

Mobile measurement: a tool in the study of air temperature spatial variability in the urban and suburban landscape

Mobilní měření: prostředek při studiu prostorové variability teploty vzduchu v městské a příměstské krajině

Martin TOMÁŠ^a, Miroslav VYSOUDIL^b

^aOstravská univerzita, martin.tomas@email.com

^bUniverzita Palackého, miroslav.vysoudil@upol.cz

Abstract

Fruitfulness of study of air temperature spatial variability in the urban and suburban landscape depends above all on:

- existence of useful meteorological stations in urban and suburban landscape according to their geographical position and active surface type in surrounding
- availability of proper data
- availability of corresponding instruments and application of relevant methods of measurement

The data originated from meteorological network of CHMI do not enable to achieve the intended goals. Also data obtained from functional network do not represent with needed accuracy air temperature spatial variability between urban and suburban landscape. In fact, only mobile measurement in the days with radiative weather can provide acceptable data for wanted analyses. These measurements started in 2010 for needs of multilevel study of Olomouc urban and suburban climate. First experimental mobile measurements granted preliminary results that indicate sizable air temperature spatial variability in study area.

Keywords: Olomouc city and its surrounding, air temperature, mobile measurement, spatial variability

Klíčová slova: Olomouc a okolí, teplota vzduchu, mobilní měření, prostorová variabilita

1. Úvod

Existence značných teplotních rozdílů jak v samotné městské zástavbě, tak i v okolí je dobře a relativně dlouho známý a často diskutovaný jev (např. Howard 1833, Hann 1903, Geiger 1950, Landsberg 1981, Gartland 2008). Městská krajina vzhledem ke své složité prostorové struktuře a výrazné nehomogenitě aktivního povrchu dává vzniknout specifické kategorii klimatu, běžně označované jako klima města. Uvedené faktory reprezentují hlavní znaky, které odlišují městskou krajinu od příměstské. Dá se předpokládat, že se současně spolupodílejí na odlišnosti klimatu města a příměstské krajiny. Předpokládané odlišnosti se projevují nejzřetelněji na časoprostorovém režimu teploty vzduchu.

Vyjádření předpokládaných odlišností v režimu teploty a především určení jejich míry (intenzity) je nemyslitelné bez odpovídající datové základny. Data ze sítě ČHMÚ jsou svou povahou nepoužitelná, jelikož především nereflektují prostorové rozdíly v režimu teploty v uvažovaném území. Ani datová základna z účelově zřízené staniční sítě nedokáže poskytnout dostatečnou představu o rozdílech ve sledovaném území.

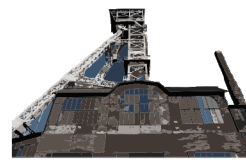
Mobilní měření nachází velké uplatnění jednak v oblastech s nedostatečnou dostupností historických klimatických dat a také pro oblasti, kde umístění

meteorologických stanic dostatečně nereprezentuje určité území, konkrétně např. město (Stewart 2000).

Mobilní měření jako prostředek k zpřesnění výzkumu klimatu měst byla poprvé využita na konci 20. a počátku 30. let 20. století Schmidtem ve Vídni a Peplerem v Karlsruhe (Yoshino 1984). Po 2. světové válce na prvotní pokusy navázal Sundborg (Sundborg 1950). Později se těžiště využití této metody přesunulo do USA a docházelo k syntéze více metod (např. Ludwig 1967, Kopec 1970, Bach 1971). Tento přístup nachází uplatnění i v 21. století, avšak s dokonalým přístrojovým vybavením a moderními vizualizačními metodami (Jernej 2000, Polčák 2001, Unger et al. 2001, Takagi et al. 2005, Hedquist, Brazel 2006). V bývalém Československu aplikoval mobilní měření Quitt (Quitt 1956, 1972).

Průběh teploty je nejzřetelněji vyjádřený ve dnech s radičním počasím a především v období negativní energetické bilance. Za takových meteorologických podmínek byla 23. 3., 8. 4. a 23. 6. 2010 realizována experimentální mobilní měření teploty vzduchu po předem určených trasách. V případě dosažení očekávaných výsledků budou měření systematicky opakována v průběhu celého roku.

2. Metody a data



2. 1. Metody

Vlastní realizaci mobilních měření předcházela příprava měřicí techniky, adaptace obecných metod mobilního měření na místní podmínky, pečlivé vymezení tras a volba metod zpracování.

Měřicí a přístrojová technika

Pro odečet teplot byl používán teplotní detektor FHA646-E1 připojený na datalogger ALMEMO 2690-8 s pamětí 100 000 hodnot. Deklarovaná přesnost čidla byla $\pm 0,1$ °C. Průjezdové body byly odečítány GPS zařízením Garmin GPSMAP® 60CS a zpracovány do tras v programu Garmin nRoute® v. 2.7.6. a Garmin MapSource® v 6.15.6 (mapový podklad Garmin TOPO Czech 3 PRO®).

Mobilní měření

Teplotní čidlo bylo umístěno na anténu 20 cm nad zadní částí střechy vozidla ve výšce 150 cm nad povrchem. Umělohmotný kryt připevněným proti směru jízdy jej chránil proti větru. Vozidlo se pohybovalo průměrnou rychlostí 35–36 km/h. Odečet hodnot probíhal automaticky v intervalu 30". V případě kratších tras by

bylo možné nastavit libovolnou časovou periodu odečtu k podchycení minimálních časoprostorových rozdílů teplot. V čase odečtu hodnot teploty vzduchu byly pomocí GPS zařízení automaticky ukládány taktéž průjezdové body vozidla. Vzhledem k délce tras a průměrné rychlosti se jednalo o cca 70 hodnot. Čas průjezdu každého transektu byl okolo 30' a proto nebyly korigovány teploty na stejný čas. Počátek jízd byl z hlediska co nejpřesnějšího podchycení rozdílů položen do období intenzivního ochlazování po západu Slunce (přibližně mezi 21:00 a 0:00 SEČ). Další možné časy jsou pak pro relativní stálost teploty vzduchu v období okolo nástupu minimálních a maximálních teplot (Duckworth, Sandberg 1954).

Průjezdové trasy

Tři trasy byly voleny tak, aby bylo do průjezdového měření zahrnuto co nejvíce typů vnitřní prostorové struktury města a aktivních povrchů v okolí tras. V případě tras A, B, C se proto počátek a konec nacházely v příměstské krajině a současně se projíždělo přes město se snahou co nejvíce se přiblížit centru. Čtvrtá trasa D tvaru smyčky by kromě příměstské části zahrnovala opakovaný průjezd historickým jádrem města.

Tab. 1: Charakteristika průjezdových tras

Trasa		délka (km)	nadm. výška (m)		
			počátek	minimální	konec
A	SV. KOPEČEK-LETIŠTĚ	20,2	376	211	244
B	BYSTOČICE-KŘELOV	21,9	209	208	253
C	KŘELOV-V. TÝNEC	24,3	253	207	225
D	SMYČKA-centrum	35,9	215	205	229

Trasa A probíhá zájmovým územím přibližně ve směru SV – střed města – Z.

Trasa B prochází zájmovým územím přibližně ve směru SZ – střed města, JV.

Trasa C prochází zájmovým územím přibližně ve směru JZ – střed města – SZ.

Trasa D, tzv. „smyčka“ má za cíl postihnout teplotní pole zejména vnitřního město včetně historického jádra.

Obr. 1: Průjezdové trasy

Obr. 2: Průjezdové trasy a meteorologické stanice v Olomouci a okolí

Všechny trasy a průjezdové body byly zaměřeny prostřednictvím GPS navigace před i v průběhu měření v prostředí Garmin MapSource® v 6.15.6.

2. 2. Data

Meteorologická a teplotní data

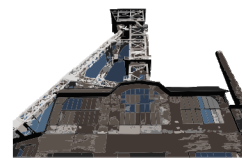
Všechna teplotní data byla získána měřeními ve dnech s radiačním počasím. Vzhledem k operativnosti měření, což je jeden z nejkritičtějších kroků, byla měření plánována na základě využití meteorologických předpovědí počasí ČHMÚ, zejména výstupů z modelu ALADIN. Ke zpřesnění byly využívány hodinové

předpovědi z modelu yr.no provozovaného Norským meteorologickým institutem ve spolupráci s Norským rozhlasem (<http://www.yr.no>),

resp.

http://www.yr.no/place/Czech_Republic/Olomouc/Olomouc/. Údaje o aktuální rychlosti větru v průběhu měření byly získávány z vlastní meteorologické stanice Envelopa.

Hodnoty teploty vzduchu zjištěné v průjezdových bodech nacházejících se v bezprostředním okolí stanic metropolitní sítě byly porovnány s hodnotami zaznamenanými na těchto stanicích.



3. Výsledky

Zde prezentované výsledky prvních experimentálních měřících jízd s cílem popsat prostorovou variabilitu teplotního pole v městské a příměstské krajině Olomouce je rozděleno do tří částí. Ve všech případech jsou uvedeny výsledky z měření 8. 4. 2010, kdy bylo měření realizováno na trasách A, B a C.

3.1. Teplotní rozdíly mezi průjezdovým bodem a meteorologickou stanicí

V první fázi byly zjišťovány rozdíly mezi teplotou vzduchu na mobilním čidle a na meteorologické stanici nejbližší průjezdovému bodu.

A Svatý Kopeček – letiště Olomouc

V případě průjezdových bodů kolem příměstských stanic Kopeček a letiště Olomouc byla hodnota teploty vzduchu na korespondující stanici vyšší. Naopak městská stanice Dominikáni vykazovala teplotu nižší o více než 2 °C než mobilní čidlo, což odráží výrazný vliv umělého aktivního povrchu (asfaltová vozovka) na teplotu vzduchu.

Obr. 3: Rozložení teplot na trase A (Svatý Kopeček – letiště Olomouc)

Horizontální rozložení teplot na trase je zřetelně ovlivněné teplotní inverzí ihned na jejím počátku. Pomineme-li tento fakt, lze říci, že teplota rostla směrem od okraje města (minimum) k jeho středu (maximum) s drobnou výjimkou podél parku poblíž středu města. Dále trasa pokračovala okrajovou řidší sídlištní částí na Z okraji města. Zde bylo cílem postihnout vliv husté vysokopodlažní zástavby na teplotní pole. Po výjezdu se sídlištní zástavby docházelo opět k poklesu teploty směrem ke konci trasy s výjimkou vrcholku nad olomouckým letištěm (teplotní inverze).

B Bystročice – Křelov

Obr. 4: Pole teploty na trase B (Bystročice – Křelov)

Obr. 5: Pole teploty na trase C (Křelov – Velký Týnec)

Počátek trasy C byl totožný s koncem trasy B a vykazuje tudíž podobné teplotní charakteristiky. Oproti předchozí trase byl průjezd obce Horka nad Moravou skutečně přes její střed (opět teplejší sektor). Nejnižší teplota na trase byla detekována u jezer Poděbrady, odkud postupně opět docházelo k pozvolnému nárůstu teploty opět směrem ke středu města a dále sídlištní zástavbě. Odtud postupně docházelo k poklesu s druhotným minimem podél toku řeky Moravy. Dále byla trasa vedena zpět do města přes průmyslové části kombinované s nízkopodlažní zástavbou a dále pokračovala trasa mimo

B Bystročice – Křelov

U této trasy byly zjištěny vyšší hodnoty teploty vzduchu na mobilním čidle při průjezdu kolem příměstských stanic Bystročice, Horka a Křelov, pouze stanice Envelopa byla teplejší.

C Křelov – Velký Týnec

Jen stanice Envelopa a Týnec registrovaly v době průjezdu vyšší teplotu vzduchu, než mobilní čidlo. Na stanicích Křelov, Horka, Botanická zahrada PdF a letiště byly teploty nižší. V tomto případě není vliv městské, resp. příměstské krajiny na teplotu vzduchu jednoznačný.

3.2. Horizontální teplotní profil mezi městskou a příměstskou krajinou

Kvantifikace horizontálního teplotního gradientu byla klíčová pro další použití metody mobilních měření. Potvrdila se vysoká vypovídací schopnost mobilního měření za předpokladu detailní přípravy vlastních měření a finálního zpracování výsledků.

A Svatý Kopeček – letiště Olomouc

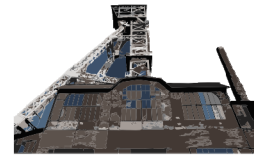
I na trase B bylo horizontální rozložení teploty částečně ovlivněno inverzním zvrstvením lokalizovaným od počátku až po okraj vlastního města. Dále teplotní charakteristiky korespondovaly s těmi zjištěnými v předchozím případě. V další části trasy stojí za povšimnutí teplejší oblast v obci Horka nad Moravou, která by mohla poukazovat na generování tepelného ostrova i menších sídlech. Na konci trasy lze opět spekulovat o míře vlivu změny typu aktivních povrchů (zástavba a bezprostřední blízkost dálnice) nebo přítomnosti inverze na vyšší teploty v obci Křelov.

C Křelov – Velký Týnec

město. Za povšimnutí stojí teplejší sektory u dálničního přivaděče a na oblast nákupního centra.

3.3. Vertikální profil teploty vzduchu

Výšková členitost jednotlivých tras je vzhledem ke geografické poloze Olomouce nevýrazná (Tab. 1). Bylo otázkou, do jaké míry bude tedy možno prokázat teplotní rozdíly ve vertikálním profilu. Z prvních měření vyplývá, že mobilní měření je efektivní i při malých výškových rozdílech.



A Svatý Kopeček – letiště Olomouc (Obr. 7)

Trasa je charakteristická nejvyšším výškovým rozdílem ze všech tří tras. Počátek trasy byl účelně zvolený na Svatém Kopečku s cílem zjistit možnosti identifikace teplotních rozdílů ve vertikálním profilu. To lze částečně říci i o konci trasy nad olomouckým letištěm. Převážná část trasy vedoucí přes suburbánní zóny a vlastní vnitřní město byla charakteristická malou výškovou členitostí a proto spíše vhodnější ke sledování horizontálního teplotního profilu. Začátek i konec trasy potvrzuje poměrně silné inverzní zvrstvení v období intenzivního tepelného vyzařování.

B Bystročice – Křelov (Obr. 8)

Trasa je charakteristická menší výškovou členitostí. I zde se však potvrdila možnost detekce rozdílů teploty ve vertikálním profilu mobilními měřeními. Opět se projevilo inverzní zvrstvení v příměstské krajině jednak v případě dvou nevýrazných vrcholů v první 1/3 trasy a před sjezdem do okrajové městské zóny a také v případě výjezdu z nivy Moravy do obce Křelov na konci trasy.

C Křelov – Velký Týnec (Obr. 9)

Trasa C je nejméně výškově členitá. I v tomto případě se ukázala zvolená metoda jako vhodná k identifikaci rozdílů teploty vzduchu při výškovém rozdílu <50 m. Jako v předchozí trase je identifikovatelná inverze mezi obcemi Křelov a Horka nad Moravou. O příčině dalších 2 méně výrazných teplotních vrcholů lze spekulovat (vertikální členitost nebo tepelný ostrov produkovaný akumulací umělých povrchů). Opakovaná měření mohou přinést odpověď. Podobným případem jsou i poslední 3 teplotní vrcholy.

4. Diskuse výsledků a závěr

Hodnocení prezentovaných výsledků vychází z prvních experimentálních mobilních měření v dubnu 2010. Dokládá velkou prostorovou variabilitu teploty vzduchu na malém prostoru. Zároveň dokazuje přínos metody mobilních měření jako další úroveň výzkumu krajiny, zde konkrétně klimatu středně velkého města a jeho bezprostředního okolí. První, zde prezentované výsledky, zcela zřetelně poukazují na fakt, že mobilní měření mají při studiu městského, resp. příměstského klimatu zásadní úlohu. Pro svoji aktuálnost a operativnost jsou prakticky nenahraditelné a budou dále rozvíjeny a uplatňovány při řešení grantového projektu.

Použité zdroje:

CARLOWICZ, M. (2010). Ecosystem, Vegetation Affect Intensity of Urban Heat Island Effect. The Earth

Observer, January – February 2010, 22, 1, s. 36 - 37.

BACH, W. (1971): Atmospheric Turbidity and Air Pollution in Greater Cincinnati. The Geographical Review, 61 [online] Dostupný z WWW: <<http://www.jstor.org/pss/213393>>. ISSN 0016-7428. [cit. 2010-08-19]

DUCKWORTH, F.S., SANDBERG, J.S. (1954): The effect of cities upon horizontal and vertical temperature gradients. Bulletin of the American Meteorological Society, 35, s. 198-206.

GARTLAND, L. (2008): Heat Islands: Understanding and Mitigating Heat in Urban Areas. London: Earthscan, 208 s. ISBN 9781844072507.

GEIGER, R. (1950): The Climate Near The Ground. (3rd edition) Harvard University Press, Cambridge, 518 s.

HANN, J. (1903): Handbook of Climatology. The Macmillan Company, Londýn, 437 s.

HEDQUIST, B. C., BRAZEL, A. J. (2005): Urban, Residential, and Rural Climate Comparisons from Mobile Transects and Fixed Stations: Phoenix, Arizona. 2005. Dostupný z WWW: <http://www.jstor.org/pss/27641746> [cit. 2010-08-18]

Hourly forecast for Olomouc (Czech Republic) [online]. 2010 [cit. 2010-04-08]. Yr.no. Dostupné z WWW: <http://www.yr.no/place/Czech_Republic/Olomouc/Olomouc/hour_by_hour.html>.

HOWARD, L. (1833): The Climate of London: Deduced from Meteorological Observation made in the metropolis and various places around it, VOL. I. (2nd edition) Harvey and Darton et. al, Londýn, 348 s.

JERNEJ, S. (2000): Planungsrelevante Stadtklimaanalyse Laibach / Ljubljana. Dizertační práce. Karl-Franzes Universität Graz, Graz, 286 s.

KOPECKÝ, R. J. (1970): Further Observations of the Urban Heat Island in a Small City. Bulletin of the American Meteorological Society [online], 51, č. 7, s. 602 - 606 Dostupný z WWW: <<http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0477%281970%29051%3C0602%3AFOOTUH%3E2.0.CO%3B2>>. ISSN 1520-0477. [cit. 2010-08-18].

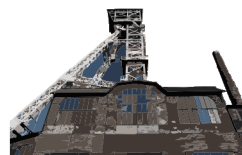
LANDSBERG, H. E. (1981): The Urban Climate. Academic Press, New York, 275 s.

LUDWIG, F. L. (1967): Urban Climatology Studies. Stanford Research Inst. Menlo Park. Dostupný z WWW: <http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications/IOM-81/IOM-81-UrbanMetObs.pdf> [cit. 2010-08-18]



UNIVERSITAS
OSTRAVIENSIS

XXII SJEZD ČESKÉ GEOGRAFICKÉ SPOLEČNOSTI OSTRAVA 2010



- POLČÁK, N. (2001). Analýza teplotných inverzií v Banskej Bystrici na základe terénnych pozorovaní. In. Turisová, I. (edit.): Ekologická diverzita modelového územia Banskobystrického regiónu. FPV UMB, Štátna ochrana prírody SR, Stredoslovenské múzeum, Banská Bystrica, s. 55-65. ISBN 80-228-1123-8
- QUITT, E. (1956): Příspěvek k metodice výzkumů teplotních poměrů měst. Meteorologické zprávy, 1, s. 69-74.
- QUITT, E. (1972): Měřicí jízdy jako jedna z cest k racionalizaci mezoklimatického výzkumu. Meteorologické zprávy, 6, s. 172-176
- SUNDBORG, A. (1950): Local Climatological Studies of the Temperature Conditions in an Urban Area. Tellus [online], 2, č. 3, Dostupné z WWW: <http://www3.interscience.wiley.com/journal/123310459/abstract?CRETRY=1&SRETRY=0> [cit. 2010-08-18]
- YOSHINO, M. M. (1984): Editorial. GeoJournal [online], 8, č. 3, Dostupné z WWW: <http://www.springerlink.com/content/t246w282v50/?p=ce53b40cf40147f693edf48013ec4be4π=0>. ISSN 1572-9893. [cit. 2010-08-18].

Prezentovaný příspěvek vznikl za podpory grantového projektu Grantové agentury ČR číslo 205/09/1297, které touto cestou děkují autoři za podporu.

Adresy autorů:

Mgr. Martin Tomáš
Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF OU
Chittussiho 10
710 00 Ostrava - Slezská Ostrava
martin.tomas@email.com

Doc. RNDr. Miroslav Vysoudil, CSc.
Katedra geografie, odd. fyzické geografie
Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého
Třída 17. listopadu 12
771 46 Olomouc
miroslav.vysoudil@upol.cz