

A VÁROSI HŐSZIGET TERÜLETI ELOSZLÁSÁNAK TÖBBVÁLTOZÓS LINEÁRIS STATISZTIKUS MODELLJE

Bottyán Zsolt¹ – Unger János²

Összefoglalás

A városi hősziget térbeli kifejlődését nagymértékben meghatározzák a városi felszín – természetestől jelentősen eltérő – beépítettségi és geometriai viszonyai. Munkánk célja az, hogy számszerűsítsük a különböző területhasznosítású felszínek és a város hőmérséklet-emelő hatását reprezentáló napi maximális átlagos hősziget-intenzitás közötti mennyiségi kapcsolatot. A városi hőmérsékleti többlet területi eloszlásának meghatározásához mobil méréseket végeztünk Szegeden 1999 márciusa és 2000 februárja között, különböző meteorológiai feltételek mellett. A vizsgálat során a városi felszínt jellemző tényezők közül a beépítettségi arányt, az égbolt-láthatóságot (sky view factor) és az épületmagasságot alkalmaztuk, valamint a város központjától mért távolságot is beépítettük modellünkbe, figyelembe véve a város erősen koncentrikus szerkezetét. A vizsgált időszakot felbontottuk két félévre (fűtési és nem-fűtési), mivel a korábbi vizsgálatok alapján kiderült, hogy az eltérő évszakos meteorológiai feltételek mellett a hőmérsékleti többlet nagysága és eloszlása is különbözik. A max. hősziget-intenzitás területi eloszlása mindkét félévben alapvetően koncentrikus szerkezetű, de lokálisan jelentős eltérések is előfordulnak. A fűtési szezonban a legmagasabb átlagos maximális intenzitás értéke 2,1°C, míg a nem-fűtési félévben 3,1°C felett volt és mindkét időszakban a város centrumában helyezkedett el a maximuma. A vizsgált paraméterek és a maximális hősziget-intenzitás közötti kapcsolat meghatározására a lineáris regresszióanalízist alkalmaztuk, melyet megelőzött a paraméterek egyenként való elemzése. Ennek eredményeképpen két igen erős sztochasztikus kapcsolatra épülő lineáris egyenletet kaptunk, melyek a varianciaanalízis során 0,1%-os szinten is reálisnak bizonyultak. Ezen egyenletek alapján a szegedi vizsgált területre mindkét félévre meghatároztuk az átlagos max. hősziget-intenzitás térbeli eloszlását, ami jól közelíti a mért adatokból előállított hőmérsékleti mezőt. Az átlagos abszolút eltérés mindkét esetben kevesebb, mint 0,5°C-nak adódott. A modell jó kiindulási alapot szolgáltat az időben változó meteorológiai elemek bevonásával egy olyan modell kidolgozásához, amely a hősziget térbeli és időbeli eloszlásának előrejelzésére is alkalmas lehet. Mindezek mellett a kapott eredmények alkalmazhatóak más – Szegedhez hasonló méretű – városok hőmérséklet-emelő hatásának becsléséhez is.

Bevezetés

A városi települések egyik legfontosabb éghajlat módosító hatása az a hőmérsékleti többlet, amely az erősen urbanizált részek és a külterületek közötti jelentős különbséggel reprezentálható. Ez a többlet alakítja ki a világszerte széleskörűen vizsgált ún. városi hőszigetet, melynek nagysága (intenzitása) a városon belül szignifikáns időbeli és térbeli változást mutat (*Oke, 1997; Kuttler, 1998*). A városi hősziget legerősebb napi kifejlődésének vizsgálata, kifejlődésének nyomon követése és regisztrálása meglehetősen nehéz feladat a naponta változó meteorológiai viszonyok miatt. Általánosságban elmondhatjuk, hogy a hősziget markáns kifejlődéséhez kedvező időjárási helyzetet a csapadék hiánya, a szélszend vagy gyenge szél és a kevés felhőzet jellemzi. A kialakult hősziget intenzitásának maximumát leggyakrabban néhány órával napnyugta után tapasztalhatjuk (*Oke and Maxwell, 1975*).

A sajátos városi éghajlat – így a hősziget – kialakításában meghatározó szerepet játszó fizikai folyamatok rendkívül bonyolultak, hiszen időbeli lefutásuk gyors, valamint egy erősen változó geometriájú és sokféle anyagminőségű városi felszínen keresztül fejtik ki hatásaikat. Ennek ellenére léteznek dinamikus-fizikai modellek ezen folyamatok leírására, így pl. energiaegyenleg-modell (*Tapper et al., 1981; Johnson et al., 1991*), hőtárolási-modell

¹ Bottyán Zsolt PhD hallgató, zbottyán@solyom.szrfk.hu, Szegedi Tudományegyetem Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék

² Dr. Unger János (PhD) egyetemi docens, unger@geo.u-szeged.hu, Szegedi Tudományegyetem Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék

(Grimmond *et al.*, 1991) és vízegyenleg-modell (Grimmond and Oke, 1991). Hozzá kell azonban tenni, hogy a fenti modellek – jóllehet finoman hangolhatóak –, nagy számításgényük, bonyolult paraméterezésük és a kezdeti feltételekre való nagyfokú érzékenyséjük miatt, teret kell engedjenek a statisztikus alapon történő modellkészítésnek.

Ennek megfelelően találhatunk a szakirodalomban a hősziget intenzitásának becslésére statisztikus modelleket is, pl. szélesség, területhasználati típusok és népesség alapján (Park, 1986), rövidhullámú besugárzás, szélesség és felhőzet mennyisége alapján (Chow *et al.*, 1994), valamint beépítettségi arány, magasság, szélesség, idő és hőmérsékleti amplitudó felhasználásával (Kuttler *et al.*, 1996).

Munkánk során – a fentiekből kiindulva – statisztikus modellegetek segítségével adunk becslést az átlagos maximális városi hősziget-intenzitás területi eloszlására Szegeden, figyelembe véve a városi felszín komplex geometriai és beépítettségi tulajdonságait, valamint a fűtési igény szerinti évszakos változékonyságot.

Vizsgált terület és módszerek

Szeged földrajzi elhelyezkedése (orográfiai zavaró tényezőktől mentes síkságon fekszik), népességszáma (kb. 160.000 lakos 1998-ban) és a különböző városmorfológiai típusok fellelhetősége (sűrű beépíttségű belváros, nagy panelházak alkotta lakótelepek, ipari körzetek, családi házas kertvárosi övezetek, parkok zöldterületei, a várost átszelő Tisza folyó és a külterületek mezőgazdasági földterületei) különösen alkalmassá teszi a várost arra, hogy egy – orográfiától – gyakorlatilag zavartalan városi éghajlat jellegzetességeit tanulmányozzuk.

A vizsgálathoz szükséges hőmérsékleti értékeket az 1999. március és 2000. február között mérőautóval elvégzett mérési sorozat szolgáltatta, melynek során a város északi és déli területeiről kaptunk (külön-külön, egyidejű) adatokat különböző meteorológiai viszonyok mellett. A méréshez és a további vizsgálatokhoz egy egységes – a beépített városrészeket nagyrészt lefedő – mintegy 27 km²-es 0,5x0,5 km-es gridhálót fektettünk a területre, melyben a mérési útvonalak északi és déli változatát is meghatároztuk (1. ábra).

1. ábra Az adatgyűjtés területe és az alkalmazott 0,5x0,5 km-es gridháló, valamint (a) É-i terület, (b) D-i terület, (c) átfedési zóna, (d) É-i mérési útvonal, (e) D-i mérési útvonal és (f) a jelenleg vizsgált terület határa Szegeden, valamint a mérési kezdőpont (R)



Az ábrán vastag vonallal határoltuk le azt a területet, amelynek gridcelláit bevontuk a jelen vizsgálatba, ugyanis a későbbiekben tárgyalandó beépítettségi paraméterek – technikai okok miatt – csak a zónán belüli rácshálóra voltak meghatározhatóak. Tekintettel a terület nagyságára, a pontosabb mérés érdekében egy adott napon csak az északi vagy csak a déli területen történt mérés, melynek időtartama kb. 3 óra volt. A mért adatokat cellánként átlagolva, elvégezve a lineáris korrekciót és ebből kivonva a külterületen elhelyezkedő Aerológiai Observatórium (Országos Meteorológiai Szolgálat) hőmérsékleti értékét (R), megkaptuk minden egyes cellára vonatkozóan az aznapi maximális hősziget-intenzitás értékét (Unger *et al.*, 2000). Az éves periódus során két időszakot különítettünk el a fűtési igény, így az antropogén hőtermelésből adódó hőtöbblet eltérései alapján: a fűtési időszakot (október 16 – április 15), illetve a nem-fűtési időszakot (április 16 – október 15). Így lehetővé vált, hogy ezekre a (fizikai-energetikai szempontból) különböző fél évekre határozzuk meg az átlagos maximális hősziget-intenzitás területi eloszlását Szegeden.

A városi felszín sajátosságai közül elsőként minden gridcellához hozzárendeltünk egy beépítettségi arányt (%-ban kifejezve), melynek meghatározása a SPOT műhold XS felvételének kiértékelésével, GIS módszerek kombinálásával, majd az ún. Normalizált Vegetációs Index (Normalised Vegetation Index – NDVI) számításával történt (Unger *et al.*, 1999).

A korábban említett felszíni geometriát két jellegzetes paraméterrel reprezentáltuk. A városok épületeinek elhelyezkedése az utcahálózat kialakulásához vezet, vagyis az utcák lényegében magas házakkal, mint oldalfalakkal szegélyezett mély, keskeny "völgyként" jelennek meg. Az így kialakuló utcamentés az ún. kanyongeometria. Rendkívül fontosak ezek a magas házak szegélyezte szélesebb-szűkebb utcák, hiszen a város hosszuhullámú sugárzasi egyenlegében fontos szerepet játszanak azzal, hogy a sugarak jelentős részét elnyelik és nem sugározzák ki az égbolt felé. Ez a városi felszínnek és a hozzájuk kapcsolódó légtér – külterülethez viszonyított – lassúbb lehűléséhez vezet az éjszakai órákban.

Célszerűnek látszott tehát az, hogy bevezessünk egy olyan mérőszámot, mely minden egyes gridcella esetében megad egy átlagos „égbolt-láthatósági” értéket. Ez a szakirodalomban többször használt index a sky view factor (SVF), amelynek értéke a teljes égbolt láthatósága esetén 1, míg teljes korlátozás mellett 0 (Oke, 1988). Az SVF cellánkénti értéke terepi teodolitos mérések adatainak kiértékelésével került meghatározásra (Purnhauser és Zboray, 2000).

Fontos tudnunk még azt is, hogy az adott égbolt-láthatósági index (SVF) milyen magasságú épületek, mint oldalfalak mellett lép fel, mert nyilvánvaló, hogy a kisugárzás csökkenésének abszolút mértéke nagyobb, ha az épületek magasabbak, és így a csapdába ejtett hő mennyisége is jelentősebb. Ezért - a fent említett index mellett - minden gridcellához megállapítottunk egy (m-ben kifejezett) átlagos épületmagassági értéket, melyet a teodolitos mérések adatai és légifelvételek térinformatikai módszerekkel való kiértékelésének kombinációjával lehetett meghatározni (Purnhauser és Zboray, 2000). További jellemzőként – az előzetes vizsgálatok eredményei alapján –, a település koncentrikus szerkezetét reprezentáló, városközponttól mért (km-ben megadott) távolságot is bevontuk a vizsgálatba (Unger *et al.*, 2000).

Munkánk során a városi felszín fentebb említett jellemző (statikus prediktor) paraméterei és az átlagos maximális hősziget-intenzitás közötti kapcsolatot határoztuk meg a többváltozós lineáris regresszió-analízis segítségével, mindkét időszakra vonatkozóan. Ennek megfelelően tehát az átlagos napi maximális intenzitást (ΔT) a beépítettségi aránnyal (B), az égbolt-láthatósági index-el (SVF), az épületmagassággal (H) és a központtól mért távolsággal (D) becsüljük.

Eredmények

A mobil mérési technika segítségével kapott és a fentebb említett módon származtatott átlagos maximális hősziget-intenzitás területi eloszlását elemezve megállapítható, hogy mindkét félév során alapvetően koncentrikus jellegű a hősziget elhelyezkedése, mely jól illeszkedik a város hasonló szerkezetéhez, de lokálisan jelentős eltérések is előfordulnak. Általánosságban annyi mondható el, hogy míg a fűtési szezonban a legmagasabb átlagos maximális intenzitás értéke $2,1^{\circ}\text{C}$, addig a nem-fűtésiben $3,1^{\circ}\text{C}$ felett volt és mindkét félévben a város centrumában helyezkedett el a maximuma (Unger *et al.*, 2000).

Miután a feldolgozandó adatok eloszlása alapvetően befolyásolja az alkalmazható vizsgálati módszert ill. a kapott eredmények értelmezhetőségét és értelmezését, ezért előzetesen megvizsgáltuk, hogy empirikus eloszlásfüggvényeik statisztikailag reálisan normális eloszlásúnak tekinthetők-e. Ennek során kiderült, hogy a ΔT , valamint a B faktorok mintája normális eloszlást követ, míg a D, H és az SVF eloszlása nem tekinthető annak. A hipotézis-vizsgálatokat a *khi-négyzet próba* segítségével végeztük el.

E tények ismeretében a paraméterek közötti kapcsolatok realitásának eldöntéséhez – a korrelációs együtthatók helyett – a regressziós együtthatók szignifikanciájára helyeztük a hangsúlyt. Első lépésként azt néztük meg, hogy az egyes faktorok (mint független változók) önmagukban mennyire befolyásolják az átlagos maximális hősziget-intenzitás (mint függő változó) értékét. Így kaptunk egy fontossági sorrendet a paraméterek között, mely sorrend mindkét időszakra megegyezett. A legerősebb kapcsolatot a D, majd csökkenő mértékben az SVF, H és a B tényező mutatta az egyváltozós regresszió analízis során (Ezekiel és Fox, 1970).

Ezután a regresszió-analízis alkalmazásával meghatároztuk a többváltozós lineáris regressziós együtthatókat a fokozatos beléptetés elvét alkalmazva mindkét félév esetében. A beléptetésnél figyelembe vettük a prediktor paraméterek korábban meghatározott erősségi sorrendjét. A kapott regressziós egyenleteket és ezek *F-próbájához* tartozó szignifikancia szintjeit az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat Az átlagos maximális hősziget-intenzitást legjobban közelítő modellegyenletek a különböző paraméterek felhasználásával és az illeszkedések szignifikancia szintjei Szegeden a két vizsgált időszakra vonatkozóan (elemszám, $n = 96$)

| <i>Időszak</i> | <i>Paraméterek</i> | <i>Többváltozós lineáris regressziós egyenletek</i> | <i>Szign. szint</i> |
|--|---------------------|---|---------------------|
| október 16- április 15 (fűtési) | D | $\Delta T = -0,464D + 2,166$ | 0,1% |
| | D, SVF | $\Delta T = -0,304D - 2,221SVF + 3,872$ | 0,1% |
| | D, SVF, H | $\Delta T = -0,312D - 1,154SVF + 0,022H + 2,702$ | 0,1% |
| | D, SVF, H, B | $\Delta T = -0,282D - 1,106SVF + 0,017H + 0,003B + 2,456$ | 0,1% |
| április 16- október 15 (nem-fűtési) | D | $\Delta T = -0,726D + 3,246$ | 0,1% |
| | D, SVF | $\Delta T = -0,569D - 2,175SVF + 4,917$ | 0,1% |
| | D, SVF, H | $\Delta T = -0,582D - 0,457SVF + 0,036H + 4,917$ | 0,1% |
| | D, SVF, H, B | $\Delta T = -0,541D - 0,389SVF + 0,029H + 0,004B + 4,917$ | 0,1% |

Miután a mért és a számított adatok egy sokaságból vett mintának tekinthetők, így fontos azt tudnunk, hogy mennyire bízhatunk a többváltozós regressziós együtthatók pontosságában. Ezért az egzakt alkalmazáshoz szükséges *szórás* és az ezzel igen szoros kapcsolatban lévő *95%-os konfidencia-intervallumok* alsó és felső határait is megadtuk (2. táblázat). A táblázat adatai alapján jól látható, hogy a legnagyobb bizonytalanság a SVF paraméter együtthatója

esetében jelenik meg. Ez abból adódik, hogy ez az a faktor, melynek (definíciójából adódóan) a legszélsőségebb a területi eloszlása.

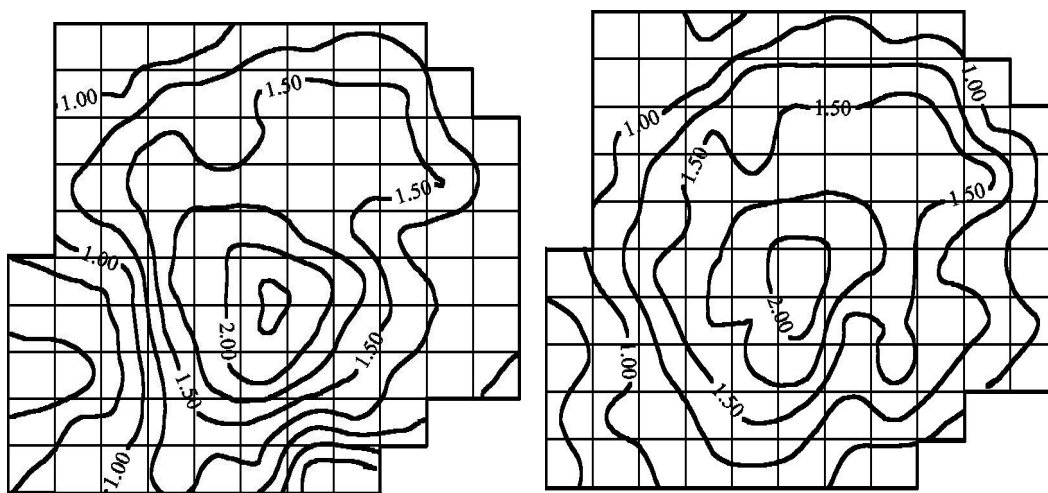
2. táblázat Az átlagos maximális hősziget-intenzitás közelítésére használt paraméterek regressziós együtthatóinak mintából való becslése és a becslés konfidencia intervallumai Szegeden a két vizsgált időszakra vonatkozóan (elemszám, $n = 96$)

| Időszak | Paraméterek | Együtthatók | Szórás | Konfid. Intervallum (95%) | |
|---|-------------|-------------|--------|---------------------------|-------------|
| | | | | alsó határ | felső határ |
| október 16- április 15 (fűtési) | D | -0,2824 | 0,0473 | -0,3764 | -0,1885 |
| | SVF | -1,1060 | 0,5221 | -2,1430 | -0,0690 |
| | H | 0,0173 | 0,0073 | 0,0029 | 0,0317 |
| | B | 0,0032 | 0,0014 | 0,0004 | 0,0059 |
| április 16- október 15 (nem-fűtési) | D | -0,5405 | 0,0561 | -0,6520 | -0,4290 |
| | SVF | -0,3894 | 0,6193 | -1,6200 | 0,8408 |
| | H | 0,0290 | 0,0086 | 0,0119 | 0,0461 |
| | B | 0,0044 | 0,0016 | 0,0012 | 0,0077 |

A munkánk legfontosabb eredményének számító két 4-változós modellegyenlet (félkövér szedés az 1. táblázatban) statisztikailag igen erős lineáris kapcsolat meglétét igazolja, ezért biztonsággal állíthatjuk, hogy a négy figyelembe vett statikus prediktor paraméter alapján megfelelő pontossággal lehet becsülni a hősziget maximális intenzitását. Az is nyilvánvaló, hogy a nem fűtési időszakban a modell is markánsabb ΔT értéket jelez, mint a fűtésiben, ami összhangban van a mért adatokkal.

A továbbiakban – a két modellegyenletet alkalmazva – előállítottuk mindkét időszakra vonatkozóan a ΔT paraméter területi eloszlását Szegeden. Ehhez minden gridcella esetén, amelyekhez rendelkezésünkre állnak a prediktor paraméterek adatai, kiszámítottuk a becsült ΔT -t és a kapott értékeket izovonalak segítségével ábrázoltuk a várost lefedő gridhálón (2. ábra). Az ábrázolás során alkalmazott interpoláció a *Kriging-eljárás* volt, mely gyakran alkalmazott módszer hasonló feladatok esetében.

2. ábra (a) A mért és (b) a modellegyenlet segítségével számított átlagos maximális városi hősziget-intenzitás területi eloszlása a vizsgált területen a fűtési időszakban Szegeden

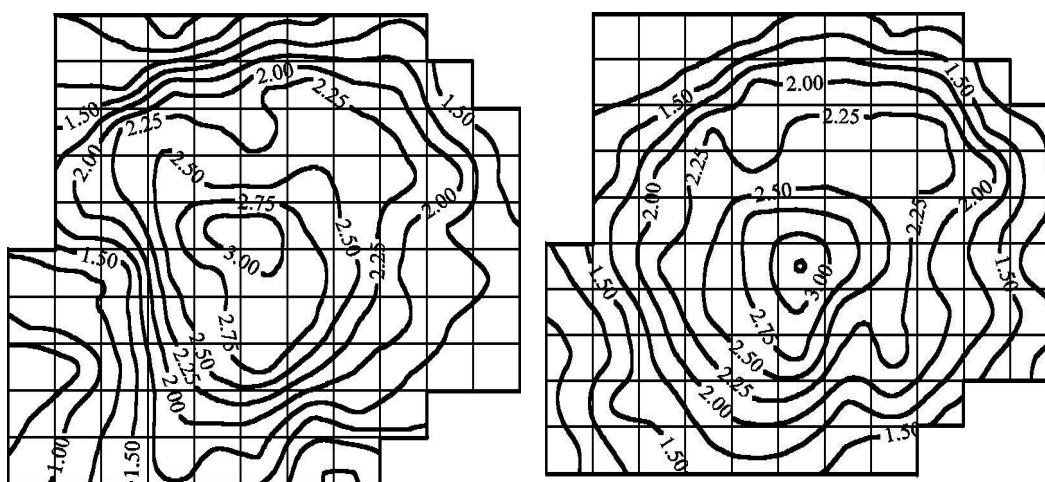


A fűtési szezonra kapott területi eloszlás izovonalainak futása jól követi a mért értékekből megrajzolt kétdimenziós eloszlás vonalainak rajzolatát, ugyanakkor természetesen eltérések is

kimutathatók. Markánsan megjelenik a vonalak kinyúlása ÉK-i irányban a nagy kiterjedésű panelházak alkotta lakótelep (Tarján) irányába és így torzul a hősziget koncentrikus jellege. Az is jól megfigyelhető, hogy a Tisza mentén kissé megtörik a görbék futása, mintegy jelezve a folyó enyhén módosító, kissé hűtő közegét. Az is észrevehető, hogy a modell kevésbé tudja jól követni azokon a helyeken a hőmérséklet változását, ahol ez gyorsabban megy végbe (sűrűsödnek a vonalak), vagyis nagy a hőmérsékleti gradiens értéke (Ny-i és DK-i területek), jóllehet az izovonalak futása alapvetően azonos. Ennek oka, hogy azokon a területeken más – általunk figyelembe nem vett – egyéb tényezők is befolyásolják a hősziget kialakulását és a mintavételezés is ritkábban történt errefelé (a mérési útvonal területi struktúrája nem lehet optimális). Az okok között kell még megemlíteni a modell linearitását, mely egyszerűsége folytán jól kezelhető ugyan, de természetéből adódóan nem teszi lehetővé a gyorsan változó paraméter nagyobb pontosságú becslését. Azt is megállapítható, hogy a modell a városközpontban alábecsüli a ΔT értékét mintegy $0,2-0,3^\circ\text{C}$ -kal (2. ábra).

A nem-fűtési időszakban a mért ΔT mező markánsabb hősziget intenzitást mutat, mint a fűtési szezonban. Ugyanakkor azok a koncentricitást megtörő hatások, melyekről fentebb beszéltünk, szintén jelentkeznek (3. ábra).

3. ábra (a) A mért és (b) a modellegyenlet segítségével számított átlagos maximális városi hősziget-intenzitás területi eloszlása a vizsgált területen a nem-fűtési időszakban Szegeden

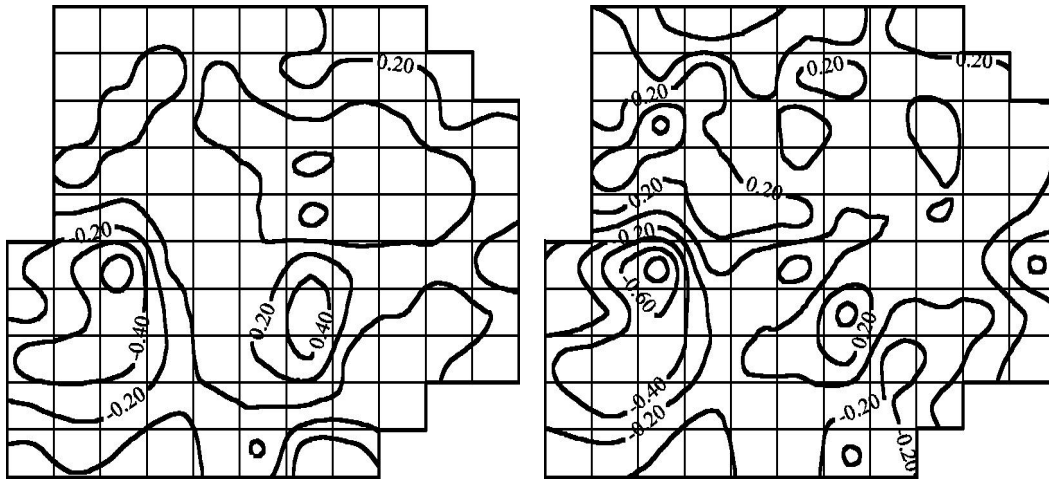


Itt is megfigyelhető, hogy ÉNy felé van egy kevésbé erős kinyúlás a rókusi és újrókusi lakótelepek irányában. Másrészt fontos észrevenni, hogy ebben az időszakban rendkívül gyorsan csökken a hőmérsékleti többlet az erősen beépített É-i panelházas lakótelepek és a külterületek között. Ennek magyarázata az lehet, hogy nyáron a betonból készült házak nagyon sok hőt tárolnak, míg a környéken kifelé hirtelen csökken az épületek száma és mérete, így a csapdába ejtett hó mennyisége is. Ez az erős gradiens sokszor mérhető, mikro- és mezo-skálán megjelenő légáramlást indukál, melynek iránya a város központi része felé mutat (Kuttler et al., 1996). Meg kell azonban jegyeznünk, hogy míg a hősziget intenzitásában lényeges különbség adódik a két félév között, addig a hősziget területi struktúrájában alapvető különbség nem mutatkozik.

Végül meghatároztuk, majd területileg ábrázoltuk – mindkét időszakra – a mért értékek és a modell által becsült adatok közötti előjeles különbséget (4. ábra). Ennek elemzéséből kitűnik, hogy a város területének jelentős részén (mintegy $\frac{3}{4}$ részén) az eltérés mértéke abszolút értékben $0,4^\circ\text{C}$ alatt marad. Azok a városrészek, amelyeknél ez az eltérés ennél nagyobb, két olyan területet fednek, ahol a beépítettség egy magas értékről (70-80%) hirtelen

leesik (akár 20-30% alá is). Ilyen régió a körtöltés Ny-i határa, a Petőfi Sándor és a Kálvária sgt. által határolt, jórészt beépítetlen felület, valamint helyenként a Tisza vonala. Ide sorolhatjuk még a Kálvária sgt. bevezető szakaszától É-ra elhelyezkedő raktárakat, diszkont áruházakat és üzemeket tartalmazó, ritkán és kis magasságban beépített területet is. Ezeket a kvázi-szingularitásokat a fent említett okok magyarázzák.

4. ábra A mért és a modellegyenletek segítségével számított átlagos maximális városi hősziget-intenzitás előjeles különbségeinek területi eloszlása Szegeden (a) a fűtési és (b) a nem-fűtési időszakban



Következtetések

Jelen tanulmányban városi felszíni paraméterek bevonásával becslést adtunk az átlagos maximális hősziget-intenzitás (ΔT) területi eloszlására a vizsgált féléves időszakokban. Az eredmények a következőkben foglalhatók össze:

- A ΔT mérési adatokból származtatott területi eloszlása Szegeden mindkét időszakban koncentrikus szerkezetű, követve ezzel a város hasonló struktúráját. A hősziget intenzitása a város közepe felé haladva növekszik, de a beépítettség és az eltérő anyagi szerkezetű épületek okozta anomáliák jól megfigyelhetők (panel építésű lakótelepek és ipari negyedek). Ugyanakkor a maximális ΔT értékeinek nagysága jelentősen különbözik a két időszakban, ugyanis a nem-fűtési félévben értékei mintegy 1°C -kal magasabbak, mint a fűtésiben.

- A statisztikai vizsgálatok eredményei alapján a vizsgált paraméterek, így a beépítettségi arány (B), az égbolt-láthatósági index (SVF), az épületmagasság (H) és a központtól mért távolság (D), erős lineáris kapcsolatot mutatnak a ΔT -vel, vagyis a kapott két modell-egyenlet nagy pontossággal írja le a hősziget területi eloszlását (a gridcellánkénti átlagos abszolút eltérés mindkét félévben kevesebb, mint $0,5^\circ\text{C}$).

- A modell által számított hősziget-intenzitási mező szingularitásaiért maga az alkalmazott modell-típus, a vizsgált paraméterek viszonylag kis száma és az adatok területi eloszlásának szabálytalansága a felelős.

- Összességében elmondhatjuk, hogy a statikus paraméterek alapján történő területi statisztikus becslés megbízható alapot szolgáltat a hősziget-intenzitás meteorológiai paraméterek bevonásával történő, időbeli és térbeli eloszlásának előrejelzéséhez, amely kutatásunk további, egyben legfontosabb célja is.

Köszönetnyilvánítás – A kutatást az Országos Tudományos Kutatási Alapprogram (OTKA T/034161) és az Oktatási Minisztérium (FKFP-0001/2000) támogatta. Külön köszönet illeti Dr. Mucsi László egyetemi docent a területhasználati típusok arányainak, Purnhauser Pál és Robotka Ernő egyetemi hallgatókat az SVF értékek, valamint Zboray Zoltán egyetemi hallgatót az épületmagasságok megállapításáért. Ezen kívül köszönet illeti Sümeghy Zoltán tanársegédet az ábrák elkészítésében nyújtott segítségével.

Irodalom

- Chow, S. D., Zheng, J. and Wu, L.*, 1994: Solar radiation and surface temperature in Shanghai City and their relation to urban heat island intensity. *Atmos. Environ.* 28, 2119-2127.
- Ezekiel, M. és Fox, K. A.*, 1970: *Korreláció- és regresszió-analízis*. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest.
- Grimmond, C.S.B., Cleugh, H.A. and Oke, T.R.*, 1991: An objective urban heat storage model and its comparison with other schemes. *Atmos. Environ.* 25B, 311-326.
- Grimmond, C.S.B. and Oke, T.R.*, 1991: An evapotranspiration-interception model for urban areas. *Water Resources Res.* 27, 1739-1755.
- Johnson, G.T., Oke, T.R., Lyons, T.J., Steyn, D.G., Watson, I.D. and Voogt, J.A.*, 1991: Simulation of surface urban heat islands under 'ideal' conditions at night, I: Theory and tests against field data. *Bound. Lay. Met.* 56, 275-294.
- Kuttler, W.*, 1998: Stadtklima. In *Stadtökologie* (eds: *Sukopp, H. und Wittig, R.*). Gustav Fischer, Stuttgart-Jena-Lübeck-Ulm, 125-167.
- Kuttler, W., Barlag, A-B. and Roßmann, F.*, 1996: Study of the thermal structure of a town in a narrow valley. *Atmos. Environ.* 30, 365-378.
- Oke, T.R.*, 1997: Urban climates and global environmental change. In *Applied Climatology* (eds: *Thompson, R.D. and Perry, A.*). Routledge, London-New York, 273-287.
- Oke, T.R. and Maxwell, G.B.*, 1975: Urban heat island dynamics in Montreal and Vancouver. *Atmos. Environ.* 9, 191-200.
- Park, H-S.*, 1986: Features of the heat island in Seoul and its surrounding cities. *Atmos. Environ.* 20, 1859-1866.
- Purnhauser P. és Zborai Z.*, 2000: A városi hősziget és a városi szerkezet összefüggéseinek feltárása terepi és térinformatikai módszerekkel Szegeden. *OTDK dolgozat, Szegedi Tudományegyetem. Kézirat.*
- Tapper, P.D., Tyson, P.D., Owens, I.F. and Hastie, W.J.*, 1981: Modeling the winter urban heat island over Christchurch. *J. Appl. Meteorol.* 20, 365-367.
- Unger, J., Sümeghy, Z., Gulyás, Á., Bottyán, Zs. and Mucsi, L.*, 1999: Modelling the maximum urban heat island. *Proceed. ICB-ICUC'99, Sydney, Australia, ICUC10.4.*
- Unger, J., Bottyán, Z., Sümeghy, Z. and Gulyás, Á.*, 2000: Urban heat island development affected by urban surface factors. *Időjárás* 104, 253-268.