

Dr. Szegedi Sándor<sup>1</sup>

## A nagytérségi időjárási helyzetek hatása a városi hősziget kialakulására Debrecenben és a környező településeken

### 1. Bevezetés

A beépített területeken az összes meteorológiai elem megváltozik kisebb-nagyobb mértékben a külterülethez képest. A klímaelemek változásait a városi térben alapvetően az okozza, hogy a mesterséges felszínnek hő- és vízgazdálkodási tulajdonságai valamilyen mértékben eltérnek a természetes felszínektől. A városi felszín nedvességellátottsága összességében kisebb, mint a természetes felszínké. Ez az energiamérlegen belül az érzékelhető hő arányának a megnövekedését idézi elő a latens hő rovására, tehát hozzájárul a városi hőtöbblet kialakulásához, ami közvetlenül, vagy közvetve minden éghajlati elem változását magával vonja. A városok éghajlatmódosító hatásai között fontos helyet foglal el az egyik legkorábban leírt jellegzetesség, a városi hőmérsékleti többlet az ún. városi hősziget. A városi hőmérsékleti többlet nagyságát a belterület és egy városon kívüli referencia terület hőmérsékleti különbségével jellemezhetjük. Ez a hősziget-intenzitás. A hősziget kialakulásának alapfeltételeit a nagytérségi időjárási helyzetek teremtik meg (LANDSBERG, H. E. 1981). Legerősebb hőmérsékleti többlet derült, szélcsendes időjárási viszonyok közt jön létre, erős szél, felhőzet, és a csapadék megakadályozhatja a hősziget létrejöttét a településeken. Kedvező időjárási feltételek fennállása esetén a hősziget jelenség annál erősebben fejlődik ki, minél nagyobb kiterjedésű a város (OKE, T. R. 1973). A települések klímamódosító hatásának erőssége tehát szoros összefüggésben van a méretükkel, közvetve a lakosságszámukkal. A tanszékünkön 1999 óta folytatott debreceni városi hősziget vizsgálatokat 2003 szeptemberében kiterjesztettük kisebb településekre. Ezt az indokolta, hogy a városklíma kutatás eddig főleg a metropoliszok klímamódosító hatásának vizsgálatára koncentrált, a kisebb települések helyi klímára gyakorolt hatása alig kapott figyelmet. Az ilyen jellegű vizsgálatok a nemzetközi gyakorlatban is ritkák, kevés az ilyen irányú eredmény. A hősziget kialakulásához minimálisan szükséges településméretre vonatkozóan magyar eredmények nem találhatók, így a kutatás ezen a területen a maga nemében hiánypótlónak tekinthető.

### 2. Alkalmazott módszerek

A cél kisebb, vidéki települések és Debrecen összehasonlító vizsgálata útján annak megállapítása, hogy a meteorológiai elemek milyen mértékű módosuláson mennek keresztül a különböző méretű településeken eltérő nagytérségi időjárási helyzetekben, illetve kialakulhat-e hősziget 1000 fő körüli lélekszámú településen.

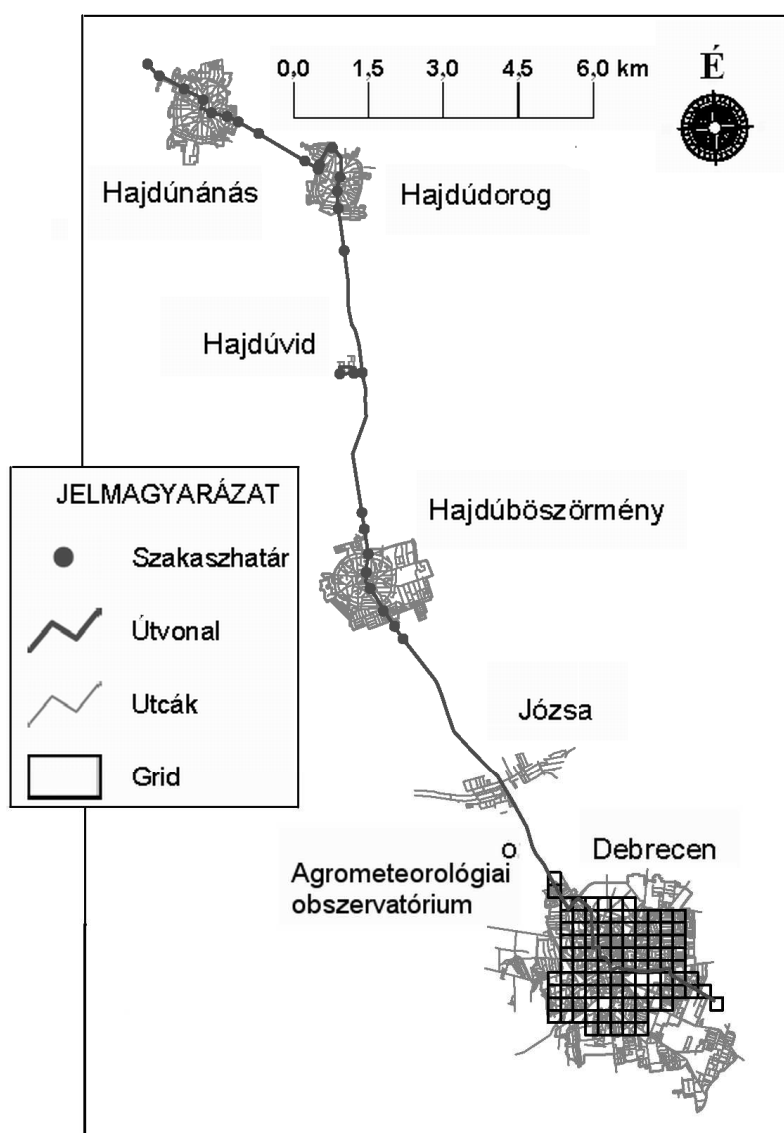
Debrecenhez közeli fekvésű, hasonló természetföldrajzi adottságokkal és szerkezettel rendelkező, az Alföldön gyakori 30 000, 20 000, 10 000 és 1000 fő körüli lakossággal rendelkező településeket választottunk (1. táblázat). A vizsgálatokba Hajdúböszörményt, Hajdúnánást, Hajdúdorogot és Hajdúvidet vontuk be. Debrecen szolgált összehasonlítási alapul, mivel ott korábban már részletes hősziget méréseket folytattunk. A települések síksági fekvése, ahol a domborzat zavaró hatása nem érvényesül, valamint hogy egyiket sem szeli át folyó, kedvez a hősziget fejlődésének.

<sup>1</sup> Dr. Szegedi Sándor Debreceni Egyetem, Meteorológiai Tanszék, Debrecen E-mail: szegedis@puma.unideb.hu

1. táblázat. A vizgált települések lélekszáma a mérési sorozat idején (KSH 2003)

	Debrecen	Hajdúböszörmény	Hajdúnánás	Hajdúdorog	Hajdúvid
lakosságszám	217 000	31 993	18 185	9595	809

A megvalósítás során Debrecenben az előző mérési sorozatnál alkalmazott keresztmetszetet használtuk fel úgy, hogy ÉNy, vagyis Hajdúböszörmény felé kiegészítettük további mérési szakaszokkal. A többi településen a lehetőségekhez mérten É-D-i irányú keresztmetszeteket vettünk fel, amelyek áthaladnak a településen jellemző beépítési-területhasználati típusokon. Egy-egy beépítési típus jelent egy mérési szakaszt (1. ábra). Ezen kívül minden település külterületén kijelöltünk egy városon kívüli háttérnek tekinthető mérési szakaszt. Ezt lokális nulla értéként használjuk fel a hősziget-intenzitás meghatározásához az adott településen.



1. ábra. A negyedik mérési sorozat mérési útvonala a vizsgálatba bevont településekkel, illetve a Debrecenben a korábbi mérésekhez is felhasznált gridhálózat

Havonta két alkalommal, véletlenszerűen kijelölt időjárási helyzetekben történtek a mérések, így lehetőség nyílt az eltérő méretű települések hőszigeteinek különböző időjárási helyzetekben viselkedésének megfigyelésére. A gépkocsira Logit típusú digitális adatgyűjtővel összekötött, hővédő pajzzsal ellátott,  $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  felbontású ellenálláshőmérőt szereltünk fel a tetőre előre kinyújtva. A műszer 10 másodperces mintavételre volt beállítva. A méréseket úgy időzítettük, hogy a beépített- és a külterület közötti legnagyobb hőmérsékleti különbség idején, napnyugta után 3–5 órával legyen a mérés középpideje.

### 3. Eredmények

Az elemzés során a mért városi hőszigeteket az intenzitás alapján kategóriákba soroltuk. A közepesnél gyengébb, még kimutatható hőszigeteket a gyengén kifejlődött hősziget kategóriába soroltuk. Azokat a méréseket, ahol nem alakult ki hősziget egyik településen sem, nem vettük figyelembe, mivel nincsenek elemezhető idő és térbeli különbségek. Az alkalmazott kategória határokat a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat. A negyedik mérési sorozat hőszigeteinek besorolásakor alkalmazott kategória határok

	Erős hősziget (intenzitás $^{\circ}\text{C}$ )	Közepesen erős hősziget (intenzitás $^{\circ}\text{C}$ )	Gyenge hősziget (intenzitás $^{\circ}\text{C}$ )
Debrecen	$\geq 4,0$	4,0–2,0	$\leq 2,0$
Hajdúböszörmény	$\geq 1,8$	1,8–0,9	$\leq 0,9$
Hajdúnánás	$\geq 1,8$	1,8–0,9	$\leq 0,9$
Hajdúdorog	$\geq 0,8$	0,8–0,4	$\leq 0,4$
Hajdúvid	$\geq 0,5$	0,5–0,3	$\leq 0,3$

Az időjárási feltételek vizsgálatánál a városi hősziget kialakulása szempontjából kedvező derült (felhőzet mennyisége 1–2 okta), szélcsendes (szélsebesség 1–2 m/s) feltételeket tekintettük alapnak. Ezen kívül megkülönböztettünk derült-szeles, borult-szélcsendes és borult-szeles körülményeket. Tekintetbe vettük, hogy volt-e hótakaró a mérés idején, illetve eső a mérést megelőző 72 órán belül. Ezen kívül figyelembe vettük, hogy magas, vagy alacsonynyomású légköri képződmény, illetve meleg, vagy hidegfront átvonulása határozta meg az időjárás alakulását a Kárpát-medence térségében.

A vizsgálati időszak hőszigeteit települések szerint a fenti kategóriákba sorolva az előfordult hőszigetek száma alapján a következő kép alakult ki (3. táblázat).

3. táblázat. A vizsgált időszak hőszigeteinek csoportosítása intenzitásuk alapján

	Erősen kifejlődött hősziget (db)	Közepesen erős hősziget (db)	Gyenge hősziget (db)
Debrecen	5	8	11
Hajdúböszörmény	7	4	13
Hajdúnánás	4	8	12
Hajdúdorog	4	5	15
Hajdúvid	3	3	18

Az erős hőszigetek száma 3 és 7 közt van a vizsgált településeken. Még az ezer fő alatti lakosságszámú Hajdúviden is négy esetben alakult ki erős hősziget. A közepesen erős hőszigetek száma 3 és 8 közt volt. A gyenge hőszigetből fordult elő a legtöbb mindegyik településen. Ez jelzi azt, hogy a települések a napnyugta utáni órákban általában – legalább kismértékben – melegebbek a környezetüknél. Igaz ez a legkisebb ezer fő alatti lélekszámú Hajdúvidre is. Gyenge hősziget tehát viszonylag könnyen alakul ki a településeken,

*ugyanakkor csak számos feltétel megléte esetén tud erősen kifejlődni, ami már viszonylag ritka jelenség.*

A fentiekben leírt erős kifejlődésű települési hőszigetek – a várakozásnak megfelelően – a derült-szélcsendes meteorológiai feltételekhez köthetők. Az összes esetek közel negyede tartozik ide. Ezek a mérések anticiklonális makroszinoptikus helyzetekben zajlottak, amikor magasnyomású légköri képződmény stabilizálódott a Kárpát-medence térsége felett. *Erős hőszigetet csak abban az esetben tudunk mérni, ha már legalább mérés előtti pentád során derült szélcsendes időjárás uralkodott.*

Ugyanakkor egy esetben közepes, Hajdúböszörményben és Hajdúnánáson erős kifejlődésű települési hőszigetet detektáltunk borult szélcsendes körülmények között is, annak ellenére, hogy a mérést megelőző napon még 1,8 mm eső is esett. A mérés megelőző napokon ugyanakkor kedvező feltételek uralkodtak, 4 napon át anticiklon alakította országunk időjárását, amit a mérés napján gyenge hidegfront átvonulásához kapcsolódó felhősödés zavart meg.

Ez rávilágít a meteorológiai előzmények jelentőségére, hiszen egy közepes, vagy erős települési hősziget kifejlődése több napig tartó folyamat, *a mesterséges felszínnek jelentős hőtároló képessége miatt a települési hőtöbblet jelentős része „öröklődik át” egyik napról a másikra. Ennek megfelelően egy erős hőszigetet egyetlen nap kedvezőtlen időjárása nem tüntet el. Másrészt, kedvezőtlen előzmények után, 24 óra alatt kedvező feltételek között is legfeljebb közepes intenzitású hősziget alakulhat ki.*

A közepes intenzitású hőszigetek között az időjárási feltételek alapján mindegyik csoportba tartozó előfordult.

Két mérés esetében derült, szélcsendes időjárási feltételek uralkodtak. A hősziget közepes kifejlődésének magyarázata itt is az előző napok borult, illetve borult, szeles időjárásában keresendő. A mérést megelőző napon az első esetben 3,3 mm eső esett.

Három alkalommal a mérés idején borult szélcsendes körülmények uralkodtak. A megelőző napon az utóbbi esetben hidegfront vonult át az ország felett, egyik alkalommal 34 mm csapadék is hullott. A hidegfront mögötti instabil légtömegben gyakori, de nem tartós felhőképződés. A méréseket megelőző napokon ugyanakkor kedvező, derült időjárás uralkodott. *Ez arra utal, hogy egy gyorsan átvonuló hidegfront még csapadék esetén sem szünteti meg teljesen a jól kifejlődött települési hőszigetet, bár az intenzitást csökkentheti.*

Egy esetben borult, szeles körülmények közt közepes intenzitású hőszigetet mértünk Debrecenben, egy erős hidegfront átvonulását követően. A többi településen ugyanakkor csak gyenge hősziget alakult ki. Mivel a mérést megelőzően kedvező feltételek uralkodtak, a hősziget „átvészelt” a frontátvonulást.

*Gyenge hőszigetet az esetek közel felében mértünk. Négy esetben derült szélcsendes körülmények közt alakult ki gyenge hősziget. A megelőző nap mindegyik esetben borult, a két előbbiben kevésbé szeles, a két utóbbiban szeles időjárású volt. Az előző napokon frontátvonulások, szeles borult körülmények jellemezték hazánk időjárását.*

Három esetben derült, szeles időjárás uralkodott a mérés idején. Az első esetben mediterrán ciklon átvonulását követően, stabilizálódó anticiklonális helyzetben történt a mérés. A megelőző napokon az utóbbi két esetben borult szeles volt az időjárás, a Kárpát-medence időjárását meridionális ciklonok meleg, vagy hidegfronti áramlásrendszere határozta meg.

Két alkalommal borult szélcsendes körülmények között mértünk gyenge hőszigetet. Előzőleg borult szélcsendes, vagy borult szeles feltételek uralkodtak. Mindkét mérést mediterrán ciklon átvonulását követő, a települési hősziget kialakulása szempontjából nem túl kedvező helyzetben hajtottuk végre.

A két mérést borult, szeles körülmények között végeztük. Az egyik esetben ennek ellenére Debrecenben erős (5,0 °C-os), Hajdúnánáson közepes (0,5 °C-os) hősziget-intenzitást

mértünk. Ekkor az ország egy, központjával Dél-Norvégia felett elhelyezkedő, anticiklon uralma alatt állt. Térségünkben a nappali zavartalan besugárzást követően a mérés idején felhősödés és 3 m/s sebességű ÉÉNy-i szél volt megfigyelhető. Ez a kisebb településeken megakadályozta a hősziget határozott kifejlődését, míg Debrecenben még kialakulhatott egy erős, bár szélirányban némiképp deformált hősziget. A második esetben tartósan borult, szeles időjárás uralkodott, a mérés előtti napon 6,2 mm eső esett. Ez magyarázza a gyengén fejlett hőszigetet.

Gyenge hőszigetek a derült, szélsendestől a borult, szeles körülményekig minden kategóriába tartozó helyzetben előfordultak. A várakozástól eltérően a kedvezőtlen, borult feltételek mellett két esetben, míg a kedvező, derült és szélsendes körülmények között is öt gyenge hőszigetet mértünk. Kedvező körülmények között tehát ugyanannyi gyenge hősziget fordult elő, mint erős. A látszólag kaotikus helyzetet az magyarázza, hogy az erős hősziget minden esetben csak több napon át fennálló kedvező időjárási feltételek esetén tud kialakulni. A 11 gyenge hősziget közül 7 olyan esetben alakult ki, amikor a megelőző napokon borult-szeles, míg 3 borult-szélsendes előzmények után jött létre.

Megvizsgáltuk, hogy a *hótakaró* mennyiben módosítja a települési hősziget kialakulásának körülményeit. Három sikeresen végrehajtott mérés alkalmával volt hótakaró a vizsgálati területen. Az első esetben 3 cm, a másodikban 5 cm volt az egybefüggő hótakaró vastagsága, míg a harmadik esetben hófoltok fordultak elő. A kis mintaszám általános következtetések levonását nem teszi lehetővé, azt azonban megállapíthatjuk, hogy nem módosította alapvetően a felhőzet és szélviszonyok által megszabott feltételekhez igazodó intenzitás értékeket. Elvileg, derült időben a hóval borított külterületek és a hóval nem fedett belterületi felszínnek eltérő albedója erősítheti a külterület és belterület közötti hőmérsékleti különbségeket. Az egyetlen ilyen eset, annyiban mindenképpen alátámasztja ezt a hipotézist, hogy Debrecenben, ahol szinte alig volt hó a város belső részein, a hősziget erős volt, míg a kisebb településeken, ahol még a központ is havas volt, a hősziget közepesen, vagy gyengén tudott csak kifejlődni, az egyébként kedvező időjárási feltételek és előzmények ellenére is.

Tanulmányoztuk, hogy a *felhőzet és a szél* milyen mértékben csökkenti a hősziget-intenzitását. A szél hatásának vizsgálatára a derült, szeles feltételek közt folytatott mérések alkalmasak. A felhőzet hatását a borult, szélsendes körülmények közt végzett mérések eredményein vizsgáltuk. Így a másik paraméter nem módosította a vizsgált meteorológiai elem hatását.

Azon esetekben, amikor a 10 méteren mért szélsébség elérte a 3 m/s értéket, erősen kifejlődött hőszigetet nem találtunk. Egy esetben közepesen erős hőszigetet mértünk 3 m/s szélsébségnél, a mérés idején derült időben, kedvező előzmények után.

Három alaklommal derült időben gyenge hőszigetet mértünk, 3 m/s, illetve 7 m/s szélsébség mellett.

Az egyik mérés, amikor az állomás 10 méteren mért adatai szerint a mérés idején Debrecen közelében 7 m/s sebességű szél fújt jól rávilágít a szélsébség változásai és a hősziget kialakulása közötti kapcsolatokra. A kézi kanalas szélsébségmérő adatai szerint a mérés kezdetén és végén a referencia gridben 2 méter magasan 3 m/s sebességű volt a szél, Hajdúnánáson a fordulónál azonban mindössze 1 m/s szélsébséget mértünk. Ezzel összhangban Hajdúnánáson közepes, a többi településen gyenge volt a hősziget.

A hősziget mérések során végzett szélmérések adatai szerint azokban az esetekben, amikor a 2 méteren mért szélsébség meghaladta a 3 m/s-ot, a vizsgált települések egyikében sem tudott erős, vagy akár közepes intenzitású hősziget kialakulni, még egyébként kedvező feltételek mellett sem. 1–1,5 m/s szélsébség esetén a 10 000 főnél népesebb településeken még kialakulhatott közepes intenzitású hősziget, azonban az alakja deformált volt, szélirányban elnyomódott.

A *felhőzet* hatásának vizsgálatánál szembe tűnik, hogy a szélnél nagyobb a jelentősége a meteorológiai előzményeknek: ha a megelőző napokon derült időjárás uralkodott, akkor még a mérés idején közepesen felhős ég (4 okta) mellett is kialakulhat erős hősziget. Egy ilyen esetben a mérés előtti pentádban, hazánk az azori anticiklon hatása alatt állt, derült szélcsendes időjárás uralkodott. Ebben a helyzetben a mérés idején kialakult felhőzet sem akadályozhatta meg az erős hősziget kifejlődését. Három alkalommal a mérés idején egyaránt 4–5 okta volt a felhőzettel való fedettség mértéke. Tartós, kedvező anticiklonális helyzet utáni hidegfront átvonulást követő napon történt mindhárom mérés. Az intenzitási értékek is meglehetősen hasonló, közepesen erős hőszigetet jeleznek.

Két mérés 8 okta (borult), illetve 6 okta (erősen felhős ég) felhőzet mellett zajlott. A megelőző napon mindkét esetben hidegfront vonult át a Kárpát-medence felett. Ha a felhőzet mennyisége elérte az 5 oktát erős hősziget már kedvező előzmények esetén sem tudott kialakulni. 6–8 okta esetén gyenge hősziget alakulhatott csak ki. *A felhőzet hatása tehát jobban értelmezhető a települési hősziget kialakulására a vizsgált esetekben.*

#### 4. Következtetések

1. A hősziget kialakulása szempontjából elsősorban a mérés idejének borultsági és szélviszonyai, illetve a mérés napjának és a megelőző időszak besugárzási viszonyainak van meghatározó szerepe.
2. Erős hőszigetet csak abban az esetben mértünk, ha a mérést megelőző legalább három napban derült időjárás uralkodott.
3. Hosszabb időn át (5–10 nap) kedvező be- és kisugárzási viszonyok esetén még egy frontátvonulás után is mértünk közepesen erős hőszigetet.
4. Tartósan kedvezőtlen sugárzási viszonyok után azonban akkor sem fordult elő erős hősziget, ha a mérés napján kedvező feltételek uralkodtak.
5. Nem alakulhatott ki erős hősziget egyik településen sem 3 m/s (2 m magasságban mért) szélsébség esetén.
6. 5 okta, vagy annál erősebb borultság esetén legfeljebb közepesen erős, 6–8 okta borultság esetén csak gyenge hősziget alakulhatott ki
7. A vizsgált települések a napnyugta utáni órákban a mérések idején – legalább kismértékben – melegebbek a környezetüknél. Igaz ez a legkisebb ezer fő alatti lélekszámú Hajdúvidre is. *Gyenge hősziget tehát viszonylag könnyen alakul ki a településeken, ugyanakkor csak számos feltétel megléte esetén tud erősen kifejlődni, ami már viszonylag ritka jelenség.*

#### Irodalom

- LANDSBERG, H. E. (1981) *The Urban Climate*. Academic Press, New York-London-Toronto-Sydney, San Francisco, pp. 83–126.
- OKE, T. R. (1973) City size and the urban heat island. *Atm. Env.* 7, pp. 769–779.
- Központi Statisztikai Hivatal (2003) Hajdú-Bihar megye statisztikai évkönyve 2003.