

A budapesti városklíma elemzése: detektált és várható változások

Pongrácz Rita (1,2), Bartholy Judit (1,2),
Breuer Hajnalka (1), Dezső Zsuzsanna (1), Dian Csenge (1)

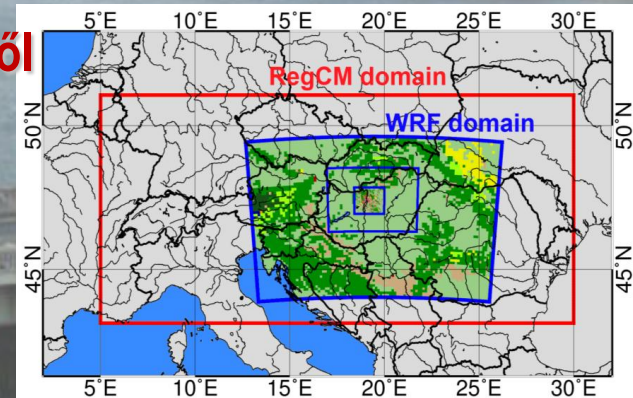


(1) ELTE Meteorológiai Tanszék, Budapest

(2) ELTE TTK Kiválósági Tudásközpont, Martonvásár

Városklíma kutatások az ELTE Meteorológiai Tanszékén

- ⇒ 1970-es évekből származó szélmérések (Szepesi D.) elemzése:
23 mérőállomás idősorai Budapestről, 1998-2000. (Bartholy J., Dezső Zs.)
- ⇒ Felszíni megfigyelések (mozgó mérések biciklivel): 1997-98. (Weidinger T., Molnár K.)
- ⇒ ELTE-OMSz Városklíma állomás telepítése a Lágymányosi Campus-on: 1999. október
(Bartholy J., Pongrácz R., Mészáros R., Kern A.)
- ⇒ Városklíma elemzése műholdas mérések felhasználásával: 2000-től
(Bartholy J., Dezső Zs., Pongrácz R., Barcza Z., Csillag K., Lelovics E.,
Dian Cs., Fricke C.)
- ⇒ Budapesti városklíma elemzések kerületi skálán (VIII., IX., XI., XII.): 2013-tól
(Bartholy J., Pongrácz R., Dezső Zs., Dian Cs., Dobó E., Fricke C., Incze D., Kurcsics M.)
- ⇒ A városi környezet modellezése a WRF modellel: 2014-től
(Bartholy J., Pongrácz R., Breuer H., Göndöcs J.)
- ⇒ Budapesti városklíma és légszennyezési vizsgálatok
(mozgó mérések biciklivel): 2016-tól
(Mészáros R., Lagzi I.L., Leelőssy Á., Csapó P.)



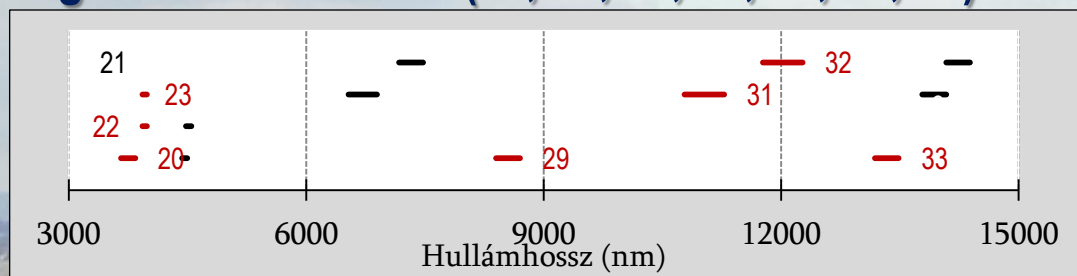


Felszíni hőmérséklet mérése az amerikai Terra és Aqua műholdakkal



MODIS szenzor:

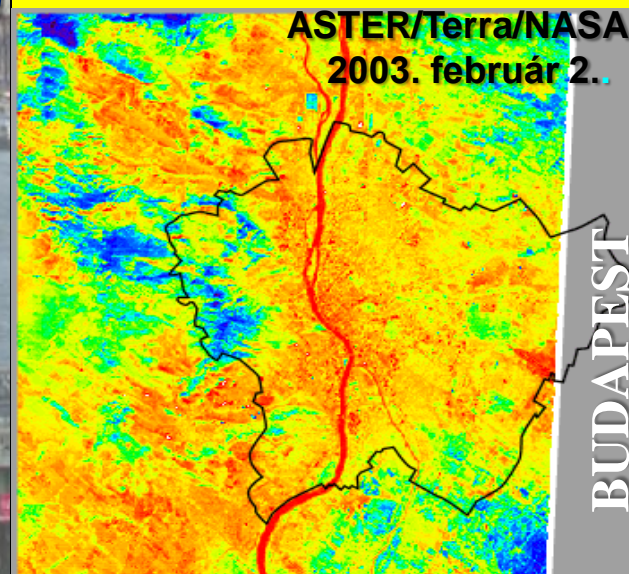
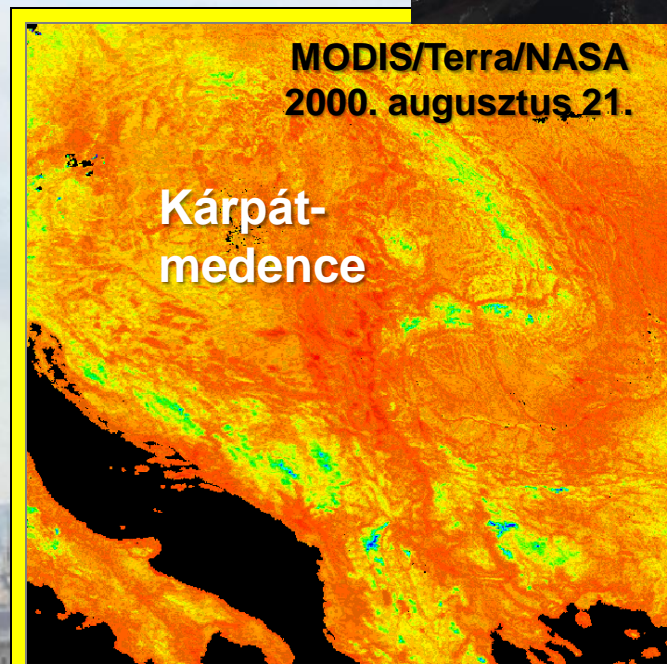
- 36 csatornás sugármérő (VIS-TIR)
- felszíni hőmérséklet: 7 IR csatorna (3-15 μm) regressziós módszer (20, 22, 23, 29, 31, 32, 33)



- térbeli felbontás: 250 m - **1 km**
- rendszeres, jó minőségű adatok: 2000.07. (T), 2002.06. (A)
- nappali és éjszakai áthaladások (UTC-ben):
2-3 (Aqua), 9-10 (Terra), 12-13 (Aqua), 20-21 (Terra)

ASTER szenzor:

- 14 csatornás sugármérő (VIS-TIR)
- térbeli felbontás: 15 - **90 m**
- mérések csak előzetes megrendelésre, működési idő: kb. 8 perc/keringés
- csak a Terra műholdon



A VÁROSI HŐSZIGET ELEMZÉSE

1. Adatok: NASA Földmegfigyelő Rendszer Adatközpontja ($T_{\text{felszín}}$)
>60000 műholdkép, >100 GB

2. Városok földrajzi azonosítása, megadása
(**Modland Tile Calculator**)

3. Szűrés (hibás, túl felhős képek)

4. Városok leválasztása:

- **65×65 km²** Budapest, Közép-Európa nagyvárosai (>1m lakos)

- **30×30 km²** hazai nagyvárosok (< 400 000 lakos)

5. Városi és környéki képpontok szétválasztása:

MODIS felszín adatbázis, **GTOPO30** digitális terepmodell,

Google Earth műholdfelvételek felhasználása

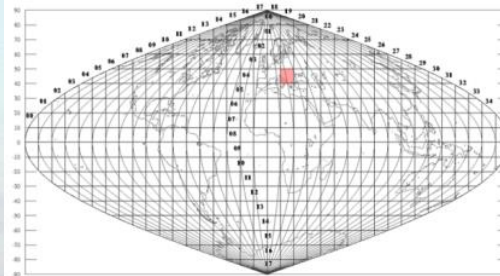
(a városhatár kijelölése nem a közigazgatási határ, hanem a tényleges beépítettség alapján)

$$r_{\text{város}} = \sqrt{\frac{N_{\text{pixel}}}{\pi}}$$

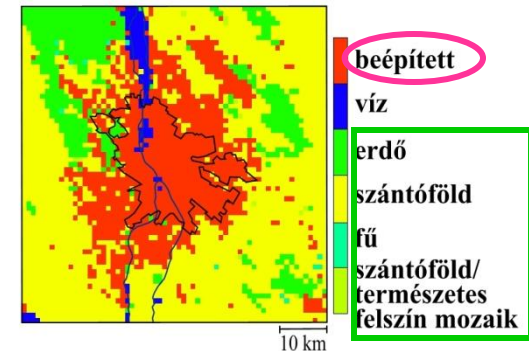
6. Városi és városkörnyéki átlagos felszíni hőmérsékletek kiszámítása, a városi hősziget intenzitás meghatározása

7. **Összehasonlító elemzés**: napszak, évszak, szinoptikus helyzet, extrémumok, hősziget szerkezete, felszín anyaga, domborzati hatás, ...

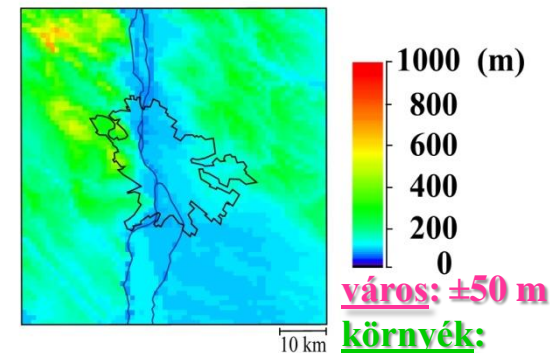
8. A felszínen mért viszonyokkal való összevetés
(felszíni meteorológiai állomási adatok felhasználása)



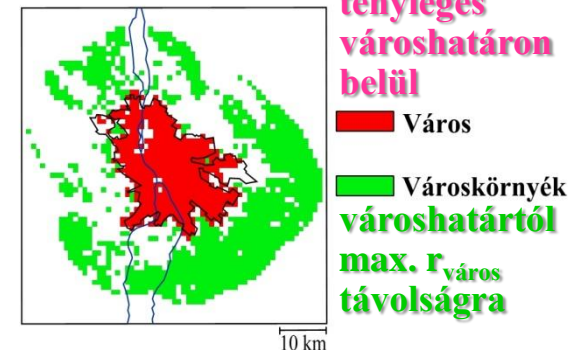
MODIS digitális felszínborítottsági adatbázis



Digitális magassági modell



A városi és városkörnyéki képpontok szétválasztása

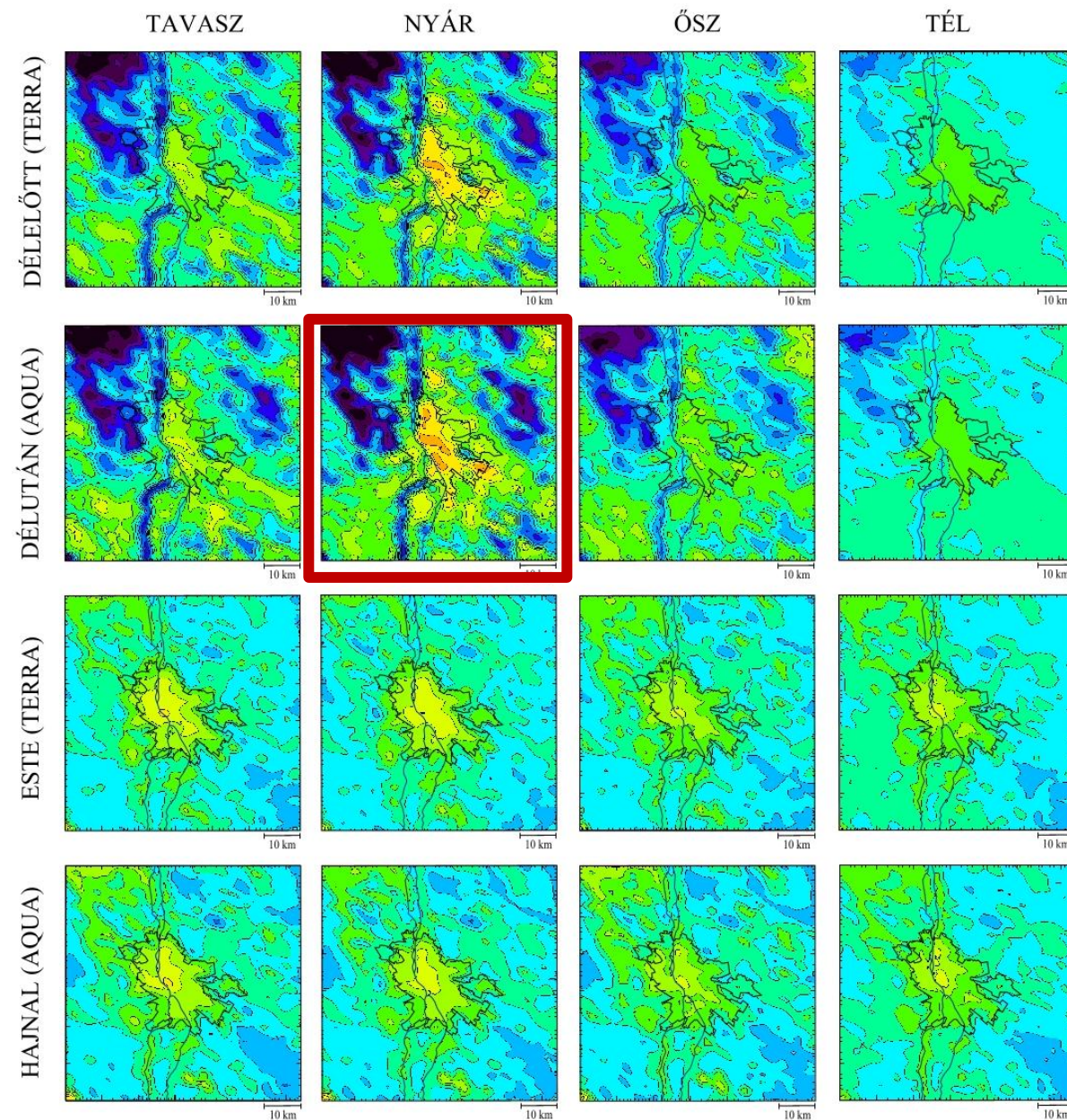


A VÁROSI HŐSZIGET SZERKEZETÉNEK ÉVSZAKOS ÁTLAGAI

BUDAPEST

2001-2017 (Terra/MODIS, Aqua/MODIS)

A felszínhőmérséklet és a városkörnyéki
átlaghőmérséklet különbsége (°C)

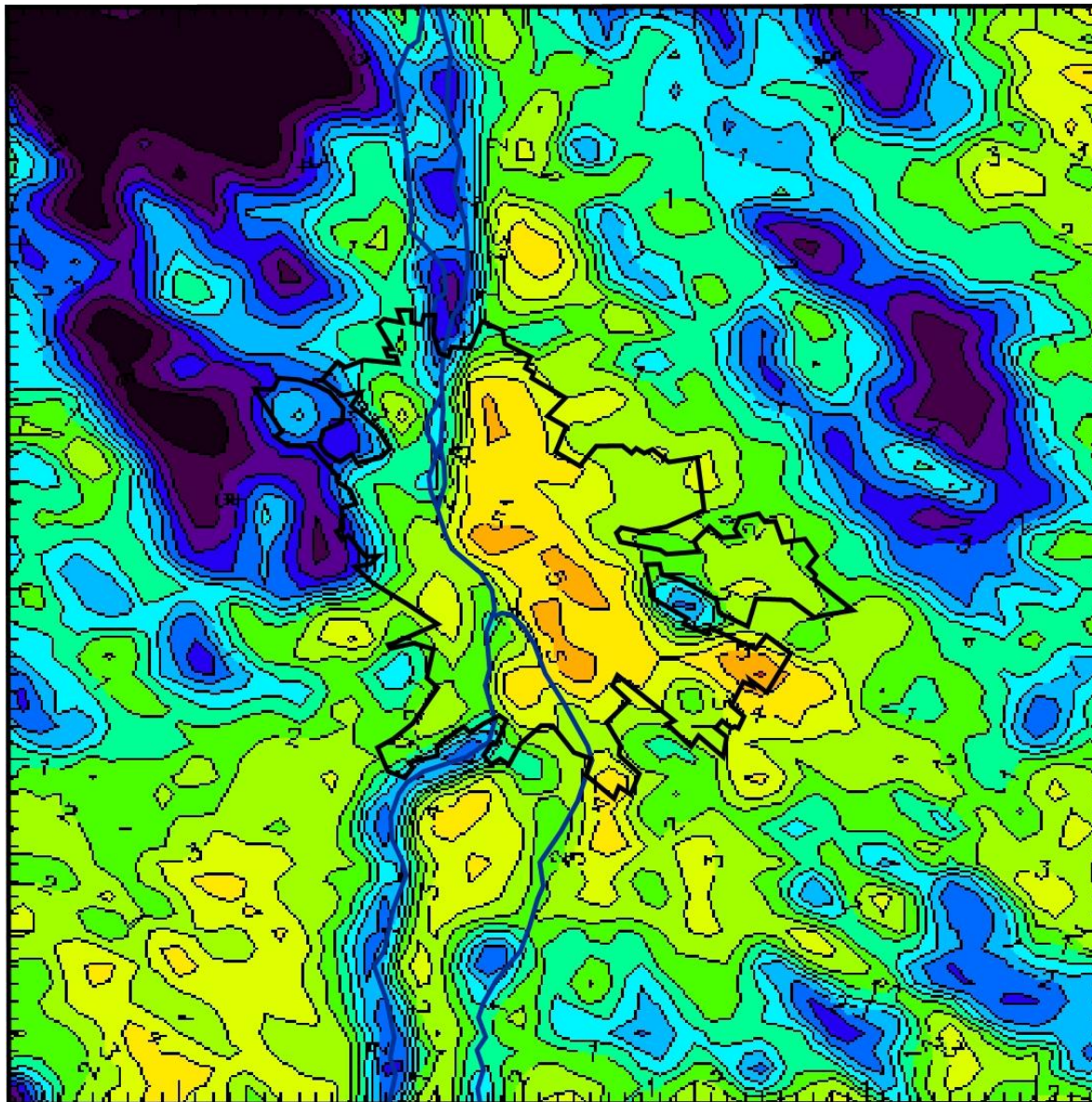


Centrum: nappal Pest, éjjel Buda is, nyári, nappali max.: >5 °C
felszíni objektumok hatása: pl. Ferihegy +, Városerdő –

A VÁROSI HŐSZIGET SZERKEZETÉNEK ÉVSZAKOS ÁTLAGAI

BUDAPEST

2001-2017
(Terra/MODIS,
Aqua/MODIS)



A felszínhőmérséklet és a városkörnyéki
átlaghőmérséklet különbsége (°C)

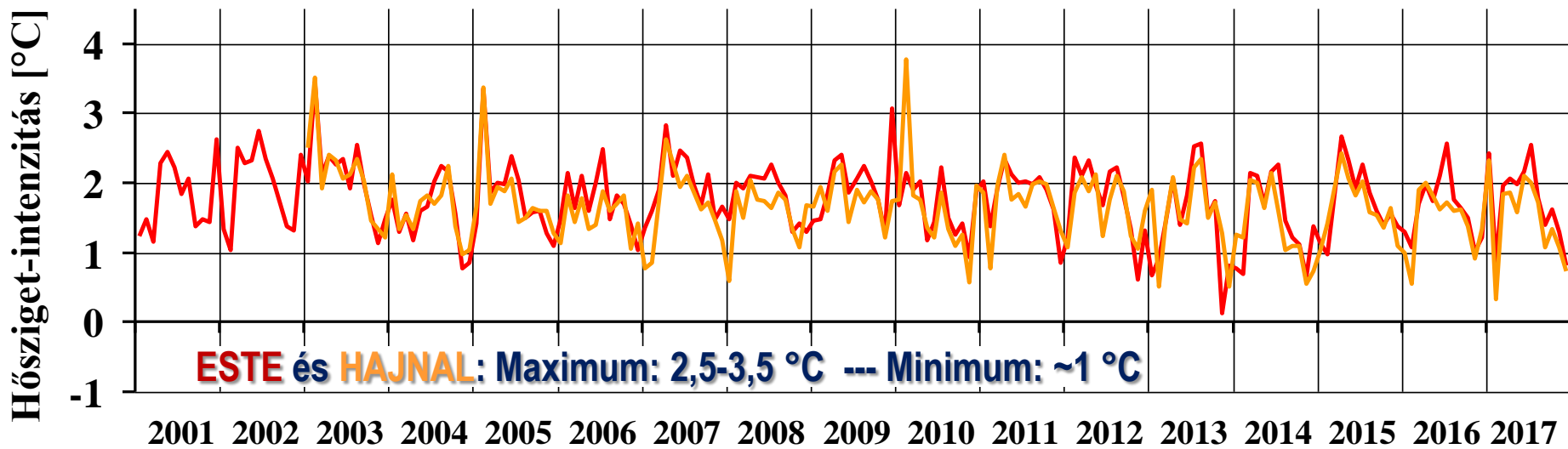
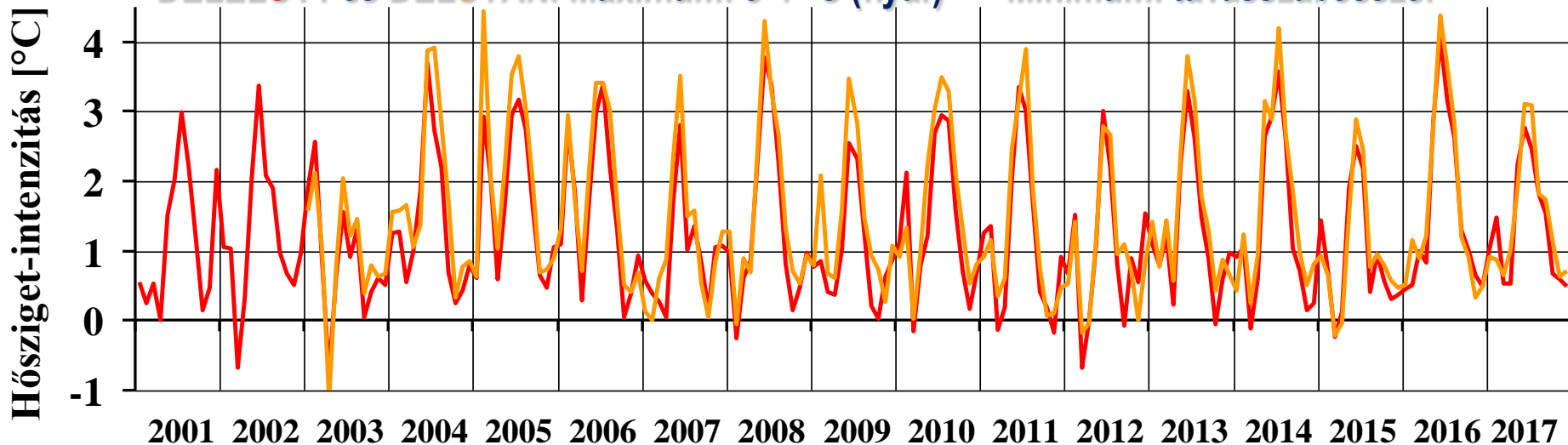


10 km

Centrum: nappal Pest, éjjel Buda is, **nyári, nappali max.: >5 °C**
felszíni objektumok hatása: pl. Ferihegy +, Városerdő –

A VÁROSI HŐSZIGET HAVI INTENZITÁSÁNAK IDŐSORA: 2001-2017 (Terra/MODIS --- Aqua/MODIS)

DÉLELŐTT és DÉLUTÁN: Maximum: 3-4 °C (nyár) --- Minimum: tavasszal/ősszel

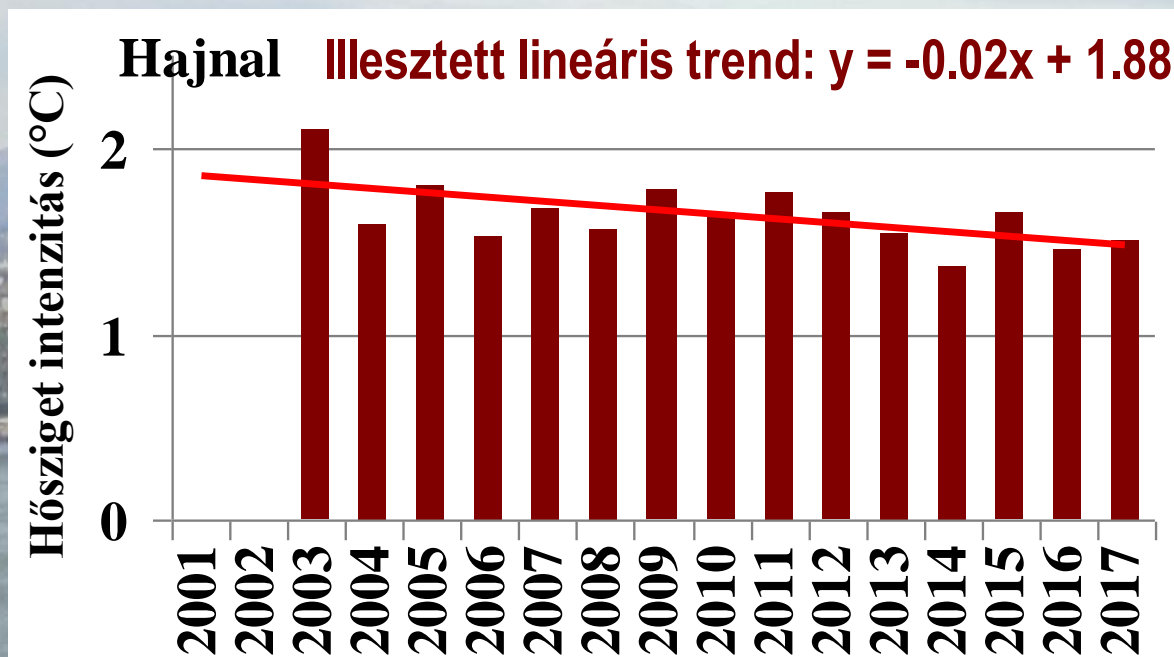


A felszínhőmérsékleti mezők alapján a havi átlagmezőkből a városi és környéki pixelek átlagainak különbsége

TRENDVIZSGÁLAT

A VÁROSI HŐSZIGET ÉVI ÁTLAGOS INTENZITÁSÁNAK IDŐSORA: 2003-2017

(Aqua/MODIS --- hajnali (napkelte előtt) áthaladások alapján)



Szignifikáns csökkenő trend: $-0,2 \text{ °C/évtized}$

A felszínhőmérsékleti mezők alapján az évi átlagokból a városi és környéki pixelek átlagainak különbsége

A VÁROSI HŐSZIGET VIZSGÁLATA AZ LCZ OSZTÁLYOK SZERINT: 2001-2017

⇒ LCZ 2:

max: 5,4 °C

min: 0,9 °C

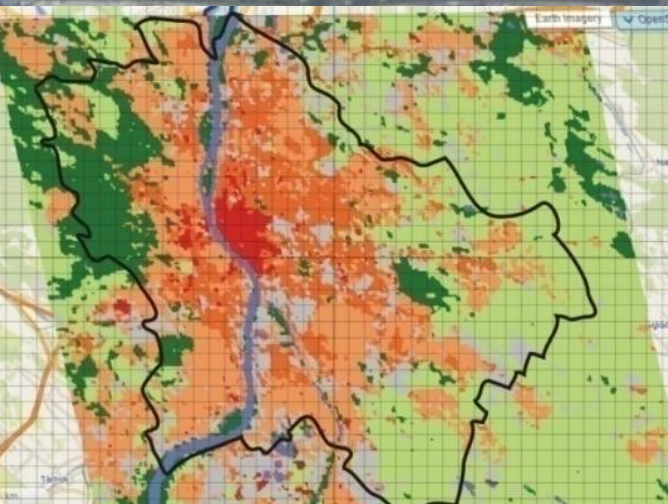
éjjel: 2-4 °C

⇒ LCZ A:

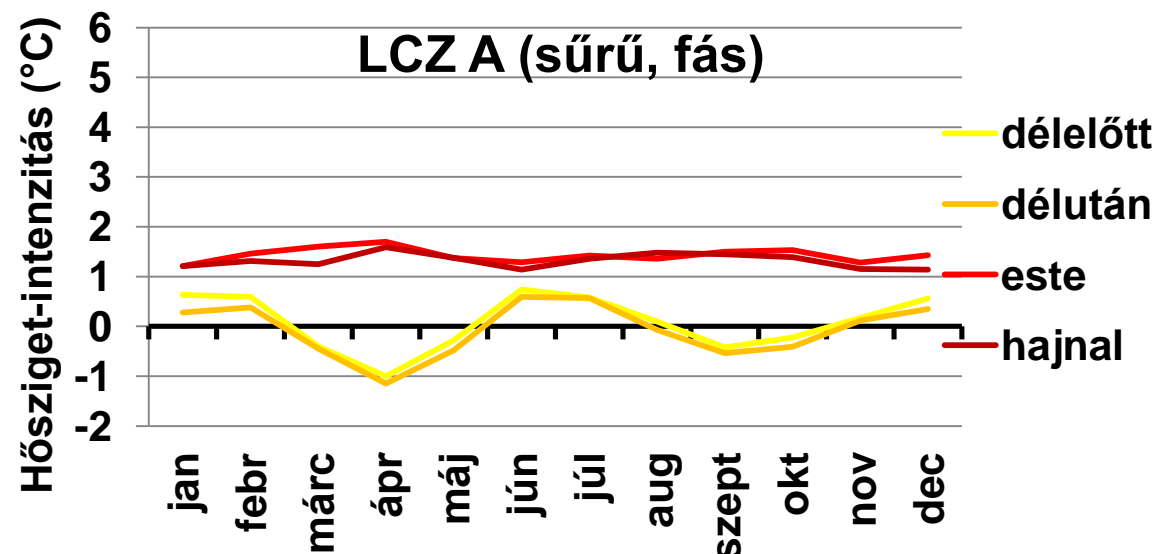
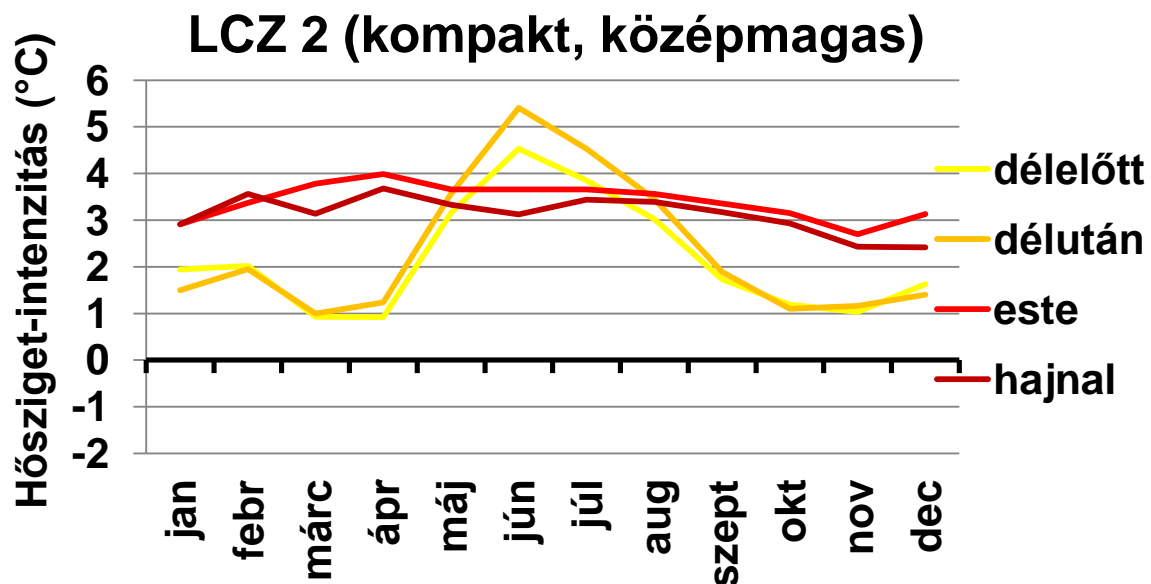
max: 1,7 °C

min: -1,1 °C

éjjel: 1-2 °C



Gál et al., 2015



MSc diplomamunka (Dian Cs., 2017)

Helyszíni mérési program a Ferencvárosban



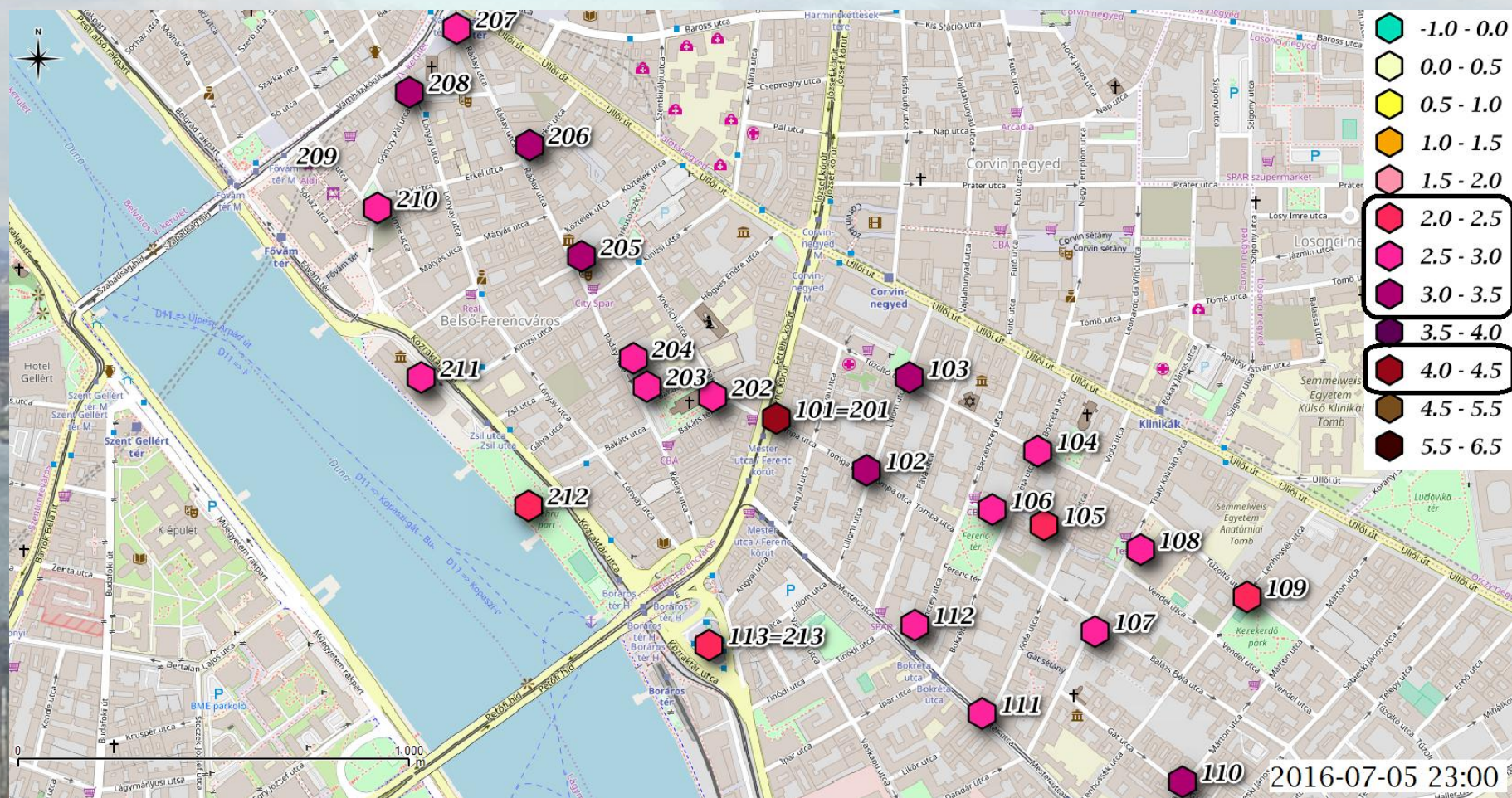
- **Mozgó mérések: hőmérséklet és relatív nedvesség**
24 mérési pont (a mérési útvonal bejárása 2-2,5 h alatt)
- **BSc/MSc/PhD hallgatók bevonása**
- **A mérési program kezdete: 2015.03.20.**
24h folyamatos mérések kezdete: 2016.06.03.
- **Mérési napok száma: 77 (~850 h) 2017. ősz végéig**



TESTO-623

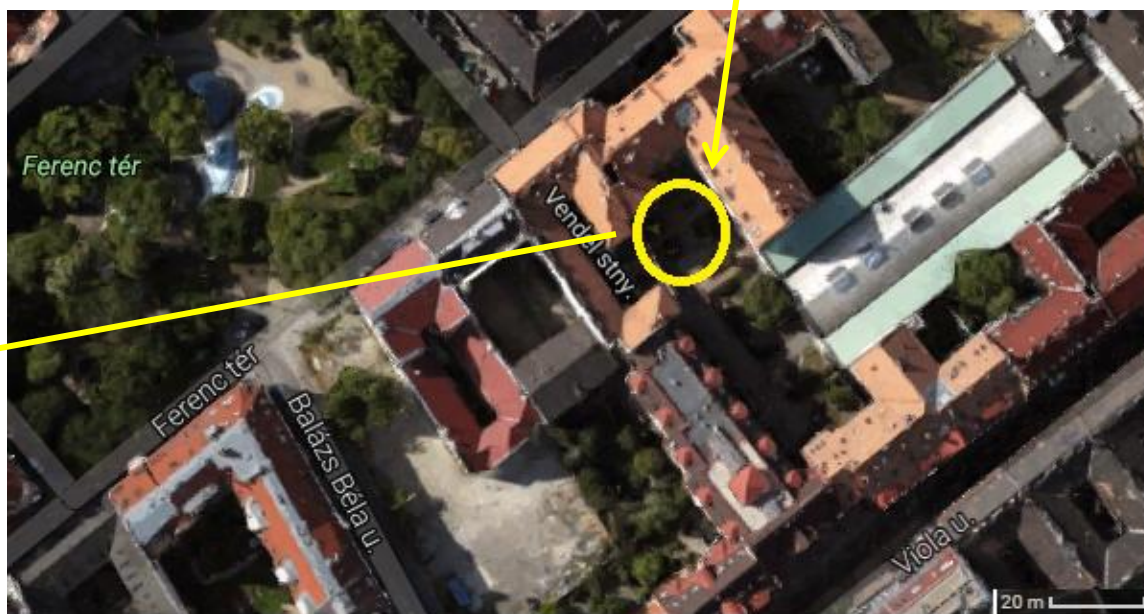
Helyszíni mérési program a Ferencvárosban

2016. nyári expedíciós mérési sorozat: mozgó mérések
A városi hősziget intenzitás napi menetének elemzése



Helyszíni mérési program a Ferencvárosban

Épületek magassága: ~20 m
Növényzet: ~60%

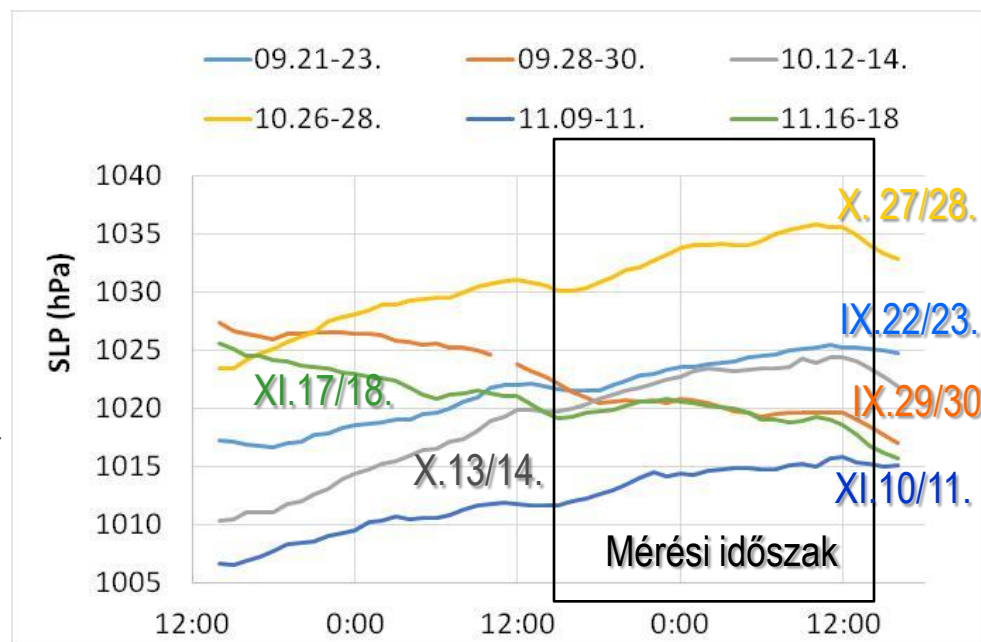
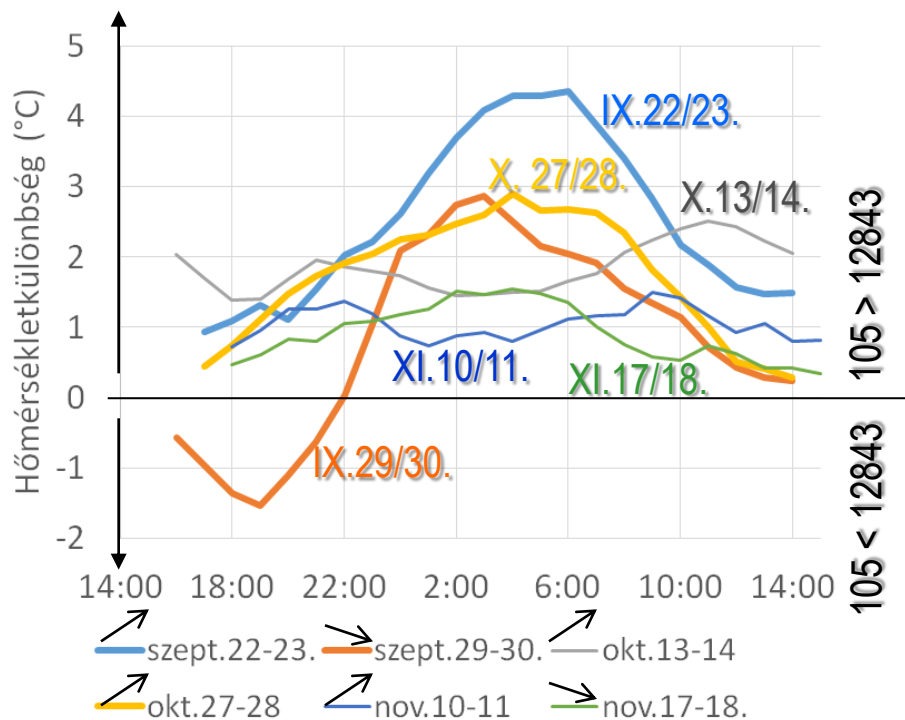


2016-2017: fix mérőponton végzett mérések (12 őszi, 8 tavaszi, 8 nyári nap)

Helyszíni mérési program a Ferencvárosban

Eredmények: napi menet őszi időjárási helyzetekben

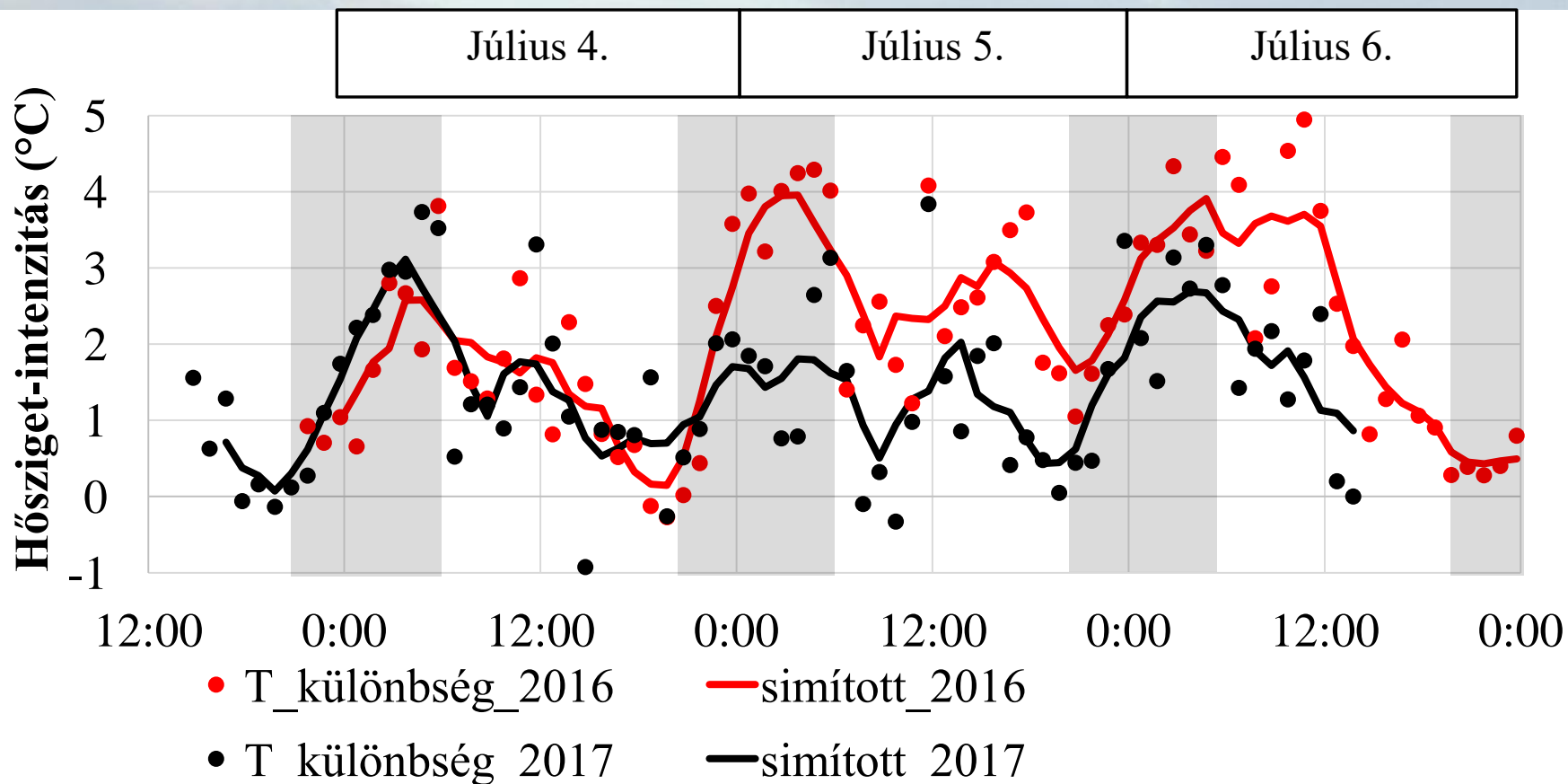
Detektált különbségek
Ferencváros (105) és Pestszentlőrinc (12843) között



Helyszíni mérési program a Ferencvárosban

Eredmények: napi menet nyáron anticiklonális időjárási helyzetben

Detektált különbségek
Ferencváros (105) és Pestszentlőrinc (12843) között

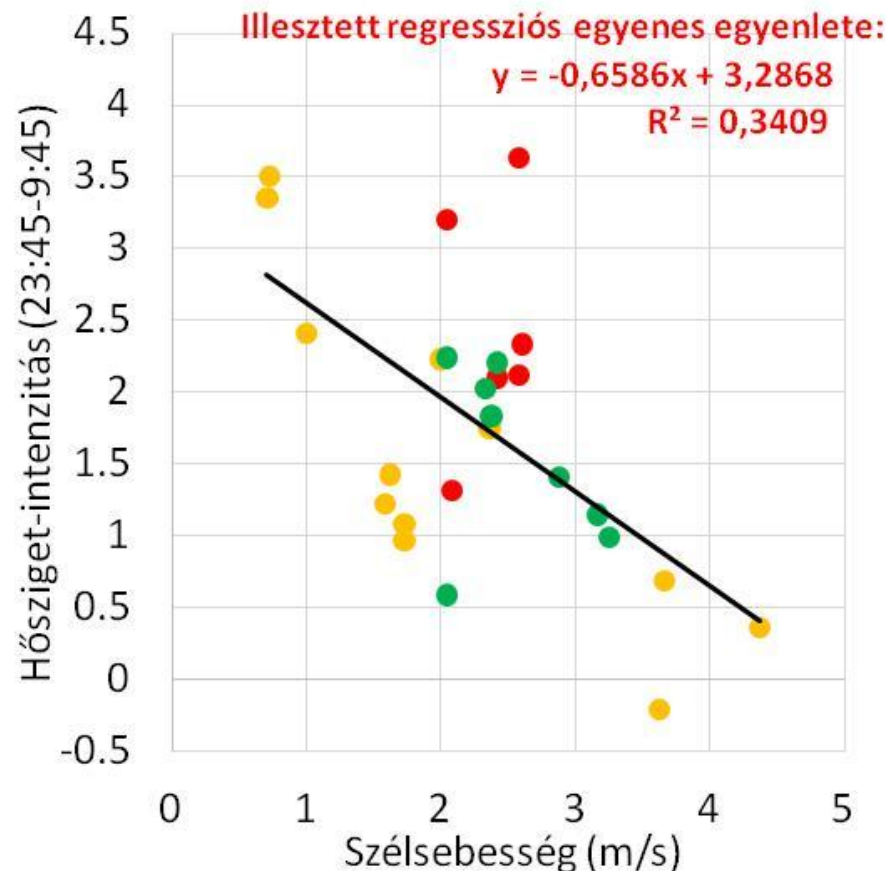
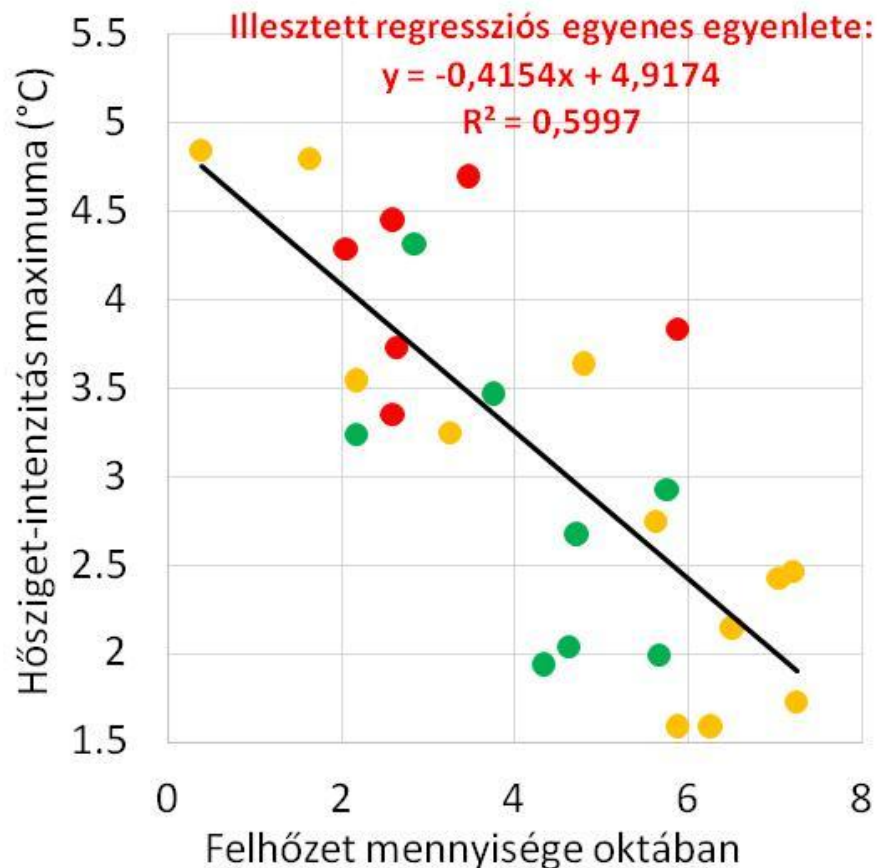


Helyszíni mérési program a Ferencvárosban

Eredmények:

A hősziget-intenzitás kapcsolata különböző meteorológiai elemekkel

NYÁR --- TAVASZ --- ŐSZ

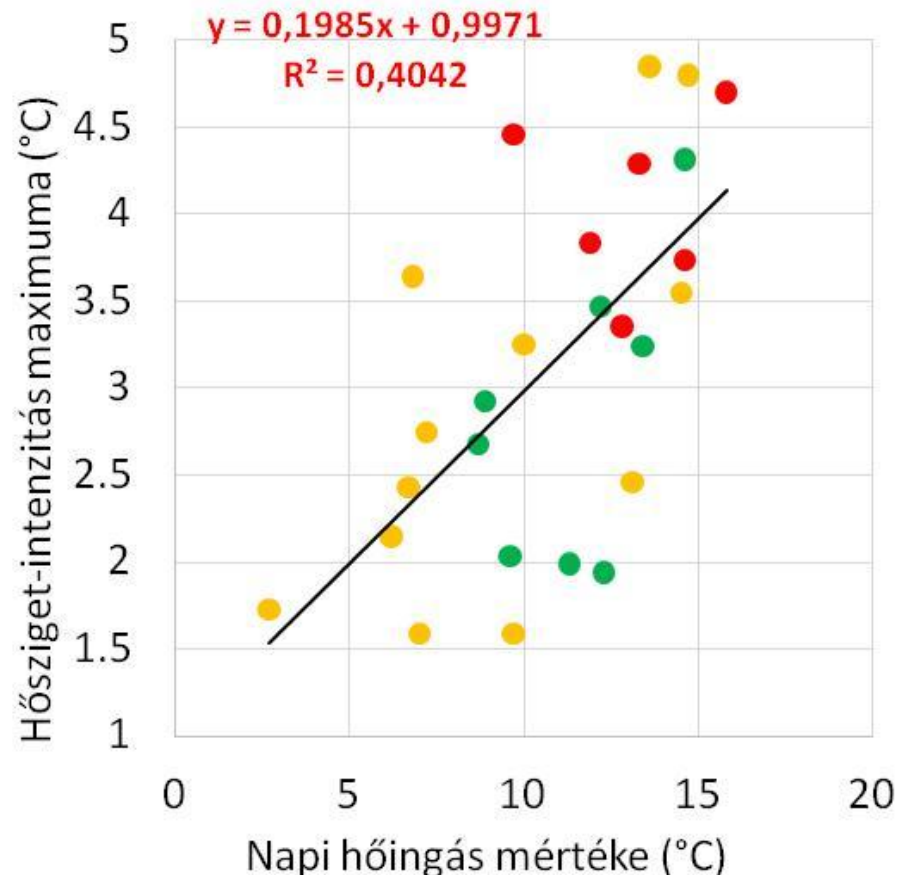
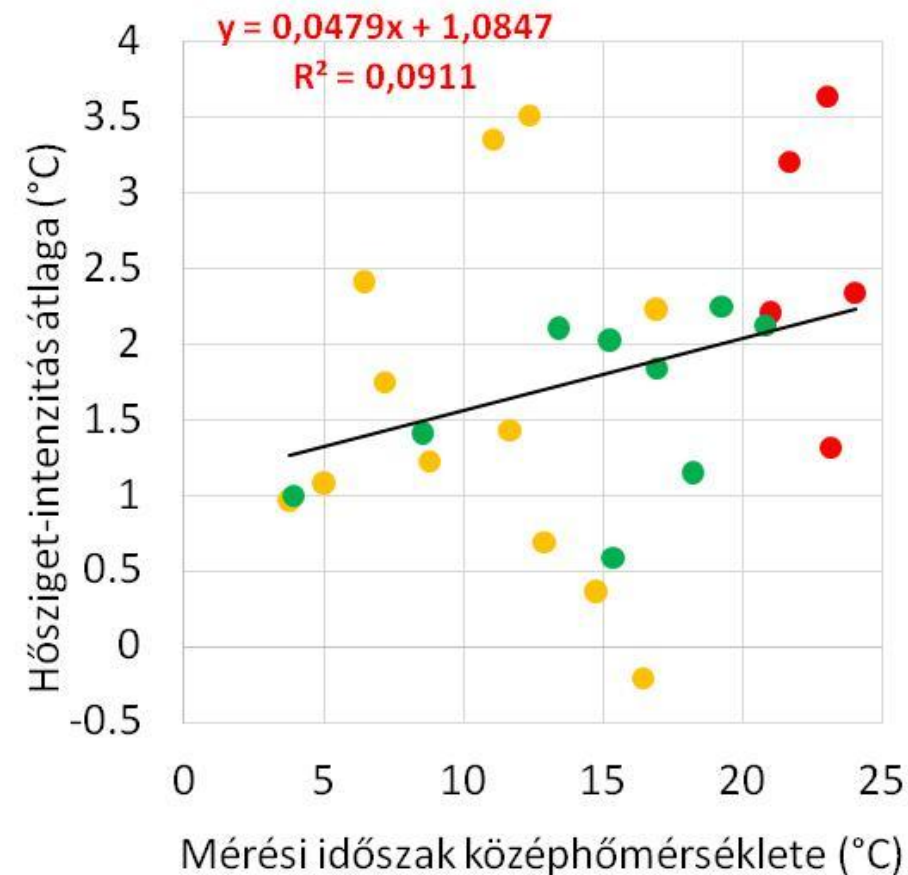


Helyszíni mérési program a Ferencvárosban

Eredmények:

A hósziget-intenzitás kapcsolata különböző meteorológiai elemekkel

NYÁR --- TAVASZ --- ŐSZ



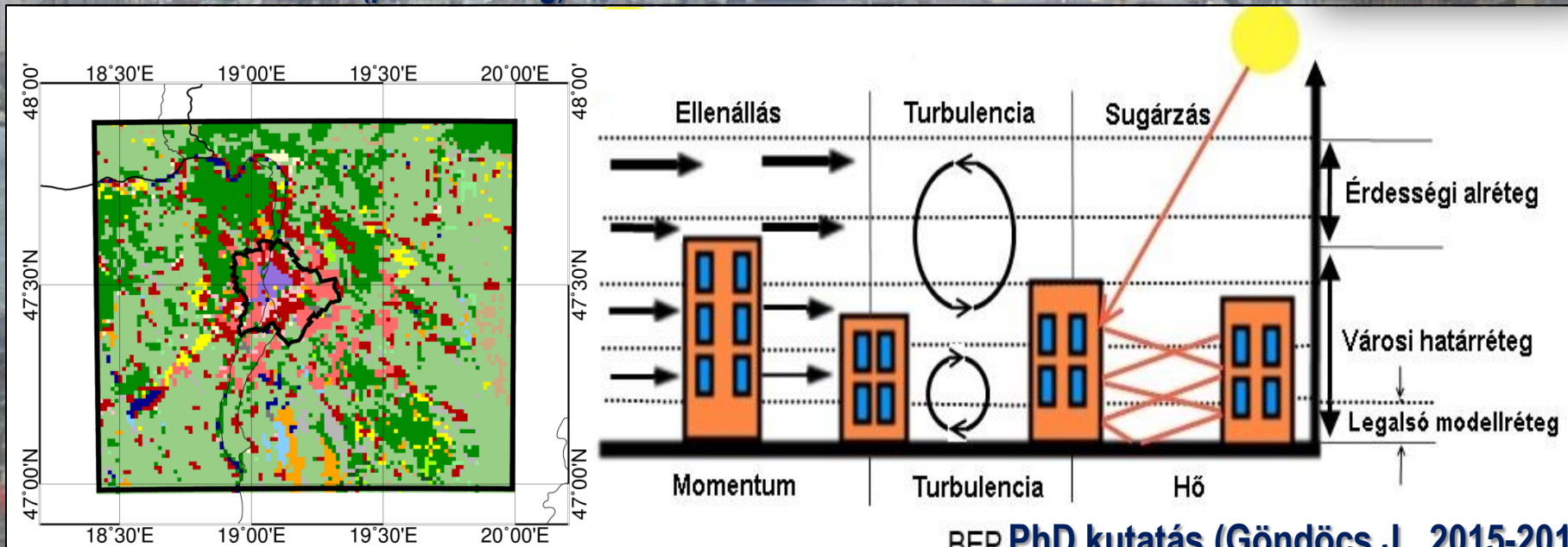
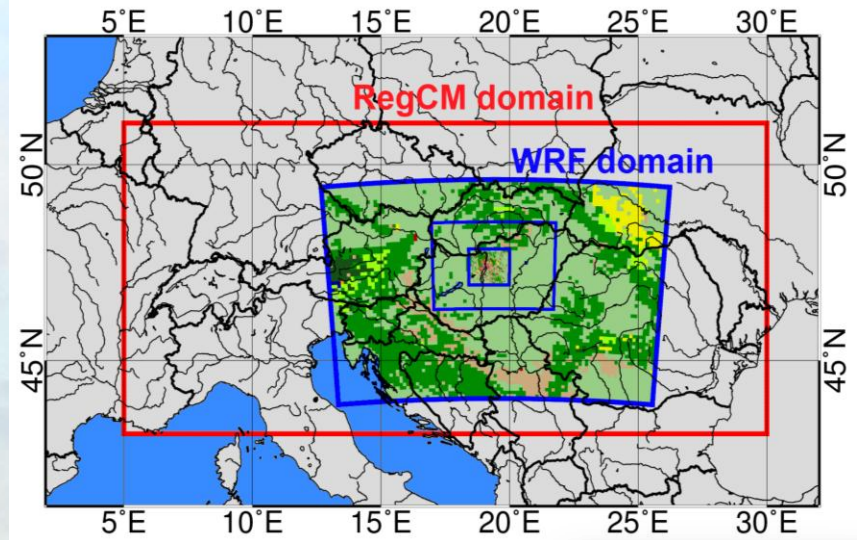
A városi környezet elemzése WRF modellszimulációkkal

➤ Alkalmazott parametrizációk:

- Noah *felszíni séma*
- Mellor-Yamada-Janjic *határréteg séma*
- RRTM and Dudhia *sugárzási séma*
- Thompson graupel *mikrofizika*
- *Cumulus parameterizáció* bekapcsolva D01, D02
- BEP+BEM
- Termikus érdelességi paraméter vegetáció függő parametrizációja bekapcsolva

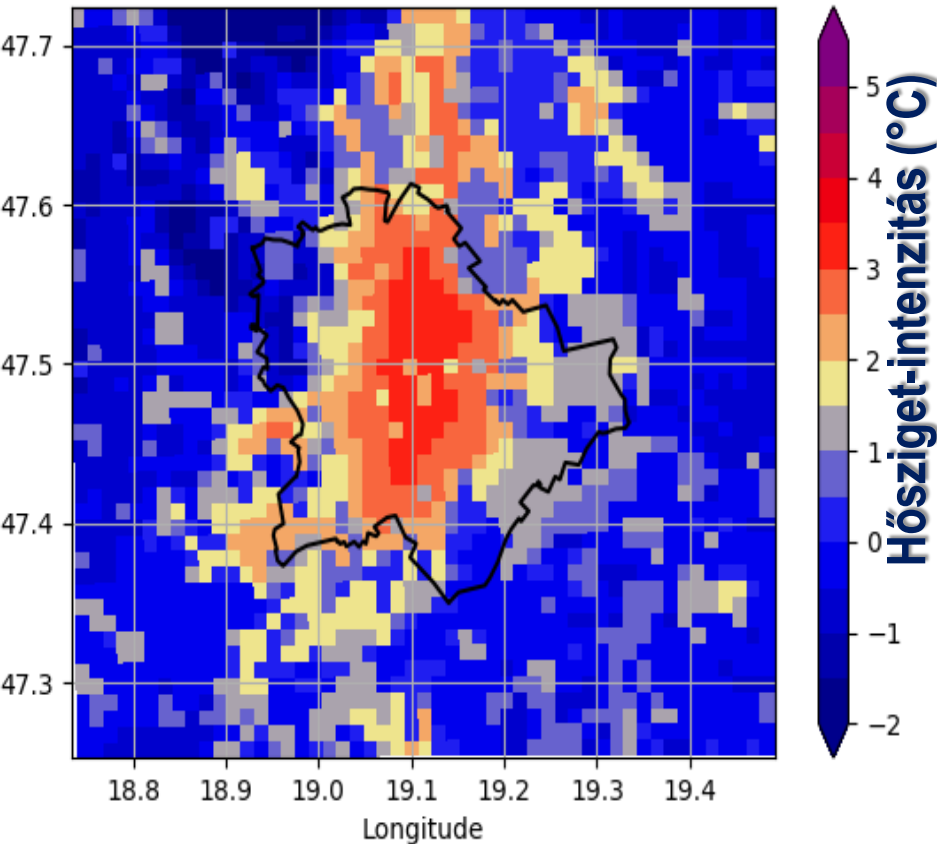
➤ Integrálási tartomány:

D01: 10 km (99×64) -- D02: 3333,3 m (108×75) -- D03: 1111,1 m (108×75)
Vertikálisan: 43 szint (p = 50 hPa-ig)

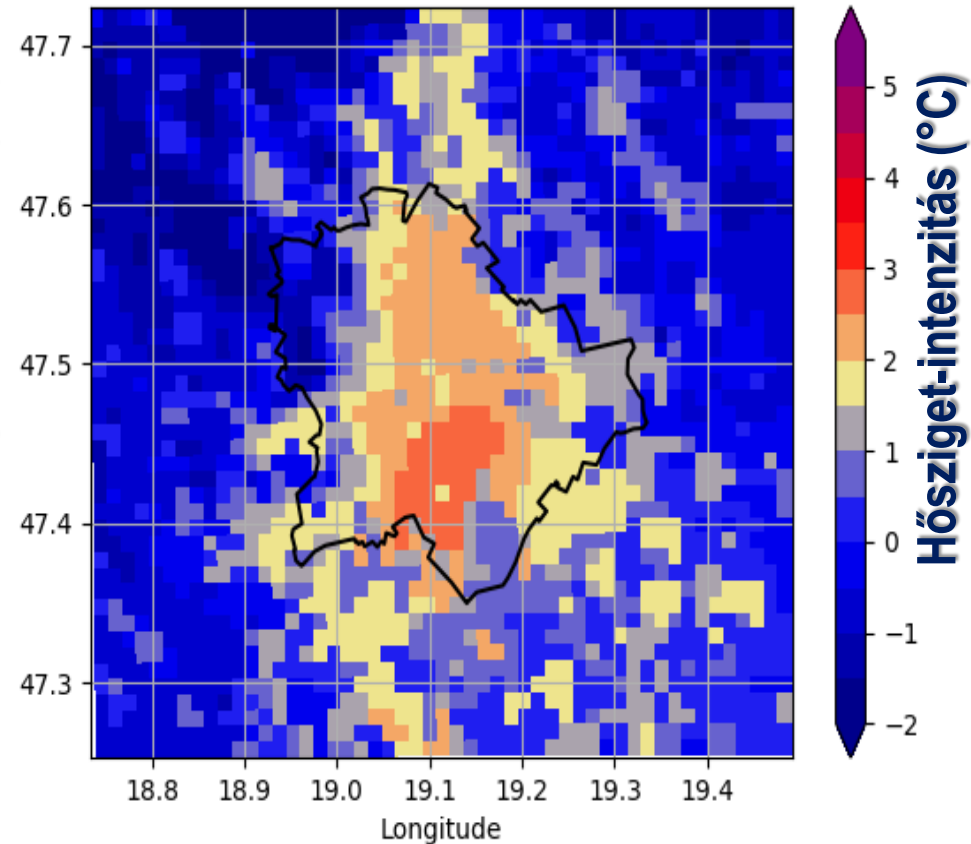


A városi hősziget-hatás elemzése WRF-szimulációk alapján

A hősziget szerkezete hőhullámok idején



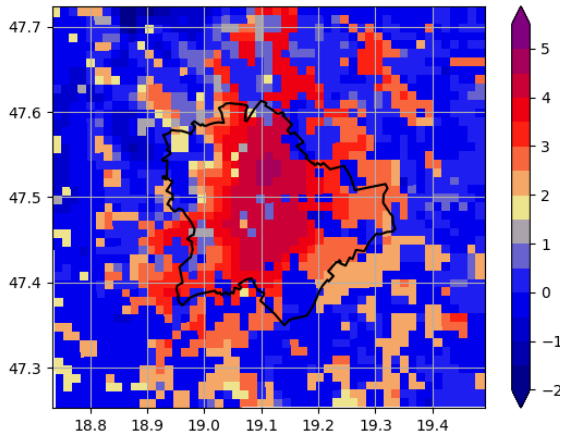
A hősziget átlagos szerkezete



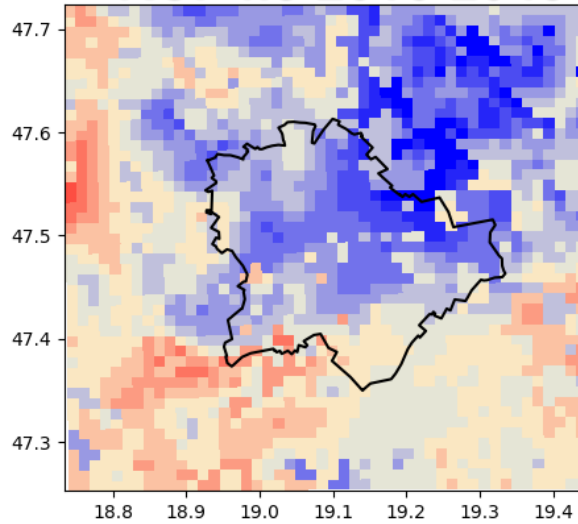
A városi hősziget-hatás elemzése WRF-szimulációk alapján

Várható
változás
hőhullámos
időszakokban
az advekció
kiszűrése után

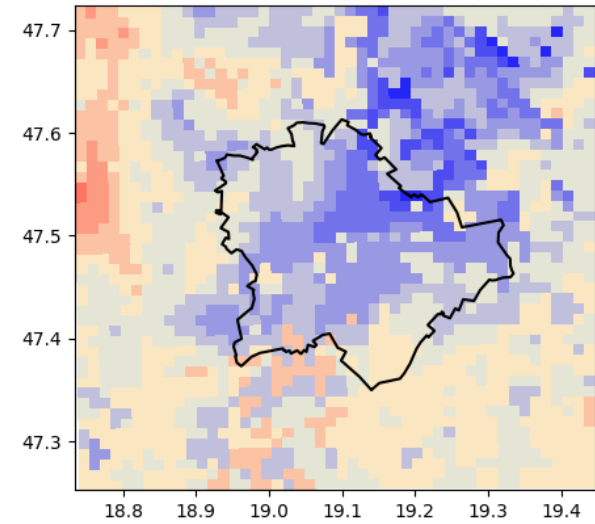
HIST 1971-2000



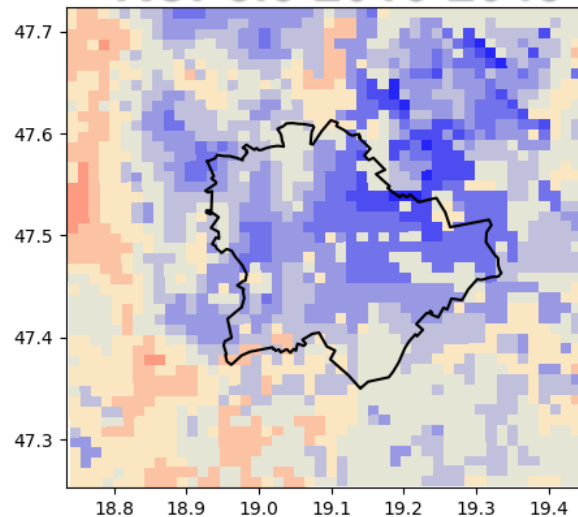
RCP4.5 2016-2045



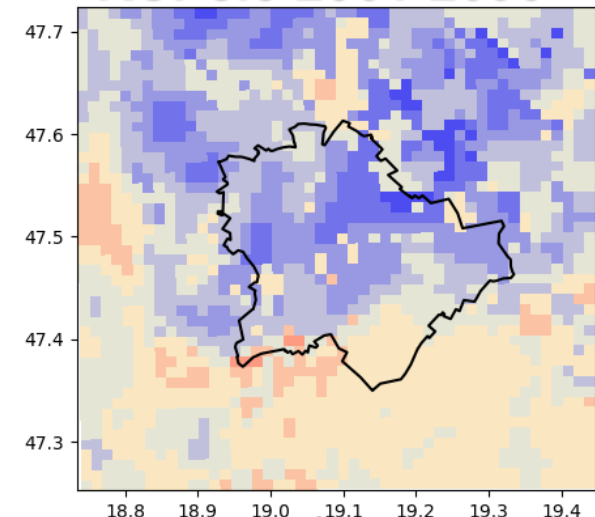
RCP4.5 2061-2090



RCP8.5 2016-2045



RCP8.5 2061-2090



Összefoglalás

- ⇒ Budapest városklímájának elemzését **különböző közelítésekkel** végezzük (műholdas/helyszíni mérések, LCZ-osztályok, modellezés)
- ⇒ A **felszínhőmérsékletek** alapján a legnagyobb különbség a város és a körülötte lévő térség között **nappal** és **nyáron** jelenik meg (évi átlagok idősorában detektálható **trend**: napkelte előtt)
- ⇒ **Helyszíni mérések** a **napi menetek** részletes elemzésére: különböző jellegű helyszíneken (VIII., IX., XI., XII. kerületben), különböző időjárási helyzetek során
- ⇒ A **RegCM/WRF-modell szimulációk** a nyári hőhullámos időszakokban nem jeleznek jelentős változást a hősziget-intenzitásban, de a nagyobb mértékű melegedéssel a hőterhelés általában véve növekszik: több és intenzívebb hőhullám várható

Köszönöm a megtisztelő figyelmet!