



Szegedi Tudományegyetem
Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék



GBN319E Városklimatológia

1. A városklíma (1.6-1.9)

Gál Tamás

tgal@geo.u-szeged.hu

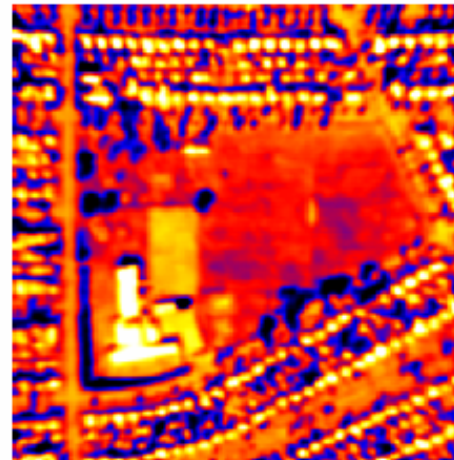
www.sci.u-szeged.hu/eghajlattan

1.5. A hőmérséklet módosulása a városban (folyt.)

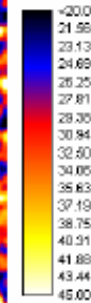
UHI (T-mintázat) a felszínen



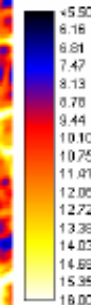
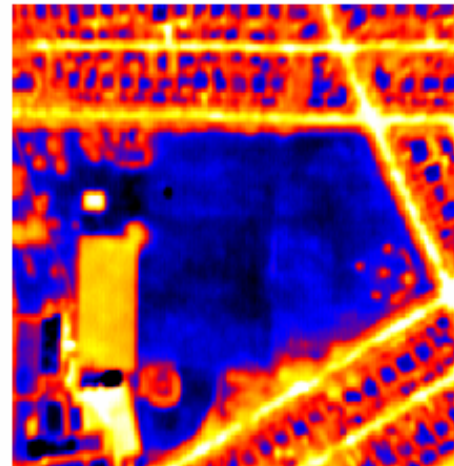
a)
Day



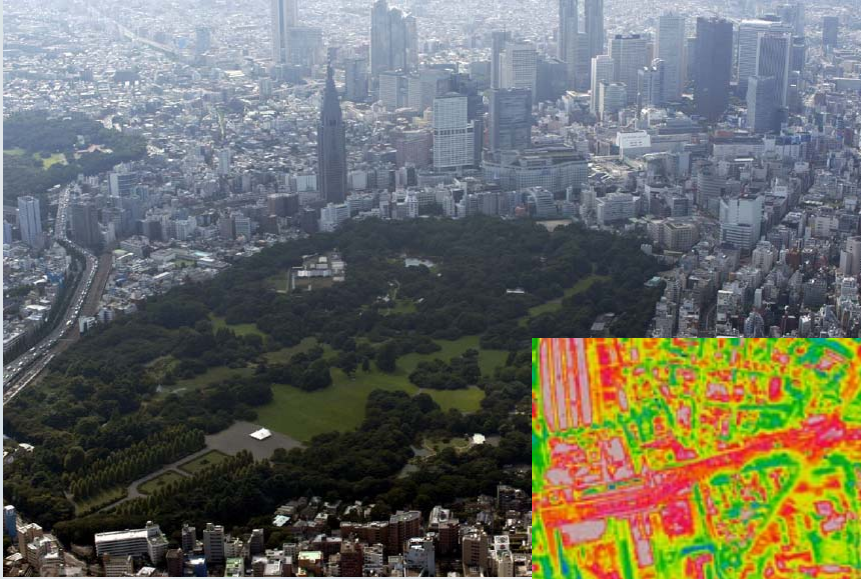
Thermal Infrared Image



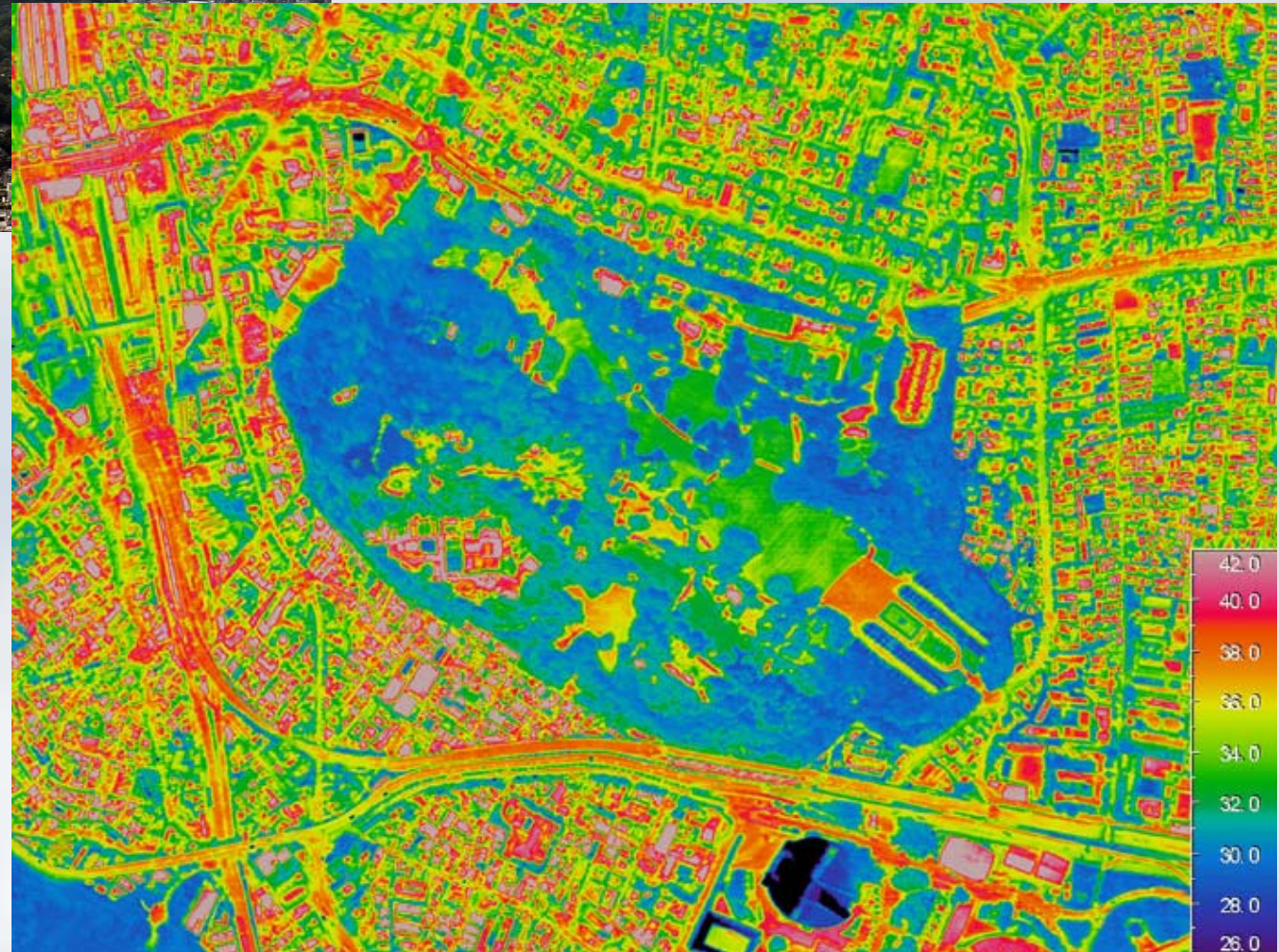
b)
Night



T-mintázat a felszínen ↔ ΔT az UCL-ben

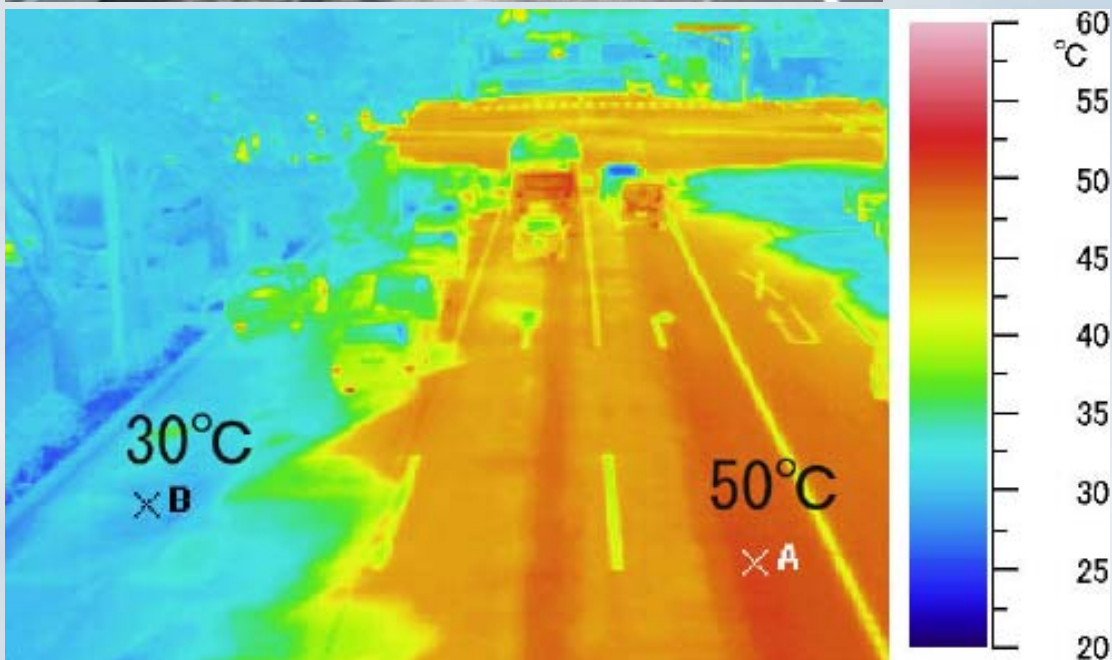


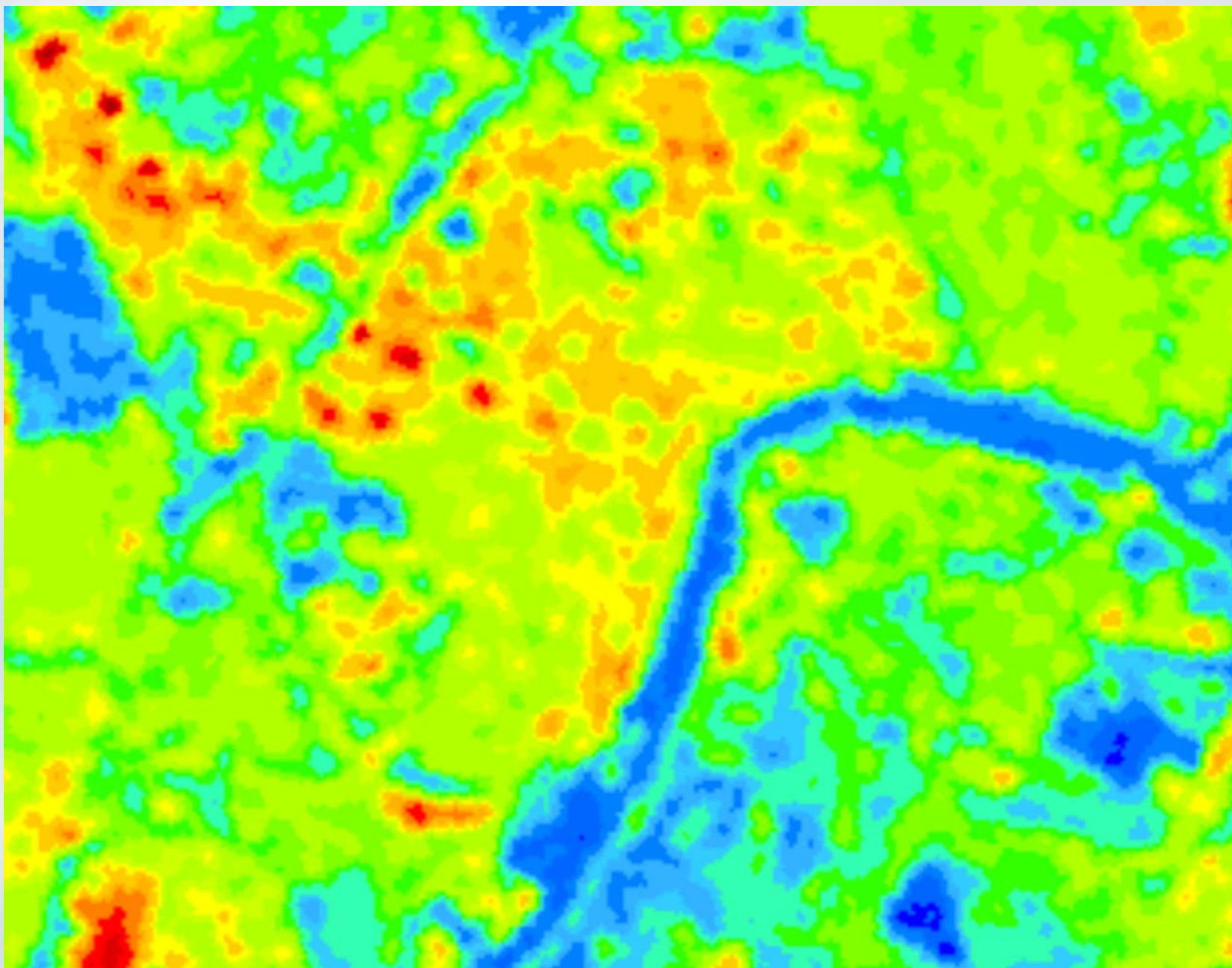
*Shinjuku-Gyon park,
nyáron nappal
(Tokyo)*



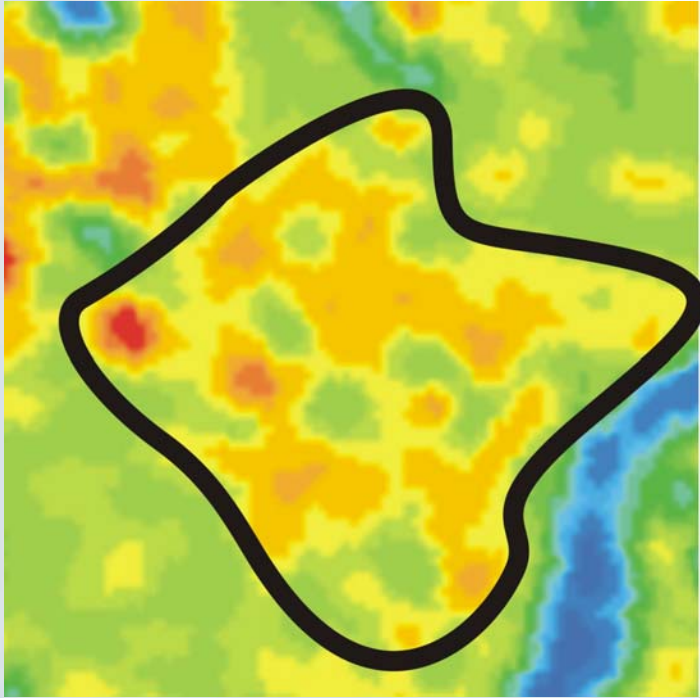


*Utca
felszínhőmérséklete
egy meleg nyári
napon (Tokyo)*



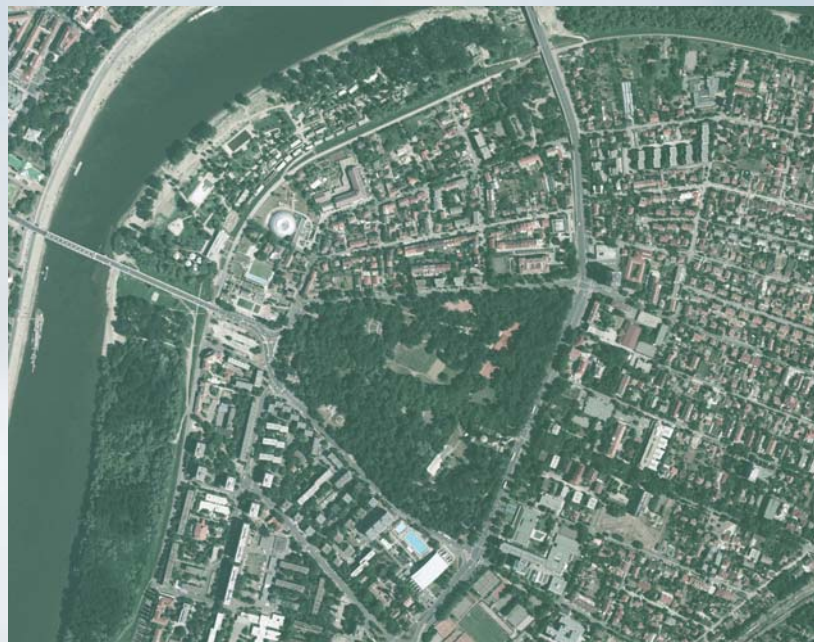
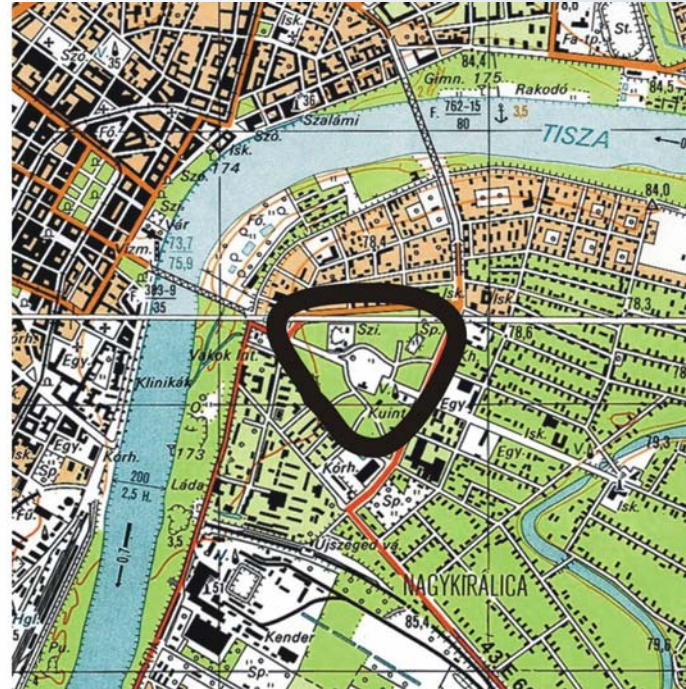
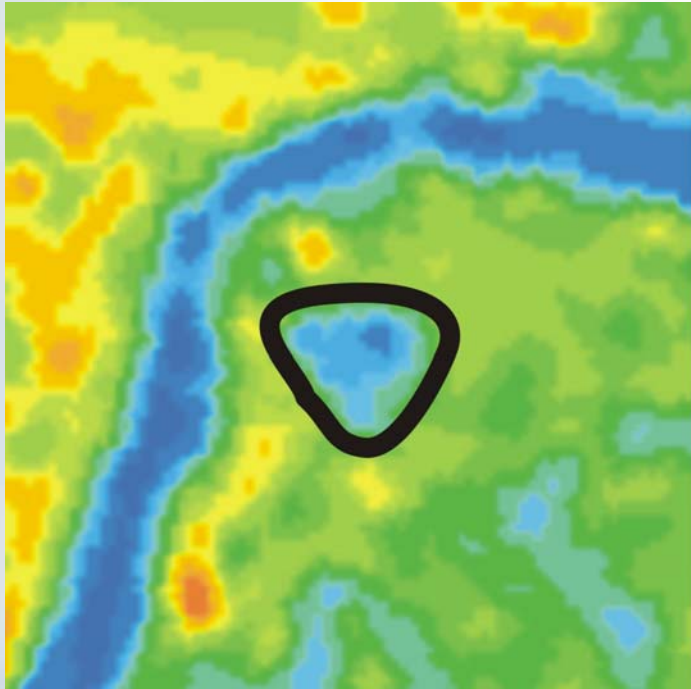


Felszínhőmérséklet Szegeden (mest.-en színezett Landsat-5 kép, 1987. július 8, 9h)



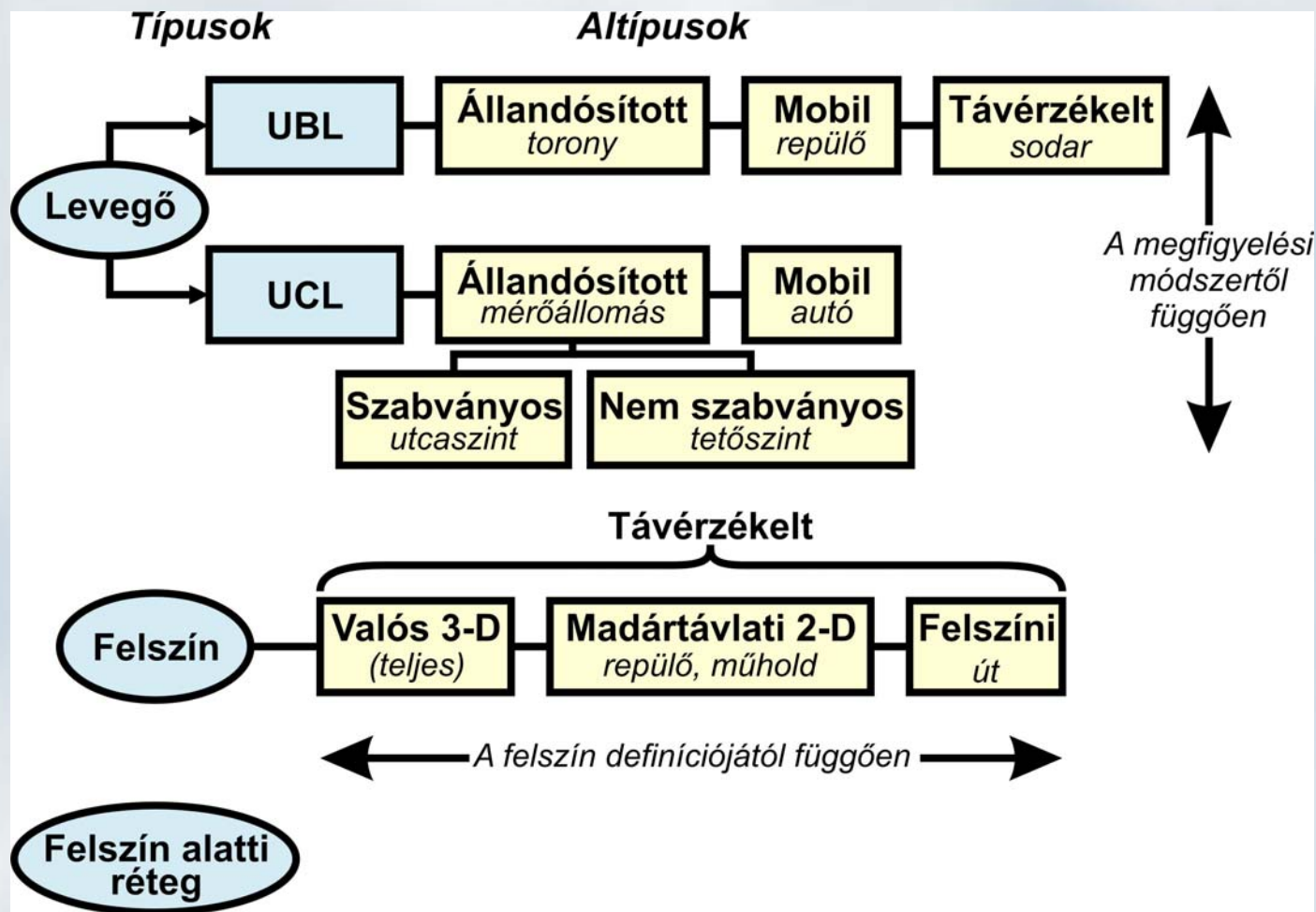
Szeged belvárosa





Az újszegedi Liget

1.6. A hősziget mérésére irányuló módszerek



UBL-UHI

UCL-UHI

S-UHI v.
hőm. mintázat

*UHI típusok
és mérési
lehetőségeik*



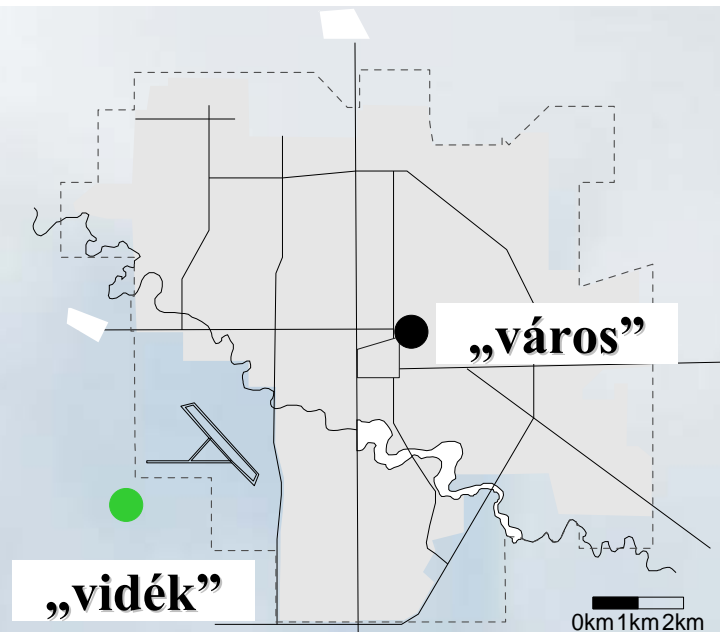


UHI az UCL-ben

vidéki ↔ városi környezet



Tipikus vidéki és belvárosi állomás-környezetek (Regina, Saskatschewan)



város-vidék elkülönítésének problematikája

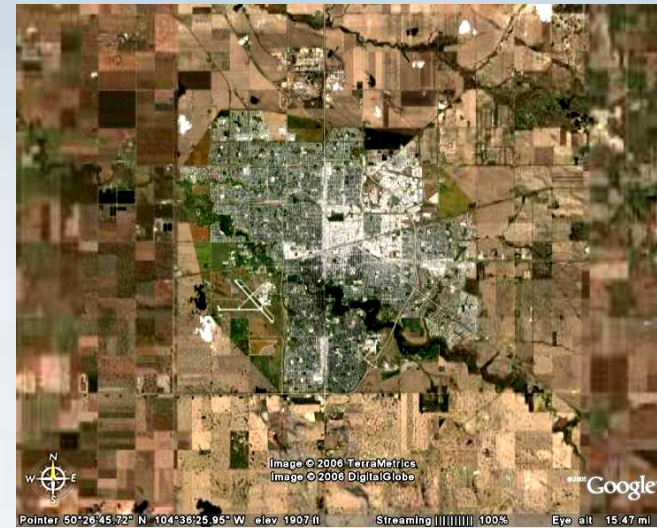


Vegyes (mg-i, ipari és lakó) terület (Ho Chi Minh Várostól É-ra), világosan elkülönülő mg-i és lakóterületek (Münchentől ÉK-re)

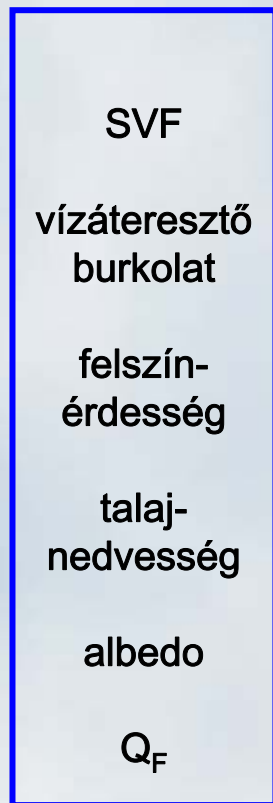


Guangzhou

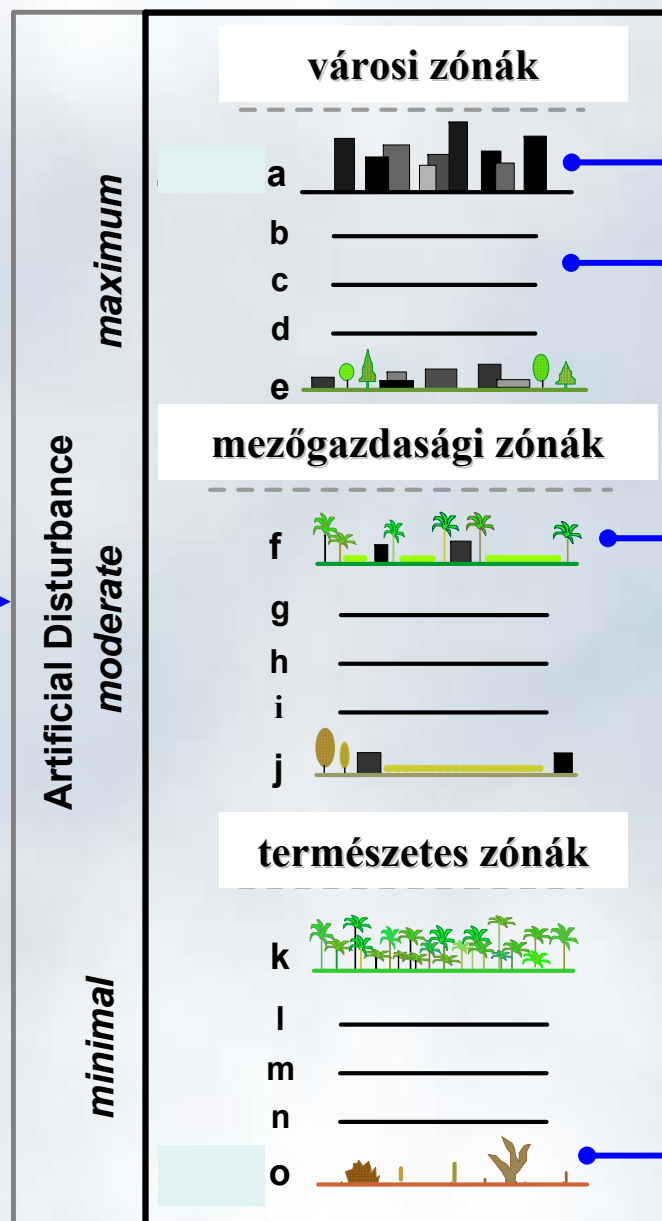
Regina



META-ADATOK



KLÍMA-ZÓNA OSZTÁLYOZÁS



UHI TÍPUSOK

Guangzhou, CHINA



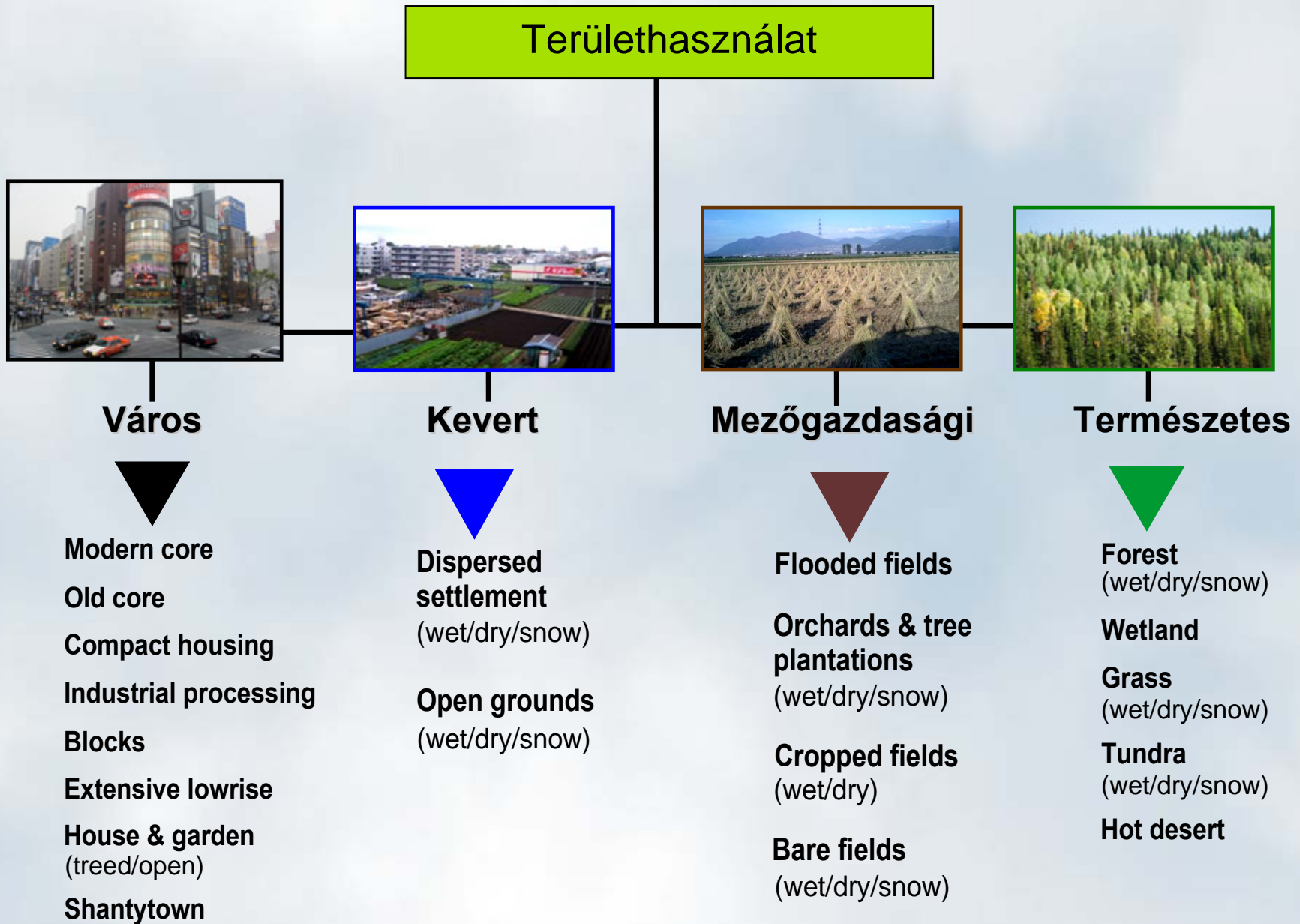
Yuma, ARIZONA



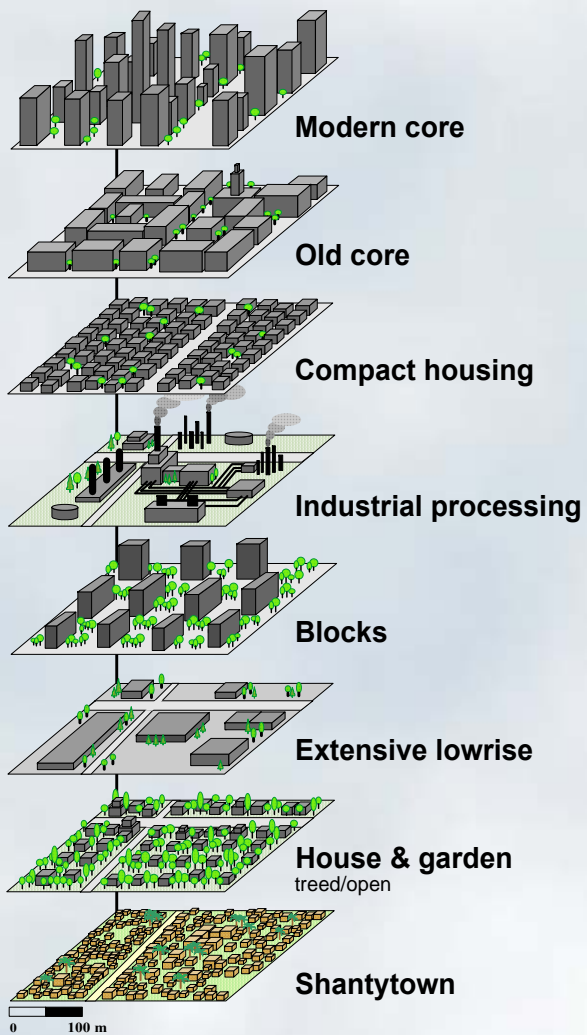
ΔT
(a-f)

ΔT
(c-o)

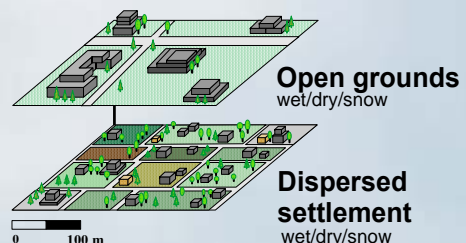
Klíma-zónák



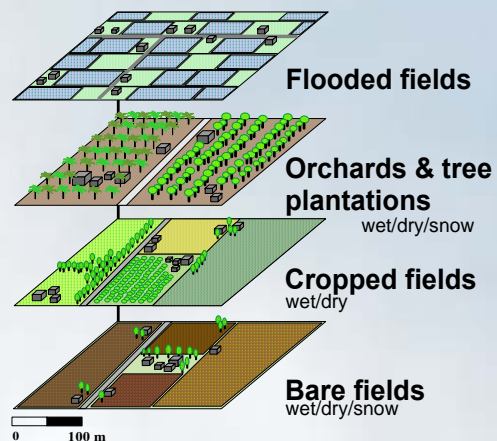
Városi zónák



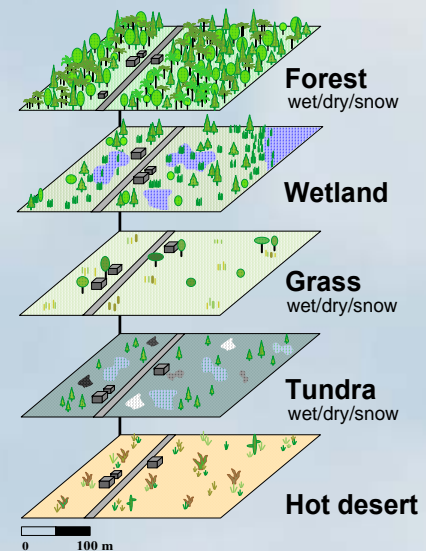
Kevert zónák



Mezőgazd.-i zónák



Természetes zónák



UHI-intenzitás meghatározása – példák Japánból

mért UHI-intenzitás
(éjszakai max)

Tokyo
> 10 millió

$\Delta Tu - r$
4 – 6 C

Yamashita 1990



urban

“modern városmag”



rural

“nyitott terület”

Obuse
10,000

$\Delta Tu - r$
4 – 6 C

Sakakibara 1999



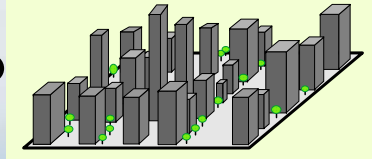
urban

“kertváros”

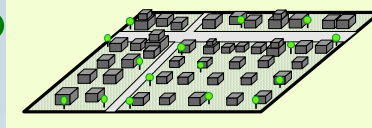
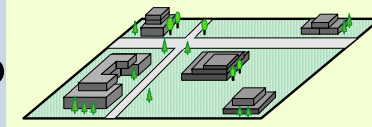


rural

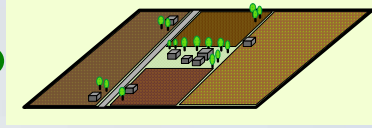
“szántóföld”



SERIES: City	ZONE: Modern core	CODE: LCZ-1
<p>DEFINITION: High-rise, high-density, modern core of a city. It is characterized by high-rise buildings, high density, and modern infrastructure. The urban form is characterized by high-rise buildings, high density, and modern infrastructure. The urban form is characterized by high-rise buildings, high density, and modern infrastructure.</p>		
<p>REPRESENTATIVE LOCATION: City center (Manhattan), City center (London), City center (Paris), City center (Tokyo), City center (New York), City center (Sydney), City center (Singapore), City center (Hong Kong), City center (Singapore), City center (Singapore), City center (Singapore).</p>		
<p>COMPARISON: High-rise, high-density, modern core of a city. It is characterized by high-rise buildings, high density, and modern infrastructure. The urban form is characterized by high-rise buildings, high density, and modern infrastructure.</p>		
<p>COMPARISON: High-rise, high-density, modern core of a city. It is characterized by high-rise buildings, high density, and modern infrastructure. The urban form is characterized by high-rise buildings, high density, and modern infrastructure.</p>		

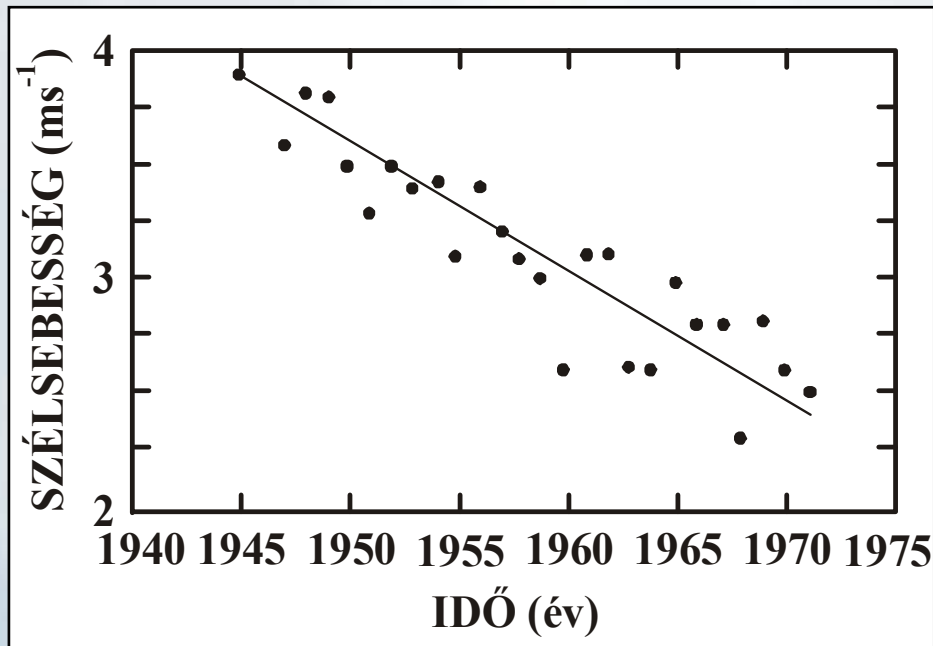


SERIES: Rural	ZONE: Forest	CODE: LCZ-13
<p>DEFINITION: Rural landscape with low-rise buildings, low density, and natural vegetation. The urban form is characterized by low-rise buildings, low density, and natural vegetation. The urban form is characterized by low-rise buildings, low density, and natural vegetation.</p>		
<p>REPRESENTATIVE LOCATION: Rural landscape (Tokyo), Rural landscape (London), Rural landscape (Paris), Rural landscape (Tokyo), Rural landscape (New York), Rural landscape (Sydney), Rural landscape (Singapore), Rural landscape (Singapore), Rural landscape (Singapore), Rural landscape (Singapore).</p>		
<p>COMPARISON: Rural landscape with low-rise buildings, low density, and natural vegetation. The urban form is characterized by low-rise buildings, low density, and natural vegetation.</p>		
<p>COMPARISON: Rural landscape with low-rise buildings, low density, and natural vegetation. The urban form is characterized by low-rise buildings, low density, and natural vegetation.</p>		



1.7. A többi klímparaméter városi módosulása

Szél



Az éves átlagos széleb. időSORA egy növekvő városban (Hancavicsi, Beloru.)

városi széleb. csökkenés mértéke függ az eredeti szél erősségétől

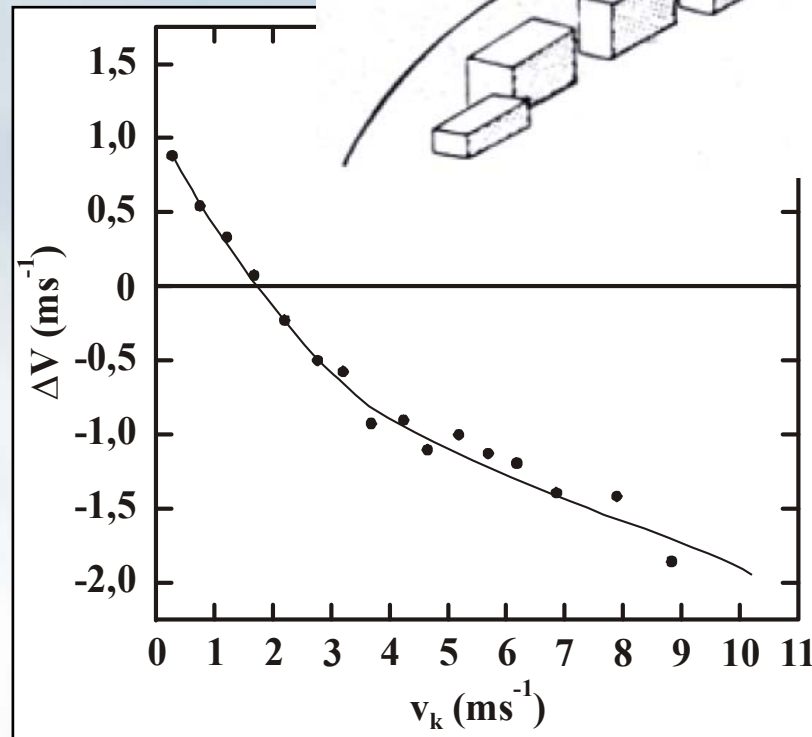
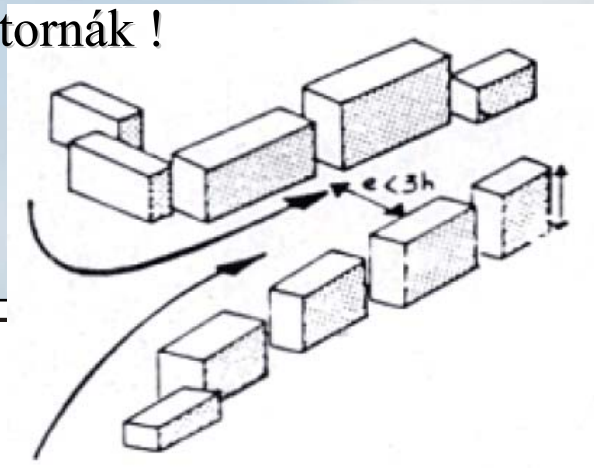
sőt, lassú áramlás esetén megfordul a helyzet

A városi és az eredeti szél (v_k) sebesség-különbségének (ΔV) változása a v_k erősségének függv.-ben

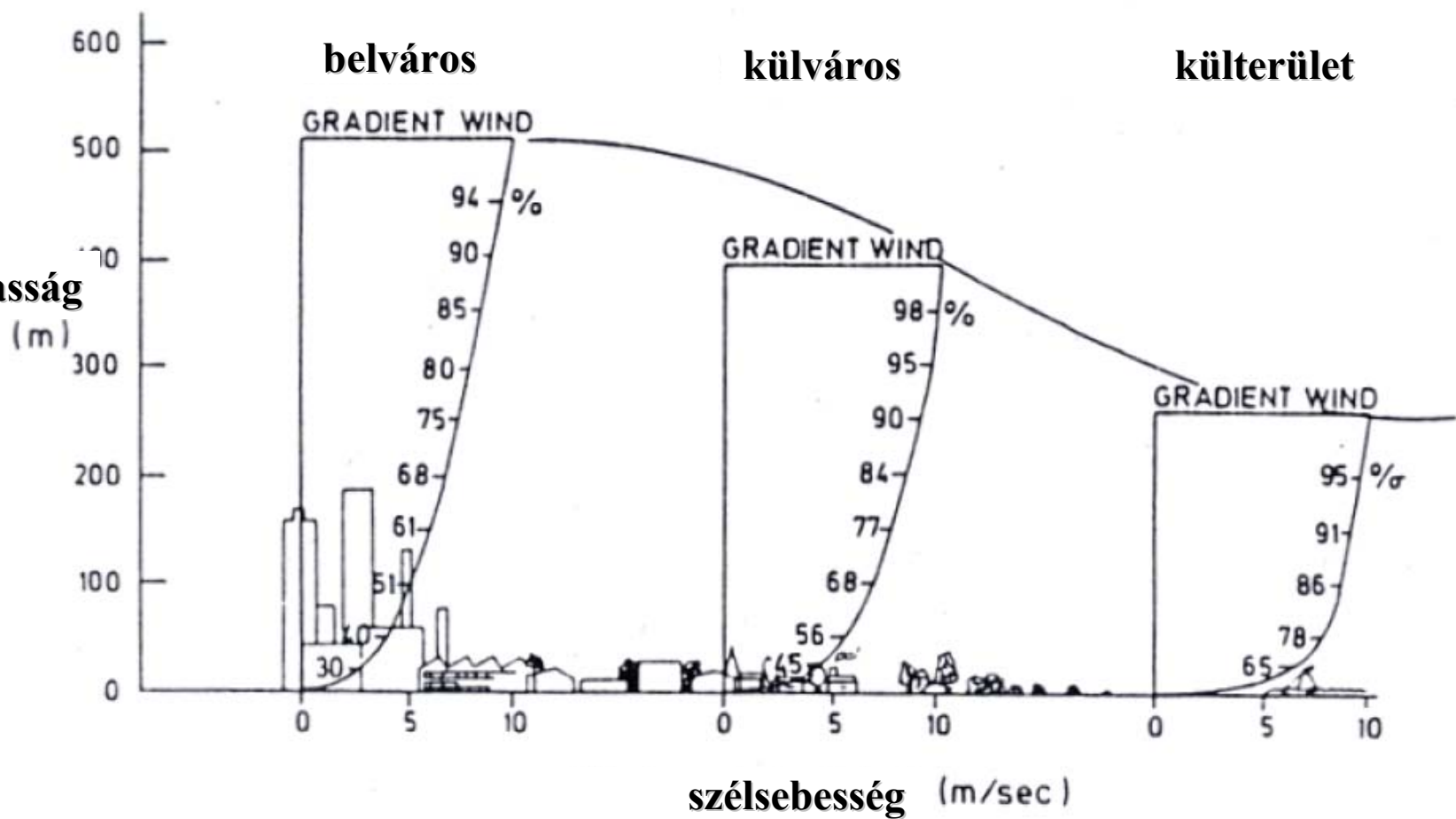
szélesebesség \searrow 20-30%

szélcsendes esetek \nearrow 5-20%

de: szélcsatornák !



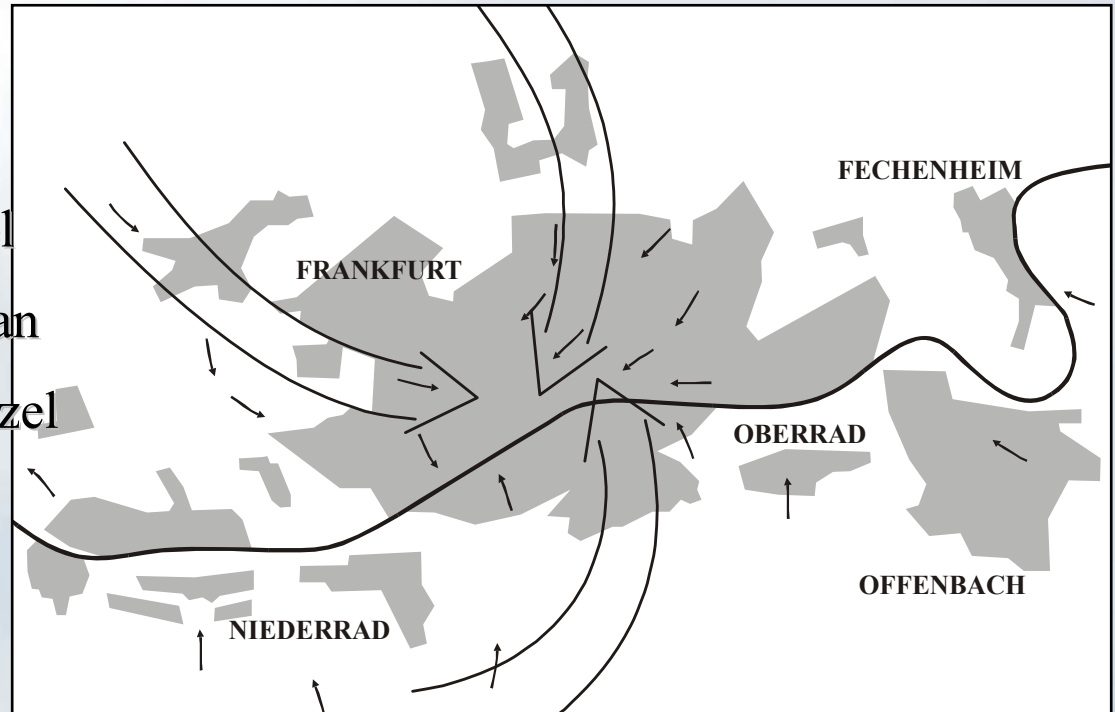
magasság



Függőleges szél-profil a belváros, a külváros és a külterület felett

- gyenge regionális légáramlás
- a város melegebb a környezeténél
- konvektív feláramlás a központban
- levegő beáramlás a felszínhez közel

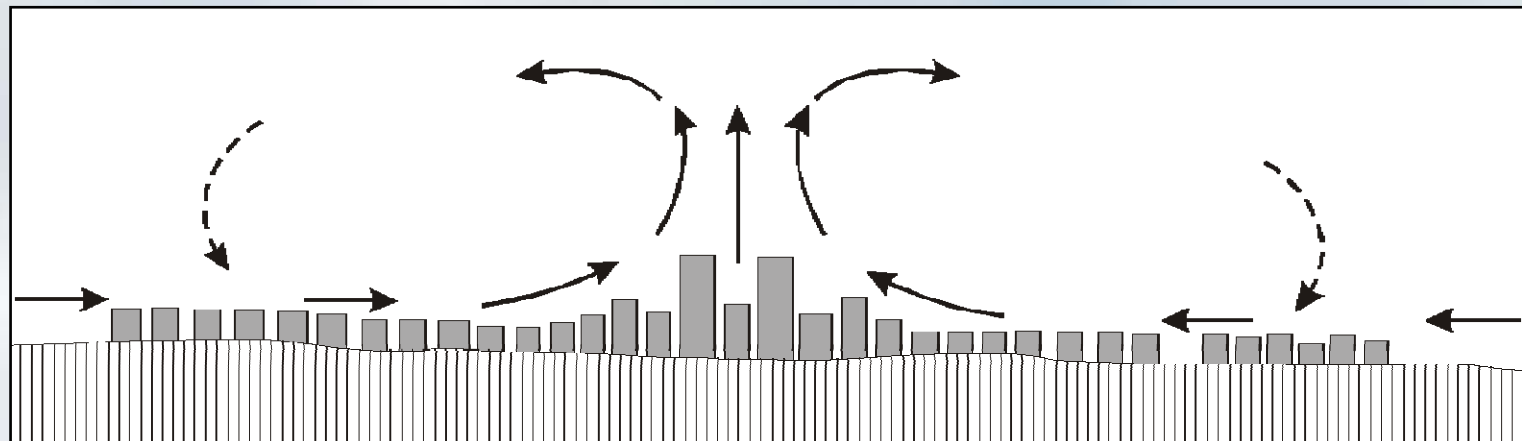
városi szél

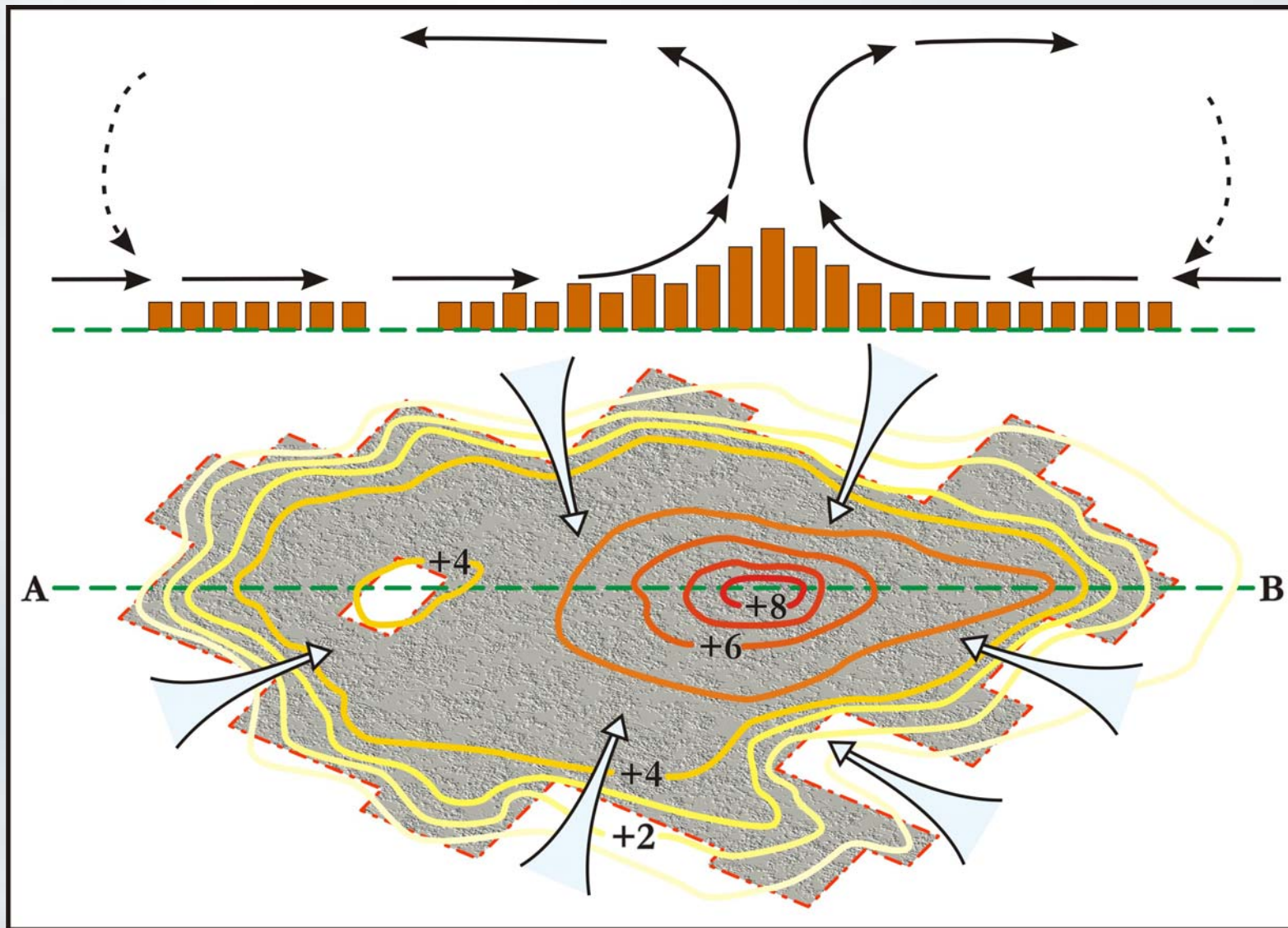


Éjszakai összeáramlás Frankfurtban, nyugodt időjárási helyzetben

*városi hősziget
cirkuláció (UHIC)*

Az UHI által keltett cirkuláció vázlata

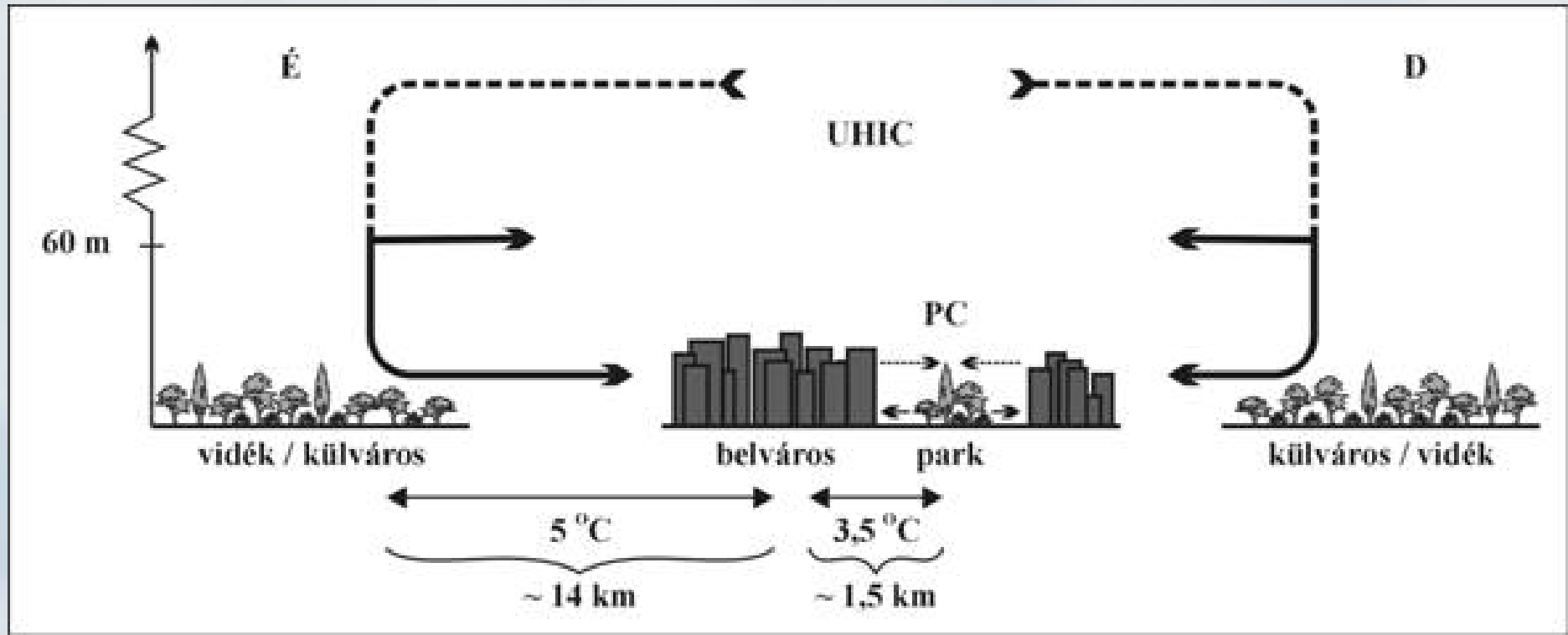




A városi hősziget cirkuláció oldal és felülnézetben

kisebb érdességű területek → **ventilációs folyosók** → átszellőzés

park cirkuláció → kölcsönhatás az UHIC-val (gyengíthetik is egymást)



*Az UHIC és a park cirkuláció (PC) vázlatos képe nyugodt és tiszta éjszakán
Göteborgban mért adatokkal szemléltetve*

Légnedvesség, köd

relatív nedv: → általában csökken

legnagyobb eltérések (8-10%)
este és nyáron (UHI max.)

abszolút nedv: → nőhet ↔ csökkenhet

köd: nőhet ↔ csökkenhet

<i>Időszak</i>	<i>Ködös napok száma/év</i>
1986-1900	14,2
1936-1940	52,4
1971-1975	12,0

Téli köd (szmog?) (Christchurch)



*A ködös napok átlagos száma
különböző időszakokban Tokióban*

város - „**tiszta sziget**” a ködös
környezetben olyan vidéken, ahol
kedvezőek a feltételek a kisugárzási köd
kifejlődéséhez ***urban clear island***

← de !

száraz köd – lebegő szilárd
szennyezőanyagok

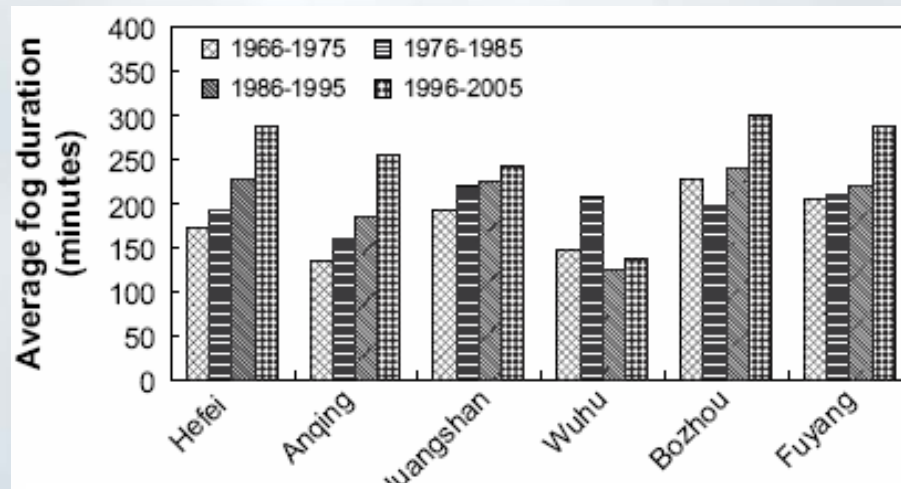


Fig. 5. Average fog duration for four decades in selected cities in Anhui Province (China).

(Shi et al, 2008, AM)

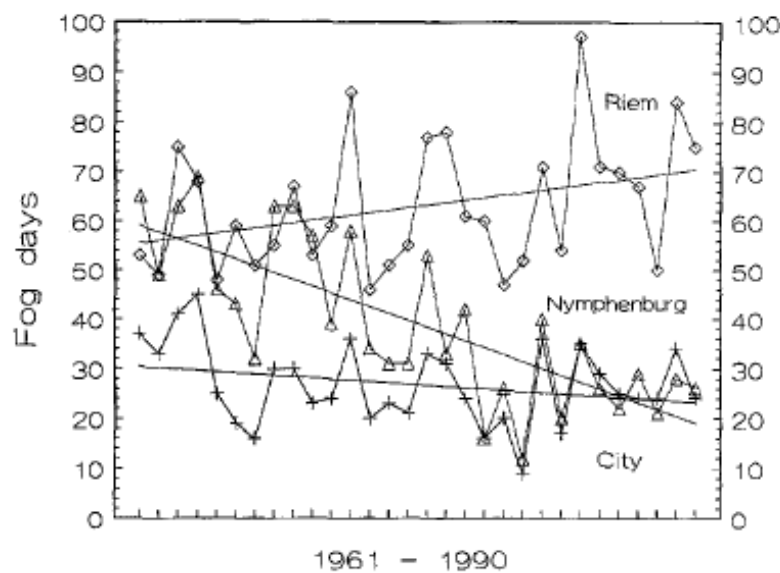


Fig. 1. Annual fog frequencies 1961-1990 in Munich

(Sachweh, Koepke, 1997, TAC)

Csapadék

általában nő, de eltolódva a szél irányában

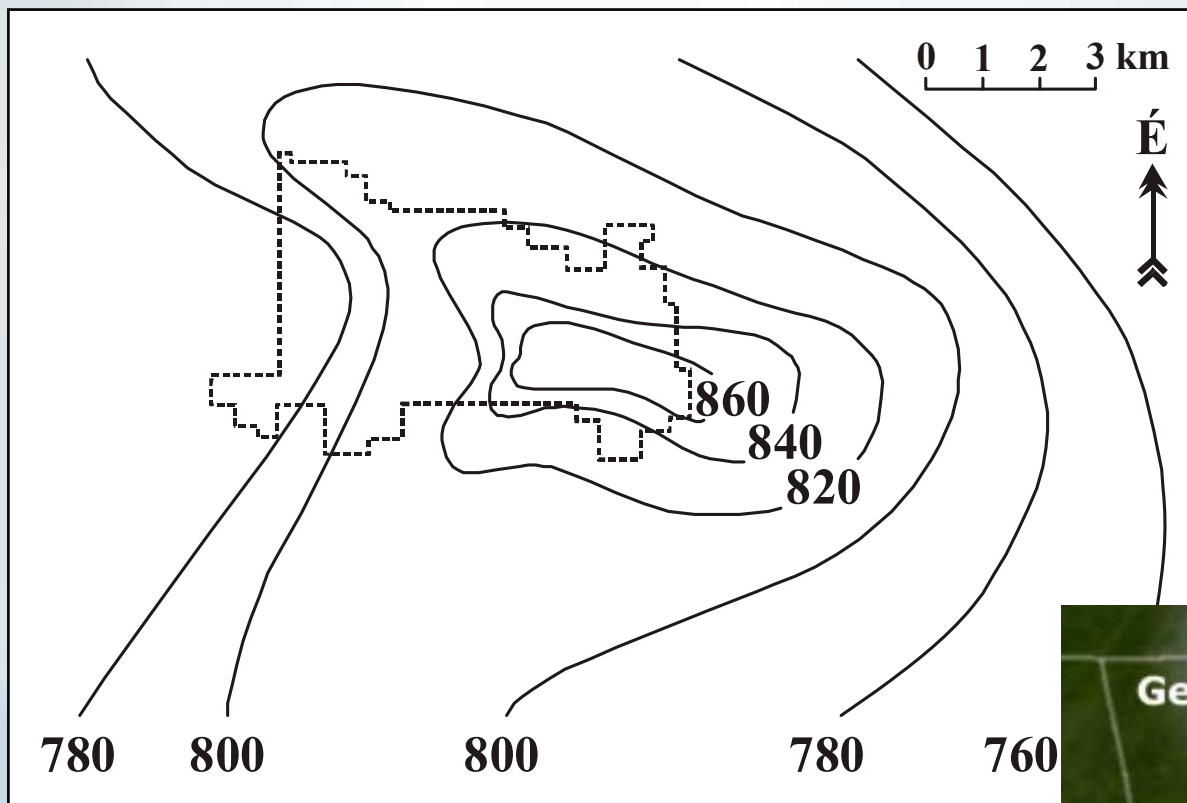
okai:

- turbulens feláramlás (hősziget)
- többlet kondenzációs magvak

Település	A vizsgált évek száma	Csapadékösszeg (mm)		Különbség (%)
		város	külterület	
Moszkva	17	605	539	+11
Urbana	30	948	873	+9
München	30	906	843	+8
Chicago	12	871	812	+7
St. Louis	22	876	833	+5

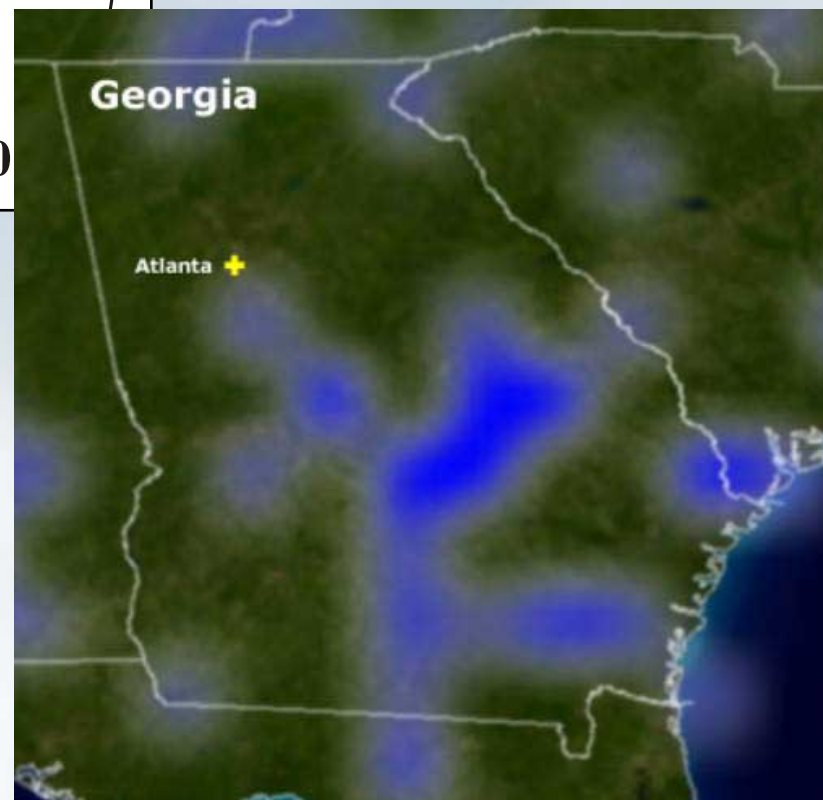
Példák a város és környezete közötti éves csapadékösszegek különbségeire

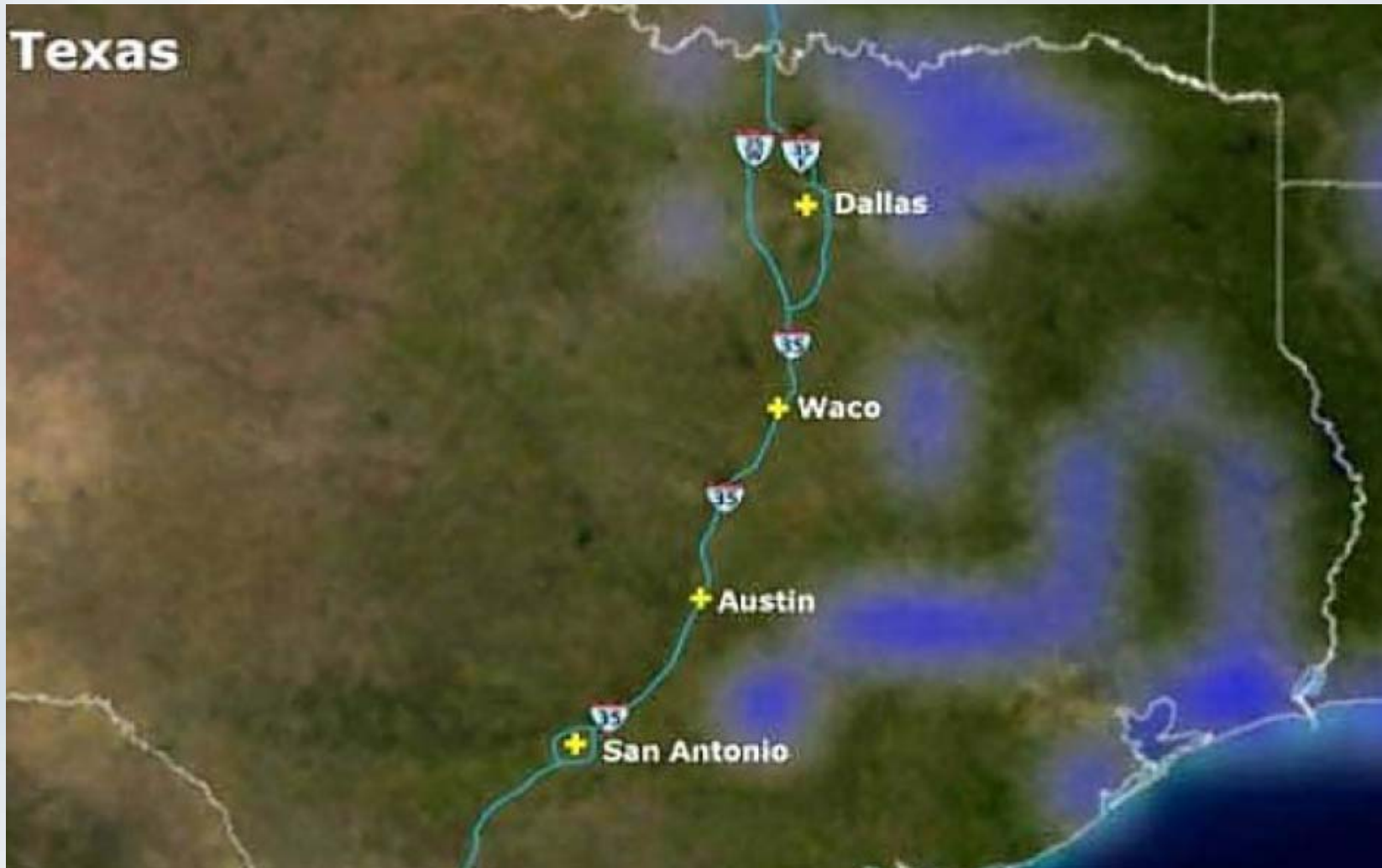




Az éves csapadékátlag (mm) izovonalai (Urbana, Illinois, ... = városhatár)

*Csapadékmennyiség
növekedése USA
nagyvárosok lee-oldalán
(máj.-szept.)*

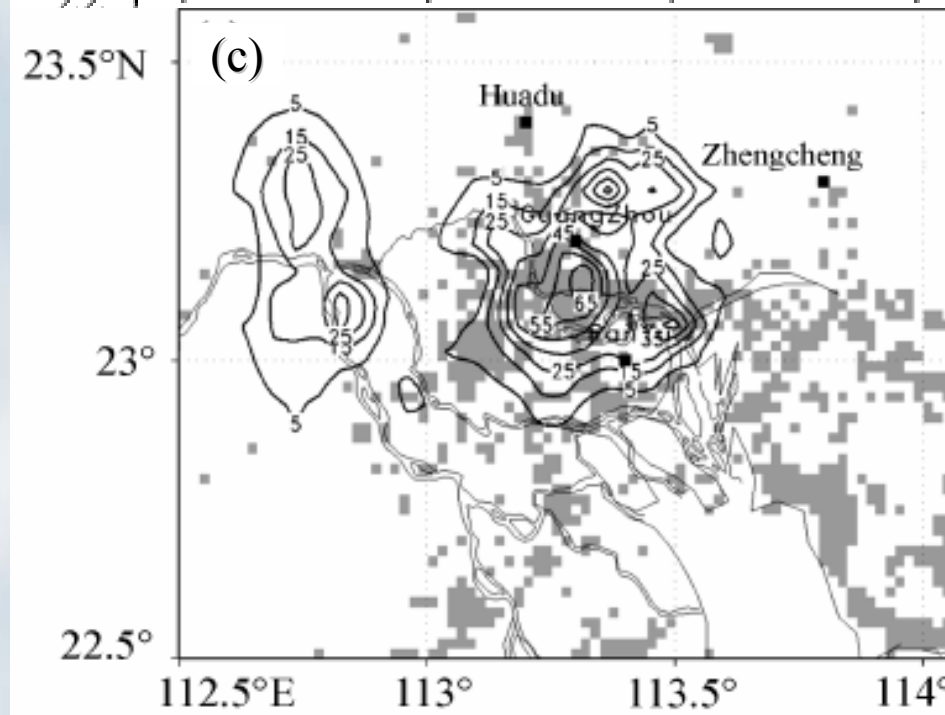
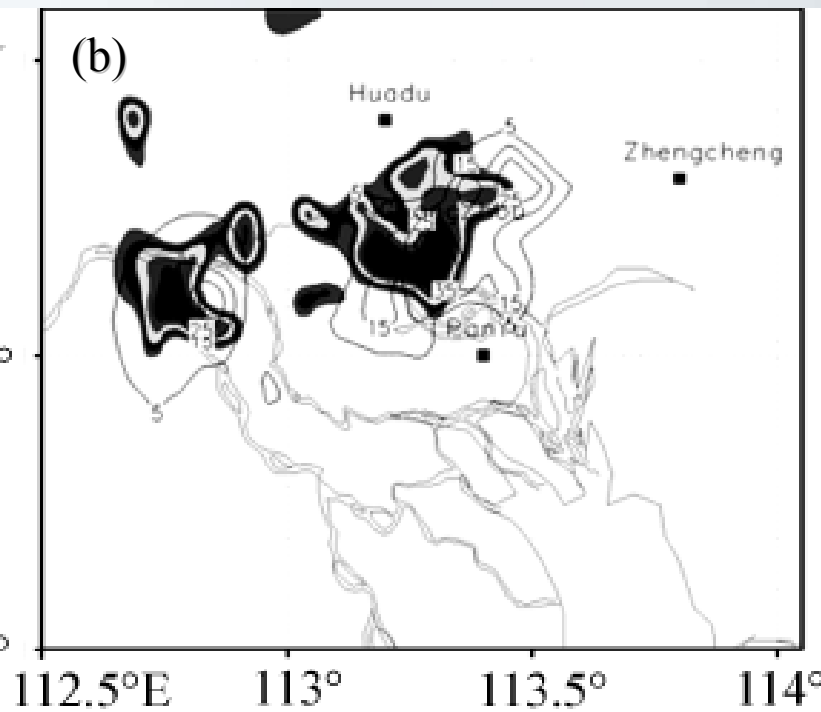
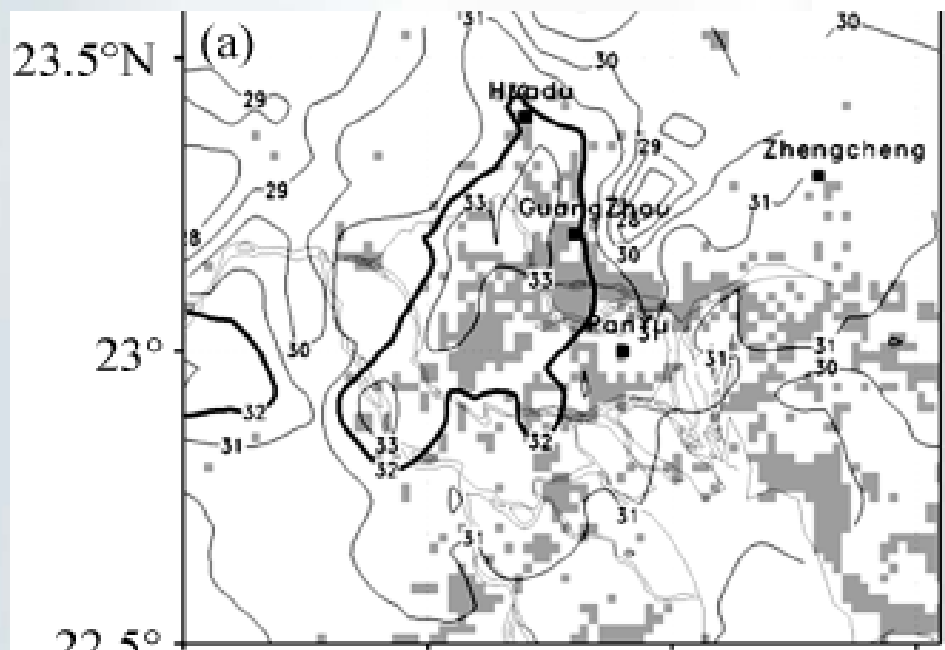




Csapadékmennyiség növekedése USA nagyvárosok lee-oldalán (máj.-szept.)

hócsapadék aránya ↘

heti ritmus (?)



(a) *Hőmérséklet 21.00-kor, (b) radar visszhangok 21.30-kor, (c) 3 órás csapadékösszeg 22.00 után (2005. 08. 04. Guangzhou) (szürke = városi területhasználat)*



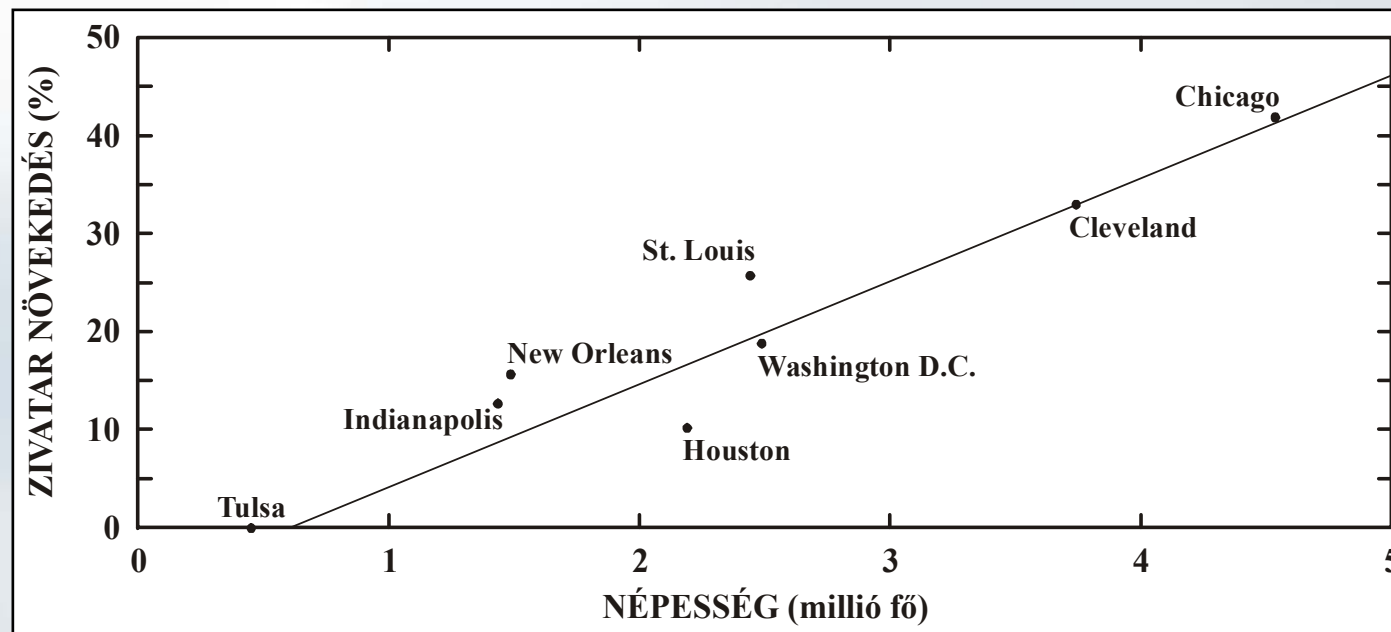
- „ipari hó”** – hideglégpárna
- városok és ipari centrumok térségében (+ kond. magvak)
 - 5-15 km-es körzet



2007. december

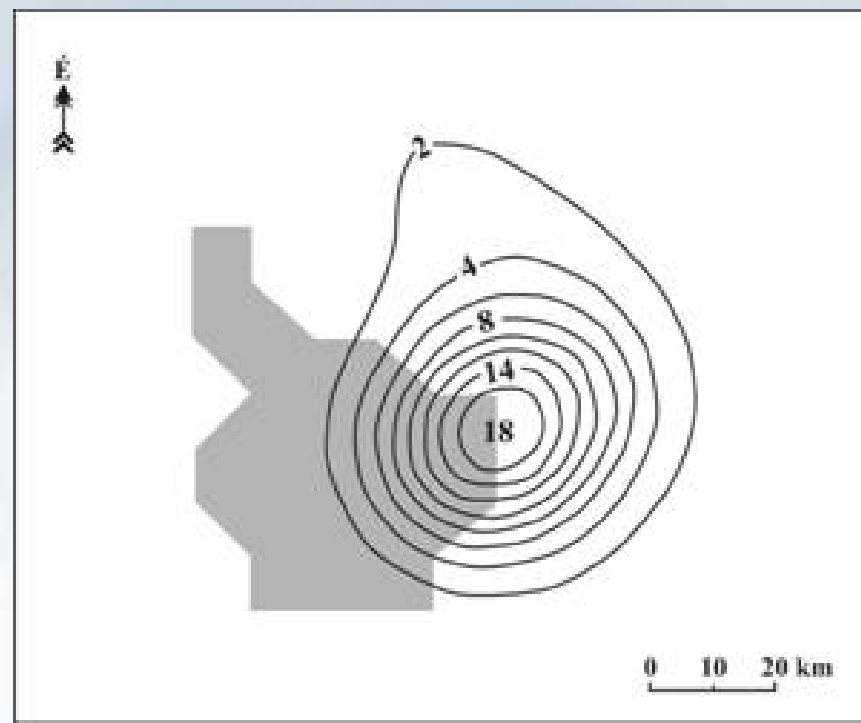
zivatar, jégeső ↗

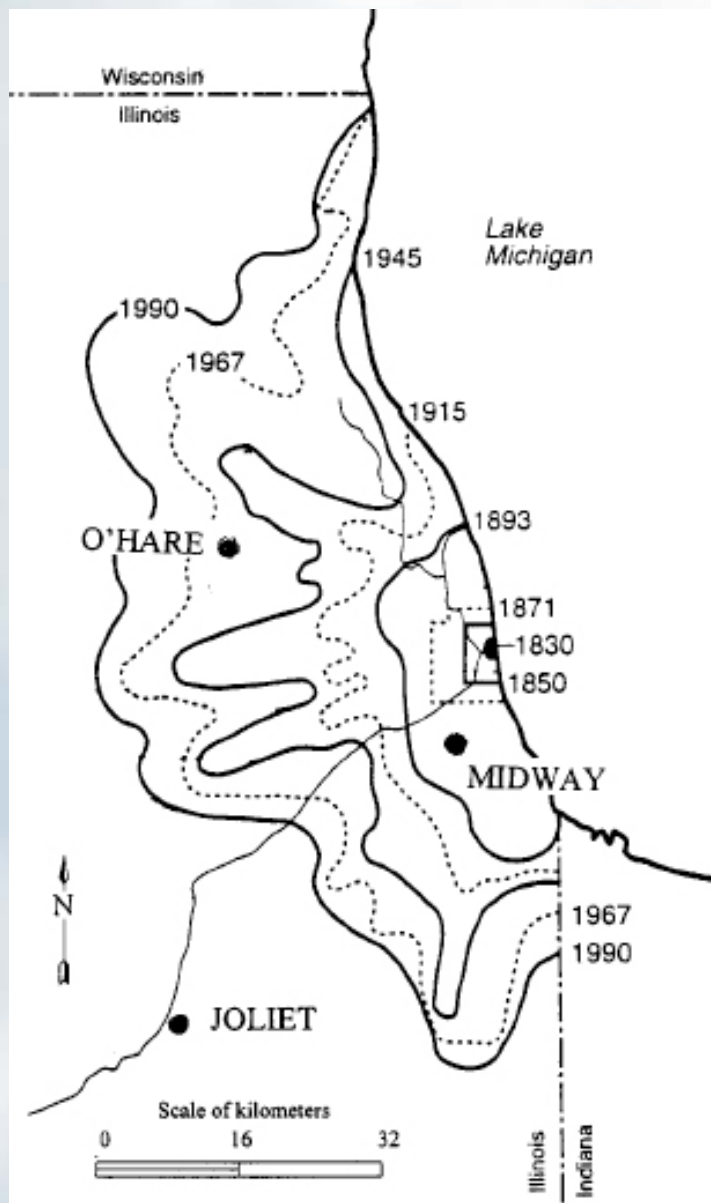
*A zivatarok
számának
növekedése a
népesség
függvényében*



nyugodt szinopikus helyzetben:
UHI okozta konvektív
feláramlás ↗

*UHI hatására kialakult zivatar
csapadék-mennyiségének (mm) eloszlása
Atlanta (Georgia) körzetében (1996.
aug. 3., város = szürke mező)*





„Városi” és „külsőterületi” zivataros napok átlagos havi értékei és különbségeik (Chicago, 1959-1998)

	Urban (Midway)	Rural (O'Hare)	Difference U-R	Difference as percent of rural
January	0.4	0.4	0	0
February	0.5	0.4	0.1	+25
March	2.8	2.1	0.7	+33
April	4.7	4.0	0.7	+18
May	5.6	4.9	0.7	+14
June	7.1	6.6	0.5	+8
July	7.0	6.0	1.0	+17
August	6.2	6.0	0.2	+3
September	4.3	4.3	0	0
October	2.0	1.8	0.2	+11
November	1.4	1.1	0.3	+27
December	0.7	0.5	0.2	+40
<i>Annual</i>	42.7	38.1	4.6	+12

<i>(a) Tulajdonság</i>	<i>Változás</i>	<i>Jellemző nagyságrendek</i>
albedó	alacsonyabb	vidék: 0,12-0,20; külváros: 0,15; város: 0,14
emisszivitás	nagyobb?	vidék: 0,92-0,98; város: 0,94-0,96
antropogén hő	nagyobb	vidék: -; külváros: 15-50 Wm ⁻² ; város: 50-100 Wm ⁻² (téli 250 Wm ⁻² -ig)
kondenzációs magvak: Aitken felhő	nagyobb nagyobb	vidék: 10 ² -10 ³ cm ⁻³ ; város: 10 ⁴ -10 ⁶ cm ⁻³ vidék: 2-5x10 ² cm ⁻³ ; város: 10 ³ -10 ⁴ cm ⁻³
<i>(b) Elem</i>	<i>Változás</i>	<i>Nagyságrendi változás vagy megjegyzés</i>
turbulencia-intenzitás	nagyobb	10-50%
szélsébség	csökken növekszik	5-30% erős áramlásnál (10 m magasságban) a hősziget hatására kialakuló gyenge áramlásnál
szélirány	eltérül	1-10°
UV-sugárzás	sokkal kevesebb	25-90%
napsugárzás	kevesebb	1-25%
infravörös bevétele	nagyobb	5-40%
látótávolság	csökken	
párolgás	kisebb	kb. 50%
konvektív hőáramlás	nagyobb	kb. 50%
hőtárolás	nagyobb	kb. 200%
léghőmérséklet	magasabb	1-3°C több éves átlagokban, de órák átlagban akár 12°C is
légnedvesség	alacsonyabb sokkal magasabb	nyáron nappal nyáron éjszaka és télen egész nap
felhőzet	több pára több felhő	a városban és a város lee-oldalán a város lee-oldalán
köd	több vagy kevesebb	az aeroszol részecskéktől és a környezettől függ
csapadék: hó összes zivatarok	kevesebb több több	egy része esővé válik inkább a város lee-oldalán, mint a városban

1.8. A klímaparaméterek megváltozása – összegző gondolatok

Tulajdonságok és paraméterek tipikus megváltozása egy közepes földrajzi szélességen fekvő, kb. 1 milliós városban (az értékek megjegyzés hiányában a nyárra vonatkoznak)

A klímára gyakorolt városi hatások modellezésének általános problematikája

* e hatások számszerűsítve a településen belül és a külterületen észlelt értékeknek a **különbségeként** értelmezendők

* csak **egyidejű** és **azonos feltételek** mellett (pl. azonos t.szint feletti magasság) mérési adatokat lehet felhasználni az összehasonlításra

az *alapmodell* szerint a mért városi paraméter **M** értéke három tényező összegzett eredménye:

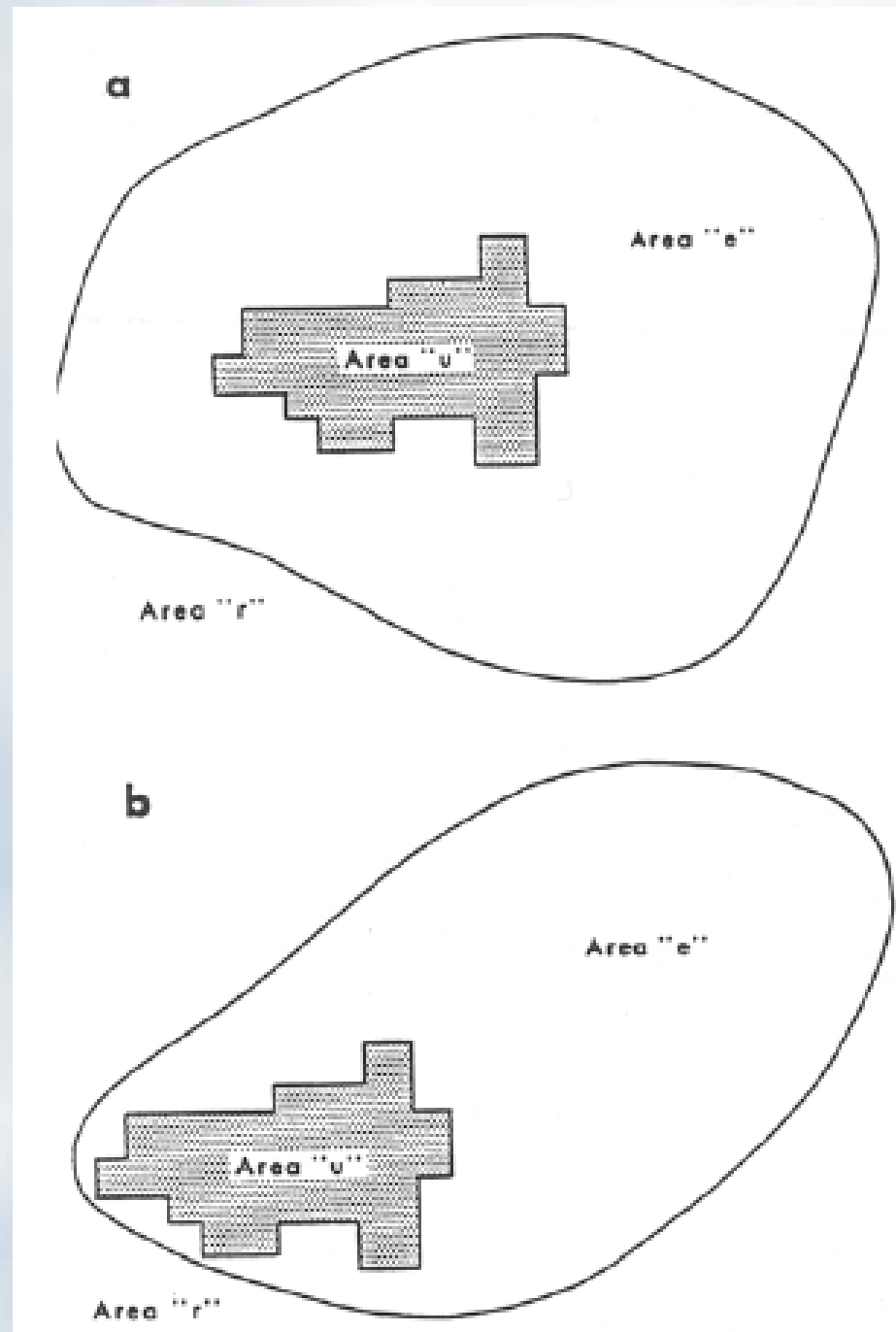
$$M = C + L + U$$

C – a terület háttérklímájának alapértéke

L – a földrajzi elhelyezkedés (topográfia, vízfelület, stb.) sajátosságainak lokális befolyásoló hatása

U – az összetett városi környezet (területhasználat, anyag, geometria, épülettömeg, városon belüli elhelyezkedés, stb.) eredője

(egy adott időpontra vonatkozóan, v. egy adott időszakra átlagolva)



hol legyen a „vidéki” állomás ?

A városi hatásnak kitett terület kiterjedése (a) minden időjárási helyzetet és (b) egy időjárási helyzetet figyelembe véve („u” – városi, „e” – városi hatásnak kitett, „r” – vidéki terület)

1.9. Vázlatos tudománytörténet

Hippokratész (i.e. 5. sz.) – utalás a rossz városi levegőre (egészségkárosító az emberre)

Horatius (i.e. 1. sz.) ódáiban, *Seneca* (1. sz.) írásaiban – ókori Róma füstszennyezettsége

I. Edward (14. sz.), *I. Erzsébet* (16. sz.) – kőszénrel való fűtés megtiltása Londonban

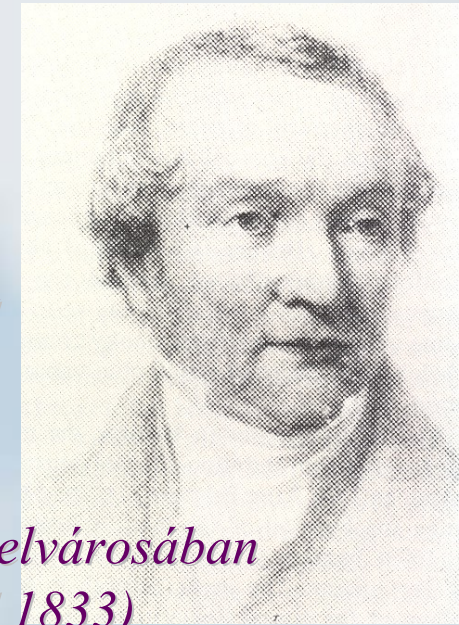
Evelyn (1661) – „Mert miközben mindenütt máshol az ég derült és a levegő tiszta, itt a világosságot hozó Napot elhomályosítja a kénből képződött felhő, amin a sugarak alig képesek áthatolni. A kimerült utazó még mielőtt meglátná úticélja városát, már több mérfölddel előbb megérzi annak szagát.”

17. sz. vége – néhány helyen megkezdődtek a rendszeres, műszerekre alapozott észlelések

Deuer (1783) – a külváros és a tőle nem messze fekvő botanikus kert között → 6°C-os különbség egy hideg téli éjszakán (Mannheim)

Howard (1818, 1833) – első városklíma-leírás → a meteorológiai elemek városi megváltozásának (pl. a város központja melegebb, mint a környező vidéki területek) felismerése, a „városi köd” (*city fog*) fogalma

Luke Howard
(1772-1864)



Átlagos nappali és éjszakai havi hőmérsékletek (°F) London belvárosában és vidéken (több hely átlaga), valamint különbségeik (Howard 1833)

RESULTS IN FIGURES.

Average and difference of Day and Night for each month.

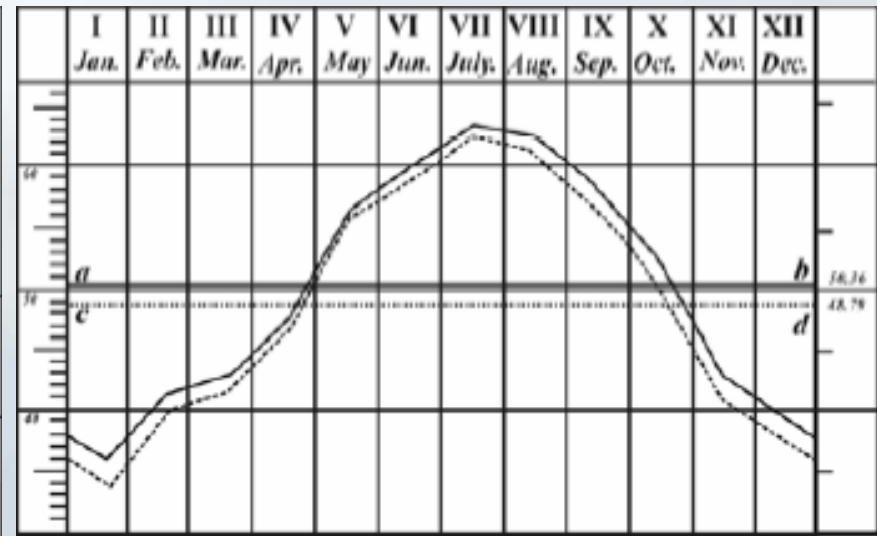
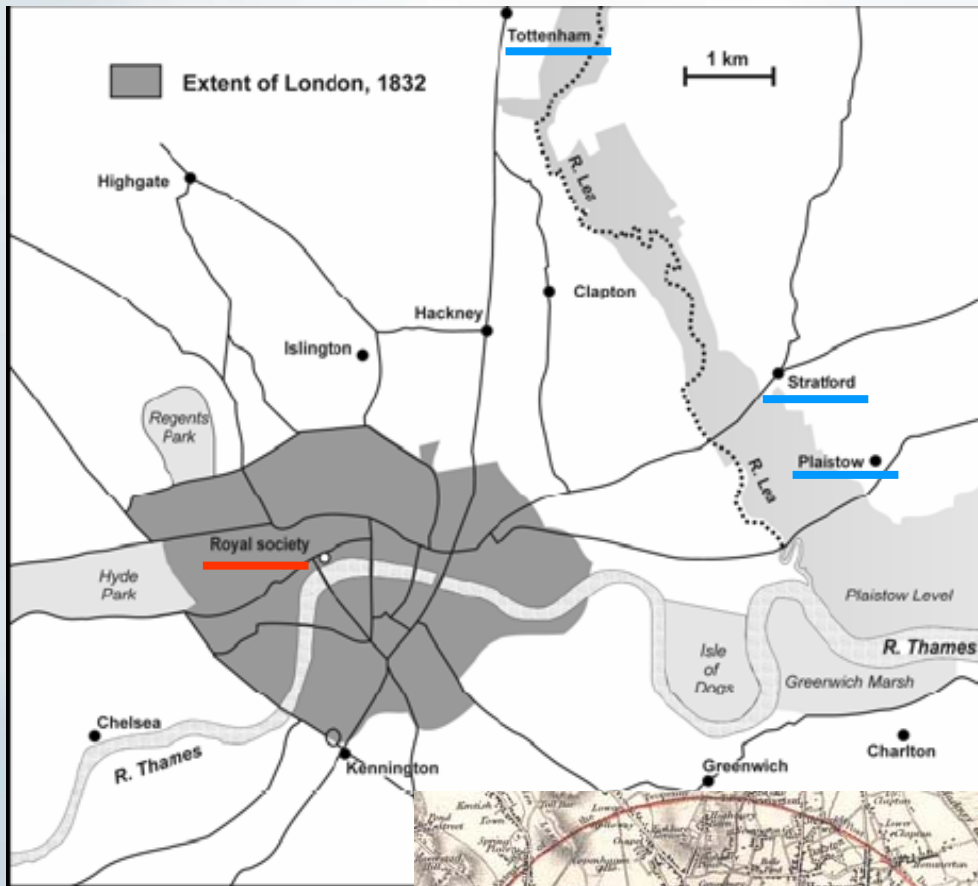
Mo.	Mean of greatest heat by Day.	Mean of greatest cold by Night.	Difference.
1. Jan.	40·28	31·36	8·92
2. Feb.	44·63	33·70	10·93
3. Mar.	48·08	35·31	12·77
4. April	55·37	39·42	15·95
5. May	64·06	46·54	17·52
6. June	68·36	49·75	18·61
7. July	71·50	53·84	17·66
8. Aug.	71·23	53·94	17·29
9. Sept.	65·66	48·67	16·99
10. Oct.	57·06	43·51	13·55
11. Nov.	47·22	36·49	10·73
12. Dec.	42·66	33·90	8·76

Extremes of the Climate. Greatest heat in 10 years 96°: greatest cold—5 (below zero). Difference of *night* from *day* sometimes 30° or 35°; seldom less than 6°. Night is 3.70 warmer and day 0.34° cooler in the city than in the country. Thus the latter has 4° more variation.

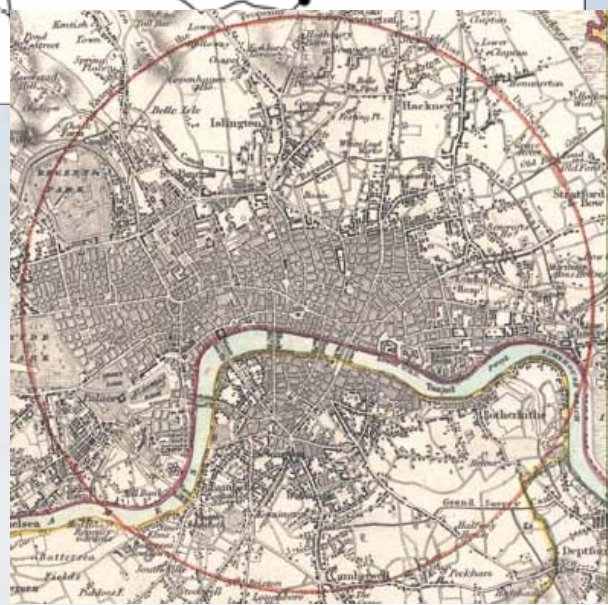
Mean Temperature of each Month, on an average of observations continued from 1807 to 1816.

Mo.	In the Country.	In London.	London warmer.
1. Jan.	34·16°	36·20°	2·04
2. Feb.	39·78	41·47	1·69
3. Mar.	41·51	42·77	1·26
4. April	46·89	47·69	0·80
5. May	55·79	56·28	0·49
6. June	58·66	59·91	1·25
7. July	62·40	63·41	1·01
8. Aug.	61·35	62·61	1·26
9. Sept.	56·22	58·45	2·13
10. Oct.	50·24	52·23	1·99
11. Nov.	40·93	43·08	2·15
12. Dec.	37·66	39·40	1·74

By this Table, the reader who makes daily observations on the temperature for a month may compare his mean result with a fixed standard.



Átlagos havi hőmérsékletek (°F) évi menete London belvárosában és vidéken (3 hely átlaga) (Howard 1833)



~1820 ↔ 2006

THE
CLIMATE OF LONDON;

1855

DEDUCED FROM
Meteorological Observations,

MADE IN THE METROPOLIS,

AND AT
VARIOUS PLACES AROUND IT.

BY LUKE HOWARD, GENT.

CITIZEN OF LONDON; HONORARY CITIZEN OF MAGDEBURG; FELLOW
OF THE ROYAL SOCIETY, AND HONORARY ASSOCIATE OF THE
SOCIETIES OF ARTS OF HAMBURG AND LEIPZIG.

IN THREE VOLUMES.

A SECOND, MUCH ENLARGED AND IMPROVED EDITION,

IN WHICH THE
OBSERVATIONS ARE CONTINUED TO THE YEAR MDCCCLXXXI
ILLUSTRATED BY ENGRAVINGS ON WOOD AND COPPER.

Sic vos non vobis fertis aratra boves!

VOL. I.

Containing an Introduction, with the necessary Descriptions of Instruments, and Definitions of terms used;—A Series of Dissertations on the several parts of the Subject;—A Summary of the Phenomena of the Climate;—General Tables of Results, and a copious Index.

LONDON:

HARVEY AND DARTON, GRACECHURCH-STREET;
J. AND A. ARCH, CORNHILL; LONGMAN AND CO. PATERNOSTER ROW;
HATCHARD AND SON, PICCADILLY; S. HIGHLEY, FLEET-STREET;
H. HUNTER, ST. PAUL'S CHURCH-YARD.

1833.

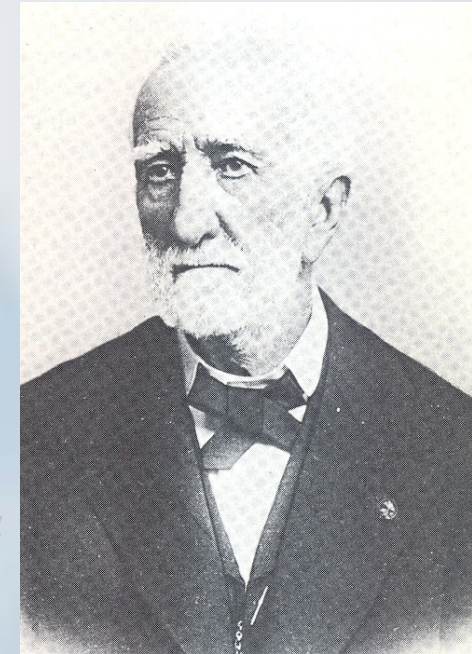
*Howard (1833)
háromkötetes
munkájának címlapja*

Stifter (1843) – „városklíma” kifejezés

Renou (1855) – Párizs és környezete között 1-2°C kül.

- UHI napi menete
- fagyos napok 40%-os városi csökkenése,
- esti hőmérsékleti különbség tiszta kisugárzási időjárási helyzetekben a legnagyobb

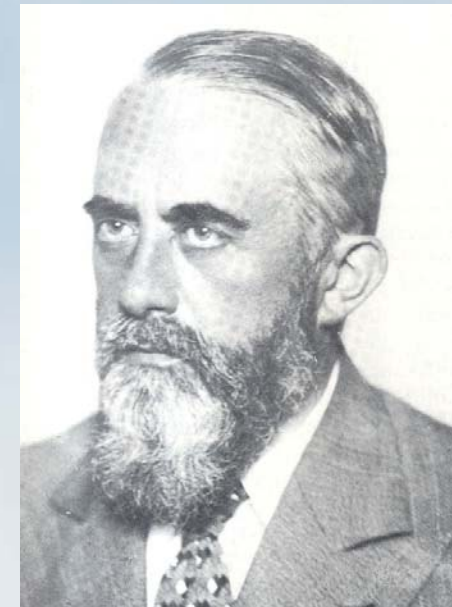
Emilien Renou
(1815-1902)



Kremser (1909) – légnedvesség és a szél módosulása (Berlin)

Schmidt (1927) – autóra szerelt műszerekkel többször átszelte Bécs különböző beépítettségű területeit → összehasonlító adatok gyűjtése

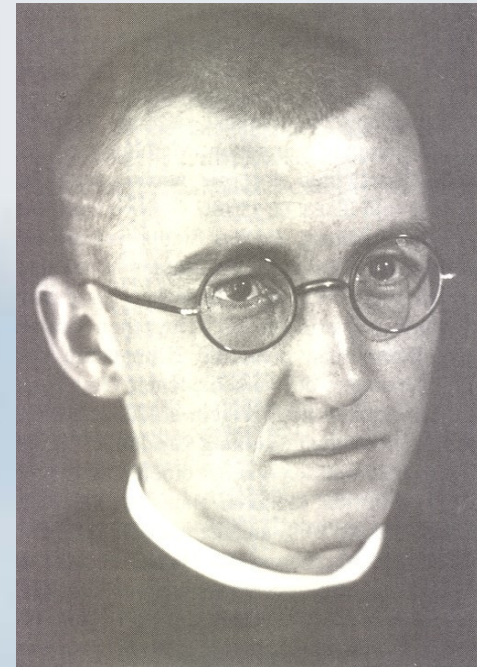
Wilhelm Schmidt
(1883-1936)



Schmauss (1927) – nagyvárosi (lee oldali)
csapadéktöbblet (München)

Kratzer (1937) – első összefoglaló alapmű a városklímáról
(bővítve 1956-ban)

Albert Kratzer
(1905-1975)



Balchin and Pye (1947) – „hősziget” kifejezés: „ ...
central city area is warmer than the surrounding country
areas at similar elevation by a degree or so and exhibits
the characteristic *heat island* within a built up area.”

Landsberg (1981) – köv. összefoglaló városklíma könyv

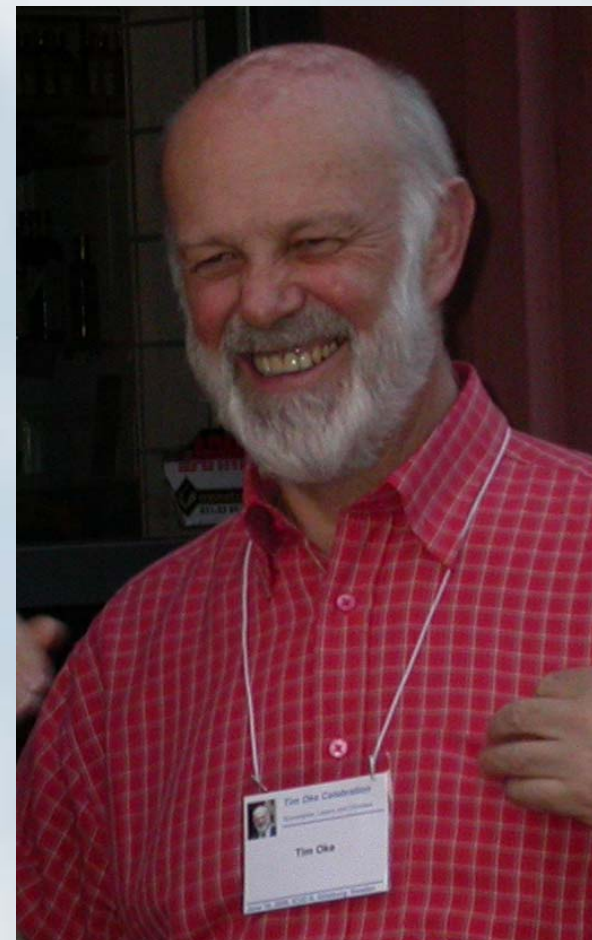
Helmut Landsberg
(1906-1985)



Oke – készül a korszerű, új szintetizáló mű



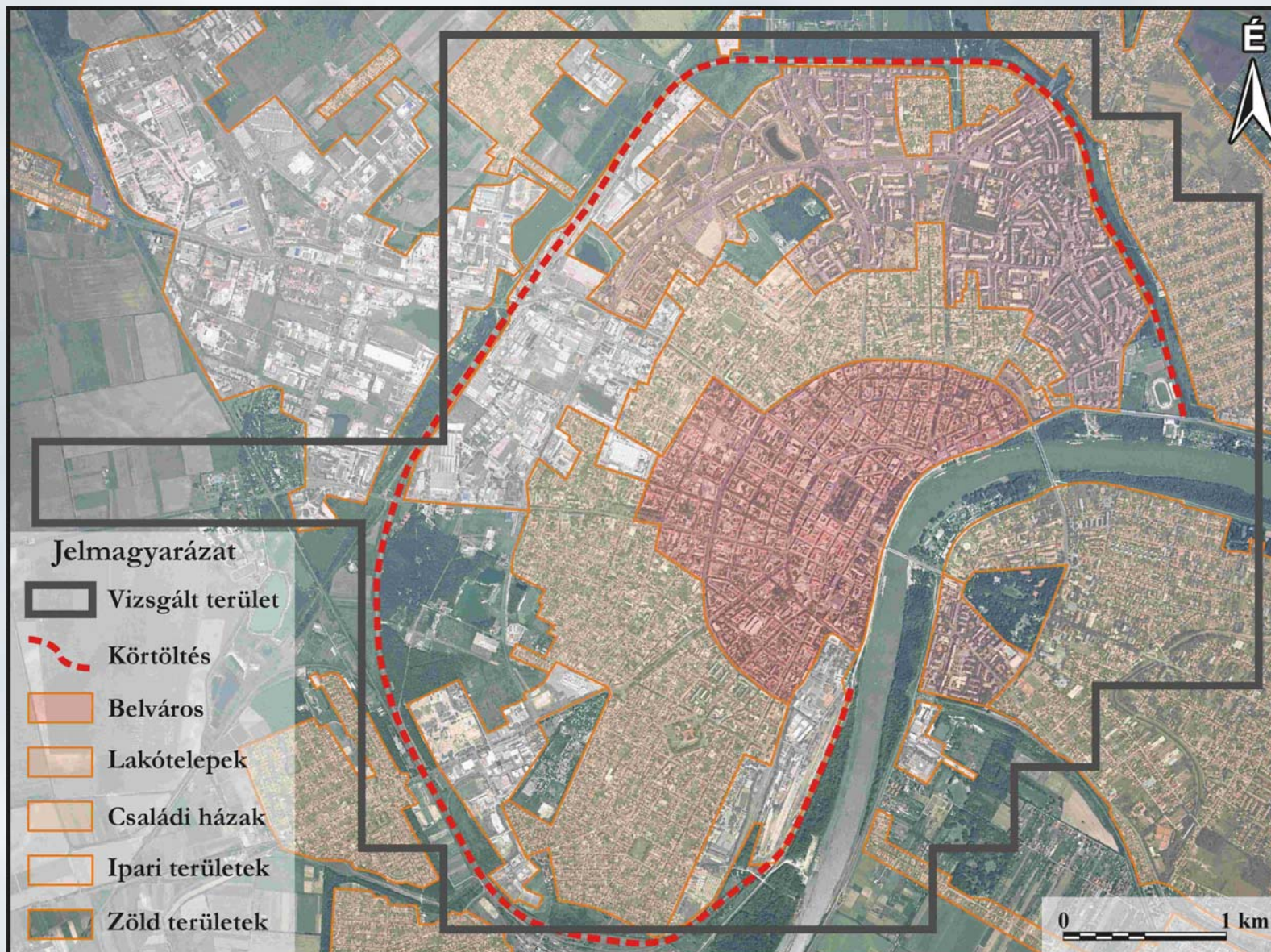
Tim Oke (1941-)



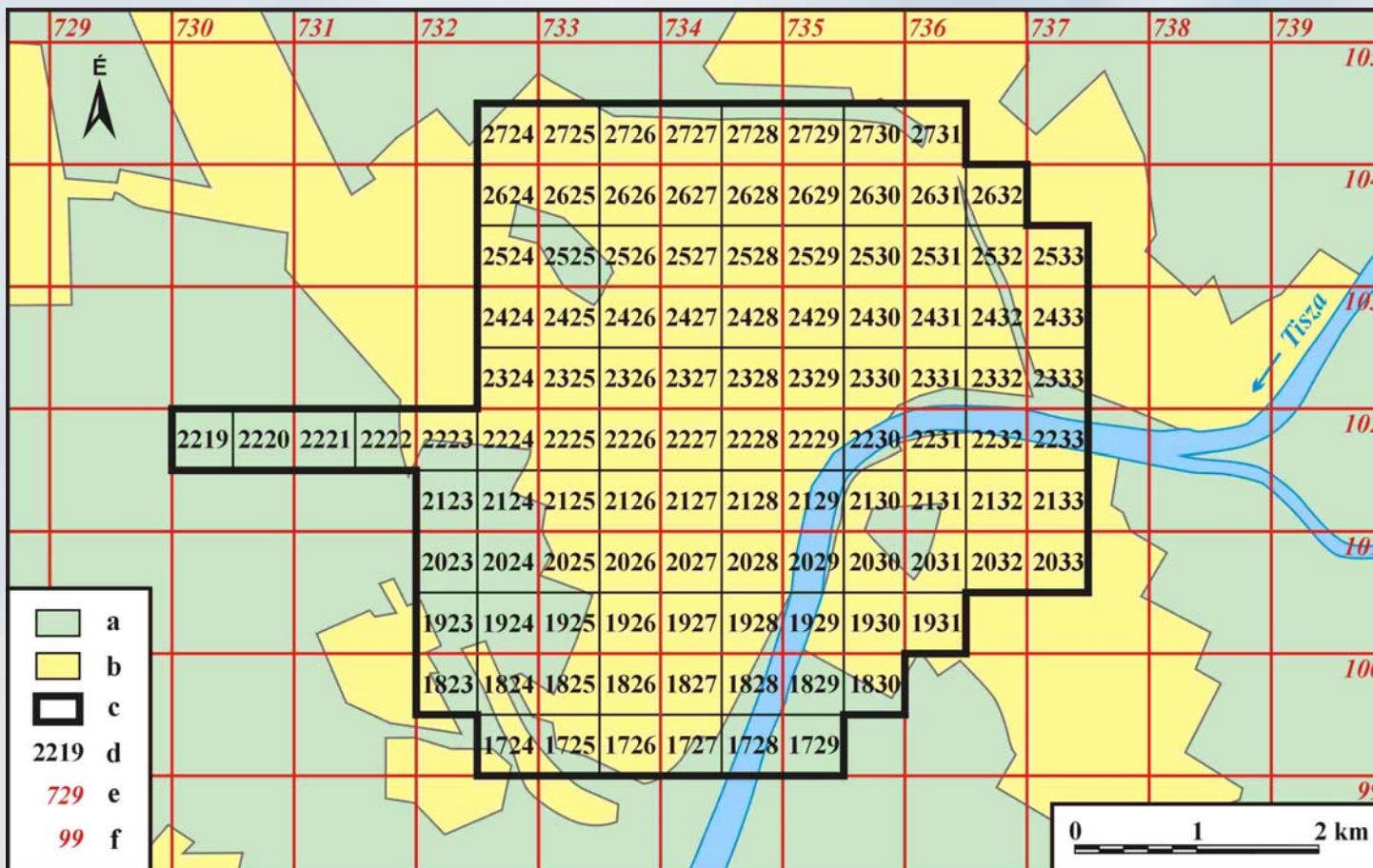
Egy példa a hősziget vizsgálatára

Szeged: városias területek nagyrészt a körtöltésen belül (kb. 25-30 km²)

A vizsgált terület és Szeged generalizált beépítettségi típusai



vizsgált terület – két szektor \Rightarrow 0,5x0,5 km nagyságú négyzetekre (cellákra) osztva
107 négyzet (26,75 km²) – az EOTR 1:10.000-es topográfiai térképein lévő 1x1 km-es négyzetháló elemeinek negyedelésével

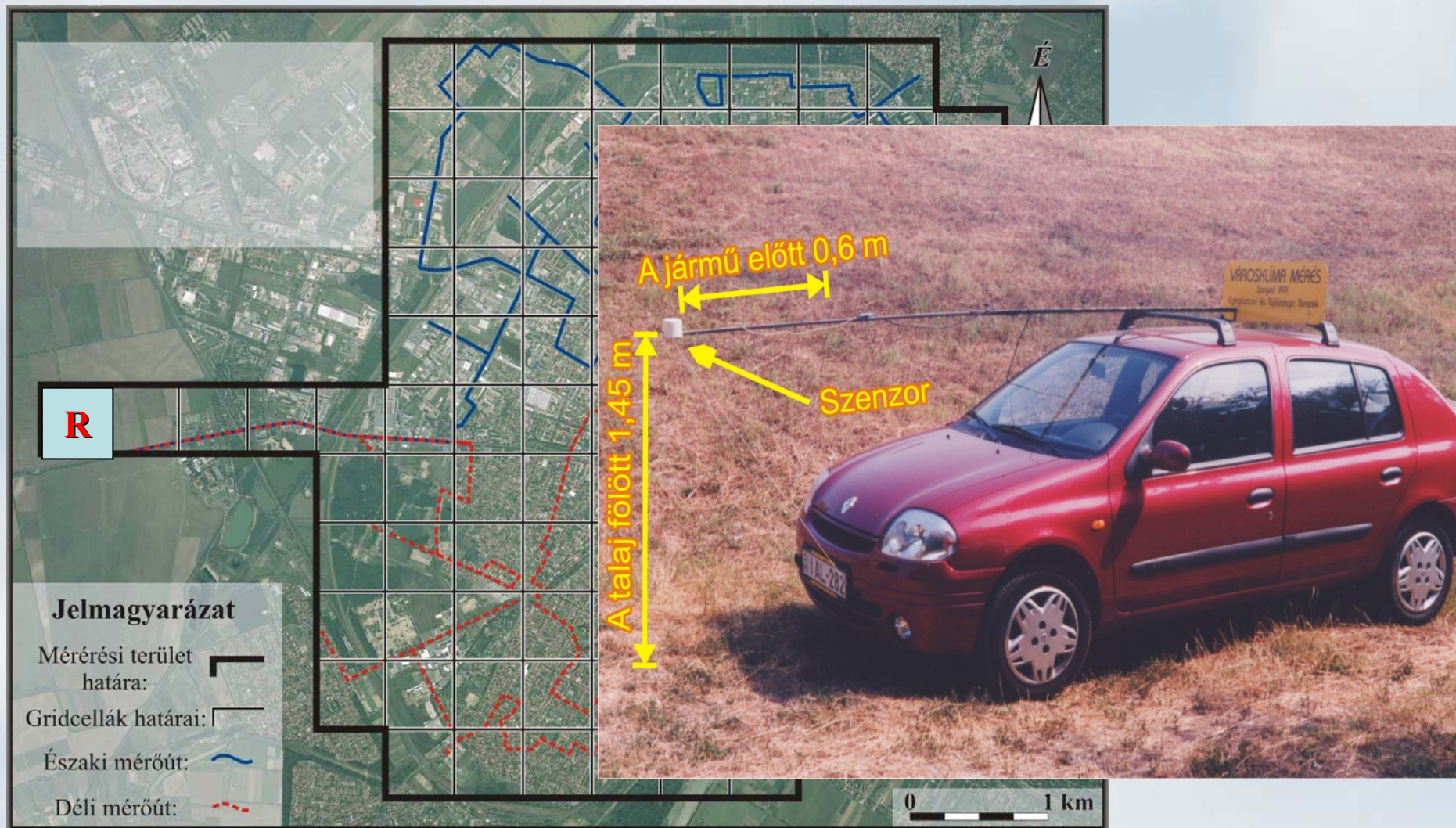


A vizsgált terület cellákra osztása: (a) szabad terület, (b) beépített terület, (c) a vizsgált terület határa, (d) cellák számozása, (e) y EOTR koordináta km-ben, (f) x EOTR koordináta km-ben

mobil hőmérsékleti adatgyűjtés: 1999. március – 2000. február (48 x – fél-fél – 1 autó)
 2002. április – 2003. március (35 x – egész – 2 autó)

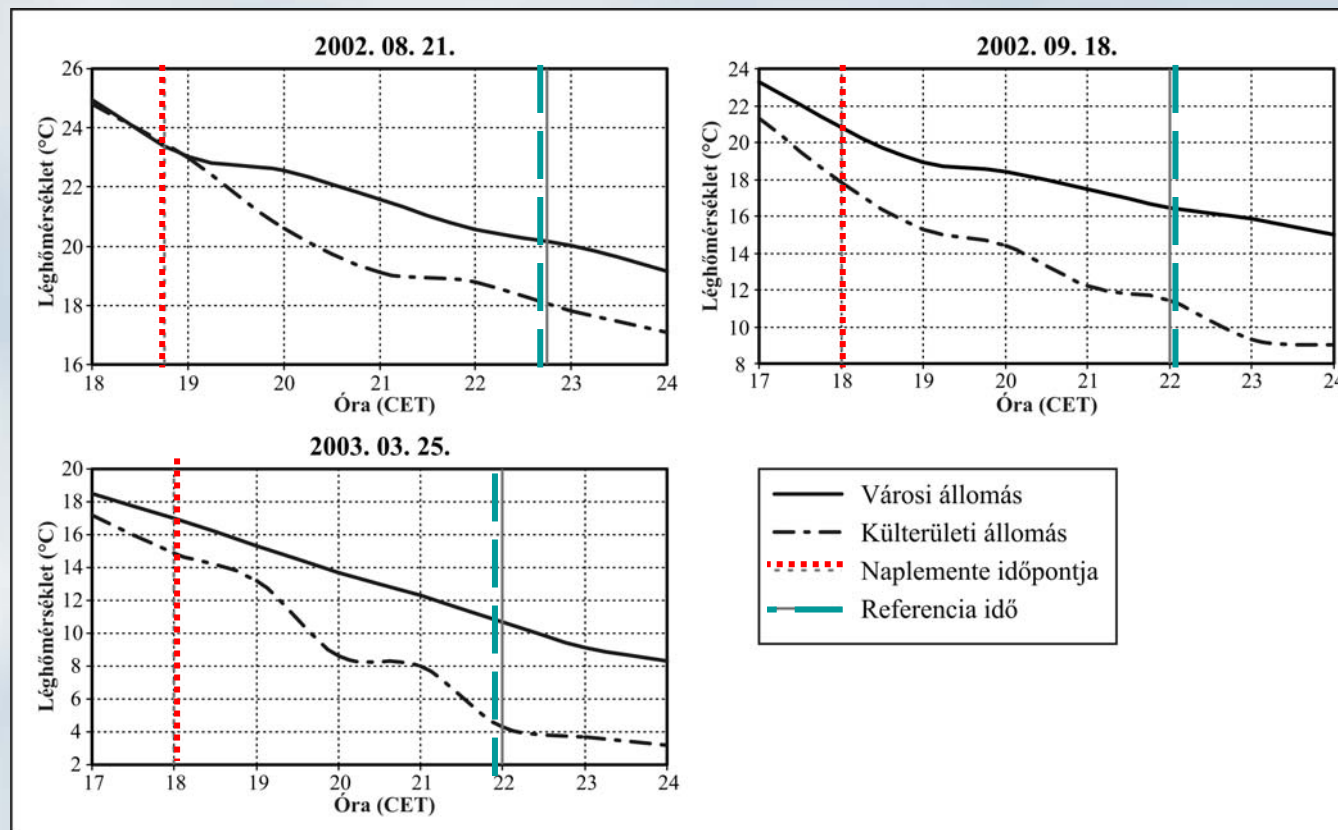
UHI intenzitás = $U - R$ (°C) cellánként (R - külterületi érték) a ~ napi max. idejében **+ Debrecen !!!**

$$\Delta T = T_{\text{cella}} - T_R \quad [^{\circ}\text{C}]$$





Mérőautók a hőmérsékleti szenzorral

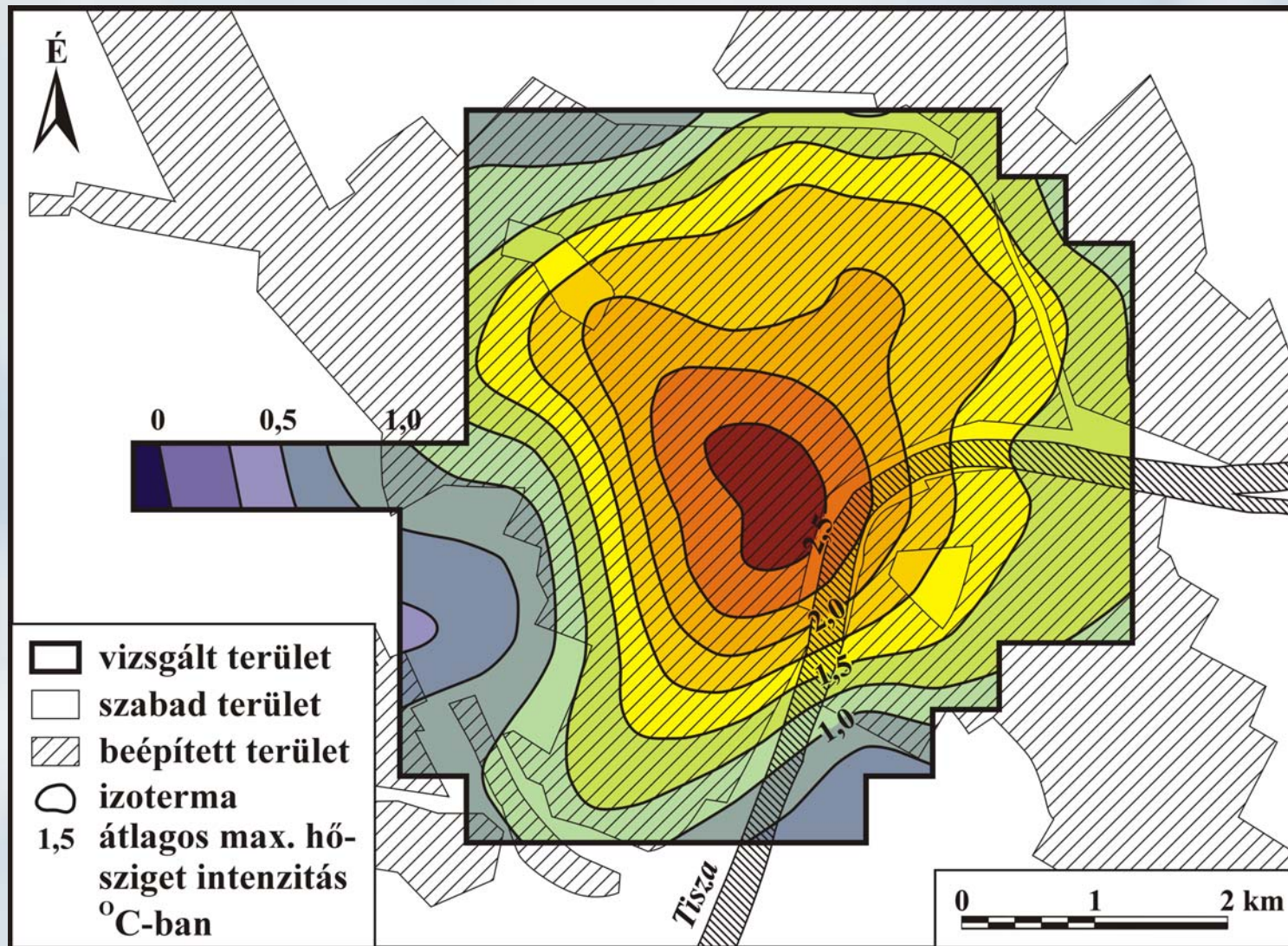


A hőmérséklet menete a naplemente utáni órákban a külterületi és a városi (egyetemi) állomáson néhány mérési napon

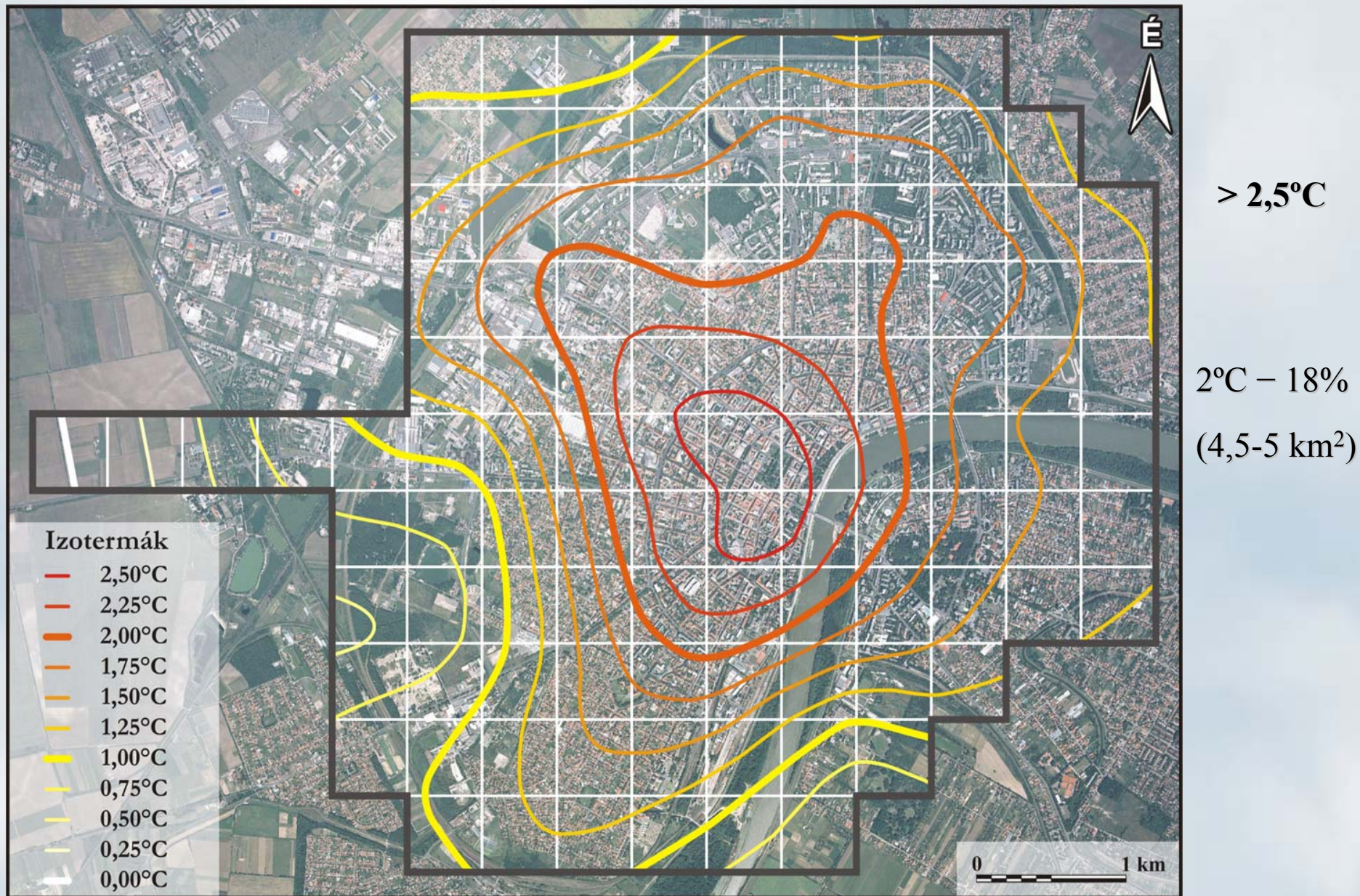
2.5. AZ UHI SZEZONÁLIS TERÜLETI SZERKEZETE

Éves és szezonális hősziget-szerkezetek feltárása:

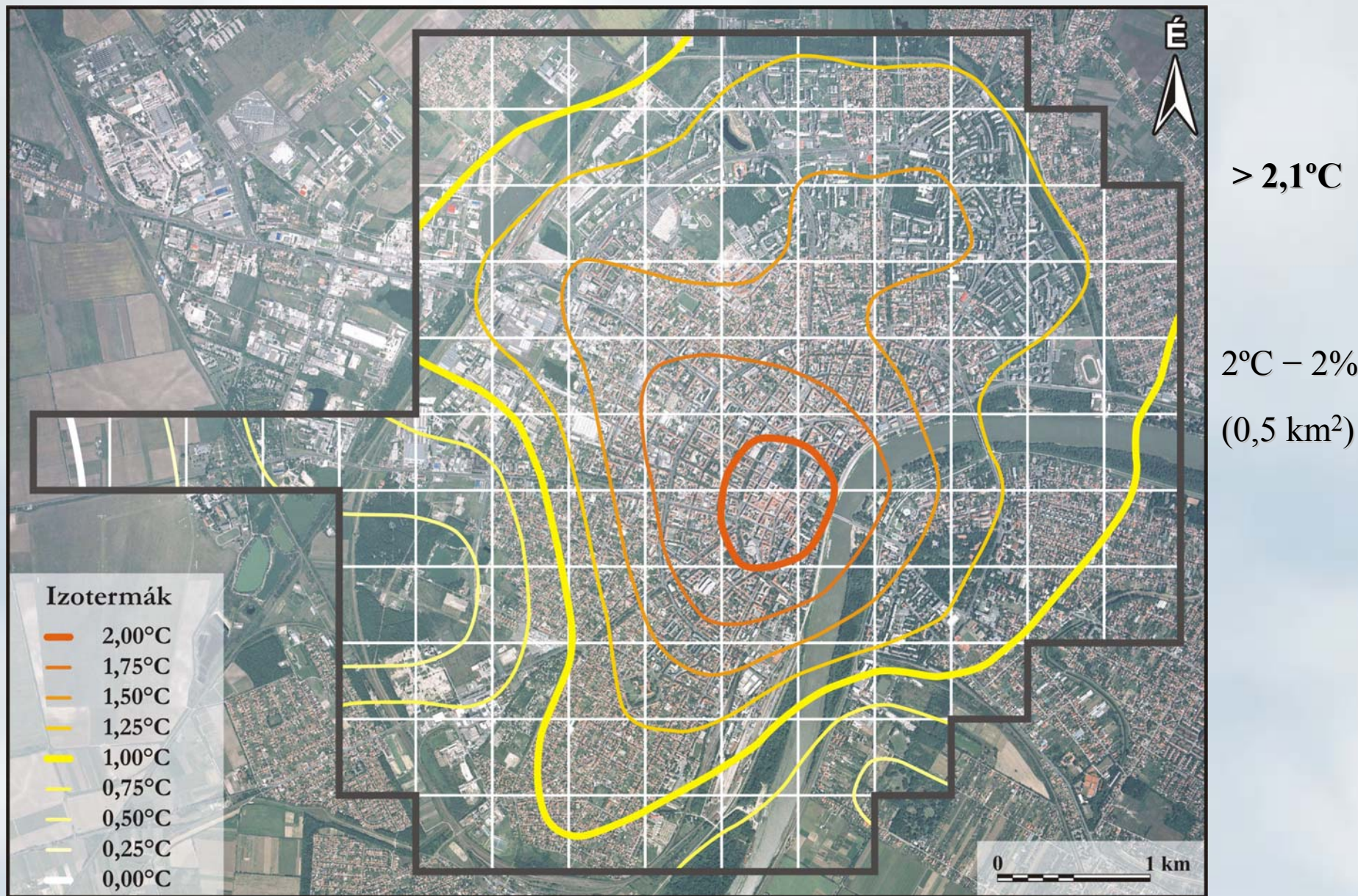
- hősziget-intenzitás izotermái (légifelvétellel is illusztrálva)



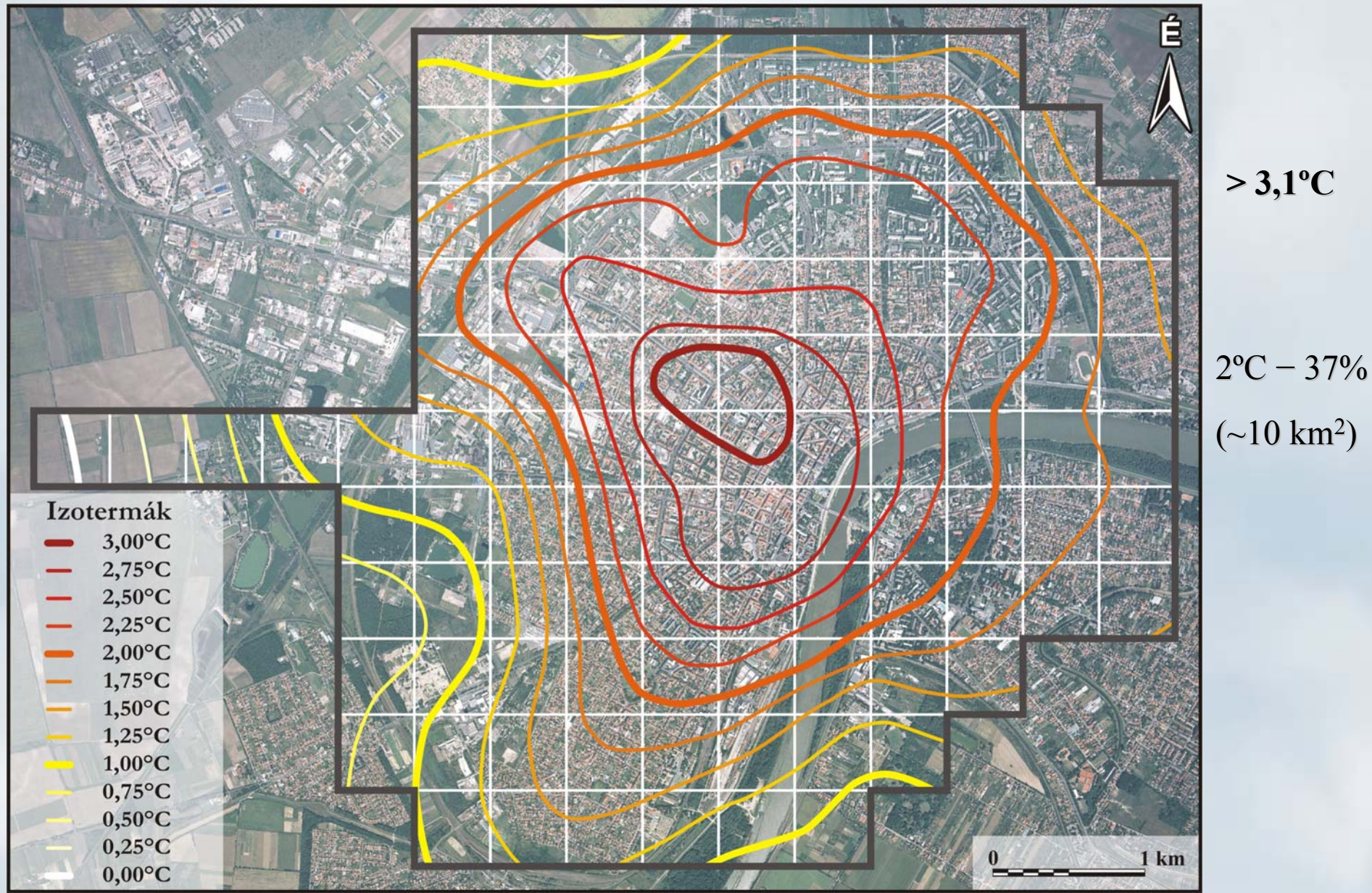
*Átlagos éves
UHI intenzitás
(1999-2000)*



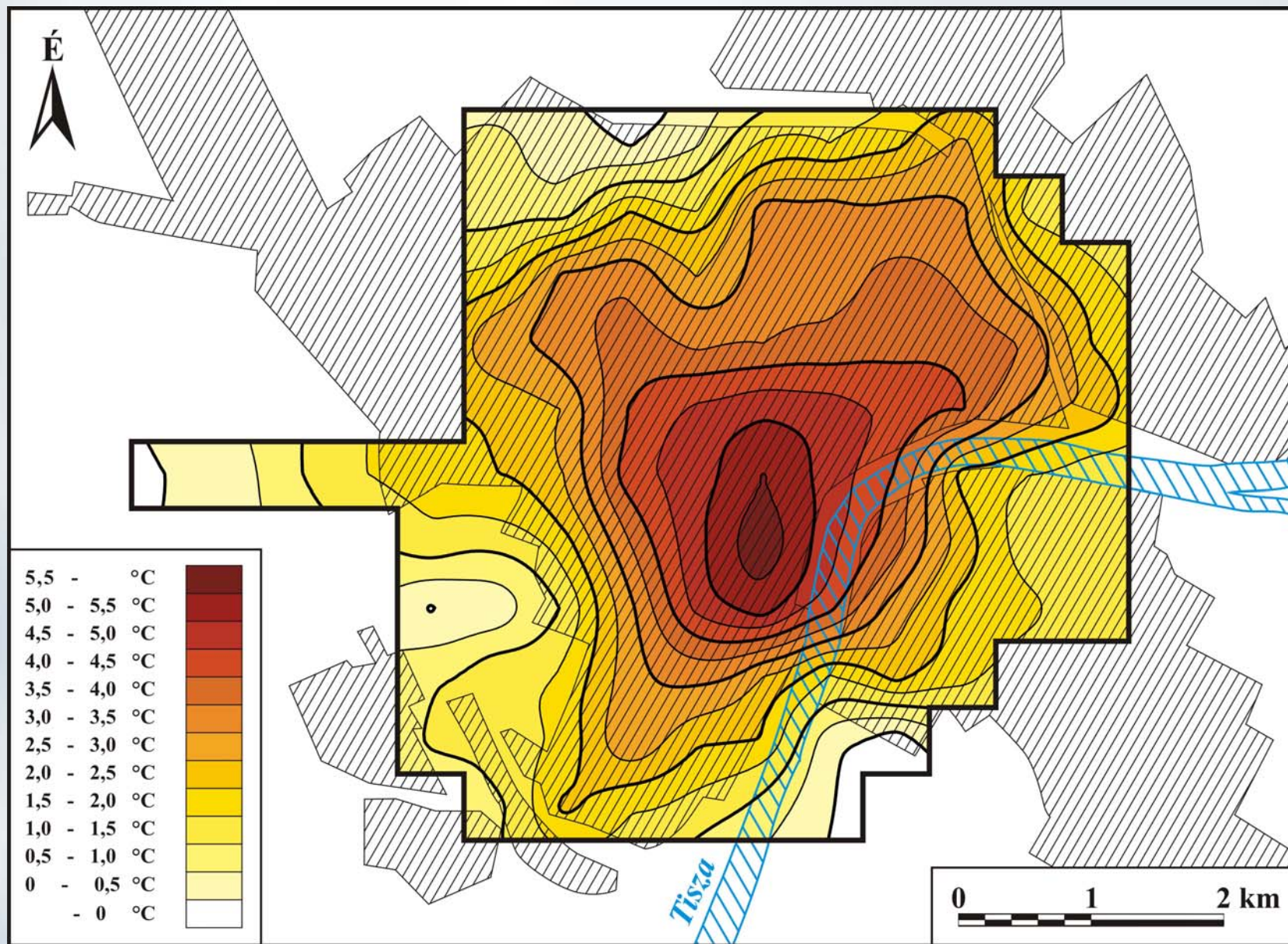
Átlagos éves hősziget-intenzitás (1999-2000)



Az átlagos hősziget-intenzitás a fűtési félévben (1999-2000)



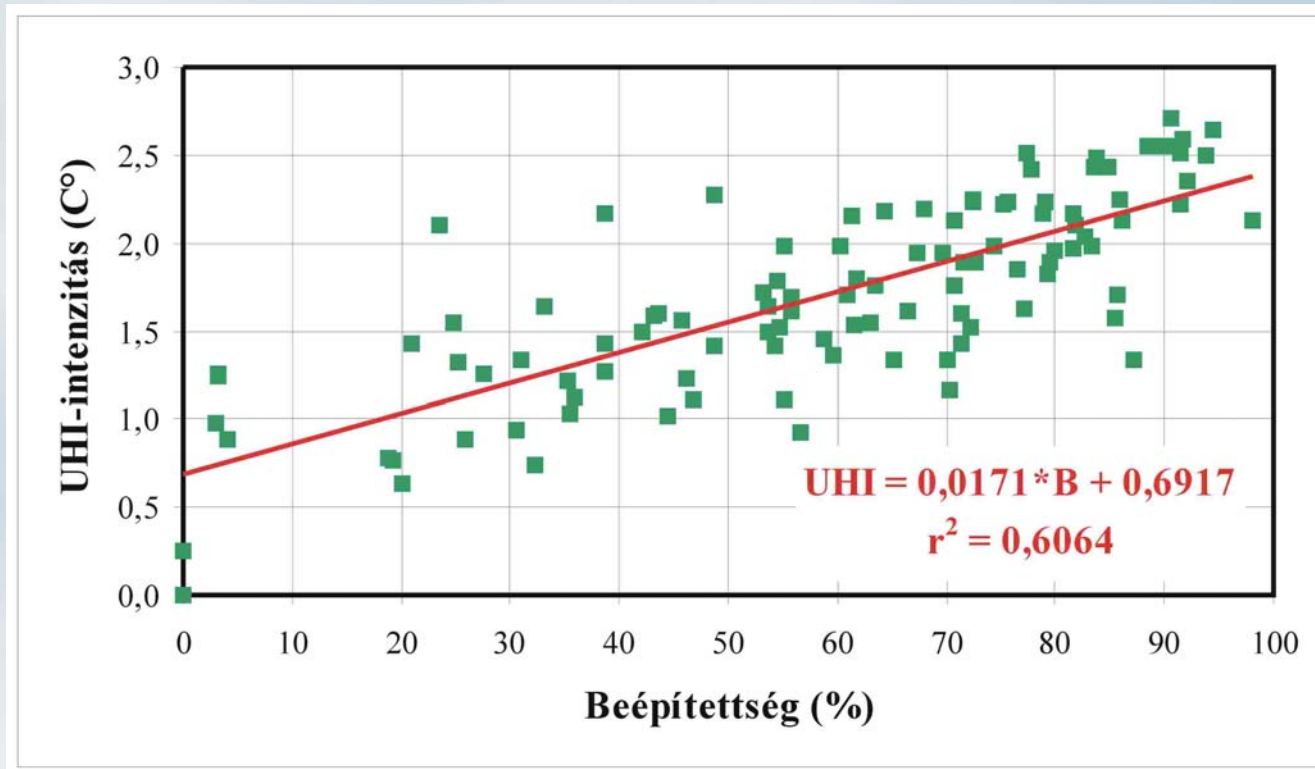
Az átlagos hősziget-intenzitás a nem fűtési félévben (1999-2000)



A 2003. március 25-i UHI intenzitás eloszlása

A hőmérsékleti többlet városon belüli változásairól elmondható, hogy:

(i) A ΔT mintázatára a többé-kevésbé koncentrikus forma jellemző. Az ettől való eltérések jól magyarázhatók a beépítettség városon belüli változásával.



$r = 0,7787$
↓
107 elempár
esetén 99%-os a
valószínűségi
szint, ha:
 $r > 0,25$

(ii) Az átlagos ΔT maximális értékeiben jelentős a különbség a fűtési és a nem-fűtési félévben ($2,12^{\circ}\text{C}$ és $3,18^{\circ}\text{C}$), ami elsősorban a két félév eltérő időjárási körülményeire vezethető vissza.