomouc 2013

## **Bibliografický záznam**

- Autor (osobní číslo):** Bc. Barbora Dosoudilová (R100728)
- Studijní obor:** Regionální geografie
- Název práce:** Využití ruční termální kamery pro studium místního klimatu
- Title of thesis:** Using hand-held thermal camera to study the local climate
- Vedoucí práce:** doc. RNDr. Miroslav Vysoudil, CSc.
- Rozsah práce:** 97 stran
- Abstrakt:** Diplomová práce pojednává o možnostech využití termální kamery pro studium místního klimatu. Prakticky je práce zaměřena na studium městského a příměstského klimatu města Olomouce. Od dubna 2011 do února 2012 byly monitorovány vybrané lokality, na kterých byly v každém ročním období pořízeny termální snímky. Termální snímky byly zpracovány v programu SmartView™ a byla z nich vyhodnocena povrchová teplota zájmových ploch. Získané údaje o teplotách sledovaných ploch byly mezi sebou srovnány, důraz byl kladen především na rozdílné vlastnosti různých typů aktivních povrchů, které ovlivňují teplotní režim přízemní vrstvy atmosféry. Práce obsahuje upravené termální snímky, na kterých jsou demonstrovány teplotní rozdíly vybraných ploch, grafy teplotních profilů, tabulky s teplotními údaji ze sledovaných ploch, vyhodnocení a fotodokumentaci.
- Klíčová slova:** termální monitoring, aktivní povrch, povrchová teplota, místní klima, Olomouc

**Abstract:**

The diploma thesis explores the use of thermal imaging for studying local climate. Field research for this paper was carried out in the city of Olomouc and its suburbia. From April 2011 to February 2012 thermal images were taken and examined in selected areas for each season. Thermal images were then analyzed using SmartView™ software and surface temperature of the selected areas was calculated. Next, temperatures from the selected areas were compared, focusing mainly on the different features of the selected active surfaces which have an impact on thermal behavior of the surface layer of atmosphere. The thesis provides analysis of thermal images, pointing out the differences in temperature in the selected areas, includes graphs describing temperature profiles, charts listing thermal data from the selected areas, an overall evaluation of the data collected and a gallery of photos taken during the field research.

**Key words:**

thermal monitoring, active surface, surface temperature, local clima, Olomouc

Prohlašuji, že jsem zadanou diplomovou prací řešila samostatně a všechny použité zdroje jsem uvedla v seznamu použité literatury na konci práce.

V Olomouci 19. 4. 2013

.....



Děkuji doc. RNDr. Miroslavu Vysoudilovi, CSc. za jeho odborné rady, vstřícné jednání a trpělivost při vedení mé diplomové práce.

Děkuji zaměstnancům radnice města Olomouce, kteří mi vždy bez problémů umožnili vstup do prostor radnice.

Děkuji panu Ing. Štěpánkovi ze společnosti Veolia Voda, a. s. - Moravská Vodárenská, a. s. za ochotné zprostředkování vstupu na vodojem, a také všem zaměstnancům této společnosti, kteří mě na vodojemu doprovázeli.

Dále bych ráda poděkovala své rodině, přátelům a všem, kteří mě podporovali a doprovázeli v terénu.

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Barbora DOSOUDILOVÁ**  
Osobní číslo: **R100728**  
Studijní program: **N1301 Geografie**  
Studijní obor: **Regionální geografie**  
Název tématu: **Využití ruční termální kamery pro studium místního klimatu**  
Zadávací katedra: **Katedra geografie**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem diplomové práce je popsat možnosti využití ruční termální kamery pro studium místního klimatu a na tyto možnosti na základě terénních měření prakticky dokladovat. Povrchová teplota bude vyhodnocena z termálních snímků pořízených ruční termální kamerou ve dnech s radiačním režimem počasí. K tomu účelu budou vybrány experimentální plochy a budou monitorovány ve jednotlivých ročních obdobích a částech dne. Výsledky budou prezentovány graficky a tabelárně.

Struktura práce:

1. Úvod
2. Cíl práce
3. Zhodnocení použité literatury a dalších informačních zdrojů
4. Metody zpracování se zaměřením na termální monitoring
5. Vymezení a charakteristika experimentálních ploch.
6. Režim povrchové teploty vybraných povrchů (podle aktivního povrchu, charakteru georeliéfu ročního období a části dne)
7. Analýza a srovnání režimu vybraných povrchů (podle aktivního povrchu, charakteru georeliéfu ročního období a části dne)
8. Resumé v anglickém jazyce
9. Seznam použité literatury
10. Přílohy

Diplomová práce bude zpracována v těchto kontrolovaných etapách:

1. Sestavení pracovní osnovy (XII/2010)
2. Zpracování metodiky práce, vymezení experimentálních ploch (II/2011)
3. Shromáždění a studium dostupné literatury, rešerše (III/2011)
4. Terénní měření (III/2011-II/2012)
5. Zpracování a analýza terénních měření (III/2011-II/2012)
6. Zpracování textové části včetně grafických příloh (II-IV/2012)

Rozsah grafických prací: grafy, tabulky, termogramy, fotodokumentace

Rozsah průvodní zprávy: 20.000 slov základního textu + práce včetně všech příloh v elektronické podobě

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

Seznam odborné literatury:

- Adams, J. B., Gillespie, A. R. (2006): Remote Sensing of Landscape with Spectral Images. Cambridge University Press, 362 s.
- Fluke?, (2007): IR FlexCam Thermal Imager. Getting Started Guide, Fluke Corporation, Everett.
- Fluke?, (2010): SmartView?. Application Software. Ver. 2.1.
- Leuzinger, S., Vogt, R., Körner, Ch. (2010): Tree surface temperature in an urban environment.
- Vysoudil, M. (2008): Topoclimate Study by Use Thermal Monitoring. Geodays Liberec 2008. Book of Abstracts. Annual International Geographical Conference of Czech Geographical Conference, Liberec 25.-28. 8. 2008, Technical University of Liberec, pp. 29, ISBN 978-80-7372-367-5.
- Vysoudil, M. (200): Termální monitoring a ochrana krajiny. Thermal Monitoring and Landscape Protection. In: Pucherová, Z., Vanková, V. (eds).: Problémy ochrany a využívání krajiny ? teórie, metódy a aplikácie. Zborník vedeckých prác. Nitra: Združenie Biosféra, 2009, 360 s. ISBN 978-80-968030-9-5.
- Vysoudil, M., Ogrin, D. (2009): Portable thermal camera as a tool in topoclimatic research. Dela 31, Department of Geography, Faculty of Arts, University of Ljubljana, pp. 115-128, ISSN 0354-0596.
- Weng, Q. (2009): Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends.

Vedoucí diplomové práce: Doc. RNDr. Miroslav Vysoudil, CSc.  
Katedra geografie

Datum zadání diplomové práce: 29. listopadu 2010

Termín odevzdání diplomové práce: 10. dubna 2012

L.S.

Prof. RNDr. Juraj Ševčík, Ph.D.  
děkan

Doc. RNDr. Zdeněk Szczyrba, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Olomouci dne 30. listopadu 2010

# OBSAH

1. ÚVOD .....	10
2. CÍL PRÁCE.....	11
3. METODY ZPRACOVÁNÍ .....	12
3.1 Přehled dosavadních znalostí literatury a použité informační zdroje .....	12
3.2 Vymezení lokalit .....	13
3.3 Pořizování termálních snímků.....	14
3.4 Zpracování termálních snímků.....	17
3.5 Vyhodnocení termálních snímků .....	18
3.6 Technické poznámky.....	19
4. ZMĚNY SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ NA AKTIVNÍM POVRCHU .....	21
4.1 Energetická bilance aktivního povrchu .....	21
4.2 Vliv orientace a sklonu svahu na množství přímého slunečního záření dopadajícího na povrch.....	22
5. MOŽNOSTI VYUŽITÍ TERMÁLNÍ KAMERY PŘI STUDIU MÍSTNÍHO KLIMATU .	24
6. CHARAKTERISTIKA ZPRACOVÁVANÝCH LOKALIT A SNÍMKŮ.....	26
6.1 Prostorové vymezení lokalit.....	26
6.2 Meteorologické podmínky ve dnech termálního monitoringu.....	27
7. REŽIM POVRCHOVÉ TEPLoty VYBRANÝCH POVRCHŮ.....	30
7.1 Lokalita č. 1: VODOJEM - NÁKUPNÍ CENTRUM HANÁ .....	30
7.2 Lokalita č. 2: RADNICE - OSTRUŽNICKÁ ULICE.....	33
7.3 Lokalita č. 3: VODOJEM - HRANIČNÍ ULICE.....	37
7.4 Lokalita č. 4: VODOJEM – I. P. PAVLOVA .....	41
7.5 Lokalita č. 5: RADNICE – SMĚR HEJČÍN .....	46
7.6 Lokalita č. 6: VODOJEM – ZAHRADY, OKRUŽNÍ ULICE .....	50
7.7 Lokalita č. 7: RADNICE – SMĚR LAZCE .....	53
7.8 Lokalita č. 8: NEMILANY .....	57
7.9 Lokalita č. 9: SMETANOVY SADY.....	61
7.10 Lokalita č. 10: RADNICE – SMĚR NOVÁ ULICE.....	65
7.11 Lokalita č. 11: VODOJEM – KASKÁDOVÉ DOMY .....	68
7.12 Lokalita č. 12: MORAVA – TŘÍDA KOSMONAUTŮ .....	71
7.13 Lokalita č. 13: SAMOTIŠKY .....	75
7.14 Lokalita č. 14: BUKOVANY.....	79
7.15 Lokalita č. 15: LOŠOV .....	83

7.16 Lokalita č. 16: SVATÝ KOPEČEK.....	87
7.17 Shrnutí.....	91
8. ZÁVĚR.....	92
9. SUMMARY .....	94
10. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A DALŠÍCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ .....	95

# 1. ÚVOD

Diplomová práce vznikla jako příspěvek ke studiu místního (městského) klimatu Olomouce. Zabývá se možnostmi využití ruční termální kamery pro studium místního klimatu a zaměřuje se na povrchové teploty v městském a příměstském prostředí.

První část práce je věnována teorii a možnostem využití ruční termální kamery v geografii. Druhá část se zabývá konkrétními lokalitami, na kterých byly pro potřeby této diplomové práce pořízeny termální snímky. Ty byly dále upraveny a vyhodnoceny, se zaměřením na rozdíly povrchových teplot vybraných ploch. Při vyhodnocování byly zohledněny různé typy aktivních povrchů a charakter georeliéfu – sklon vymezených ploch a jejich orientace, což výrazně ovlivňuje množství dopadajícího slunečního záření.

Termální snímky byly pořízeny ve dnech s radičním režimem počasí. K tomuto účelu byla použita ruční termální kamera Fluke Ti55. Získané termální snímky byly následně zpracovány a vyhodnoceny v programu SmartView™.

Termální monitoring probíhal na vybraných lokalitách na území města Olomouce a v jeho blízkém okolí. Lokality byly záměrně vybrány tak, aby bylo možné sledovat rozdílné teplotní poměry v jednotlivých částech města. Měření byla prováděna v průběhu všech ročních období, vždy dvakrát ve vybraný den – jednou v průběhu dne a podruhé po západu Slunce. Snažila jsem se vždy vystihnout den, který by dobře charakterizoval dané roční období. Někdy to nebylo úplně jednoduché. Například poměrně deštivé léto neposkytlo moc příležitostí pro úspěšná měření. Letní snímky se podařilo pořídit až na konci srpna. Ani zimní počasí zpočátku moc nepřálo. Na první slunečný zimní den bylo nutné počkat až do začátku února.

Rozhodujícími kritérii při výběru tématu práce pro mě byly tématická návaznost na moji bakalářskou práci, možnost práce s termální kamerou a práce na tématu, které zatím není příliš rozšířené. Velmi důležitá pro mě byla také možnost práce v terénu, která je pro mě asi nejzajímavější částí celého procesu tvorby této diplomové práce.

Součástí práce jsou termální snímky, mapy, grafy, tabulky a vlastní fotodokumentace.

## 2. CÍL PRÁCE

Cílem této diplomové práce je popsat možnosti využití ruční termální kamery pro studium místního klimatu a na tyto možnosti prakticky navázat na základě terénních měření. Termální záznamy je nutné upravit a vyhodnotit ve speciálním programu a zohlednit přitom charakter georeliéfu a aktivního povrchu. Získaná data umožní podrobnější studium místního klimatu a přispějí ke studiu režimu povrchové teploty v městském prostředí.

V závěru práce bude vyhodnoceno, do jaké míry a za jakých podmínek je možné zkoumat teplotní rozdíly v rámci města a jeho blízkého okolí za pomoci termální kamery. Dále budou shrnuty nejdůležitější poznatky vyhodnocené z termálních měření.

Mým osobním cílem a motivací bylo využití dřívějších znalostí a zkušeností s prací s termální kamerou a zpracováním termálních snímků, které jsem získala v průběhu zpracování bakalářské práce, a jejich případné prohloubení.

### 3. METODY ZPRACOVÁNÍ

#### 3.1 Přehled dosavadních znalostí literatury a použité informační zdroje

Základním předpokladem pro zpracování diplomové práce je znalost odborné literatury, zabývající se klimatologickou tematikou, zejména pak energetickou bilancí aktivního povrchu. Stejně důležité je i studium literatury s tematikou termálního monitoringu.

Teorie o energetické bilanci aktivního povrchu byla čerpána z Prošek, Rein (1982). Tito autoři se podrobně věnují studiu dějů probíhajících na úrovni aktivní povrch – atmosféra a studiu vlivu expozice na množství záření dopadajícího na aktivní povrch.

Termální kamery jsou hojně využívány zejména v technických oborech, ale praktické uplatnění získávají i v přírodních vědách. Termální monitoring se uplatňuje v dálkovém průzkumu Země, kterým se zabývají např. Adams, Gillespie (2006). Weng, Lu (2006) se na základě satelitních termálních snímků zabývají teplotními poměry městských aglomerací. Infračervené snímky používá Weng (2009), který na jejich základě zkoumá teplotu v městském prostředí a využívá je k tvorbě environmentálních studií. Leuzinger, Vogt, Körner (2010) využívají termálních snímků k výzkumu vlastností vegetace ve městech a Graham, Lam, Yuen (2010) za pomoci termálního monitoringu studují energetickou bilanci a tok tepla v lesním porostu. Časté je i využívání termální kamery ve vulkamologii, např. Stevenson, Varley (2008).

V České republice zatím není využití ruční termální kamery v přírodovědných oborech příliš rozšířené. Z českých autorů se termálnímu monitoringu podrobněji věnují například Vysoudil (2008, 2011), Palatka (2011) a tematika termálního monitoringu byla řešena i v mé bakalářské práci Dosoudilová (2010).

Pro práci v terénu je nutná znalost užívání termální kamery. Tyto informace lze najít v manuálu Fluke (2007), který obsahuje informace o termokameře a dává podrobný návod, jak postupovat při pořizování termálních záznamů. Při zpracování snímků je možné čerpat informace z příručky Fluke (2007) k programu SmartView™. Obě příručky a další informace o termálních kamerách i software pro zpracování snímků jsou k dispozici na internetových stránkách Fluke.com. Hodnoty emisivity materiálů byly čerpány z tabulek na internetových stránkách Elso.sk.



Pro výběr lokalit a jejich geografický popis bylo využito internetových mapových zdrojů (Mapy.cz a Google Maps) a vlastního terénního průzkumu.

### **3.2 Vymezení lokalit**

Prvotním předpokladem pro zpracování této práce byl výběr vhodných lokalit, důležitá přitom byla jejich lokalizace na území města Olomouce. Aby bylo možné porovnávat mezi sebou výsledné snímky z jednotlivých lokalit, byly vybrány lokality v různých částech města a jeho nejbližšího okolí, u kterých se předpokládají rozdílné teploty povrchu.

Krajina Olomouce a okolí je tvořena převážně rovinným terénem. Není jednoduché najít vyvýšené místo, odkud by bylo možné pořídit snímky, které by obsáhly větší část města. Jako nejlepší možné řešení se v tomto případě jevilo využití některých výškových budov nebo věží ve městě. Nakonec jsem vybrala 2 základní – věž radnice a budovu vodojemu na ulici I. P. Pavlova. Věž radnice, která se nachází na Horním náměstí, byla ideálním místem pro pořízení termálních snímků centra města. Budova vodojemu se nachází na západním okraji města v místní části Nová ulice. Ze střechy vodojemu bylo naopak možné pořídit snímky okrajových částí města, které jsou mnohem rozmanitější, než centrum. Nachází se zde sídliště, nákupní centra, zahrady a další plochy, včetně polí přilehlých k městu.

Vstup do těchto objektů bylo nutné pokaždé předem domluvit, protože nejsou běžně veřejnosti přístupné. Na radnici je vrátnice s nepřetržitou ostrahou, takže po předchozí domluvě a schválení byl vstup na věž celkem bezproblémový i ve večerních hodinách. Na vodojemu byla situace o něco složitější. Pokaždé byla nutná včasná domluva a příjezd někoho z pracovníků pohotovostní služby firmy Veolia Voda, a. s. – Moravská Vodárenská, a. s., kteří jako jediní mají přístup do prostor věžového vodojemu. Průchod přes zabezpečovací systémy a vstup na střechnu budovy byl možný pouze v jejich doprovodu.

Tyto dvě základní lokality byly doplněny o několik dalších, které se nacházely v různých částech města a blízkém okolí. Na těchto lokalitách byly pořízeny obvykle 1 až 2 snímky. Jedná se většinou o plochy s takovou expozicí nebo typem aktivního povrchu, který se nenachází na žádném ze snímků pořízených z radnice a z vodojemu.

Jedná se například o městský park, okolí řeky Moravy, lesy v okrajových částech města, zástavbu vesnického charakteru apod.

Vymezení konkrétních lokalit a jejich popisu se podrobněji věnují další kapitoly.

### **3.3 Pořizování termálních snímků**

Po vytipování vhodných lokalit přišla řada na práci s termokamerou a samotné pořízení termálních snímků. Práce v terénu zahrnovala celkem 4 měření v průběhu všech ročních období. První série snímků byla pořízena v dubnu 2011 a poslední v únoru 2012.

Výběr vhodného dne v každém ročním období závisel především na počasí. Na vhodné podmínky bylo nutné čekat i řadu týdnů, protože počasí muselo co nejlépe splňovat podmínky radiačního režimu. To znamená pokrytí oblohy oblačností do 0,2 a rychlost větru do 2 m/s. Vývoji počasí v konkrétních dnech, kdy měření probíhala, se podrobněji věnuje kapitola 3.6. Kvůli komplikovanému zajištění vstupu do prostor radnice a na vodojem bylo navíc potřeba mít jistotu příznivého počasí alespoň den až dva předem. Pečlivé sledování předpovědi počasí se tak stalo mou každodenní aktivitou.

Dalším rizikovým faktorem, který znemožňoval měření, byly různé akce pořádané na Horním náměstí. Například v původním plánovaném termínu podzimního měření se konal Festival světla a videomappingu, což úplně znemožňovalo přístup na věž radnice a vyžadovalo naplánování jiného vhodného termínu.

Mezi jednotlivými lokalitami jsem se pohybovala osobním automobilem. Ve dne bylo třeba počítat s možným zdržením kvůli husté dopravě, při pořizování večerních snímků byl pohyb po městě rychlý a plynulý.

Při denním měření byl první městský snímek pořízen pokaždé v 10:15 hod. SEČ a poslední ve 12:45 hod. SEČ. Následně bylo pořízeno ještě několik doplňujících snímků mimo město, nejpozději však do 14:30 hod. SEČ. Večerní měření začínalo v 21:00 hod. SEČ, poslední městský snímek byl pořízen ve 23:00 hod. SEČ. Doplňující měření mimo město bylo vždy ukončeno do 0:00 hod. SEČ.

Snímky byly pořízeny ruční termální kamerou Fluke Ti55. Kamera se poměrně snadno ovládá a práce s ní není složitá. Výhodou je, že zaznamenává obraz v infračerveném spektru, ale i ve viditelném. Navíc umožňuje jejich prolnutí, což velmi usnadňuje identifikaci jednotlivých ploch jak při zaostřování, tak i při následném

zpracovávání snímků. Protože jsem měla s termální kamerou už dřívější zkušenosti, nečinilo mi její ovládání nijak zásadní problémy. Jedinou otázkou byla výdrž baterií, především při pořizování zimních záznamů, ale ukázalo se, že při řádném nabití vydrží plné zatížení i ve velmi chladném počasí.

Před samotným sejmutím záznamů je třeba učinit několik kroků pro úspěšný výsledek. Po zapnutí kamery je nutné přibližně 3 minuty počkat, aby se automaticky zkalibrovala. Pak je důležité nastavit přibližnou teplotu pozadí a emisivitu. Aby nedocházelo ke zdržování neustálým měřením teploty na každém místě, odkud byly snímky pořizovány, byla přibližná teplota pozadí nastavována podle digitálního teploměru v autě, který ukazuje aktuální venkovní teplotu vzduchu.

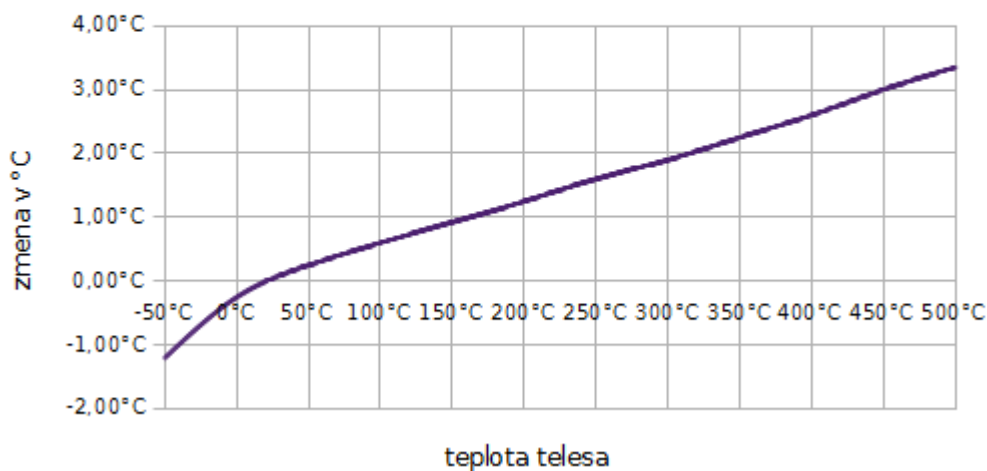
Při měření teploty termální kamerou měříme množství energie, kterou vyzařuje měřený objekt k měřicímu přístroji. Při tomto měření je důležitým údajem emisivita materiálu, který měříme. Emisivita je bezrozměrná veličina určující kolik tepla daný materiál vyzařuje do okolí. Emisivita je definovaná jako poměr intenzity vyzařování reálného tělesa k intenzitě vyzařování absolutně černého tělesa se stejnou teplotou. Spolu s emisivitou se určuje i reflexivita, ta vyjadřuje, kolik energie měřený objekt odrazí. Jejich vzájemný součet je 1. Emisivita absolutně černého tělesa je 1, emisivita ideálního zrcadla je 0. Při měření je rozhodující materiál povrchové vrstvy měřeného předmětu. Například při měření ocelové konstrukce, která je natřená, nastavujeme emisivitu povrchu, v tomto případě hodnotu emisivity nátěru, nikoli ocele. (Elsosk)

**Tab. 1:** Hodnoty emisivity nejčastěji se vyskytujících materiálů (Zdroj: www.elsosk)

<b>Materiál</b>	<b>Emisivita</b>	<b>Materiál</b>	<b>Emisivita</b>
asfalt	0,90 – 0,98	písek	0,90
beton drsný	0,94	sklo	0,92
cement	0,85	sníh	0,85
cihla	0,93	štěrka	0,95
dřevo – přírodní	0,90 – 0,95	voda	0,98
led	0,96 – 0,98	zemina	0,92 – 0,98

## Vplyv zmeny emisivity o 1% na výsledok merania

teplota pozadia 23°C;  $\epsilon=0.95$ ;  $\lambda=8-14\mu\text{m}$



**Obr. 1:** Závislost chyby měření na emisivitě – vliv změny emisivity o 1 % na výsledek měření při teplotě pozadí 23 °C a  $\epsilon = 0,95$  (Zdroj: [www.elseo.sk](http://www.elseo.sk))

Emisivita byla u všech pořízených snímků nastavena na hodnotu 0,93, která odpovídá emisivitě přírodních nehomogenních povrchů. Přesné nastavení emisivity je nemožné, protože zejména na snímcích městského prostředí se vyskytuje mnoho různých ploch s rozdílnou emisivitou.

Podle potřeby je možné měnit i další nastavení kamery, například teplotní stupnici nebo úroveň prolnutí. Například při použití kamery v noci je vhodné posunout úroveň prolnutí více do infračerveného spektra. Zvýrazní se tím barevné rozdíly mezi plochami a usnadní to zaostřování. Když je vše správně nastaveno, může dojít k mechanickému zaostření a sejmutí termogramu, který se následně uloží na paměťovou kartu.



**Obr. 2:** Termální kamera Fluke Ti55 s příslušenstvím (Zdroj: [www.fluke.com](http://www.fluke.com))

### 3.4 Zpracování termálních snímků

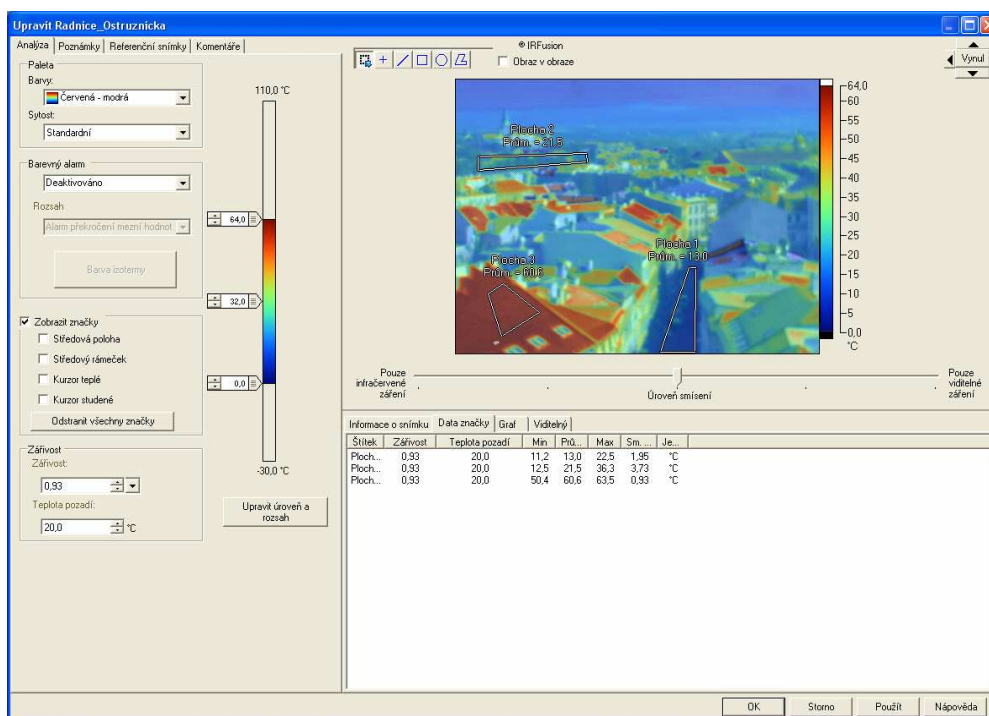
Termální snímky je nutné nejprve pomocí čtečky stáhnout z paměťové karty v kameře a uložit do počítače. Jejich otevření a úprava jsou možné pouze ve speciálním programu, proto je nutné si jej nainstalovat. Nejnovější verzi programu SmartView™ je možné stáhnout z internetových stránek Fluke.com.

Po načtení snímku v programu SmartView™ je vhodné korigovat případné nedostatky, vzniklé obvykle nepřesným nastavením nebo zaostřením termální kamery. Pokud se obraz ve viditelném spektru přesně nekryje s obrazem v infračerveném spektru, posunujeme infračervený obraz pomocí kurzoru v pravém horním rohu pracovní plochy, dokud není překrytí ideální.

Dále je možné volit mezi různými typy teplotních stupnic, program nabízí výběr z mnoha typů barevných škál. Používám klasickou stupnici červená – modrá, protože vyjádření teploty za pomoci těchto barev je z hlediska klimatologie nejpřirozenější. Modrá charakterizuje nejchladnější plochy a přechází přes odstíny zelené, žluté a oranžové až do červené, která náleží plochám s nejvyšší teplotou.

Teplotní rozsah snímku je možné nastavit automaticky pomocí funkce „Upravit úroveň a rozsah“, nebo je možné si volit vlastní, třeba v případě, že bych chtěla použít u všech snímků stejný.

Hlavní částí úpravy snímků je výběr a označení jednotlivých ploch (případně linií nebo bodů) na snímcích z každé lokality, které budou následně analyzovány. V této fázi je vhodné si změnit úroveň prolnutí viditelného a infračerveného obrazu tak, aby byla identifikace vybraných ploch co nejsnazší, tedy u denních snímků více do viditelného spektra a u nočních více do infračerveného. Vybrané plochy je nutné označit pomocí příslušných funkcí, které jsou k dispozici nad upravovaným snímkem. Z takto označených ploch program může vyhodnotit jejich průměrné, minimální a maximální povrchové teploty. Následnou úpravou je možné každou z vybraných ploch pojmenovat a zvolit údaje, které se budou na snímku zobrazovat. Také je možné u každé plochy zvlášť znovu měnit hodnoty emisivity a teploty pozadí. Pokud není uvedeno jinak, byla sledovaným plochám ponechána hodnota emisivity 0,93.



**Obr. 3:** Prostředí pro úpravu snímku v programu SmartView™

### 3.5 Vyhodnocení termálních snímků

Nejvhodnější je vyhodnocovat snímky v programu SmartView™, kde je možné zobrazit všechny snímky jedné lokality současně.

Pro každou lokalitu byla vytvořena tabulka, do které byly zaznamenány hodnoty povrchových teplot sledovaných ploch (průměrná, minimální a maximální teplota) a rozdíl průměrných teplot na těchto plochách mezi denním a nočním snímkem. Následně byly popsány zjištěné rozdíly povrchových teplot v rámci jednotlivých dní i v rámci ročních období. Přitom byly zohledněny vlivy odlišných typů aktivních povrchů a expozice.

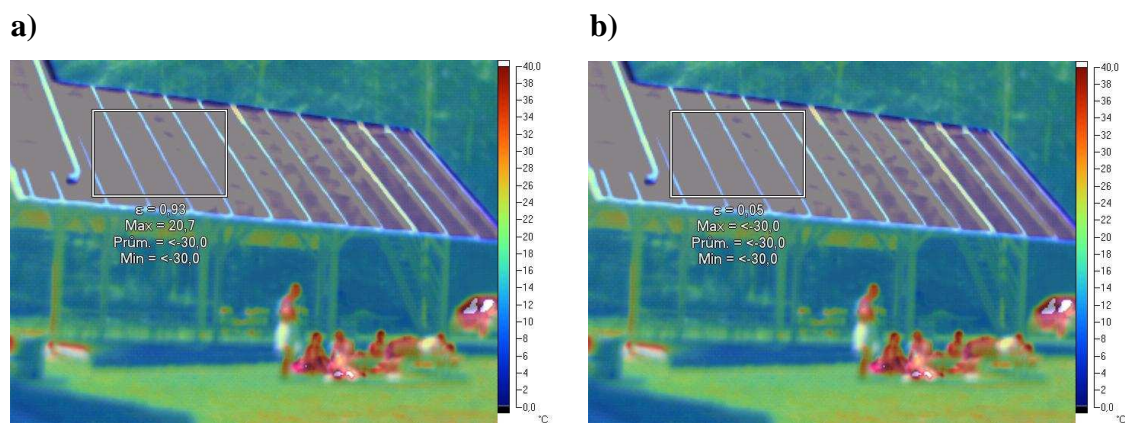
Nakonec byly všechny upravené snímky exportovány do formátu JPG a jako obrázky vloženy do této práce.

Program SmartView™ umožňuje pro prezentaci vyhodnocených teplotních údajů využít také 3D modely teplotního pole, grafy, teplotní profily nebo teplotní alarm. U některých lokalit byly tyto funkce vhodně využity, grafy teplotních profilů byly ještě dále upraveny v programu Microsoft Excel, aby byly pro srovnání přehlednější.

Naměřené hodnoty povrchové teploty je nutné považovat za relativní, od absolutních teplot se mohou o něco lišit v důsledku nepřesného nastavení teploty pozadí, rozdílných hodnot emisivity odlišných typů aktivních povrchů a zkreslení kamery.

Problematické je vyhodnocení povrchové teploty u lesklých povrchů, jako je vodní hladina nebo některé kovy. Na obr. 4 je příklad lesklé kovové střechy. Při pořízení snímku byla na termální kameře nastavena emisivita 0,93. Při nastavení na tuto hodnotu vykazuje sledovaná plocha průměrnou teplotu nižší než  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , vyšší teplota byla zaznamenána pouze v několika bodech, a to maximálně  $20,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  (obr. 4 a). Přitom lze předpokládat, že reálná teplota střechy je při plném oslunění výrazně vyšší, u okolních přírodních povrchů se průměrná teplota pohybuje okolo  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Na obr. 4 b) byla emisivita sledované plochy přednastavena na hodnotu 0,05, která odpovídá emisivitě leštěného hliníku (Elo.sk) a je pro danou plochu mnohem vhodnější. K očekávaným změnám povrchových teplot však nedošlo. Průměrná, minimální i maximální teplota stále odpovídá hodnotě nižší než  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Podobně byly testovány změny nastavení emisivity i u dalších kovových ploch na různých snímcích a v odlišných denních dobách i ročních obdobích, ale nikdy nebylo dosaženo uspokojivých výsledků.



**Obr. 4:** Kovová střecha a)  $\epsilon = 0,93$ ; b)  $\epsilon = 0,05$  (Termozáznam: Miroslav Vysoudil, 2012)

### 3.6 Technické poznámky

Z důvodu jednoduchosti a lepší přehlednosti textu používám často při popisu snímků místo neustálého vypisování dat dnů označení jarní, letní, podzimní a zimní

snímky. Protože ke každé lokalitě a každému datu náleží právě dva snímky, jeden pořízený v denních hodinách a jeden pořízený v noci (respektive večer), používám většinou místo konkrétních časových údajů označení denní a noční (případně večerní) snímky.

U každé lokality jsou použity termální snímky ze všech ročních období. Časy pořízení snímků jsou zaokrouhleny na celou čtvrt hodinu, protože držet se přesného času při pohybu mezi lokalitami je prakticky nemožné a několik minut rozdílu nemá na výsledné teploty významný vliv.

Každý termální snímek použitý v této práci má svůj vlastní teplotní rozsah a k němu uvedenou stupnici. Samozřejmě se nabízelo i použití jednotného teplotního rozsahu vždy pro všech 8 snímků každé lokality, ale teploty ploch na zimních snímcích klesají i pod  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , zatímco na letních snímcích dosahují až  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ . To by znamenalo použít teplotní stupnici o rozsahu přibližně  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  a v tom případě by většina zobrazených snímků byla buď celá modrá, nebo celá červená a identifikace jednotlivých ploch by byla prakticky nemožná. Proto byla upřednostněna varianta samostatných teplotních stupnic, kdy vyniknou teplotní rozdíly mezi různými plochami na každém snímku, před rozdíly teplot v průběhu roku, které se dají přirozeně očekávat.

Na snímcích jsou pro lepší čitelnost u každé vyznačené plochy zobrazeny pouze průměrné teploty. Minimální a maximální teploty daných ploch jsou uvedeny v příslušné tabulce.



## 4. ZMĚNY SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ NA AKTIVNÍM POVRCHU

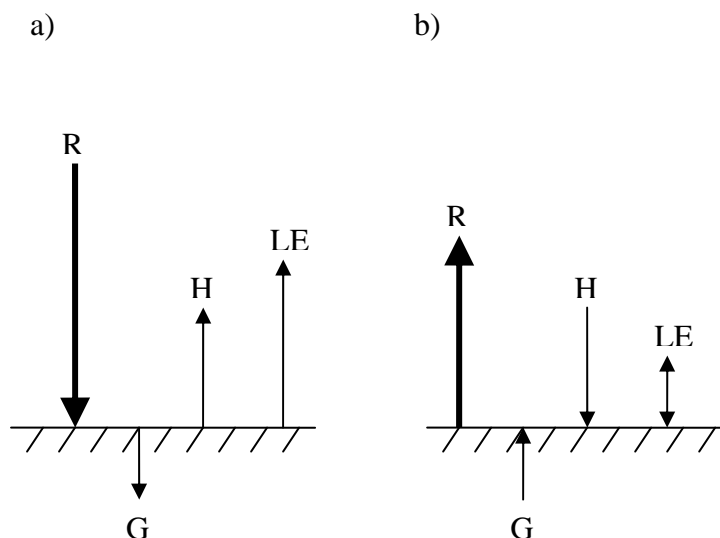
Pro termální monitoring je velmi důležitá znalost dějů probíhajících na aktivním povrchu a je nutné vědět, jakou roli hraje orientace a sklon svahů. Protože jsem práci s podobnou tematikou už jednou zpracovávala, je tato kapitola přejata z méj bakalářské práce.

### 4.1 Energetická bilance aktivního povrchu

Pro každý aktivní povrch je typické, že na něm dochází k transformaci energie krátkovlnného slunečního záření na energii tepelnou. Část této energie je v závislosti na denní a roční době předávána vedením do podloží aktivního povrchu nebo naopak z podloží na povrch. Transport energie mezi aktivním povrchem a atmosférou probíhá prostřednictvím turbulentního toku  $H$ , latentního toku tepla  $LE$ , tokem tepla  $G$  do podloží nebo z podloží aktivního povrchu a molekulárním vedením  $M$  (Prošek, Rein, 1982).

Energetická bilance zemského povrchu se mění podle denní a roční doby. Ve dne hovoříme o období pozitivní energetické bilance, tok tepla směřuje do podloží aktivního povrchu. V noci hovoříme o období negativní energetické bilance, tok tepla směřuje z podloží aktivního povrchu do atmosféry.

Součet všech příjmů i ztrát tepla na aktivním povrchu se musí rovnat nule.



**Obr. 5:** Složky energetické bilance zemského povrchu v období a) pozitivní a b) negativní energetické bilance (R – radiační bilance, G – tok tepla do podloží aktivního povrchu, H – turbulentní tok tepla, LE – latentní tok tepla) (Zdroj: Vysoudil, 2004)

## **4.2 Vliv orientace a sklonu svahu na množství přímého slunečního záření dopadajícího na povrch**

Podle Proška a Reina (1982) je množství přímého slunečního záření, které dopadá na libovolnou plochu zemského povrchu, ovlivněno orientací této plochy ke světovým stranám, úhlem sklonu svahu a polohou Slunce. Poloha Slunce závisí na zeměpisné šířce a deklinaci. V následující kapitole budou popsány rozdíly v intenzitě přímého slunečního záření, dopadajícího na svahy čtyř základních orientací v našich zeměpisných šířkách (tedy 50° severní zeměpisné šířky).

### **Jižní svahy**

V chladném půlroce (od 23. 9. do 21. 3.) je pro jižní svahy typické ozáření od východu Slunce až do jeho západu. Slunce vychází přímo na východě nebo v jihovýchodním kvadrantu a zapadá na západě nebo v jihozápadním kvadrantu. Od 21. 3. se s růstem sklonu svahu zkracuje doba ozáření, neboť Slunce v tomto období vychází v severovýchodním kvadrantu a zapadá v severozápadním. Intenzita dopadajícího záření dosahuje na svazích jižní orientace maxima ve 12 hodin pravého slunečního času a je největší ze svahů všech orientací. Od léta k zimě se její maximum přesunuje z mírně ukloněných svahů na svahy strmé.

### **Severní svahy**

V teplém půlroce (od 21. 3. do 23. 9.) Slunce vychází a zapadá na všech svazích severního kvadrantu ve stejnou dobu. V chladném půlroce se délka ozáření zkracuje se zvyšujícím se sklonem svahu. Na svahy se sklonem větším než 40° nedopadá v období od 23. 9. do 21. 3. vůbec žádné přímé sluneční záření. V období od 21. 3. do 23. 9. dopadá záření na strmé svahy pouze ráno a večer. Intenzita záření s růstem sklonu

svahu klesá, při nepřetržitém ozáření od východu do západu Slunce dosahuje maxima ve 12 hodin pravého slunečního času.

### **Východní svahy**

V denní periodě je počátek ozáření na svazích této orientace po celý rok stejný bez ohledu na úhel sklonu. Tedy tyto svahy jsou pokaždé ozářené již od východu Slunce. Západ Slunce se s poklesem sklonu zpožďuje. To znamená, že na svahy s menším úhlem sklonu dopadá přímé sluneční záření po delší část dne, než na svahy strmé. Maximální intenzita záření se podobně jako na jižních svazích v průběhu roku posunuje od málo ukloněných svahů v létě ke strmým svahům v zimě.

### **Západní svahy**

Charakteristika ozáření západních svahů je v porovnání s východními opačná. Konec ozáření je po celý rok na všech svazích západní orientace spojen se západem Slunce. Počátek ozáření závisí na úhlu sklonu svahu, se zvětšujícím se sklonem svahu se zpožďuje. Tedy mírnější svahy jsou ozářené po delší část dne, než svahy strmé. Maximální intenzita záření se opět posunuje od málo ukloněných svahů v létě ke strmým svahům v zimě.

## 5. MOŽNOSTI VYUŽITÍ TERMÁLNÍ KAMERY PŘI STUDIU MÍSTNÍHO KLIMATU

Využití termální kamery, jako nástroje pro zjištění povrchové teploty, může být velmi originální a moderní metodou studia místního klimatu. Vedle tradičních metod měření teploty přináší termální kamera nové možnosti a může tak kladně přispět k prohloubení poznatků o utváření klimatu v konkrétní oblasti. Výsledky termálního monitoringu mohou například přispět k identifikaci některých místních klimatických efektů, které hrají při utváření místního klimatu významnou roli. Znalost jejich vzniku, projevu a důsledků může být navíc využita i v dalších oborech.

Tato metoda může získat uplatnění v procesu ochrany krajiny před nebezpečnými přírodními jevy, které mají původ v teplotních nebo termodynamických procesech. Získané termální záznamy lze použít k identifikaci a studiu teplotních rozdílů aktivního povrchu a lokalizaci míst s možným výskytem místních klimatických efektů, které mohou za určitých podmínek vést až ke vzniku reálných přírodních rizik a hazardů. Je tak možné sledovat například souvislost výrazných rozdílů povrchové teploty na pooraných ukloněných zemědělských plochách s vyšší pravděpodobností eroze a s ní spojené degradace zemědělské půdy. Dalším příkladem může být sledování rozdílů povrchové teploty vegetace, kde výrazné rozdíly mohou značit zhoršení zdravotního stavu vegetace, až její případné zaschnutí a zvýšené riziko vzniku požáru. V městském prostoru může přehřátí urbanizovaných ploch a výrazné teplotní rozdíly mezi různými typy aktivních povrchů vést ke vzniku konvektivní oblačnosti, která má za následek městské srážky, nebo i bouřky z přehřátí, které mohou způsobit bleskové povodně. Na tyto výsledky je možné reagovat a některá z těchto rizik alespoň částečně eliminovat vhodnými opatřeními při ochraně krajiny (Vysoudil, 2008, upraveno).

Největší klad pozemního termálního monitoringu vidím v možnosti jednoduchého srovnání povrchových teplot různých ploch. Termální kamera je schopna zaznamenat v jednom okamžiku velké množství dat. Tato data by se za použití jiných metod dala získat jen velmi obtížně.

Dalším pozitivem je snadná čitelnost vyhodnocených snímků, kde jsou teplotní rozdíly mezi jednotlivými plochami patrné na první pohled.

Nevýhodami této metody jsou možné nepřesnosti, které vznikají v důsledku rozdílné emisivity různých typů aktivních povrchů nebo zkreslení kamery. Existují také některé typy aktivních povrchů, jejichž povrchovou teplotu není termální kamera schopná správně vyhodnotit. Mezi problematické patří například vodní hladina nebo některé kovové povrchy (obr. 4). Teplotu kovových střeš kameru obvykle vyhodnotí jako výrazně chladnější, než je reálná teplota, což je možné ověřit pomocí dotykového teploměru. To způsobuje komplikace při zpracování a vyhodnocování snímků, hlavně v městském prostředí, kde se kovové povrchy vyskytují ve větší míře.

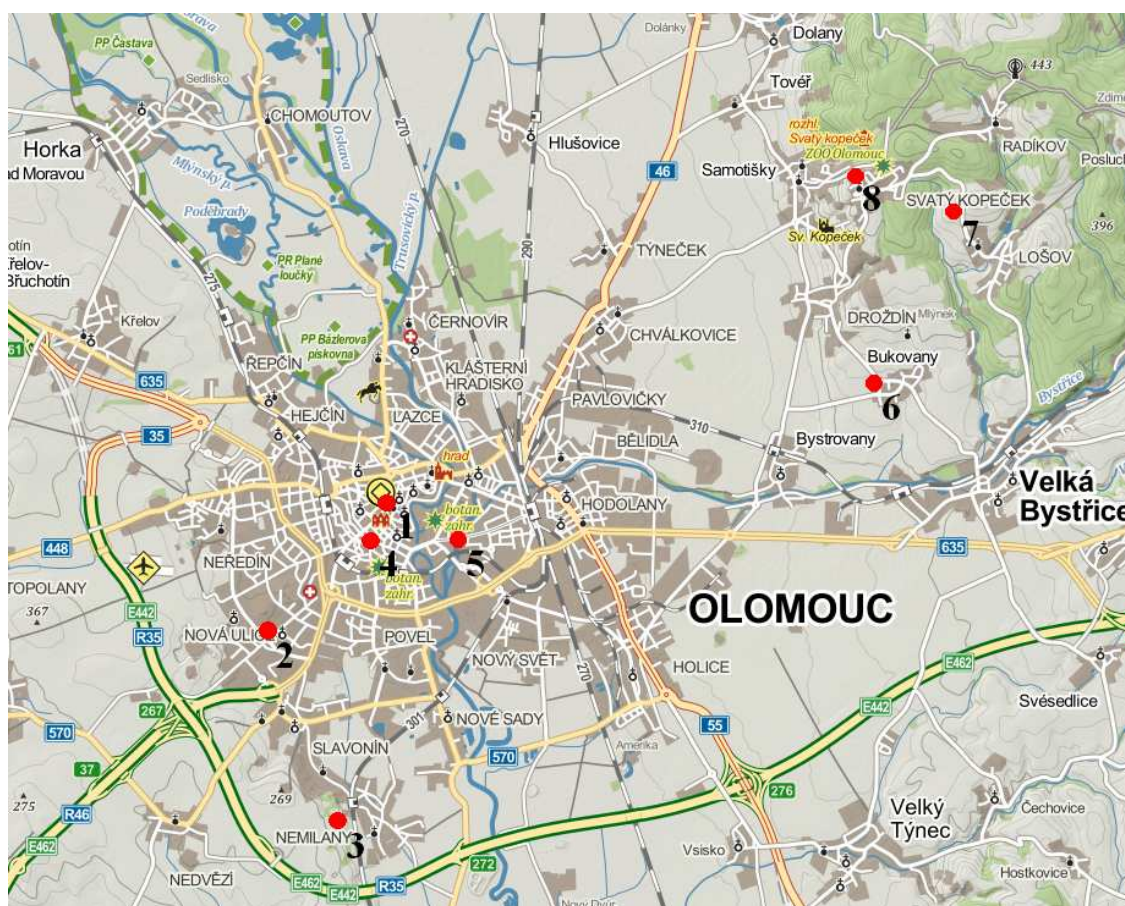
Faktorem, který sehrává při termálním monitoringu klíčovou roli, je počasí. Za předpokladu, že hlavním tématem studia místního klimatu jsou rozdíly teplot vybraných ploch, je při pořizování snímků nutný převládající radiační režim počasí. V případě nepříznivého počasí se teplotní rozdíly mezi jednotlivými plochami stírají. Samozřejmě je možné použít termální kameru i za této situace. V tom případě ale nelze sledovat rozdíly teplot způsobené přírodními vlivy, jako jsou množství dopadajícího slunečního záření, orientace, nebo sklon. Naopak roste význam technických faktorů, jako například teplota uvnitř budov, izolace, materiály apod.

## 6. CHARAKTERISTIKA ZPRACOVÁVANÝCH LOKALIT A SNÍMKŮ

### 6.1 Prostorové vymezení lokalit

Jednotlivá stanoviště, ze kterých byly pořizovány termální záznamy lokalit, byla volena tak, aby z nich bylo možné zaznamenat co nejrozmanitější plochy ve smyslu odlišných typů aktivních povrchů nebo rozdílné expozice. Výběr byl doplněn o několik stanovišť, která se nacházejí mimo město, a to v okruhu do 8 km od centra.

Důležitým kritériem byla při výběru stanovišť i jejich dopravní dostupnost.



Obr. 6: Stanoviště pořizování termálních snímků (Zdroj: www.mapy.cz, upraveno)

**Tab. 2:** Přehled stanovišť a lokalit (Čísla stanovišť v tabulce jsou shodná s číslováním na obr. 5, čísla lokalit odpovídají číslování v kapitole 7)

Číslo stanoviště	Stanoviště	Lokality na stanovišti
1	Radnice	2, 5, 7, 10
2	Vodojem I. P. Pavlova	1, 3, 4, 6, 11
3	Nemilany	8
4	Smetanovy sady	9
5	Třída Kosmonautů	12
6	Bukovany	14
7	Lošov	15
8	Svatý Kopeček	13,16

## 6.2 Meteorologické podmínky ve dnech termálního monitoringu

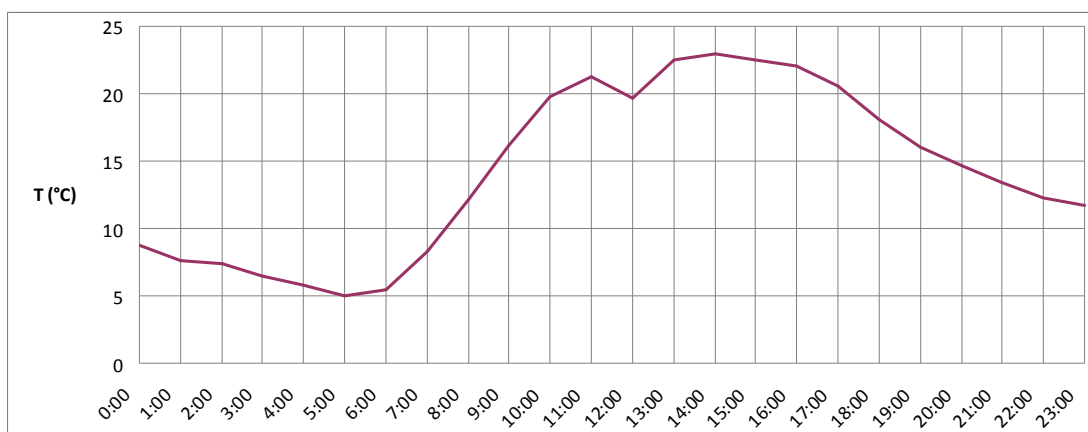
Předpokladem pro úspěšné pořízení termálních snímků je převládající radiační režim počasí. V případě advekčního režimu počasí by bylo měření nemožné, protože při nedostatečném oslunění experimentálních ploch vlivem oblačnosti nebo při příliš silném větru by nevynikly rozdíly mezi různými typy aktivních povrchů. Podmínky radiačního režimu počasí jsou pokrytí oblohy oblačností do 0,2, což umožňuje maximální insolaci experimentálních ploch, a rychlost větru do  $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Počasí ve všech dnech měření daná kritéria splňovalo.

Pro doplnění údajů o počasí v jednotlivých dnech byla použita data z meteorologické stanice Envelopa. Data o východu a západu Slunce byla čerpána z Calendar.sk. Všechny časové údaje v této práci jsou uváděny ve středoevropském čase (SEČ).

### Meteorologické podmínky 19. 4. 2011

Prvním měření probíhalo 19. dubna 2011. Po celý den panoval radiační režim počasí. Rychlost větru se pohybovala mezi 0 a  $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Bylo jasno, pouze mezi 11. a 13. hodinou se objevovala ojedinělá oblaka, která ale nebránila v oslunění experimentálních ploch.

Východ Slunce byl v 4:53 hod., západ v 18:48 hod. SEČ.

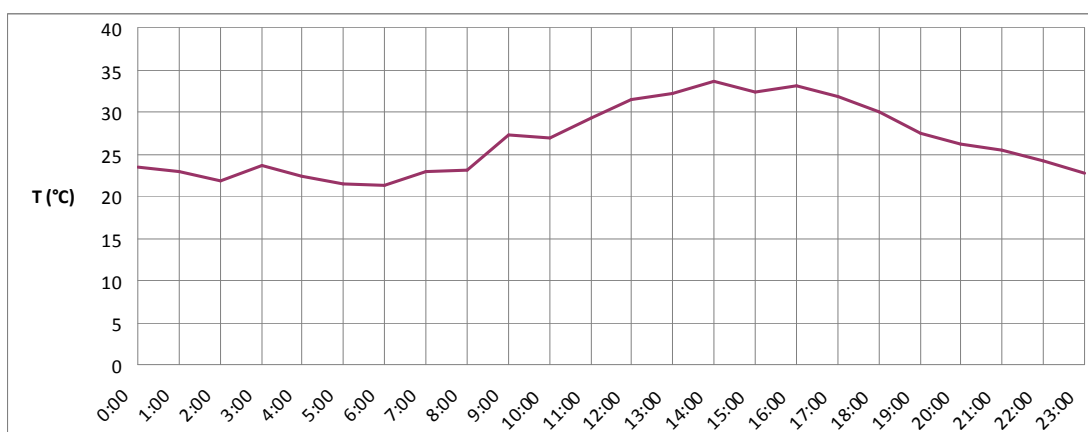


**Obr. 7:** Denní chod teploty vzduchu (°C) ve výšce 0,5 m na stanici Envelopa, 19. 4. 2011

### Meteorologické podmínky 25. 8. 2011

Dalším dnem měření byl 25. srpen 2011. Po ránu se vyskytovala lehká oblačnost, která se ale brzy rozplynula. Po zbytek dne bylo jasno. Rychlost větru se pohybovala od 0 do  $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , čímž byly splněny podmínky radiačního režimu.

Východ Slunce proběhl v 4:54 hod. a západ v 18:51 hod. SEČ.



**Obr. 8:** Denní chod teploty vzduchu (°C) ve výšce 0,5 m na stanici Envelopa, 25. 8. 2011

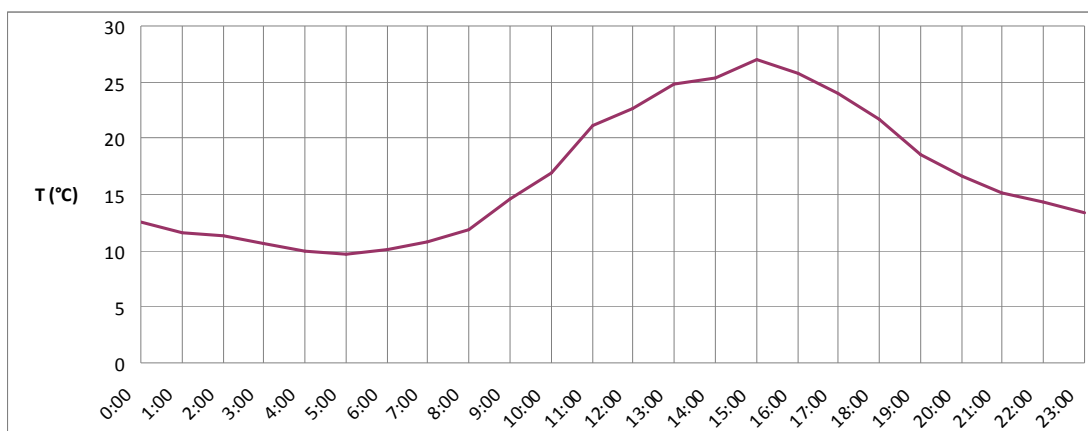
### Meteorologické podmínky 4. 10. 2011

Třetím dnem, ve kterém probíhalo měření, byl 4. říjen 2011. Počasí po celý den dokonale splňovalo podmínky radiačního režimu. Panovalo jasno a bezvětří. V tento



den byly podmínky pro měření naprosto ideální.

Slunce vyšlo v 5:53 hod. a zapadlo v 17:26 hod. SEČ.

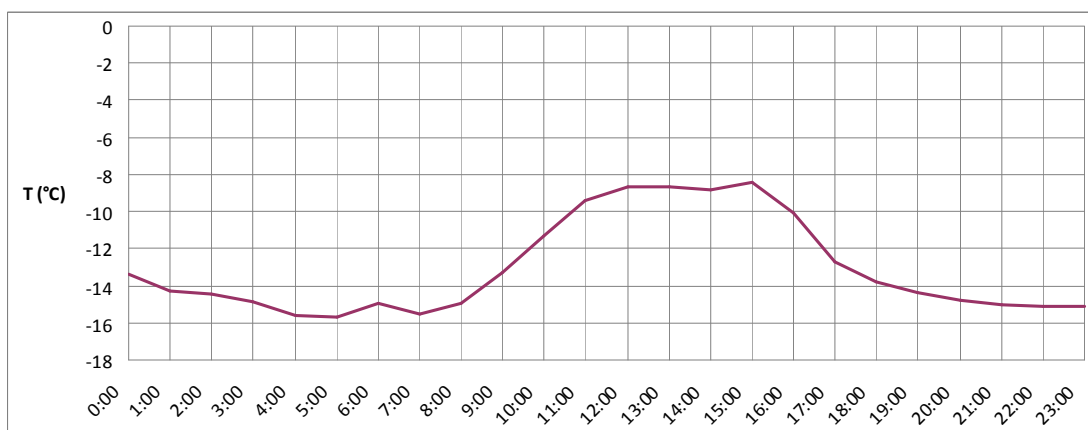


**Obr. 9:** Denní chod teploty vzduchu (°C) ve výšce 0,5 m na stanici Envelopa, 4. 10. 2011

### Meteorologické podmínky 2. 2. 2012

Posledním dnem měření byl 2. únor 2012. Rychlost větru se pohybovala od 0 do 2 m/s, výjimečně dosahovala rychlosti okolo  $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Po celý den bylo jasno.

Východ Slunce byl v 7:24 hod., západ v 16:45 hod. SEČ.



**Obr. 10:** Denní chod teploty vzduchu (°C) ve výšce 0,5 m na stanici Envelopa, 2. 2. 2012

## 7. REŽIM POVRCHOVÉ TEPLoty VYBRANÝCH POVRCHŮ

### 7.1 Lokalita č. 1: VODOJEM - NÁKUPNÍ CENTRUM HANÁ

#### Geografický popis

Nadmořská výška: 240 m

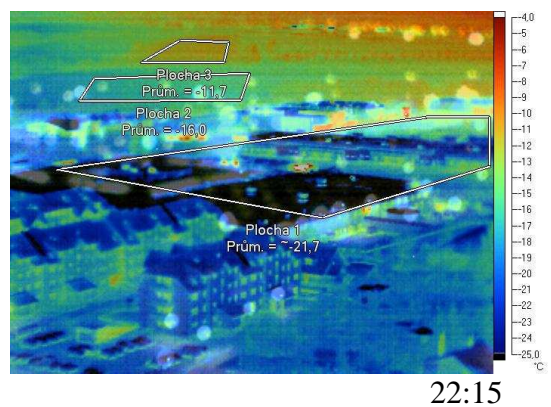
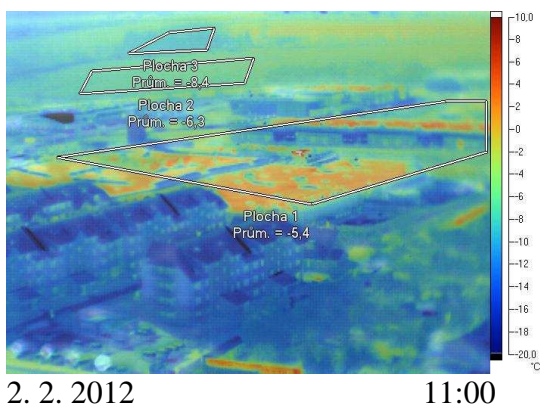
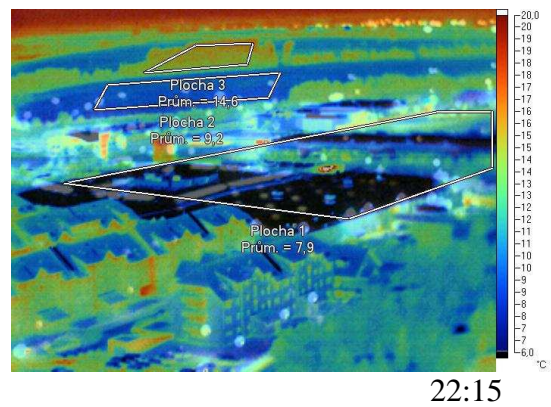
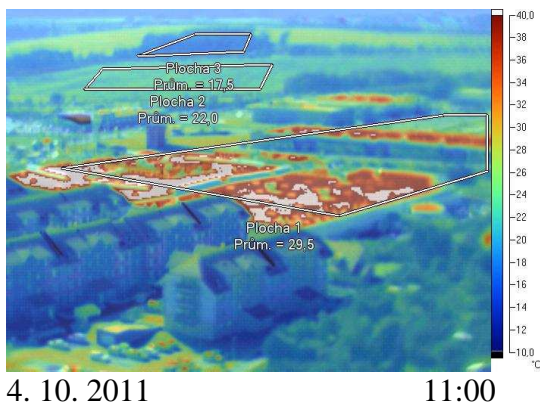
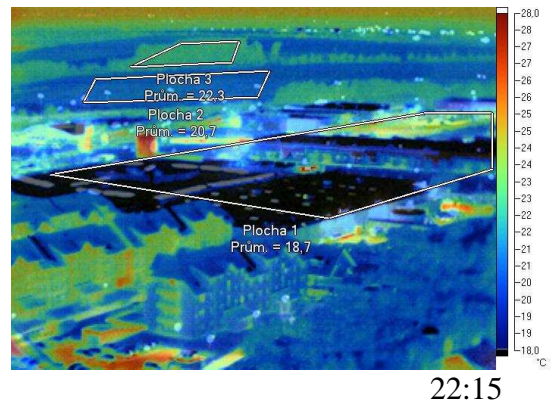
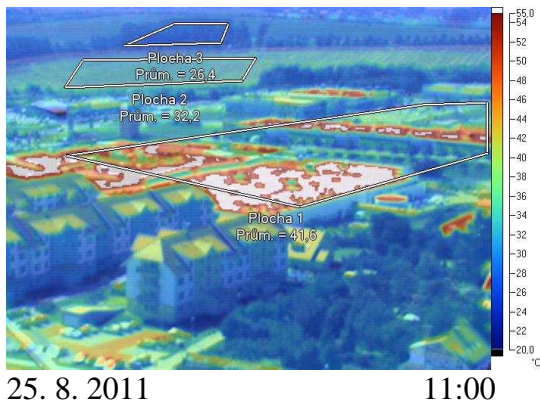
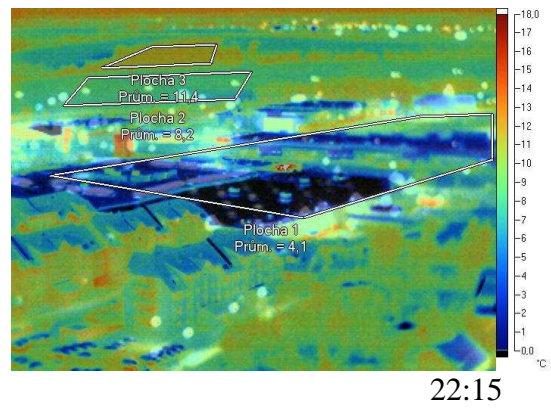
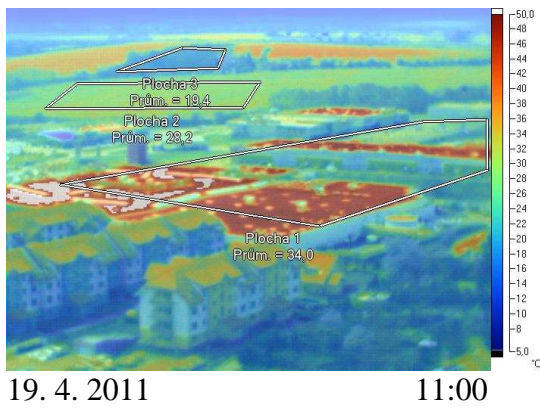
Zeměpisná poloha stanoviště: 49°34'44.129" s. z. š., 17°13'47.770" v. z. d.

Snímky této lokality byly pořízeny z budovy vodojemu na ulici I. P. Pavlova. Jedná se o pohled směrem na jihozápad na okrajovou část města. V přední části snímku se nachází zahrady a několik řad čtyřpatrových domů. Klíčovou plochou těchto snímků je nákupní zóna, kterou tvoří několik nákupních center a přilehlá parkoviště. Za tímto prostorem je patrná hranice mezi městem a okolní krajinou. V pozadí se nachází zemědělské plochy a malý lesík.

Pro srovnání byla vybrána plocha s nákupními centry, zemědělské plochy a malá zalesněná plocha.



**Obr. 11:** Vodojem - nákupní centrum Haná (foto: Barbora Dosoudilová, 2011)



**Obř. 12:** Termální snímky lokality Vodojem - nákupní centrum Haná dle data a času

**Tab. 3:** Povrchové teploty (°C ) vybraných ploch lokality Vodojem - nákupní centrum Haná (Plocha 1 = Nákupní zóna, Plocha 2 = Pole, Plocha 3 = Les)

Datum	Plocha	Den			Noc			Rozdíl T <sub>prům</sub>
		T <sub>prům</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	T <sub>prům</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	
19.4. 2011	Plocha 1	34,0 °C	14,3 °C	53,9 °C	4,1 °C	-13,2 °C	31,4 °C	29,9 °C
	Plocha 2	28,2 °C	24,7 °C	31,5 °C	8,2 °C	6,3 °C	10,3 °C	20,0 °C
	Plocha 3	19,4 °C	17,2 °C	25,0 °C	11,4 °C	10,4 °C	11,9 °C	8,0 °C
25.8. 2011	Plocha 1	41,6 °C	23,0 °C	57,4 °C	18,7 °C	10,5 °C	35,4 °C	22,9 °C
	Plocha 2	32,2 °C	30,9 °C	34,0 °C	20,7 °C	20,2 °C	21,9 °C	11,5 °C
	Plocha 3	26,4 °C	25,7 °C	28,0 °C	22,3 °C	21,5 °C	22,8 °C	4,1 °C
4.10. 2011	Plocha 1	29,5 °C	15,2 °C	42,1 °C	7,9 °C	0,8 °C	28,8 °C	21,6 °C
	Plocha 2	22,0 °C	20,5 °C	24,1 °C	9,2 °C	8,5 °C	12,3 °C	12,8 °C
	Plocha 3	17,5 °C	16,4 °C	19,5 °C	14,6 °C	12,6 °C	16,2 °C	4,9 °C
2.2. 2012	Plocha 1	-5,4 °C	-26,4 °C	19,5 °C	-21,7 °C	-30,0 °C	15,6 °C	16,3 °C
	Plocha 2	-6,3 °C	-7,8 °C	-4,9 °C	-16,0 °C	-18,2 °C	-14,3 °C	9,7 °C
	Plocha 3	-8,4 °C	-9,3 °C	-7,2 °C	-11,7 °C	-13,7 °C	-10,9 °C	3,3 °C

### Shrnutí

Plocha č. 1, na které se nachází nákupní zóna, díky značné nehomogenitě povrchů vykazuje při každém měření vysoké rozdíly mezi minimální a maximální teplotou. Nejmarkantnější je tento rozdíl na snímcích z 2. 2. 2012, kdy rozdíl minimální a maximální teploty při denním měření byl na této ploše 45,9 °C, zatímco na homogenních přírodních plochách se tento rozdíl pohyboval v řádu 2 -3 °C. Také rozdíly průměrných denních a nočních teplot jsou na této ploše velmi vysoké. Nejvyšších hodnot dosahuje jejich rozdíl na jaře, kdy činil 29,9 °C.

Na ploše č. 2, která reprezentuje zemědělskou plochu, je možné pozorovat vývoj v průběhu roku v závislosti na aktuálním stavu vegetace. Při jarním a podzimním měření, kdy je vegetace na poli ve fázi růstu, dochází k větším výkyvům teplot v průběhu dne a noci, než je tomu v létě, kdy je vegetace těsně před sklizní. I rozdíl maximální a minimální teploty na dané ploše je v letním období menší.

Teplotně nejstabilnější je plocha č. 3, tedy les. Dochází zde k nejmenším výkyvům teplot v rámci jednotlivých dnů i v rámci celého roku.



## 7.2 Lokalita č. 2: RADNICE - OSTRUŽNICKÁ ULICE

### Geografický popis

Nadmořská výška: 220 m

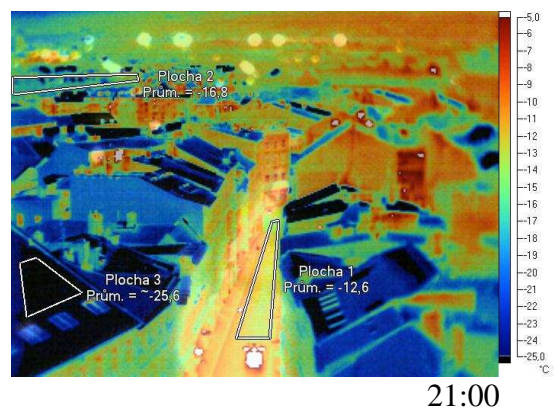
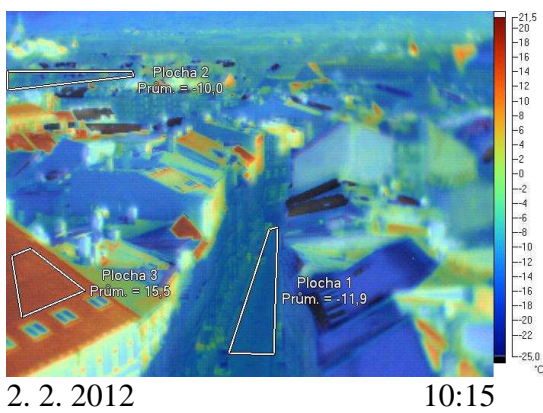
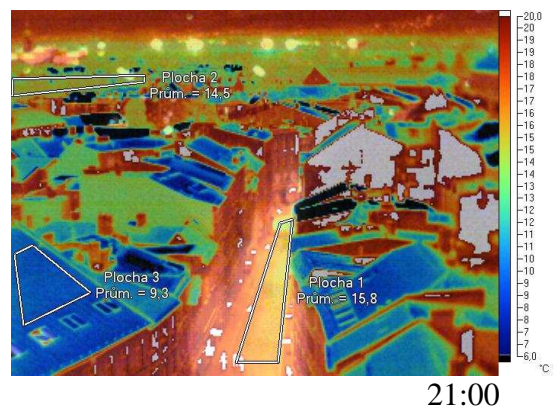
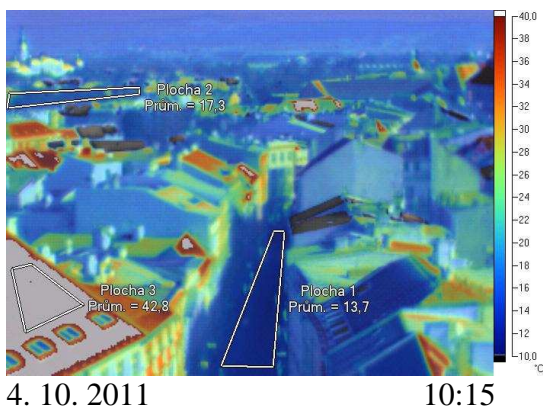
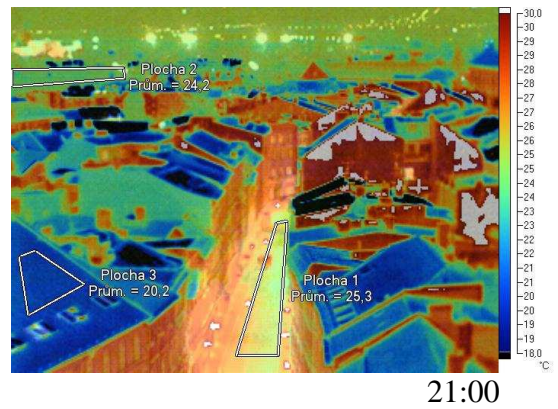
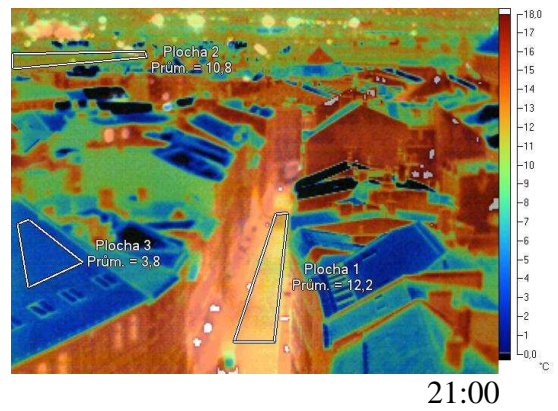
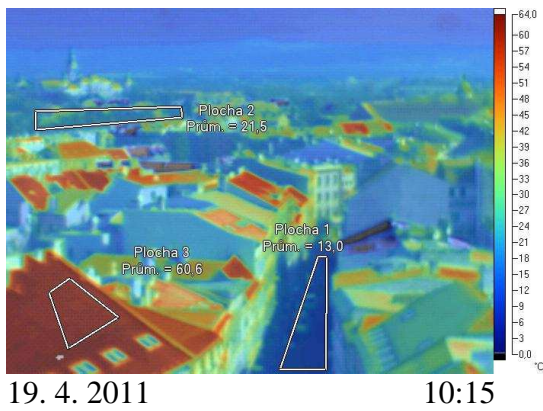
Zeměpisná poloha stanoviště: 49°35'38.528" s. z. š., 17°15'5.672" v. z. d.

Snímky byly pořízeny z věže olomoucké radnice, která se nachází na Horním náměstí. Protože jde o snímky centra města, převládá na nich hustá zástavba starých domů historického jádra. Pohled je směřován na severovýchod. Uprostřed se nachází Ostružnická ulice. Vlevo vzadu je vidět Klášterní hradisko. Plochy s větším množstvím zeleně, které jsou pohledově před Klášterním hradiskem, jsou tvořeny okolím Mlýnského potoka, okolím Moravy a zahradami rodinných domů v městské části Lazce, v prostoru mezi ulicemi Václava III. a Demlova.

Na této lokalitě byla řešena především povrchová teplota v úzkých ulicích městského centra. Navíc bylo doplněno srovnání ploch s vegetací a jedné atypické střechy.



**Obr. 13:** Radnice - Ostružnická ulice (foto: Barbora Dosoudilová, 2011)



**Obr. 14:** Termální snímky lokality Radnice - Ostružnická ulice dle data a času

**Tab. 4:** Povrchové teploty (°C ) vybraných ploch lokality Radnice - Ostružnická ulice (Plocha 1 = Ostružnická ulice, Plocha 2 = Smíšené plochy s vegetací, Plocha 3 = Střecha)

Datum	Plocha	Den			Noc			Rozdíl
		T <sub>prům</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	T <sub>prům</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	T <sub>prům</sub>
19.4. 2011	Plocha 1	13,0 °C	11,2 °C	22,5 °C	12,2 °C	10,9 °C	18,5 °C	0,8 °C
	Plocha 2	21,5 °C	12,5 °C	36,3 °C	10,8 °C	4,9 °C	12,0 °C	10,7 °C
	Plocha 3	60,6 °C	50,4 °C	63,5 °C	3,8 °C	3,4 °C	7,6 °C	56,8 °C
25.8. 2011	Plocha 1	25,7 °C	24,4 °C	30,3 °C	25,3 °C	24,1 °C	33,0 °C	0,4 °C
	Plocha 2	28,3 °C	20,0 °C	34,9 °C	24,2 °C	20,6 °C	26,6 °C	4,1 °C
	Plocha 3	54,0 °C	51,3 °C	55,5 °C	20,2 °C	19,6 °C	20,7 °C	33,8 °C
4.10. 2011	Plocha 1	13,7 °C	12,0 °C	22,6 °C	15,8 °C	8,8 °C	28,0 °C	2,1 °C
	Plocha 2	17,3 °C	12,5 °C	27,4 °C	14,5 °C	9,4 °C	16,3 °C	2,8 °C
	Plocha 3	42,8 °C	39,9 °C	44,3 °C	9,3 °C	8,3 °C	12,4 °C	33,5 °C
2.2. 2012	Plocha 1	-11,9 °C	-18,9 °C	-2,8 °C	-12,6 °C	-15,2 °C	-10,8 °C	0,7 °C
	Plocha 2	-10,0 °C	-27,0 °C	-0,4 °C	-16,8 °C	-30,0 °C	-10,3 °C	6,8 °C
	Plocha 3	15,5 °C	12,8 °C	18,4 °C	-25,6 °C	-26,6 °C	-24,4 °C	41,1 °C

## Shrnutí

První sledovaná plocha na této lokalitě je tvořena Ostružnickou ulicí, která je orientovaná ve směru jihozápad – severovýchod. Povrch je dlážděný, na některých snímcích se však na dané ploše mohou ojediněle vyskytovat osoby nebo vozidla a narušovat tak jednotný charakter povrchu. Ulice je hluboko zařezaná mezi okolními domy, což zejména v dopoledních hodinách zabraňuje jejímu oslunění. To způsobuje, že na denních snímcích je naměřená povrchová teplota vždy výrazně nižší, než na ostatních sledovaných plochách. Naopak je tomu na snímcích, které byly pořízeny ve večerních hodinách. Teploty, jak průměrné, tak absolutní, dosahují vyšších hodnot, než teploty naměřené na dalších sledovaných plochách. Přispívá k tomu patrně i zmíněná uzavřenost prostoru.

Zajímavé je srovnání průměrných denních a večerních teplot, naměřených na této ploše. V každém ze sledovaných dní jsou téměř vyrovnané. Dá se však předpokládat, že v průběhu dne dochází k jejich vývoji a maxima dosahují

v odpoledních až podvečerních hodinách, kdy by měla být sledovaná plocha nejvíce osluněna.

Nízké ranní a dopolední teploty mohou mít vliv na mikroklíma v této ulici. Zvláště v chladných dnech hrozí například zvýšené riziko namrzání povrchu.

Plocha č. 2 obsahuje velké množství vegetace, ale objevují se na ní i jiné typy povrchů, většinou střechy rodinných domů. To vysvětluje poměrně velké rozdíly minimálních a maximálních naměřených teplot. Ve srovnání s plochou č. 1 je tato plocha na denních snímcích díky lepšímu oslunění výrazně teplejší. V období negativní energetické bilance je však tento rozdíl opačný a vyšších povrchových teplot dosahuje plocha č.1.

Plocha č. 3 byla do srovnání zařazena spíše pro zajímavost. Sledovaná střecha je ukloněná k jihu. Při srovnání jarního a letního denního snímku je možné zjistit, že průměrná teplota této plochy na jarním snímku je o 6,6 °C vyšší, než na letním, přestože u ostatních ploch je tomu naopak, a také teplota vzduchu byla v době pořízení letního snímku vyšší. Rozdíl nemůže být způsoben ani úhlem dopadu slunečního záření, neboť v oba dny, ze kterých snímky pochází, se Slunce nacházelo téměř ve stejné výšce.



### 7.3 Lokalita č. 3: VODOJEM - HRANIČNÍ ULICE

#### Geografický popis

Nadmořská výška: 240 m

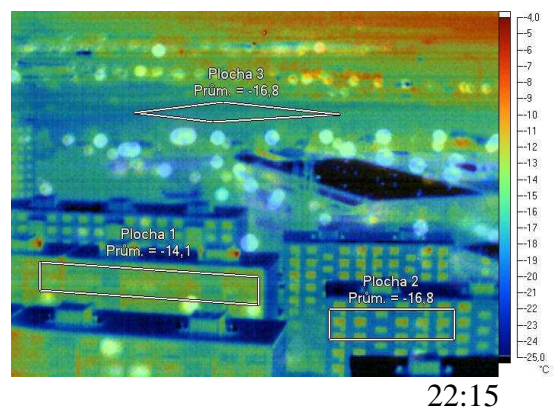
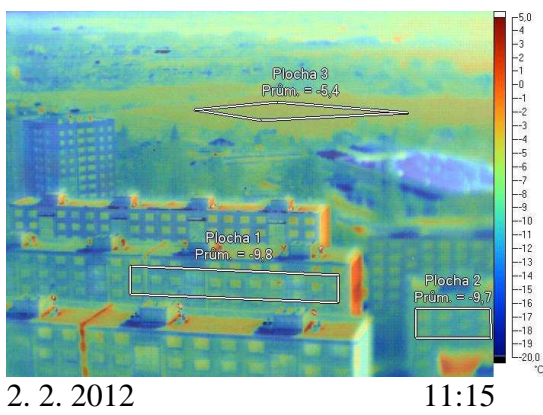
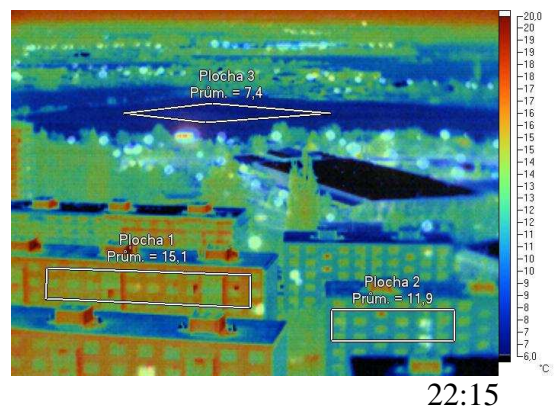
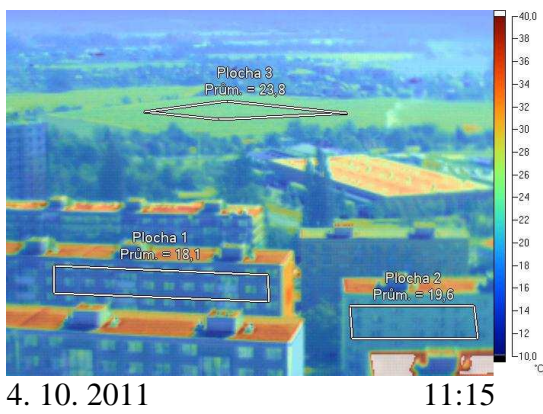
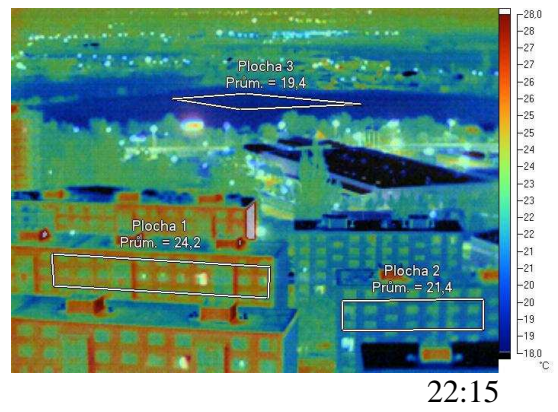
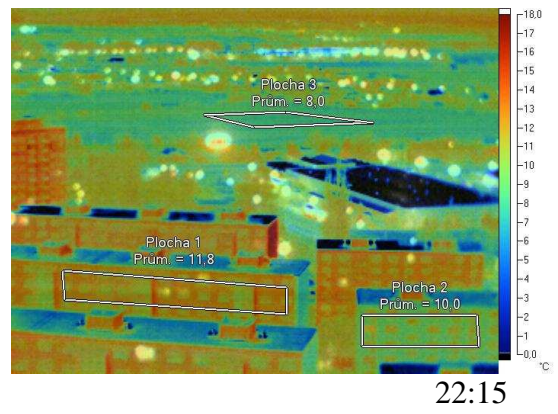
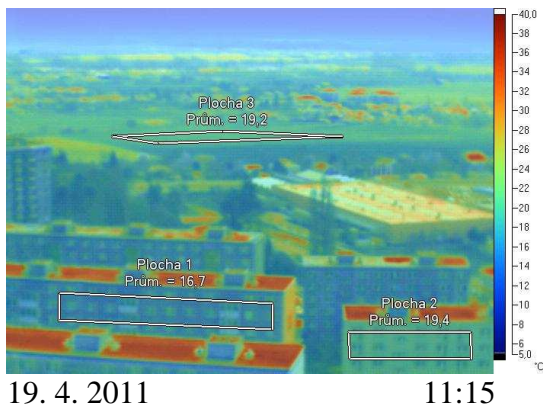
Zeměpisná poloha stanoviště: 49°34'44.129" s. z. š., 17°13'47.770" v. z. d.

Snímky byly pořízeny z budovy vodojemu na ulici I. P. Pavlova. Jedná se o pohled směrem na jihovýchod. Na snímcích dominují panelové domy, vpravo je vidět nákupní centrum OBI. Ve střední části jsou pole, která jsou na všech pořízených snímcích pokryta vegetací. V pozadí se nachází zástavba podél ulice Jižní a vpravo městská část Slavonín.

Na této lokalitě byla největší pozornost věnována rozdílům v izolacích budov, a sledována byla také zemědělská plocha na jihozápadě města.



**Obr. 15:** Vodojem - Hraniční ulice (foto: Barbora Dosoudilová, 2011)



**Obr. 16:** Termální snímky lokality Vodojem - Hraniční ulice dle data a času

**Tab. 5:** Povrchové teploty (°C ) vybraných ploch lokality Vodojem - Hraniční ulice (Plocha 1 = Panelový dům - nezateplený, Plocha 2 = Panelový dům - zateplený, Plocha 3 = Pole)

Datum	Plocha	Den			Noc			Rozdíl
		T <sub>prům</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	T <sub>prům</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	T <sub>prům</sub>
19.4. 2011	Plocha 1	16,7 °C	15,0 °C	20,4 °C	11,8 °C	9,4 °C	14,4 °C	4,9 °C
	Plocha 2	19,4 °C	18,2 °C	20,4 °C	10,0 °C	9,0 °C	12,5 °C	9,4 °C
	Plocha 3	19,2 °C	18,5 °C	20,0 °C	8,0 °C	7,5 °C	8,8 °C	11,2 °C
25.8. 2011	Plocha 1	27,8 °C	27,1 °C	29,7 °C	24,2 °C	22,1 °C	26,6 °C	3,6 °C
	Plocha 2	29,0 °C	27,5 °C	30,3 °C	21,4 °C	20,6 °C	24,2 °C	7,6 °C
	Plocha 3	28,8 °C	28,3 °C	30,8 °C	19,4 °C	19,1 °C	19,6 °C	9,4 °C
4.10. 2011	Plocha 1	18,1 °C	15,5 °C	22,7 °C	15,1 °C	12,3 °C	19,4 °C	3,0 °C
	Plocha 2	19,6 °C	18,4 °C	22,1 °C	11,9 °C	10,9 °C	17,0 °C	7,7 °C
	Plocha 3	23,8 °C	22,7 °C	26,0 °C	7,4 °C	6,8 °C	7,9 °C	16,4 °C
2.2. 2012	Plocha 1	-9,8 °C	-12,8 °C	-0,2 °C	-14,1 °C	-16,9 °C	-10,6 °C	4,7 °C
	Plocha 2	-9,7 °C	-11,2 °C	-7,0 °C	-16,8 °C	-19,7 °C	-10,6 °C	7,1 °C
	Plocha 3	-5,4 °C	-6,3 °C	-4,9 °C	-16,8 °C	-18,4 °C	-15,5 °C	11,4 °C

## Shrnutí

Na této lokalitě je zajímavé, že z pořízených snímků je možné i pouhým pohledem vyzorovat změny v izolaci budov. Nejlépe patrné je to na nočních snímcích, protože v období negativní energetické bilance teplotní rozdíly mezi stěnami budov nejvíc vyniknou. Když se zaměříme na poslední panelový dům v levé řadě, na jarním snímku vypadá stejně, jako oba domy před ním. Na snímku z letního období je možné si všimnout, že sledovaný dům má levou třetinu chladnější. Na podzimním snímku jsou chladnější už dvě třetiny domu a na zimním je zateplený celý. Podobně lze sledovat změny i u domů v pravé části snímku. Dům vpravo vzadu má na jarním nočním snímku vyšší teplotu, než dům před ním. V následujícím období pravděpodobně prošel zateplením a na dalších snímcích už je teplota obou domů vyrovnaná.

Pro srovnání teplot zatepleného a nezatepleného domu byly použity ty, jejichž izolace se během sledovaného období neměnila. Plocha č. 1 reprezentuje dům bez izolace, plocha č. 2 zateplený dům. Jedná se o pohled na severní stěny domů, na které nedopadá přímé sluneční záření. V období negativní energetické bilance je průměrná

povrchová teplota zatepleného domu přibližně o 2 – 3 °C nižší, což značí menší úniky tepla z budovy a dokazuje smysl izolace. Ve dne naopak plocha zatepleného domu vykazuje vyšší teploty, než plocha domu bez izolace. Tato skutečnost ale může být mírně ovlivněna, například i barvou fasády.

Plochu č. 3 tvoří pole s vegetací. Zajímavé je, že na jarním a letním denním snímku je teplota této plochy, která byla plně osluněna, téměř totožná s teplotou severních (neosluněných) stěn domů. Na podzimním a zimním snímku je ale teplota pole vyšší. To může být způsobeno stavem a výškou vegetačního pokryvu. Na nočních snímcích je průměrná teplota této plochy vždy nižší a dochází zde k větším výkyvům teplot v průběhu dne a noci než na severních stěnách sledovaných budov. Při tomto srovnání je ale nutné brát ohled na to, že na severní stěny domů během dne nedopadá přímé sluneční záření. Kdyby bylo k dispozici srovnání s jižní stěnou domů, k největším rozdílům teplot by pravděpodobně docházelo právě na nich.



## 7.4 Lokalita č. 4: VODOJEM – I. P. PAVLOVA

### Geografický popis

Nadmořská výška: 240 m

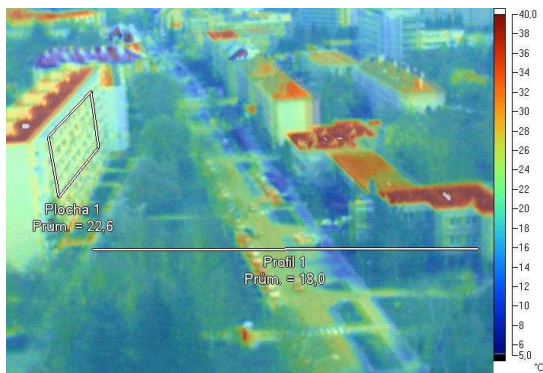
Zeměpisná poloha stanoviště: 49°34'44.129" s. z. š., 17°13'47.770" v. z. d.

Snímky této lokality byly pořízeny z budovy vodojemu. Pohled je směřován na severovýchod a zabírá ulici I. P. Pavlova. Vlevo od silnice se nachází travnaté plochy se vzrostlými stromy a keři, na ně navazuje sídliště panelových domů. Na pravé straně ulice se táhne řada bytových domů.

Pro vyhodnocení povrchových teplot bylo využito teplotního profilu, který je veden napříč ulicí přes plochu s vegetací a pokračuje přes silnici a zástavbu. Dále byla srovnávána teplota jižně orientované stěny domu s plochami opačné orientace z lokality č. 3.

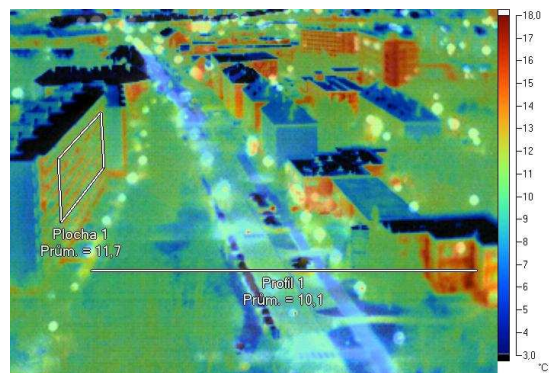


**Obr. 17:** Vodojem – I. P. Pavlova (foto: Barbora Dosoudilová, 2011)

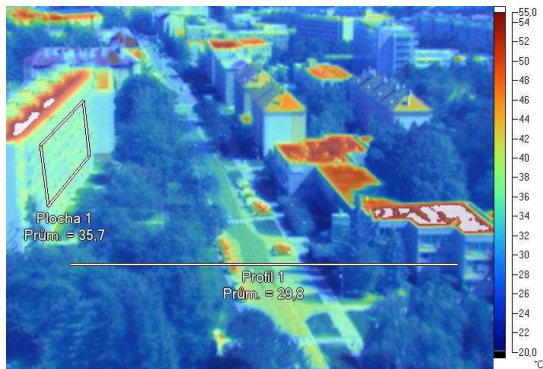


19. 4. 2011

11:15

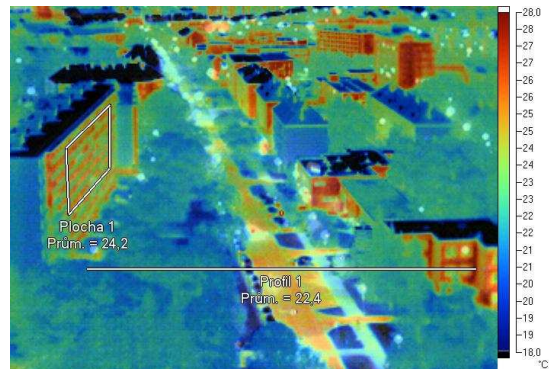


22:15

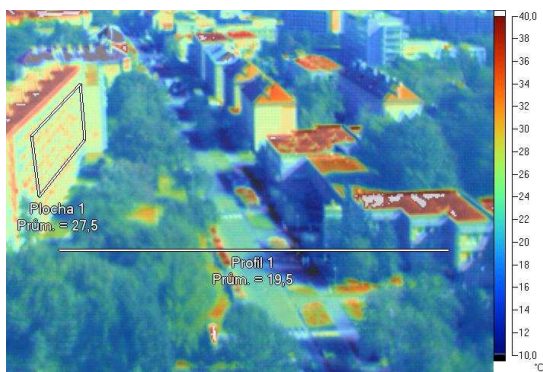


25. 8. 2011

11:15

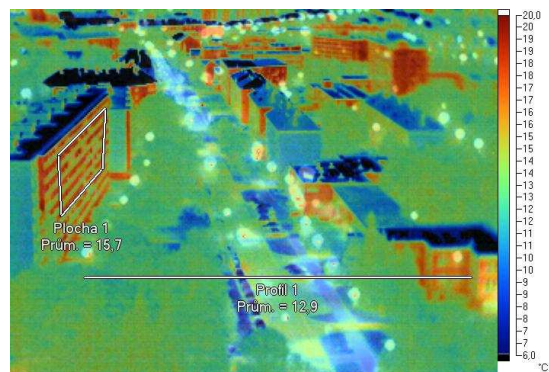


22:15

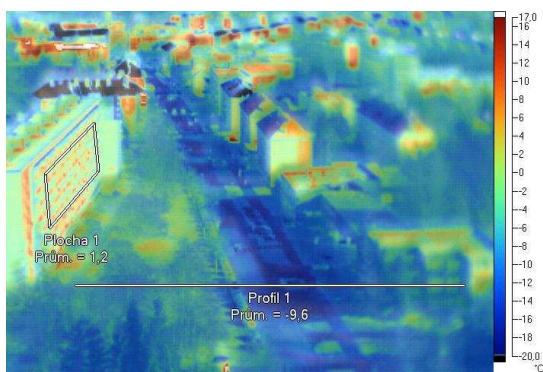


4. 10. 2011

11:15

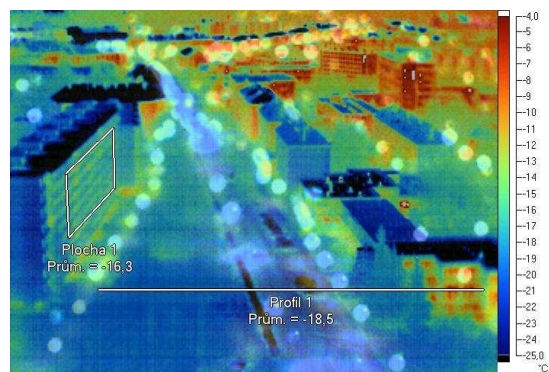


22:15



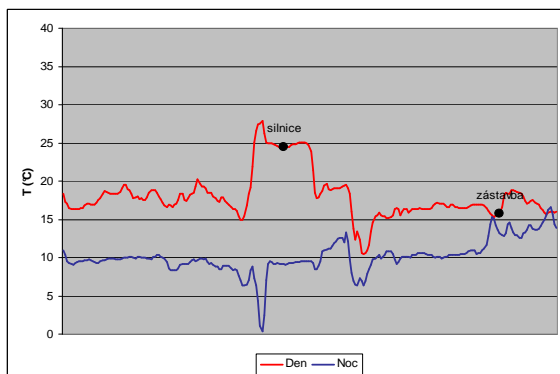
2. 2. 2012

11:15

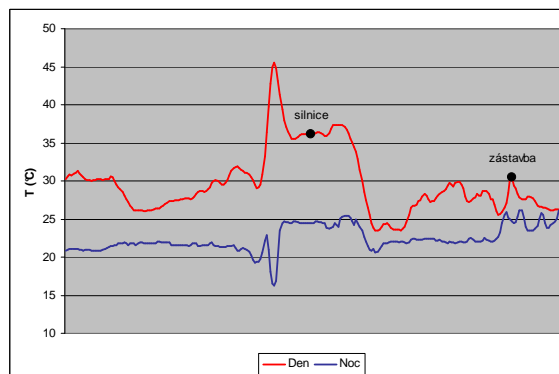


22:15

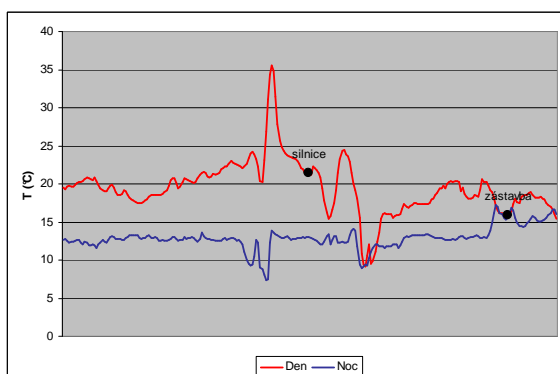
**Obr. 18:** Termální snímky lokality Vodojem – I. P. Pavlova dle data a času



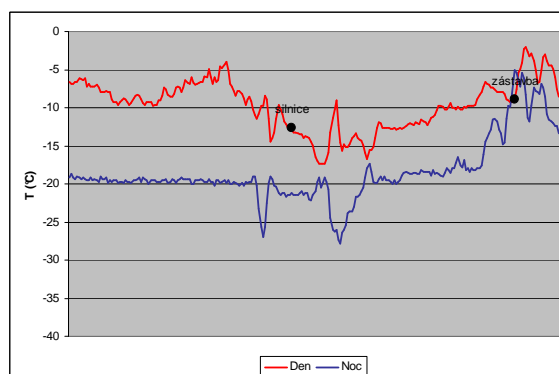
19.4.2011



25.8.2011



4.10.2011



2.2.2012

**Obř. 19:** Grafy teplotních profilů ze sledovaných dnů na lokalitě Vodojem – I. P. Pavlova

**Tab. 6:** Povrchové teploty (°C ) vybraných profilů lokality Vodojem – I. P. Pavlova

Datum	Plocha	Den			Noc			Rozdíl $T_{prům}$
		$T_{prům}$	$T_{min}$	$T_{max}$	$T_{prům}$	$T_{min}$	$T_{max}$	
19.4. 2011	Profil 1	18,0 °C	10,5 °C	27,9 °C	10,1 °C	0,3 °C	16,6 °C	7,9 °C
25.8. 2011	Profil 1	29,8 °C	23,5 °C	45,6 °C	22,4 °C	16,3 °C	27,7 °C	7,4 °C
4.10. 2011	Profil 1	19,5 °C	9,1 °C	35,6 °C	12,9 °C	7,4 °C	17,2 °C	6,6 °C
2.2. 2012	Profil 1	-9,6 °C	-17,4 °C	-2,1 °C	-18,5 °C	-27,8 °C	-5,0 °C	8,9 °C



**Tab. 7:** Povrchové teploty (°C ) vybraných ploch lokality Vodojem – I. P. Pavlova (Plocha 1 = Panelový dům)

Datum	Plocha	Den			Noc			Rozdíl
		T <sub>prům</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	T <sub>prům</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	T <sub>prům</sub>
19.4. 2011	Plocha 1	22,6 °C	20,0 °C	25,4 °C	11,7 °C	9,4 °C	14,3 °C	10,9 °C
25.8. 2011	Plocha 1	35,7 °C	33,8 °C	38,6 °C	24,2 °C	22,7 °C	26,3 °C	11,5 °C
4.10. 2011	Plocha 1	27,5 °C	23,3 °C	32,1 °C	15,7 °C	13,2 °C	19,1 °C	11,8 °C
2.2. 2012	Plocha 1	1,2 °C	-4,9 °C	12,5 °C	-16,3 °C	-18,2 °C	-13,2 °C	17,5 °C

### Shrnutí

Plochu č. 1 tvoří jihovýchodní stěna panelového domu. Hodnoty povrchových teplot, naměřených na této ploše, je možné srovnat s plochou opačné orientace na lokalitě č. 3 (Vodojem – Hraniční ulice). Snímky obou lokalit byly pořízeny ve stejnou dobu a ze stejného stanoviště, proto jsou pro srovnání velmi vhodné. Vzhledem k tomu, že se nejedná o stěny téže budovy, mohou se ve výsledných teplotách těchto ploch vyskytnout mírné nepřesnosti, vzniklé na základě odlišného materiálu nebo barvy fasády. Jde ale především o srovnání ploch opačně orientovaných, u kterých lze předpokládat rozdílný denní chod povrchových teplot a jejich velké rozdíly.

Při srovnání teplot, naměřených na ploše č. 1, s hodnotami v tabulce č. 5 na straně 39 je možné zjistit, že průměrné noční teploty sledované plochy se shodují s teplotami severozápadní stěny nezatepleného domu na lokalitě č. 3. Rozdílná teplota byla zaznamenána pouze v zimním období, kdy byla jihovýchodní stěna při nočním měření o 2,2 °C chladnější. Je tedy možné předpokládat podobné fyzikální vlastnosti materiálů obou budov.

V období pozitivní energetické bilance vyniknou teplotní rozdíly obou ploch, způsobené jejich rozdílnou expozicí a s tím spojeným množstvím dopadajícího slunečního záření. Nejvyšší rozdíl průměrných teplot byl zaznamenán na zimních snímcích, kdy na jihovýchodní stěně byla teplota o 11 °C vyšší, než na stěně orientované na severozápad. Jihovýchodní stěna vyniká také vyššími rozdíly mezi



minimálními a maximálními teplotami i vysokými rozdíly denních a nočních průměrných teplot. Nejvyšší rozdíly byly zaznamenány opět na zimních snímcích, kde se denní a noční průměrná teplota jihovýchodní stěny liší o 17,5 °C, zatímco na severozápadní stěně se průměrná teplota za stejnou dobu změnila pouze o 4,7 °C.

Teplotní profil je veden přes sídlištní vegetaci v podobě vzrostlých, převážně listnatých, stromů a keřů. Na vegetaci navazuje silnice, která je na většině snímků po obou stranách lemována řadou zaparkovaných aut. To značí výrazné vrcholy v grafu (ve dne výrazně teplé, v noci výrazně chladné). Vpravo od silnice se nachází další vegetace a profil je ukončen na stěně domu.

Teplota vegetace je vyrovnaná a rozdíly mezi denní a noční teplotou jsou ve všech obdobích poměrně stabilní, pouze v zimě byl rozdíl nepatrně vyšší. Největším změnám podléhá v průběhu roku silnice, která na jarním a letním profilu vykazuje v období pozitivní energetické bilance výrazně vyšší teploty, než okolní povrchy. V letním období její vyšší teplota přetrvává i ve večerních hodinách. Na podzimním a zimním snímku je ale silnice částečně zastíněna a její teplota je srovnatelná s okolní vegetací, v zimě je v období negativní energetické bilance dokonce mírně chladnější, než vegetace. Zástavba v pravé části teplotního profilu se nejvýrazněji projevuje v zimním období, kdy její teplota zejména v období negativní energetické bilance značně převyšuje teploty ostatních povrchů.

## 7.5 Lokalita č. 5: RADNICE – SMĚR HEJČÍN

### Geografický popis

Nadmořská výška: 220 m

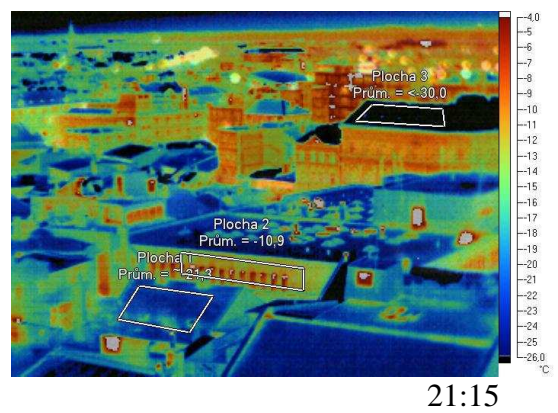
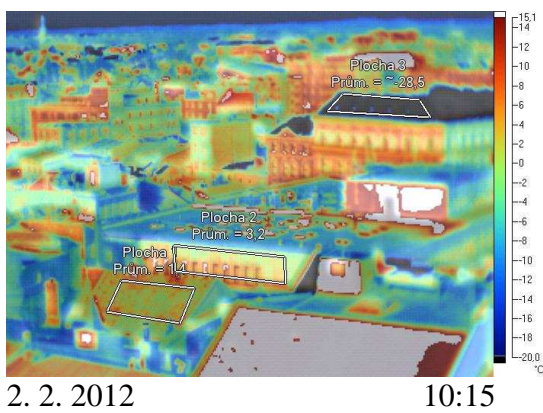
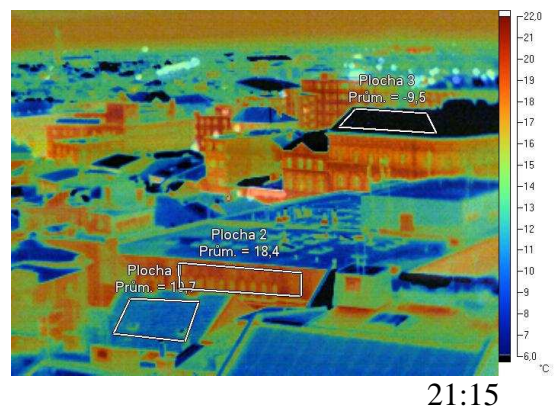
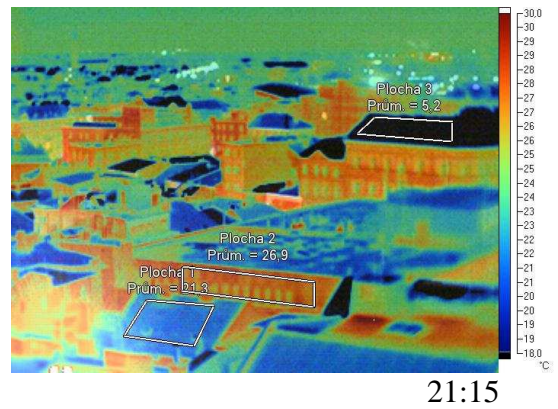
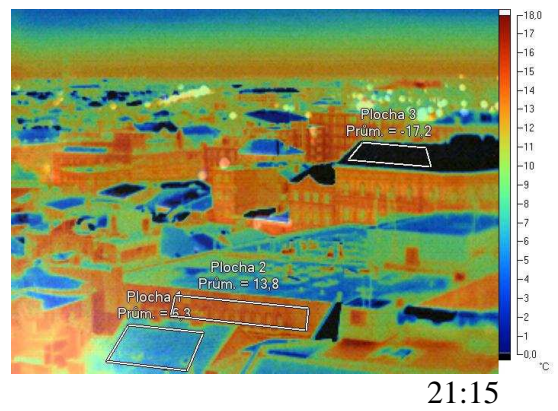
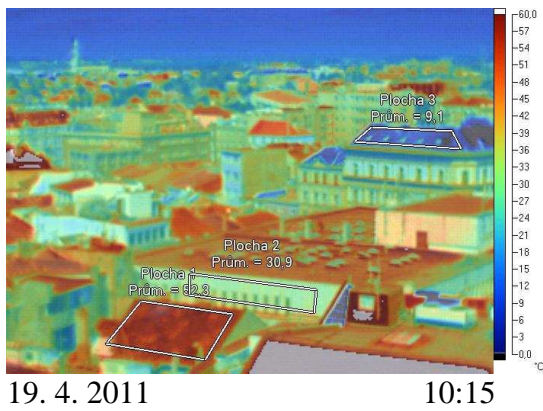
Zeměpisná poloha stanoviště: 49°35'38.528" s. z. š., 17°15'5.672" v. z. d.

Snímky byly pořízeny z věže radnice. Jedná se o pohled směrem na severozápad. V přední části snímku dominuje hustá zástavba historických budov v centru města, směrem od centra se hustota zástavby snižuje a přibývá zeleně. Rovná plocha ve středu snímku je střecha bývalého obchodního domu Prior. Vlevo v pozadí je vidět věž kostela svatého Cyrila a Metoděje v Hejčíně.

Srovnání povrchových teplot vybraných ploch je orientováno na rozdíly v materiálech na střechách a stěnách budov.



**Obr. 20:** Radnice – směr Hejčín (foto: Barbora Dosoudilová, 2011)



**Obr. 21:** Termální snímky lokality Radnice – směr Hejčín dle data a času

**Tab. 8:** Povrchové teploty (°C ) vybraných ploch lokality Radnice – směr Hejčín  
(Plocha 1 = Střecha (pálená taška), Plocha 2 = Stěna domu, Plocha 3 = Střecha (plech))

Datum	Plocha	Den			Noc			Rozdíl T <sub>prům</sub>
		T <sub>prům</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	T <sub>prům</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	
19.4. 2011	Plocha 1	52,3 °C	25,5 °C	57,7 °C	6,3 °C	0,4 °C	10,8 °C	46,0 °C
	Plocha 2	30,9 °C	27,2 °C	39,9 °C	13,8 °C	11,4 °C	15,8 °C	17,1 °C
	Plocha 3	9,1 °C	-3,6 °C	33,1 °C	-17,2 °C	-24,4 °C	6,9 °C	26,3 °C
25.8. 2011	Plocha 1	52,0 °C	35,1 °C	55,2 °C	21,3 °C	19,4 °C	24,1 °C	30,7 °C
	Plocha 2	36,8 °C	33,9 °C	43,1 °C	26,9 °C	25,2 °C	28,3 °C	9,9 °C
	Plocha 3	25,0 °C	20,2 °C	33,0 °C	5,2 °C	0,5 °C	17,3 °C	19,8 °C
4.10. 2011	Plocha 1	42,9 °C	28,9 °C	46,5 °C	10,7 °C	2,3 °C	14,6 °C	32,2 °C
	Plocha 2	29,0 °C	24,3 °C	33,1 °C	18,4 °C	16,1 °C	20,3 °C	10,6 °C
	Plocha 3	6,1 °C	-2,4 °C	23,4 °C	-9,5 °C	-16,4 °C	13,2 °C	15,6 °C
2.2. 2012	Plocha 1	1,4 °C	-8,2 °C	10,6 °C	-21,3 °C	-24,5 °C	-16,7 °C	22,7 °C
	Plocha 2	3,2 °C	-3,2 °C	20,0 °C	-10,9 °C	-16,2 °C	-0,3 °C	14,1 °C
	Plocha 3	-28,5 °C	-30,0 °C	-4,5 °C	-30,0 °C	-30,0 °C	-20,0 °C	1,5 °C

## Shrnutí

Pro srovnání byly vybrány 2 různé střechy. Obě jsou orientované na jih a mají i podobný sklon. Jediný rozdíl je v použitém typu krytiny. Jedna střecha je z klasické červené pálené tašky (plocha č. 1) a druhá je pokryta světlým plechem (plocha č. 3).

Na ploše č.1 dochází k největším výkyvům teplot v průběhu dne a noci, největší rozdíl průměrných teplot byl naměřen v jarním období, kdy činil 46 °C.

Nejchladnější plochou na této lokalitě se jeví plocha č. 3, kterou tvoří plechová střecha. Během denních měření vykazuje tato plocha průměrné teploty dokonce o něco nižší, než je aktuální teplota vzduchu. Na večerních snímcích jsou teploty ještě nižší. Přitom orientace této plochy je stejná jako u plochy č. 1, která je mnohonásobně teplejší, a v době pořízení denních snímků jsou obě plně osluněné. Je tedy velmi nepravděpodobné, že by teplota plechové střechy mohla být tak nízká. Tato skutečnost je způsobena termální kamerou, která obvykle teplotu plechových povrchů vyhodnocuje zkresleně. Pro zjištění reálné teploty plechové střechy by bylo vhodné změřit současně její povrchovou teplotu dotykovým teploměrem, což bohužel při pořizování termálních

záznamů nebylo možné. Předpokládaných hodnot povrchové teploty této plochy nebylo dosaženo ani změnou nastavení emisivity.

Poslední sledovanou plochou na této lokalitě je jižní stěna domu (plocha č. 2). Výsledky z této plochy lze zobecnit a vztáhnout ke všem jižním stěnám na sledovaných snímcích, neboť rozdíly mezi jednotlivými domy jsou minimální. Drobné rozdíly jsou pozorovatelné pouze na zimních snímcích, kde se může více projevit vliv izolací.

Ze srovnání průměrných teplot vybraných ploch je patrné, že na stěnách budov dochází k výrazně menším teplotním výkyvům jak v denním režimu, tak v průběhu roku, než na střeších. Z důvodu odlišných termických vlastností (větší tepelné setrvačnosti) vykazují stěny budov na denních snímcích podstatně nižší teploty, než většina střech (do srovnání nejsou zahrnuty výjimky v podobě plechových střech – plocha č. 3). Na nočních snímcích je pozorovatelný přesný opak, kde stěny budov si stále drží vyšší teplotu, na rozdíl od střech, které už zchladly. Jedinou nepravidelností je vyšší teplota plochy č. 2, než plochy č. 1 na zimním denním snímku. To je pravděpodobně způsobeno materiálem nebo izolací, jejíž vlastnosti v mrazivém počasí vyniknou.



## 7.6 Lokalita č. 6: VODOJEM – ZAHRADY, OKRUŽNÍ ULICE

### Geografický popis

Nadmořská výška: 240 m

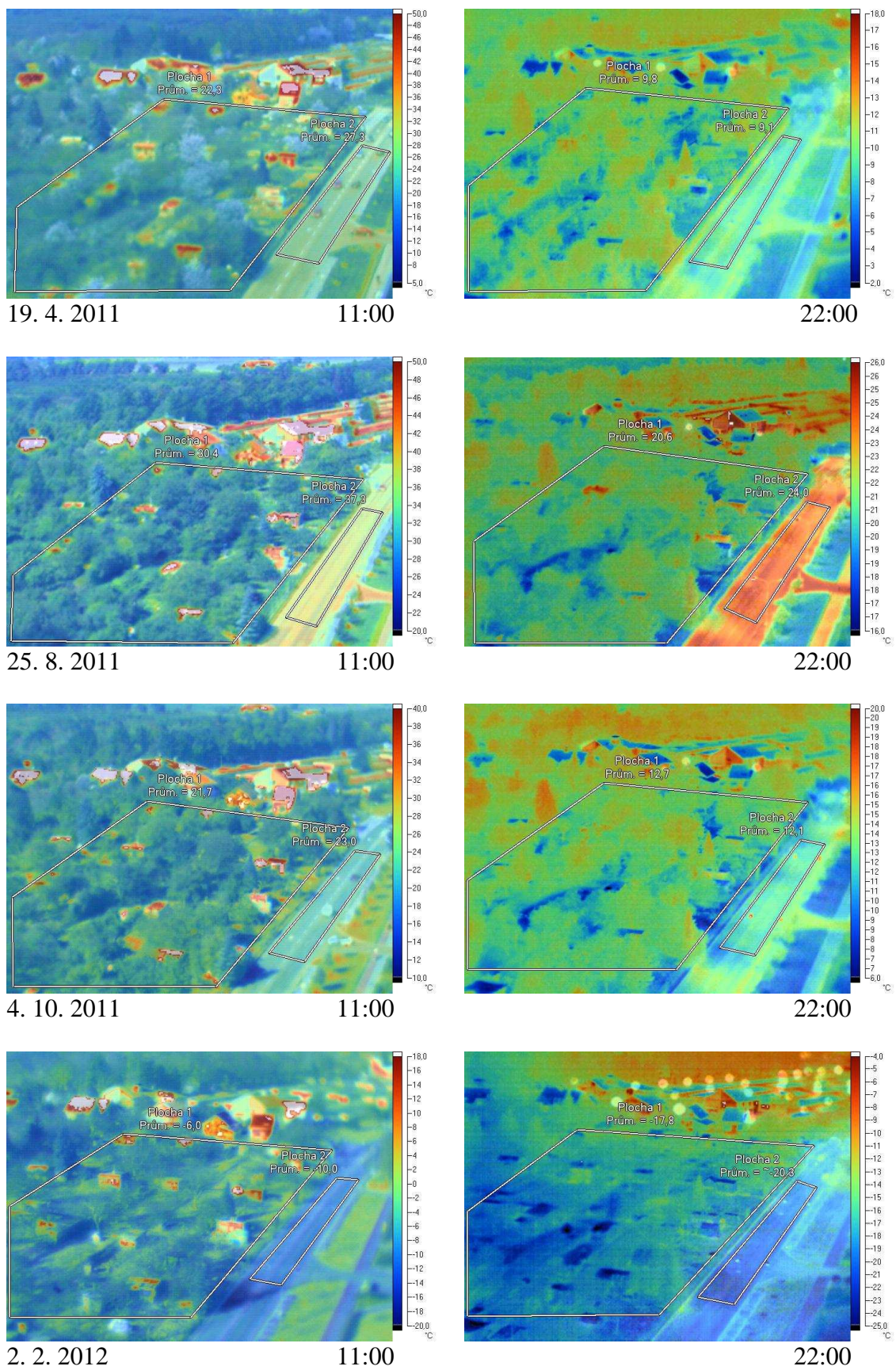
Zeměpisná poloha stanoviště: 49°34'44.129" s. z. š., 17°13'47.770" v. z. d.

Jedná se o pohled z budovy vodojemu směrem na západ. V pravé části snímku je vidět asfaltový povrch Okružní ulice. Větší část snímku zabírá zahrádkářská osada v prostoru mezi ulicemi Okružní, I. P. Pavlova, Nad Lánem a Kšírova. Povrch této plochy je tvořen převážně ovocnými a okrasnými stromy a keři, záhony, trávničky a drobnými zahradními stavbami.

Srovnávána byla plocha se zahradami a silnice s asfaltovým povrchem.



**Obr. 22:** Vodojem – zahrady, Okružní ulice (foto: Barbora Dosoudilová, 2011)



**Obr. 23:** Termální snímky lokality Vodojem – zahrady, Okružní ulice dle data a času

**Tab. 9:** Povrchové teploty (°C ) vybraných ploch lokality Vodojem – zahrady, Okružní ulice (Plocha 1 = Zahrady, Plocha 2 = Silnice)

Datum	Plocha	Den			Noc			Rozdíl T <sub>prům</sub>
		T <sub>prům</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	T <sub>prům</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	
19.4. 2011	Plocha 1	22,3 °C	16,5 °C	53,1 °C	9,8 °C	2,9 °C	13,1 °C	12,5 °C
	Plocha 2	27,3 °C	21,4 °C	31,1 °C	9,1 °C	7,8 °C	11,8 °C	18,2 °C
25.8. 2011	Plocha 1	30,4 °C	24,9 °C	63,6 °C	20,6 °C	16,2 °C	25,0 °C	9,8 °C
	Plocha 2	37,3 °C	31,6 °C	40,6 °C	24,0 °C	20,6 °C	29,8 °C	13,3 °C
4.10. 2011	Plocha 1	21,7 °C	16,5 °C	55,6 °C	12,7 °C	5,5 °C	16,1 °C	9,0 °C
	Plocha 2	23,0 °C	19,3 °C	26,0 °C	12,1 °C	9,4 °C	21,1 °C	10,9 °C
2.2. 2012	Plocha 1	-6,0 °C	-15,2 °C	26,8 °C	-17,8 °C	-26,4 °C	2,8 °C	11,8 °C
	Plocha 2	-10,0 °C	-13,2 °C	-4,9 °C	-20,3 °C	-23,0 °C	-11,3 °C	10,3 °C

### Shrnutí

Hodnota emisivity asfaltu je udávána 0,90 - 0,98 (Elso.sk) a na ploše se zahradami převládají přírodní povrchy, proto emisivita obou ploch byla ponechána na hodnotě 0,93.

Zajímavé je srovnání nočních snímků z jednotlivých období. Zatímco na jarním, podzimním a zimním snímku je plocha č. 2 (silnice) vždy chladnější, než plocha č. 1 (zahrady), na letním snímku je silnice o 3,4 °C teplejší. Nabízí se vysvětlení, že letní snímek byl pořízen dříve po západu Slunce, takže sledovaná plocha se ještě nestačila ochladit. Tato teorie ale naráží na skutečnost, že oba snímky byly pořízeny ve stejnou dobu a čas západu Slunce 21. 4. a 25. 8. se liší pouze o 3 minuty. Na jarním snímku je přitom silnice chladnější než plocha se zahradami. Pravděpodobnější je, že na vyšší teplotě silnice se podílejí vysoká denní teplota a tepelná setrvačnost materiálu.

Další nepravidelnost se objevuje při srovnání teplot na zimních snímcích. Průměrná teplota silnice je během dne i noci výrazně nižší, než průměrná teplota naměřená na ploše se zahradami. Také rozdíl denní a noční teploty je nižší než na ploše č.1, přestože ve všech ostatních obdobích tomu bylo naopak. Je ale možné, že na vyšší teplotě plochy se zahradami má podíl různorodost materiálů, které se na ní vyskytují. Pokud však pomineme teplotu zahradních staveb a srovnáme pouhým okem teplotu vegetace s teplotou silnice na zimním snímku, je patrné, že i tak je silnice chladnější.



## 7.7 Lokalita č. 7: RADNICE – SMĚR LAZCE

### Geografický popis

Nadmořská výška: 220 m

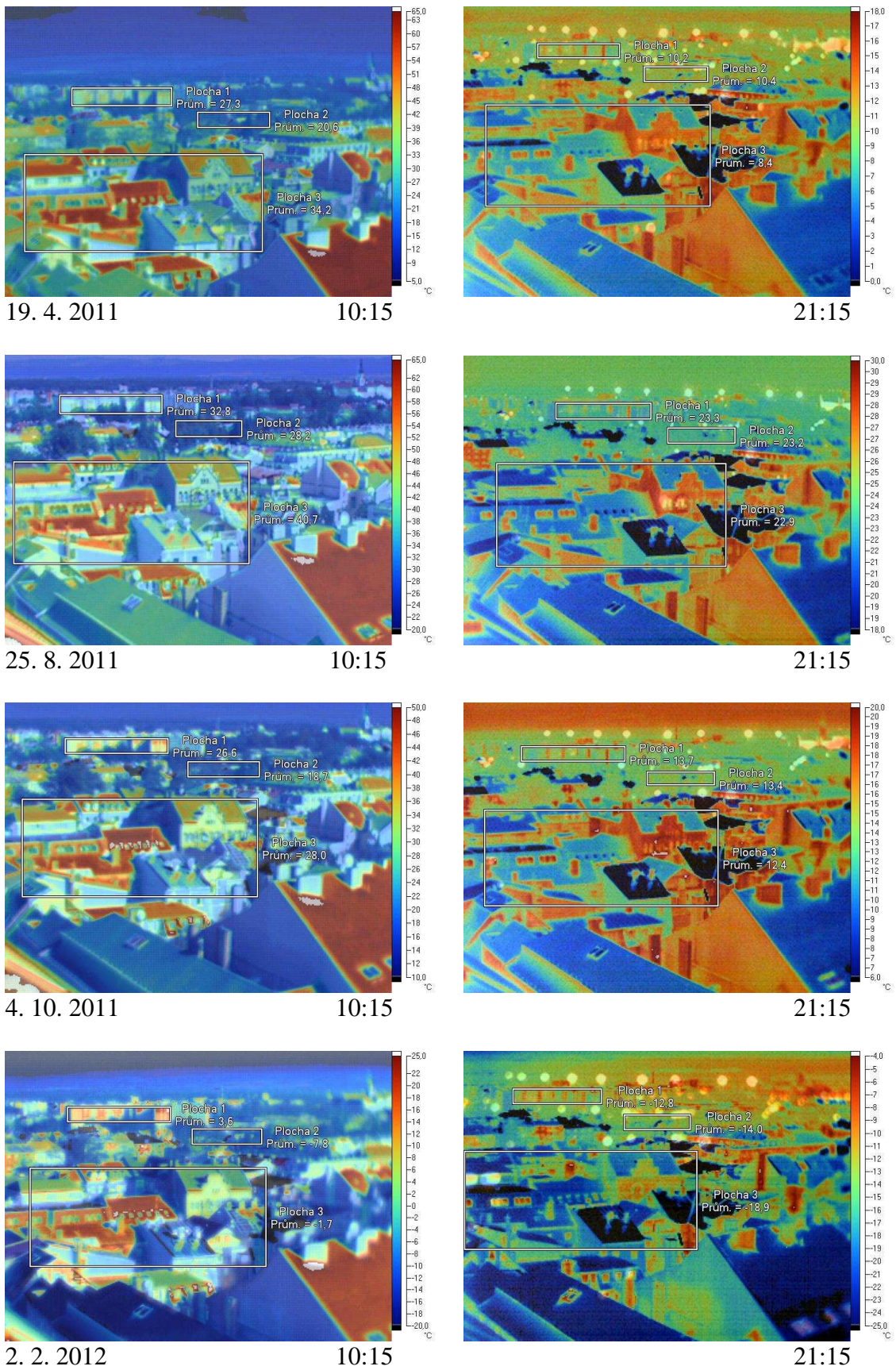
Zeměpisná poloha stanoviště: 49°35'38.528" s. z. š., 17°15'5.672" v. z. d.

Pohled z věže radnice směrem na severoseverovýchod. V popředí je hustá zástavba starších domů v blízkosti centra. Vlevo v zadní části snímku se nachází sídliště v městské části Lazce, před ním je patrné větší množství vegetace, která se rozprostírá podél Mlýnského potoka a v okolních zahradách. Vpravo vzadu je vidět část Klášterního hradiska.

Tato lokalita se věnuje srovnání teplot zástavby v centru města a sídliště panelových domů. Navíc jsou doplněny údaje z plochy, na které převládá vegetace.



**Obr. 24:** Radnice – směr Lazce (foto: Barbora Dosoudilová, 2011)



**Obr. 25:** Termální snímky lokality Radnice – směr Lazce dle data a času

**Tab. 10:** Povrchové teploty (°C ) vybraných ploch lokality Radnice – směr Lazce (Plocha 1 = Sídliště, Plocha 2 = Smíšené plochy s vegetací, Plocha 3 = Městská zástavba v centru)

Datum	Plocha	Den			Noc			Rozdíl
		T <sub>prům</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	T <sub>prům</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	T <sub>prům</sub>
19.4. 2011	Plocha 1	27,3 °C	15,0 °C	40,3 °C	10,2 °C	7,8 °C	15,4 °C	17,1 °C
	Plocha 2	20,6 °C	5,1 °C	37,1 °C	10,4 °C	-2,9 °C	12,9 °C	10,2 °C
	Plocha 3	34,2 °C	0,5 °C	62,3 °C	8,4 °C	-16,0 °C	17,1 °C	25,8 °C
25.8. 2011	Plocha 1	32,8 °C	25,2 °C	41,1 °C	23,3 °C	22,0 °C	27,8 °C	9,5 °C
	Plocha 2	28,2 °C	23,9 °C	37,3 °C	23,2 °C	17,0 °C	24,8 °C	5,0 °C
	Plocha 3	40,7 °C	20,6 °C	63,1 °C	22,9 °C	5,6 °C	29,2 °C	17,8 °C
4.10. 2011	Plocha 1	26,6 °C	15,2 °C	42,1 °C	13,7 °C	11,5 °C	18,9 °C	12,9 °C
	Plocha 2	18,7 °C	4,9 °C	32,2 °C	13,4 °C	-1,8 °C	15,5 °C	5,3 °C
	Plocha 3	28,0 °C	-3,6 °C	52,9 °C	12,4 °C	-9,0 °C	22,2 °C	15,6 °C
2.2. 2012	Plocha 1	3,6 °C	-12,4 °C	26,5 °C	-12,8 °C	-17,3 °C	-3,0 °C	16,4 °C
	Plocha 2	-7,8 °C	-30,0 °C	15,1 °C	-14,0 °C	-30,0 °C	-9,3 °C	6,2 °C
	Plocha 3	-1,7 °C	-30,0 °C	26,6 °C	-18,9 °C	-30,0 °C	-2,6 °C	17,2 °C

## Shrnutí

Plocha č. 1 reprezentuje sídliště panelových domů, které se nachází na ulicích Dlouhá a Na Letné v městské části Lazce. Plocha č. 2 je tvořena z větší části vegetací, zaujímá plochu podél Mlýnského potoka, kde se nachází převážně porosty v okolí vodního toku, zahrady a ojedinělé rodinné domy. Plochu č. 3 tvoří hustá zástavba starších domů v centru města, jedná se o prostor v okolí ulic Opletalova, Pekařská a Sokolská.

Plocha s vegetací je na této lokalitě teplotně nejstabilnější. Vegetační pokryv snižuje výkyvy teplot, proto denní i roční teplotní amplituda je na ploše č. 2 nižší, než na obou zastavěných plochách.

Plocha č. 3 je velmi členitá a vyskytují se na ní různé typy materiálů, především různé typy střešních krytin, jejichž vlastnosti jsou rozdílné. To způsobuje vysoké rozdíly minimálních a maximálních teplot, naměřených na této ploše, a také velké rozdíly denních a nočních průměrných teplot.

Rozdíly průměrných teplot ploch č. 1 a 3 jsou po většinu roku stabilní, v období pozitivní energetické bilance dosahuje vyšších průměrných teplot plocha č. 3. Nejvýraznější je tento rozdíl na letním snímku, kde činí 7,9 °C. Ve večerních hodinách byly vždy naměřeny vyšší průměrné teploty na ploše č. 1. Výjimkou je zimní období, kdy byla denní i noční průměrná teplota na ploše č. 3 nižší, než na ploše č. 1.

Na ploše č. 1 jsou viditelné jižní a západní stěny budov. Na denních snímcích lze pozorovat vyšší teploty na jižních stěnách, na západní stěny v tu dobu přímé sluneční záření nedopadá, a proto jsou chladnější. Na večerních snímcích mají vyšší teploty naopak západní stěny, které byly vystaveny slunečnímu záření před západem Slunce.



## 7.8 Lokalita č. 8: NEMILANY

### Geografický popis

Nadmořská výška: 240 m

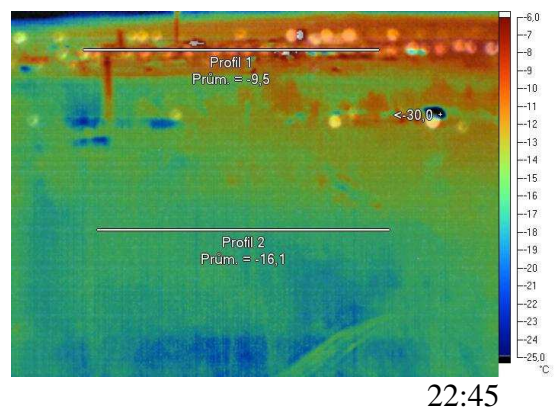
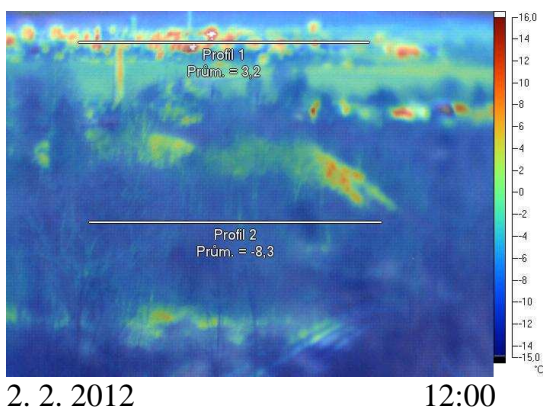
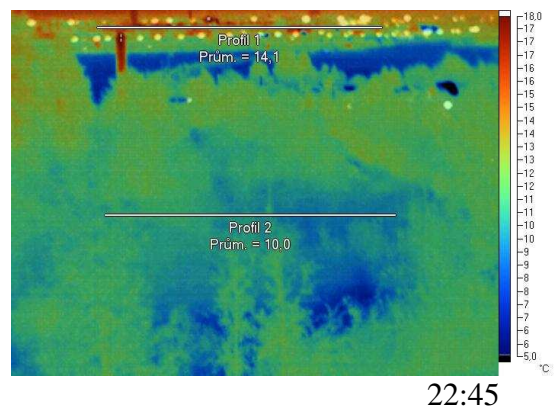
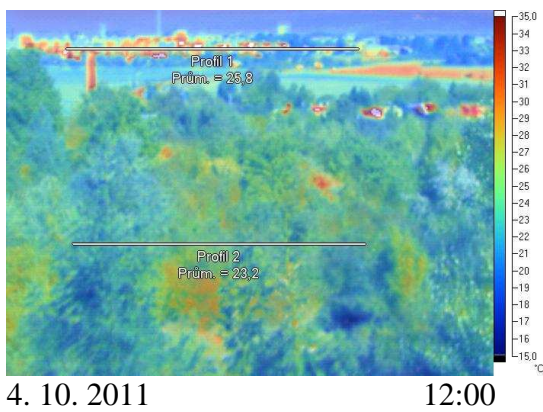
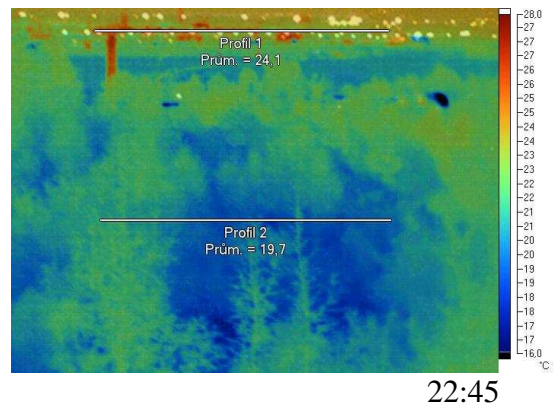
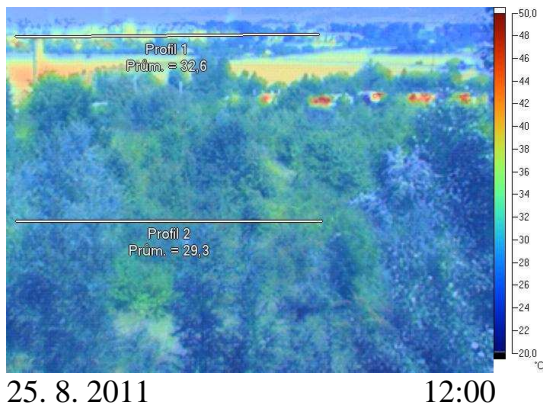
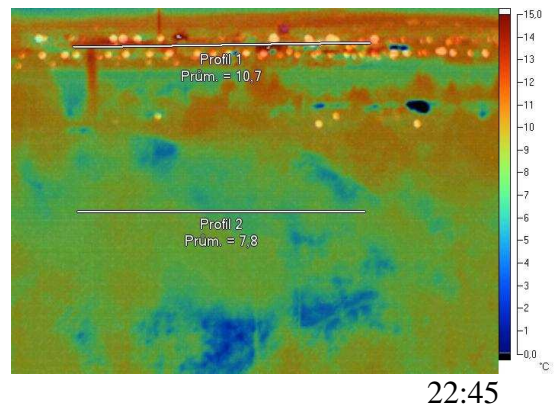
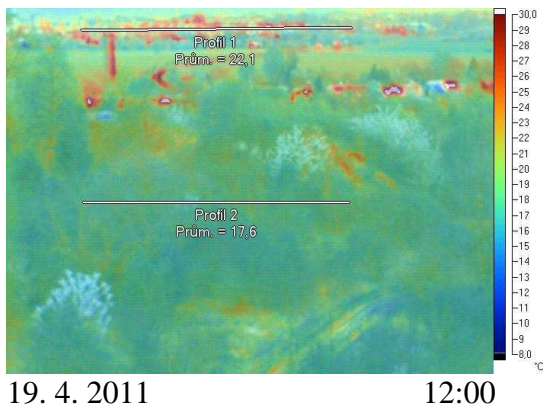
Zeměpisná poloha stanoviště: 49°33'25.343" s. z. š., 17°14'28.038" v. z. d.

Místo, odkud byly pořízeny snímky této lokality, se nachází na kopci nad olomouckou místní částí Nemilany. Pohled je směřován na severovýchod. V přední části snímku dominují přírodní povrchy, jedná se o prostor, kde se v minulosti těžila hlína pro místní cihelnu. Dnes zde převládá porost keřů a menších stromů. Z Nemilan je vidět pouze několik domů a komín cihelny. Následují zemědělské plochy, které oddělují Nemilany od města. V pozadí se nachází město Olomouc.

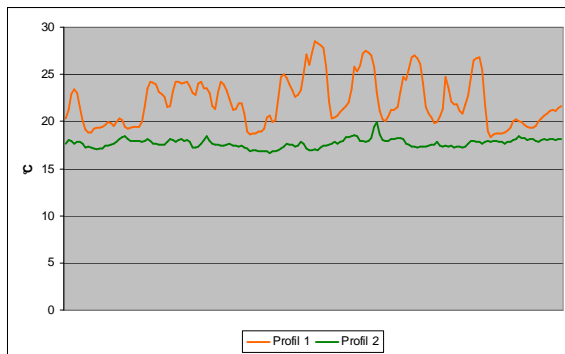
Tato lokalita se věnuje srovnání teplot dvou profilů, z nichž první je veden okrajovou částí města a druhý přes čistě přírodní povrchy.



**Obr. 26:** Nemilany (foto: Barbora Dosoudilová, 2011)

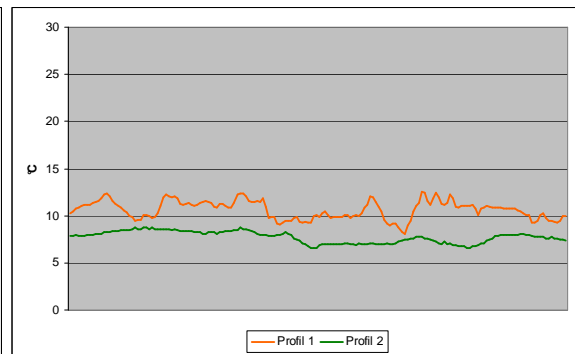


**Obr. 27:** Termální snímky lokality Nemilany dle data a času

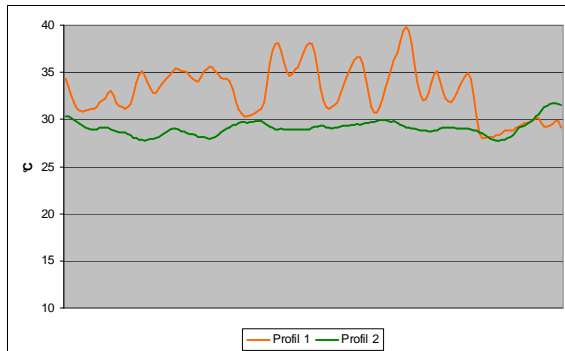


19. 4. 2011

12:00

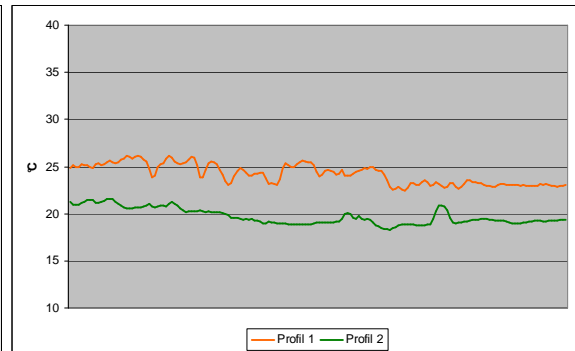


22:45

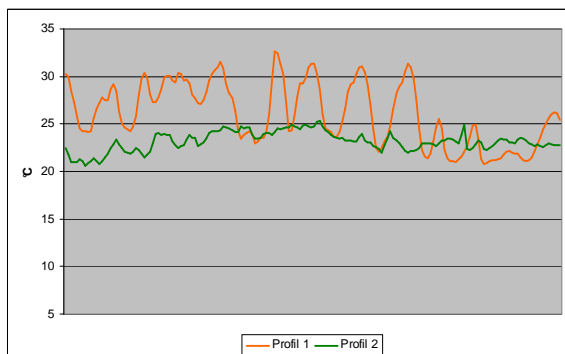


25. 8. 2011

12:00

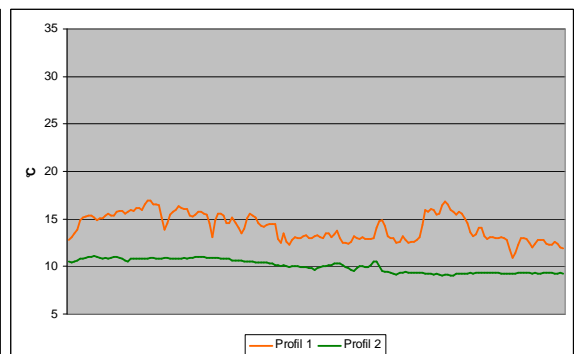


22:45

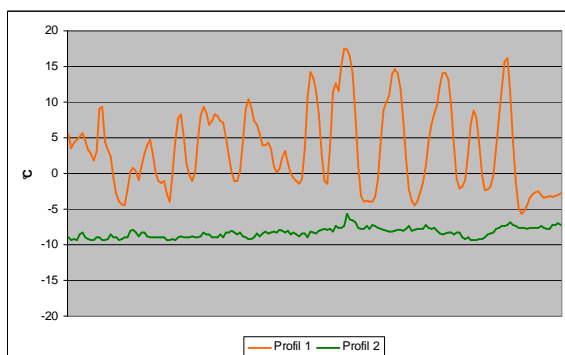


4. 10. 2011

12:00

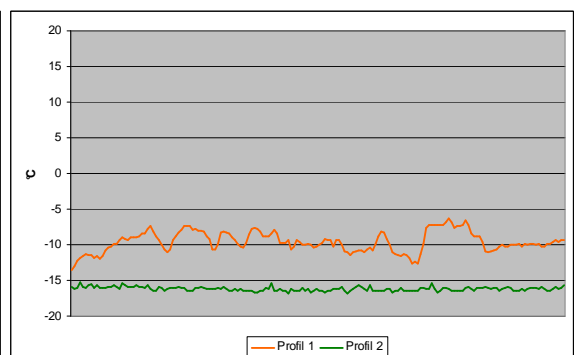


22:45



2. 2. 2012

12:00



22:45

**Obř. 28:** Grafy teplotnřch profilů lokality Nemilany dle data a řasu

**Tab. 11:** Povrchové teploty (°C ) vybraných profilů lokality Nemilany (Profil 1 = Městská zástavba, Profil 2 = Vegetace)

Datum	Plocha	Den			Noc			Rozdíl T <sub>prům</sub>
		T <sub>prům</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	T <sub>prům</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	
19.4. 2011	Profil 1	22,1 °C	18,3 °C	28,5 °C	10,7 °C	8,1 °C	12,6 °C	11,4 °C
	Profil 2	17,6 °C	16,6 °C	19,9 °C	7,8 °C	6,6 °C	8,8 °C	9,8 °C
25.8. 2011	Profil 1	32,6 °C	27,4 °C	39,8 °C	24,1 °C	22,5 °C	26,1 °C	8,5 °C
	Profil 2	29,3 °C	27,7 °C	31,7 °C	19,7 °C	18,3 °C	21,6 °C	9,6 °C
4.10. 2011	Profil 1	25,8 °C	20,5 °C	32,6 °C	14,1 °C	10,9 °C	16,9 °C	11,7 °C
	Profil 2	23,2 °C	20,8 °C	25,3 °C	10,0 °C	9,0 °C	11,1 °C	13,2 °C
2.2. 2012	Profil 1	3,2 °C	-5,6 °C	17,5 °C	-9,5 °C	-13,5 °C	-6,3 °C	12,7 °C
	Profil 2	-8,3 °C	-9,4 °C	-5,6 °C	-16,1 °C	-16,9 °C	-15,2 °C	7,8 °C

## Shrnutí

Pro srovnání teplot na této lokalitě bylo využito dvou teplotních profilů. První reprezentuje město a je veden jihozápadním okrajem Olomouce, kde se nachází převážně panelová sídliště. Druhý profil je veden přes vegetaci, ve které dominují keřové porosty.

Emisivita byla u obou povrchů nastavena na hodnotu 0,93. Pro přírodní povrchy je tato hodnota přirozená a pro městské prostředí ji není možné přesně nastavit kvůli množství odlišných materiálů, které se zde vyskytují.

Z grafů je patrné, že teplota vegetace je vyrovnaná, k větším rozdílům maximálních a minimálních teplot dochází ve dne a jsou zapříčiněny různou výškou a hustotou vegetace. Teplotní profil městského prostředí je velmi členitý, nejvíc v období pozitivní energetické bilance. Výrazné vrcholy na městském profilu značí osluněné stěny budov. Po západu Slunce se rozdíly maximálních a minimálních teplot snižují. V noci také lépe vyniknou rozdíly mezi městem a vegetací, rozdíly jejich průměrných teplot jsou vyšší, než ve dne.

V zimním období byly ve dne naměřeny největší rozdíly mezi minimální a maximální teplotou. Týkají se městského prostředí a jsou patrné z profilu 1 (graf z 2. 2. 2012, 12:00). Tyto extrémy mají za následek i vysokou průměrnou teplotu, která je o 11,5 °C vyšší, než průměrná teplota sledované vegetace.



## 7.9 Lokalita č. 9: SMETANOVY SADY

### Geografický popis

Nadmořská výška: 215 m

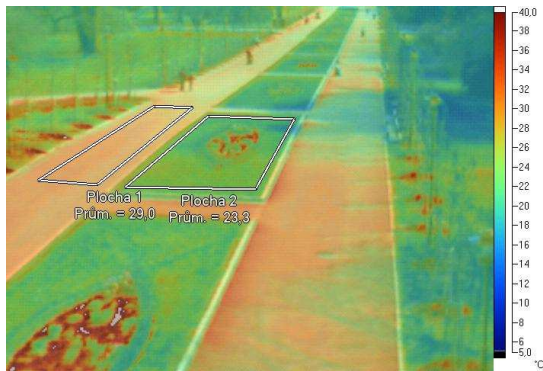
Zeměpisná poloha stanoviště: 49°35'22.817" s. z. š., 17°14'48.615" v. z. d.

Snímky byly pořízeny z nadchodu spojujícího Smetanovy a Čechovy sady. Na snímcích je Rudolfova alej, hlavní alej Smetanových sadů, z pohledu od severozápadu směrem na jihovýchod. Jedná se o jeden z hlavních olomouckých parků, které lemují centrum města. V roce 2010 prošla tato část aleje celkovou obnovou. Asfaltové chodníky jsou lemovány nově vysazenými mladými listnatými stromy. Uprostřed mezi chodníky se nachází jasně ohraničené trávničky a květinové záhony. V nejbližším okolí aleje jsou patrné parkové trávničky, skupiny stromů a další parková vegetace.

Pro srovnání byly vybrány 2 plochy, jedna travnatá se záhonem a jedna asfaltová, na kterých byly pozorovány změny související s množstvím dopadajícího slunečního záření v různých částech roku.

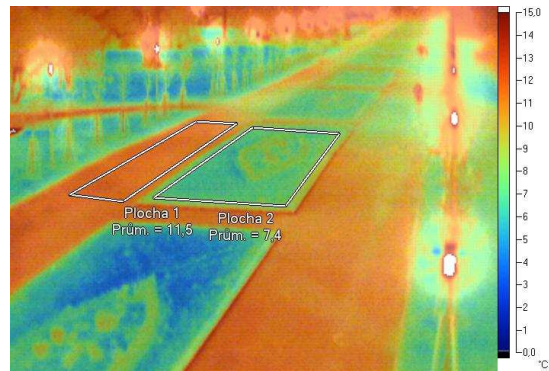


**Obr. 29:** Smetanovy sady (foto: Barbora Dosoudilová, 2012)



19. 4. 2011

12:30

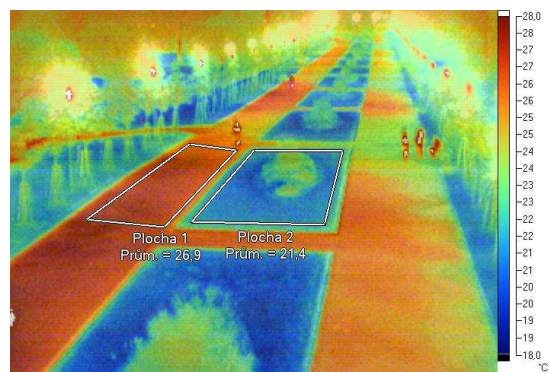


21:45

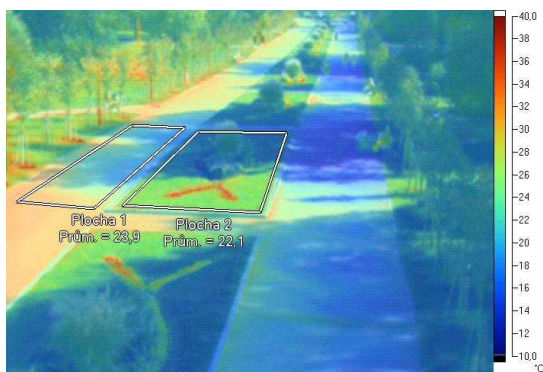


25. 8. 2011

12:30

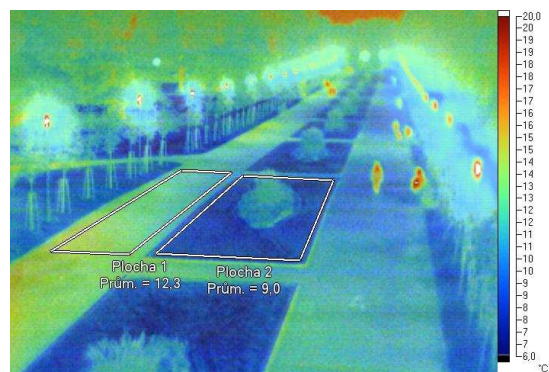


21:45

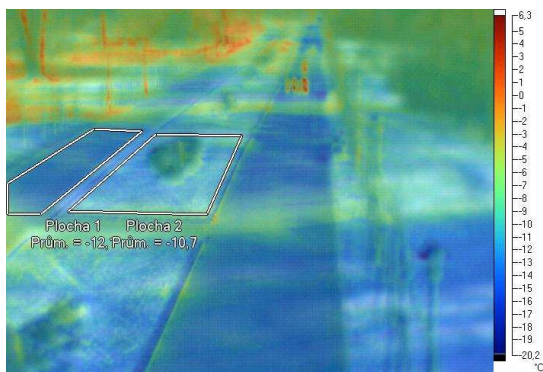


4. 10. 2011

12:30

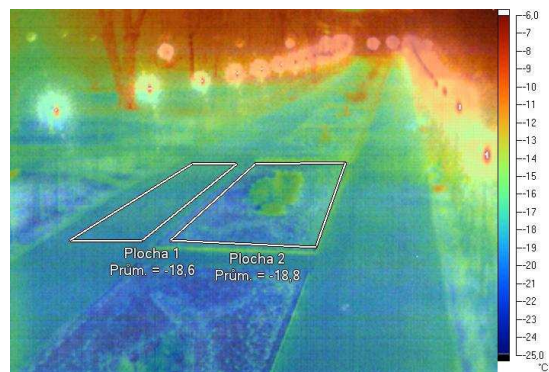


21:45



2. 2. 2012

12:30



21:45

**Obr. 30:** Termální snímky lokality Smetanovy sady dle data a času

**Tab. 12:** Povrchové teploty (°C) vybraných ploch lokality Smetanovy sady (Plocha 1 = Chodník (asfalt), Plocha 2 = Trávník)

Datum	Plocha	Den			Noc			Rozdíl T <sub>prům</sub>
		T <sub>prům</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	T <sub>prům</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	
19.4. 2011	Plocha 1	29,0 °C	26,6 °C	30,1 °C	11,5 °C	8,9 °C	12,5 °C	17,5 °C
	Plocha 2	23,3 °C	16,8 °C	36,6 °C	7,4 °C	5,4 °C	11,9 °C	15,9 °C
25.8. 2011	Plocha 1	45,1 °C	36,5 °C	46,3 °C	26,9 °C	21,5 °C	27,7 °C	18,2 °C
	Plocha 2	30,4 °C	26,2 °C	40,8 °C	21,4 °C	19,8 °C	24,1 °C	9,0 °C
4.10. 2011	Plocha 1	23,9 °C	16,9 °C	31,7 °C	12,3 °C	8,1 °C	14,4 °C	11,6 °C
	Plocha 2	22,1 °C	14,4 °C	36,5 °C	9,0 °C	7,1 °C	12,5 °C	13,1 °C
2.2. 2012	Plocha 1	-12,1 °C	-14,6 °C	-8,3 °C	-18,6 °C	-19,7 °C	-17,4 °C	6,5 °C
	Plocha 2	-10,7 °C	-13,9 °C	4,2 °C	-18,8 °C	-22,2 °C	-14,0 °C	8,1 °C

## Shrnutí

Na zimních snímcích jsou travnaté plochy pokryté sněhem, chodníky jsou holé. Emisivita sněhu je 0,85 (Elso.sk), na zimních snímcích byla tedy emisivita u zasněžených ploch (plocha č. 2) přenastavena na tuto hodnotu.

Oslunění sledovaných ploch je silně ovlivněno ročním obdobím a s tím související výškou Slunce nad obzorem. V letním období je celá alej dobře osluněna, pouze v pravé části snímků je patrné zastínění okolními stromy. V zimním období, kdy je výška Slunce nad obzorem nízká, je zastínění aleje mnohem výraznější. Efekt je navíc umocněn tím, že jsou plochy zastíněny převážně neopadavými jehličnatými stromy.

V pravé části chodníku je možné pozorovat, že jeho části, které byly na denních snímcích zastíněné, mají i na snímcích pořízených ve večerních hodinách nižší teplotu, zatímco ve dne osluněné plochy si i po západu Slunce drží vyšší teplotu.

Pro srovnání byly vybrány 2 plochy – plocha č. 1 reprezentuje asfaltový povrch chodníku, plocha č. 2 trávník s květinovým záhonem uprostřed. Ideální podmínky, které dají vyniknout teplotním rozdílům sledovaných ploch, panují pouze na jarním a letním snímku. Na podzimním snímku jsou obě plochy částečně zastíněné a v zimním období jsou téměř celé ve stínu okolních stromů. Na druhou stranu je možné na této lokalitě demonstrovat zásadní změny v průběhu roku, důležitost množství dopadajícího slunečního záření na sledované plochy a vliv výšky Slunce nad obzorem.

Největší rozdíly průměrných povrchových teplot byly na zájmových plochách zjištěny při letním měření, kdy teplota plochy č. 1 (chodníku) výrazně převyšovala teplotu plochy č. 2 (trávníku). V období pozitivní energetické bilance činil tento rozdíl 14,7 °C, po západu Slunce 5,5 °C. Na jarních snímcích z 19. 4. 2011 dopadá sluneční záření na plochy pod stejným úhlem, jako 25. 8. 2011, protože poloha Slunce je v tyto dny téměř stejná. Jarní teploty ale nedosahují takových maxim, jako letní, a také zaznamenané rozdíly průměrných povrchových teplot sledovaných ploch jsou nižší. Vyšších hodnot dosahují teploty na asfaltovém povrchu (ploše č. 1), ve dne je rozdíl 5,7 °C a na večerním snímku 4,1 °C.

Na podzimním snímku, kde jsou obě sledované plochy částečně zastíněné, se rozdíly jejich průměrných teplot snižují. Na denním snímku je průměrná teplota plochy č. 1 vyšší pouze o 1,8 °C, ve večerních hodinách je rozdíl o něco vyšší, a to 3,3 °C.

V zimním období, kdy se Slunce nachází nejnižše nad obzorem, leží obě plochy ve stínu okolní vegetace a je tak znemožněno jejich plné oslunění. Tento stav téměř stírá teplotní rozdíly mezi sledovanými plochami. Na denním snímku z 2. 2. 2012 byl naměřen rozdíl jejich průměrných teplot pouze 1,4 °C, přičemž teplejší plochou je tentokrát plocha č. 2. V tomto případě může mít na naměřenou teplotu vliv i sněhová pokrývka na této ploše. Na večerním snímku je rozdíl průměrných teplot téměř zanedbatelný, pouze 0,2 °C.



## 7.10 Lokalita č. 10: RADNICE – SMĚR NOVÁ ULICE

### Geografický popis

Nadmořská výška: 220 m

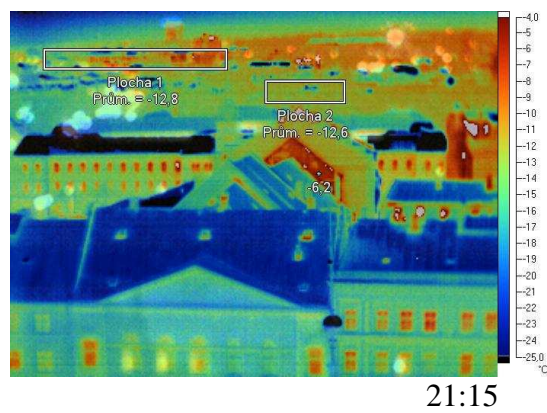
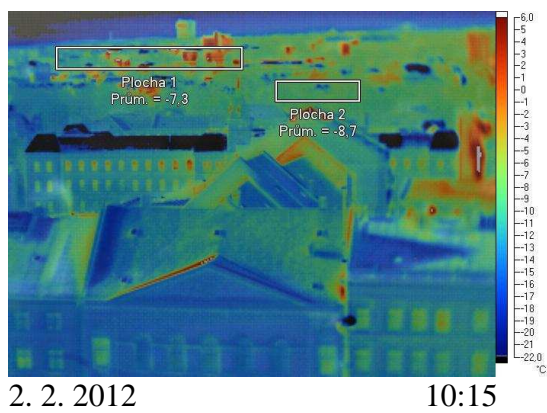
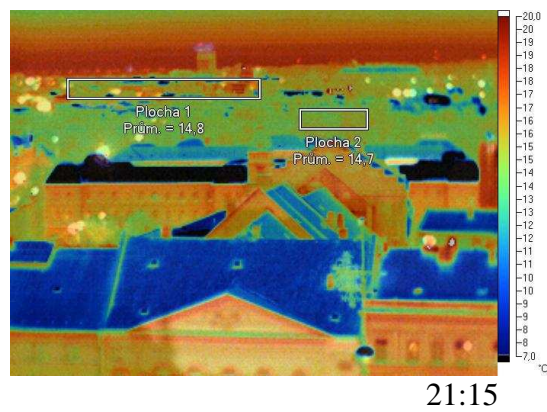
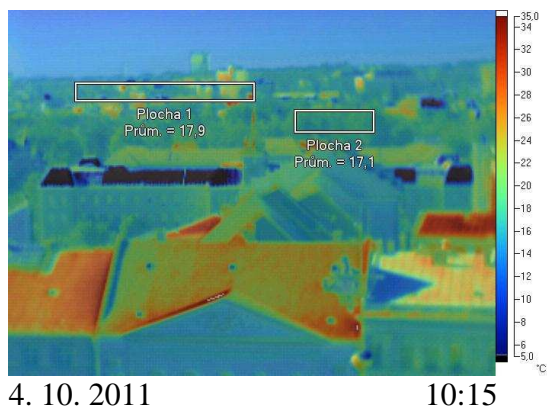
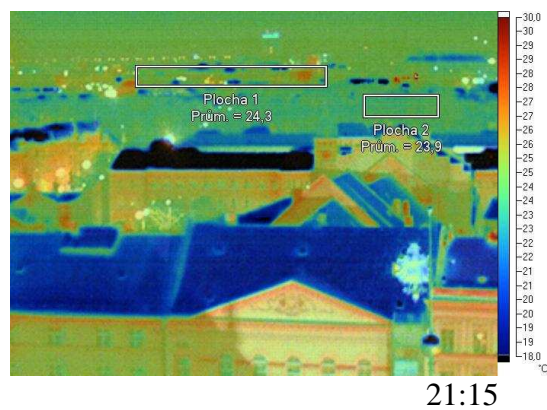
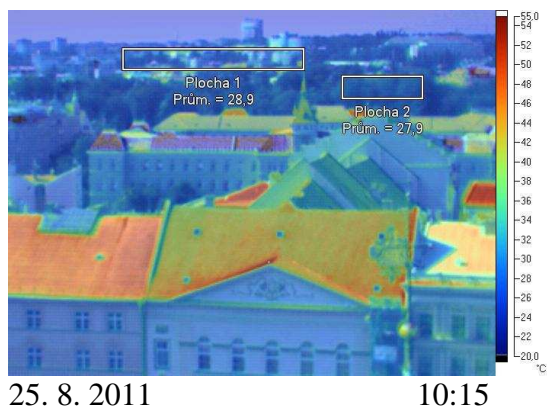
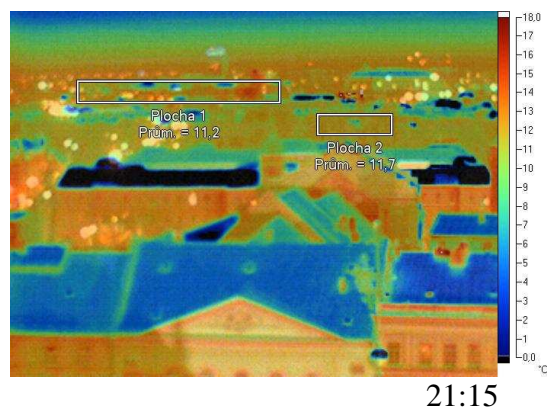
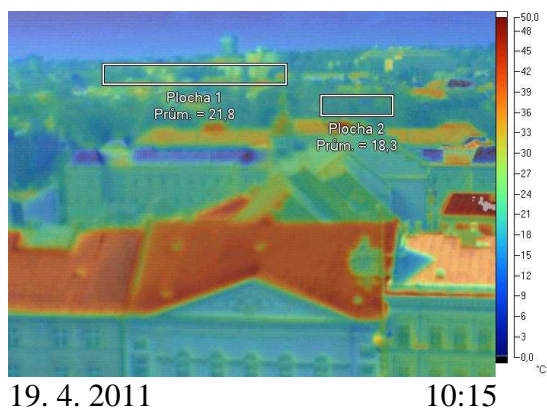
Zeměpisná poloha stanoviště: 49°35'38.528" s. z. š., 17°15'5.672" v. z. d.

Snímky této lokality byly pořízeny z věže olomoucké radnice. Jedná se o pohled směrem na jihozápad. Uprostřed na horizontu je vidět budova vodojemu na I. P. Pavlova, před ní domy v městské části Nová ulice. V popředí snímku se nachází budova Moravského divadla, za ní je vidět komplex okresního soudu. Ve střední části snímku se horizontálně táhne pás městského parku Čechovy sady.

Pro srovnání byly vybrány 2 plochy, první reprezentuje zastavěné plochy na Nové ulici a druhá městský park.



**Obr. 31:** Radnice – směr Nová ulice (foto: Barbora Dosoudilová, 2012)



**Obr. 32:** Termální snímky lokality Radnice – směr Nová ulice dle data a času



**Tab. 13:** Povrchové teploty (°C ) vybraných ploch lokality Radnice – směr Nová ulice  
(Plocha 1 = Zastavěná plocha, Plocha 2 = Park)

Datum	Plocha	Den			Noc			Rozdíl
		T <sub>prům</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	T <sub>prům</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	T <sub>prům</sub>
19.4. 2011	Plocha 1	21,8 °C	15,1 °C	34,6 °C	11,2 °C	0,5 °C	14,8 °C	10,6 °C
	Plocha 2	18,3 °C	15,3 °C	22,6 °C	11,7 °C	5,8 °C	12,5 °C	6,6 °C
25.8. 2011	Plocha 1	28,9 °C	17,9 °C	43,6 °C	24,3 °C	16,6 °C	26,7 °C	4,6 °C
	Plocha 2	27,9 °C	25,8 °C	35,4 °C	23,9 °C	22,9 °C	24,9 °C	4,0 °C
4.10. 2011	Plocha 1	17,9 °C	8,8 °C	30,1 °C	14,8 °C	-1,4 °C	19,1 °C	3,1 °C
	Plocha 2	17,1 °C	15,9 °C	19,0 °C	14,7 °C	13,5 °C	16,1 °C	2,4 °C
2.2. 2012	Plocha 1	-7,3 °C	-30,0 °C	11,2 °C	-12,8 °C	-30,0 °C	-3,6 °C	5,5 °C
	Plocha 2	-8,7 °C	-18,3 °C	-5,3 °C	-12,6 °C	-22,9 °C	-10,2 °C	3,9 °C

### Shrnutí

Sledované plochy této lokality vynikají poměrně malými rozdíly mezi denní a večerní průměrnou teplotou. Je však nutné vzít v úvahu, že se jedná o pohled ze severovýchodu, tedy ze strany, která není plně osluněna. Nejvyššího rozdílu bylo dosaženo na ploše č. 1 dne 19. 4. 2011, kdy rozdíl průměrných teplot na denním a večerním snímku činil 10,6 °C.

Současně jsou vybrané plochy zajímavé i malými rozdíly v průměrných teplotách. Na denních snímcích je rozdíl průměrných teplot obou ploch v každém z monitorovaných dnů maximálně 3,5 °C (tohoto rozdílu bylo dosaženo na jarním snímku), přičemž vyšší teploty byly naměřeny vždy na ploše č. 1. Rozdíl průměrných teplot na večerních snímcích je nanejvýš 0,5 °C. Přitom vlastnosti sledovaných ploch jsou odlišné, plocha č. 1 dosahuje vysokých rozdílů mezi minimální a maximální naměřenou teplotou, její povrch je různorodý a členitý, převažují na něm obytné budovy. Plocha č. 2 reprezentuje městský park, povrch je tvořen převážně vzrostlými listnatými stromy, rozdíly minimálních a maximálních teplot nejsou tak vysoké.

Za pozornost stojí také stěna domu na večerním snímku z 2. 2. 2012, která se nachází přibližně uprostřed snímku. Její teplota je podstatně vyšší, než u okolních domů, což značí velké tepelné úniky a pravděpodobně nedostatečnou izolaci této budovy.

## 7.11 Lokalita č. 11: VODOJEM – KASKÁDOVÉ DOMY

### Geografický popis

Nadmořská výška: 240 m

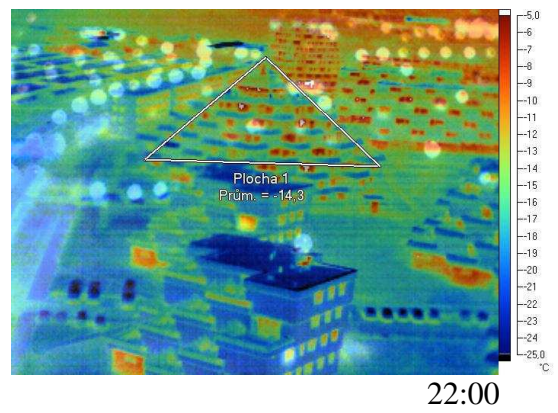
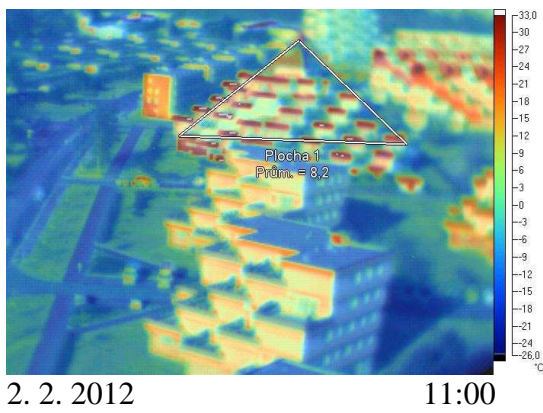
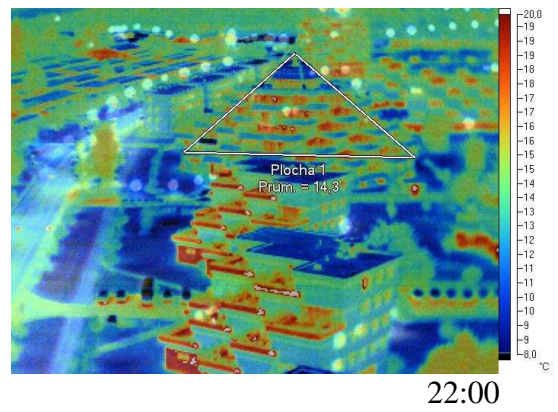
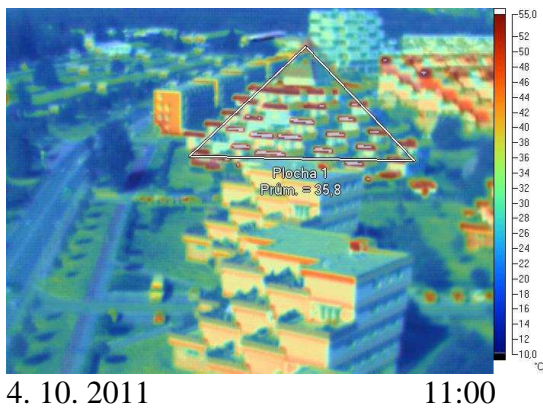
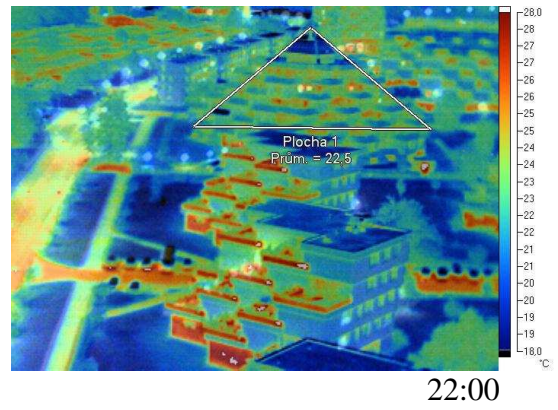
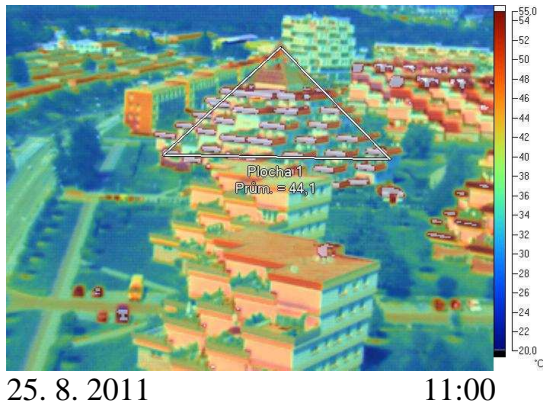
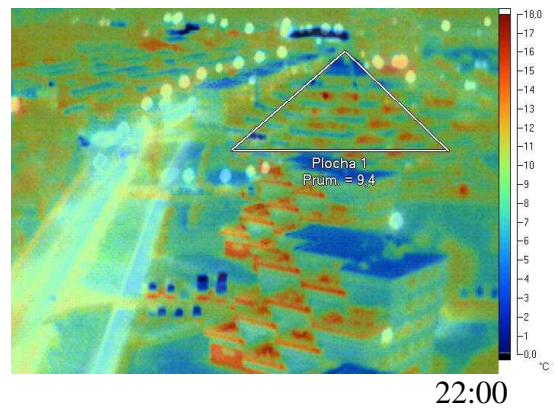
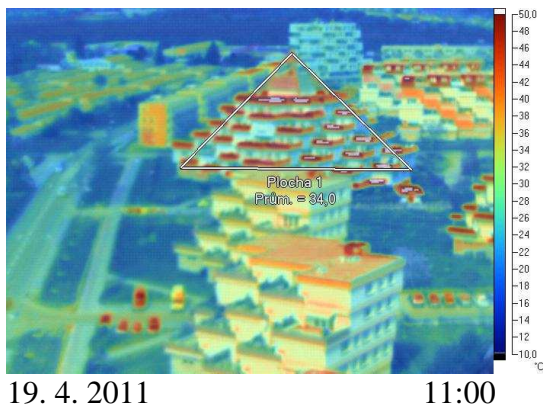
Zeměpisná poloha stanoviště: 49°34'44.129" s. z. š., 17°13'47.770" v. z. d.

Snímky této lokality byly pořízeny z budovy vodojemu. Jedná se o pohled směrem na severozápad. V levé části snímku prochází ulice Okružní. Ve středu a v pravé části snímku se nachází moderní kaskádové bytové domy. Ty jsou od silnice odděleny travnatými plochami a stezkou pro pěší a cyklisty.

Sledována byla povrchová teplota jednoho z kaskádových domů.



**Obr. 33:** Vodojem – kaskádové domy (foto: Barbora Dosoudilová, 2011)



**Obr. 34:** Termální snímky lokality Vodojem – kaskádové domy dle data a času

**Tab. 14:** Povrchové teploty (°C ) vybraných ploch lokality Vodojem – kaskádové domy  
(Plocha 1 = Kaskádový dům)

Datum	Plocha	Den			Noc			Rozdíl
		T <sub>prům</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	T <sub>prům</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	T <sub>prům</sub>
19.4. 2011	Plocha 1	34,0 °C	21,0 °C	53,6 °C	9,4 °C	-3,0 °C	17,9 °C	24,6 °C
25.8. 2011	Plocha 1	44,1 °C	30,0 °C	64,5 °C	22,5 °C	15,5 °C	26,5 °C	21,6 °C
4.10. 2011	Plocha 1	35,8 °C	19,9 °C	59,1 °C	14,3 °C	1,0 °C	23,4 °C	21,5 °C
2.2. 2012	Plocha 1	8,2 °C	-11,9 °C	35,0 °C	-14,3 °C	-24,5 °C	0,3 °C	22,5 °C

### Shrnutí

Sledovanou plochu tvoří kaskádový dům ve tvaru pyramidy. Na snímcích je viditelná jeho jižní a východní strana. Na budově jsou zastoupeny materiály různých vlastností, proto rozdíly mezi minimálními a maximálními povrchovými teplotami jsou vysoké, zejména v denních hodinách, kdy je plocha vystavena dopadu přímého slunečního záření.

Vysoké jsou i rozdíly průměrných denních a nočních povrchových teplot. V průběhu roku byly tyto rozdíly téměř konstantní, nepatrně vyšší rozdíl byl zaznamenán v jarním období, kdy činil 24,6 °C.



## 7.12 Lokalita č. 12: MORAVA – TŘÍDA KOSMONAUTŮ

### Geografický popis

Nadmořská výška: 210 m

Zeměpisná poloha stanoviště: 49°35'22.818" s. z. š., 17°15'51.682" v. z. d.

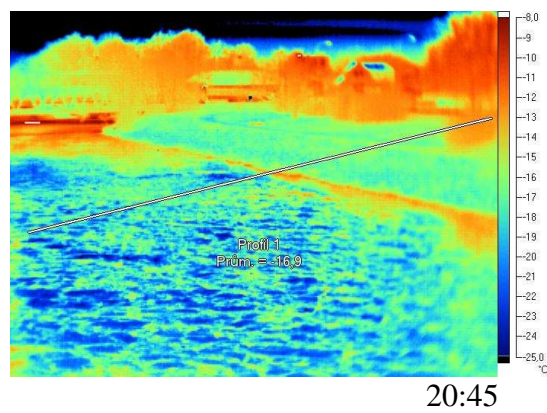
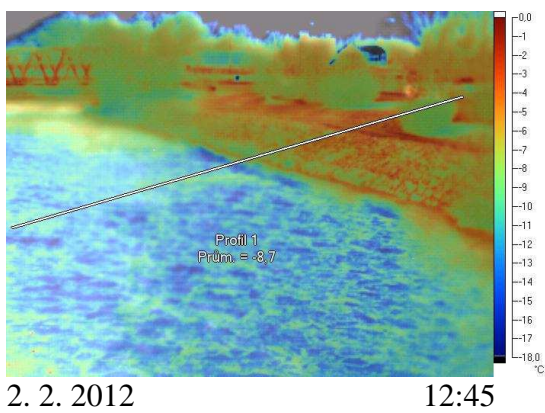
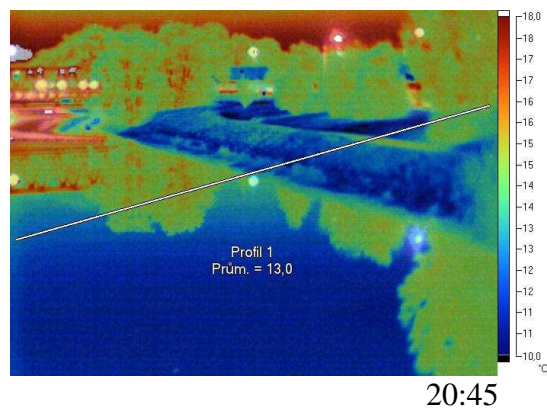
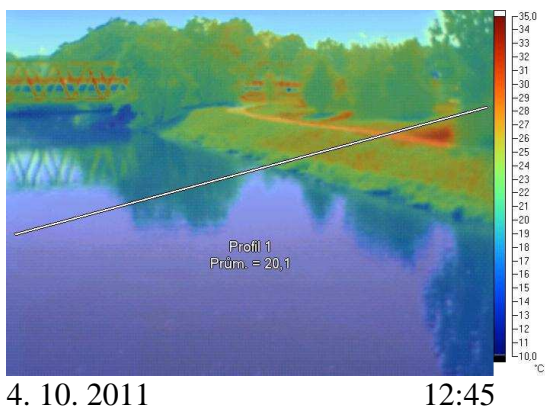
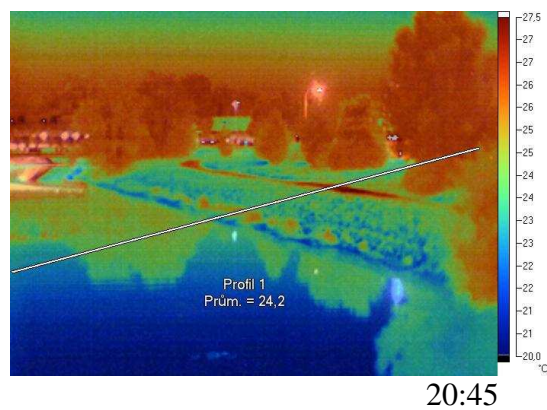
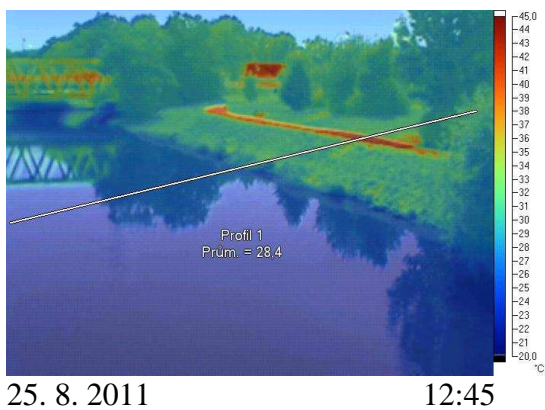
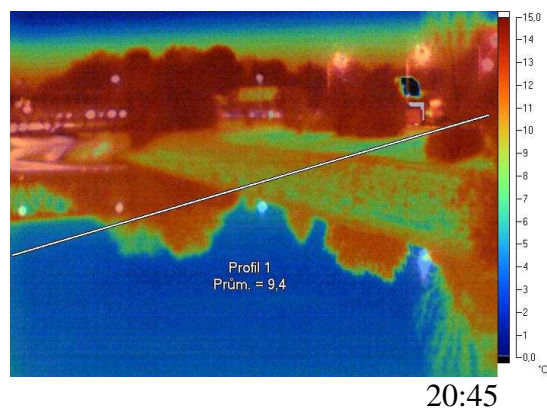
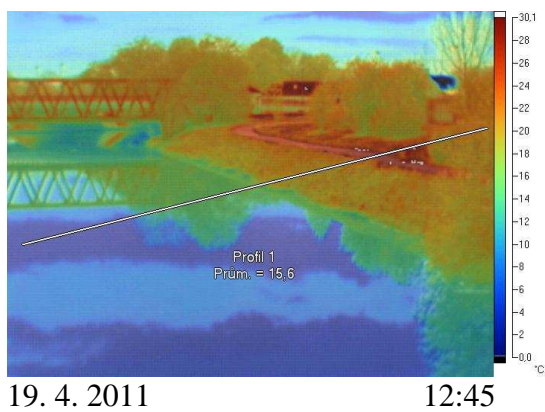
Pohled z mostu přes řeku Moravu na třídě Kosmonautů směrem na jih. Vpravo je břeh řeky Moravy, který je v této části převážně travnatý. Po břehu vede stezka pro chodce a cyklisty. Na pravém okraji snímku je patrná břehová vegetace v podobě vrb. V pozadí je vidět železniční most přes řeku.

Na této lokalitě byly vyhodnocovány povrchové teploty z profilu, jež byl veden přes vodní hladinu, travnatý břeh, asfaltovou cestu a keřové porosty.

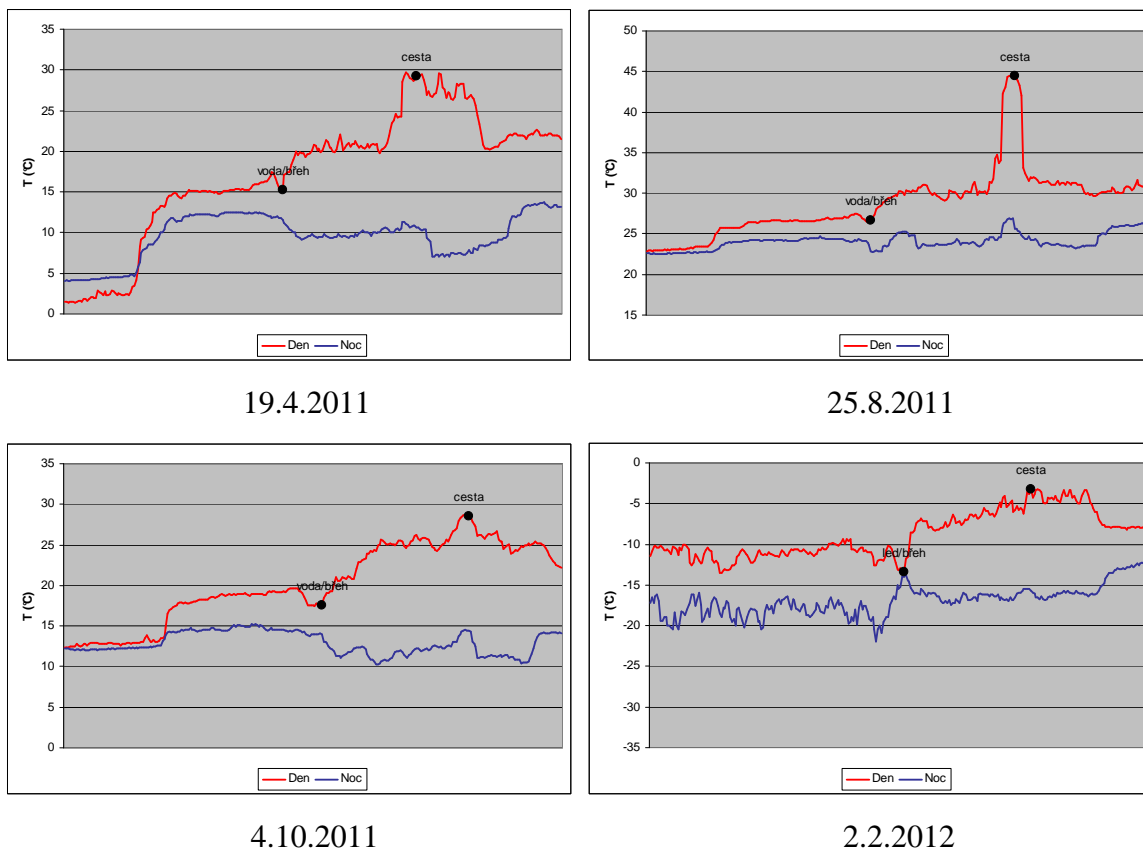


**Obr. 35:** Morava – Třída Kosmonautů (foto: Barbora Dosoudilová, 2012)





**Obr. 36:** Termální snímky lokality Morava – Třída Kosmonautů dle data a času



**Obř. 37:** Grafy teplotních profilů ze sledovaných dnů na lokalitě Morava – Třída Kosmonautů

**Tab. 15:** Povrchové teploty (°C ) vybraných profilů lokality Morava – Třída Kosmonautů

Datum	Plocha	Den			Noc			Rozdíl $T_{prům}$
		$T_{prům}$	$T_{min}$	$T_{max}$	$T_{prům}$	$T_{min}$	$T_{max}$	
19.4. 2011	Profil 1	15,6 °C	1,3 °C	29,7 °C	9,4 °C	4,0 °C	13,8 °C	6,2 °C
25.8. 2011	Profil 1	28,4 °C	22,8 °C	44,5 °C	24,2 °C	22,3 °C	27,3 °C	4,2 °C
4.10. 2011	Profil 1	20,1 °C	12,1 °C	28,6 °C	13,0 °C	10,4 °C	15,2 °C	7,1 °C
2.2. 2012	Profil 1	-8,7 °C	-13,9 °C	-2,4 °C	-16,9 °C	-21,4 °C	-12,3 °C	8,2 °C

## Shrnutí

Na zimních snímcích je Morava zamrzlá. Emisivita ledu je udávána 0,96 – 0,98 (Elsosk), při nastavení na tuto hodnotu se ale povrchová teplota sledovaných ploch nijak nezměnila. Protože jsou zde zastoupeny i jiné typy aktivních povrchů, bylo nastavení emisivity ponecháno na hodnotě 0,93.

K nejvýraznějším změnám mezi denní a noční průměrnou teplotou dochází v zimním období. Je to způsobeno zamrzlou vodní hladinou, jejíž povrchová teplota se během dne poměrně rychle mění. Na letním a podzimním snímku je denní a noční teplota vodní plochy téměř vyrovnaná. Pouze na jarním snímku je vodní hladina v noci teplejší, než ve dne.

Při použití termální kamery k měření povrchové teploty vody může dojít k jejímu nepřesnému vyhodnocení. Vodní plocha je lesklá, proto může odrážet obrazy okolních objektů nebo oblohu. Kamera pak z vodní hladiny vyhodnotí zkreslenou teplotu odraženého objektu. Na snímcích této lokality je na vodní hladině možné pozorovat odraz okolní vegetace, na denním snímku z 19. 4. 2011 je patrný i odraz oblačnosti.

Z grafů teplotních profilů lze snadno identifikovat přechody mezi různými typy aktivních povrchů a sledovat jejich rozdílné vlastnosti v průběhu roku. Nejvýraznější plochou je asfaltová stezka na břehu řeky, která zejména v letním období svou vysokou teplotou převyšuje všechny přírodní povrchy ve svém okolí a její vyšší teplota přetrvává i po západu Slunce.

Největší teplotní amplituda byla zaznamenána při jarním denním měření, kdy rozdíl minimální a maximální teploty zaznamenané v teplotním profilu činí 28,4 °C. Na jarních snímcích je zajímavý rozdíl teplot travnatých ploch. Jedná se o rovnou plochu vpravo od stezky a ukloněný břeh, který je orientovaný na východ. Na denním snímku je teplota rovné plochy přibližně o 6 °C vyšší, než teplota břehu, zatímco na večerním snímku má vyšší teplotu břeh, a to zhruba o 2,5 °C. Na snímcích z ostatních období roku jsou teplotní rozdíly mezi těmito plochami minimální, což znamená, že jejich rozdílný sklon v tomto případě nemá na povrchovou teplotu výrazný vliv. Určující je typ aktivního povrchu, který je sice u obou ploch travnatý, ale v průběhu roku může podléhat změnám. V době pořízení jarních snímků byl pravděpodobně trávník na rovné ploše nižší a řidší, než na břehu. Docházelo tak k jeho rychlejšímu prohřátí a po západu Slunce tato plocha rychleji chladla, zatímco plocha břehu s vyšším vegetačním krytem nepodléhala tak rychlým teplotním změnám.



## 7.13 Lokalita č. 13: SAMOTIŠKY

### Geografický popis

Nadmořská výška: 340 m

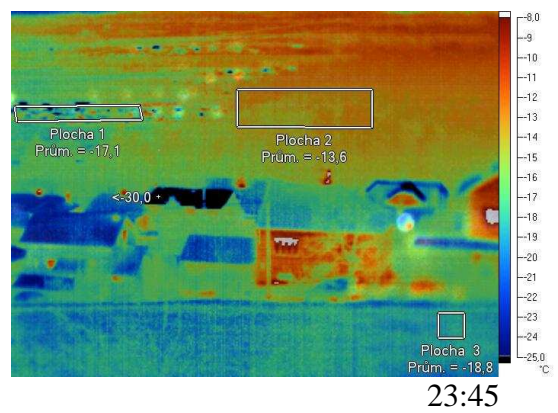
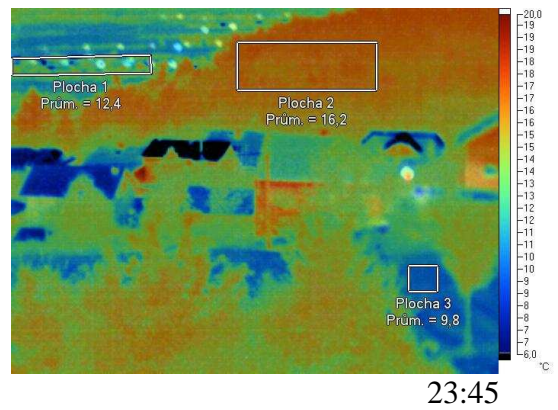
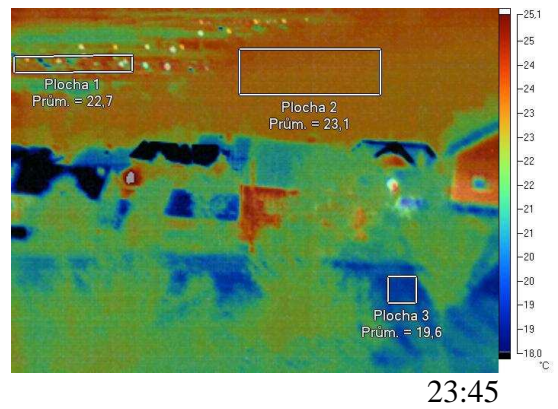
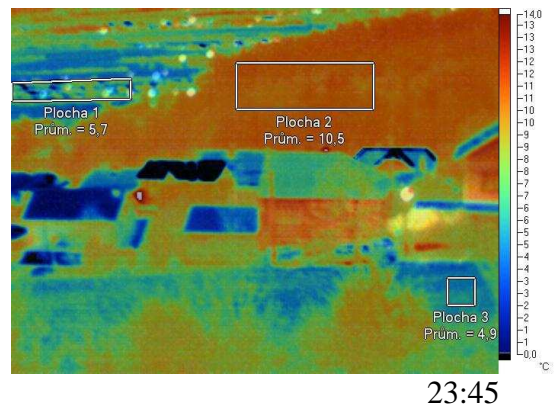
Zeměpisná poloha stanoviště: 49°37'51.391" s. z. š., 17°20'18.332" v. z. d.

Jedná se o pohled ze Svatého Kopečka směrem na severozápad. Na snímku se nachází horní část obce Samotišky a nad ní jehličnatý les, ležící na svahu orientovaném na jihozápad. V popředí je vidět část louky, která leží na západně orientovaném svahu. Pozadí snímku tvoří zemědělské plochy, ze kterých vystupují obce Tověř, Dolany a Bohuňovice. Vzdálenost této lokality od centra Olomouce je přibližně 7,5 km.

Do srovnání byly vybrány 3 plochy – obec Tověř, která reprezentuje vesnickou zástavbu, jehličnatý les a louka.



**Obr. 38:** Samotišky (foto: Barbora Dosoudilová, 2012)



**Obr. 39:** Termální snímky lokality Samotišky dle data a času



**Tab. 16:** Povrchové teploty (°C ) vybraných ploch lokality Samotišky (Plocha 1 = Vesnice, Plocha 2 = Les, Plocha 3 = Louka)

Datum	Plocha	Den			Noc			Rozdíl
		T <sub>prům</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	T <sub>prům</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	T <sub>prům</sub>
19.4. 2011	Plocha 1	22,0 °C	8,9 °C	34,3 °C	5,7 °C	-5,6 °C	9,0 °C	16,3 °C
	Plocha 2	18,3 °C	16,3 °C	20,8 °C	10,5 °C	9,5 °C	11,1 °C	7,8 °C
	Plocha 3	18,9 °C	17,6 °C	21,2 °C	4,9 °C	4,3 °C	5,6 °C	14,0 °C
25.8. 2011	Plocha 1	34,3 °C	28,5 °C	43,6 °C	22,7 °C	17,2 °C	24,0 °C	11,6 °C
	Plocha 2	31,2 °C	30,4 °C	32,6 °C	23,1 °C	23,0 °C	23,6 °C	8,1 °C
	Plocha 3	29,6 °C	28,5 °C	31,5 °C	19,6 °C	19,2 °C	20,6 °C	10,0 °C
4.10. 2011	Plocha 1	27,4 °C	22,0 °C	33,8 °C	12,4 °C	3,9 °C	15,5 °C	15,0 °C
	Plocha 2	23,6 °C	22,5 °C	24,7 °C	16,2 °C	15,5 °C	17,0 °C	7,4 °C
	Plocha 3	24,1 °C	22,4 °C	25,3 °C	9,8 °C	9,4 °C	10,8 °C	14,3 °C
2.2. 2012	Plocha 1	-4,5 °C	-19,2 °C	9,3 °C	-17,1 °C	-30,0 °C	-11,3 °C	12,6 °C
	Plocha 2	-8,7 °C	-10,6 °C	-7,2 °C	-13,6 °C	-14,9 °C	-12,3 °C	4,9 °C
	Plocha 3	-12,7 °C	-13,4 °C	-12,2 °C	-18,8 °C	-19,7 °C	-18,0 °C	6,1 °C

## Shrnutí

V době pořízení zimních snímků byla louka (plocha č. 3) pokrytá sněhem. Emisivita této plochy byla proto u snímků z 2. 2. 2012 nastavena na hodnotu 0,85, která odpovídá hodnotě emisivity sněhu (Elso.sk).

Snímky této lokality byly v každé sérii pořizovány jako poslední, při večerním měření tedy nejdelší dobu po západu Slunce, přibližně o 2,5 hodiny později, než snímky z centra města.

K největším rozdílům průměrných teplot v průběhu dne dochází na ploše č. 1, která charakterizuje vesnickou zástavbu a převládají na ní umělé povrchy. Zároveň je tato plocha v období pozitivní energetické bilance nejteplejší plochou na této lokalitě ve všech sledovaných dnech a díky nehomogennímu povrchu má nejvyšší rozdíly mezi minimální a maximální naměřenou teplotou. Přírodní plochy č. 2 a 3 se vyznačují přibližně stejnými hodnotami průměrných denních teplot, výjimku tvoří nižší teplota plochy č. 3 na zimním snímku, kde je louka pod sněhovou pokrývkou. V tomto případě je průměrná teplota louky (respektive sněhové pokrývky) o 4 °C nižší, než průměrná teplota lesa.

V období negativní energetické bilance dosahují nejvyšších průměrných i maximálních hodnot teploty na ploše č. 2, a to ve všech obdobích roku. Tato plocha s hustým lesním porostem je teplotně nejstabilnější. Nejvyšší rozdíl mezi denní a noční průměrnou teplotou byl naměřen v letním období a činil pouze 8,1 °C

## 7.14 Lokalita č. 14: BUKOVANY

### Geografický popis

Nadmořská výška: 270 m

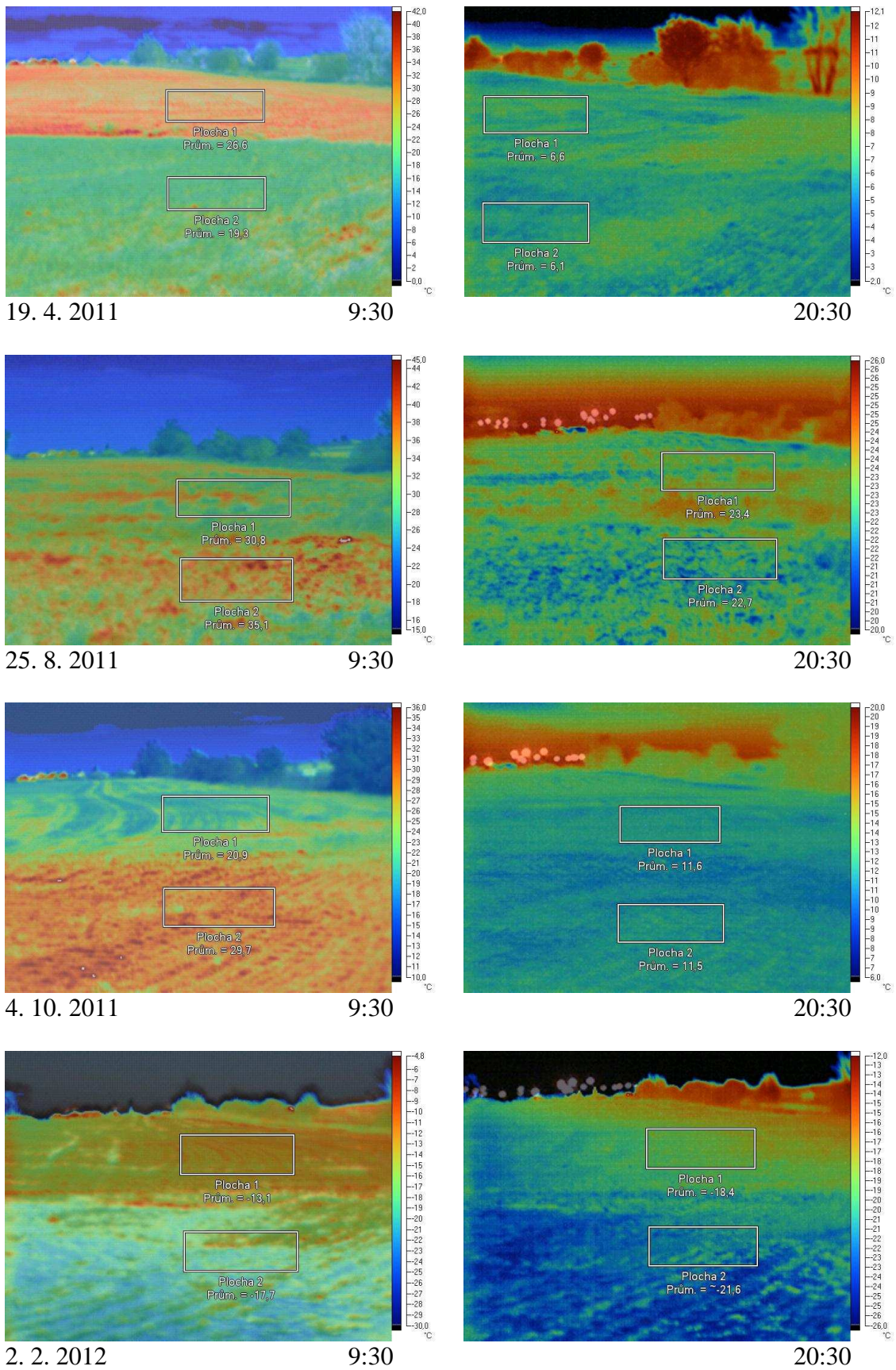
Zeměpisná poloha stanoviště: 49°36'23.479" s. z. š., 17°20'29.697" v. z. d.

Sledovaná lokalita se nachází na západním okraji obce Bukovany. Přímá vzdálenost této lokality od centra Olomouce je přibližně 6,5 km. Na snímcích dominují zemědělské plochy, je zde patrná hranice mezi dvěma poli, která leží na mírně ukloněném svahu orientovaném k jihu. V pozadí vede silnice spojující obce Bukovany a Droždín, podél ní se vyskytují nepravidelné porosty stromů a keřů.

Sledovány zde byly 2 zemědělské plochy a vývoj jejich povrchových teplot během roku v závislosti na měnících se vlastnostech aktivního povrchu.



**Obr. 40:** Bukovany (foto: Barbora Dosoudilová, 2011)



**Obr. 41:** Termální snímky lokality Bukovany dle data a času

**Tab. 17:** Povrchové teploty (°C) vybraných ploch lokality Bukovany (Plocha 1 = Pole, Plocha 2 = Pole)

Datum	Plocha	Den			Noc			Rozdíl T <sub>prům</sub>
		T <sub>prům</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	T <sub>prům</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	
19.4. 2011	Plocha 1	26,6 °C	21,8 °C	35,3 °C	6,6 °C	5,6 °C	7,5 °C	20,0 °C
	Plocha 2	19,3 °C	17,4 °C	30,4 °C	6,1 °C	5,3 °C	7,1 °C	13,2 °C
25.8. 2011	Plocha 1	30,8 °C	27,2 °C	37,3 °C	23,4 °C	22,2 °C	24,4 °C	7,4 °C
	Plocha 2	35,1 °C	29,4 °C	44,4 °C	22,7 °C	20,8 °C	23,9 °C	12,4 °C
4.10. 2011	Plocha 1	20,9 °C	18,6 °C	27,3 °C	11,6 °C	11,0 °C	12,1 °C	9,3 °C
	Plocha 2	29,7 °C	22,9 °C	35,7 °C	11,5 °C	10,6 °C	12,4 °C	18,2 °C
2.2. 2012	Plocha 1	-13,1 °C	-15,2 °C	-11,6 °C	-18,4 °C	-19,7 °C	-16,7 °C	5,3 °C
	Plocha 2	-17,7 °C	-21,2 °C	-11,4 °C	-21,6 °C	-24,7 °C	-18,7 °C	3,9 °C

## Shrnutí

Na této lokalitě je možné dobře pozorovat teplotní rozdíly způsobené vývojem aktivních povrchů a změnami jejich vlastností v průběhu roku. Je to jedna ze základních vlastností, kterými přírodní povrchy liší od urbanizovaných. Zatímco většina přírodních povrchů podléhá v rámci roku různým změnám, vlastnosti většiny povrchů v městském prostředí jsou během roku téměř neměnné.

Pro srovnání byly vybrány dvě zemědělské plochy. V jarním období byl aktivní povrch plochy č. 1 tvořen zeminou, pole bylo nedávno oseto a vegetace se na něm zatím nevyskytovala. Plocha č. 2 byla ve stejnou dobu poměrně hustě pokryta rostoucím obilím. Půda bez vegetace se zpravidla výrazně rychleji prohřívá, ale po západu Slunce se její povrchová teplota rychle snižuje a obvykle brzy dosahuje nižších teplot, než na plochách s vegetací. Na denním snímku bylo toto pravidlo jednoznačně potvrzeno, protože průměrná teplota pole bez vegetace byla naměřena o 7,3 °C vyšší, než na poli s vegetací. Večerní průměrné teploty obou ploch se lišily pouze o 0,5 °C, vyšší teplotu mělo stále pole bez vegetace. Snímek byl ale pořízen teprve necelé 2 hodiny po západu Slunce, lze tedy předpokládat, že teploty obou ploch se brzy vyrovnaly a nadále klesaly, na ploše bez vegetace rychleji. V jarním období byl také naměřen největší rozdíl průměrných teplot mezi denním a večerním snímkem, který na ploše č. 1 činil 20,0 °C.

Na letních snímcích jsou aktivní povrchy obou ploch velmi podobné. Protože byly snímky pořízeny až koncem srpna, obě pole jsou již po sklizni. Povrch je členitější,



hlinitý se zbytky vegetace. Teploty na obou plochách dosahují podobných hodnot, rozdíl průměrných teplot na denním snímku je 4,3 °C, vyšší teplota byla zaznamenána na ploše č. 2. Ve večerních hodinách je tato plocha chladnější, ale rozdíl průměrných teplot je jen 0,7 °C. To je způsobeno tím, že na ploše č. 1 se vyskytuje více vegetace.

Podzimní snímky vynikají opět odlišnými typy aktivních povrchů na sledovaných plochách. Oproti jarnímu období mají ale plochy opačné vlastnosti. Na ploše č. 1 je již patrný souvislý vegetační pokryv, zatímco plocha č. 2 je čerstvě oseta a zatím bez vegetace. Je tedy možné pozorovat podobné výsledky jako na jarních snímcích, ale obráceně. Opět dochází k větším výkyvům teplot na poli bez vegetace, v tomto případě reprezentované plochou č. 2. Ve dne byl naměřen rozdíl průměrných povrchových teplot 8,8 °C. Při večerním měření byl rozdíl mezi oběma plochami zanedbatelný, pouze 0,1 °C.

V době pořízení zimních snímků byla plocha č. 1 pokrytá vegetací a na ploše č. 2 ležela tenká vrstva sněhové pokrývky. Její emisivita byla v tomto případě přednastavena na hodnotu 0,85 (Elso.sk). Při denním i večerním měření byla zaznamenána vyšší průměrná teplota na poli s vegetací, teplota naměřená na sněhu byla v obou případech nižší. Ve dne činil tento rozdíl 4,6 °C, večer 3,2 °C.

## 7.15 Lokalita č. 15: LOŠOV

### Geografický popis

Nadmořská výška: 350 m

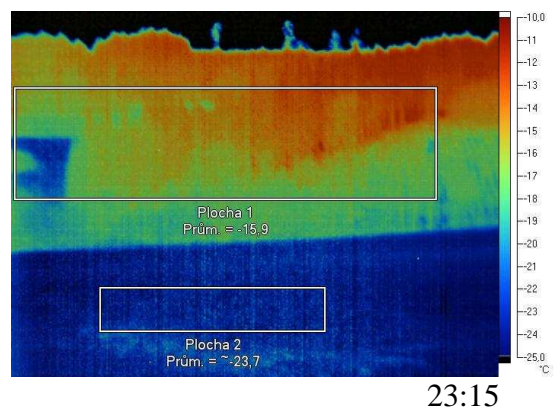
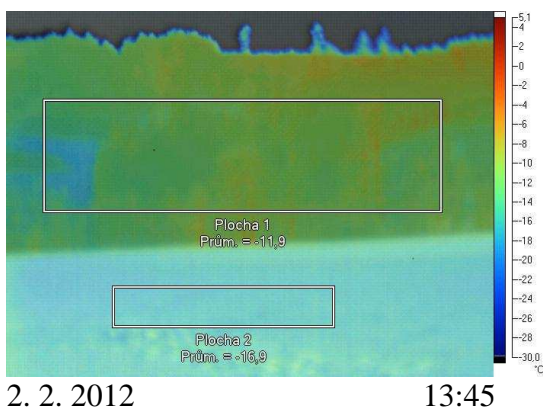
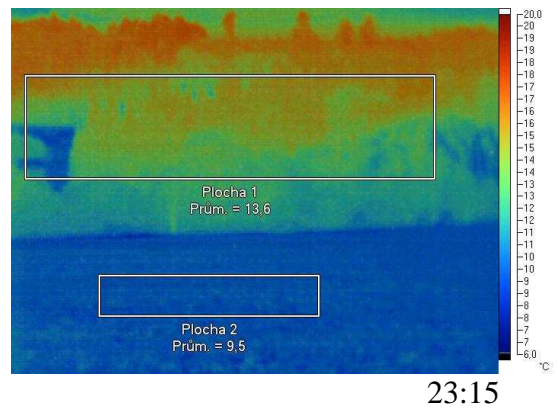
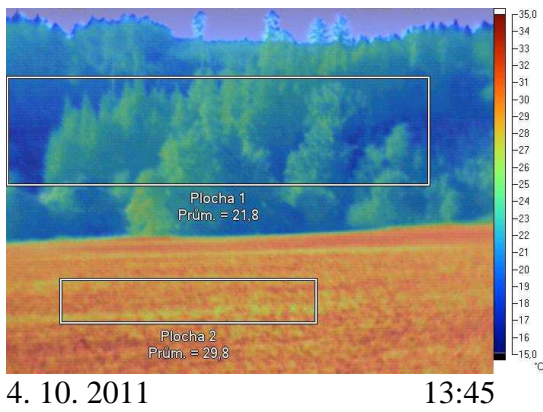
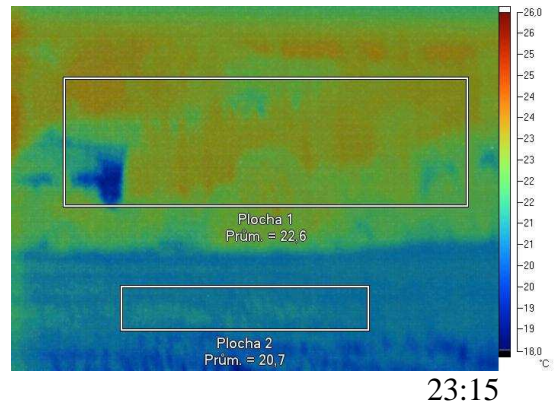
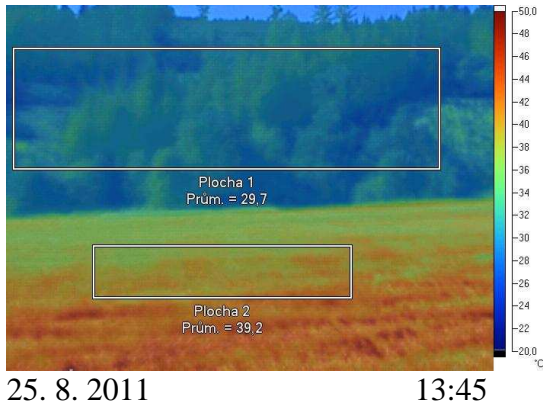
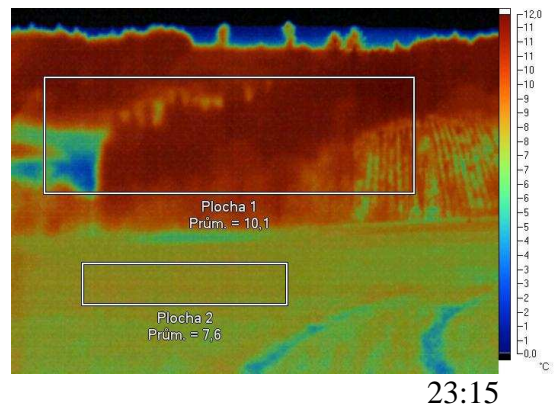
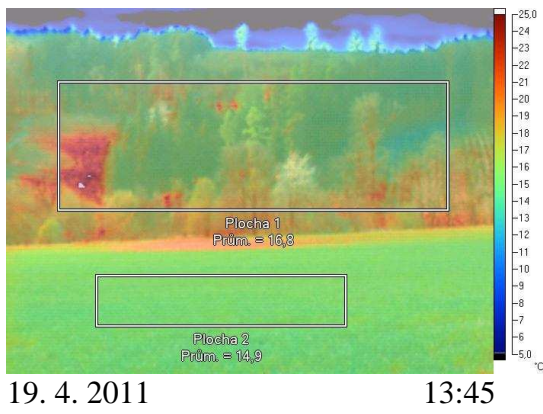
Zeměpisná poloha stanoviště: 49°37'37.293 s. z. š., 17°21'20.324" v. z. d.

Lokalita se nachází nedaleko městské části Lošov, která leží severovýchodně od Olomouce, ve vzdálenosti přibližně 8 km od centra města. Jedná se o pohled směrem na západ. V přední části snímku se nachází zemědělská plocha orientovaná na západ, která je potokem oddělena od protějšího zalesněného svahu s východní orientací. Na této ploše se nachází různé typy lesních porostů – vzrostlý les, lesní školka, ale i čerstvě vykácená plocha.

Vyhodnocována byla povrchová teplota lesních porostů a zemědělské plochy.



**Obr. 42:** Lošov (foto: Barbora Dosoudilová, 2011)



**Obr. 43:** Termální snímky lokality Lošov dle data a času

**Tab. 18:** Povrchové teploty (°C ) vybraných ploch lokality Lošov (Plocha 1 = Les, Plocha 2 = Pole)

Datum	Plocha	Den			Noc			Rozdíl T <sub>prům</sub>
		T <sub>prům</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	T <sub>prům</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	
19.4. 2011	Plocha 1	16,8 °C	13,6 °C	25,9 °C	10,1 °C	2,5 °C	11,9 °C	6,7 °C
	Plocha 2	14,9 °C	14,2 °C	15,9 °C	7,6 °C	7,1 °C	7,9 °C	7,3 °C
25.8. 2011	Plocha 1	29,7 °C	26,5 °C	33,3 °C	22,6 °C	18,9 °C	23,4 °C	7,1 °C
	Plocha 2	39,2 °C	36,5 °C	44,1 °C	20,7 °C	20,2 °C	21,1 °C	18,5 °C
4.10. 2011	Plocha 1	21,8 °C	17,4 °C	25,5 °C	13,6 °C	8,9 °C	16,1 °C	8,2 °C
	Plocha 2	29,8 °C	27,0 °C	32,5 °C	9,5 °C	8,9 °C	10,3 °C	20,3 °C
2.2. 2012	Plocha 1	-11,9 °C	-18,2 °C	3,4 °C	-15,9 °C	-23,4 °C	0,8 °C	4,0 °C
	Plocha 2	-16,9 °C	-17,9 °C	-16,0 °C	-23,7 °C	-25,7 °C	-19,5 °C	6,8 °C

### Shrnutí

Na této lokalitě byly pro srovnání vybrány 2 plochy. První plochou je les, nacházející se na svahu orientovaném na východ. Přesto, že je celá plocha označena jako les, skládá se z několika částí. Většinu plochy zaujímá smrkový les, který v přední části přechází ve smíšený, v levé části sledované plochy se nachází mýtina bez vegetace a v pravé části lesní školka s mladými smrky a hustým travnatým porostem. Celkově si plocha č. 1 zachovává vlastnosti přírodního zalesněného povrchu, ty jsou ale do jisté míry ovlivněny její nehomogenitou. Nejvýraznější je vliv části vykáceného lesa, který přispívá ke zvýšení denní teplotní amplitudy na sledované ploše a průměrnou teplotu naměřenou na ploše č. 1 v denních hodinách zvyšuje a v nočních hodinách naopak snižuje. Podobný je i efekt prostoru s lesní školkou, díky přítomnosti vegetačního krytu ale není zdaleka tak výrazný, jako u vykácené části lesa. Teplotně nejstabilnější je vzrostlý, převážně smrkový, les. Na poměrně malém prostoru se tak vyskytují povrchy, jejichž povrchové teploty jsou rozdílné v závislosti na výšce vegetačního pokryvu. Během roku nedochází k zásadním změnám vlastností této plochy, ani jejích částí. Rozdíly denních a nočních průměrných teplot nejsou vysoké a během roku jsou stabilní.

Na ploše, která byla vykácena, hrozí díky jejímu sklonu, absenci vegetace a velkým výkyvům povrchových teplot zvýšené riziko eroze.

Plocha č. 2 je orientovaná na západ, tvoří ji pole, jehož aktivní povrch se během roku vyvíjí. Na jarních snímcích je pole hustě pokryto rostoucím obilím. V tomto

období byla jeho průměrná teplota ve dne nižší, než teplota plochy č. 1, a to o 1,9 °C. V letním období a na podzim byla průměrná denní teplota na ploše č. 2 vždy výrazně vyšší, což bylo způsobeno změnami v typu aktivního povrchu. Na letních snímcích je pole těsně po sklizni, zatím nezorané, na ploše se nachází zaschlé zbytky obilných klasů. V době pořízení podzimních snímků byla plocha již nově oseta, povrch byl převážně hlinitý, místy už začínalo rašit nové obilí. Na letních a podzimních snímcích byl na této ploše naměřen také výrazný rozdíl mezi denní a noční průměrnou teplotou.

Na zimních snímcích byla kvůli přítomnosti sněhové pokrývky nastavena hodnota emisivity na ploše č. 2 na 0,85 (Elso.sk). Teploty na sněhové pokrývce dosahují i při plném oslunění velmi nízkých hodnot. Ve srovnání s průměrnou teplotou lesa, který je téměř bez sněhu, byla teplota plochy č. 2 o 5,0 °C nižší.

V období negativní energetické bilance byla ve všech ročních obdobích zaznamenána vyšší průměrná teplota na ploše č. 1.



## 7.16 Lokalita č. 16: SVATÝ KOPEČEK

### Geografický popis

Nadmořská výška: 370 m

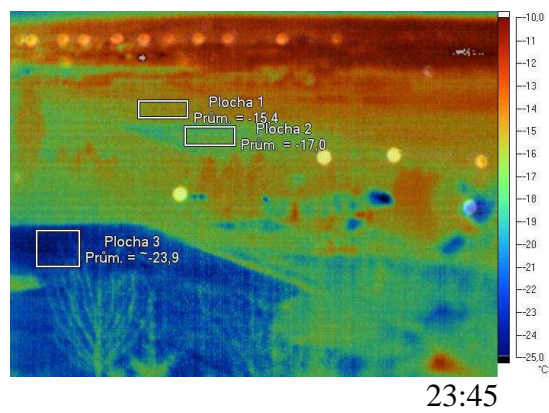
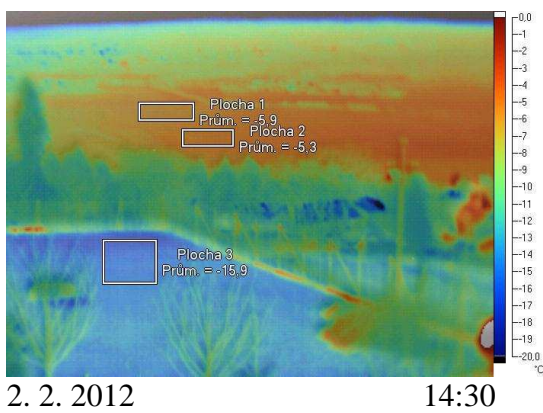
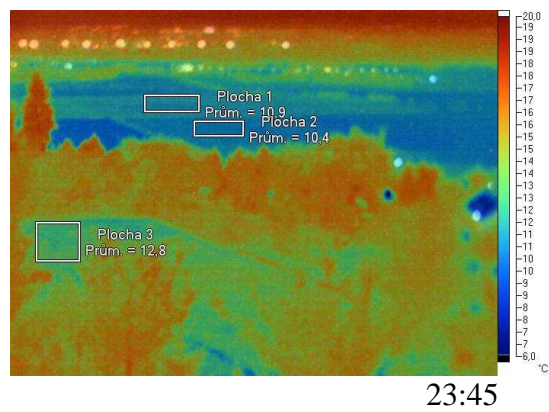
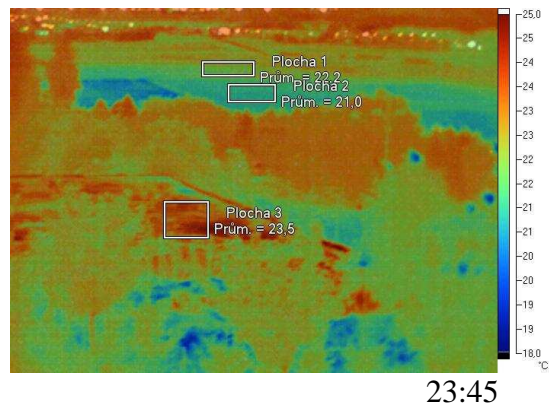
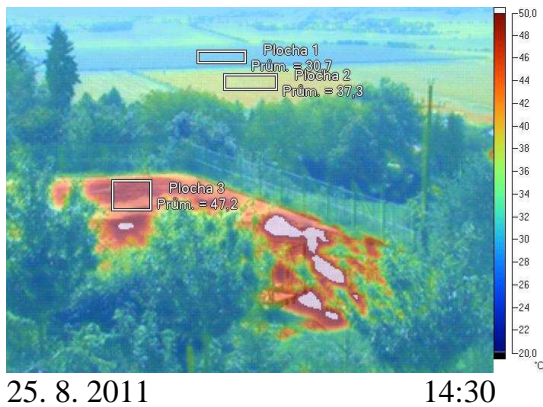
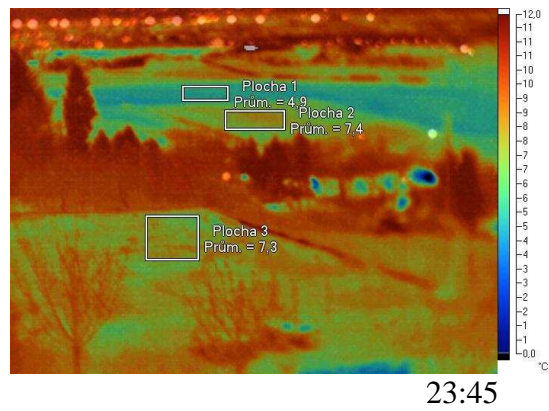
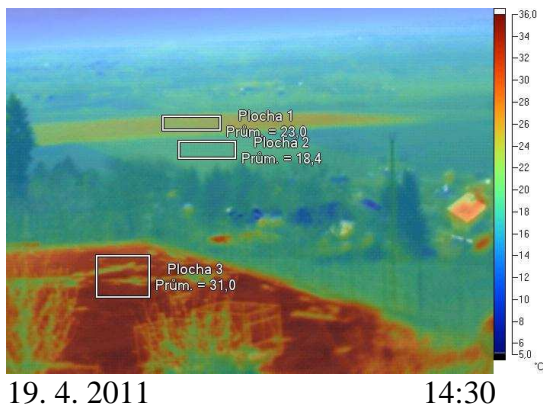
Zeměpisná poloha stanoviště: 49°37'51.391" s. z. š., 17°20'18.332" v. z. d.

Pohled ze Svatého Kopečka směrem na jihozápad. Stanoviště, ze kterého byly snímky pořízeny, se nachází přibližně 7,5 km od centra Olomouce. Hlavní plochu na snímku tvoří rovná betonová plocha, která původně sloužila jako hřiště. Dnes není využívána, postupně chátrá, místy betonem prorůstá tráva. Za hřištěm se nachází zahrady s několika domky a chatami. Další výraznou plochou na snímku jsou zemědělské plochy, jsou patrná pole s vegetací i bez vegetace. V pozadí se nachází obec Týneček a severní část Olomouce.

Pro srovnání byly vybrány 2 zemědělské plochy nedaleko města a betonová plocha v popředí snímku. Na této lokalitě byl pozorován také vliv nadmořské výšky.



**Obr. 44:** Svatý Kopeček (foto: Barbora Dosoudilová, 2012)



**Obr. 45:** Termální snímky lokality Svatý Kopeček dle data a času

**Tab. 19:** Povrchové teploty (°C) vybraných ploch lokality Svatý Kopeček (Plocha 1 = Pole, Plocha 2 = Pole, Plocha 3 = Betonová plocha)

Datum	Plocha	Den			Noc			Rozdíl T <sub>prům</sub>
		T <sub>prům</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	T <sub>prům</sub>	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	
19.4. 2011	Plocha 1	23,0 °C	21,4 °C	23,9 °C	4,9 °C	4,5 °C	5,4 °C	18,1 °C
	Plocha 2	19,4 °C	18,1 °C	18,8 °C	7,4 °C	6,3 °C	8,1 °C	12,0 °C
	Plocha 3	31,0 °C	22,4 °C	34,7 °C	7,3 °C	6,0 °C	8,9 °C	23,7 °C
25.8. 2011	Plocha 1	30,7 °C	30,6 °C	30,9 °C	22,2 °C	21,5 °C	22,7 °C	8,5 °C
	Plocha 2	37,3 °C	36,8 °C	38,1 °C	21,0 °C	20,9 °C	21,3 °C	16,3 °C
	Plocha 3	47,2 °C	42,3 °C	49,4 °C	23,5 °C	22,4 °C	24,8 °C	23,7 °C
4.10. 2011	Plocha 1	24,5 °C	23,8 °C	25,6 °C	10,9 °C	10,8 °C	11,1 °C	13,6 °C
	Plocha 2	23,1 °C	22,2 °C	24,7 °C	10,4 °C	10,3 °C	10,8 °C	12,7 °C
	Plocha 3	30,0 °C	25,2 °C	31,8 °C	12,8 °C	12,1 °C	14,5 °C	17,2 °C
2.2. 2012	Plocha 1	-5,9 °C	-6,3 °C	-5,2 °C	-15,4 °C	-16,2 °C	-14,6 °C	9,5 °C
	Plocha 2	-5,3 °C	-5,9 °C	-4,9 °C	-17,0 °C	-18,2 °C	-15,4 °C	11,7 °C
	Plocha 3	-15,9 °C	-18,0 °C	-14,4 °C	-23,9 °C	-25,4 °C	-21,0 °C	8,0 °C

## Shrnutí

Plochy č. 1 a 2 jsou pole v blízkosti města, která volně navazují na městskou zástavbu. Na ploše č. 1 byla pěstována kukuřice, což mělo největší vliv na povrchovou teplotu v letním období. Vegetační kryt byl vysoký a hustý, takže neumožňoval rychlé prohřátí sledované plochy. To vedlo k nejmenší denní amplitudě ze všech sledovaných dnů a výrazně nižší denní průměrné teplotě, než na ploše č. 2, která byla v té době již po sklizni. Rozdíl průměrných denních teplot byl na letním snímku 6,6 °C. Naopak po západu Slunce byla na kukuřičném poli naměřena vyšší teplota, než na ploše č. 2, ale rozdíl průměrných teplot obou ploch činil jen 1,2 °C.

Na jarním snímku je kukuřice malá a řídká, takže teploty na ploše č. 1 dosahují v období pozitivní energetické bilance vyšších hodnot, než teploty na ploše č. 2, která byla pokryta hustě rostoucím obilím. Také v nočních hodinách je plocha č. 2 díky hustšímu vegetačnímu krytu teplotně stabilnější a její povrchová teplota klesá pomaleji.

Na podzimních snímcích jsou teploty obou ploch téměř vyrovnané, což svědčí o jejich stejném aktivním povrchu. Obě plochy byly v tuto dobu již bez vegetace. Rozdíl



jejich průměrných teplot ve dne byl 1,4 °C, v noci pouze 0,5 °C. Velmi podobný denní vývoj povrchových teplot byl na plochách č. 1 a 2 zaznamenám i v zimním období.

Plocha č. 3 reprezentuje betonový povrch bývalého hřiště. Emisivita byla na této ploše nastavena na hodnotu betonu, což je 0,94, na zimních snímcích kvůli sněhové pokrývce na 0,85 (Elsosk). Zajímavé je zimní srovnání této plochy s plochami č. 1 a 2. Zatímco betonová plocha je kryta souvislou vrstvou sněhové pokrývky, na zemědělských plochách se sníh nenachází. To způsobuje hlavně v období pozitivní energetické bilance velké rozdíly mezi naměřenými průměrnými teplotami. Na plochách č. 1 a 2 byla průměrná teplota o více než 10 °C vyšší, než na zasněžené betonové ploše. Přitom na snímcích z ostatních období roku, kdy se na sledované ploše sníh nenachází, je situace přesně opačná. Průměrné denní teploty naměřené na této ploše výrazně převyšují teploty ploch č. 1 a 2.

Na této lokalitě hraje roli mimo jiné i nadmořská výška, zatímco plochy č. 1 a 2 leží v nadmořské výšce přibližně 220 m, nadmořská výška plochy č. 3 je 370 m. Výškový rozdíl tedy činí 150 m. Pokud zohledníme fakt, že s vyšší nadmořskou výškou teplota klesá, není již toto převýšení zanedbatelné a může se do výsledků promítnout. Nejvhodnější by bylo ověření povrchových teplot na dvou plochách, jejichž aktivní povrch a expozice by byli totožné, ale nadmořská výška rozdílná. Plochy, které by splňovaly tyto podmínky ve všech sledovaných dnech a byly tak vhodné pro takové srovnání, se bohužel nepodařilo najít.

Pokud ale pozorujeme zimní snímky ze všech lokalit, je možné si všimnout, že drtivá většina ploch v městském prostředí a nejbližším okolí (ve stejné nadmořské výšce), je bez sněhové pokrývky. Minimum sněhu je možné výjimečně pozorovat na plochách, které jsou po většinu dne zastíněny. Na lokalitách, které jsou od města vzdálenější a jejichž nadmořská výška je vyšší, je sněhová pokrývka přítomná na většině ploch, i když jsou plně vystavené slunečnímu záření. To potvrzuje celkově chladnější klima těchto lokalit.

## 7.17 Shrnutí

V následující tabulce jsou stručně shrnuty rozdíly denních a nočních průměrných teplot vybraných povrchů v jednotlivých ročních obdobích (dle data pořízení záznamů). Do srovnání byly zařazeny vybrané plochy, jejichž vlastnosti byly podrobně řešeny v předchozích kapitolách.

**Tab. 20:** Rozdíly denních a nočních průměrných teplot (°C ) vybraných povrchů dle ročních období

<b>Povrch</b>	<b>Loka- lita</b>	<b>Jaro (19. 4. 2011)</b>	<b>Léto (25. 8. 2011)</b>	<b>Podzim (4. 10. 2011)</b>	<b>Zima (2. 2. 2012)</b>
Zástavba v centru města	7	25,8 °C	17,8 °C	15,6 °C	17,2 °C
Úzká ulice v centru (ve směru JZ-SV)	2	0,8 °C	0,4 °C	2,1 °C	0,7 °C
Panelový dům (jižní stěna)	4	10,9 °C	11,5 °C	11,8 °C	17,5 °C
Střecha (taška)	5	46,0 °C	30,7 °C	32,2 °C	22,7 °C
Silnice	6	18,2 °C	13,3 °C	10,9 °C	10,3 °C
Nákupní centrum	1	29,9 °C	22,9 °C	21,6 °C	16,3 °C
Zahrady	6	12,5 °C	9,8 °C	9,0 °C	11,8 °C
Vegetace ve městě (listnaté stromy)	7	18,2 °C	13,3 °C	10,9 °C	10,3 °C
Zástavba vesnického charakteru	13	16,3 °C	11,6 °C	15,0 °C	12,6 °C
Pole	14	20,0 °C	7,4 °C	9,3 °C	5,3 °C
Les (jehličnatý)	13	7,8 °C	8,1 °C	7,4 °C	4,9 °C



## 8. ZÁVĚR

Tato diplomová práce popisuje možnosti využití ruční termální kamery pro studium místního (městského a příměstského) klimatu. Na to navazuje praktickou částí, ve které podrobně rozebírá termální snímky celkem 16 lokalit, které se nacházejí na území města Olomouce nebo v jeho blízkém okolí. Největší pozornost byla věnována rozdílům povrchových teplot vybraných ploch. Pracovalo se s denními a nočními termálními snímky. Ty byly srovnávány v rámci jednotlivých dnů, kdy měření probíhala, i v rámci všech ročních období. Při vyhodnocení byl u každé sledované plochy zohledněn především typ aktivního povrchu, orientace, případně její sklon, homogenita.

Z pořízených termálních záznamů bylo při zpracování zjištěno, že některé typy aktivních povrchů vykazují velmi nízké povrchové teploty. Jednalo se o některé kovové plochy, zejména střechy. Tyto výsledky jsou způsobeny zkreslením termální kamery a nelze je žádným způsobem ovlivnit. Pro získání reálných údajů o teplotě těchto povrchů by bylo vhodné realizovat ještě doplňkové měření, například pomocí dotykového teploměru.

Při vyhodnocení termálních snímků byly mimo jiné pozorovány i rozdíly v izolacích budov. Ty byly blíže popsány v kapitole 7.3 (lokalita č. 3). Bylo tak potvrzeno, že využití termální kamery pro účely úspory energie, je velmi vhodné, především pro návrhy úsporných opatření. S její pomocí je možné odhalit špatné izolace, identifikovat místa největších úniků tepla i kontrolovat správnost provedení nových izolací nebo srovnávat rozdíly mezi zateplenými a nezateplenými budovami.

V příměstském prostředí byly identifikovány plochy, které mají díky svému sklonu, typu aktivního povrchu a extrémním výkyvům povrchových teplot zvýšené riziko eroze.

Srovnat na základě termálních snímků teplotní rozdíly v různých částech města bylo velmi obtížné. Technicky nebylo možné pořídit snímky všech lokalit ve stejnou dobu, což by bylo pro srovnání ideální. Pro výslednou hodnotu povrchové teploty je určující především typ aktivního povrchu a orientace experimentálních ploch. Proto teplota v různých částech města je závislá především na převládajícím typu aktivního povrchu. Obecně lze říci, že v centru města, kde převládají umělé plochy, jako jsou budovy, jejich střechy a dlážděné povrchy, dosahují povrchové teploty na osluněných

plochách vyšších hodnot, které přetrvávají i po západu Slunce. Naopak na okrajích města, kde převládají přírodní povrchy, jako zahrady a pole, nejsou teplotní amplitudy tak vysoké a povrchové teploty rychleji podléhají změnám. Na těchto plochách ale velmi záleží na aktuálním stavu vegetace. Zejména zemědělské plochy procházejí během roku vývojem a jejich aktivní povrch se mění. Podobně je tomu i na plochách, kde se nacházejí keře a listnaté stromy. Teploty naměřené na těchto plochách se v průběhu roku vyvíjí v závislosti na momentálních vlastnostech aktivního povrchu.

I v husté zástavbě městského centra se ale nachází plochy, na nichž je denní vývoj teplot oproti výše popsanému značně odlišný. Jedná se o některé uzavřené prostory a úzké ulice, které jsou zařezané hluboko mezi okolními domy. Ty po většinu dne zabraňují jejich oslunění. Tato situace byla sledována na lokalitě č. 2 (Ostružnická ulice), kde byla v denních i večerních hodinách naměřená téměř stejná teplota, a to ve všech ročních obdobích.

Dalšími atypickými plochami, vzhledem ke své poloze v centrální části města, jsou městské parky a nábřeží řeky Moravy, které svými vlastnostmi přírodních povrchů narušují jinak celistvou městskou zástavbu.

Na zjištěné povrchové teploty má zajisté vliv i nadmořská výška, ve které se sledované plochy nachází. Bylo zjištěno, že se zvyšující se nadmořskou výškou a zvyšující se vzdáleností od města teploty klesají. Tuto skutečnost je možné dobře pozorovat zejména v zimním období, kdy se promítá do výšky sněhové pokrývky. Na lokalitách, které se nacházejí ve městě a nejbližším okolí (v nadmořské výšce 210 – 240 m), se sněhová pokrývky prakticky nevyskytovala. Na lokalitě Bukovany (nadmořská výška 270 m, vzdálenost od centra 6,5 km) už byla pozorována souvislá sněhová pokrývky, ale pouze v tenké vrstvě a jen na některých plochách. Na lokalitách Lošov a Svatý Kopeček (nadmořská výška 350 m a 370 m, vzdálenost od centra 7,5 – 8 km) se nacházela vyšší souvislá vrstva sněhu na většině ploch, bez ohledu na jejich orientaci nebo typ aktivního povrchu.

## **9. SUMMARY**

The diploma thesis explores the use of thermal imaging for studying local climate. Field research for this paper was carried out in the city of Olomouc and its suburbia. From April 2011 to February 2012 thermal images were taken and examined in selected areas for each season. Measurements were based on the fact that weather in these areas is predominantly of radiation type, which makes temperature differences between various surfaces become more prominent.

Thermal images were then analyzed using SmartView™ software and surface temperature of the selected areas was calculated. Next, temperatures from the selected areas were compared, focusing mainly on the different features of the selected active surfaces which have an impact on thermal behavior of the surface layer of atmosphere.

The thesis provides analysis of thermal images, pointing out the differences in temperature in the selected areas. It also includes graphs describing temperature profiles, charts listing thermal data from the selected areas, an overall evaluation of the data collected and a gallery of photos taken during the field research.

## 10. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A DALŠÍCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ

Adams, J. B., Gillespie, A. R. (2006): Remote Sensing of Landscape with Spectral Images. Cambridge University Press, 362 s.

Dosoudilová, B. (2010): Vliv georeliéfu a aktivního povrchu na režim povrchové teploty na základě vyhodnocení termálních snímků. [Bakalářská práce]. Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého, Katedra geografie, Olomouc, 52 s.

Fluke®, (2007): IR FlexCam Thermal Imager. Getting Started Guide, Fluke Corporation, Everett.

Fluke®, (2007): SmartView™. Application Software. Ver. 2.1.

Graham, E. A., Lam, Y., Yuen, E. M. (2010): Forest understory soil temperatures and heat flux calculated using a Fourier model and scaled using a digital camera. *Agricultural and Forest Meteorology*, 150: 640–649.

Leuzinger, S., Vogt, R., Körner, Ch. (2010): Tree surface temperature in an urban environment. *Agricultural and Forest Meteorology*, 150: 56-62.

Palatka, S. (2011): Vliv aktivního povrchu a jeho orientace na režim povrchové teploty na základě vyhodnocení termálních snímků. [Bakalářská práce]. Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého, Katedra geografie, Olomouc, 50 s.

Prošek, P., Rein, F. (1982): Mikroklimatologie a mezní vrstva atmosféry. Státní pedagogické nakladatelství Praha, 237 s.

Stevenson, J. A., Varley, N. (2008): Fumarole monitoring with a handheld infrared camera: Volcán de Colima, Mexico, 2006–2007. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 177 (4): 911-924.

Vysoudil, M. (2008): Topoclimate Study by Use Thermal Monitoring. Geodays Liberec 2008. Book of Abstracts. Annual International Geographical Conference of Czech Geographical Conference, Liberec 25.-28. 8. 2008, Technical University of Liberec, p. 29.

Vysoudil, M. (2008): Termální monitoring a ochrana krajiny. Thermal Monitoring and Landscape Protection. In: Pucherová, Z., Vanková, V. (eds.): Problémy ochrany a využívania krajiny – teórie, metódy a aplikácie. Zborník vedeckých prác. Nitra: Združenie Biosféra, 2009, 360 s.

Vysoudil, M. (2011): Pozemní termální monitoring jako prostředek studia specifík časoprostorového režimu povrchové teploty v městské a příměstské krajině Olomouce. (Surface Thermal Monitoring As a Tool for Study of Spatio-temporal Surface Temperature Regime Specific in Urban and Suburban Landscape, a Case Study Olomouc) In: Středová, H., Rožnovský J., Litschmann, T. (eds.): Sborník příspěvků z vědecké konference Mikroklima a mezoklima krajinných struktur a antropogenních prostředí. Česká bioklimatologická společnost v nakladatelství ČHMÚ, Praha, s. 48.

Vysoudil, M., et al. (2012): Podnebí Olomouce. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc. 212 s.

Vysoudil, M., Ogrin, D. (2009): Portable thermal camera as a tool in topoclimatic research. Dela 31, Department of Geography, Faculty of Arts, University of Ljubljana, pp. 115-128.

Weng, Q., Lu, D. (2006): Spectral mixture analysis of ASTER images for examining the relationship between urban thermal features and biophysical descriptors in Indianapolis, Indiana, USA. Remote Sensing of Environment, 104: 157–167.

Weng, Q. (2009): Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 64: 335 – 344.



## **Internetové zdroje**

Calendar.sk [online] [cit. 2013-02-16]. Dostupný z WWW:  
<http://calendar.zoznam.sk/sunset-cz.php>

ELSO Philips Service [online] [cit. 2013-02-16]. Dostupný z WWW:  
<http://www.else.sk/content/36-emisivita>

Mapy Google [online] [cit. 2013-02-16]. Dostupný z WWW: <http://maps.google.cz/>

Mapy.cz [online] [cit. 2013-02-16]. Dostupný z WWW: <http://www.mapy.cz/>

Měřicí přístroje Fluke [online] [cit. 2013-02-16]. Dostupný z WWW:  
<http://www.fluke.com/fluke/czcs/home/default>

Městské klima [online] [cit. 2013-02-16]. Dostupný z WWW:  
<http://mestskeklima.upol.cz/>