



AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS HATÁSA A VÁROSI KLÍMÁRA ÉS HUMÁN KOMFORTRA

Unger János – Gál Tamás – Gulyás Ágnes

unger@geo.u-szeged.hu – tgal@geo.u-szeged.hu

www.sci.u-szeged.hu/eghajlattan

VÁZLAT

1. ALAPOK – PROBLÉMAFELVETÉS

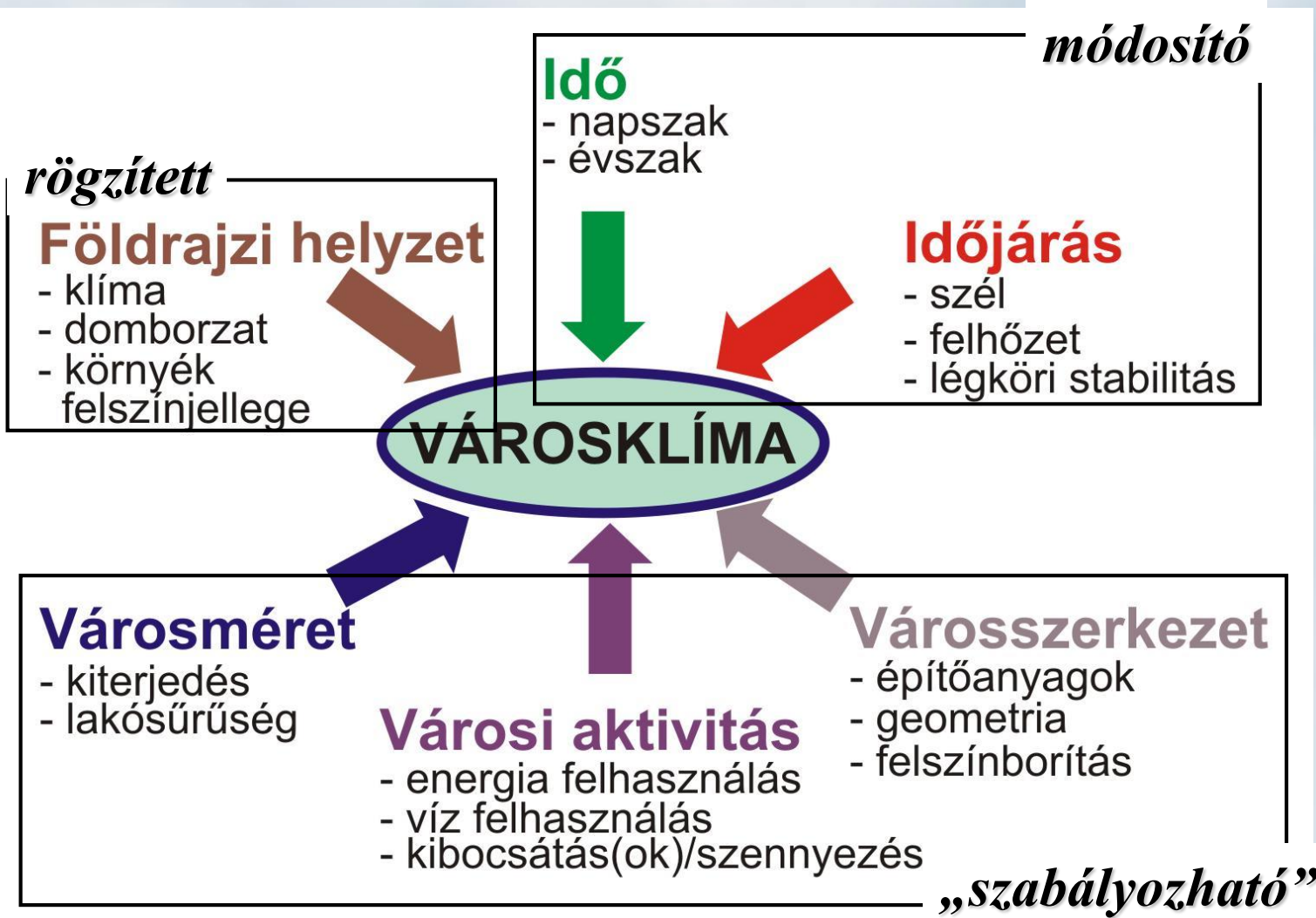
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS – PÉLDÁK

3. ELŐZETES EREDMÉNYEK (SZEGED)

4. MODELLEZÉS – VÁROSI LEHETŐSÉGEK

1. ALAPOK – PROBLÉMAFELVETÉS

városklíma – helyi éghajlat ← a beépített terület és a regionális éghajlat kölcsönhatásának eredményeként jön létre



A városklíma sajátosságait befolyásoló tényezők

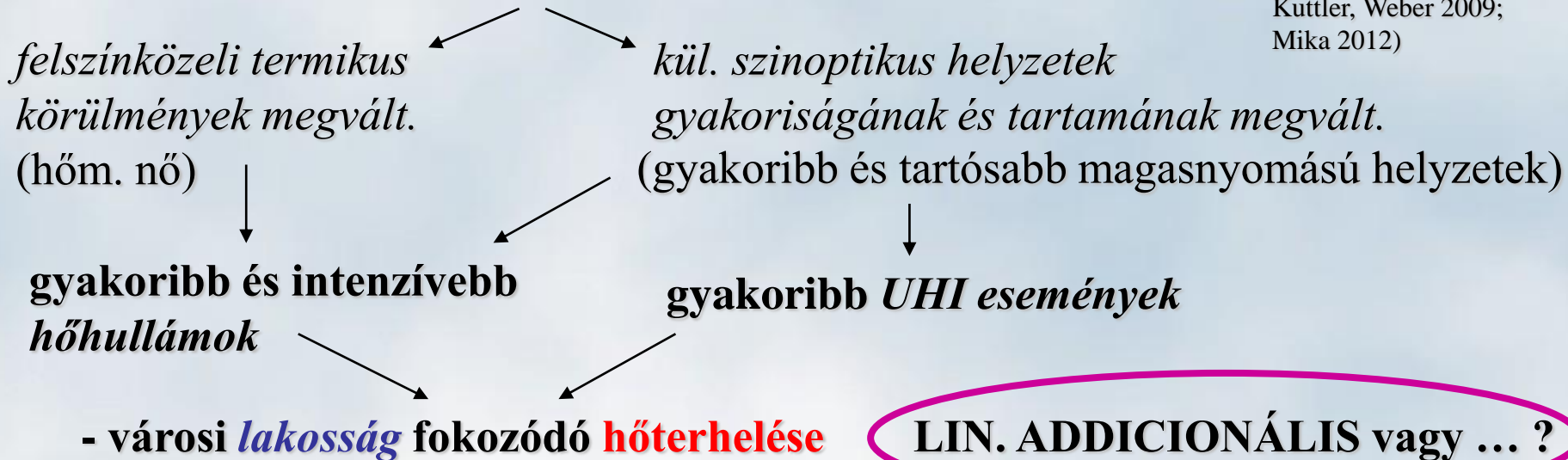
városi hőterhelés *mérése* → városi hősziget (UHI, ΔT) + humán komfort indexek

UHI legerőteljesebb kifejlődése ← nyugodt, derült (anticykl.) időjárási helyzetben

összetett városi felszín ↔ felette lévő légrétegek
kölsönhatás
zavartalan

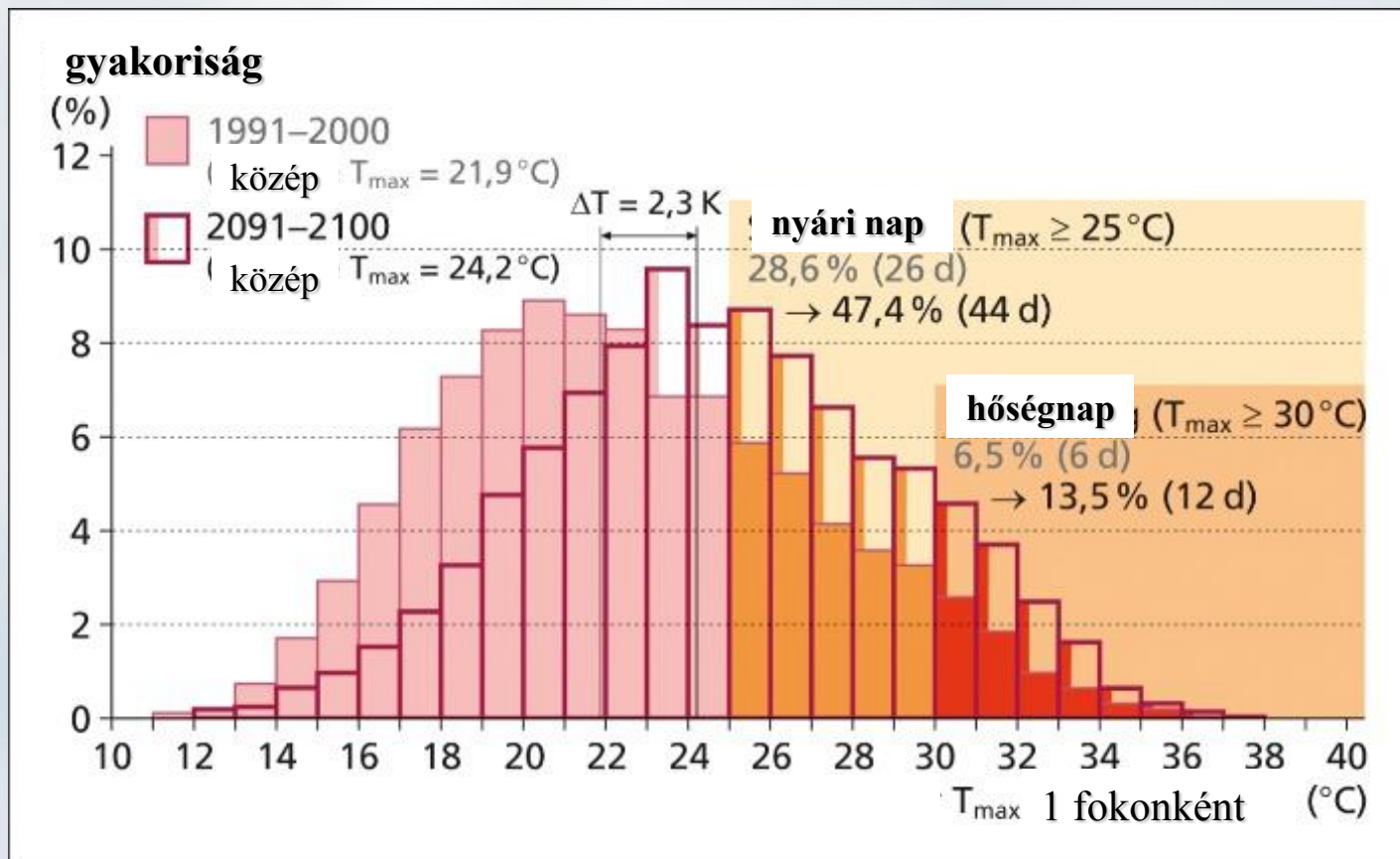
globális és regionális szintű klímaváltozás Közép-Európában

(Jacob, Winner 2009;
Kuttler, Weber 2009;
Mika 2012)



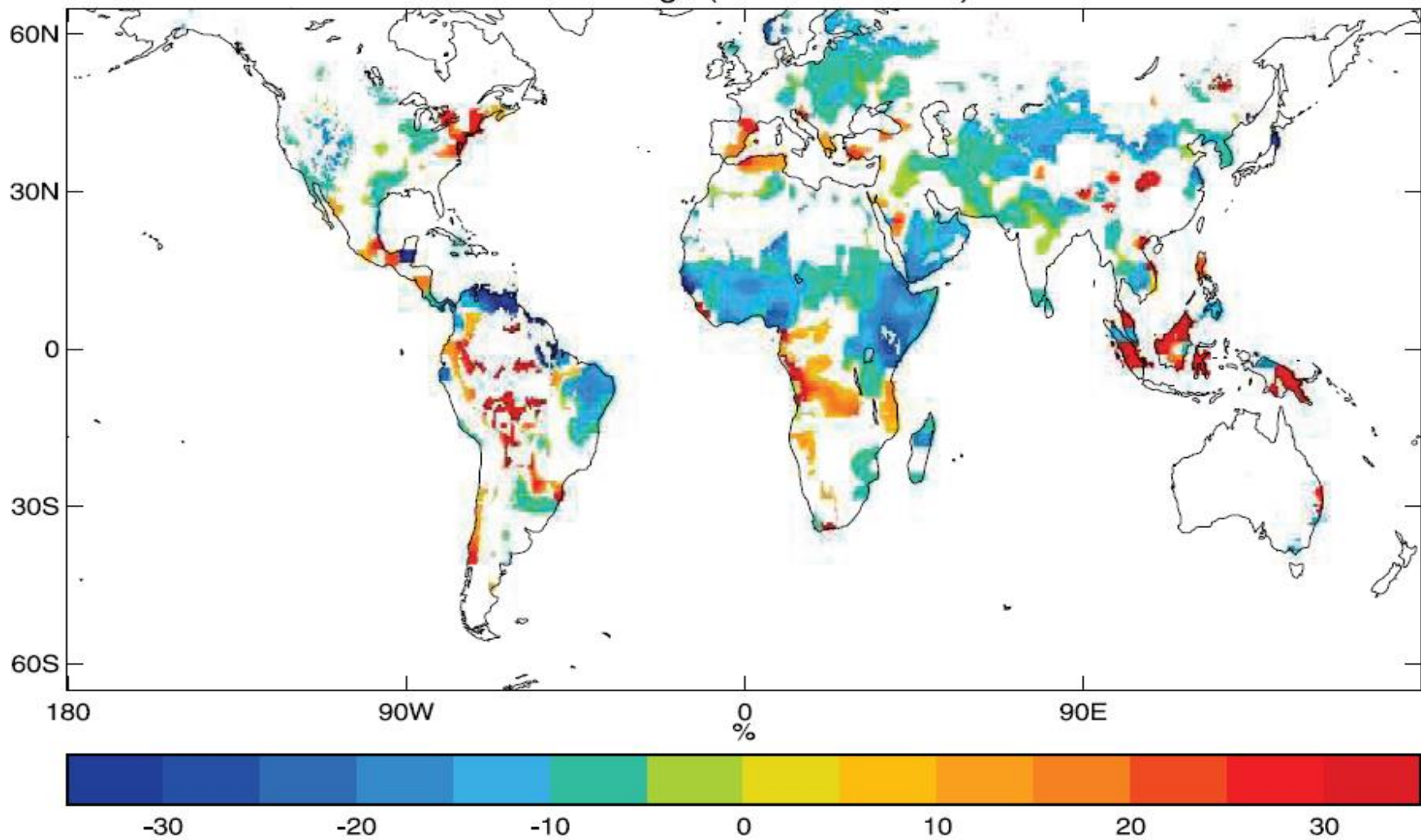
- + - városi **energiaigény** növekedése
- **kritikus infrastruktúra** fokozódó **hőterhelése**
- ...

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS – PÉLDÁK



T_{\max} értékeinek eloszlása a jelenben (1991-2000)
és a jövőben (2091-2100)
(Essen, modell WETTREG/ECHAM5, A1B)

UHI change (2xCO₂ - 1xCO₂)



Éjszakai ΔT változása (323 ppm \rightarrow 645 ppm) (szig. szint – 95%)

(modell HadAM3 + MOSES 2.2)

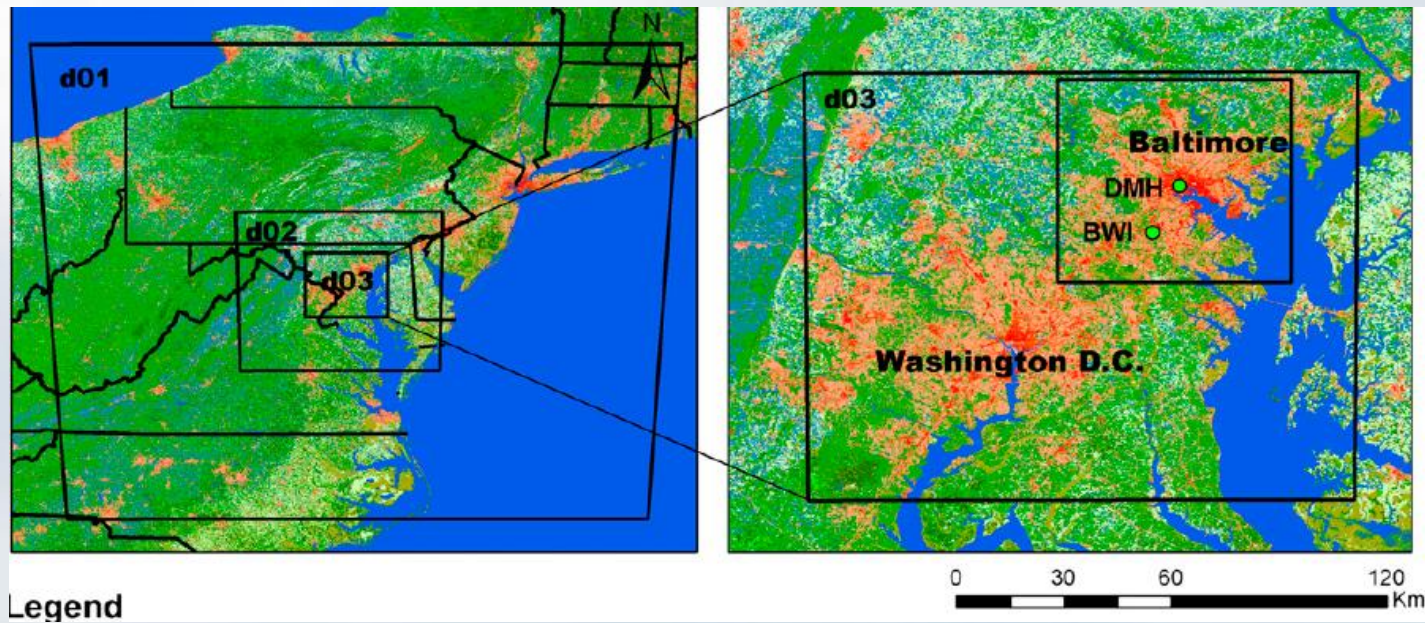
(Met Office Surface Exchange Scheme)

(McCarthy et al. 2011;
Best et al. 2006)

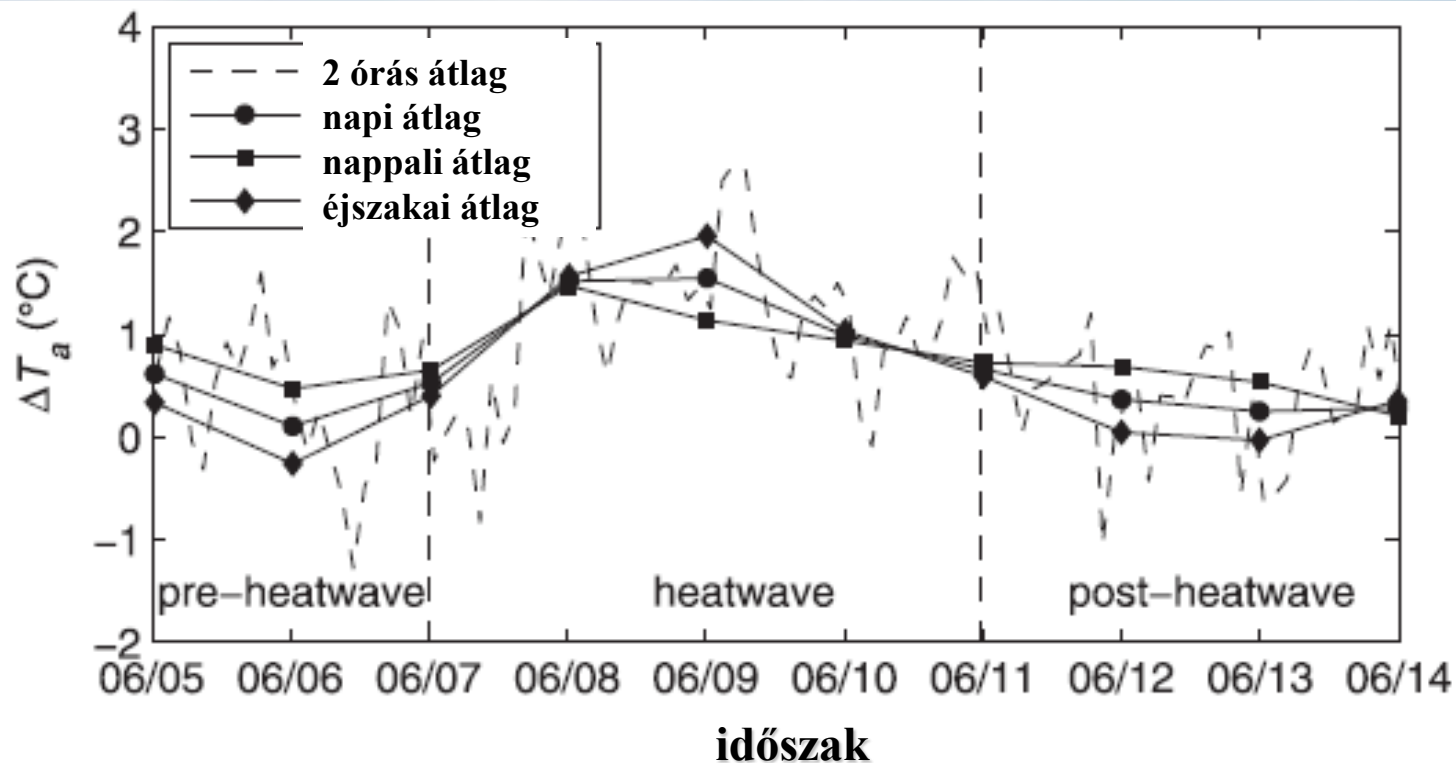
WRF területek,
felbontás – 9-3-1 km
(modell
WRF–Noah–UCM)

urban canopy m coupled with land surface m in WRF

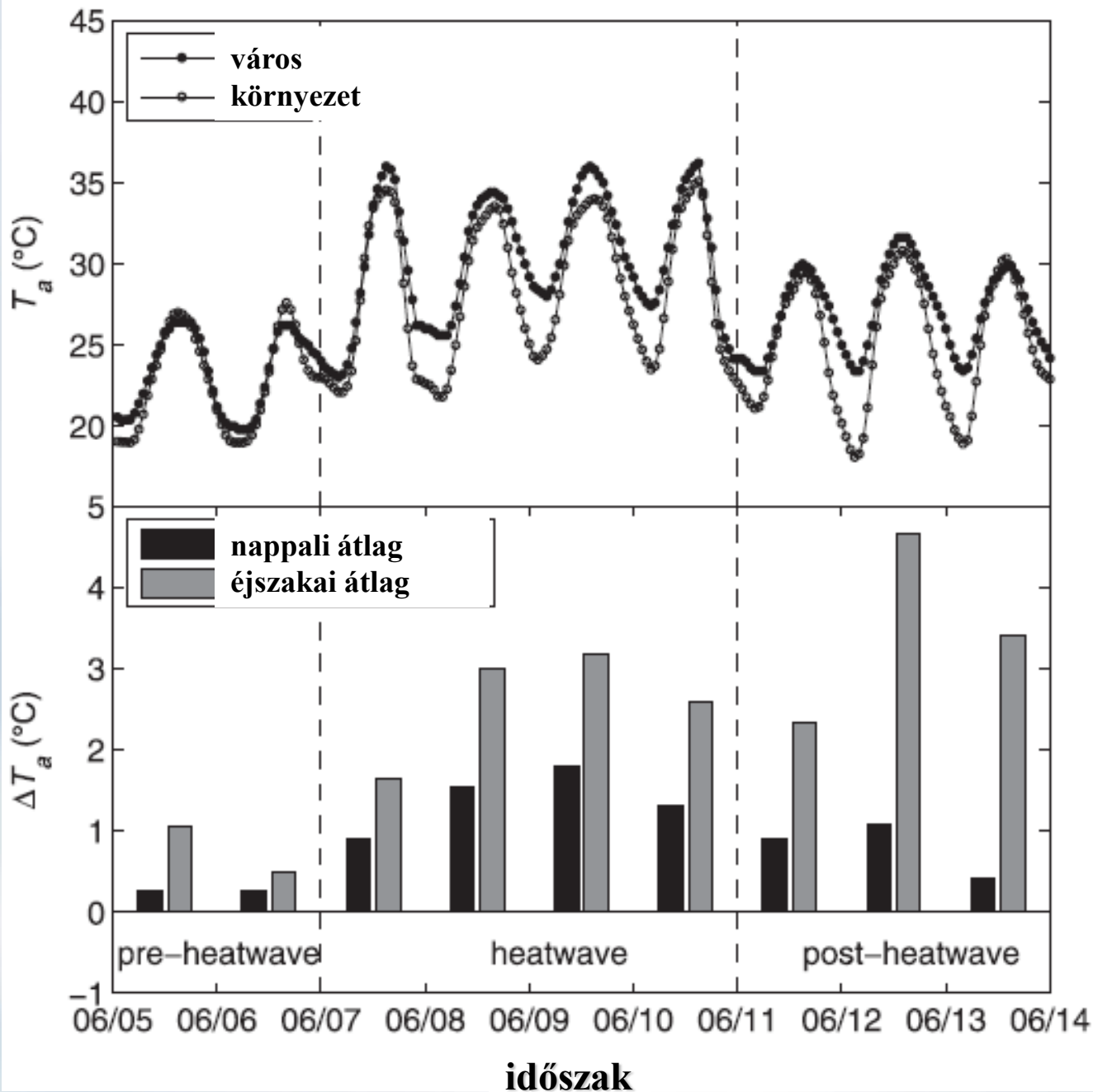
(Li, Bou-Zeid 2013)



Legend



Modellezett ΔT
átlagai a város
és környezete
között
(Baltimore,
2008.06.7–10)



Megfigyelt T menete
 a városban és
 környezetében
 (1-1 áll.),
 és különbségük (ΔT)
 átlagai
 (2008.06.7–10)

A termikus stressz kategóriák *nappali* órás értékeinek éves átlagos száma a jelenben (1980-1999) és a modellezett jövőben (2080-2100), valamint változása 4 belvárosi helyen (Göteborg)
(modell ECHAM5/MPI-OM, A1B + SOLWEIG)

(Thorsson et al. 2011)

PET (°C)	Grade of thermo-physiological stress	1980–1999 yearly average number of hours				2080–2099 yearly average number of hours				<u>Change in yearly average number of hours</u>			
		Place				Place				Place			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<4	Extreme cold stress	1371	1205	1191	1175	1045	806	798	789	-326	-399	-393	-386
4–8	Strong cold stress	570	620	625	610	495	572	570	552	-75	-48	-55	-58
8–13	Moderate cold stress	768	887	892	839	710	800	805	764	-59	-87	-88	-75
13–18	Slight cold stress	680	937	961	893	693	920	934	888	13	-17	-27	-5
18–23	No thermal stress	507	502	518	534	543	694	721	684	36	191	204	149
23–29	Slight heat stress	366	238	228	287	509	462	462	491	143	224	233	204
29–35	Moderate heat stress	164	66	51	99	329	171	152	215	165	105	101	117
35–41	Strong heat stress	44	16	8	31	133	40	29	69	89	24	21	38
>41	Extreme heat stress	6	2	1	6	18	9	4	21	13	6	3	15

3. ELŐZETES EREDMÉNYEK (SZEGED)

Hőhullám + hősziget $\rightarrow \Delta T \uparrow \downarrow (?)$

1998-2014 nyár

$T_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$ + min. 3 egybefüggő nap

hőhullám

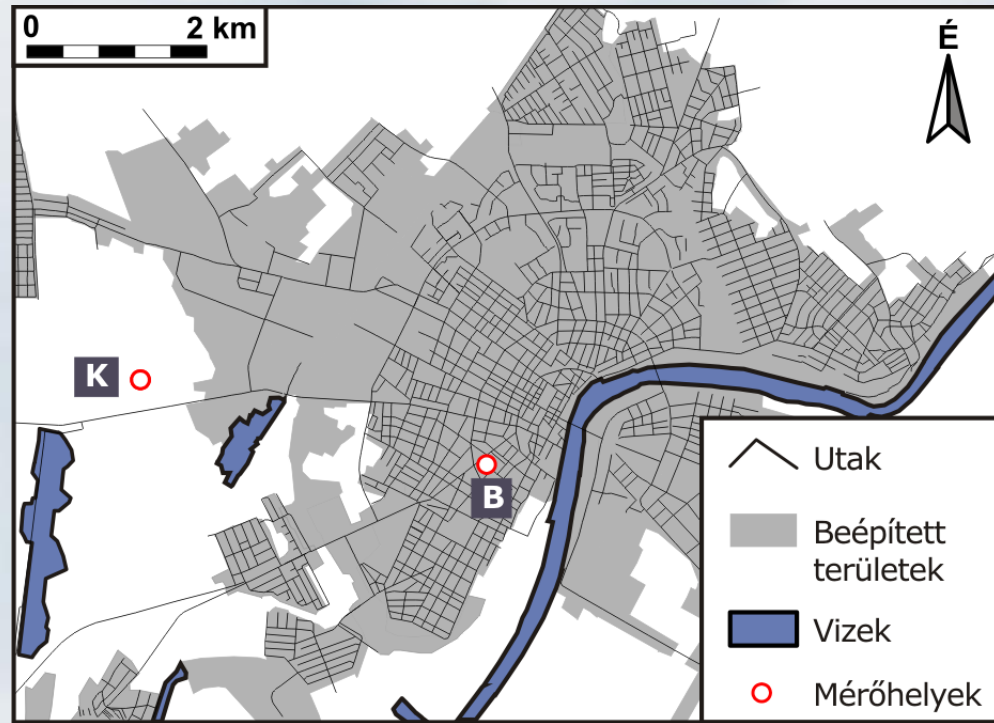
ezen belül \rightarrow

35+: van $T_{\max} > 35^{\circ}\text{C}$

36+: van $T_{\max} > 36^{\circ}\text{C}$

37+: van $T_{\max} > 37^{\circ}\text{C}$

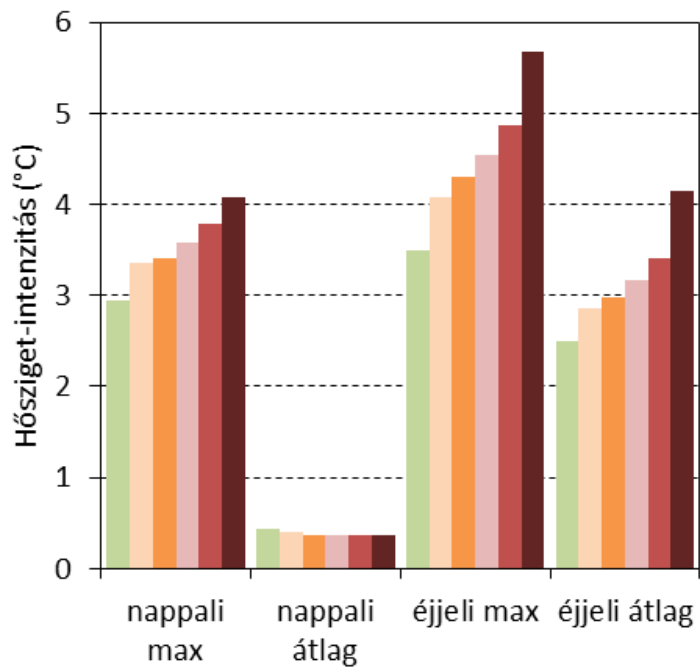
36++: darab($T_{\max} > 36^{\circ}\text{C}$) ≥ 4



Átlag ΔT
értékek
(1998-2014
nyár)

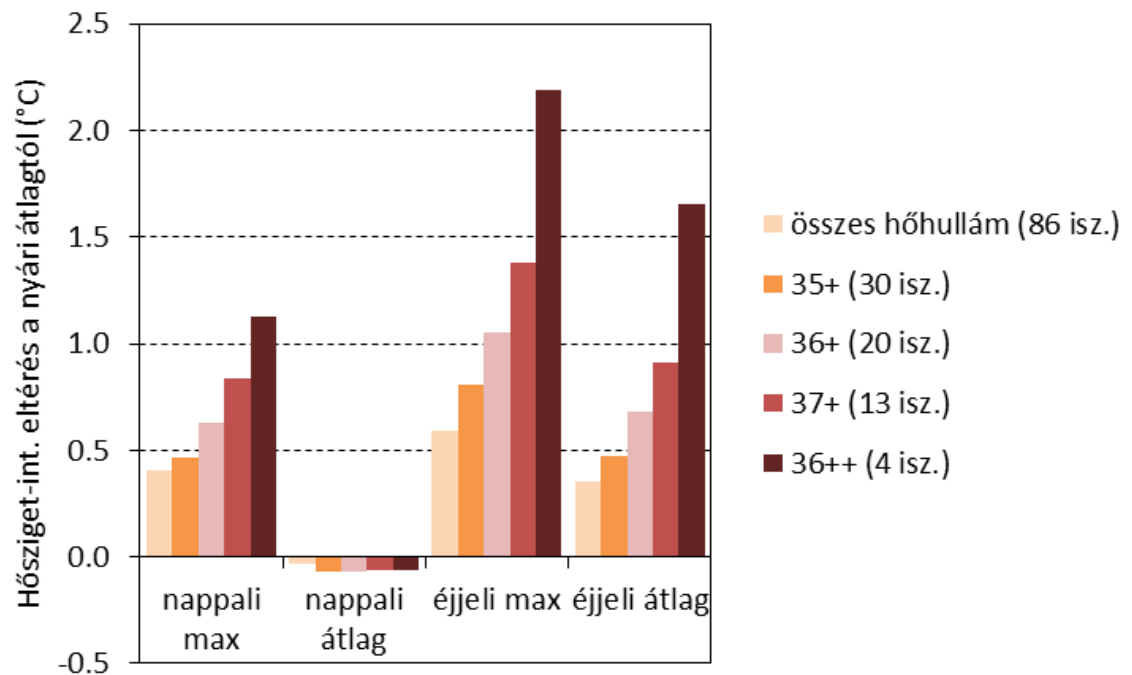
	Nappal	Éjjel
	3-18 UTC, 4-18 UTC, 4-17 UTC	i. nappal végétől i+1. nappal elejéig
Nyári átlag ΔT	0,44 $^{\circ}\text{C}$	2,50 $^{\circ}\text{C}$
Nyári átlag ΔT_{\max}	2,95 $^{\circ}\text{C}$	3,49 $^{\circ}\text{C}$

Állomások
Szegeden



Nappali/éjszakai ΔT_{\max} és ΔT átlagok (1998-2014 nyár)

Nappali/éjszakai ΔT_{\max} és ΔT átlagok eltérései a nyári átlagoktól (1998-2014 nyár)



Emberi hőterhelés – klímaváltozás

városi termikus körülmények egy „normális” és egy „előrejelzett” nyáron

- tipikus belvárosi környezet
- T_{\min} , T_{\max} idejében
- A2 és B2 scenáriók
- 2004 (1961-1990) ↔ 2071-2100
- T változás ↔ többi paraméter konstans (2004)

FIGYELEMBE KELL VENNI

 különböző emberi igények nappal és éjjel

nyár 2004 ↔ 2071-2100

belváros

mérések

egyetemi állomás

T_{min}, T_{max} (°C)
RH (%) v (m/s) G (W/m²)

szimulációk

RCM kimenetek (A2, B2)

T_{min}, T_{max} (°C)

(Bartholy et al, 2008)

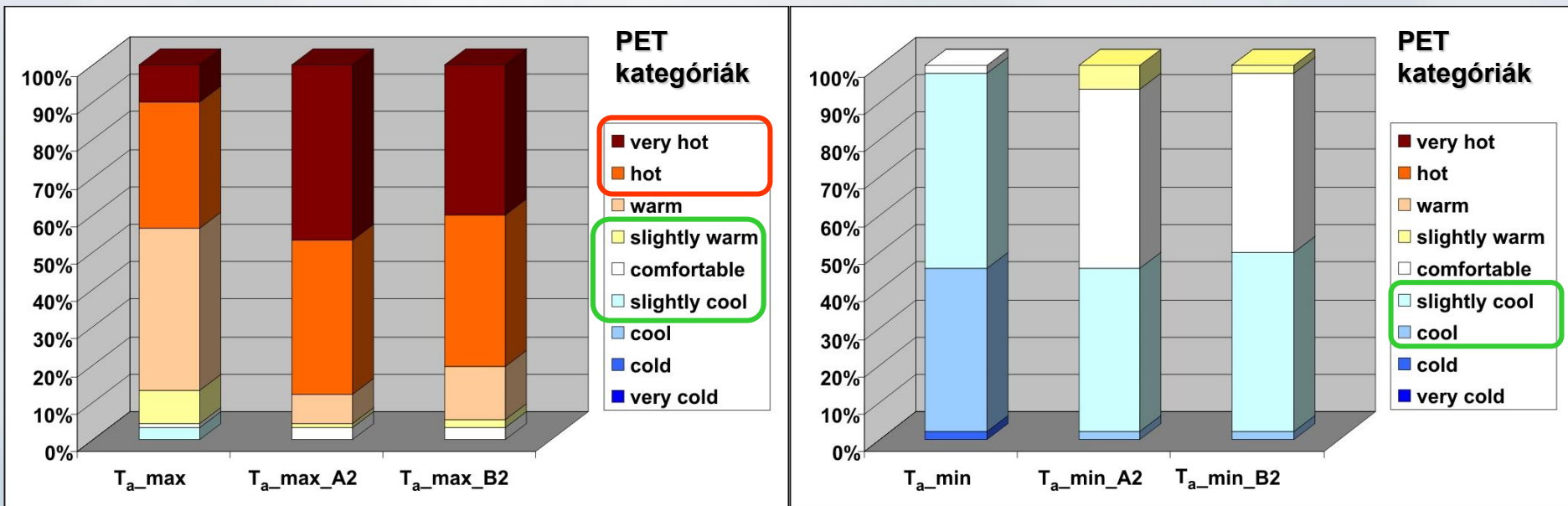
RayMan model

**KOMFORT INDEX
SZÁMÍTÁS**

PET



Nyári PET kategóriák gyakoriságainak összehasonlítása a napi T max., min. idejében (2004 ↔ 2071–2100, A2 és B2)



kora délután

- erős hőterhelés előfordulása jelentősen növekszik (44% → 88%, 80%)
- kevésbé terhelő körülmények előfordulása jelentősen csökken (13% → 4%, 5%)

hajnalban

- alvásra megfelelő körülmények előfordulása jelentősen csökken (95% → 45%, 50%)

4. MODELLEZÉS – VÁROSI LEHETŐSÉGEK

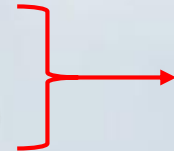
Modellek

ENVI-Met
RayMan
SkyHelios
SOLWEIG



- Mikro lépték
- Valós időjárás nehezen vehető figyelembe
- Klíma predikciók körülményesen használhatók

TEB modell
UCM (WRF)



- Numerikus időjárás (klíma) modellekhez kapcsolható
- Alapjuk a városi kanyon

MUKLIMO



- Porózus városi felszínen alapul
- A regionális klímamodellek leskálázására ideális

Tervek - WRF

WRF modell tesztelése szegedi mintaterületen

A várost leginkább kifejező felszínparaméterek megkeresése

Nagy idő és térbeli felbontású mérési adatok felhasználása

Rövid távú nagy térbeli felbontású lokális előrejelzési módszer kidolgozása



Tervek - MUKLIMO

3D **M**ikroskaliges **U**rbanes **KLI**ma**MO**dell (DWD, ZAMG)

Felszínparaméterek a lokális klímazónák (LCZ) alapján

Modell tesztelése a jelen klímával illetve ideális időjárási helyzetekben

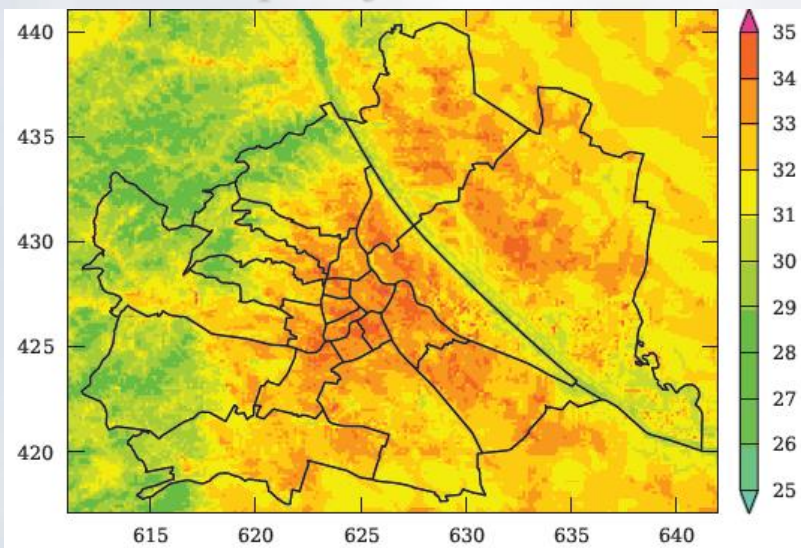
Regionális klímamodellek leskálázása városi szintre (pl. hőségnapok)

A városszerkezet változások hatásainak modellezése

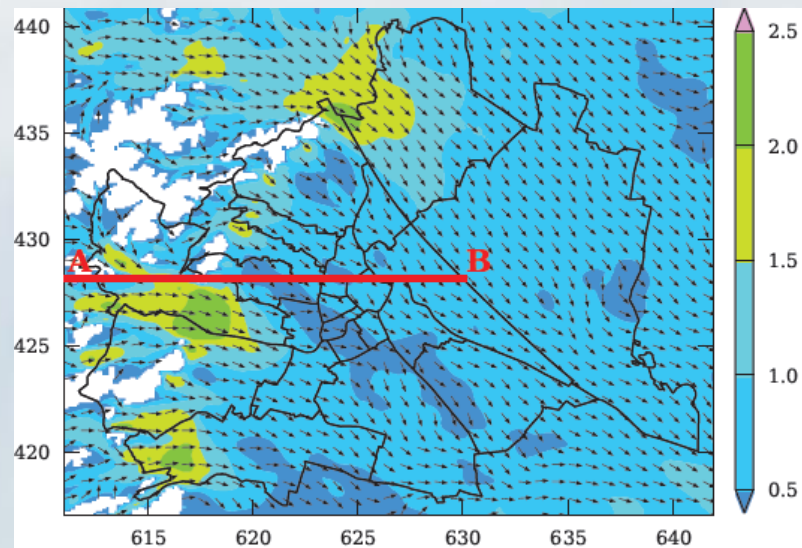
Városi ventilláció

MUKLIMO – Példák (Bécs)

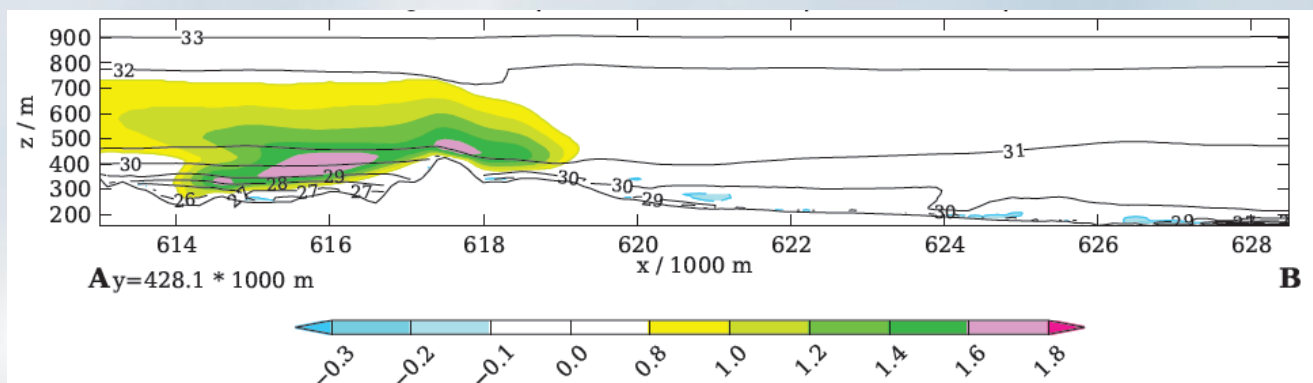
Ideális nap időjárási szimulációi



Maximum hőmérséklet ($^{\circ}\text{C}$) 5 m magasan 21:00-kor Bécsben



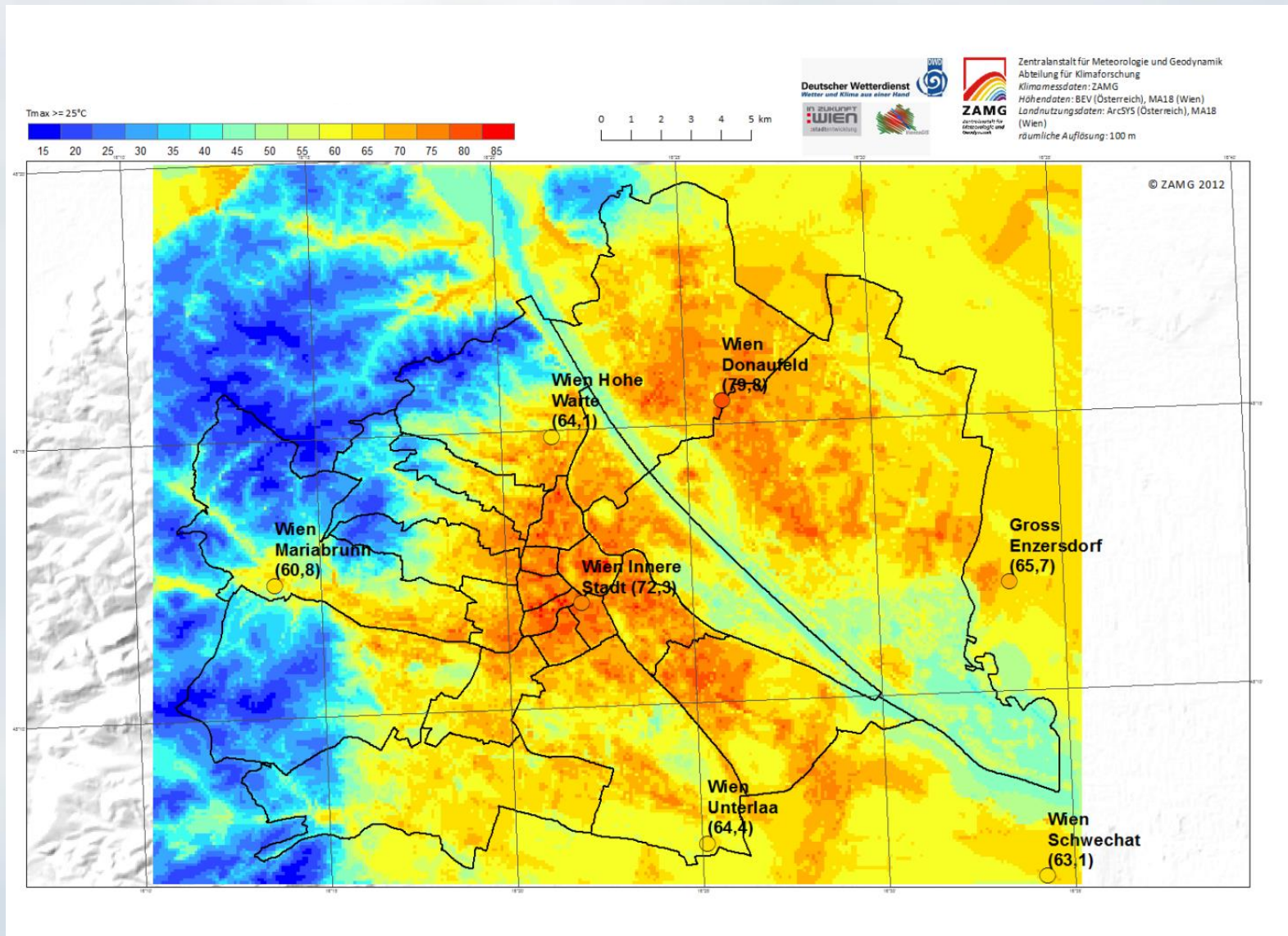
Szélesség (ms^{-1}) 390 m magasan 2:00-kor Bécsben



Horizontális szélkomponens (ms^{-1}) az AB metszet mentén 2:00-kor Bécsben

MUKLIMO – Példák (Bécs)

Klímaindexek

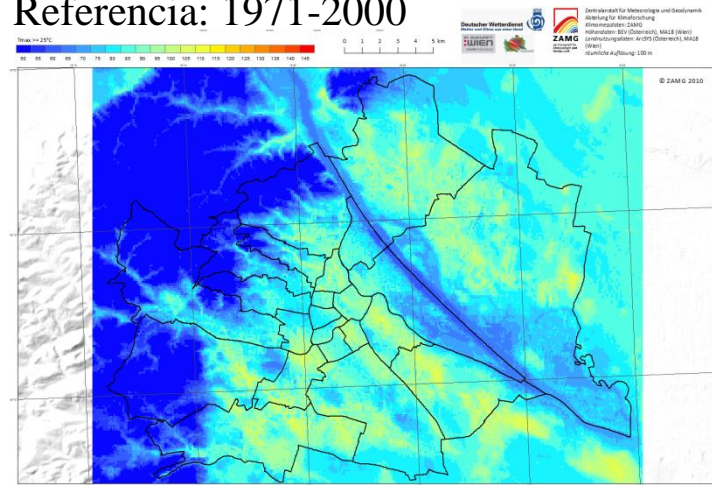


Nyári napok ($T_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$) száma Bécsben (1981-2010)

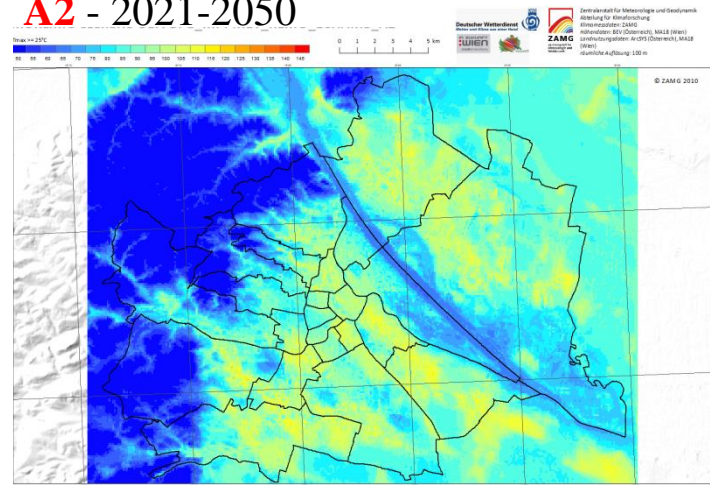
MUKLIMO – Példák (Bécs)

Klímváltozás

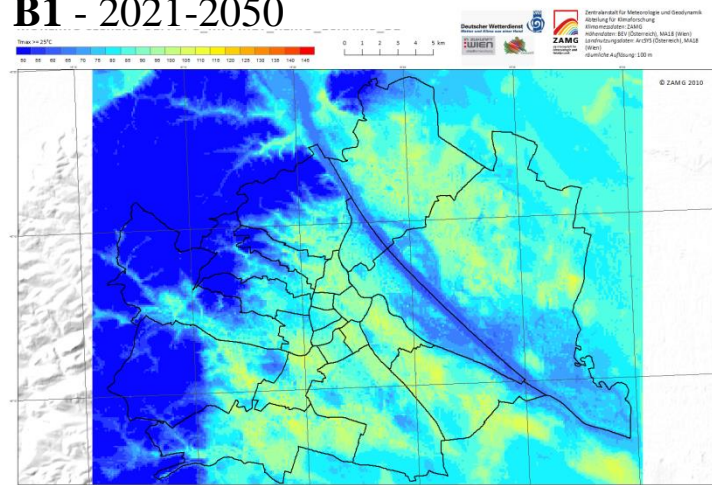
Referencia: 1971-2000



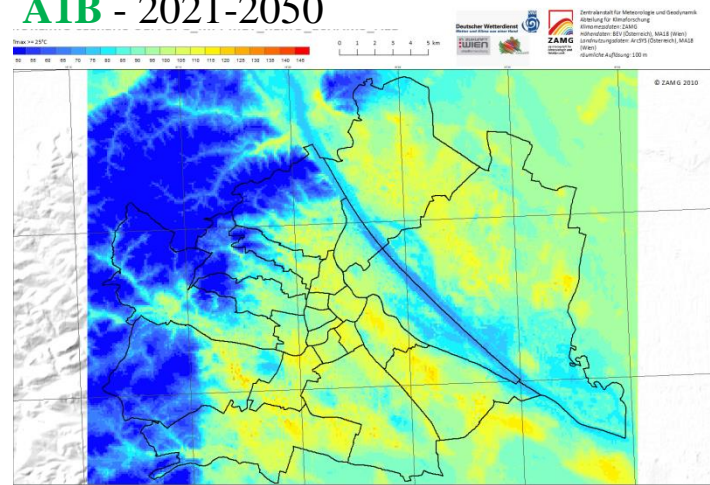
A2 - 2021-2050



B1 - 2021-2050



A1B - 2021-2050

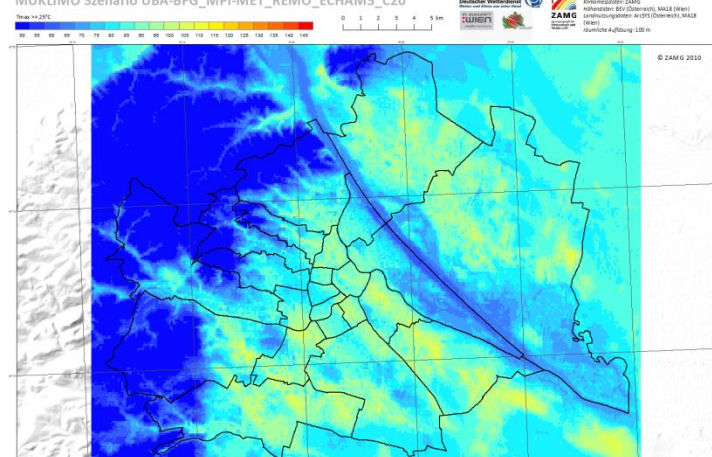


Nyári napok ($T_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$) számának alakulása a 1971-2000-es referencia és a 2021-2050-es időszakban három scenárió alapján Bécsben

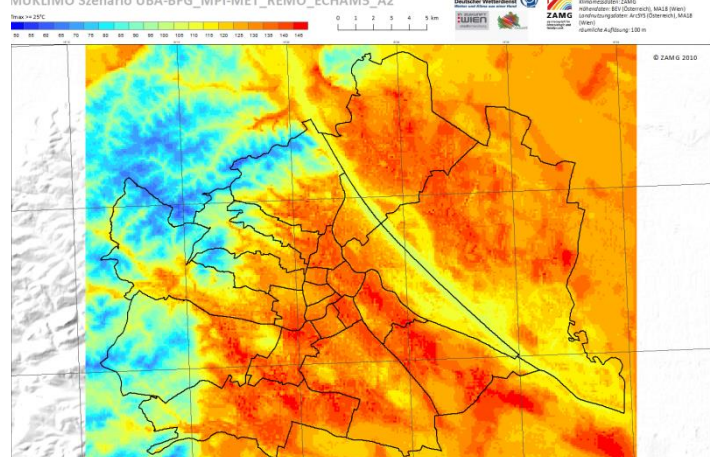
MUKLIMO – Példák (Bécs)

Klíímaváltozás

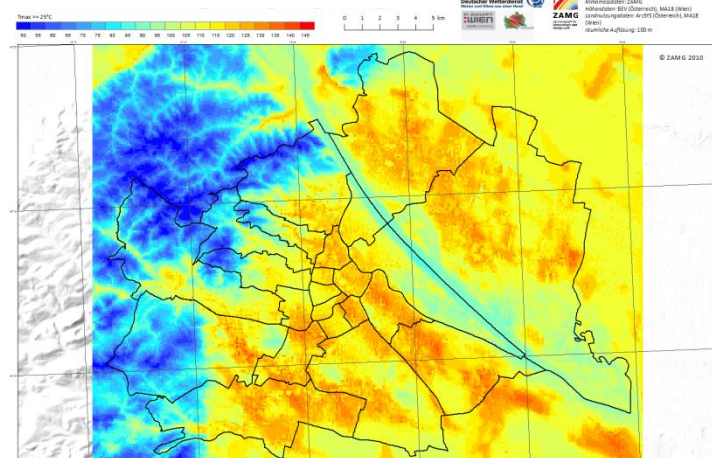
Referencia: 1971-2000



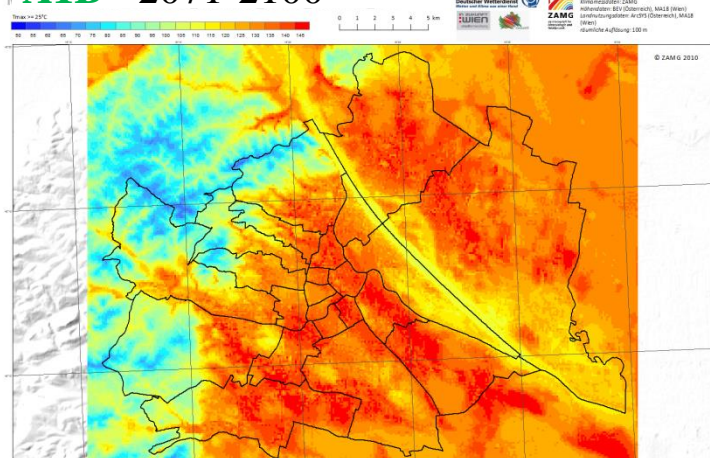
A2 - 2071-2100



B1 - 2071-2100



A1B - 2071-2100

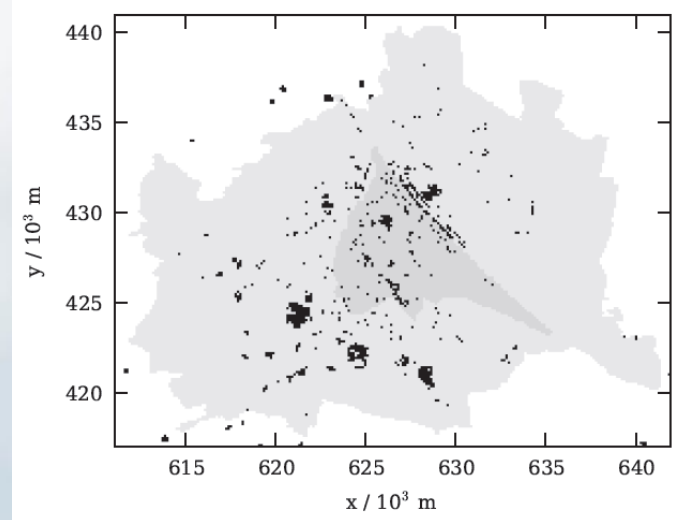


Nyári napok ($T_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$) számának alakulása a 1971-2000-es referencia és a 2071-2100-es időszakban három scenárió alapján Bécsben

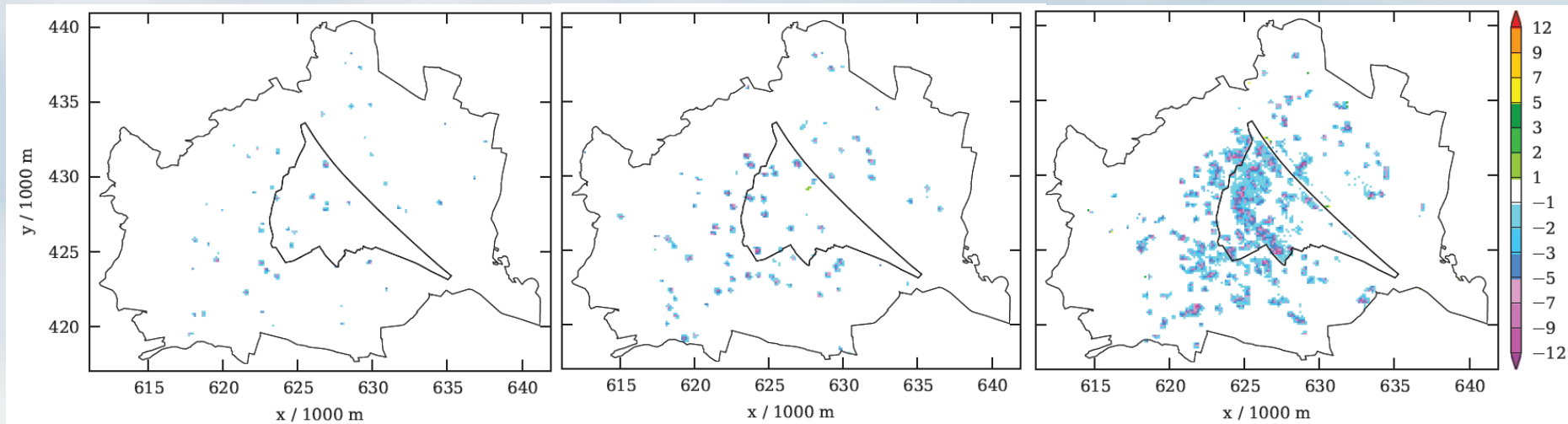
MUKLIMO – Példák (Bécs)

Zöld infrastruktúra

Parkok területének növelése



Városi parkok jelenlegi kiterjedése Bécsben



10%-kal több városi park 30%-kal több városi park 100%-kal több városi park
hatása a nyári napok számának változására Bécsben

IRODALOM

- *Bartholy J et al*, 2008: Milyen mértékű éghajlatváltozás várható a Kárpát-medencében? *Légkör* 53/2, 19-24
- *Best MJ et al*, 2006: Evaluation of the urban tile in MOSES using surface energy balance observations. *Bound-Lay Meteorol* 118, 503-525
- *Jacob DJ, Winner DA*, 2009: Effect of climate change on air quality. *Atmos Environ* 43, 51-63
- *Koch R, Zuvela-Aloise M*, 2013: Numerical simulations of urban heat island mitigation strategies in Vienna. *EGU General Assembly Conference Abstracts* 15, 5225
- *Kuttler W*, 2011: Klimawandel im urbanen Bereich. Teil 2, Wirkungen (Climate change in urban areas. Part 1, Effects). *Environ Sciences Europe* 23/11, 1-11
- *Kuttler W, Weber S*, 2009: Urban climate and global climate change – a case study of the 'Ruhr area', Germany. *Ber Meteor Inst Albert Ludwigs-Univ Freiburg* 18, 313-319
- *Li D, Bou-Zeid E*, 2013: Synergistic interactions between urban heat islands and heat waves: the impact in cities is larger than the sum of its parts. *J Appl Meteorol Clim* 52, 2051-2064
- *McCarthy MP et al*, 2010: Climate change in cities due to global warming and urban effects. *Geophys Res Lett* 37, L09705
- *Mika J*, 2012: A globális klímaváltozás és a városi hősziget összefüggései. In: *Kerekes S, Jámbor I (szerk): Fenntartható fejlődés, Élhető régió, Élhető települési táj – 1. kötet*. Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest, 139-155
- *Thorsson S et al*, 2011: Potential changes in outdoor thermal comfort conditions in Gothenburg, Sweden due to climate change: the influence of urban geometry. *Int J Climatol* 31, 324-335



Szegedi Tudományegyetem Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék



Köszönjük a megtisztelő figyelmet!

Unger János – Gál Tamás – Gulyás Ágnes

unger@geo.u-szeged.hu – tgál@geo.u-szeged.hu

www.sci.u-szeged.hu/eghajlattan