

BUDAPESTI VÁROSKLIMATOLÓGIAI HELYSZÍNI MÉRÉSEK ELEMZÉSE

ANALYSIS OF IN-SITU URBAN CLIMATOLOGICAL MEASUREMENTS IN BUDAPEST

Pongrácz Rita, Dian Csenge, Incze Dóra, Kurcsics Máté,
Dezső Zsuzsanna, Bartholy Judit

Eötvös Loránd Tudományegyetem Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A, prita@nimbus.elte.hu

Összefoglalás. A városi környezet éghajlatmódosító hatásának vizsgálatára a főváros IX. kerületében, a Ferencváros belvárosi részén végeztünk hőmérséklet és relatív nedvesség méréseket. A mérési program során egyrészt egy gyalogosan bejárható útvonal mentén rögzítettük a mért értékeket, másrészt ezek közül néhány meghatározott mérési ponton hosszabb időn keresztül folyamatosan sűrű adatrögzítésre is sor került. Így lehetőség nyílik a térbeli és időbeli részletes elemzésekre egyaránt. Eddigi eredményeinkből a sűrűbb beépítettségű belvárosi területeken egyértelműen azonosítható az éjszakai időszak hőmérsékleti többlete, valamint az alacsonyabb relatív nedvesség a külvároshoz viszonyítva.

Abstract. In order to analyze the urban climatological effects, temperature and relative humidity were measured in the central parts of Ferencváros, the 9th district of the capital. The measurements were recorded in several measuring locations along a walking path, and in some of these locations we carried out continuous data collection with a frequency of 1 minute during long time periods. Thus, both spatial and temporal aspects of the urban climate can be analyzed. On the basis of the results, warmer and drier climatic conditions are clearly identified during the nights in the inner part of the city relative to the suburb.

Bevezetés. A koncentrált emberi jelenlétet kapcsolódó tevékenységek és a természetes környezet átalakítása jellegzetes városklímát alakít ki a településeken. A tapasztalatok egyértelműen azt jelzik, hogy minél nagyobb, minél sűrűbben beépített egy-egy város, illetve annak egyes részei, annál erősebben jelentkezik az ún. városi hősziget hatás az adott térségben (Oke, 1973). A talaj-növény rendszerhez képest eltérő sugárzási tulajdonságokkal rendelkező mesterséges felszínnek azt eredményezik, hogy bizonyos időszakokban a város körüli területekhez viszonyítva kisebb-nagyobb hőmérsékleti többletet detektálhatunk a város belsőbb részein (Oke, 1982). A hagyományos városklíma kutatások során a léghőmérsékletben megjelenő anomáliákat használják a városi hősziget intenzitásának jellemzésére. A természetes és mesterséges felszín sugárzási tulajdonságai közötti eltérések lehetővé teszik, hogy műholdas mérések felhasználásával vizsgáljuk egy nagyobb méretű város – pl. Budapest – városi hősziget hatását (Dezső et al., 2005; Pongrácz et al., 2005). A kapott eredmények ugyan nagyobb kiterjedésű területek részletes elemzésére alkalmasak, ám a felhasználható meteorológiai változó – a felszínhőmérséklet – alapján számított városi hősziget intenzitásokra jellemző tulajdonságok (pl. a napi és évi menet) nem egyeznek meg a léghőmérséklet alapján meghatározható jellegzetességekkel (Dezső et al., 2012).

Városklimatológiai mérések. A városi hősziget hatás intenzitásának hagyományos közelítése a léghőmérsékleti mező részletes feltérképezését igényli. Ehhez mozgó, illetve rögzített helyre telepített méréseket használhatunk fel. Budapest relatíve nagy térbeli kiterjedése nem teszi lehetővé az egész terület viszonylag rövid idő – maxi-

mum 2–4 óra – alatti megfelelő részletességű bejárását, ami a hazai nagyvárosokban (például Szegeden, Unger et al., 2000) jól alkalmazható. Másrészt az Országos Meteorológiai Szolgálat állomásai (2016 óta 7 ilyen van Budapesten) közül négy jelenleg is működő meteorológiai állomás ellenőrzött minőségű méréseit vettük figyelembe, a főváros közigazgatási körzetén belül, melyek elhelyezkedése sajnos egyáltalán nem tekinthető optimálisnak a városi hősziget hatás vizsgálata szempontjából (Lelovics et al., 2012). A minimálisan szükséges, térben ideális elhelyezésű mérőpontok kiépítéséhez és fenntartásához viszont hiányoznak a stabil pénzügyi, finanszírozási feltételek. A fenti okok miatt Budapest esetén csak kisebb területek, kerületrészek részletes vizsgálatát tűztük ki célul elemzéseink során.

A mérések helyszínét a Ferencváros (IX. kerület) belvárosához közelebbi részét választottuk ki, ahol az utóbbi évtizedekben jelentős felújítások, modernizáció és a zöldfelületek területének növelése, valamint minőségének fejlesztése zajlott le (BFFÖFI, 2009). A 2015-ben indított mérési programunk keretében kiválasztott napokon a levegő hőmérsékletét és relatív nedvességtartalmát regisztráltuk. Eleinte csak a nappali időszakban (Pongrácz et al., 2016), majd 2016 nyaratól kezdődően teljes 24 órás időszakokban folyamatosan végeztünk méréseket BSc- és MSc-hallgatók bevonásával.

A mérési program második évében a műszereket is lecseréltük: a Voltcraft gyártmányú, hosszabb reakció idejű és pontatlanabb mérőeszközök helyett sokkal érzékenyebb, megbízhatóbb Testo típusú, adatgyűjtővel egybeépített műszereket (1. ábra) kezdtünk használni. A mérések



1. ábra: A 2016-tól alkalmazott, adatgyűjtő egységgel is rendelkező Testo-623 típusú műszer

indulásakor kijelölt körbeérő gyalogos útvonal (2. ábra) mentén 22 mérőpontot határoztunk meg (Dian et al., 2015), melyek száma egy-egy évszak tapasztalatainak figyelembevételével 2016 őszére 24-re bővült. A mérőpontok kiválasztásánál fontos szempont volt a nagyjából egyenletes elhelyezkedés, továbbá az, hogy az egyes pontok összességében megfelelően reprezentálják a térség különböző beépítettségi viszonyait: így épületekkel jobban körülvett utcák és nagyrészt nyíltabb, zöld növények alkotta kisebb parkok is megtalálhatók közöttük. 2017 nyár végéig 65 napon történt mérés, mindösszesen 709 órányi időszokról. A nyári időszakokban nem csupán egyetlen 24 órás perióduson keresztül végzünk méréseket, hanem több – legalább három – egymást követő napon át. Ebben a cikkben a 2016 nyarán – már az említett, újonnan beszerzett műszerekkel – rögzített mérésekre fókuszálunk, melyek részletes elemzése diákköri dolgozatok keretében (Incze, 2017; Kurcsics, 2017) is megtörtént.

A városi hősziget hatás jellemzésére a Budapest külvárosában (XVIII. kerület, Pestszentlőrinc) található szinoptikus meteorológiai állomás méréseit tekintettük referencia értéknek. Az óránkénti időjárás táviratok adatait az interneten publikusan elérhető, nemzetközi adatbázisból töltöttük le. A Meteorológiai Világszervezet szabványainak megfelelő fővárosi főállomás a város délkeleti széléhez közel helyezkedik el, már lényegében a városi, sűrűbben beépített területeken kívül, így ezt tekinthetjük a városi hősziget hatás értékelése szempontjából referencia pontnak.

Külön elemzéseket végeztünk a kijelölt útvonalon végzett mérések alapján (Incze, 2017), ahol természetesen a mérési körök bejárásához szükséges idő (mely nagyjából 2–2,5 óra) miatt nem folyamatosak a hőmérsékleti és nedvességi idősorok, viszont a beépítettségtől és növényzettől függő területi különbségek így értékelhetők. A vizsgálat másik része a fix mérési helyszínen folyamatosan rögzített idősorok elemzése (Kurcsics, 2017), ahol

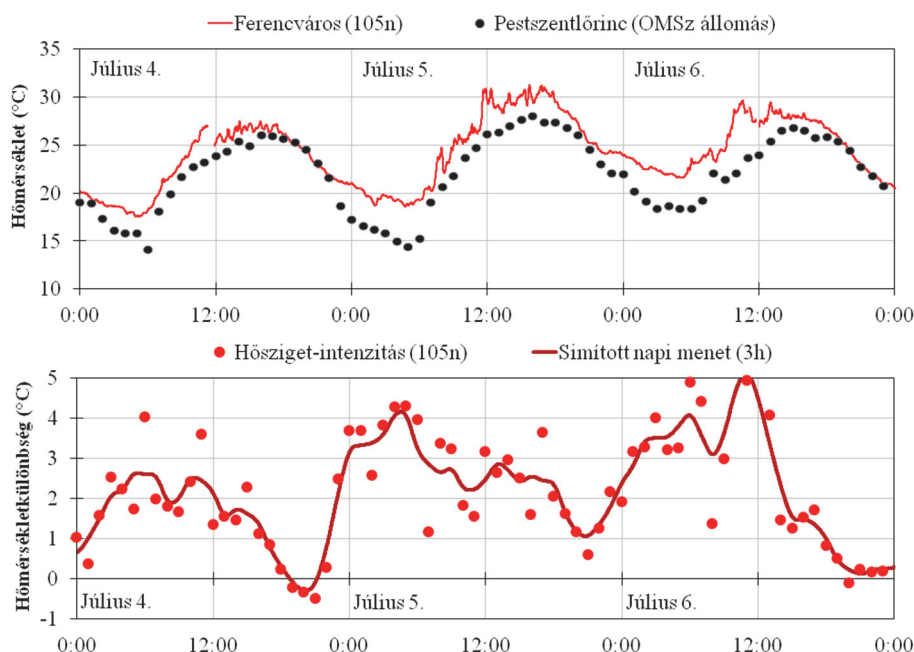


2. ábra: A 2016. nyári mérések útvonalát 23 mérési ponttal. A parkosabb zöldterületeken található mérési pontokat világoszöld számmal jelöltük (a növényzet aránya a mérőpont környezetében átlagosan 50%-os), a szorosabban beépített területek, illetve a forgalmas közlekedési csomópontok mérési pontjait narancssárgával (a növényzet aránya jellemzően nem éri el a 10%-ot). A sárga számmal jelzett mérési pontok arra utalnak, hogy a (gyakran) szélesebb út mentén fasor, jelentősebb zöldfelület is fellelhető.

viszont az időbeli menet jobban követhető. A 2016. nyári mérési sorozat idején a Ferencváros területén még csak egyetlen ilyen fix helyszínű mérést végeztünk, a 2017. nyári mérési kampányban viszont négy különböző rögzített helyszínen – a 105n, 112/212, 207, valamint 209 jelű mérési pontokban – zajlottak az időben is részletesebb mérések. A már 2016-ban is működtetett 105n. pontban a Bokréta utca és a Viola utca közötti Vendel sétányon



3. ábra: A 105n. mérési helyszín a Vendel sétányon többemeletes lakóépületekkel körülvéve, nagyrészt térkövel fedve, kisebb részeken parkosított, fűvel, bokrokkal borítva, s néhány nagyobb fát is láthatunk.



4. ábra: A ferencvárosi 105n. mérési helyszínen 1 perces időközönként rögzített hőmérsékleti idősor 10 perces átlagainak összehasonlítása a Pestszentlőrincen óránként rendelkezésre álló hőmérsékleti mérésekkel, 2016.07.04-06. időszakban.



5. ábra: A 112=212. mérési helyszín a Petőfi híd pesti hídfőjénél található a Boráros téren: nagy közúti forgalommal jellemezhető tömegközlekedési csomópont, ami egyik oldalon kb. 30 m magas lakó- és irodaházakkal szegélyezett nyitott tér – alapvetően mesterséges burkolattal, kisebb területeken fűvel, bokrokkal borítva, s előfordul néhány lombhullató fa is.

rendeztük be a fix mérési helyszínt, mely a 2016. nyár végére felújított Ferenc tér közelében található. A kijelölt mérési pont mind a négy oldalról viszonylag magas, hatszintes épületekkel van körülvéve, s csupán két átjáró vezet be rá; ezért a szélről viszonylag védett. A sétány nagyobb részét beton, térkő fedi, egy kisebb része viszont parkosított, fűvel borított rész néhány nagyobb fával (3. ábra). A házak között megrekedhet a levegő, ugyanakkor a parkosított rész erre hűtő hatást gyakorol-

hat. A tágabb környezetet tekintve a terület a Ferencváros belső részén, a Nagykörúthoz közel, a Dunától légvonalonban 750 m-re fekszik. A helyszín felszínborítása és zártsága egyértelműen különbözik a parkosított, nyitottabb Ferenc tétől, ami a korábbi (Pongrácz *et al.*, 2016) mérési expedíciók gyakoribb, folyamatos adatrögzítésre kijelölt helyszíne volt. A fix helyszín módosítására azért is volt szükség, mert 2016 nyarán zajlott a Ferenc tér felújítása, kisebb-nagyobb mértékű átrendezése, átalakítása, s a korábban méréseinkhez kijelölt része ideiglenesen (a nyári időszakban végig) le volt zárva.

Eredmények. A 2016. nyári mérési expedíció során a méréseket július 3-án este 20 órától kezdve július 7-én éjfélig végeztük. Ez alatt az időszak alatt a városi hatás értékeléséhez ideális időjárási viszonyok uralkodtak a Kárpát-medence térségében, ugyanis egy anticiklon alakította hazánk időjárását, mely a sokévi átlagnak megfelelő hőmérsékleti viszonyokat eredményezett. A fővárosban július 4-én többnyire derült volt az ég, míg az azt követő két napon változóan felhős.

Az elemzéseink során kapott eredmények közül a 4. ábrán mutatjuk be a 105n. mérési helyszín és a Pestszentlőrincen található referencia helyszín hőmérsékleteinek összehasonlítását.

A felső grafikon az általunk percenként rögzített hőmérsékleti értékek 10 perces átlagolású idősorát, valamint a meteorológiai táviratokból dekódolt óránkénti külvárosi hőmérsékleteket tartalmazza.

Az alsó grafikonon a két helyszín hőmérsékletkülönbségével jellemezhető városi hősziget intenzitás menete látható, melyre háromórás simítást alkalmaztunk. A görbék menetéből leolvasható, hogy a ferencvárosi és a külvárosi helyszín közötti legnagyobb hőmérsékleti különbség az éjszaka második felében, éjjel 2 óra és kora reggel 7 óra között jelentkezett, amelyet a különböző felszínek, eltérő beépítettségű városrészek energiaháztartása közötti eltérések okoznak. Ugyanis a külvárosi területeken a kisebb mértékű hőtárolóképesség miatt az esti óráktól nagyobb a kisugárzás, mint a beépített területeken, s így a hűlés gyorsabban zajlik. Napkelte után a belváros és a külső kerületek kö-

zötti hőmérsékletkülönbség csökkenni kezd, mely általában a nappali időszakban végig – egészen napnyugtáig (azaz kb. 21 óráig) tart. Ennek eredményeképpen a hajnali 3–5 °C-os különbség lecsökken 1,5–2,5 °C-ra. A jelentősebb zöldfelülettel rendelkező ferencvárosi mérési helyszíneken jól megfigyelhető a növényzet mérséklő hatása, mely a hősziget hatásban akár 1 °C-os csökkenést is eredményezett.

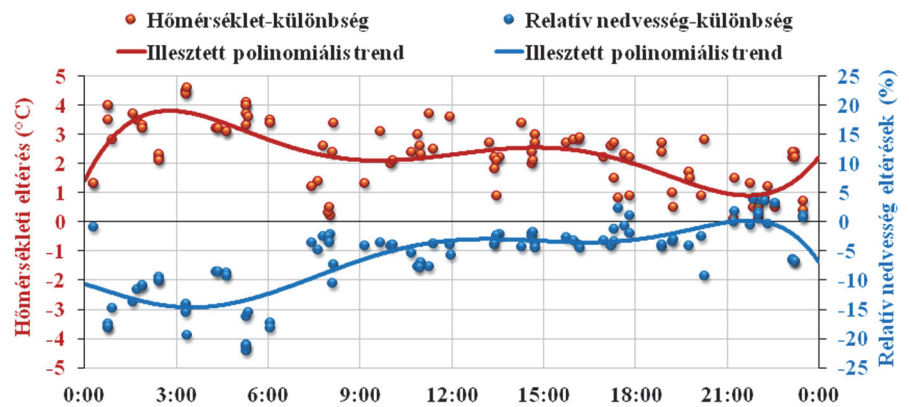
Vizsgálataink során a városi hősziget intenzitás mellett a relatív páratartalom napi menetét is elemeztük. A relatív nedvesség alapvetően fordított arányosságban áll a hőmérséklet alakulásával a légkör hőmérséklettől függő pára-befogadóképessége miatt. Ennek következtében az éjszakai lehüléssel párhuzamosan a relatív nedvesség emelkedik, a nappali felmelegedés során pedig csökken.

A mért értékek azt jelzik, hogy a Ferencváros beépítettebb részein (például az 5. ábrán látható Boráros téri közlekedési csomóponton) szinte mindig relatíve szárazabb volt a levegő Pestszentlőrinchez viszonyítva (6. ábra). A különbségek napi menetében az éjfél és kora reggel közötti időszakban 10–25%-kal alacsonyabb relatív páratartalom jelentkezett a belvárosi helyszínen. Az eltérés a napkeltét követően csökkenni kezdett, nappal 0–10% közötti volt, s estére érte el a (nullához közeli) minimumát. A napnyugta körüli órákban a város központi fekvésű részein és a külvárosi referencia pont közötti különbség elhanyagolható, a párszázalékos eltérés a relatív nedvesség mérés pontosságának nagyságrendjébe esik.

Köszönetnyilvánítás. Kutatásainkat támogatta az OTKA K-109109 és K-120605 számú projektje, az AGRÁRKLIMA2 projekt (VKSZ_12-1-2013-0034), a Széchenyi 2020 program az AgroMo kutatási projekt (GINOP-2.3.2-15-2016-00028) keretében, valamint az MTA Bolyai János Kutatási Ösztöndíja. Köszönet illeti a méréseket végző meteorológus szakos MSc- és földtudományi szakos BSc- hallgatókat.

Irodalom

- BFFÖFI (Budapest Főváros IX. kerület Ferencváros Önkormányzata, Főépítési Iroda), 2009: Integrált városfejlesztési stratégia, I. kötet, Budapest. pp. 220
- Dezső, Zs., Bartholy, J. and Pongrácz, R., 2005: Satellite-based analysis of the urban heat island effect. *Időjárás* 109, 217–232.



6. ábra: A Boráros téren (112=212. mérési pont a kijelölt útvonal mentén) rögzített mérések alapján meghatározott hősziget-intenzitások (°C) és relatív nedvesség-különbségek (%) napi menete, 2016.07.03-06. időszakban. Referencia mérőpont: Budapest-Pestszentlőrinc szinoptikus meteorológiai állomás.

- Dezső, Zs., Bartholy, J., Pongrácz, R. és Lelovics, E., 2012: Városi hősziget vizsgálatok műholdas és állomási adatok alapján. *Léggör* 57, 170–173.
- Dian, Cs., Pongrácz, R., Dezső, Zs. és Bartholy, J., 2015: Városklimatológiai mérési expedíció Budapest IX. kerületében. In: Pongrácz, R., Mészáros, R. és Kis, A. (szerk.): Aktuális kutatások az ELTE Meteorológiai Tanszékén. Jubileumi kötet – 70 éves az ELTE Meteorológiai Tanszéke. *Egyetemi Meteorológiai Füzetek* 26, 15–21.
- Incze, D., 2017: Budapest IX. kerületében végzett nyári mérési expedíció eredményei. OTDK dolgozat (témavezető: Pongrácz R.), Debrecen, pp. 40
- Kurcsics, M., 2017: Városklimatológiai elemzés ferencvárosi és lágymányosi mérések alapján. OTDK dolgozat (témavezető: Pongrácz R.), Debrecen, pp. 38
- Lelovics, E., Pongrácz, R., Bartholy, J. és Dezső, Zs., 2011: Budapesti városi hősziget elemzése: műholdas és felszíni mérések összehasonlítása. *Léggör* 56, 55–59.
- Oke, T. R., 1973: City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment* 7, 769–779.
- Oke, T. R., 1982: The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 108, 1–24.
- Pongrácz, R., Bartholy, J. és Dezső, Zs., 2005: A budapesti városklíma vizsgálata műholdképek felhasználásával. *Léggör* 50(4), 8–12.
- Pongrácz, R., Bartholy, J., Dezső, Zs. and Dian, Cs., 2016: Analysis of the air temperature and relative humidity measurements in the Budapest-Ferencváros. *Hungarian Geographical Bulletin* 65, 93–103.
- Unger, J., Bottyán, Zs., Sümegehy, Z. and Gulyás, Á., 2000: Urban heat island development affected by urban surface factors. *Időjárás* 104, 253–268.