

ČESKÝ
HYDROMETEOROLOGICKÝ
ÚSTAV

Pražský tepelný ostrov

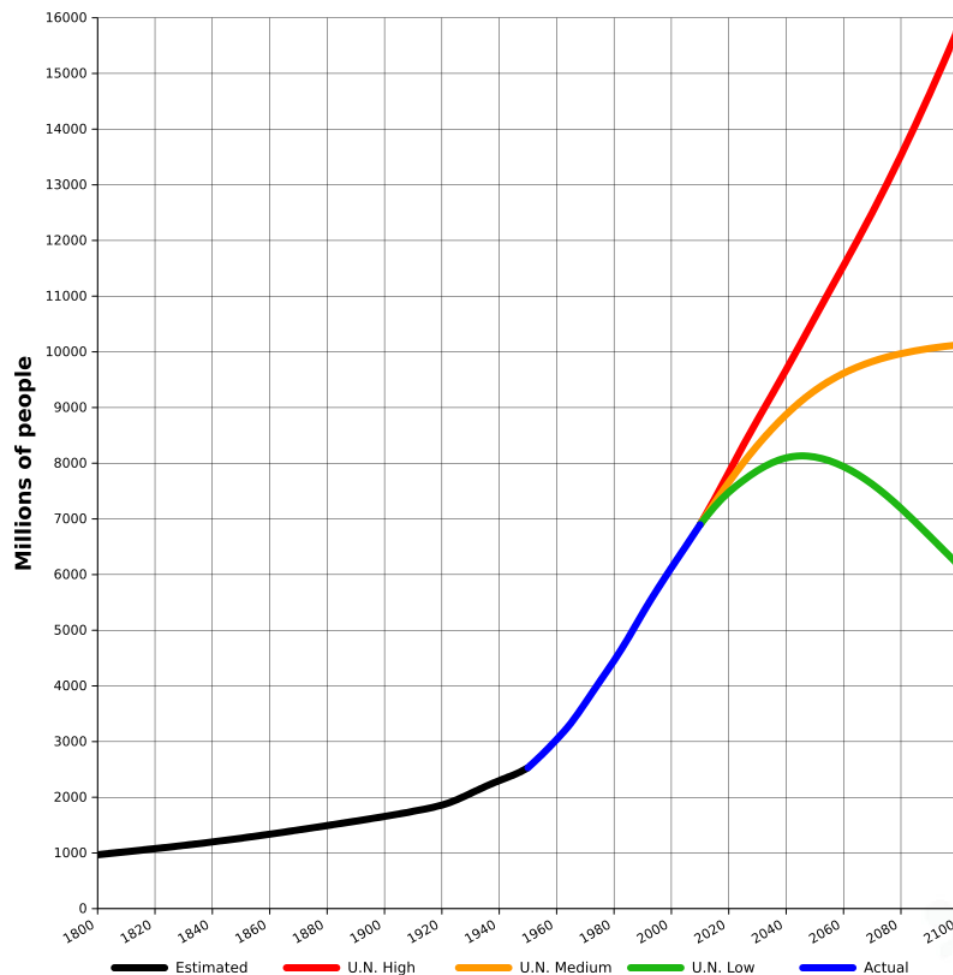
Petr Skalák, Michal Žák, Pavel Zahradníček, Karel Helman, Vladimír Fuka, Dominik Aleš

skalak@chmi.cz

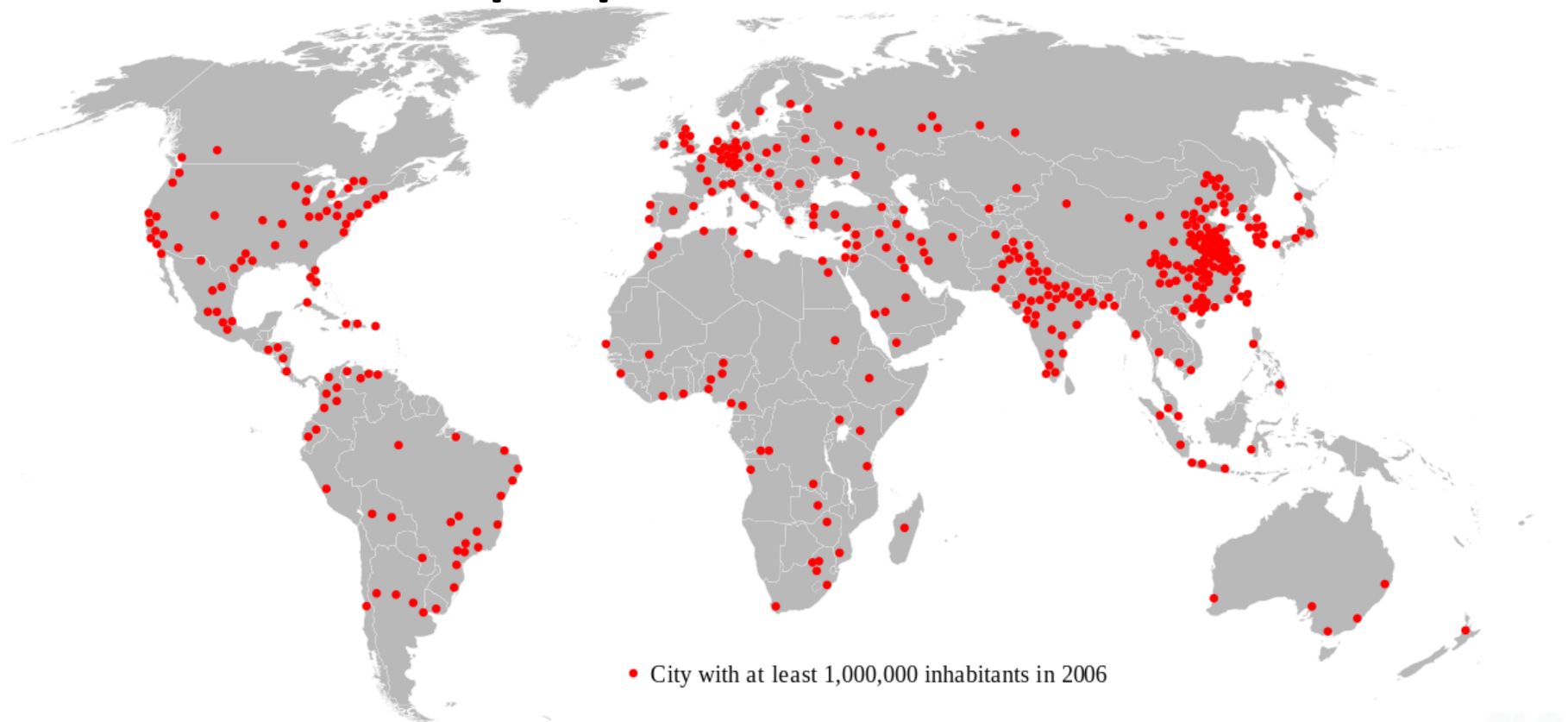


Světová populace a urbanizace

- 7 296 903 160 obyvatel Země (23. 2. 2015, 11:20 SEČ)



Světová populace a urbanizace



- Cca 450 měst s populací ≥ 1 milion obyvatel
- V roce 2007 >50 % lidí ve městech (z toho $> 70\%$ rozvojové země)
- V roce 2005 žilo přibližně 10% lidstva v megapolích (populace 10+ M)
- V roce 2050 podíl městského obyvatelstva cca 69%

Vliv urbanizace na klima

Luke Howard, 1833: *"Climate of London deduced from meteorological observation made in metropolis and at various places around it,,*

Město mění proti přirozenému prostředí

- Toky energie
- Vodní cyklus (srážky, výpar, odtok)
- Teplotní poměry
- Proudění vzduchu

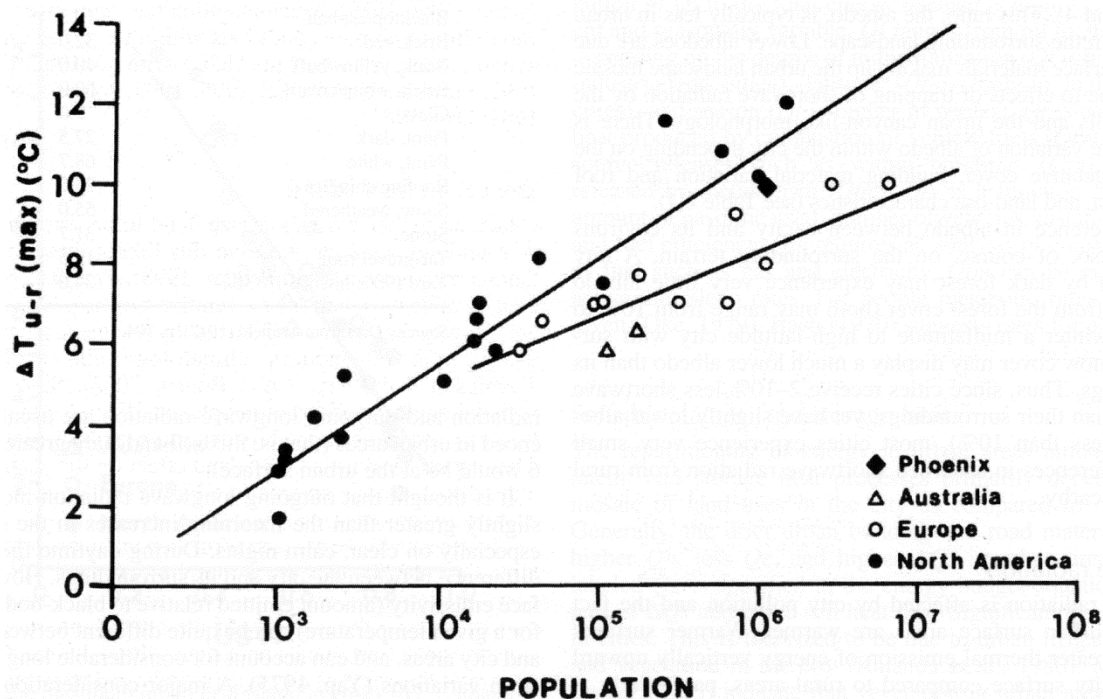


Projevy klimatu města o velikosti cca 1 milion obyvatel v létě

Parametr	Změna	Velikost / Poznámka
intenzita turbulence	větší	10-50%
rychlost větru	redukováná	5-30% v 10 m při silném proudění
	zesílená	v slabém proudění s tepelným ostrovem
směr větru	pozměněný	1-10 stupně
UV záření	mnohem menší	25-90%
globální záření	menší	1-25%
infračervené vyzařování	větší	5-40%
viditelnost	menší	
výpar	menší	cca 50%
akumulace tepla	větší	cca 200%
teplota vzduchu	větší	1-3 °C / 100 let, 1-3 °C roční průměr, až 12 °C hodinový průměr
vlhkost	menší	přes den v létě
	větší	přes noc v létě, celodenně v zimě
oblačnost	větší zákal	v centru a po směru větru
	větší oblačnost	obzvlášť na závětrné straně města
mlha	větší i menší	v závislosti na aerosolech a okolí města
srážky sněhové	menší	část v podobě deště
srážky celkové	větší ?	na závětrné straně než-li v městě samotném

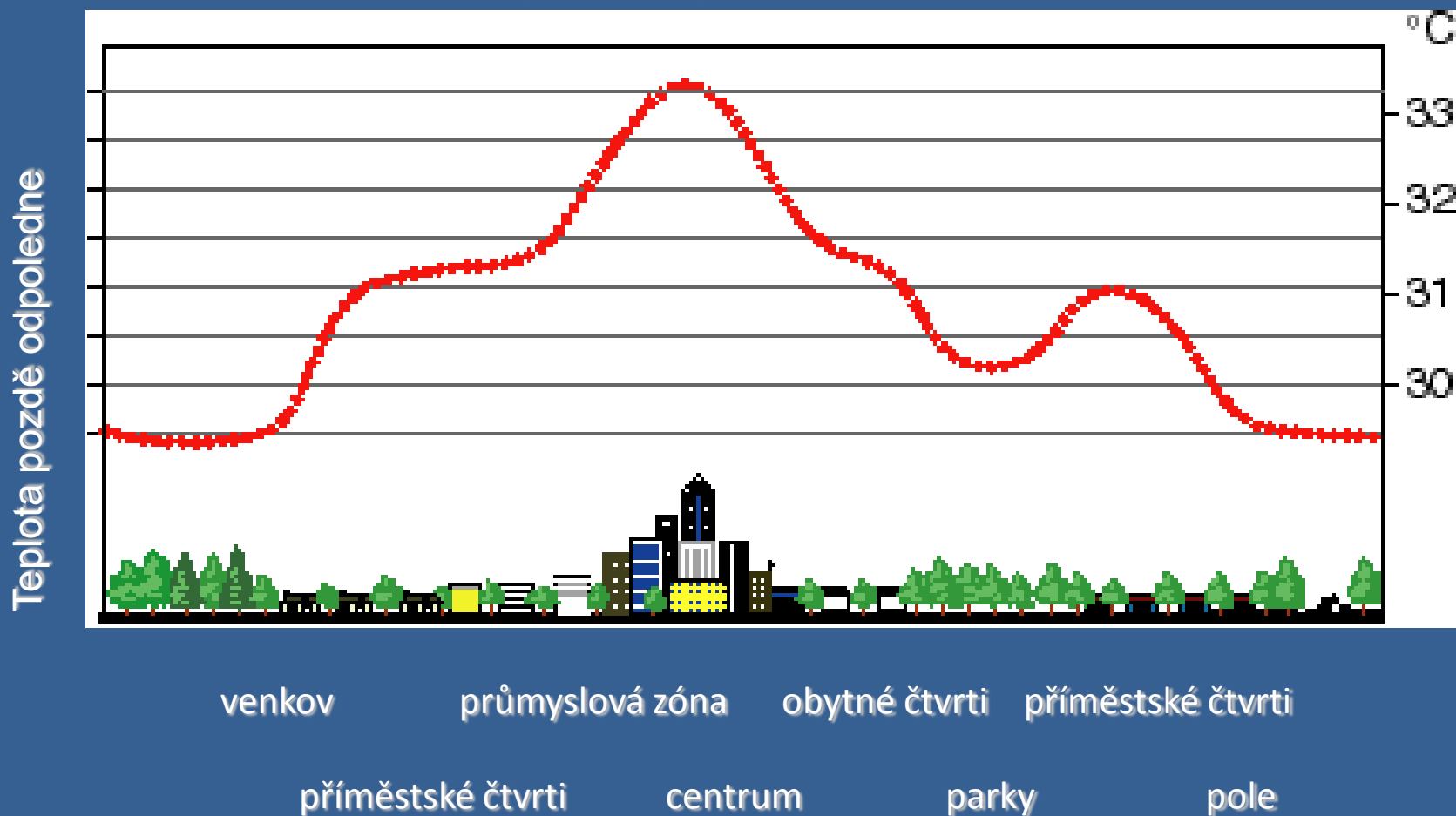
Tepelný ostrov města (MTO)

- Oblast města, která je významně teplejší než její okolí
- Větší města mívají zpravidla výraznější tepelný ostrov
- MTO se občas pozoruje už u měst s 10 000 obyvateli!



Tepelný ostrov města (MTO)

Náčrt profilu tepelného ostrovu města



Příčiny vzniku MTO

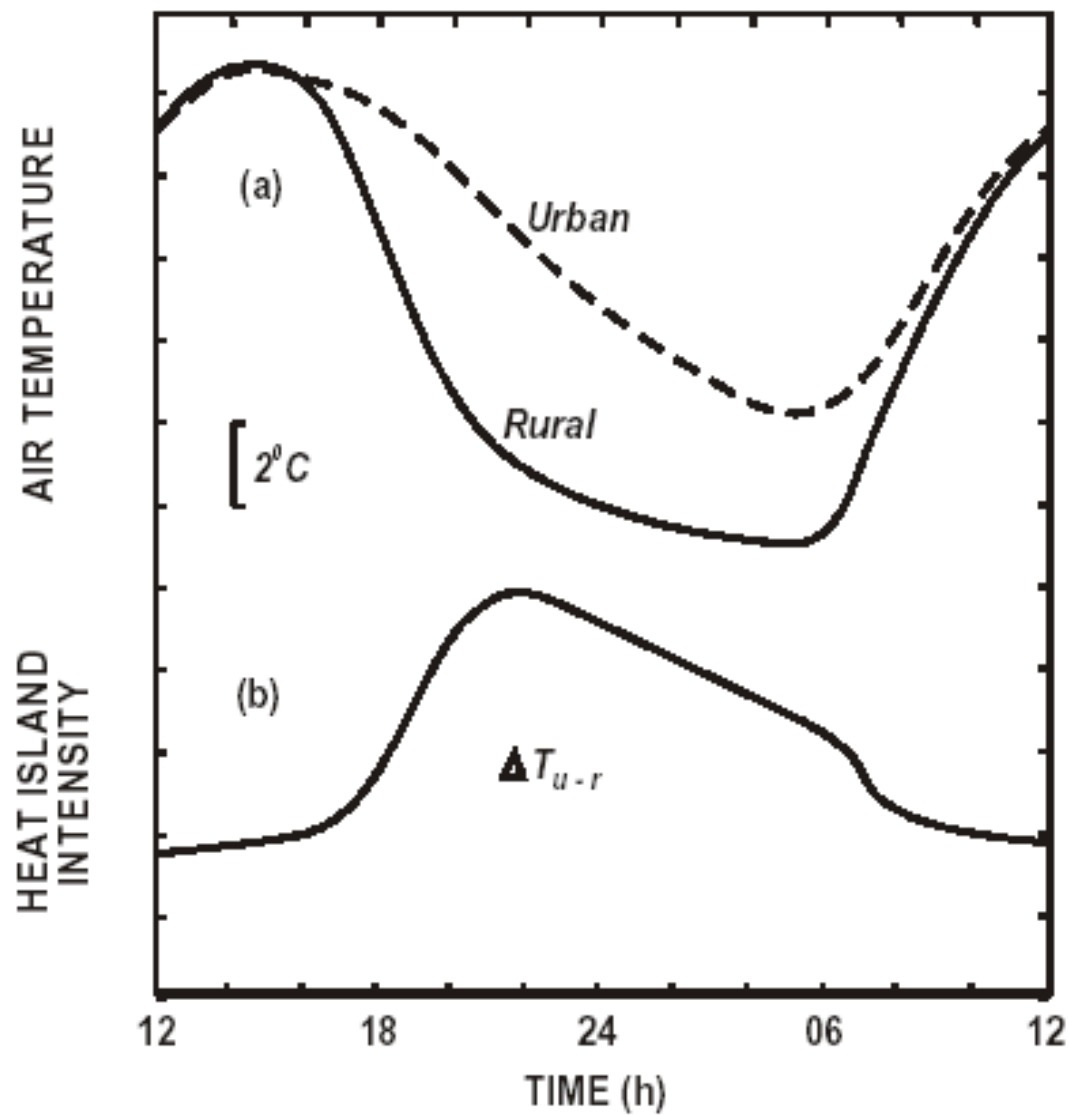
- **Geometrie města** – mnohonásobný odraz a absorpce záření v površích zvětšují intenzitu absorpce tepla (tzv. efekt kaňonů), zeslabení větru (a tudíž ochlazování)
- Hlavní příčinou je **změna aktivního povrchu** – použití umělých materiálů (asfalt, beton) s odlišnými absorpčními tepelnými vlastnostmi než přirozený povrch => změna energetické bilance
- Další příčinou je **zmenšení** intenzity **vypařování vody** (kanály, menší množství vegetace ...)
- Dále **odpadní teplo** vznikající lidskou činností (topení, klimatizace (!), průmysl)



Popis MTO

- Jeho velikost určíme z tzv. **intenzity městského tepelného ostrova**, což je rozdíl mezi teplotou vzduchu ve městě a v okolním venkovském prostředí
- Nejvíce se projevuje v minimálních teplotách (vliv tepelné setrvačnosti jádra města)
- Denní chod intenzity MTO mívá maximum několik hodin po západu slunce, někdy se přesouvá do posledních hodin noci
- Někdy může být dokonce město dopoledne chladnější než okolí





Pražský tepelný ostrov

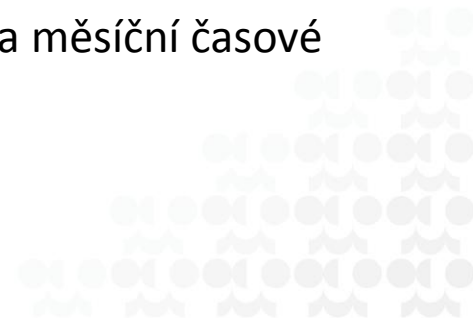
- Brázdil, R. a Budíková, M., 1999. **An urban bias in air temperature fluctuations at the Klementinum, Prague, The Czech Republic.** *Atmospheric Environment*, Vol. 33, p. 4211–4217
 - Vývoj MTO v letech 1922-1995, Klementinum versus 17 venkovských stanic, sezónní teploty
 - Zesílení MTO, až o 0,6 °C /století, max. v zimě a na jaře
 - Stagnace vývoje MTO od 60. let 20. století
- Beranová, R. A Huth, R., 2003. **Pražský tepelný ostrov za různých synoptických podmínek.** *Meteorologické zprávy*, roč. 56, s. 137–142
 - Klementinum versus Brandýs/Labem, Doksany, Ondřejov, 1961-1990, v závislosti na cirkulaci
 - Maximum MTO léto, minimum podzim, anticyklonální situace s N & NE prouděním až 2,59 °C
 - Zesílení MTO anticyklonální situace 1,6 °C/století, cyklonální situace 1,3 °C/století

Pražský tepelný ostrov

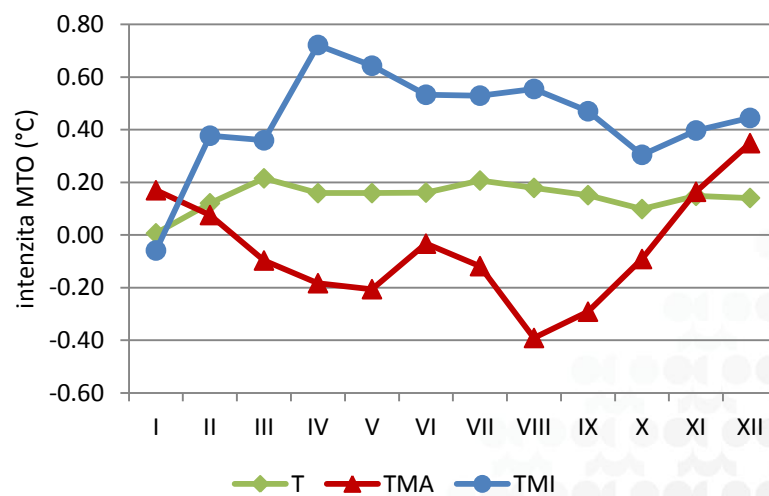
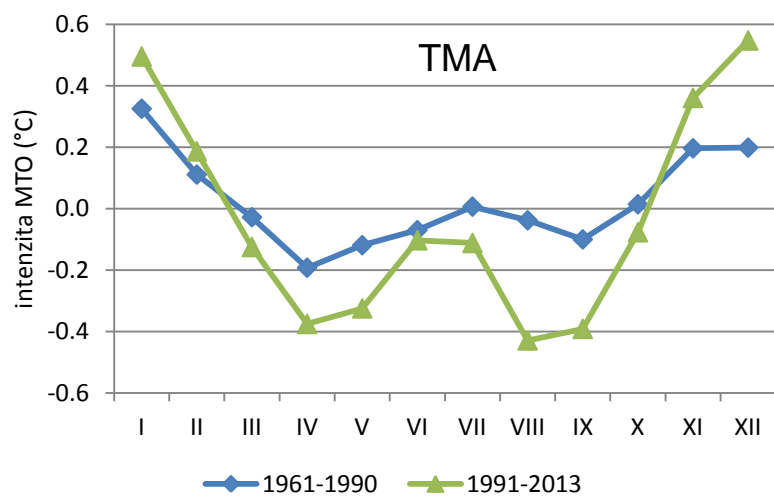
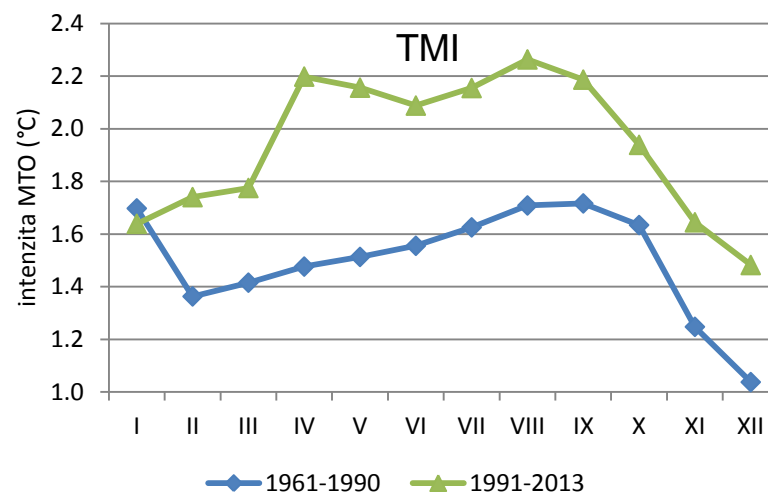
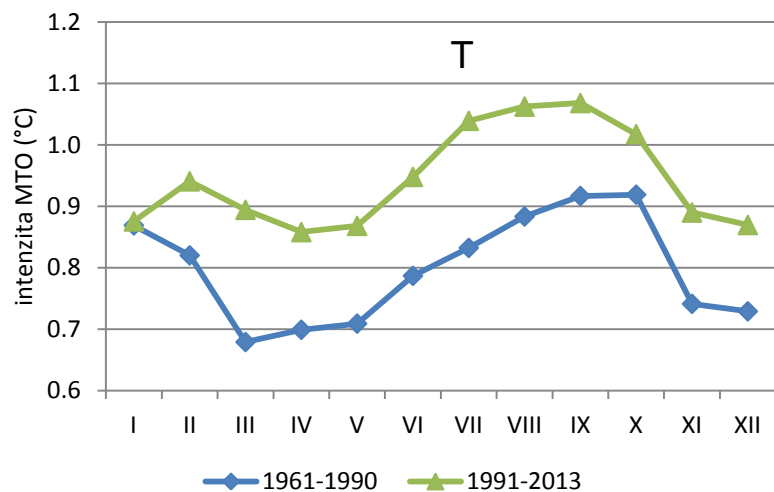
- Analýza pražského klimatu v letech 1961-2013 pomocí technických staničních řad (zkontrolované, homogenizované, doplněné)

oblast	stanice	zeměpisná šířka	zeměpisná délka	nadmořská výška (m)	dostupnost měřených dat
PRAHA	KARLOV	50° 04' 10"	14° 25' 40"	232	01/1961–12/2013
	KLEMENTINUM	50° 05' 27"	14° 25' 09"	191	01/1961–12/2013
	LIBUŠ	50° 00' 29"	14° 26' 49"	302	01/1971–12/2013
	RUZYNĚ	50° 06' 03"	14° 15' 28"	364	01/1961–12/2013
VENKOV	BRANDÝS NAD LABEM	50° 11' 23"	14° 39' 38"	179	01/1961–12/2013
	DOBŘICHOVICE	49° 56' 00"	14° 16' 33"	205	04/1999–12/2013
	TUHAŇ	50° 17' 43"	14° 31' 14"	160	01/1961–10/1992
					10/1993–12/2013

- Intensita MTO srovnáním Klementina a 3 venkovských stanic na měsíční časové škále

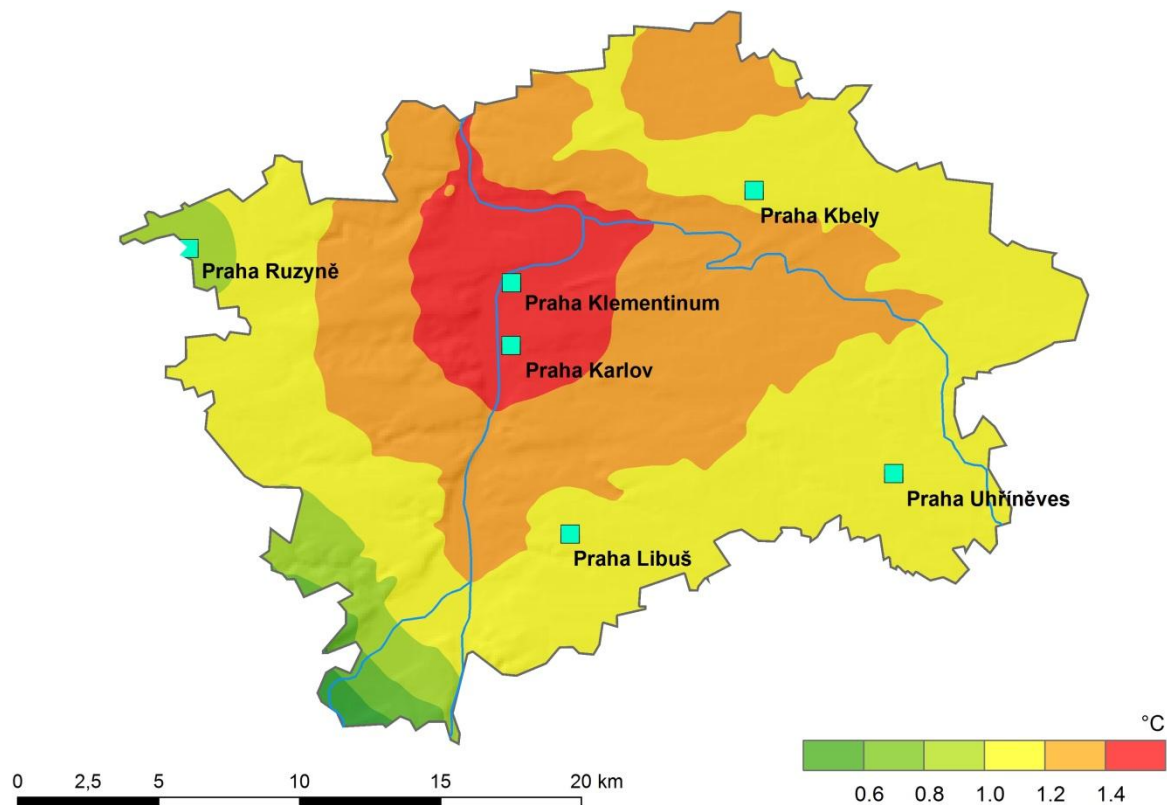


Intensita MTO Prahy



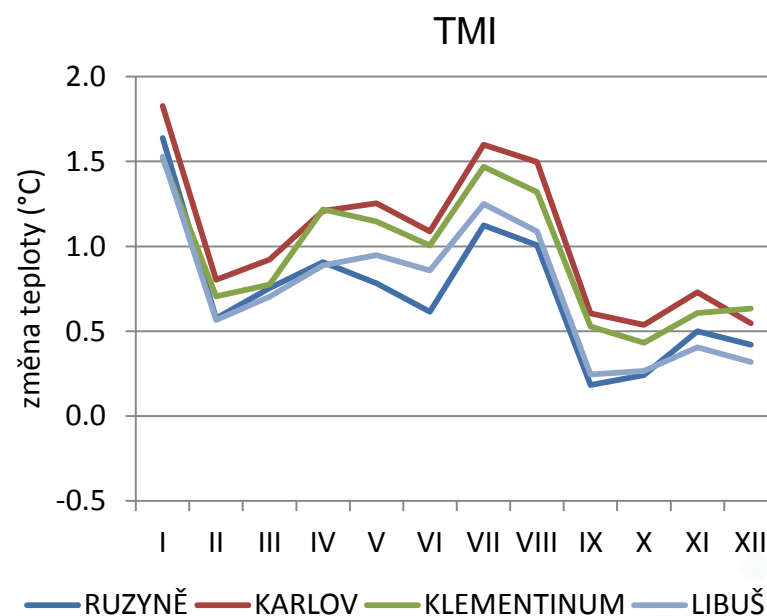
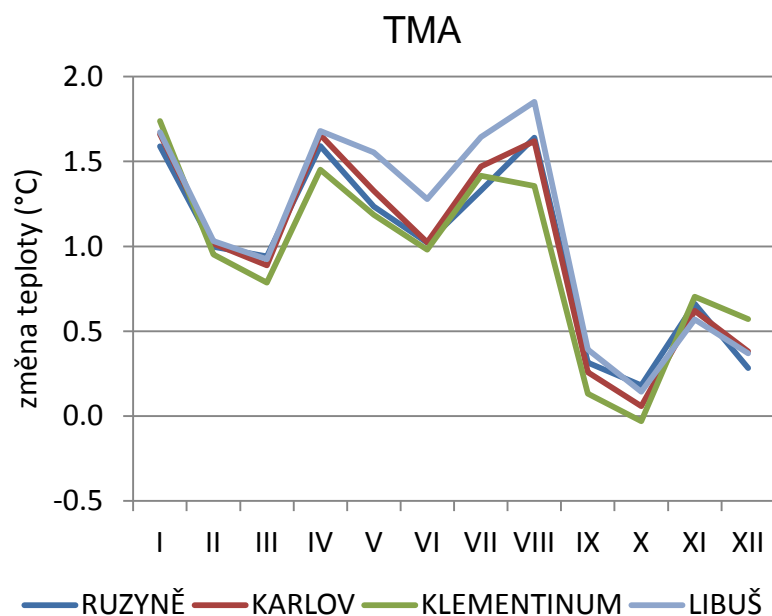
Další indikace změny MTO

- Rozdíl ročního průměru minima teploty vzduchu v letech 2001-2010 a 1961-1971



Další indikace změny MTO

- Změna dlouhodobých měsíčních průměrů denního maxima (vlevo) a minima (vpravo) teploty vzduchu - období 1991-2013 minus 1961-1900



Další indikace změny MTO

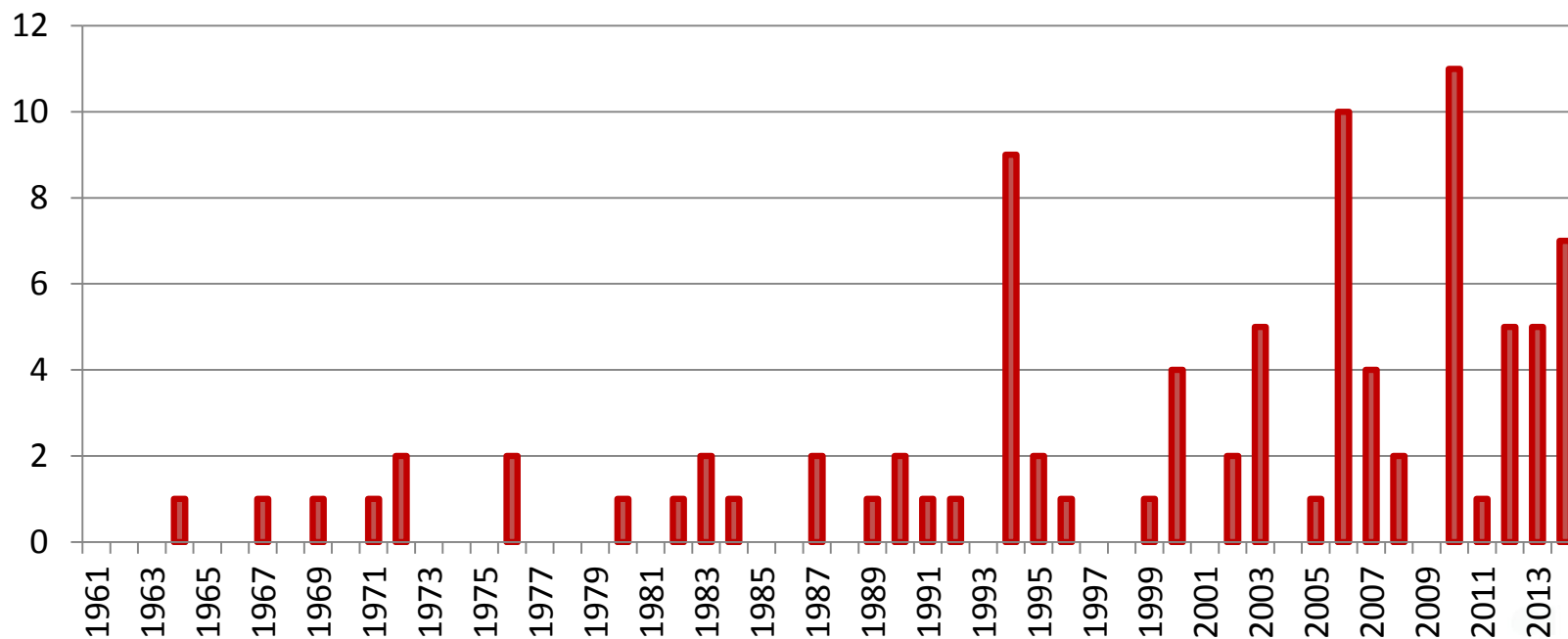
- Nárůst teplých a horkých dnů, pokles studených dnů (trendy za 10 let od roku 1961)

stanice	den letní	den tropický	noc tropická	den mrazový	den ledový	den arktický
KARLOV	4.72	2.02	0.34	-4.50	-2.00	-0.19
KLEMENTINUM	4.29	1.53	0.80	-3.37	-2.23	-0.17
LIBUŠ	5.01	2.11	0.13	-3.33	-1.73	-0.21
RUZYŇ	3.45	1.04	0.01	-3.85	-1.63	-0.25



Další indikace změny MTO

- Nárůst tropických nocí v Klementinu v letech 1961-2014



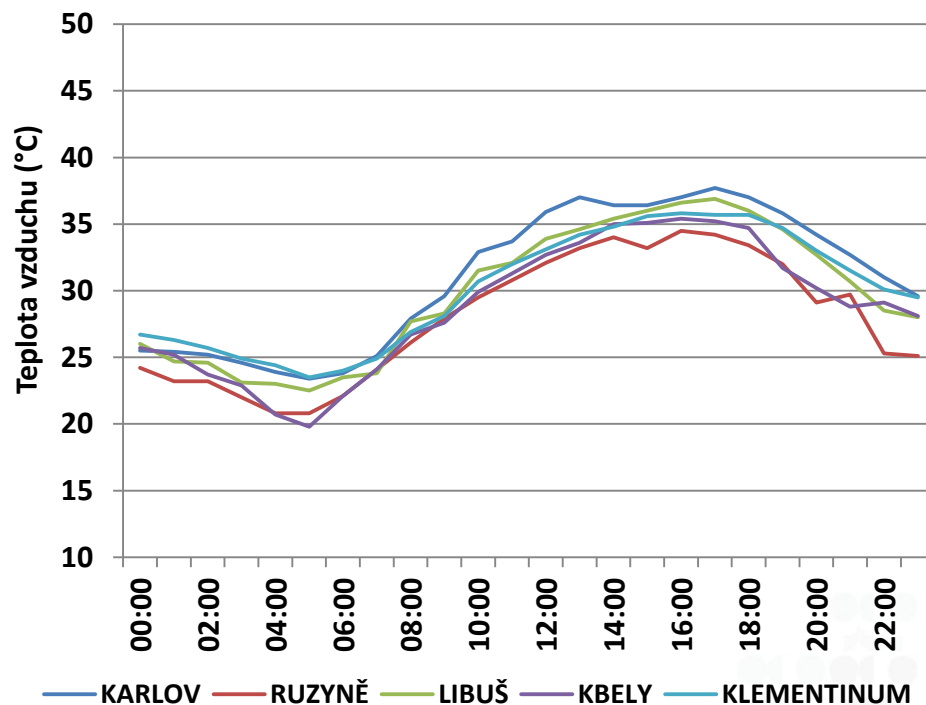
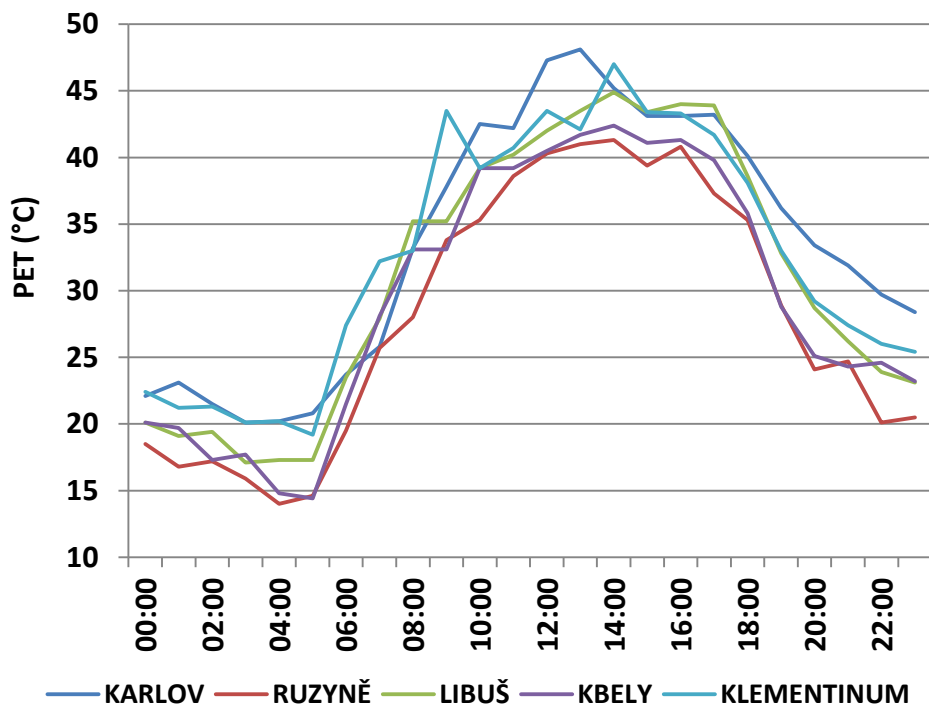
Fyziologicky ekvivalentní teplota

- Obyčejná teplota vzduchu není optimální pro vyjádření vnímání člověka
- Proto zavedeny tepelné indexy
- Jedním z nich je PET – fyziologicky ekvivalentní teplota
- Uvažuje celkový účinek teploty vzduchu, rychlosti větru, vlhkosti vzduchu a toků radiace
- Současně umožňuje kombinaci s energetickou bilancí člověka (vliv oblečení, pohlaví, výšky apod.)



Fyziologicky ekvivalentní teplota

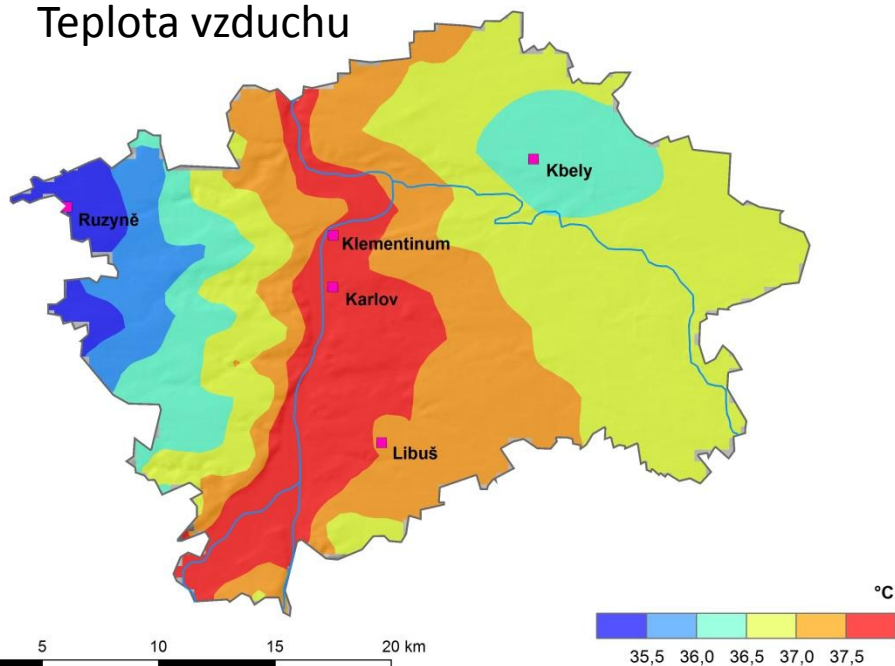
- Příklad horkého dne 28. 7. 2013



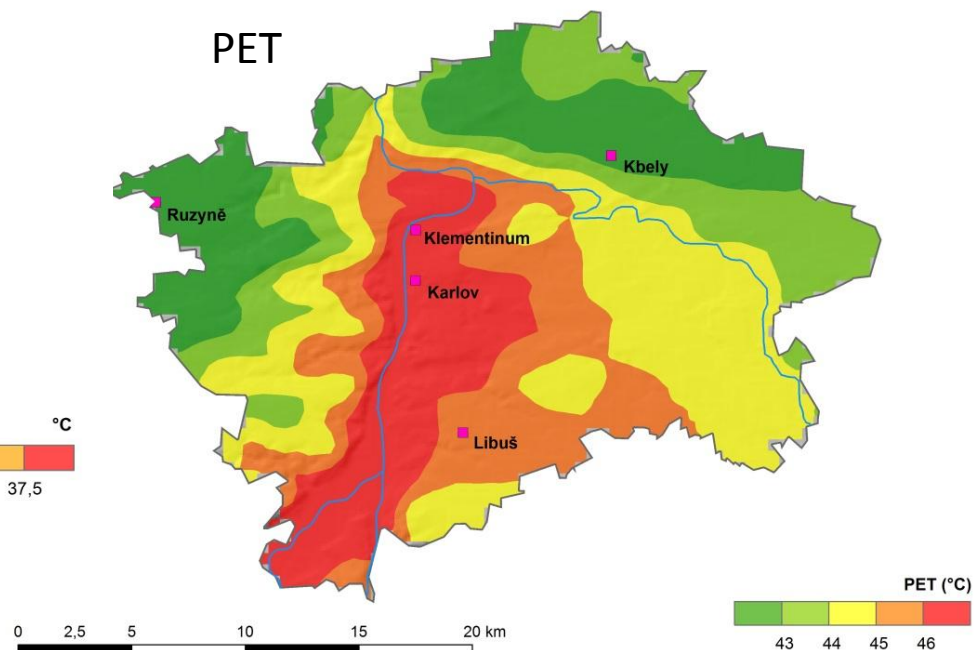
Fyziologicky ekvivalentní teplota

- Příklad horkého dne 28. 7. 2013

Teplota vzduchu

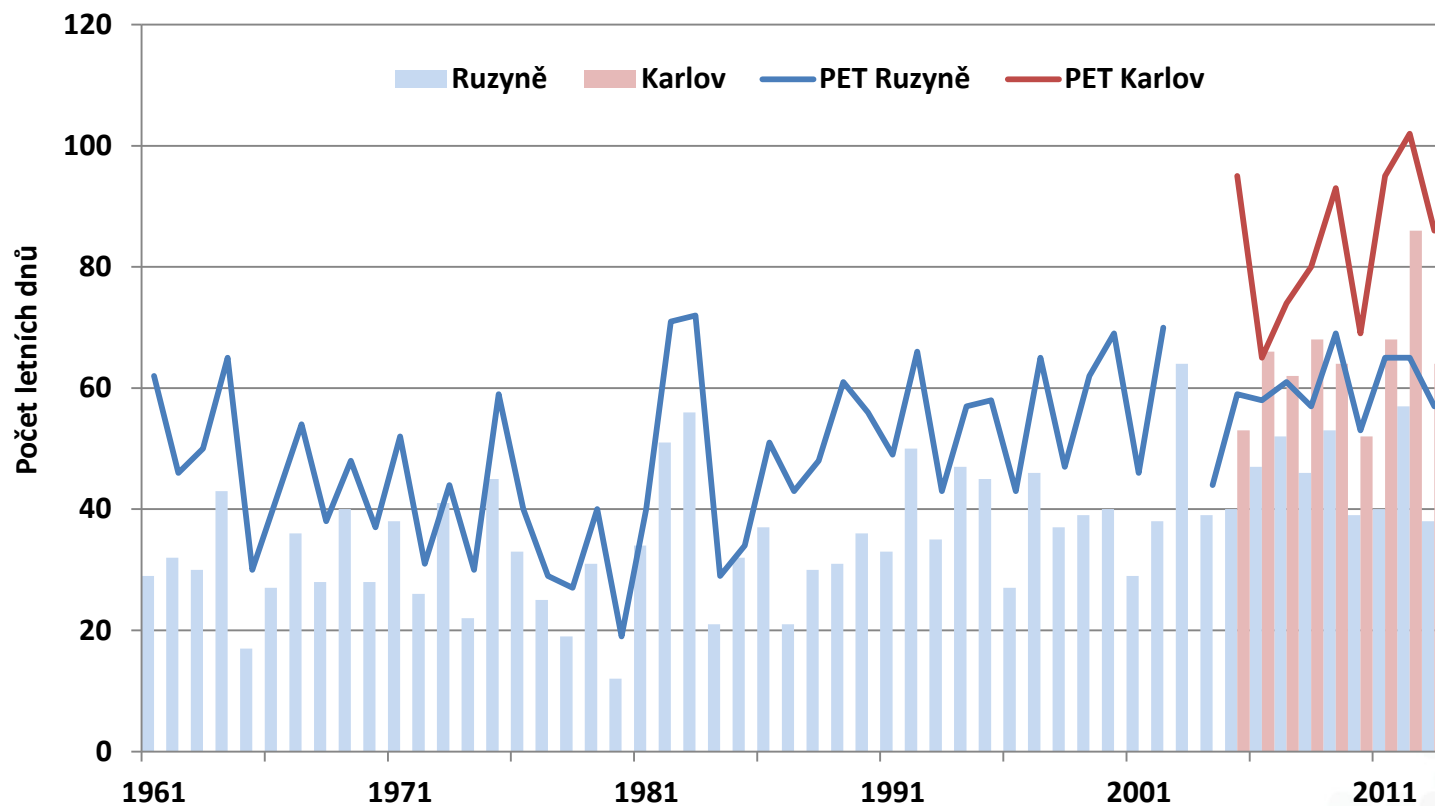


PET



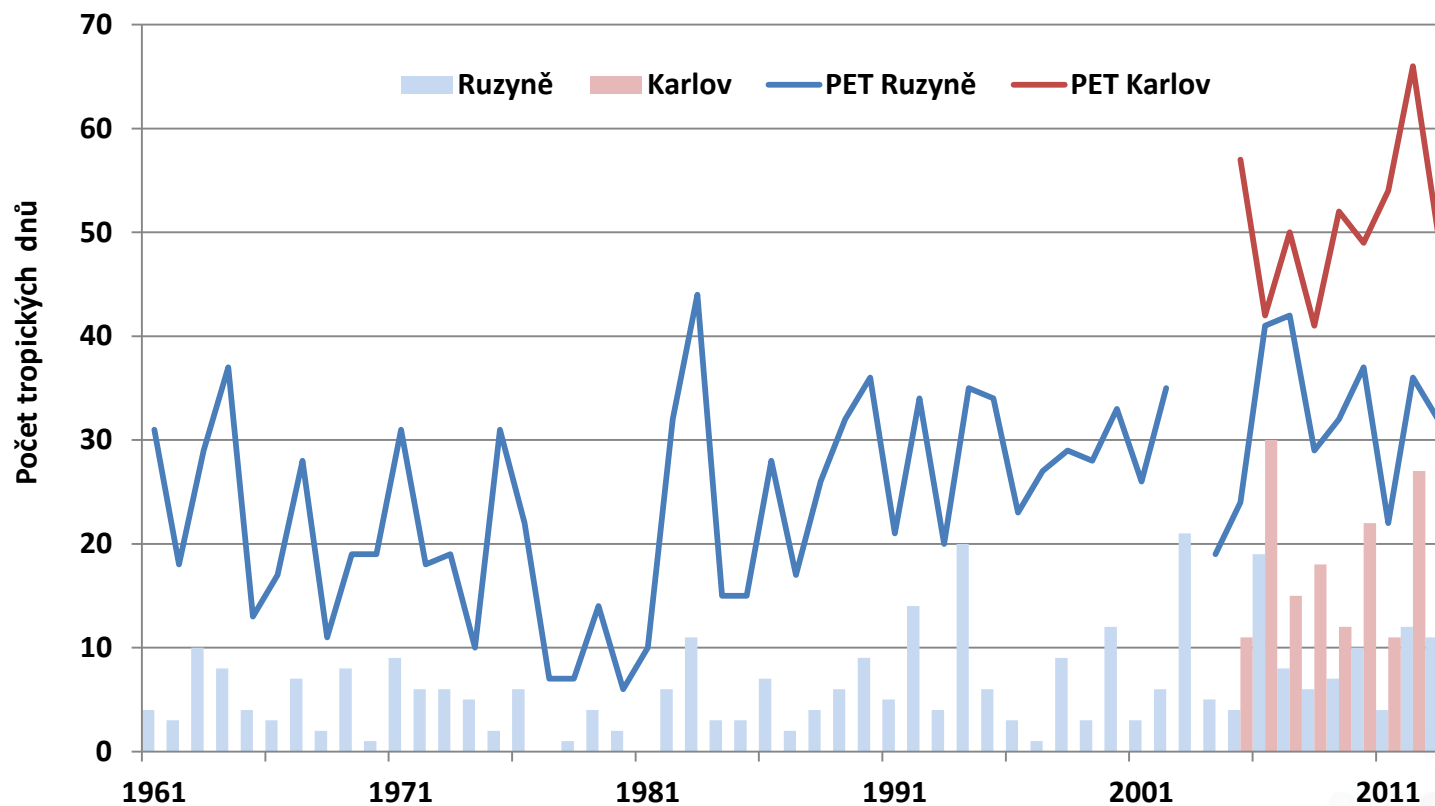
Fyziologicky ekvivalentní teplota

- PET letní dny versus letní dny



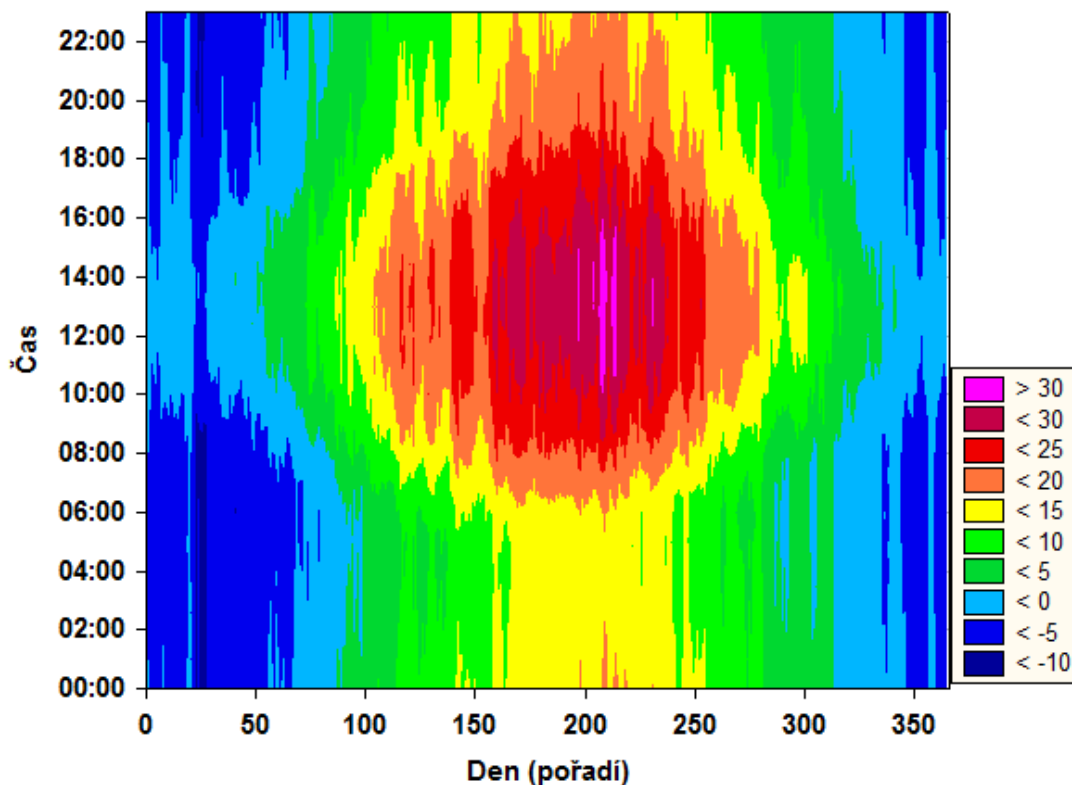
Fyziologicky ekvivalentní teplota

- PET tropické dny versus tropické dny



Fyziologicky ekvivalentní teplota

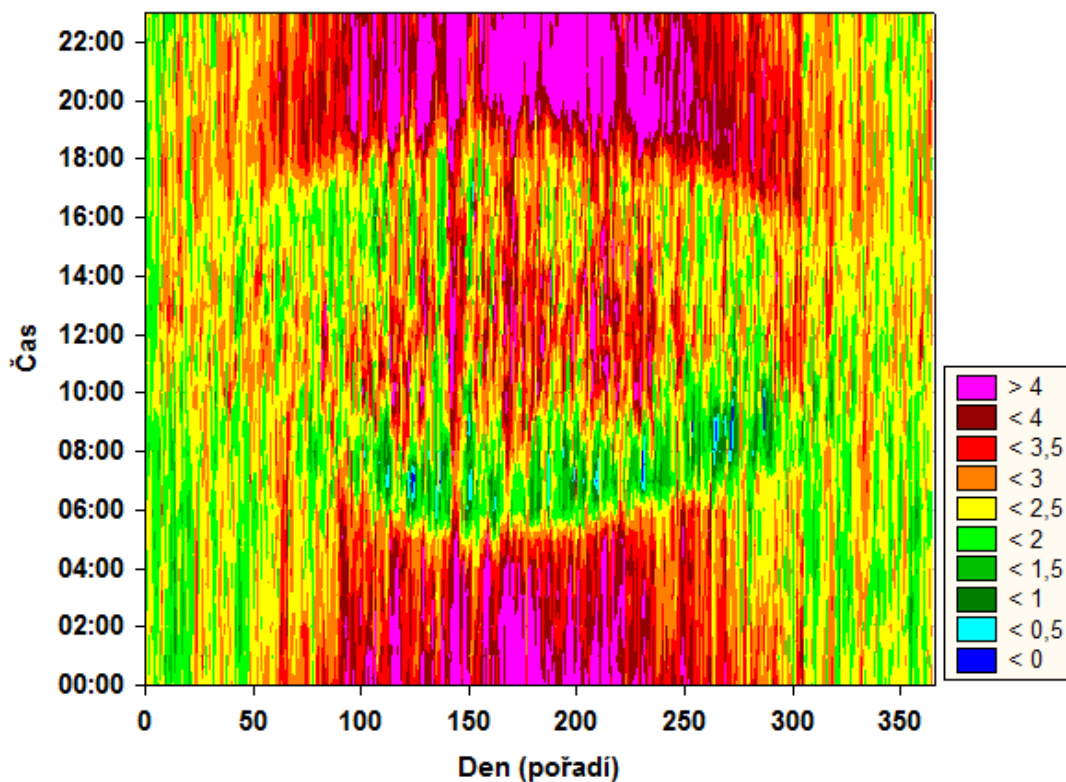
- Praha Karlov, roční/denní chod PET



200. den = 19. července

Fyziologicky ekvivalentní teplota

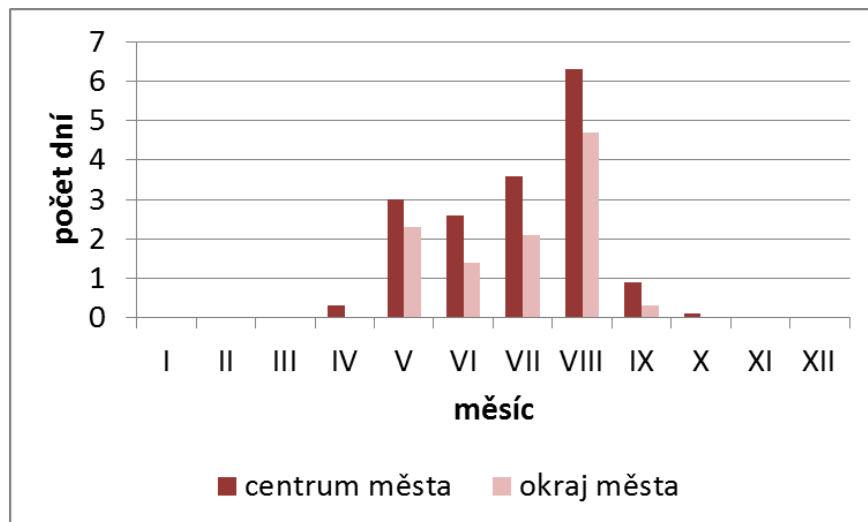
- Rozdíly PET stanic Praha Karlov a Praha Ruzyně, roční/denní chod



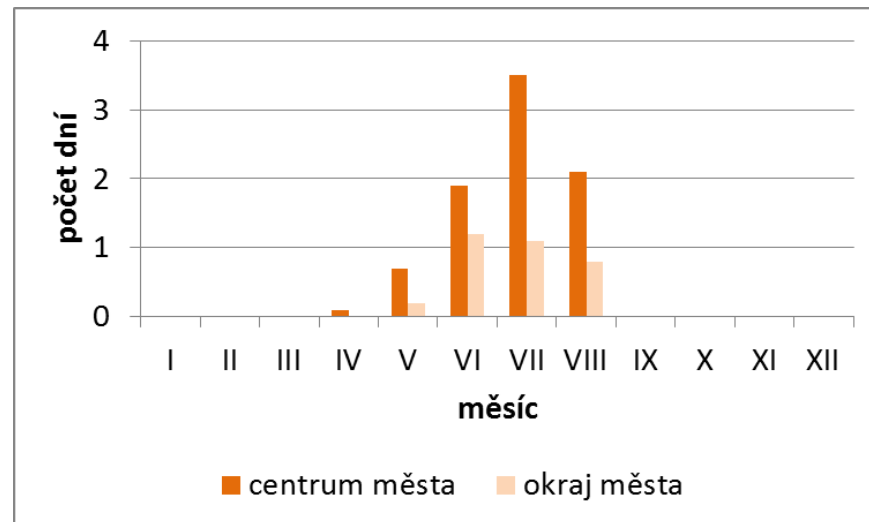
200. den = 19. července

Budoucnost MTO Prahy

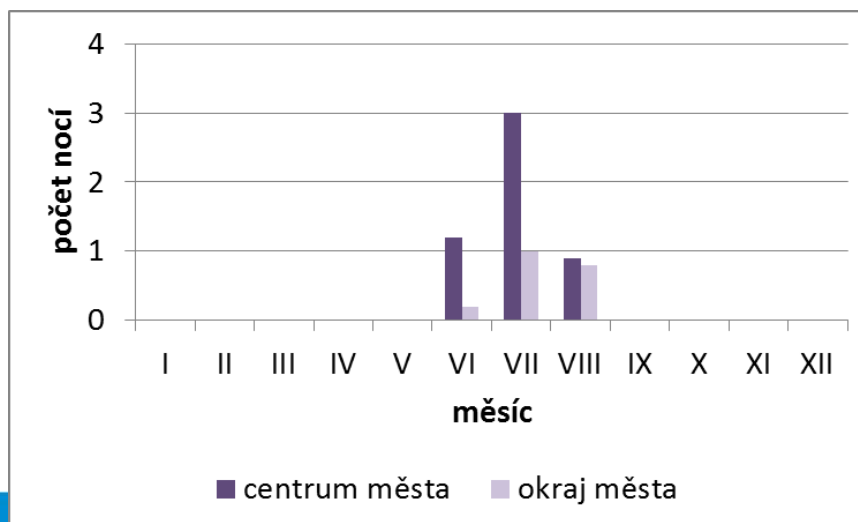
- Změna počtu charakteristických dní dle teploty okolo roku 2025



letní dny



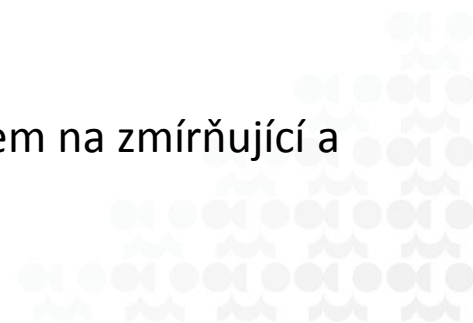
tropické dny



tropické noci

Pilotní akce projektu UHI

- Projekt ***UHI – Development and application of mitigation and adaptation strategies and measures for counteracting the global Urban Heat Islands phenomenon (UHI)***
- Doba řešení: 1. květen 2011 až 31. červenec 2014
- Podpořený EU v rámci CENTRAL EUROPE Programme
- Kromě ČHMÚ se projektu v ČR účastnili KMOP MFF UK a ÚRM / IRPPraha
- Celkem 8 středoevropských měst/aglomerací
 - Bologna – Modena
 - městský koridor Venezia – Padua
 - Wien
 - Stuttgart
 - Warszawa
 - Ljubljana
 - Budapest
 - Praha
- Zlepšit územní plánování a management civilní správy s ohledem na zmírňující a adaptační opatření

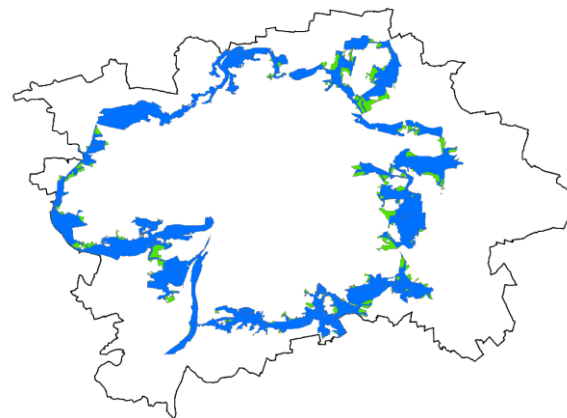


Pilotní akce projektu UHI

- Legerova ulice
- Bubny

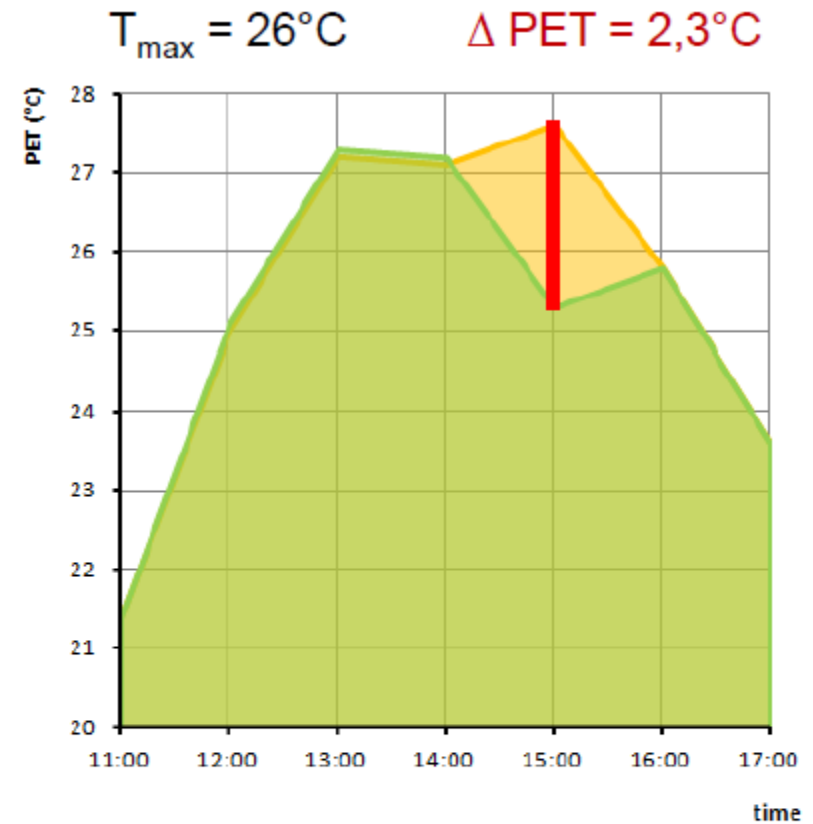
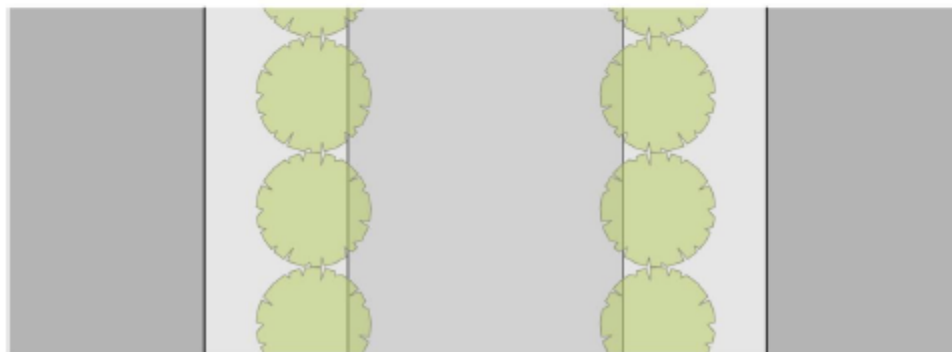
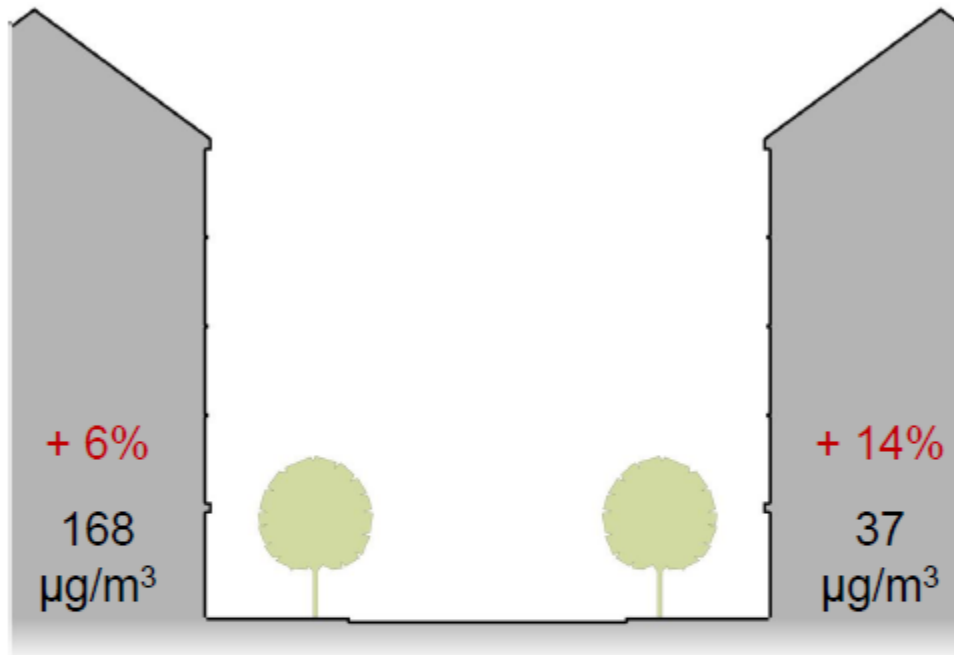


- Tzv. krajinné rozhraní kolem Prahy (pás zeleně)



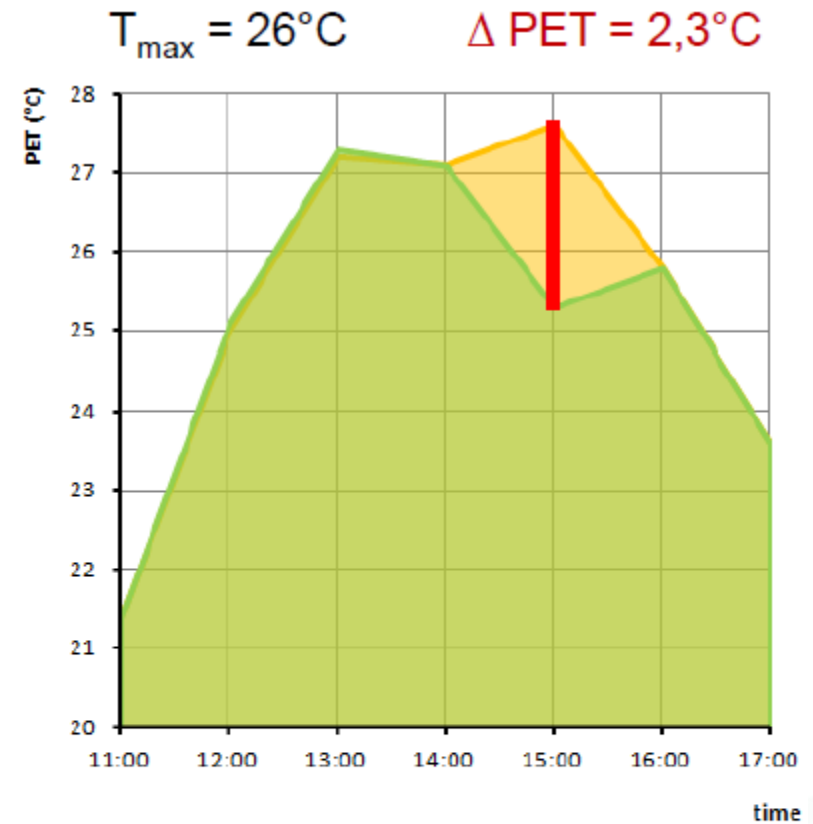
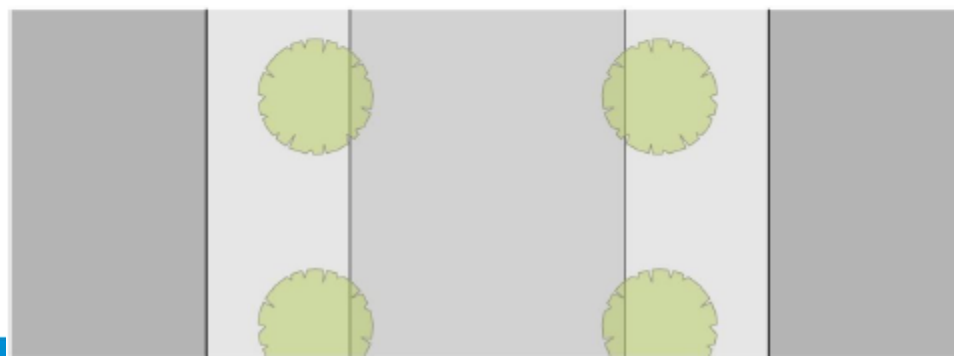
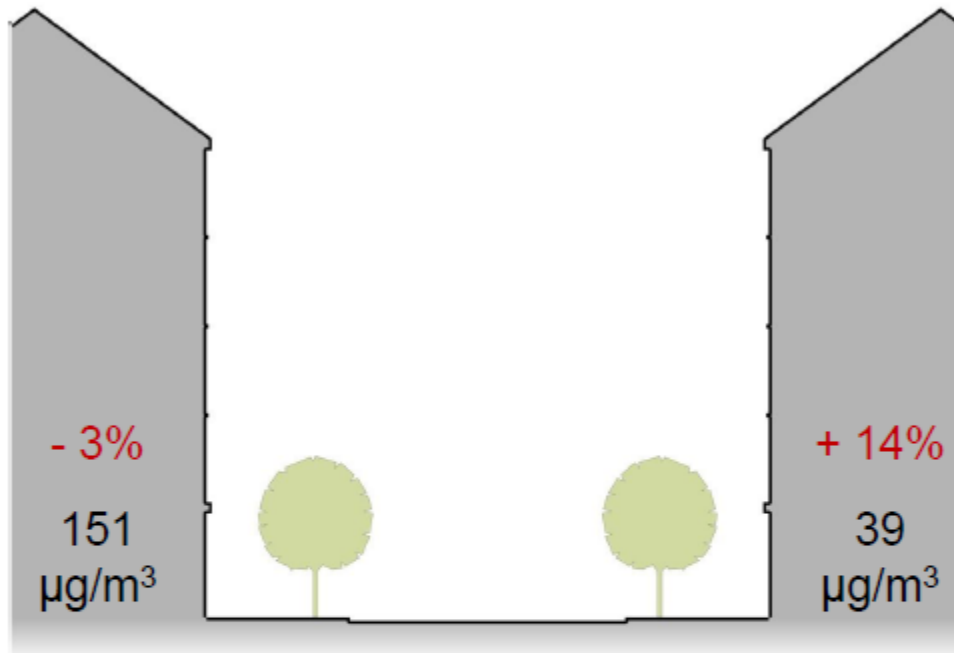
Pilotní akce - Legerova

var 1 – small trees



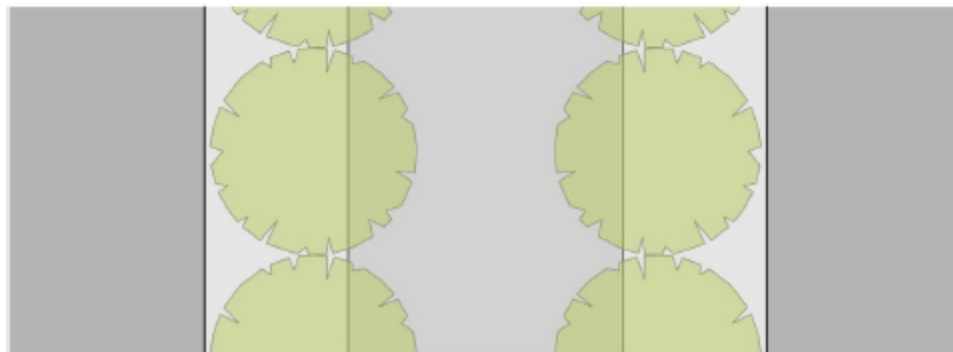
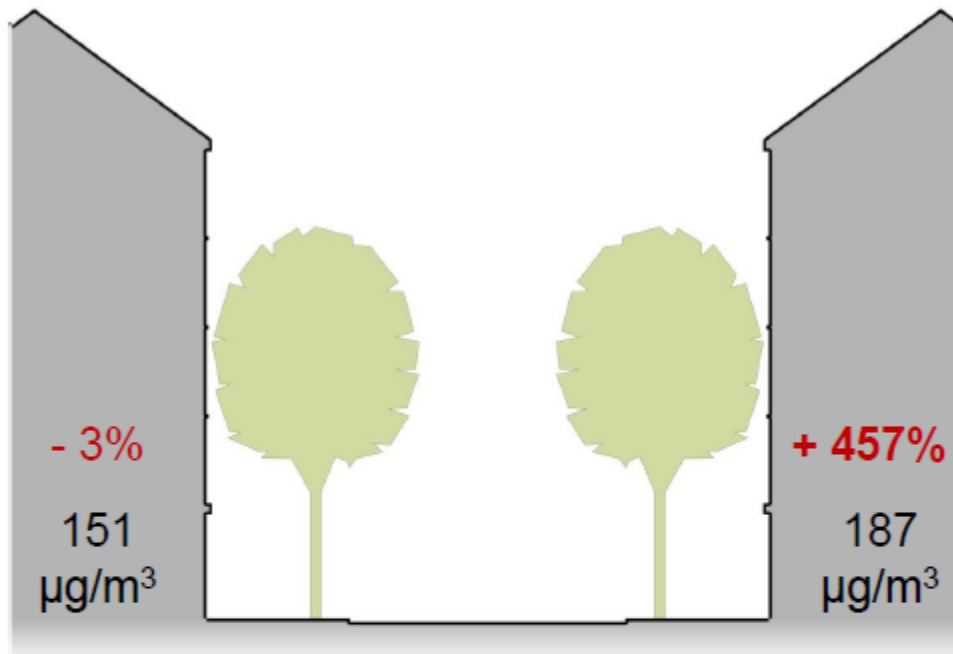
Pilotní akce - Legerova

var 2 – small trees, sparsely



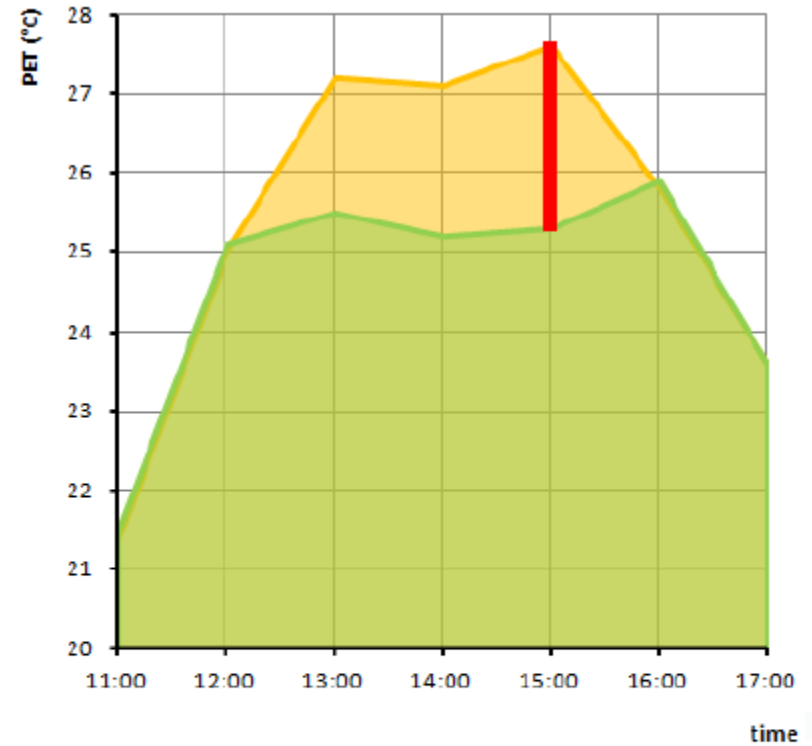
Pilotní akce - Legerova

var 3 – large trees



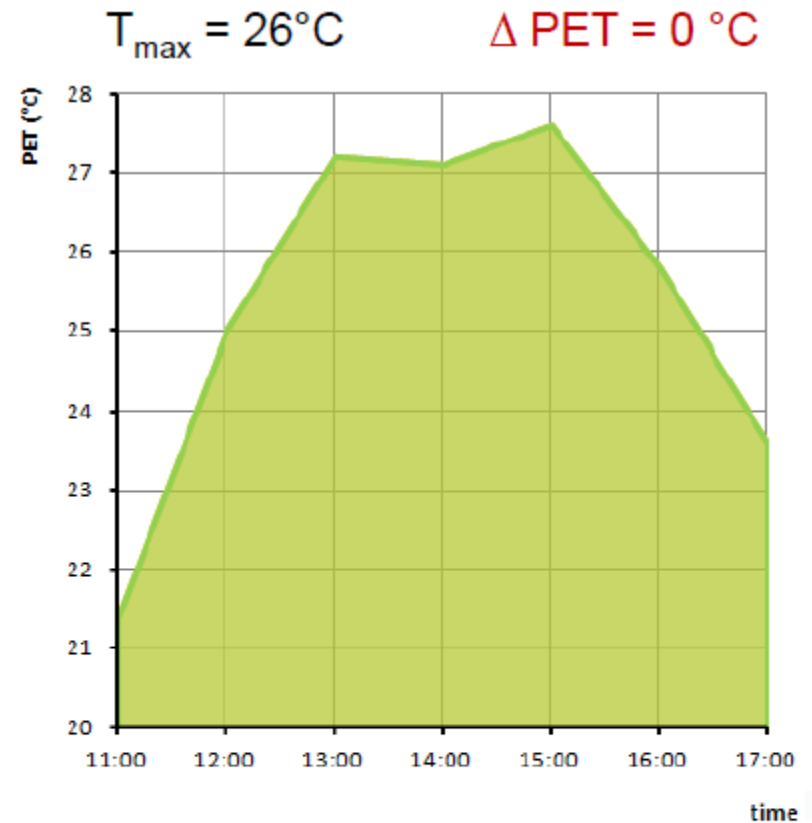
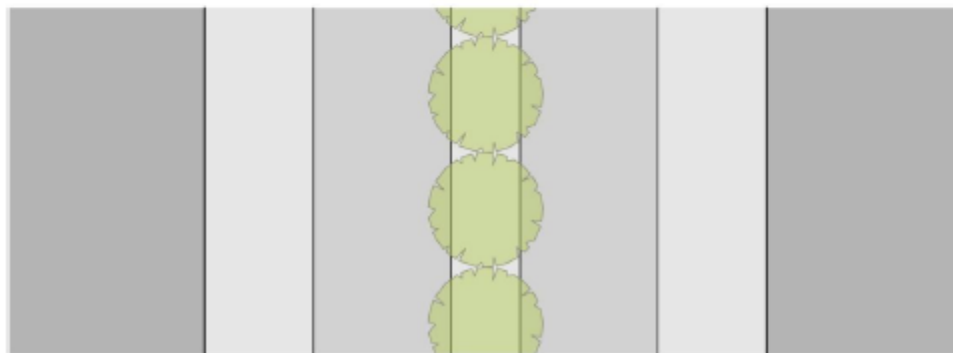
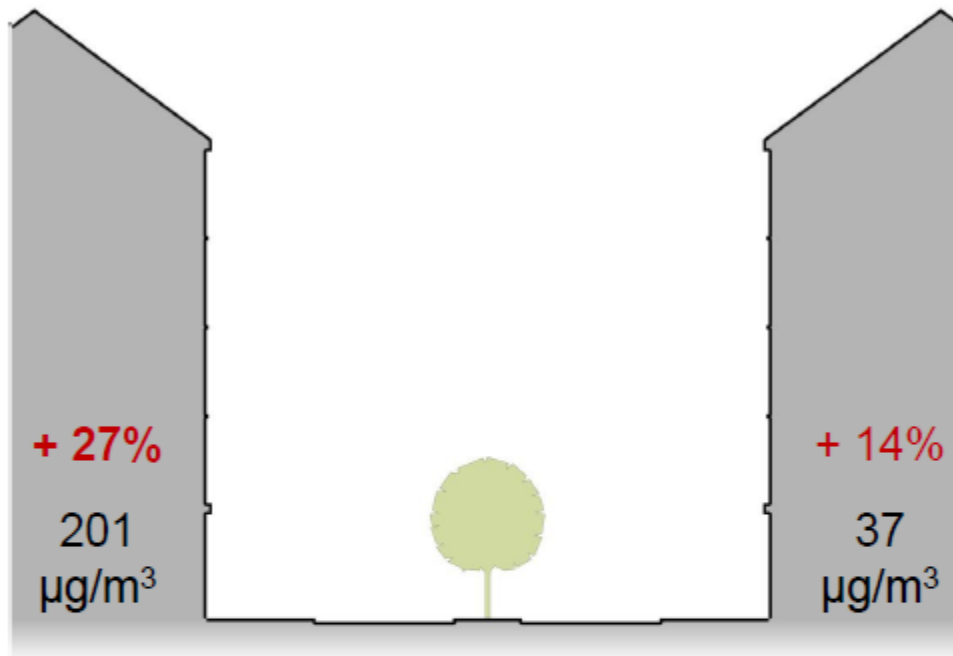
$T_{\text{max}} = 26^\circ\text{C}$

$\Delta \text{PET} = 2,3^\circ\text{C}$



Pilotní akce - Legerova

var 4 – small trees, axial position



Děkuji za pozornost

