

A LOKÁLIS KLÍMAZÓNÁK TERMIKUS SAJÁTÓSÁGAINAK ELEMZÉSE – SZEGEDI ESETTANULMÁNY –

EVALUATION OF THE THERMAL FEATURES OF THE LOCAL CLIMATE ZONES – A CASE STUDY IN SZEGED –

Lelovics Enikő, Unger János, Gál Tamás

SZTE TTIK, Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék, 6701 Szeged, Pf. 653, lelovics@geo.u-szeged.hu

Összefoglalás. Vizsgálatunkban a szegedi, 2008-ban végzett városi mobil léghőmérsékleti mérések adatait hasonlítjuk össze a területre jellemző beépítettség jellegével, amit a meteorológiai mérőállomások környezetének objektív jellemzésére, elsősorban városklimatológiai alkalmazás céljára létrehozott Lokális Klímaazonák rendszerébe történő besorolással adunk meg.

Abstract. In our study the connection between air temperature of an urban area and the its built-up features was examined in Szeged. Air temperature was measured during a mobil measurement campaign in 2008. Built-up features were characterized with the usage of Local Climate Zones system, which was designed for objective characterization of the surroundings of weather stations.

Bevezetés. Definíció szerint a városklíma olyan helyi éghajlat, amely a beépített terület és a regionális éghajlat kölcsönhatásának eredményeként jön létre (WMO 1983). A városi hatások – melyek közül a legszembetűnőbb a

ban történtek ilyen mérések kétszer, még hozzá repülőgépről végzett hőkamerás felvételezéssel párhuzamosan (Rakonczai et al. 2009, Unger et al. 2010). Jelen vizsgálatunk során az LCZ zónák lehatárolását a város területén



1. ábra: A mintaterület a mérési útvonallal
(a: városias jellegű terület, b: vízfelület; c: főbb utak, d: mérési útvonal)

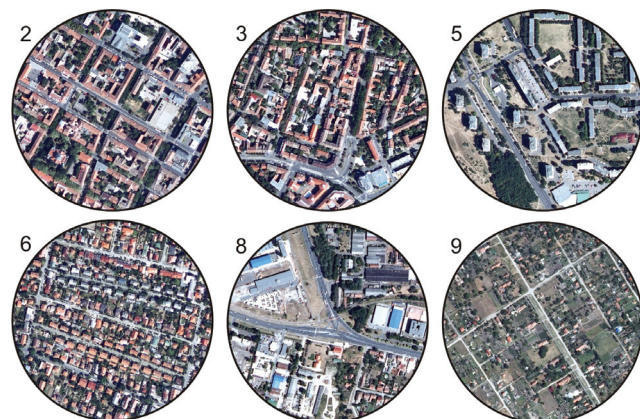


2. ábra: A Szegeden előforduló beépített LCZ típusok térképe
(2: kompakt, közepes; 3: kompakt, alacsony; 5: nyitott, közepes; 6: nyitott, alacsony; 8: kiterjedt, alacsony; 9: alig beépített) és a mérési útvonal (pirossal)

hőmérsékleti többlet, a városi hősziget – erősségét hagyományosan egy vagy több városi, illetve ahhoz közeli beépítetlen, és így vidékinek tekinthető helyen mért értékek különbségeként értelmezzük (Oke 1987). A különböző helyeken folyó vizsgálatokban nem csak a település méretéből és jellegéből adódnak a különbségek, hanem nagy jelentősége van annak is, hogy a vizsgált mérőhelynek milyen a lokális és mikroskálájú környezete. Általában a mérőműszerek elhelyezése a helyi adottságok függvényében igen változatos (pl. lakótelep, iskolaudvar, park, leburkolt tér), ami az eredmények összehasonlíthatóságát megnehezíti (Stewart 2007). A mérőhelyek objektív, éghajlati szempontú jellemzésére többféle rendszer létezik, az egyik legújabb a Lokális Klímaazonák (Local Climate Zones, LCZ) rendszere (Stewart és Oke 2012).

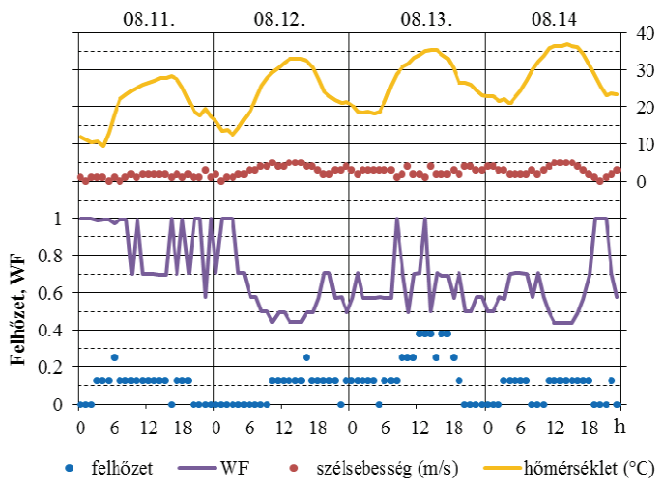
Szegeden az autókra szerelt szenzorokkal végzett mobil léghőmérsékleti méréseknek nagy hagyománya van (Unger és Sümeghy 2001). Legutóbb 2008 augusztusá-

térinformatikai módszerekkel végeztük el (Unger et al. 2013). Tanulmányunk célja, hogy (1) a két mérési napon kapott léghőmérsékleti értékeket összevegyük a területre jellemző, beépített jellegű LCZ típusokkal, (2) feltárjuk



3. ábra Példák a vizsgált területen előforduló beépített LCZ kategóriákra

az adott típusú területek termikus reakcióinak különbségeit, és ezáltal végeredményben – szegedi adatokkal is alátámasztva – igazoljuk az osztályozás helyességét és szükséges voltát.



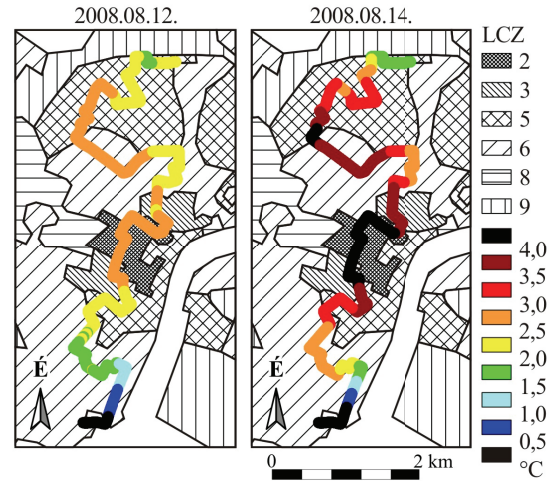
4. ábra: A Szegeden mért meteorológiai adatok 2008.08.11. és 2008.08.14. között

Vizsgált terület, hőmérsékleti mérések. Szeged az ország legalacsonyabban fekvő területén található, mentes a domborzat és a nagyobb víztömeg klímamódosító hatásaitól, ezért kifejezetten alkalmas a városklíma sajátosságainak tanulmányozására. Területét sokféle beépítettség jellemzi, a parkoktól a családi házakon keresztül a tízemeletes panelházakig, a tömör házsorokkal és jelentős részben burkolt felszíni belvárostól a külvárosi raktárház- és ipari negyedekig.

2008 nyarán két alkalommal végeztünk mobil hőmérsékleti méréseket, a város egy É-D-i keresztmetszetét jelentő, 11,8 km hosszú útvonal mentén (1. ábra). Erre a célra két olyan időpontot választottunk ki (augusztus 12. és 14.), amikor ezeken és e napokat megelőző napokon az időjárási körülmények kedvezőek voltak a felszín klímamódosító hatásának érvényesüléséhez, azaz a szél gyenge és az égbolt enyhén felhős, ill. derült volt. Ebben az időszakban az egyetemi meteorológiai mérőállomás (Unger és Gál 2011) adatai alapján a besugárzás zavartalan (szabályos napi globálsugárzási menet, 810–860 W/m²-es maximum értékekkel), a szél mérsékelt volt (a legnagyobb szélsébség az időszakban 4,7 m/s, a mérések alatt pedig 3,1 m/s), míg a napi minimumhőmérséklet 17 °C kö-

rül, a napi maximumhőmérséklet pedig 28–36 °C körül alakult.

A mérések időpontjának kiválasztásánál a mobil mérésekkel egyidőben zajló, repülőről történő hőkamerás fel-



5. ábra: A mérési útvonal menti hőmérsékleti többlet (°C) 2008.08.12. és 2008.08.14. 19:00 UTC-re vonatkozóan, valamint az érintett LCZ típusok

vételezéshez kellett igazodni. Az alkalmazott hőkamerát (FLIR ThermoCam P65) nappal a direkt sugárzás zavaró hatása miatt, este 10 után pedig a térségben érvényes repülési tilalom miatt nem lehetett használni, így a mérések közvetlenül a naplemente (17:57 UTC) után, 18:30–19:30 UTC között zajlottak (Rakonczai et al. 2009). A kapott értékek feltehetően egy kissé alábecslését jelentik az egyes városi területek hőmérsékletnövelő hatásának, ugyanis a maximális termikus reakció általában a naplemente utáni 3-5 órás időszakban mutatható ki (Oke és Maxwell 1975).

A felszíni mérést a korábbi tapasztalatok alapján végeztük (Unger és Sümeghy 2001). A hőmérsékletet mérő szenzor (DCP D100089 HiTemp) 1,45 m magasan, az autó eleje előtt 0,60 méterrel helyezkedett el, hogy a motor hőszennyezése ne befolyásolja a mért értékeket. Az adatrögzítés (LogIT DataMeter 1000 adatgyűjtő) 2 másodpercenként történt, azaz 20-25 km/h-s haladási sebesség esetén 10-14 méterenként. A mérések helyét GPS vevő rögzítette, a kényszerű megállások idején mért adatokat utólag töröltük.

A mérés során a kijelölt útvonal bejárása oda-vissza történt, ezért alapul véve azt, hogy a léghőmérséklet rövid időn be-

1. táblázat: LCZ típusok és jelölésük (Stewart és Oke, 2012)

Beépítettséggel jellemezhető típusok		Felszínborítással jellemezhető típusok		Változó felszínborítási jellemzők	
LCZ 1	kompakt (beépítés), magas (épületek)	LCZ A	fák, sűrű (elhelyezkedés)		
LCZ 2	kompakt (beépítés), közepes (épületek)	LCZ B	fák, ritka (elhelyezkedés)	b	lombtalan fák
LCZ 3	kompakt (beépítés), alacsony (épületek)	LCZ C	bokros, bozótos	s	hótakaró
LCZ 4	nyitott (beépítés), magas (épületek)	LCZ D	alacsony növényzet	d	száraz talaj
LCZ 5	nyitott (beépítés), közepes (épületek)	LCZ E	csupasz szikla / burkolt	w	nedves talaj
LCZ 6	nyitott (beépítés), alacsony (épületek)	LCZ F	csupasz talaj / homok		
LCZ 7	könnyű (-szerkezetű), alacsony (épületek)	LCZ G	víz		
LCZ 8	kiterjedt, alacsony (épületek)				
LCZ 9	alig beépített				
LCZ 10	nehézipari				

lül közel lineárisan változik (Oke és Maxwell 1975), az odaúton és a visszaúton mért értékek átlagolásával létrehozott értékek a mérés középidejére (19:00 UTC) vonatkoznak. Ez két lépésben történt, először az útvonalat 15 méteres szakaszokra osztva külön-külön átlagoltuk az adott szakaszra eső, odaúton mért, illetve visszaúton mért értékeket, majd vettük ezek átlagát.

Lokális Klímazónák térképe. A Lokális Klímazónák osztályozási rendszere alapvetően a meteorológiai mérőállomások környezetének objektív jellemzésére szolgál, abból a szempontból, hogy ezek a területek mennyire ké-

2. táblázat: Az LCZ rendszer jellemző paramétereit
(Stewart és Oke 2012)

Paraméter típusok és mértékegységeik	
Geometriai, felszínborítottsági	Termikus, radiatív
égboltnálhatóság	hőátadási tényező, $\text{Jm}^{-2}\text{s}^{-1}\text{K}^{-1}$
magasság/szélesség arány	
épület alapterület arány (%)	felszíni albedó
vízszóró felszín arány (%)	
vízáteresztő felszín arány (%)	
érdességi elem magassága (m)	antropogén hőkibocsátás, Wm^{-2}
terepi érdességi osztály	

pések befolyásolni a helyi klímát (Stewart–Oke 2012). Alapjait az elmúlt évtizedek ez irányú vizsgálatainak eredményei (pl. Auer 1978, Ellefsen 1991, Oke 2004, Stewart–Oke 2009) a városi meteorológiai mérésekkel kapcsolatos irodalom áttekintése (Stewart 2007), és a világ számos városi és külterületi mérőhely – többek között a szegedi – környezetének terepi bejárásán alapuló felmérése jelentette. Összességében a rendszer 10 beépített (LCZ 1–10) és 7 felszínborítási típust (LCZ A–G) különít el (1. táblázat).

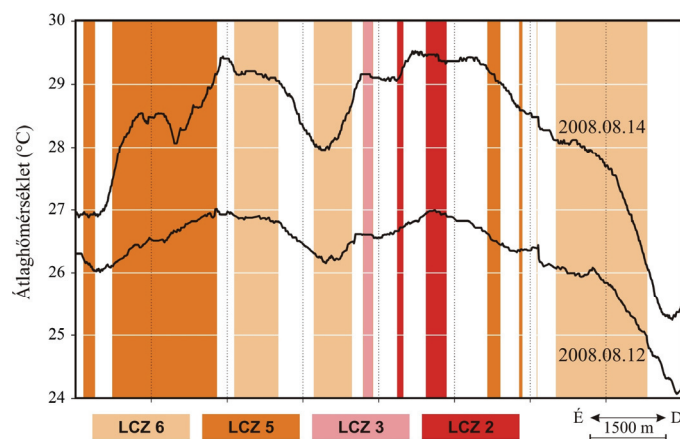
Az LCZ rendszer elemei definíció szerint olyan, kb. néhány száz métertől néhány kilométerig terjedő területek, amelyek többé-kevésbé egységes felszínborítással, szerkezettel, anyag típusokkal és emberi tevékenység okozta energia-kibocsátással jellemezhetők (Stewart és Oke 2012). Ezek objektív elkülönítése a felszín azon paramétereit alapján történik, amelyek fontosak a felszín termikus reakciói szempontjából. Ezek a felszín sugárzási, hőtani tulajdonságait, geometriáját és felszínborítását jellemzik (2. táblázat). Lényeges tehát, hogy ez a kategória-rendszer egy nagyobb terület általános jellemzésére alkalmas, így egy kisebb parkot, tavat vagy nagyobb épületet nem tekintünk külön LCZ-nek, hanem nagyobb, hasonló területeket jelölünk ki, emiatt egy homogénnek tekintett területen belül is van némi változatosság.

Az említett paraméterek kiszámítása érdekében bemenő adatokként a következőket használtuk fel: egy vektoros állományt, ami Szeged épületeinek alaprajzát és magasságát tartalmazza (Unger 2006), az ez alapján számított 5 méteres felbontású SVF adatbázist (Gál et al. 2009), egy 5 sávós, 5 méteres térbeli felbontású RapidEye (2012) műholdfelvételt, egy 0,5 m felbontású ortofotót, 1:10 000 EOTR térképszelvényeket, egy vektoros úthálózati adatbázist, valamint a Corine Land Cover felszínborítási adatbázist (Bossard et al. 2000). A számítási módszerek részletes leírását Unger et al. (2013) tartalmazza. Néhány típus nem megfelelő elkülöníthetősége miatt helyenként

légfelvételek és a helyismeretünk alapján korrigáltuk a zónák kijelölését. Eredményként a 2. ábrán látható térképet kaptuk.

A 3. ábra egy-egy tipikus példát szolgáltat a városban előforduló beépített jellegű LCZ kategóriákra, ortofotóból kivágott részletek segítségével, ahol a körök sugara 250 méter. Ezek a területek a módszerünk révén kijelölt viszonylag homogénként kijelölt zónák belsejében vannak.

Vizsgálatok és eredmények. Oke (1998) definiálja az ún. időjárási tényezőt (weather factor, WF), aminek az a szerepe, hogy az aktuális időjárást számszerűen értékelje



6. ábra: A léghőmérséklet menete az útvonal mentén a két mérés idején, valamint az LCZ típusok belső területei

abból a szempontból, hogy az mennyire kedvező a felszíni lokális hatások érvényesüléséhez. A kiszámítására egy empirikus képlet szolgál, ami figyelembe veszi a felhőzet mennyiségét, fajtáját és a szélsébséget. Így egy összetett mérőszámot alkot, ami 0 és 1 közötti értéket vehet fel. Például Stewart et al. (2013) szerint azokat a mérési időszakokat érdemes figyelembe venni, amikor $\text{WF} > 0,7$. A kiszámításához szükséges adatokat az órás SYNOP (WMO, 2009) táviratokból vettük (OGIMET 2013), melyek a Bajai úti (külterületi) OMSZ állomásról származnak.

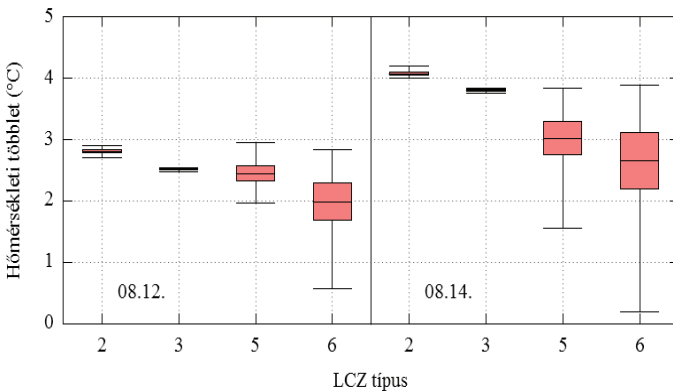
A vizsgált időszakokra vonatkozólag (2008.08.11–08.14) a bemenő adatok és a kiszámított WF értékek menetét a 4. ábra mutatja be. Az egyszerűbb ábrázolás érdekében a felhőzet mennyiségét októrtól tizedre számítottuk át. A WF értékek végig 0,45 fölöttinek adódtak, és a méréseket megelőző napokon rendszerint kedvezőbbek voltak (0,7–1 és 0,5–1), míg a mérési napokon – legalábbis napközben – valamivel kevésbé (élénkebb szél, 12-én főleg Cirrus spissatus, 14-én főleg Cumulus mediocris felhőzet).

A mobil mérések útvonala a Szegeden megtalálható beépített LCZ típusok közül az LCZ 5, LCZ 6 és LCZ 3 területén kétszer, míg az LCZ 2-n egyszer haladt át, míg az LCZ 9 és az LCZ 8 területeket nem érintette (2. ábra).

A két mérési napon a hőmérséklet térbeli eloszlása nagyon hasonló volt (5. ábra), bár a lokális különbségek a 14-ei mérés során jelentősebbek voltak, ami összhangban van azzal, hogy estére a nappali erős besugárzás idején képződött gomolyfelhők megszűntek, és a szél is elállt ($\text{WF}_{08.12.19:00}=0,71$ és $\text{WF}_{08.14.19:00}=1,00$). A leghidegebb

és legmelegebb szakaszok különbsége $2,94\text{ °C}$, illetve $4,28\text{ °C}$ volt. A szűkebb területre koncentráló 5. ábra alapján megfigyelhető az összefüggés az LCZ típusok és a hőmérsékleti többlet nagysága között, de látszik egy ennél kisebb térszkálájú mintázat is.

Leválogattuk a mérési útvonal pontjai közül azokat, amelyek valamelyik LCZ típus belsejébe esnek, annak határától több mint 100 méterre. Erre azért van szükség, mert két homogén terület határának közelében lévő mérőpontoknak a forrásterülete – a környezettől és az aktuális légköri viszonyoktól függően – nem feltétlenül esik kizárólag az adott területre (Oke 2004), így a szélektől bel-



7. ábra: A kijelölt területeken mérhető hőmérsékleti többlet szélsőértékei, átlaga, szórása

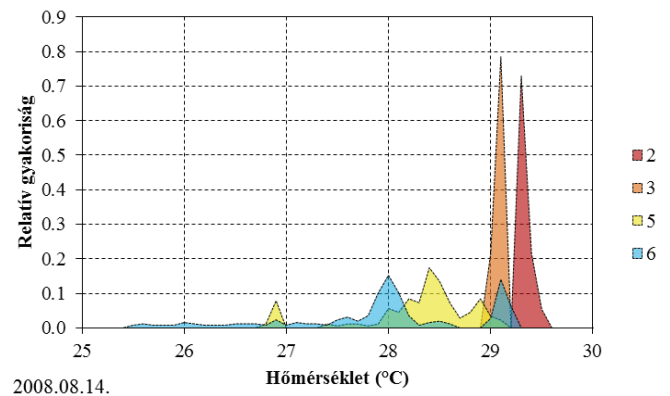
jobb lévő területek sokkal inkább reprezentatívoknak tekinthetők az adott LCZ típusra nézve.

A léghőmérséklet menetét az útvonal mentén a 6. ábra szemlélteti, kiegészítve az adott típus lehatárolt belső részeinek helyzetével. Északon az út nagy területen halad az LCZ 5-ben, melyben a beépítettség igen változatos, tízemeletes lakótelepi épületek, parkolók, és fákkal sűrűn benőtt területek találhatók rajta, azaz nem teljesen homogén, ami meglátszik a hőmérséklet menetében is. A város déli részén hosszabb mérés történt LCZ 6 területen, ami nagyrészt családi házakat jelent, illetve a város szélén található vasúti területek is ehhez a zónához lettek sorolva. Itt látszik, hogy a városközponttól távolodva a hőmérséklet fokozatosan csökkent. A sűrűn beépített területek a város központi részén találhatók, területük az előbbieknél kisebb, így ezeket a mobil mérések is rövidebb úton érintették.

A 7. ábra azt mutatja be, hogy az egyes területeken milyen tartományon belül fordulnak elő a hőmérsékleti értékek. Látszik, hogy míg hasonlóan magas értékek előfordulnak nagyjából mindegyik területen, addig az alacsonyabb értékek kifejezetten csak a ritkábban beépített, illetve alacsonyabb épületekkel rendelkező zónákon belül találhatók. Az LCZ 3 esetén a hőmérséklet a mérési útvonal mentén térben alig változott, de ebben az esetben kifejezetten kis területről van szó, mindössze 14 mérési pont volt egy 210 m hosszú szakaszon. Csak az augusztus 14-ei mérést tovább részletezve, a 8. ábra szerint az LCZ 5 és 6 területén a hőmérséklet eloszlása hasonló, de az LCZ 5 esetén a leggyakoribb értékek körülbelül $0,5\text{--}1\text{ °C}$ -kal magasabbnak mutatkoznak.

Mivel a mért hőmérséklet térbeli eloszlása alapján szembevetendő az LCZ-knél kisebb térszkálájú helyi hatások jelentősége, így ortofotókon beazonosítottuk azokat a helyeket, amelyek a nagyobb léptékű környezetükhöz képest kiugróan eltérő hőmérsékletűek voltak (9. ábra). Itt a 08.14-ei mérés adatait vettük figyelembe, mivel ezen a napon a lokális különbségek jóval nagyobbak voltak.

Az A pont előtt az útvonal a körtöltés mellett halad, onnan fordul be a lakótelepi rész belsejébe. A B ponton található lokális hőmérsékleti maximum két forgalmas út, a Rókusi-krt. és a Csongrádi sgt. kereszteződésében található, tőle kb. 100 méterre egy valamivel hűvösebb rész



8. ábra: A kijelölt területek hőmérsékletének eloszlása 2008.08.14-én

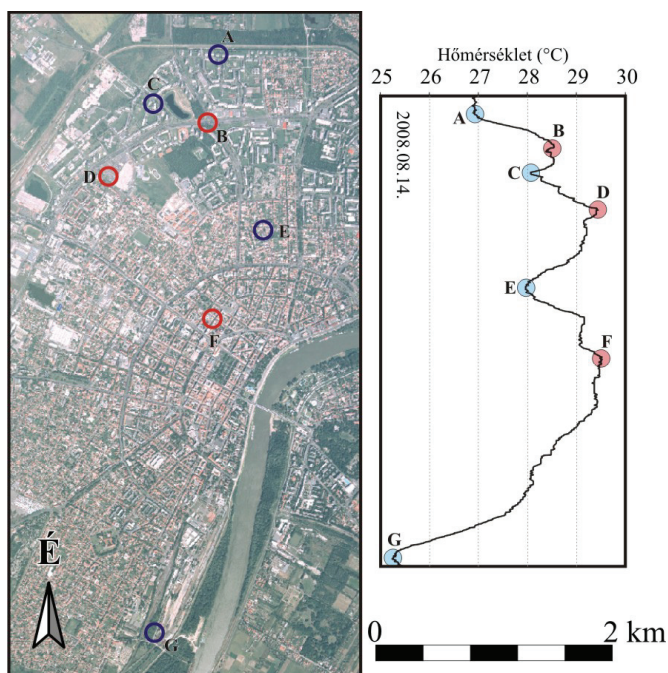
található a Vér-tó melletti, és a Rókusi-krt. déli oldalán található fás terület között. C-vel jelöltünk egy még hűvösebb pontot, ami a Vér-tótól 80 m-rel nyugatra található, egy parkos környezetben. A D pont a mérés során érintett egyik legmelegebb pont, ami a Rókusi-körúti Tesco áruház parkolóját jelenti, északról tízemeletes, délről pedig 3-4 emeletes panelépületek veszik körbe. Az E-vel jelölt, hűvösebb pont környezetében 2-3 emeletes épületek találhatók, az utcák mentén ugyan sűrűn elhelyezkedve, de közöttük a telkeken nagy kiterjedésű zöldfelületek találhatók, sok fával. A legmagasabb hőmérsékletű, belvárosi F pont környezetét sűrűn beépített, 3-4 emeletes épületek jelentik. Ezen a területen a hőmérséklet egyenesen magas. Legalacsonyabb a hőmérséklet a beépített terület szélén (G pont), amely a Tisza és a vasúti pálya között található.

Összegzés. Vizsgálatunk során összehasonlítottuk a 2008 augusztusában, két esti mobil mérés során detektált léghőmérséklet értékeit a területre jellemző beépítettség jellegével. A beépítettség jellemzését a Lokális Klímazónák osztályzási rendszerének alkalmazásával hajtottuk végre, amihez a területek lehatárolását korábbi vizsgálataink során végeztük el.

Megvizsgáltuk a mérések idején uralkodó időjárási körülményeket is. Az időjárási tényező értéke alapján a második mérés időpontja jóval alkalmasabb volt a felszín klímamódosító hatásának érvényesüléséhez. Ezzel összhangban a vizsgált területen mérhető hőmérsékleti értékek által átfogott tartomány $2,94\text{ °C}$ és $4,28\text{ °C}$ volt, ami a WF értékeinek alkalmazhatóságát támasztja alá.

A továbbiakban leválogattuk azokat a mérési szakaszokat, amelyek valamelyik lehatárolt zóna belsejébe esnek,

mivel ezek sokkal inkább reprezentatívak az adott területre nézve. Megvizsgáltuk a léghőmérséklet térbeli eloszlását, amely alapján megfigyeltük egyrészt a különböző mértékben beépített típusok eltérő hőmérsékletét, másrészt a kijelölt területeknél kisebb léptékű (pl. forgalmas utakhoz, zöldfelületekhez, nagy kiterjedésű burkolt területekhez kötődő) változatosságot. Beazonosítottuk a környezetükhöz képest kiugróan hideg és meleg foltokat, majd megállapítottuk, hogy milyen kisebb léptékű környezethez kötődnek ezek az eltérések. A mért hőmérsékleti értékek maximuma két területhez köthető: az LCZ 2 szélén, ahol 3-4 emeletes épületek helyezkednek el sűrűn, illetve az LCZ 5 és LCZ 6 határán kiugróan meleg objektumként jelentkezett egy áruházzal parkolója. Az LCZ 5 területén a hőmérséklet menete eléggé változatos, ahogy a terület beépítettsége is (tízemeletes panelházak és fákkal sűrűn benőtt területek váltogatják egymást mozaikszerűen), míg az LCZ 6 nagy területet fog át, amelyen a beépítettség foka a magasabb, belvárosiasabb jellegű résztől a családi házas övezeten keresztül a város széléig többé-kevésbé folytonos átmenettel csökken le, és ugyanígy csökken a területen kifelé haladva a léghőmérséklet is. A belső részekhez kapcsolódó típusok (LCZ 2 és LCZ 3) kisebbek és termikusan kevésbé változatosak.



9. ábra: A második mérési napon mért hőmérséklet jellegzetes pontjai grafikonon (2008.08.14. mérés) és ezek helye a szegedi ortofotón

Köszönetnyilvánítás. A kutatást az OTKA PD-100352 és az IPA Cross Border Cooperation Programme HUSRB/1203/122/166. számú projektje (URBAN-PATH), valamint Bolyai János Kutatási ösztöndíj támogatta.

Irodalom

Auer, A.H., 1978: Correlation of land use and cover with meteorological anomalies. *Journal of Applied Meteorology* 17, 636–643.

- Bossard, M., Feranec, J. és Otahel, J., 2000: CORINE land cover technical guide – Addendum 2000. *Technical report No 40. European Environment Agency, Copenhagen.* 105 p.
- Ellefsen, R., 1991: Mapping and measuring buildings in the canopy boundary layer in ten U.S. cities. *Energy and Buildings* 15–16, 1025–1049.
- Gál, T., Lindberg, F. és Unger, J., 2009: Computing continuous sky view factor using 3D urban raster and vector data bases: comparison and application to urban climate. *Theoretical and Applied Climatology* 95, 111–123.
- OGIMET 2013: <http://www.ogimet.com> (utolsó hozzáférés: 2013.10.01.)
- Oke, T., R., 1987: *Boundary layer climates.* (2nd ed.). Routledge, London–New York, 435 p.
- Oke, T., R., 1998: An algorithmic scheme to estimate hourly heat island magnitude. In *Preprints of Second Urban Environment Symposium*, Boston, MA, American Meteorological Society, 80–83.
- Oke, T., R., 2004: Initial guidance to obtain representative meteorological observation sites. *WMO/TD No. 1250*, Geneva, 47 p.
- Oke, T., R. és Maxwell, G., B., 1975: Urban heat island dynamics in Montreal and Vancouver. *Atmospheric Environment* 9, 191–200.
- Rakonczai, J., Unger, J., Mucsi, L., Szatmári, J., Tobak, Z., van Leeuwen, B., Gál, T. és Fiala, K., 2009: A napfény városa naplemente után – Légi távérzékeléses módszerrel támogatott hősziget-térképezés Szegeden. *Földrajzi Közlemények* 133(4), 367–383.
- RapidEye, 2012: *Satellite Imagery Product Specifications*, Version 4.1., 44 p.
- Stewart, I., D., 2007: Landscape representation and the urban-rural dichotomy in empirical urban heat island literature, 1950–2006. *Acta Climatologica et Chorologica* 40–41, 111–121.
- Stewart, I., D., és Oke, T., R., 2009: A new classification system for urban climate sites. *Bulletin of the American Meteorological Society* 90, 922–923.
- Stewart, I., D. és Oke, T., R., 2012: Local Climate Zones for urban temperature studies. *Bulletin of the American Meteorological Society* 93, 1879–1900.
- Stewart, I., D. és Oke, T., R. és Kravenhoff, E., S., 2013: Evaluation of the ‘local climate zone’ scheme using temperature observations and model simulations. *International Journal of Climatology*, DOI: 10.1002/joc.3746
- Unger, J., 2006: Modelling of the annual mean maximum urban heat island with the application of 2 and 3D surface parameters. *Climate Research* 30, 215–226.
- Unger, J. és Sümeghy, Z., 2001: A városi hőmérsékleti többlet: keresztmetszet menti vizsgálatok Szegeden. *Léggör* 46(4), 19–25.
- Unger, J., Gál, T., Rakonczai, J., Mucsi, L., Szatmári, J., Tobak, Z., van Leeuwen, B. és Fiala, K., 2010: Modeling of the urban heat island pattern based on the relationship between surface and air temperatures. *Időjárás* 114, 287–302.
- Unger, J. és Gál, T., 2011: Automata állomáspár Szegeden – A városi klímamódosító hatás online megjelenítése. *Léggör* 56), 93–96.
- Unger, J., Lelovics, E., Gál, T. és Mucsi, L., 2013: A városi hősziget fogalom finomítása a Lokális Klímazónak koncepciójának felhasználásával – példák Szegedről. *Földrajzi Közlemények* (megjelenés alatt).
- WMO, 1983: Abridged final report, 8th session. Commission for Climatology and Applications of Meteorology, *World Meteorological Organization (WMO N°600)*, Geneva.
- WMO, 2009: Manual on Codes – International codes. Volume I.1 – Part A – Alphanumeric codes. *World Meteorological Organization (WMO N°306)*, ISBN 978-92-63-10306-2. WMO, Geneva, Switzerland. 504 p.