

ZMENY TEPLoty VZDUCHU V BRATISLAVE A JEJ OKOLÍ

Changes of the air temperature in Bratislava and its surroundings

Horecká V., Tekušová M.

Slovenský hydrometeorologický ústav v Bratislave

Abstrakt

V práci sa hodnotia denné a sezónne mezoklimatologické charakteristiky teploty vzduchu v Bratislave a jej okolí. Spracovali sa denné charakteristiky teploty vzduchu namerané na 7 klimatologických staniách situovaných v intraviláne Bratislavy ((Koliba (286 m n.m.), letisko – Ivánka (131 m n.m.), Mlynská dolina (182 m n.m.), Petržalka (137 m n.m.)) a jej okolí ((Stupava (179 m n.m.), Malý Javorník (586 m m.n.), Slovenský Grob (141 m n.m.)) v období rokov 1990 – 2009.

Základom nášho mezoklimatologického hodnotenia teplotných pomerov bratislavskej oblasti sú časové a priestorové štatistické priemerné a extrémne hodnoty zmien dennej teploty vzduchu.

Získané výsledky sú príspevkom ku riešeniu problematiky analýzy poveternostných zmien vybraných hodnotených lokalít v dôsledku prirodzených rozdielov a tiež následkom antropogénnych vplyvov (zástavba) v mezoklimatologickom meradle.

Kľúčové slová: amplitúda teploty vzduchu, minimálna, maximálna a priemerná teplota vzduchu, mezoklimatologické charakteristiky, urbanizácia

Abstract

In this contribution, the daily and seasonal mesoclimatological characteristics of the air temperature in Bratislava and its surroundings have been assessed.

The daily characteristics of the air temperature measured at 7 selected climatological stations situated in intravillan of Bratislava (Koliba (286 m a.s.l.), airport Bratislava (131 m a.s.l.), Mlynská dolina (182 m a.s.l.), Petržalka (137 m a.s.l.) and its surroundings (Stupava (179 m a.s.l.), Malý Javorník (586 m a.s.l.), Slovenský Grob (141 m a.s.l.) have been processed within the period 1990 – 2009.

Our mesoclimatological assessment of the temperature conditions in the Bratislava region is based on temporal and spatial statistical mean and extreme values of changes in the daily air temperature.

The acquired results have contributed to the solution of problems for analyzing the weather changes in the selected assessed locations caused by natural differences as well as a consequence of the anthropogenic changes (urbanization) in mesoclimatological scale.

Key words: air temperature range, minimum, maximum and average air temperature, mesoclimatological characteristics, urbanization

Úvod

Teplota vzduchu je jedným z najdôležitejších klimatologických prvkov charakterizujúcich klimatické pomery vonkajšieho prostredia v ktorom človek žije a ktorému sa musí prispôbovať.

Teplotné pomery územia sú určené priemernými a extrémnymi dennými a sezónnymi charakteristikami chodu teploty vzduchu.

Teplotné pomery miesta závisia od jeho zemepisnej šírky, predurčujúcej množstvo slnečného žiarenia dopadajúceho na zemský povrch, nadmorskej výšky a jeho polohy v teréne (rovina, kotlina, svahová alebo vrcholová poloha a ich orientácia).

Témou nášho príspevku je mezoklimatologické zhodnotenie teplotných pomerov Bratislavy a jej okolia v období 1990 - 2009.

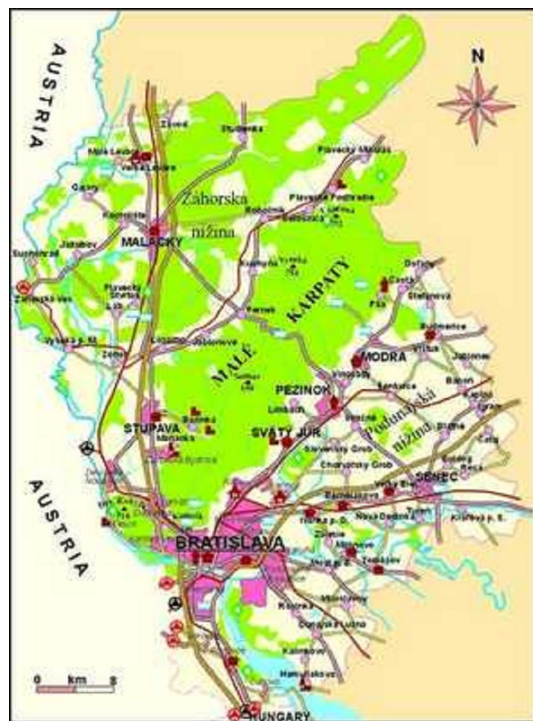
Územie Bratislavy a jej okolia prešlo v ostatnom období viacerými zásadnými zmenami z hľadiska hospodárskeho, urbanistického a prírodného. Podstatne sa rozšírila a zahustila zástavba na úkor mestskej zelene v Bratislave a voľného nezastavaného terénu v jej okolí.

Materiál a metódy

Pre zhodnotenie mezoklimatologických teplotných pomerov Bratislavy a jej blízkeho okolia sa v práci používajú denné termínové a extrémne údaje o teplote vzduchu získané z databázy SHMÚ. Výber obdobia a klimatologických staníc na hodnotenie teploty vzduchu sa realizoval účelovo tak, aby sa získal čo najväčší počet staníc reprezentujúcich intravilán a extravilán Bratislavy v rovnakom časovom období.

Situačná mapka hodnotených klimatologických staníc je na Obr. 1. Zoznam vybraných meteorologických staníc je uvedený v Tab. 1.

Obr. 1: Situačná mapka hodnotených klimatologických staníc v Bratislave a jej okolí.



Tab. 1: Charakteristiky vybraných lokalít pre hodnotenie mezoklimatologických tepelných pomerov Bratislavy a okolia.

Stanica	zemepisná šírka			zemepisná dĺžka			nadmorská výška [m.n.m.]
	°	'	''	°	'	''	
Bratislava - Petržalka	48°	7	37	17°	7	6	137
Bratislava-Mlynská dolina	48°	9'	8''	17°	4'	13''	182
Stupava	48°	16'	48''	17°	1'	33''	179
Malý Javorník	48°	15'	21''	17°	9'	14''	586
Bratislava - Koliba	48°	10'	7''	17°	6'	38''	286
Slovenský Grob	48°	15'	38''	17°	16'	47''	141
Bratislava - letisko	48°	10'	18''	17°	12'	0''	131

Pre mezoklimatologickú teplotnú charakteristiku územia sa v práci použili termínové a extrémne teploty vzduchu, z ktorých sa vypočítala priemerná denná teplota vzduchu a teplotná amplitúda. Všetky teplotné charakteristiky boli štatisticky spracované pre každú vybranú stanicu osobitne a každý deň v roku. Spracovali sa početnosti výskytu teplotne významných charakteristických dní, tj. vln „chladných dní“ (mrazové, ľadové a arktické dni) a vln „horúcich dní“ (letné a tropické dni).

Z dôvodu ukončenia klimatologických pozorovaní v Petržalke v roku 2000, museli sme urobiť kompromis a hodnotiť na tejto stanici iba 10-ročný rad meraní teploty vzduchu, ak sme chceli vyhodnotiť teplotné pomery územia Bratislavy na juh od Dunaja a tiež najhustejšie obývanej časti Bratislavy.

Výsledky a diskusia

Výsledky spracovania štatistických charakteristík priemernej, maximálnej a minimálnej teploty vzduchu a taktiež dennej amplitúdy teploty vzduchu sú uvedené v Tab. 2 - 4. Získané výsledky ukazujú na skutočnosť, že v období rokov 1990 – 2009 bola určená najvyššia priemerná denná teplota vzduchu na klimatologickej stanici Bratislava – letisko (Ivánka) – $T_{avg} = 10,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$, čo zodpovedá jej nižinnej polohe v južnej časti hodnotenej mezoklimatickej oblasti. Najchladnejšou lokalitou s priemernou dennou teplotou vzduchu ($T_{avg} = 8,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$) bola v hodnotenom období meteorologická stanica Malý Javorník, ktorého nadmorská výška presahuje 550 m nad morom. Tento výsledok zodpovedá skutočnosti o podstatnom poklese teploty vzduchu s rastúcou nadmorskou výškou. Absolútne denné maximum teploty vzduchu $T_{max} = 39,1$ zaznamenala klimatologická stanica Stupava dňa 13.8.2003, pričom táto stanica namerala aj absolútne najvyššiu minimálnu teplotu $T_{min} = 25,8$ dňa 30.7.2005. Absolútne maximá dennej teploty ostatných hodnotených staníc majú nižšiu hodnotu o $0,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (Koliba) až $1,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (Petržalka), resp. Malý Javorník, kde je hodnota maximálnej dennej teploty nižšia o $4,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Absolútne denné minimum teploty vzduchu zaznamenala klimatologická stanica Malý Javorník (23.1.2006), čo súvisí s jej nadmorskou výškou a lesným okolitým prostredím. Je zaujímavé, že stanica v Stupave namerala absolútne najnižšiu minimálnu teplotu iba o $0,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ nižšiu (26.12.1996). Absolútne minimum ostatných lokalít sú v rozpätí $-15,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (Petržalka) až $-20,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ v Ivánke (28.12.1996). Výsledky určenia najvyššej priemernej dennej amplitúdy sú zaujímavé tým, že sa najmenej na ich hodnotách prejavujú mezoklimatické rozdiely teplotných charakteristík vznikajúce v dôsledku rozdielnych polôh (pozri Tab. 2).

Tab. 2: Klimatologické charakteristiky dennej teploty vzduchu v Bratislave a jej okolí.

Tavg [°C]	Petržalka	Mlynská dolina	Stupava	Malý Javorník	BA Koliba	Slovenský Grob	letisko Ivánka
Priemer	10,7	10,8	10,5	8,3	10,4	10,7	10,9
Medián	10,9	11,2	10,9	8,7	10,9	11,2	11,4
Modus	4,2	11,9	15,4	5,3	17,2	13,9	7,9
Smer. odchýlka	8,6	8,5	8,4	8,6	8,7	8,5	8,6
Odhad rozptylu výberu	74,4	72,8	71,1	73,3	75,2	72,6	74,3
Špicatosť	-0,944	-0,883	-0,793	-0,873	-0,923	-0,901	-0,897
Síkmosť	-0,050	-0,123	-0,137	-0,086	-0,102	-0,137	-0,131
Rozdiel max - min	42,8	45,8	47,4	46,2	47,1	44,7	45,3
Absolútne minimum	-12,8	-15,8	-16,6	-17,3	-15,9	-14,2	-14,6
Dátum výskytu	27.12.1996	23.1.2006	23.1.2006 27.12.1996	23.1.2006	23.1.2006	27.12.1996	27.12.1996
Absolútne maximum	30,0	30,0	30,8	29,0	31,2	30,5	30,7
Dátum výskytu	28.8.1992	18.7.2007	28.8.1992	20.7.2007	20.7.2007	23.6.2006	18.7.2007
Teplotná suma	38204,8	78924,6	76910,7	60831,5	75859,6	76851,8	79385,2

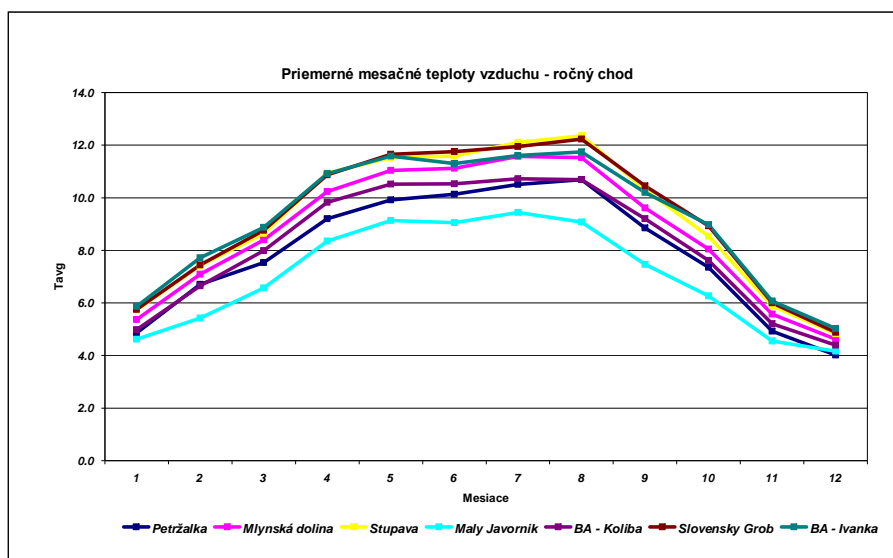
Tmax [°C]	Petržalka	Mlynská dolina	Stupava	Malý Javorník	BA Koliba	Slovenský Grob	letisko Ivánka
Priemer	15,0	15,5	15,3	12,2	14,9	15,6	15,6
Medián	15,0	16,0	15,8	12,5	15,4	16,1	16,2
Modus	10,0	5,0	25,0	19,0	21,0	25,0	19,0
Smer. odchýlka	10,0	10,0	9,9	9,7	10,1	10,0	10,0
Odhad rozptylu výberu	99,5	100,1	98,3	93,1	101,5	100,0	99,3
Špicatosť	-1,012	-0,972	-0,951	-0,967	-0,988	-1,019	-0,986
Síkmosť	-0,024	-0,096	-0,095	-0,065	-0,093	-0,094	-0,112
Rozdiel max - min	47,8	51,9	52,6	48,2	52,9	48,7	49,9
Absolútne minimum	-10,5	-13,1	-13,5	-13,5	-14,0	-10,7	-11,7
Dátum výskytu	27.12.1996	23.1.2006	23.1.2006	23.1.2006	23.1.2006	23.1.2006	23.1.2003
Absolútne maximum	37,3	38,8	39,1	34,7	38,9	38,0	38,2
Dátum výskytu	28.8.1992	13.8.2003	13.8.2003	19.8.2000	20.7.2007	13.8.2003	20.7.2007
Teplotná suma	53333,4	113368,3	111543,2	89254,8	108846,1	111563,1	113992,8

Tmin [°C]	Petržalka *	Mlynská dolina	Stupava	Malý Javorník	BA Koliba	Slovenský Grob	letisko Ivánka
Priemer	7,1	6,8	6,1	5,2	6,7	6,4	6,4
Medián	7,3	7,3	6,4	5,7	7,3	6,9	6,8
Modus	0,0	12,0	0,0	1,0	-0,5	-0,5	3,4
Smer. odchýlka	7,7	7,5	7,5	7,7	7,7	7,5	7,6
Odhad rozptylu výberu	58,7	56,7	55,7	59,3	59,0	55,5	58,2
Špicatosť	-0,805	-0,697	-0,432	-0,730	-0,762	-0,574	-0,579
Síkmosť	-0,151	-0,226	-0,268	-0,172	-0,206	-0,292	-0,273
Rozdiel max - min	39,5	42,2	49,0	48,2	43,6	42,6	43,3
Absolútne minimum	-15,5	-18,9	-23,2	-23,5	-20,0	-19,3	-20,3
Dátum výskytu	2.6.1991	23.1.2006	28.12.1996	23.1.2006	23.1.2006	1.4.2002	28.12.1996
Absolútne maximum	24,0	23,3	25,8	24,7	23,6	23,3	23,0
Dátum výskytu	8.1.1994	29.8.1992	30.7.2005	28.7.2006	20.8.1992	19.7.2007	19.7.2007
Teplotná suma	25384,1	49890,9	44606,4	38003,9	48963,6	45503,7	47070,8

Tamp [°C]	Petržalka *	Mlynská dolina	Stupava	Malý Javorník	BA Koliba	Slovenský Grob	letisko Ivánka
Priemer	7,9	8,7	9,2	7,0	8,2	9,2	9,2
Medián	7,5	8,6	8,9	7,0	8,2	9,0	8,9
Modus	5,5	10,0	6,5	6,0	5,2	10,0	6,6
Smer. odchýlka	3,7	3,9	4,3	3,0	3,6	4,4	4,3
Odhad rozptylu výberu	13,5	15,4	18,5	9,3	13,0	19,2	18,7
Špicatosť	-0,860	-0,802	-0,740	-0,655	-0,834	-0,849	-0,815
Síkmosť	0,198	0,094	0,193	0,128	0,038	0,171	0,200
Rozdiel max - min	17,7	21,6	21,7	21,2	19,1	21,3	21,4
Absolútne minimum	0,4	0,5	0,3	0,2	0,4	0,2	0,5
Dátum výskytu	12.7.1996	12.8.1996	22/1/1999	12.8.1996	19.12.1998	1.3.2006	19.12.1998
Absolútne maximum	18,1	22,1	22,0	21,4	19,5	21,5	21,9
Dátum výskytu	26.8.1992	7.11.2001	24.3.2003	22.1.2006	22.1.2006	26.8.1990	13.8.2003

Ročný chod priemernej mesačnej teploty vzduchu je zobrazený na Obr. 2. Hodnoty priemernej mesačnej teploty vzduchu dosahujú maximum v mesiaci august okrem stanice Malý Javorník, čo je v súlade s ich nadmorskými výškami.

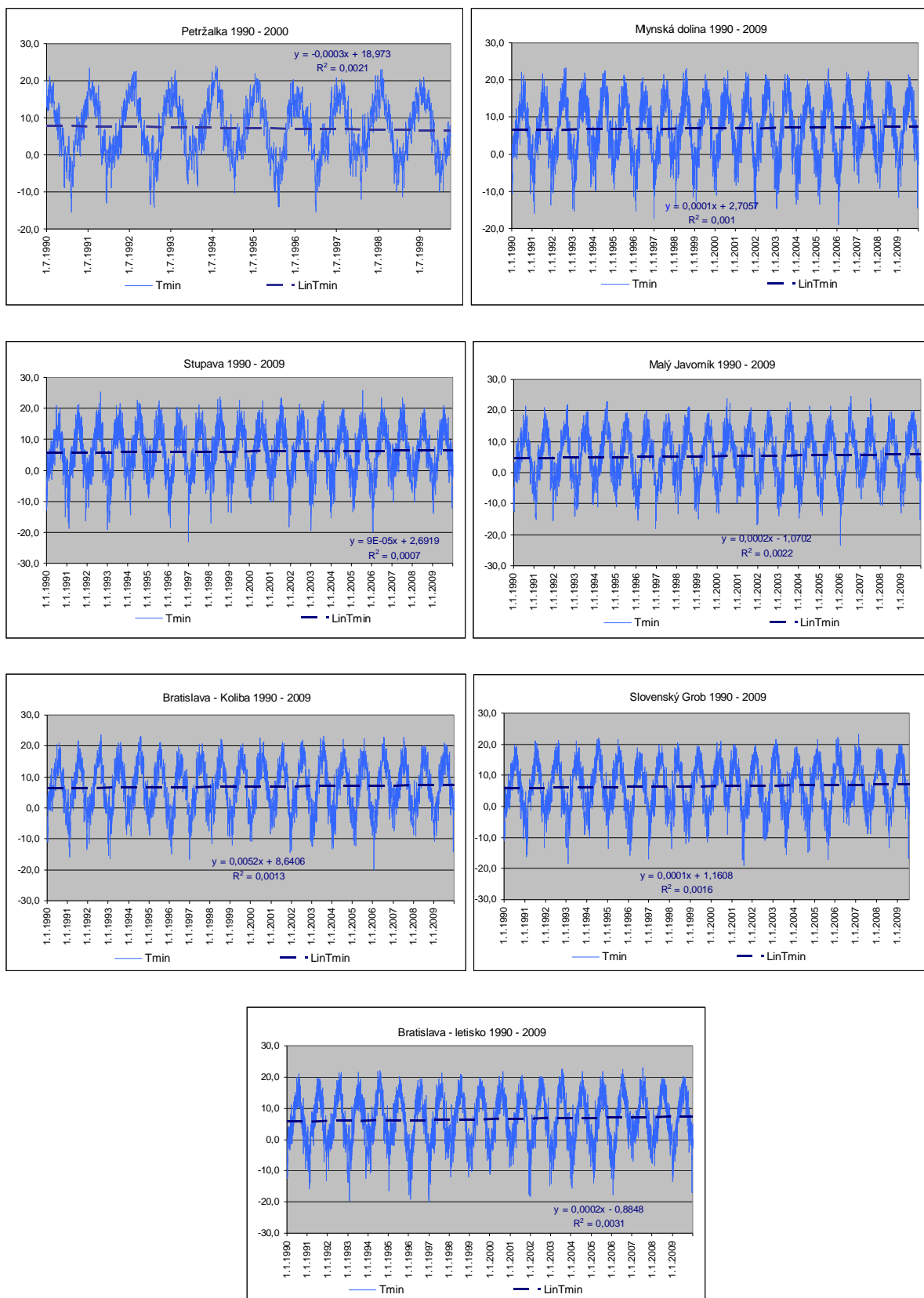
Obr. 2: Ročný chod priemernej mesačnej teploty vzduchu v Bratislave a okolí (1990 – 2009).



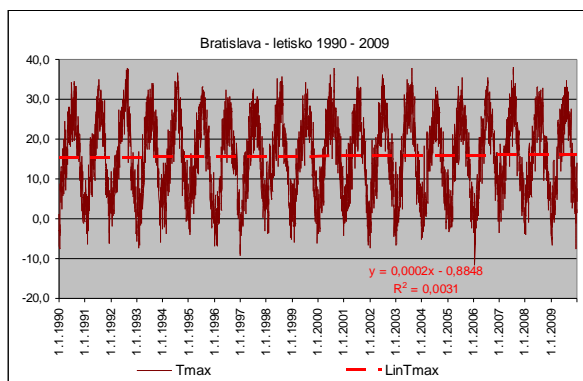
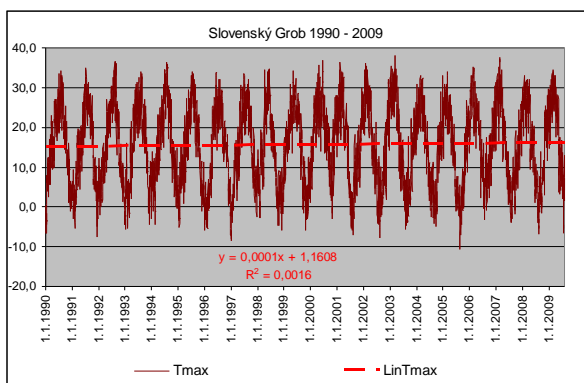
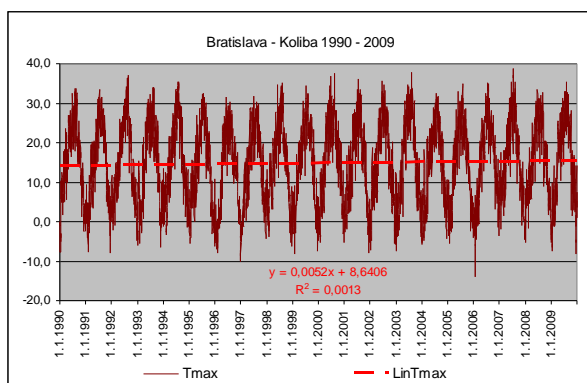
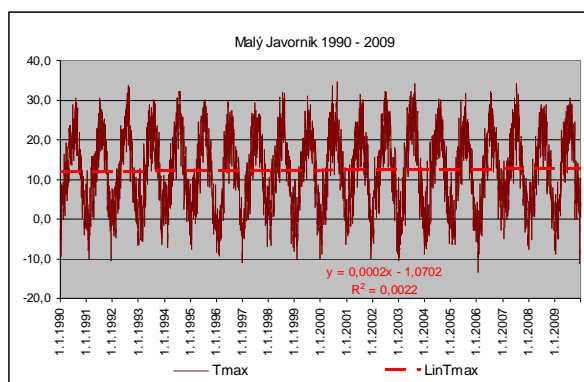
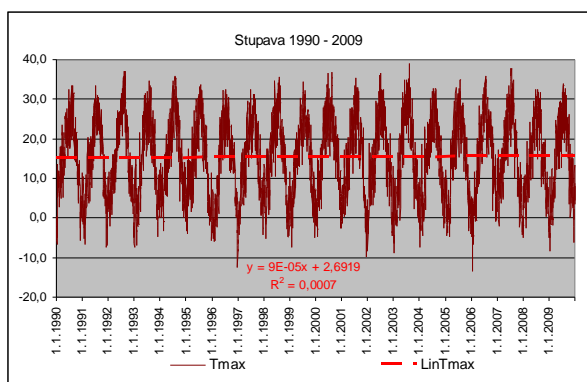
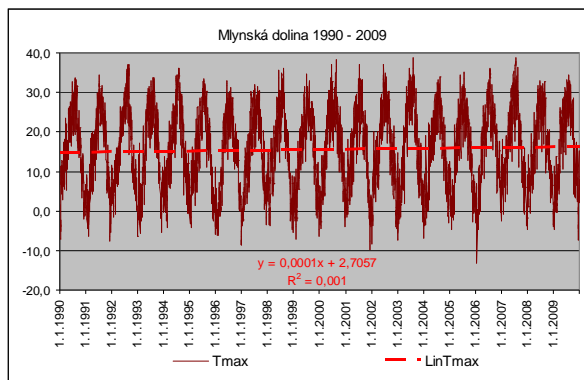
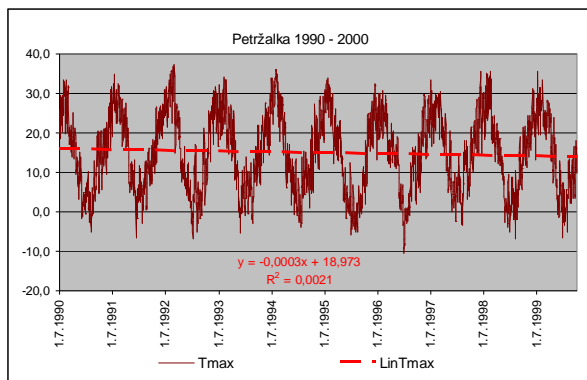
Časové rady dennej priemernej teploty vzduchu T_{avg} , maximálnej teploty vzduchu T_{max} , minimálnej teploty vzduchu T_{min} a dennej amplitúdy teploty vzduchu T_{amp} ako aj ich trendové krivky sú vizualizované na Obr. 3a – 3d.

Obr. 3: Časové rady a trendy denných hodnôt minimálnej teploty vzduchu v Bratislave a jej okolí v období rokov 1990 – 2009

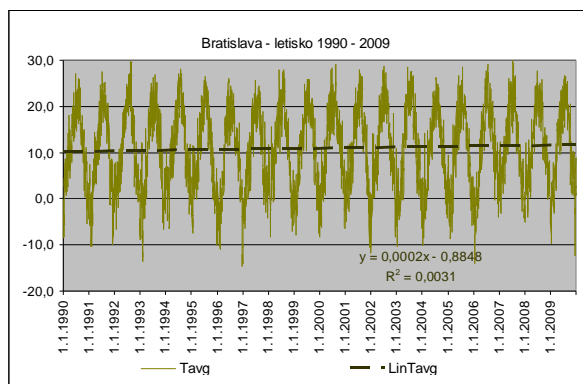
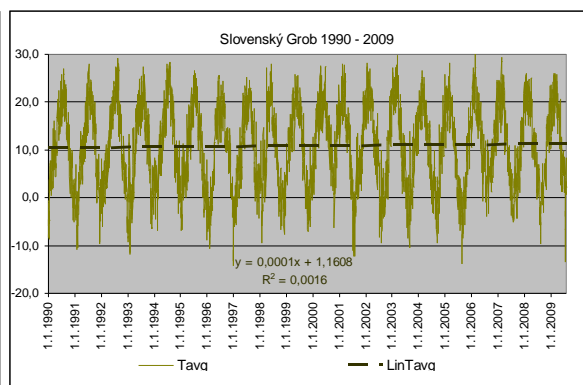
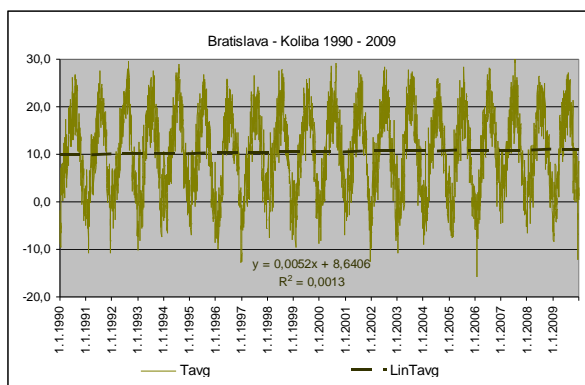
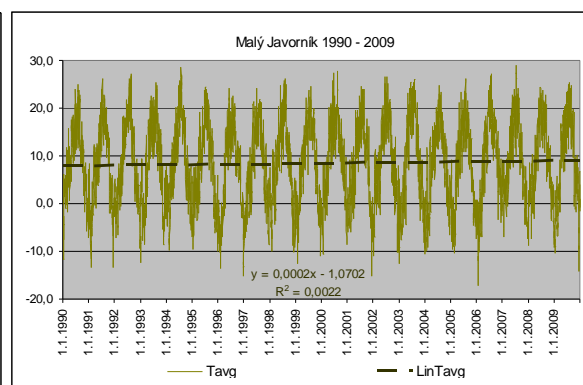
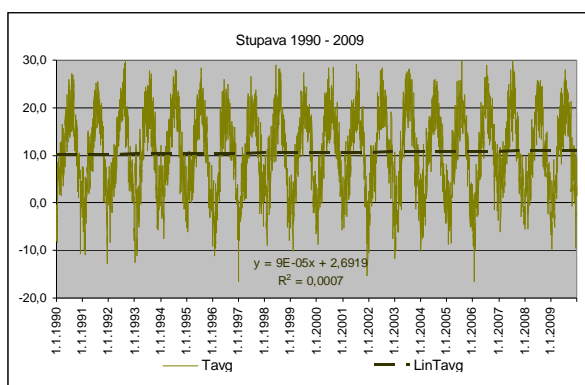
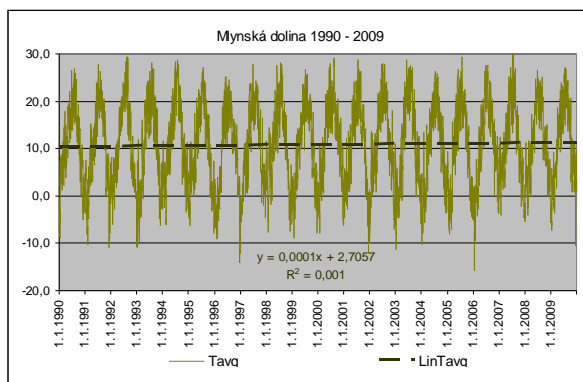
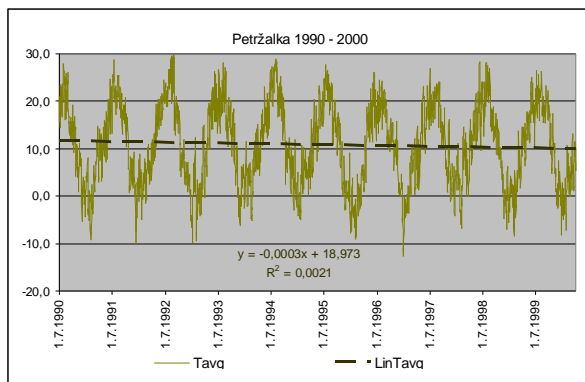
a) Časové rady minimálnej dennej teploty vzduchu T_{min}



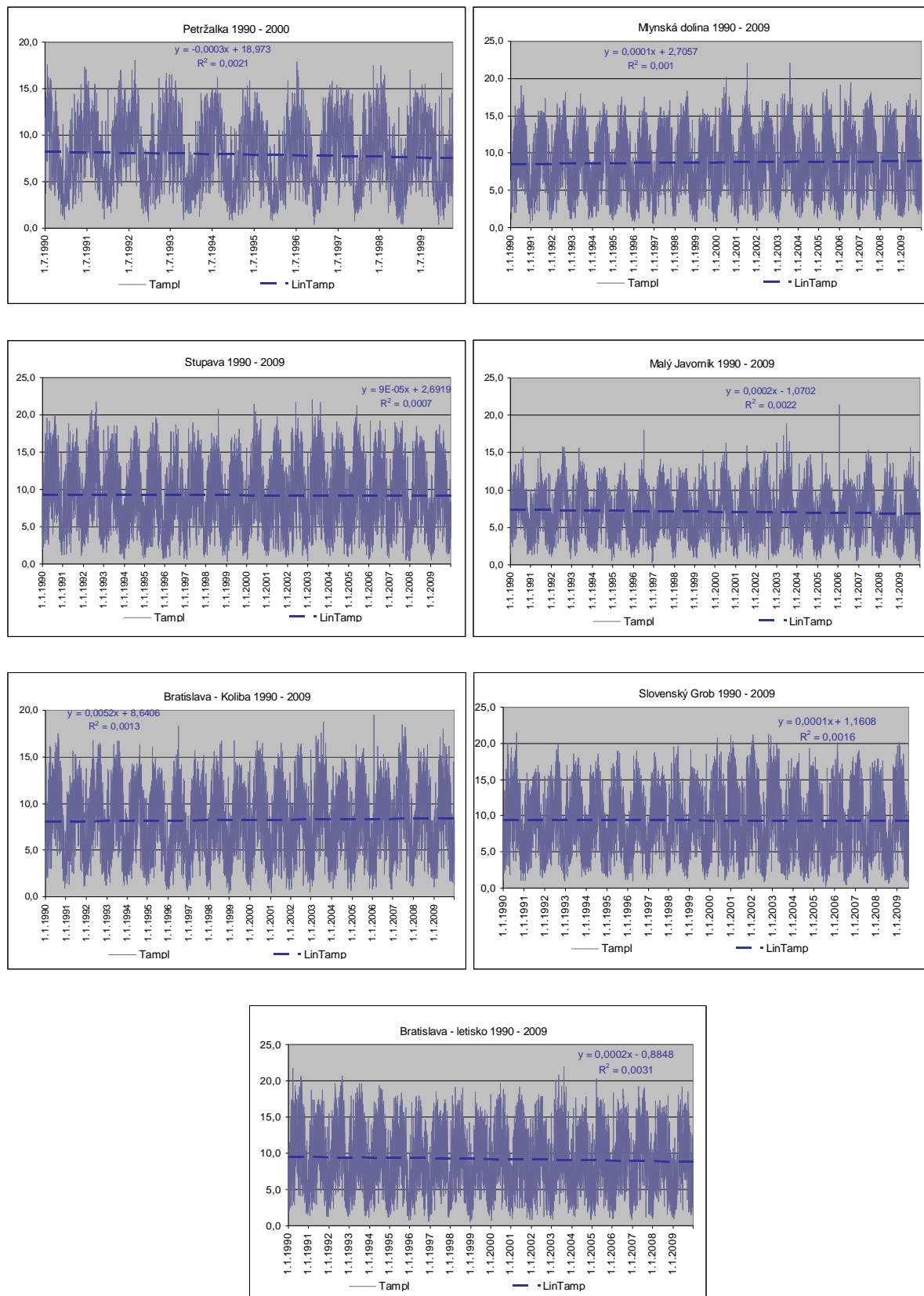
b) Časové rady maximální denní teploty vzduchu Tmax



c) Časový rad priemernej dennej teploty vzduchu T_{avg}



d) Časové rady dennej amplitúdy teploty vzduchu Tamp.



Najpočetnejšie zastúpenie najväčších výkyvov hodnôt charakteristík teploty vzduchu je sústredené do obdobia po polovici 20. storočia (Faško a kol., 2010). Oteplenia prevažujú v období 1981 – 2009 a ochladenia v období 1951 – 1980. Tomuto tvrdeniu zodpovedajú aj nami získané výsledky trendových kriviek hodnotených charakteristík teploty vzduchu v Bratislave a okolí v období 1990 – 2009.

Najvýraznejší rast všetkých charakteristík teploty vzduchu vykazujú hodnoty z Koliby. Dôvodom týchto výraznejších teplotných trendov na Kolibe je zrejme najrozsiahlejšia zástavba pôvodného lesného porastu v hodnotenom regióne realizovaná v ostatných 20-tich rokoch. Najmenej výrazné trendové krivky nárastu hodnôt teplotných charakteristík sa prejavujú na stanicích Stupava, Bratislava – letisko a Malý Javorník, kde bol najmenší zásah do pôvodnej štruktúry krajinej oblasti v sledovanom období.

Pre mezoklimatologické hodnotenie mestskej a prímestskej klímy sú významnými charakteristikami popisujúcimi charakter letných a zimných sezón početnosti výskytu dní letných a tropických, mrazových, ľadových a arktických ako aj niekoľkodňové trvania týchto dní (vlny „horúcich dní“ a vlny „ľadových dní“ hodnotené podľa Sobíšek a kol., 1993).

Výsledky hodnotenia výskytu charakteristických dní sú uvedené v Tab. 3 – 5. Maximálne trvanie vln „ľadových dní“ v hodnotenom období 1990 – 2009 bolo 31 dní na Kolibe a Malom Javorníku, čo sú najvyššie položené stanice v bratislavskom regióne. Maximálne trvanie vln „horúcich dní“ bolo zaregistrované v dĺžke 19 dní na všetkých stanicích okrem Stupavy a Koliby, kde bolo 18 dní a Malého Javorníka, kde sa vyskytlo iba 13 „horúcich dní“ po sebe nasledujúcich.

Tab 3: Absolútne početnosti charakteristických „chladných dní“ v Bratislave a jej okolí.

Charakteristický chladný deň	Teplotná charakteristika dňa	Petržalka	Mlynská dolina	Stupava	Malý Javorník	BA Koliba	Slovenský Grob	letisko Ivánka
Mrazový deň	Tmin < 0 °C	678	1486	1605	2072	1614	1558	1624
Ľadový deň	Tmax < 0 °C	223	451	453	878	544	417	437
Arktický deň	Tmax ≤ -10 °C	1	1	3	12	2	1	1
Vlna ľadových dní	3 a viac dní po sebe Tmax < 0 °C	29 x	61 x	69 x	96 x	63 x	60 x	60 x
Maximálny počet dní trvania vlny ľadových dní	3 a viac dní po sebe Tmax < 0 °C	14	14	22	31	31	13	14
Obdobie výskytu maximálneho počtu dní trvania vlny ľadových dní	3 a viac dní po sebe Tmax < 0 °C	21.12.1996 - 3.1.1997	24.12.1992 - 6.1.1993 a 21.12.1996 - 3.1.1997	22.1.1996 - 12.2.1996	21.12.1996 - 20.1.1997	21.12.1996 - 20.1.1997	22.12.1996 - 3.1.1997 a 19.12.2007 - 31.12.2007	24.12.1992 - 6.1.1993

Tab.4: Absolútne početnosti charakteristických „teplých dní“ v Bratislave a jej okolí.

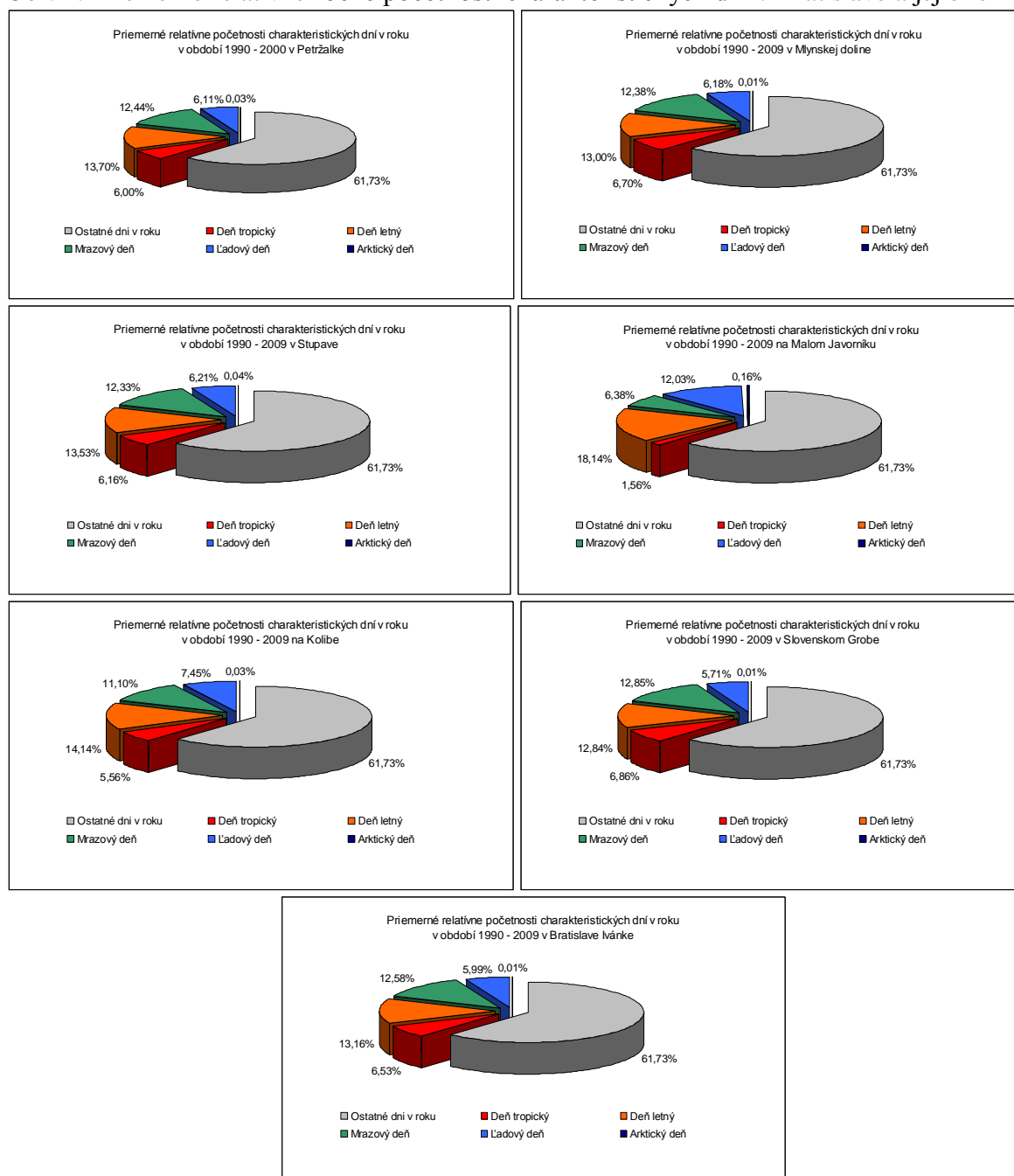
Charakteristický teplý deň	Teplotná charakteristika dňa	Petržalka	Mlynská dolina	Stupava	Malý Javorník	BA Koliba	Slovenský Grob	letisko Ivánka
Deň tropický	Tmax ≥ 30 °C	219	489	450	114	406	501	477
Deň letný	Tmax ≥ 25 °C	719	1525	1482	746	1420	1555	1529
Vlna horúcich dní	3 a viac dní po sebe TMAX ≥ 30 °C	28 x	74 x	69 x	13 x	56 x	72 x	60 x
Maximálny počet dní trvania vlny horúcich dní	3 a viac dní po sebe TMAX ≥ 30 °C	19	19	18	13	18	19	19
Obdobie výskytu maximálneho počtu dní trvania vlny horúcich dní	3 a viac dní po sebe TMAX ≥ 30 °C	22.7.1994 - 9.8.1994	21.7.1994 - 8.8.1994	22.7.1994 - 8.8.1994	26.7.1994 - 7.8.1994	22.7.1994 - 8.8.1994	21.7.1994 - 8.8.1994	21.7.1994 - 8.8.1994

Tab. 5: Priemerné ročné absolútne početnosti charakteristických „chladných dní“ a „teplých dní“ v Bratislave a jej okolí v období 1990 – 2009.

Charakteristický deň	Teplotná charakteristika dňa	Petržalka	Mlynská dolina	Stupava	Malý Javorník	BA Koliba	Slovenský Grob	letisko Ivánka
Mrazový deň	$T_{min} < 0^{\circ}C$	45,4	45,2	45,0	23,3	40,5	46,9	45,9
Ľadový deň	$T_{max} < 0^{\circ}C$	22,3	22,6	22,7	43,9	27,2	20,9	21,9
Arktický deň	$T_{max} \leq -10^{\circ}C$	0,1	0,1	0,2	0,6	0,1	0,1	0,1
Deň tropický	$T_{max} \geq 30^{\circ}C$	21,9	24,5	22,5	5,7	20,3	25,1	23,9
Deň letný	$T_{max} \geq 25^{\circ}C$	50,0	47,5	49,4	66,2	51,6	46,9	48,1

Zaujímavý poznatok dávajú výsledky hodnotenia priemernej ročnej relatívnej početnosti charakteristických dní. Suma priemerného relatívneho počtu mrazových, ľadových, arktických, letných a tropických dní v roku je na všetkých staniách rovnaká a nevykazuje mezoklimatologický charakter výskytu, pozri Obr. 4.

Obr. 4: Priemerné relatívne ročné početnosti charakteristických dní v Bratislave a jej okolí



Záver

Výsledky mezoklimatologického spracovania teplotných pomerov mestskej a prímestských oblastí získaných z denných klimatických meraní na klimatologických staniach SHMÚ v období 1990 - 2009 ukazujú, že väčší vplyv na teplotné pomery ako priestorové situovanie meracích staníc má ich nadmorská výška.

Určenie vplyvu urbanizovaných sektorov Bratislavy na jej mestskú klímu iba z meraní doteraz funkčných bratislavských staníc považujeme za pomerne nekorektné, pretože nevyjadrujú teplotné pomery najzastavanejších častí veľkomesta, čím sa skresľuje jednak časová a priestorová porovnateľnosť teplotných pomerov mesta a okolitých vidieckych miest (Stupava, Slovenský Grob).

Získané klimatologické poznatky hodnotené z hľadiska časovej a priestorovej variability teploty mestskej klímy jasne ukazujú na nutnosť doplnenia súčasnej siete staníc o účelové mestské klimatologické stanice, ktoré by umožnili merať teplotu vzduchu v najzastavanejších a najľudnatejších častí Bratislavy, tj. v centrách predpokladaných tepelných ostrovov.

Použitá literatúra

Hrvoľ J., Horecká V., Tekušová M. (2009): Changes of cloudiness and sunshine duration in Bratislava for the period 1983 - 2007. Acta Met. Univ. Comeniana, Volume XXXVI: 27-41.

Horecká V., Hrvoľ J. (2009): Long-term changes of some meteorological elements and characteristics in Bratislava for the period 1983-2007. Sustainable development and bioclimate, Reviewed Conference Proceedings, Stará Lesná: 195 – 196.

Pokladníková H., Fukalová P., Rožnovský J. (2010): Mikroklima vybraných městských prostředí. Sborník příspěvků z mezinárodní konference, Bioklima 2010, Praha 2010: CD.

Faško P. a kol. (2010): Interdiurna a viacdňová premenlivosť vybraných charakteristík teploty vzduchu v časovom rade z Hurbanova v období 1901 – 2009. 18th International Poster Day, Transport of Water, chemicals and Energy in the soil-Plant-Atmosphere System, Bratislava 2010: CD.

Sobíšek, B. et al. (1993): Meteorologický slovník výkladový a terminologický. 1. vyd. Praha, Academia

Kontaktná adresa 1. autora:

RNDr. Viera Horecká, SHMÚ, 83315 Bratislava, Jeséniova 17, SR, viera.horecka@shmu.sk