

# BUDAPEST FERENCVÁROS ÉPÜLET- ÉS KÖZTERÜLET-FELÚJÍTÁSAINAK HATÁSA A HŐMÉRSÉKLETI VISZONYOKRA

Dian Csenge, Dezső Zsuzsanna, Pongrácz Rita, Bartholy Judit  
Eötvös Loránd Tudományegyetem Meteorológiai Tanszék,  
1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A,  
e-mail: diancsenge@gmail.com, tante@nimbus.elte.hu, prita@nimbus.elte.hu,  
bartholy@caesar.elte.hu

## **Rövid tartalom:**

Kutatásaink során Budapest IX. kerületének felszínhőmérsékleti és hősziget-intenzitás viszonyait és változásait vizsgáltuk. A többféle alkalmazott módszer közül itt a 90 m térbeli felbontású ASTER műholdképek felhasználásával kapott eredményeinket mutatjuk be. Elemzéseink alapján a kerület nagyobb részben mesterséges burkolatú, valamint ipari területein egyértelműen magasabb intenzitás értékeket detektáltunk, mint a parkos zöld felületek esetén.

**Kulcsszók:** városi hősziget, ASTER műholdkép, felszínhőmérséklet, Terra műhold, IX. kerület

## **Bevezetés**

A Föld népességének egyre nagyobb hányada él nagyvárosokban, és a jövőben e tendenciának az erősödése várható. Ennek következménye a városok számának és kiterjedésének növekedése. Az emberi tevékenység és a természetes környezet mesterséges felszínekkel való megbontása jelentős hatással van a városok helyi éghajlati viszonyaira. Ezek a módosult környezeti feltételek az emberek mindennapjait is befolyásolják, hiszen az időjárás és a közvetlen környezet klímaváltozásaira is érzékenyen reagálhat az emberi szervezet (pl., Törő, 2010). Mindezen tényezők igazolják a városklimatológiai kutatások létjogosultságát. A felszín borítottságának megváltozásából adódóan módosulnak a szokásos felszín-légkör kölcsönhatás folyamatai, melyek egyik következménye a városi hősziget jelensége. A városi hősziget a város és a környezete között észlelhető hőmérsékletkülönbséggel, azaz a városi hősziget-intenzitás értékével jellemezhető (Oke, 1973).

A nemzetközi kutatások mellett Magyarországon is több évtizede foglalkoznak a városklíma különböző kérdéseinek vizsgálatával (pl.: Probáld, 2014; Unger et al., 2014; Pongrácz et al., 2010). A hazai elemzések többféle módszertannal, különböző technikák felhasználásával készülnek. Például hagyományos telepített felszíni mérőhálózat, illetve járművekre szerelt mérőműszeres mérések (Unger, 2004; Bottyán et al., 2005) segítségével. Bizonyos városméret felett azonban ezek a módszerek nehezen használhatók. A rendelkezésre álló műholdas mérések segítségével viszont nagyobb városok vizsgálatára is lehetőség nyílik. Az ELTE Meteorológiai Tanszékén műholdas adatok felhasználásával folynak kutatások – elsősorban Budapestre (pl.: Dezső et al., 2012). Az eddigi, egész Budapestre kiterjedő nagyobb léptékű értékeléssel ellentétben, ebben a cikkben kisebb területre fókuszálva részletesebb elemzéseket végzünk a főváros IX. kerületére.

Budapest-Ferencváros önkormányzata sokrétű városfejlesztési programjával próbál élhetőbb életet biztosítani lakosainak. A rendszerváltás után fontossá vált a rossz állapotú fizikai környezet minőségi fejlesztése és a problémákkal küszködő társadalmi rétegek támogatása. A terület heterogenitásából adódóan azonban nem lehet egységesíteni a fejlesztéseket, átalakításokat, ezért a különböző adottságokkal rendelkező, másfajta terület-felhasználású

kerületrészekre eltérő városmegújítási programokat indítottak. A Középső-Ferencváros területének átfogó rehabilitációs terve már 1993-ban elkészült (IX. kerület Ferencváros Önkormányzata, 2009), és a '90-es évektől napjainkig tartanak a munkálatok a rehabilitációs területen. A terv egyik legfontosabb része a zöld területek növelése, amit a tömbrehabilitációk során egybenyitott házak belső udvarának parkosításával, az ún. közös zöld terek létrehozásával valósították meg. A Belső-Ferencváros területén szintén több zöld területet hoztak létre. A József Attila-lakótelep egységes kiépítése során a háztömbök közötti szabad területekre fákat telepítettek.

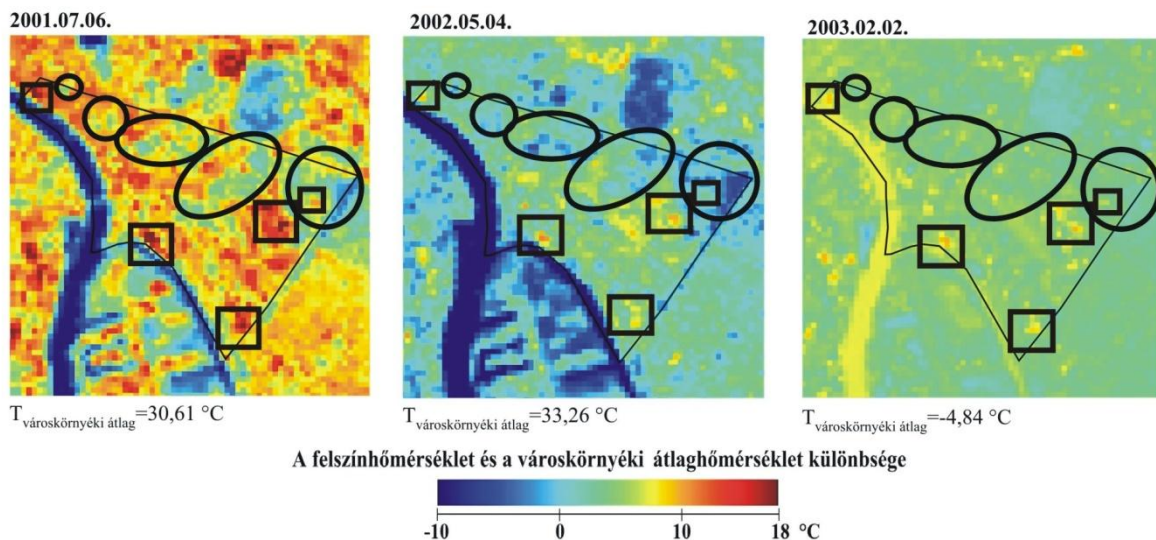
Kutatásaink során a IX. kerület felújítási terveinek, és a zöldterület kiépítéseknek a hatását vizsgáltuk. Első lépésként 1 km felbontású műholdas adatokat használtunk fel. Ezek ugyan 2001-től napjainkig folyamatosan rendelkezésre állnak és így a tendenciák feltárásához megfelelőnek tekinthetők, térbeli reprezentációjuk viszont a háztömbök skálájánál jóval durvább. Ennélfogva az egyes átalakítások tipikus területi kiterjedését nehezen lehet pontosan kijelölni. A részletesebb vizsgálatokhoz finomabb – 90 m – felbontású műholdképek felhasználásával is készítettünk eseti elemzéseket a Ferencvároson belül. A távérzékeléssel mért felszínhőmérséklet mellett mérési expedíciót szervezünk a léghőmérséklet és a relatív nedvesség rendszeres regisztrálására a Belső-Ferencvárosban és a rehabilitációs területen. Mivel a mérési program csak 2015. március végén indult, ezért az eredmények teljes körű feldolgozására és az év különböző időszakainak áttekintésére még nincs lehetőség. Ebben a cikkben a finom térbeli felbontásban rendelkezésre álló műholdas mérések elemzését mutatjuk be.

## **Felhasznált adatok**

A műholdas mérések legnagyobb előnye a felszíni mérésekkel szemben, hogy felhasználásukkal egyidejűleg nagy területről juthatunk információhoz. Az amerikai NASA – National Aeronautics and Space Administration: Nemzeti Repülési és Űrhajózási Hivatal – 1999-ben kutatási céllal pályára állított Terra műholdja (NASA, 1999) mintegy 705 km magasan, kvázipoláris pályán kering. Így a Föld egy adott mérsékeltövi térségéről potenciálisan naponta kétszer biztosít információt. Hazánk térsége fölött a Terra műhold rendszerint délelőtt 9–10 UTC és este 20–21 UTC körül halad át (Dezső et al., 2005). A műholdon több szenzor is található (NASA, 1999), melyek közül az itt bemutatott vizsgálatához az amerikai-japán együttműködésben kifejlesztett ASTER – Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer: Továbbfejlesztett űrbeli hőmérsékleti emissziót és a visszavert sugárzást mérő sugárzásmérő – szenzor méréseiből származtatott felszínhőmérsékleti adatokat használjuk fel. Az ASTER összesen tizennégy csatornán végez spektrális sugárzásméréseket, ezek közül öt hőmérsékleti infravörös csatornát – a 8,125-8,475  $\mu\text{m}$ , a 8,475-8,825  $\mu\text{m}$ , a 8,925-9,275  $\mu\text{m}$ , a 10,25-10,95  $\mu\text{m}$  és a 10,95-11,65  $\mu\text{m}$  hullámhossz-tartományt – használ fel a felszínhőmérséklet számításához (ASTER, 2001). A finom, 90 m térbeli felbontás következtében ezek az információk alkalmasak arra, hogy a háztömbök térskálájára vonatkozó elemzések kiindulási alapjául szolgáljanak. A szenzor működtetése viszont nem folyamatos – a műholdpálya során a csaknem 100 perces keringési időből csupán 8 percen keresztül végez méréseket. Így összességében viszonylag ritkán áll rendelkezésre adott területről megfelelő információ, s emiatt időbeli változások detektálására, trendelemzésekre nehezen használható. A IX. kerületet lefedő rendelkezésre álló felszínhőmérsékleti mezők csak esettanulmány jelleggel vizsgálhatók. Kutatásainkban 2001-2003 időszakban készült ASTER mérésekkel dolgoztunk.

## Eredmények

A rendelkezésünkre álló képek alapján három időpontra végeztünk részletesebb elemzéseket Budapest IX. kerületére. Az 1. ábrán látható a három vizsgált napra (2001. július 6., 2002. május 4., 2003. február 2.) a IX. kerületet lefedő kivágatra az ASTER mérései alapján készített felszínhőmérsékleti anomália térkép. Mindhárom időpontban kiemeltük az átlagnál melegebb, illetve hidegebb területeket.





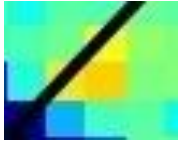







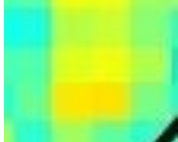


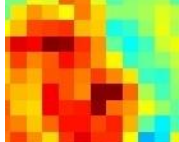
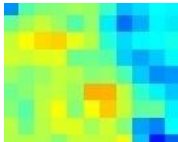
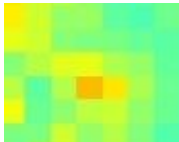




1. ábra: A három kiválasztott nap ASTER képe (azonos színskálával) és az azonosított átlagosnál melegebb (számozott), illetve hidegebb (betűjellel ellátott) területek, melyek részletes elemzése rendre az 1. és 2. táblázatban szerepel

A három napra azonos színskálával jelenítettük meg a rácscellákra vonatkozó felszínhőmérséklet és a korábbi vizsgálataink (Dezső et al., 2012) során az adott napra meghatározott városkörnyéki átlaghőmérséklet különbségét. A három kép hasonló hőmérsékleti szerkezetet mutat a Duna kivételével, ami a tavaszi és nyári napon a leghidegebb terület, télen viszont csak elszórtan található nála melegebb részeket. Azonosítottunk öt-öt olyan objektumot, amely mindegyik napon kiemelkedően melegebb, illetve hidegebb, azaz a városkörnyéki átlagnál jóval magasabb, illetve alacsonyabb felszínhőmérsékletű volt.


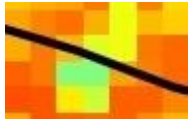




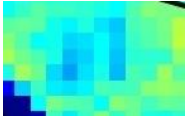


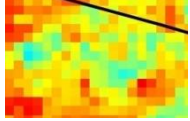
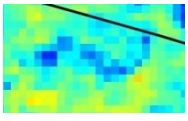
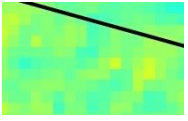

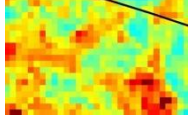
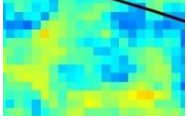
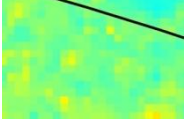

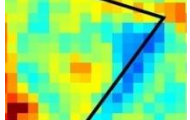
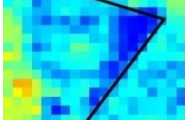
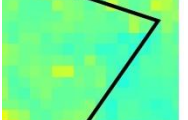
A 1. táblázatban láthatjuk a melegebb területeket Google Earth műholdképen, mellettük a három napra az ASTER méréseket tartalmazó kivágatukat, és a terület rövid leírását az ASTER képek időpontjára vonatkozóan (2001-2003). A Vásárcsarnok (1.), az elhagyott ipari terület (2.) és az élelmiszerüzletek a József Attila-lakótelepen (5.) különálló építmények, melyekre jól meghatározható a detektált magasabb felszínhőmérsékleti érték. A 3. és a 4. terület viszont nagyobb kiterjedésű, így a Google Earth képen csak a legmagasabb hősziget intenzitással jellemezhető képpontokat – azaz a 3. területen belül egy benzinkutat, a 4. területen belül pedig egy gyárat/üzemet – mutatunk be részletesebben. 2001 júliusában 9-13 °C volt az átlagos hőmérséklet-különbség a városkörnyéki átlaghoz képest, ami a legnagyobb a három vizsgált nap közül. A nyári nagyobb mértékű besugárzás hatására a városi felszínhőmérsékletek legnagyobb különbségei rendszerint május és augusztus között jelentkeznek (Dezső et al., 2005). A teljes kerületet tekintve gyengébb, ám az azonosított pontokon ugyancsak erős hősziget intenzitású volt a vizsgált tavaszi nap: 2002 májusában 9-12 °C között alakultak a kapott anomáliaértékek, kivéve a József Attila-lakótelepen található üzletek esetén (ahol csak 3-4 °C volt). Habár a lakótelepen a közvetlen környezeténél egyértelműen melegebb objektumokat jelöltünk ki, de a többi azonosított ponthoz viszonyítva

kisebb hőmérsékleti anomália a házak közötti fejlett növényzet kedvező hatását tükrözi. Végül a harmadik vizsgált napon, 2003 februárjában a városkörnyékre jellemző átlagos felszínhőmérséklet fagypont alatt maradt, ehhez képest 5-9 °C között mozogtak a hősziget-intenzitások az öt kijelölt területen.

*1. táblázat: Az 1. ábrán számokkal jelölt öt melegebb objektum Google Earth felvétele, közelített ASTER kivágatai, meghatározott hősziget-intenzitás értékei ( $\Delta T$ ) a három vizsgált napon, valamint a terület leírása*

Google Earth felvétel és számjele	ASTER kép: 2001.07.06.	ASTER kép: 2002.05.04.	ASTER kép: 2003.02.02.	Terület leírása a 2001-2003 közötti időszakra vonatkozóan
 1	 $\Delta T$ : 12 - 13 °C	 $\Delta T$ : 9 - 10 °C	 $\Delta T$ : 6 - 7 °C	<b>Vásárcsarnok</b>
 2	 $\Delta T$ : 12 - 13 °C	 $\Delta T$ : 11 - 12 °C	 $\Delta T$ : 8 - 9 °C	<b>Gyár/üzem/ iparterület, elhagyott épület</b>
 3	 $\Delta T$ : 12 - 13 °C	 $\Delta T$ : 8 - 9 °C	 $\Delta T$ : 7 - 8 °C	<b>Benzinkút</b> (Soroksári út és Határ út kereszteződésénél)
 4	 $\Delta T$ : 12 - 13 °C	 $\Delta T$ : 9 - 10 °C	 $\Delta T$ : 7 - 9 °C	<b>Gyár/üzem/ iparterület</b>
 5	 $\Delta T$ : 9 - 10 °C	 $\Delta T$ : 3 - 4 °C	 $\Delta T$ : 5 - 6 °C	<b>Üzletek a József Attila lakótelepen</b>

2. táblázat: Az 1. ábrán betűkkel jelölt öt hidegebb objektum Google Earth felvétele, közelített ASTER kivágatai, meghatározott hősziget-intenzitás értékei ( $\Delta T$ ) a három vizsgált napon, valamint a terület leírása

Google Earth felvétel és betűjele	ASTER kép: 2001.07.06.	ASTER kép: 2002.05.04.	ASTER kép: 2003.02.02.	Terület leírása a 2001-2003 közötti időszakra vonatkozóan
 A	 $\Delta T: 6 - 7 \text{ } ^\circ\text{C}$	 $\Delta T: -1 - 0 \text{ } ^\circ\text{C}$	 $\Delta T: 3 - 4 \text{ } ^\circ\text{C}$	<b>Markosovszky tér</b> fejlesztendő közpark
 B	 $\Delta T: 7 - 8 \text{ } ^\circ\text{C}$	 $\Delta T: 0 - 1 \text{ } ^\circ\text{C}$	 $\Delta T: 3 - 6 \text{ } ^\circ\text{C}$	<b>Ferenc tér</b> parkos, fás füves terület
 C	 $\Delta T: 4 - 6 \text{ } ^\circ\text{C}$	 $\Delta T: -5 - 1 \text{ } ^\circ\text{C}$	 $\Delta T: 3 - 6 \text{ } ^\circ\text{C}$	<b>Szent István és Szent László kórház parkja</b>
 D	 $\Delta T: 3 - 5 \text{ } ^\circ\text{C}$	 $\Delta T: -3 - 2 \text{ } ^\circ\text{C}$	 $\Delta T: 3 - 6 \text{ } ^\circ\text{C}$	<b>Merényi Gusztáv kórház, lakótelep,</b> elhagyatott gondozatlan terület
 E	 $\Delta T: -3 - 8 \text{ } ^\circ\text{C}$	 $\Delta T: -7 - 2 \text{ } ^\circ\text{C}$	 $\Delta T: 1 - 4 \text{ } ^\circ\text{C}$	<b>József Attila Lakótelep házai</b> közötti fás, zöld területek

A 2. táblázatban az előzőhöz hasonló elrendezésben található az öt azonosított hűvösebb terület. Mind az öt kisebb-nagyobb rész parkot, fás udvarokat, gondozott zöld területeket foglal magába. Jól látható, hogy ezek a pontok a környezetükhöz képest hűvösebbek, de felszínhőmérsékletük sok esetben még így is több fokkal meghaladja a városkörnyéki átlaghőmérsékletet. Nyáron, júliusban detektálhatók a legmagasabb értékek, a felszín-

hőmérséklet még ezekben a pontokban is átlagosan 3-8 °C-kal meghaladja a városkörnyéki átlaghőmérsékletet, kivéve a József Attila-lakótelep déli határát alkotó erdős sávban, ahol a városkörnyéki átlaghőmérsékletnél alacsonyabb felszínhőmérsékletet detektáltak. Mindhárom napon ez az erdő a leghűvösebb rész a kerületen belül, májusban és júliusban is csak a Duna hidegebb ennél. Összességében májusban kaptuk a legalacsonyabb értékeket. Ekkor -7 °C és +2 °C között alakultak az intenzitások. A gyengébb besugárzású téli időpontban, februárban a teljes kerületet tekintve jól látható, hogy sokkal kisebbek a különbségek, mint a vizsgált tavaszi és nyári napon. Ugyanez elmondható a hidegebb területek esetén is. A József Attila-lakótelep kivételével szinte teljesen azonos, 3-6 °C közötti hőmérséklet-különbségeket tapasztalunk, míg a telepen mindössze 1 °C-kal haladja meg a felszínhőmérséklet a városkörnyéki átlaghőmérsékletet.

Az ASTER műholdképek alapján végzett esettanulmányok alapján egyértelműen kijelenthető, hogy a zöld, növényzettel borított területeken alacsonyabb hőszigetintenzitás-értékek tapasztalhatók, mint a beépített burkolt területeken.

## **Összefoglalás**

A városi hősziget-hatás kérdése — a globális felmelegedés hatását erősítve — napjainkban egyre nagyobb jelentőséggel bír. Ezen összefoglalóban Ferencváros, Budapest IX. kerületének különböző területi adottságú, más-más felszínborítottságú részein vizsgáltuk a hősziget intenzitás alakulását.

A 90 m területi felbontású ASTER műholdfelvételek alapján 2001-2003 között három napra végeztünk esettanulmányt, melynek eredményeképpen azonosítottuk mindhárom napon a leghidegebb és a legmelegebb helyszíneket a kerületen belül. Az átlagosnál alacsonyabb hősziget-intenzitású terület például a Ferenc tér, a József Attila-lakótelep, valamint a Szent István és Szent László kórház parkja. Az átlagnál melegebb helyszínek pedig a Vásárcsarnok, a használaton kívüli, valamint jelenleg is aktív iparterületek, üzletek, benzinkút.

A műholdas elemzéseket kiegészítendő helyszíni léghőmérsékleti és relatív nedvesség méréseket is végeztünk a Belső-Ferencvárosban és a rehabilitációs területen. A 2015. tavaszi mérési expedíciót a 2015. nyári és őszi mérésekkel folytatva részletes összehasonlító elemzést tervezünk a felújítási programok éghajlati hatásainak értékelésére.

## **Köszönetnyilvánítás**

A műholdas felszínhőmérsékleti adatbázis előállítására és rendelkezésre bocsátására az amerikai NASA-nak köszönhető, melyhez a Földfelszíni Megfigyelőrendszer Adatközpontján keresztül jutottunk hozzá. A Rehabilitációs programmal kapcsolatos részletes információkhoz Budapest Főváros IX. kerület Önkormányzat Főépítészeti Csoportjának közreműködésével jutottunk hozzá. A dolgozat keretében végzett kutatásokat támogatta az OTKA K109109 számú projektje, a FuturICT.hu TÁMOP 4.2.2.C-11/1/KONV-2012-0013 kutatási pályázat, az AGRÁRKLIMA2 projekt (VKSZ\_12-1-2013-0001) és az MTA Bolyai János Kutatási Ösztöndíja.

## **Irodalomjegyzék**

ASTER 2001: ASTER Higher-Level Product User Guide, Version 2.0, Jet Propulsion, Laboratory, California Institute of Technology, 80p.

- Bartholy J., Pongrácz R., Dezső Zs. 2005: A hazai nagyvárosok hősziget hatásának elemzése finomfelbontású műholdképek alapján – Agro-21 füzetek, 44, pp. 32-44.
- NASA 1999: Science writers' guide to Terra – NASA Earth Observing System Project Science Office, Greenbelt, MD. 26p.
- Bottyán Zs., Kircsi A., Szegedi S., Unger J. 2005: The relationship between built-up areas and the spatial development of the mean maximum urban heat island in Debrecen, Hungary – International Journal of Climatology, 25, pp. 405-418.
- Budapest Főváros IX. kerület Ferencváros Önkormányzata, Főépítészeti Iroda – Budapest, 2009: Integrált városfejlesztési stratégia, I. kötet, 220p.
- Budapest Ferencváros Rehabilitáció, 2010 – Ferencvárosi Önkormányzat, Budapest, 80p.
- Dezső Zs., Bartholy J., Pongrácz R. 2005: Satellite-based analysis of the urban heat island effect – Időjárás, 109, pp. 217-232.
- Dezső Zs., Bartholy J., Pongrácz R., Lelovics E. 2012: Városi hősziget vizsgálatok műholdas és állomási mérések alapján – Légkör, 57, pp. 170-173.
- NASA 1999: Science writers' guide to Terra – NASA Earth Observing System Project Science Office, Greenbelt, MD. 26p.
- Pongrácz R., Bartholy J., Dezső Zs. 2010: Application of remotely sensed thermal information to urban climatology of Central European cities – Physics and Chemistry of the Earth, 35, pp. 95-99.
- Probáld F., 2014: The urban climate of Budapest: past, present and future – Hungarian Geographical Bulletin, 63 (1), pp. 69–79.
- Oke T.R. 1973: City size and the urban heat island – Atmospheric Environment, 7, pp. 769-779.
- Törő K., szerk. 2010: Az éghajlatváltozás hatásai az emberi szervezetre – Medicina Könyvkiadó, Budapest. 266p.
- Unger J. 2004: Intra-urban relationship between surface geometry and urban heat island: review and new approach – Climate Research, 27, pp. 253-264.
- Unger J., Lelovics E., Gál T. 2014: Local Climate Zone mapping using GIS methods in Szeged – Hungarian Geographical Bulletin, 63 (1), pp. 29-41.