

DOBI ILDIKÓ – BARANKA GYÖRGYI – UNGER JÁNOS

A városi hősziget-jelenség Közép-Európában

A városokban kialakuló hősziget-jelenség a globális felmelegedés következtében várhatóan világszerte növekvő kockázati tényezővé válik. A városi kül- és belterület közötti hőmérsékletkülönbség kialakulása részben összefügg és szabályozható a város szerkezetével. A területhasználati és beépítési módok, valamint a hősziget-jelenség közötti kapcsolatot OTKA kutatás keretében vizsgáltuk Budapest belterületére. A kritikus helyzetek megelőzése és kezelése az érintett stratégiák összehangolt szabályozását igényli, melyhez a közép-európai térség nyolc városa az UHI (<http://www.eu-uhi.eu/>) projekt keretében egységes ajánlások fejleszt.

Az emberi tevékenység környezet-alakító hatása a településeken koncentráltan jelentkezik. A Föld népességének csaknem fele él a szárazföldek kb. 1,2%-át lefedő városokban. A sűrűn lakott települések a földi energiafelhasználás kb. háromnegyedével, hatalmas mennyiségű üvegházgáz és különféle szennyezőanyagok kibocsátásával hozzá járulnak a bolygó felmelegítéséhez (Roth, 2011). A globális változások következtében módosul a légköri cirkulációja, amely visszahat a városok éghajlatára. A magas nyomású (anticiklonáris) helyzetek gyakoriságának növekedése hozzájárul a városok további felmelegedéséhez.

A nyári hőhullámok előfordulásának várható növekedése különösen a trópusi megapoliszokban idézhet elő kritikus állapotokat, ahol a maximumhőmérséklet már napjainkban is megközelíti humán komfortérzet tűréshatárát. A 2003 nyarán bekövetkezett tartós kánikula kézzelfoghatóvá tette az európai térséget érintő kockázat mértékét. Elsődleges hatásként ugrásszerűen megnövekedett a szív- és érrendszeri megbetegedésekkel összefüggő halálozások száma. Csak Franciaországban több mint 14 000-en veszítették életüket. A napokon át 30 °C fokot meghaladó csúcshőmérséklet következtében víz- és energiaellátási zavarok léptek fel a kontinensen. Budapest hőmérsékleti méréseiből szintén egyértelműen kimutatható a hőhullámok hosszának, intenzitásának és gyakoriságának növekedése. A hőhullámos napok száma a múlt század elejétől évente átlagosan 5 nappal növekedett (1. ábra) és ez a trend a modellszámítások szerint várhatóan tovább folytatódik.

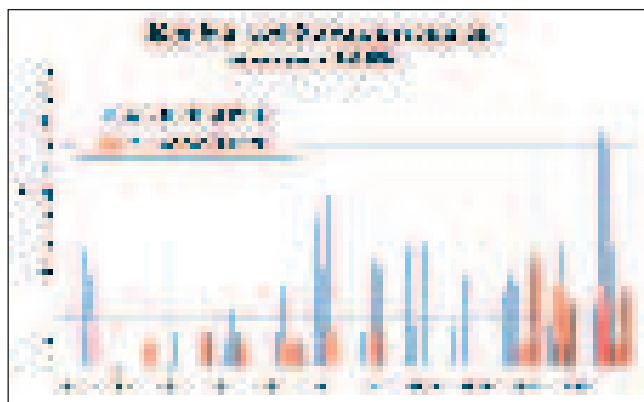
A városok hőmérséklete a környezetükben jellemzően magasabb, ezért a földi átlaghőmérséklet emelkedésének következményei is halmozottan jelentkeznek. Minél nagyobb a település, annál nagyobb a nyári szélsőségesen meleg időszakok idején potenciálisan bekövetkező károk mértéke. A városok sajátossága, hogy a belterület napos, szélcsendes időben akár 5–15 °C-kal is melegebb, mint a külterület. Ezt a mikroklimatikus jelenséget nevezik városi hőszigetnek (UHI-Urban Heat Island). A szignifikáns összefüggést 1833-ban Luke Howard ismerte fel London adatsorában. Állításait megerősítették Kratzen 1937-ben 255 városra összegezett tapasztalatai.

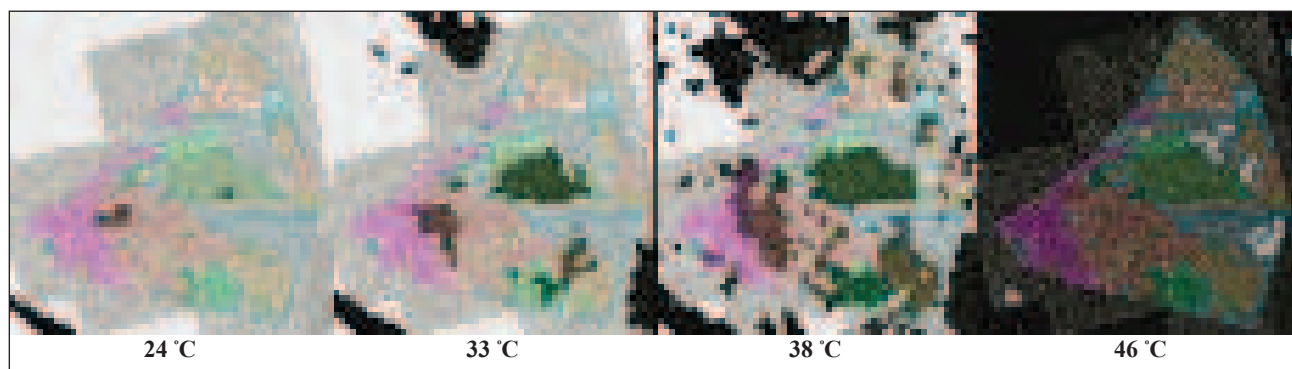
Aujeszky László, neves meteorológus kollégánk mai szóhasználattal élve a városklimatológia műfajban hazai „első kísérletként” készített tanulmányát „a városrendezés meteorológiai alapelvei” (Aujeszky, 1946) címmel. A kiadvány Budapestnek a második világháborút követő újjáépítése kapcsán készült. A hőhullámokról azt írja: „A hőmérséklet nagy szélsőségei az egészségre igen károsak (hőguta, meghűlések, fertőző betegségek elterjedése stb.) és gazdasági vonatkozásaik is vannak (fűtési költségek, csökkent munkateljesítmény, áruk megromlása stb.) E bajok megfelelő városrendezési eszközökkel szintén megelőzhetők, illetőleg nagymértékben enyhíthetők.”

Az eltelt évtizedek alatt a szerteágazó kutatásoknak köszönhetően a városi hősziget az antropogén hatás legjobban dokumentált bizonyítékává vált, melynek nemzetközi és hazai szakirodalmi egyaránt bőséges.

A városi hősziget kialakulásának elsődleges oka, hogy a felületeket alkotó anyagok inkább elnyelik, mint visszaverik a sugárzást, emiatt jobban felmelegsznek, mint a természetes felszínek és melegítik szűkebb tágabb környezetüket. A magas épületek falán a sugárzás többszörösen visszaverődik és elnyelődik, emellett az épület szerkezetét alkotó anyagok fizikai jellemzői (magas hőkapacitása és jó hővezetése) tovább gerjeszti a melegedést. A szűk utcákban „kanyonhatás” jön létre, amely meggátolja a szél hűsítő áramlását. A burkolt és csatornázott felületek következtében a teljes vízkörforgalom megváltozik, a párolgás kompenzáló, hűtő hatása nem érvényesül. Ehhez járul még hozzá a hűtés és a fűtés, a közlekedés, valamint az ipari tevékenység által kibocsátott „hulladék hő”. A légszennyezés miatt szélcsendes időben füstkuropa keletkezik a város felett. A felhalmozódó üvegházgázok fokozzák a város térségében az üvegházha-

1. ábra. A másod- és harmadfokú hőségriadó feltételének megfelelő napok éves összege, 1901–2012. augusztus, Budapest belterület, homogenizált adatok (Forrás: Lakatos M. és mtsai.)





2. ábra. A VIII. kerület különböző küszöbhőmérsékletű kompozit képei (2001. július 6.)

tást. Összességében a beépítettség és a légszennyezés miatt a városok víz-, energia- és a sugárzásegyenlege megváltozik. Ráadásul a felsorolt legfontosabb kiváltó tényezők összefüggenek egymással és fokozzák a melegítő hatást. A hőszigetrel kapcsolatos alapismeretekről bővebben Mika János írása nyújt áttekintést a lap májusi számában.

A hősziget maximuma szoros összefüggést mutat a városközpontban lévő épületek magasságának és az utcák szélességének az arányával. Ezen kívül közel kétharmad részben más tényezők alakítják, pl. a város elrendezése, az utcák tájolása, a növényzet és a vízfelületek mennyisége stb. A felsorolt antropogén eredetű kiváltó okok közös vonása, hogy szabályozhatók. Ez esélyt ad arra, hogy kockázat megelőző és kezelő stratégiák kifejlesztésével a hőhullámok negatív következményeit megelőzzük, vagy legalább csökkentjük.

A cikkben a városi hősziget detektálására Budapest példáján olyan műholdfeldolgozást mutatunk be, amely elősegítheti a hősziget csökkentése érdekében a hatékony településrendezési eszközök megvalósítását. A bemutatásra kerülő anyagok részben a „A városok termális és humán bioklimatikus módosító hatásainak analízise és modellezése felszíni és műholdas felmérések alapján, az eredmények kiterjesztése” című, 2012-ben lezárt OTKA_A_07-1-2008-0008 eredményei. A hazai tapasztalatokat kiegészítjük a közép-európai térség országaira adaptálható szabályozás szintű ajánlásokkal. Ez utóbbi fejezet ízelítő az UHI, azaz városi hősziget rövidítésű Közép-európai Program (3CE292P3) keretében jelenleg folyó együttműködés kezdeti eredményeiből (<http://www.eu-uhi.eu>).

Városi hősziget detektálása műholdfelvételekkel

A hőmérséklet nagyfelbontású területi eloszlása képezi a hősziget vizsgálá-

tok alapját. A városi hősziget meghatározásához infravörös műholdfelvételeket 1977-óta használnak. A távérzékelési eszköz nem a hagyományos ún. „felszín”, azaz 2 méteresen mért hőmérsékletét méri, hanem a felülről látható felszínnek (tető, burkolat, vegetáció, vízfelület stb.) kisugárzását érzékeli, amiből számított értéként áll elő az ún. kinetikus felszínhőmérséklet. A műholdas mérés alapján előállított felszíni városi hősziget (SUHI – Surface Urban Heat Island) jellemzői, a napi és éves menete eltér a felszíni mérésből származó indexétől. Az SUHI napi maximuma a nappali órákban detektálható, míg a felszín közeli mérések szerint a léghőmérséklet csúcstérték az esti, kora éjszakai órákban következik be.

Kezdetekben NOAA műholdfelvételek a segítségével igazolták, hogy a nagy városi agglomerációkban a hősziget akár 15 °C-ot is elérhet. Napjainkban a legnagyobb felbontású felszínhőmérséklet adatokat a NASA (<http://www.nasa.gov/>) Föld Megfigyelő Rendszerének kvázipoláris műholdjain elhelyezett ASTER szenzor biztosítja, melynek termális infravörös felvételei 90 m-es felbontásúak. A képek csak eseti megrendelésre állnak rendelkezésre, ily módon csak esettanulmányokra alkalmazhatóak. Ez a térbeli felbontás mikroszkálájú feldolgozást tesz lehetővé, vagyis egy pixel nagyjából megegyezik egy átlagos méretű budapesti háztömb méretével, ezáltal nagyobb ipari és kereskedelmi épületek, összefüggő zöldfelületek hőmérsékletek beazonosíthatók.

A városszerkezet és hősziget kapcsolata

A Budapest felett készült műholdképeken kimutathatók városi hőszigetfoltok. Az OMSZ feladata (a K68277 OTKA pályázatban) azon okok feltárása, ame-

lyek a városi hősziget-hatás kialakulásához vezetnek. A támogatás lehetőségét adott arra, hogy több hazai kutatóműhely munkáját összeillesszük. Az ELTE Meteorológia Tanszékén sok éve folyik az ASTER infraképek alkalmazása a városi hősziget szerkezetének minél pontosabb megismerése érdekében (http://nimbus.elte.hu/kutatas/sat/sat_lst.html, Dezső 2009). A Corvinus Egyetem Tájépítészeti Karán a Tájtervezési és Területfejlesztési Tanszékén felmerült az igény hasonló vizsgálatok lefolytatására és az eljárás továbbfejlesztésére. Az infravételeken szereplő hőmérsékleti adatok jól megmutatják az adott felszín termális módosító hatását, ezáltal alkalmas eszköz a hőszigetet kiváltó és ellensúlyozó megoldások felismerésére. Tervezői szempontból a hőszigetet befolyásoló területhasználati módok, a felszínborítottság és a felületminőség beazonosítása a feladat, amely részletesen Oláh András Béla (2012) dolgozatában olvasható. Az alábbiakban az OMSZ-szel közösen folytatott kutatási eredményekből adunk ízelítőt.

A hőmérséklet területi eloszlásának megjelenítéséhez az előző fejezetben bemutatott 90 méteres felbontású ASTER infravörös felvételeiket használtuk fel. A pixel értékek közötti hőmérsékletkontraszt alapján kiválaszthatóak azok az objektumok, amelyek melegebbek vagy hűvösebbek a környezetük. A képpontok beazonosítása érdekében a terület felhasználási tervlapjait (FSZKF, Fővárosi Szabályozási Keret) és a Google Earth képet fedvénybe kellett hozni. A műholdképek Budapestre vett 60 kmx60 km négyzetes kivágata 700x830 pixel értéket tartalmazott, ebből belvárost reprezentáló két mintaterületre (VIII. és a XIV. kerület) készült részletes elemzés.

Ezt követően olyan képsorozatok készültek, melyek adott küszöbhőmérséklet felett világos és az alatt sötét területeket mutatnak. A küszöb hőmérsékletek a minimum értékből kiindulva 1 °C-onként



növekedtek. Ily módon nagyon szignifikáns eredményeket adódtak az egyes terület-használati módok és az adott terület-hez tartozó felszínhőmérsékletek (ill. hőmérséklettartományok) között. Különböző évszakokra összesen öt napra készült esettanulmány, amikor túlnyomórészt derült volt az ég és legfeljebb 4 m/s szél fújt a nap folyamán. A kompozit képek a 2001. július 6-i (2. ábra) nyári helyzetet illusztrálják.

A felszíni mérések szerint Budapest belterületén aznap a legmagasabb hőmérséklet 28,3 °C volt. A távérzékelési eszközzel felülről mért kinetikus hőmérséklet lényegesen eltér ettől. A legalacsonyabb értéket (13 °C) egy felhőfoslányról észlelt visszaverődés okozta, a legmagasabbat (53 °C-ot) különböző fémfelületek (pl. vasút, ipari épület). A 33 °C jelű képen látható sötét foltok a Kerepesi temető, az Orczy-kert és kisebb parkok, közkertek.

Az összes vizsgálatból általánosan levonható következtetések az alábbiak:

A zöld felületek minden évszakban csökkentik a városi hősziget mértékét, viszont legnagyobb mértékben a vegetációs időszak csúcán, a nyári időszakban fejtik ki hűtő hatásukat. Rendkívül fontos az állomány színezettsége, és igazán hatékony akkor lehet, ha nagyméretű, záródó lombkoronával rendelkezik a faállomány. Ezek nyári időszakban a nagyobb udvarok területén is több Celsius-fokkal alacsonyabb hőmérsékletet eredményezhetnek.

A vízfelületek nyáron hűtenek, télen melegítenek, és már egészen kis vízfelületeknek is jelentős klímamódosító hatása van.

A lakóterületek fásítása sokkal kedvezőbb hatású, mintha a beépítési módokat változtatgatnánk. Igaz a beépítési mód alapvetően meghatározza a fásítás lehetséges mértékét.

A kertvárosias beépítés hűvösebb klímát teremt az intenzív lakóterületi beépítésnél. A nagy egybefüggő burkolattal borított területek, a vasúti és gyártelepek pedig a város legforróbb pontjai lehetnek télen-nyáron egyaránt.

A rossz hőtechnikai tulajdonságú nagyméretű, jellemzően fémlemez és üveg tetőfedések jelentősen növelik a hősziget mértékét a közvetlen környezetükben, téli időszakban az ilyen nagy hővesztés az épület fűtési energiaigényének növekedésével is együtt jár.

Módszerek az UHI megelőzésére

A klímamodellek számításai szerint az európai városokban kialakuló magas hőmérsékletű napok száma, gyakorisága és

fennmaradásának időtartama és intenzitása a jövőben növekedni fog. Az európai demográfiai tendenciák azt mutatják, hogy a veszélyeztetett idős, 65 éven felüliek aránya el fogja érni a lakosságának 30%-át. Az előreláthatólag növekvő kockázat ellenére – a felmérések tanúsága szerint – a megelőzés terén sok még a tennivaló. A hősziget előfordulását csökkentő, kockázatokat megelőző és kezelő stratégiák kifejlesztésére az UHI projekt keretében létrejött egy nyolc közép-európai városból álló nemzetközi konzorcium, melynek tagjai:

- Modena-Bologna nagyvárosi régió (IT)
- Padova és Velence között kialakult lakott területek (IT), Bécs (AT),
- Stuttgart (GE),
- Varsó (PL),
- Ljubljana (SI),
- Prága (CZ) és
- Budapest (HU).

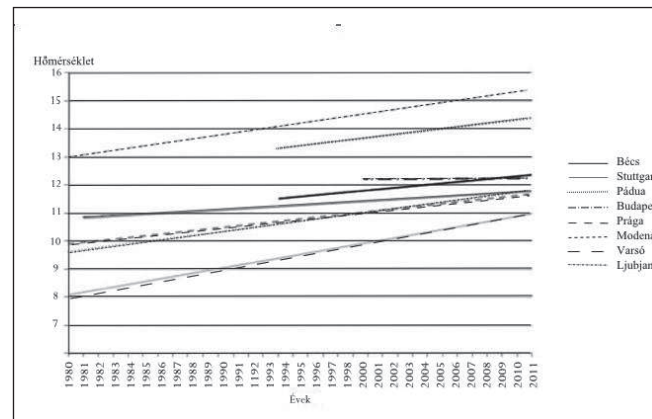
A projekt sajátossága, hogy a résztvevő tagországok képviselői eltérő intézmények szakértői: meteorológusok, városrendezők, építészek, helyi közigazgatási szervek munkatársai, politikai döntéshozók. Az együttműködés keretében az egyes területek meteorológiai mérő-

tében van lehetőség. Ennek alapvetően két módja van: egyrészt a beépített területek arányának rögzítése, meghatározása, másrészt a természetes (víz és zöld) felületekkel való gazdálkodással. Az alábbiakban néhány – az UHI projekt keretében ajánlott (UHI Report of WG3) – „best practice” megoldást ismertetünk. A városi hősziget-hatás jelentkezésének elsődleges oka az, hogy a városi felületeknek (pl. beton, aszfalt stb.) eltérő a rövidhullámú sugárzás visszaverő képessége. A tetők, burkolatok stb. anyaga jellemzően „sötét”, alacsony albedójú, emiatt több napsugárzást képes elnyelni, jobban felmelegszik, mint a természetes felszín. Egy település összesített albedója elég alacsony, 10–15%-os lehet. Számos esettanulmány igazolja, hogy a városi albedó 10–20%-os növelése az egyik leghatékonyabb megoldása annak, hogy a város légtérének hőmérsékletét akár 2–3 °C-kal is csökkentsen. Ennek egyik módszere a magasabb albedójú burkolatok alkalmazása.

A napsugárzás 52%-a infratartományba esik. A hagyományos tetőfedő anyagok tipikus reflektivitása kicsi, a sugárzásnak csaknem 85–95%-át képesek elnyelni, ezáltal meleg nyári napon akár 90 °C-ra is felmelegszene. A „hideg tetők” albedója 70%, ezáltal a tető hőmérséklete legfeljebb 40–60 °C-ra melegszik fel. A tetők átfestése vagy magas albedójú tetőanyagok használata nemcsak az elnyelést, hanem a napi hőingást is csökkenti, továbbá kíméli a tetőszerkezetet.

A „zöld tetők”

1880-as években Németországban terjedtek el. Az intenzív iparosítás idején gyúlékony kátrányt használtak a tetők fedésére, amelyet tűzvédelmi okokból sóderrel és homokkal szórtak le. Az üledékben lévő magok kicsíráztak és a tető kiszöldült. Száz évvel később Berlinben még 50 ilyen épület állt sértetlenül. Becslések szerint hasonló megoldással a tetők élettartama a hagyományos háromszorosára növelhető. A korszerű zöldtető nemcsak növeli a visszavert sugárzást, hűti a lakótereket, hanem kedvező a biodiverziás számára, továbbá az intenzív csapadék lefolyását is késlelteti.



3. ábra. Évi átlagos hőmérséklet-változások 1980 és 2011 között az UHI-projekthez csatlakozott városokban (Mahdavi et al. nyomán)

hálózatait egységes rendszerbe kívánják integrálni, közös módszereket és városi körülmények között is alkalmazható numerikus modelleket adaptáljanak. Fontos célja a projektnek olyan közös nyelv és dokumentumok használata, amely az eltérő szakterületek közötti kommunikációt elősegíti.

A vizsgált városok évi átlagos hőmérsékletét hasonlíthatjuk össze a 3. ábrán. Ebben a vizsgálatban olyan városi meteorológiai állomások szerepelnek, amelyek mérései nagyobb területre reprezentatívnak tekinthetők.

A városi hősziget-hatás tartós mérésére a városrendezési tervek kere-



Hőhullámok idején épületeken belül a komfortérzet megőrzése érdekében a légkondicionáló készülékek használata időben és teljesítményben is megnő. A klímaberendezések energiafelhasználása egyes években meghaladja a téli fűtési szezon energiaszükségletét, ráadásul többlet hő légszennyezéssel is jár. A negatív hatások mérséklése érdekében az aktív hűtőeszközök alkalmazása helyett a passzív hűtési módokat célszerű előnybe részesíteni. Az alternatív megoldások összegyűjtése és szabványosítása jelenleg is folyó kutatások tárgyát képezi.

A közterületek burkolata túlnyomórészt beton és aszfalt, melyek jellemzően a sugárzás 60%-át nyelik el, ezáltal a felszín csúcshőmérséklete 48–67 °C-ra is felmelegedhet. Los Angelesre végzett számítás szerint a burkolatok 25%-ának vízáteresztő típusúra történt cseréje kb. 0,6 °C-os hőmérséklet-csökkenést eredményez.

A vízfelületek hűtő, télen melegítő hatása egyértelműen igazolt. Az előző fejezetben ismertetett vizsgálat szerint csupán 20 m széles vízfelület esetén is jelentős mértékű (5–8 °C-os) hűtő hatást mutattak ki. A Duna esetében a hatás akár több mint 10 °C-os is lehet (Oláh A. 2012).

A vegetáció a közvetlenül a mikroklímára fejt ki a hatását. A hősziget-hatás mérséklésében a növényzet elsődleges szerepe az árnyékolás. A növényzet a felszínre jutó napsugárzást akár 70–90%-al is képes csökkenteni. A párolgás szintén jelentősen hozzájárul a szűkebb környezet hűtéshez. A két hatás együttesen a fák lombkoronája alatt átlagosan 5 °C-kal alacsonyabb hőmérsékletet okozhat. Természetesen ez az eltérés függ a fa fajtájától, korától, az állomány elrendezésétől. A fák lombja éjjel a felszín közeli kisugárzást csökkenti, ezáltal melegen tartja a felszínt.

A parkok esetén a párolgás az elsődleges hűsítő folyamat, ugyanis a természetes környezetben a párolgás mértéke 300%-kal nagyobb, mint a beépített területeken. Meghatározó tényező a parkok elhelyezkedése, mérete és az öntözés típusa, gyakorisága. A berlini nagy parkok átlagosan 2 °C-kal hűvösebbek a városi környezetüknél. Firenzében pedig megfigyelték, hogy a kertvárosok gyorsabban melegsznek fel, mint a belváros, de alacsonyabb a csúcshőmérsékletük és a napnyugtát követően gyorsabban lehűlnek.

A különböző beépítési módok lényegesen befolyásolják az egyes városrészek felszínhőmérsékletét. Budapesten a Bajza utca két oldalán vizsgálva a zárt-

soros és a szabadon álló típusú beépítéseket, a zárt soros beépítésű terület felszínhőmérséklete 3–4 °C-kal bizonyult melegebbnek, mint a szabadon álló beépítéssel jellemzett terület felszínhőmérséklete. A budapesti eredmények összegzése olyan szabályozási, tájépítészeti és építészeti megoldásokat tartalmaz, melyekkel a város klímája előnyösen alakítható (Oláh A, 2012).

A városi hősziget példáján is szemléltethetjük, hogy a meteorológiai információk felhasználása a városstervezésben és városüzemeltetésben is fontos alapja a problémák enyhítését célzó intézkedéseknek. Aujeszky László (1946) máig is érvényes soraiban az alábbi módon fogalmaz: „A meteorológiai adottságok kellő figyelembevételével nem nélkülözhető a városrendezés és a városfejlesztés munkájában. Az éghajlat káros következményeit és a nagyváros elkerülhetetlen ártalmait városrendezési beavatkozásokkal nagymértékben lehet enyhíteni. Az éghajlati előnyök kellő kiaknázása pedig ugyancsak fontos és hálás feladat, amely szintén messzemenően szolgálja a városrendezés célját: a virágzó, egészséges és szép városok alakítását.”

Kutatásainkat az OTKA K 68277, K 67626 számú pályázatok támogatták.

Irodalom

- Aujeszky L., 1946: A városrendezés meteorológiai alapelvei, Városi Szemle XXXIII (44 oldal).
- Dezső Zs., Bartholy J., Pongrácz R., 2010: A városi hősziget műholdas vizsgálata Magyarország nagyvárosaiban. Természet Világa 2010. június 254-258.
- Lakatos M., Bihari Z., Nagy A., Putsay M., Simon A., Szabó P., Szépszó G.: Hőhullámmal köszöntött be a szünidő http://www.met.hu/ismeret-tar/erdekessegek_tanulmanyok/index.php?id=269&hir=Hohullammal_koszontott_be_a_szunido
- Roth M., 2011: International Journal of Climatology, Vol 31, Issue 2
- Oláh A. B., 2012: A városi beépítettség és a felszín típusok hatása a kisugárzási hőmérsékletre. Doktori értekezés (Témavezető: Mezösné Szilágyi Kinga)
- UHI Report of WG3: Review of the present knowledge on urban heat islands (UHI) - Possible adaptation and mitigation measures. <http://www.eu-uhi.eu/index.php>
- Mahdavi, A., Orehoung, K., Kiesel, K., Vuckovic, M. and Aleksandrowicz, O.: Observations on UHI effect in participating cities. UHI project report WP5

Elhunyt a lombikbébi „atyja” Sir Robert Geoffrey Edwards

1925. szeptember 27. – 2013. április 10.



Vannak fontos tudományos eredmények, születnek korszakalkotó felfedezések, melyek megváltoztathatják mindennapjainkat, de olyan innováció, melynek segítségével 30 év alatt több mint 4 millió gyermek születhetett meg világszerte, csak egy van.

Volt egyszer egy bátor, kortársai által sokat kritizált kutatócsoport, melynek tagjai az emberi fogantatás első pillanatait próbálták meg labor körülmények között modellezni és elindítani. Robert Edwards és nőgyógyász kollégája, Patrick Steptoe 1978. július 25-én sajtókonferencián jelentették be Louise Brown, az első lombikbébi-beavatkozás, az *in vitro* fertilizáció során fogant gyermek megszületését.

2010-ben Nobel-díjjal ismerték el Robert Edwards munkáját, amely az *in vitro* fertilizáció módszerének megalkotásához vezetett. Eredményei tették lehetővé a meddőség hatékony kezelését, amely világszerte a reprodukív korú párok több mint 10%-ának életét keseríti meg. Az orvostudomány egy új ága jöhetett létre, melyben mérföldkövet jelentett munkássága.

E sorok a Természet Világa 2011. áprilisi számában jelentek meg az említett Nobel-díj átadását követően. A leírtak a mai napon is érvényesek, aktuálisak, azonban egy mondatot módosítanunk kell, hiszen már nem 4 millió, hanem közel 5 millió gyermek megszületésének örülhettek boldog szülei.

Robert Edwards hosszú, és minden bizonnyal igen boldog élete, munkássága, humanizmusa, kreativitása, hihetetlen és állandóan megújuló belső energiája példaértékű mindannyiunk számára.

ZÁDORI JÁNOS