

A VÁROSI HŐSZIGET KIALAKULÁSA ÉS TÉRSZERKEZETE KÜLÖNBÖZŐ IDŐJÁRÁSI HELYZETEKBEN

Szegedi Sándor¹ – Kircsi Andrea²

Összefoglalás

Cikkünkben azt vizsgáljuk, hogy az eltérő nagytérségi időjárási helyzetek milyen hatást gyakorolnak a hősziget kialakulására és térbeli szerkezetére. A méréseket Debrecenben, mobil technikával, gépkocsira szerelt műszerek segítségével hajtottuk végre. Az eredmények igazolták, hogy kedvező körülmények között (anticiklonális helyzet, szélcsendes időjárás) speciális jellegzetességekkel rendelkező hősziget jön létre a város beépített területén. Anticiklonális helyzetekben erős hőszigetek alakultak ki, de az alakjuk rendszerint deformált volt az uralkodó ÉK-i szélirány szerint. Az erős ciklonális helyzetek gátolták a hősziget létrejöttét, míg gyenge ciklontevékenység esetén szabályos, de gyenge, 1°C körüli intenzitású hőszigetek alakultak csak ki. A legszabályosabb szerkezetű hőszigetek olyan esetekben alakultak ki, amikor a Kárpát-medence gyenge alacsony- és magasnyomású központok közt helyezkedett el.

Bevezetés

A városok beépített területei és a környező természetes felszínnek között az éjszaka első felében jelentős hőmérsékleti különbség alakulhat ki. A városi hősziget kifejlődése számára a derült, szélcsendes időjárás kedvez, amikor a természetes és mesterséges felszínnek eltérő hőgazdálkodásából származó hőmérsékleti különbségek zavartalanul alakulhatnak ki. A csapadék a párolgás hőelvonó hatása miatt akadályozza meg a városi hősziget kifejlődését. Már nem túl erős légmozgás is deformálhatja, szélirányban elhúzhatja a hőszigetet. Ezért tűztük ki célul, annak vizsgálatát, hogy az eltérő nagytérségi időjárási helyzetek hogyan, milyen mértékben segítik elő, vagy akadályozzák a jelenség kialakulását a városban (Unger, 1996). A vizsgálathoz Péczely György makroszinoptikus tipizálását használtuk fel.

A kialakulására kedvező feltételek megléte esetén a kialakuló hősziget térbeli képét a város beépítési szerkezete határozza meg alapvetően (Oke, 1987, 1997; Unger, 2001). A Városi terület és a vidék között létrejövő hőmérsékleti különbség nagysága (a Hősziget intenzitás) a város lélekszámával, a beépített terület nagyságával mutat szoros összefüggést (Oke, 1973).

A kutatási terület

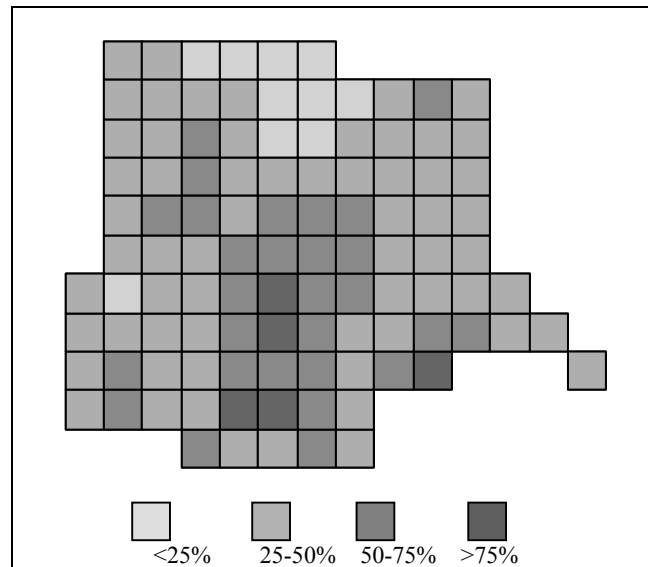
A hősziget kialakulása szempontjából kedvező Debrecen síksági fekvése, ahol a domborzat zavaró hatása nem érvényesül. Előnyös az is, hogy a várost nem szeli át folyó. A város beépítési szerkezete jellegzetesen féloldalas, ami a hősziget kialakulása szempontjából is érdekes feltételeket teremt. A város keleti részén a kertés családirázas beépítés dominál, míg a nyugati oldalon a lakótelepek 4-14 emeletes panelházai uralkodnak. A mesterséges talajfedés aránya keleti oldalon uralkodóan 50% alatt, míg nyugaton 50-75% között van (I. ábra). A városközpont képe is sajátos, mivel ott a legmagasabb a mesterséges talajfedés aránya (75% felett), de az épületek csak 3-4 emelet magasak. Ez határozza meg a sugárzást elnyelő, a levegő felmelegedésében kulcsszerepet játszó ún. aktív felszín arányát. A városközpontban a horizontális aktív felszínnek vannak túlsúlyban, míg a lakótelepeken a

¹ Egyetemi adjunktus, Debreceni egyetem Meteorológiai Tanszék, 4010 Debrecen, Egyetem tér 1 Pf.: 13. e-mail: szegedis@tigris.klte.hu

² Tanársegéd, Debreceni egyetem Meteorológiai Tanszék, 4010 Debrecen, Egyetem tér 1 Pf.: 13. e-mail: kircsia@delfin.unideb.hu

függőleges aktív felszínek meghatározóak a mesterséges talajfedés kisebb aránya mellett. A város déli részén elterülő ipari területeken szintén magas, 50% feletti a mesterséges felszínek aránya, a vertikális tagoltság ugyanakkor nem jelentős. A vizsgált területbe a Nagyerdei Park – az 1939-ben, hazánk első természetvédelmi területeként védetté nyilvánított Debreceni Nagyerdő városon belüli része – tartozik bele. Nagy kiterjedésű zöldfelületekkel rendelkező közintézmények, a strandfürdő, stadionok, állatkert, vidámpark, az egyetemi campus, a klinikák találhatóak a területén. Ez az előző területek ellenpontjaként a horizontális és vertikális aktív felszínek kis arányával (a mesterséges talajfedés aránya 25% alatti) tűnik ki a várostól északi irányban elterülő Nagyerdővel teremtve kapcsolatot.

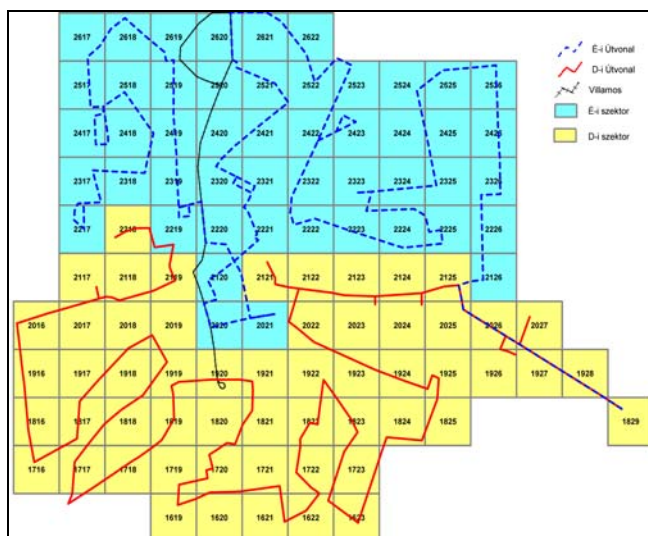
1. ábra. A mesterséges talajfedés aránya a vizsgálati területen.



Alkalmazott módszerek

A mérések során az volt a cél, hogy megállapítsuk a városon kívüli viszonyítási területhez képest fennálló hőmérsékleti különbségeket a város összefüggően beépített területén a hősziget maximális kifejlődése idején. Ezért egy Debrecen összefüggően beépített, közel 50 km² kiterjedésű részét lefedő gridhálózatot készítettünk. Az EOTR 1: 10.000-es méretarányú térkép hálózatát negyedelve jutottunk 0,5 × 0,5 km méretű gridekhez, amelyeket DNY-ÉK irányban növekvő értékű négyjegyű kódokkal jelöltünk (2. ábra).

2. ábra: A grid hálózat és a mérési útvonal a mintaterületen



2. Ábra. A vizsgált terület elhelyezkedése Debrecenben.



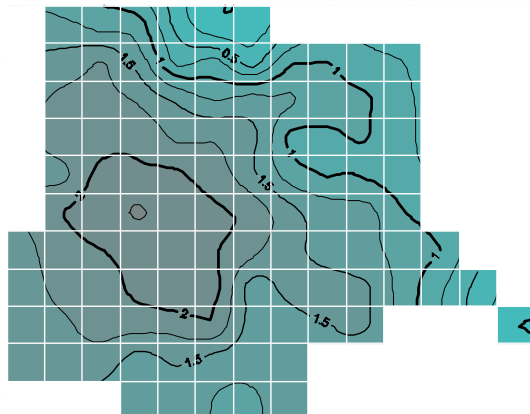
A méréseket mobil technikával hajtottuk végre, hogy az egész vizsgált területre vonatkozóan kaphassunk eredményeket. Két útvonalat jelöltünk ki a város északi és déli részén (3. ábra). Egy-egy gépkocsi haladt végig párhuzamosan a déli és északi útvonalon oda, és a gridek fordított sorrendjében visszafelé. Ez lehetővé tette, hogy az oda és visszaúton mért eredmények átlagolása útján azonos időpontra, a mérés középidejére (az ún. referencia időre) vonatkozó, így összehasonlítható eredményekhez juthassunk.

A gépkocsikra logit típusú digitális adatgyűjtővel összekötött, hővédő pajzzsal ellátott ellenálláshőmérőket szereltünk fel a tetőre előre kinyújtva. A műszerek 10 másodperces mintavételre voltak beállítva. A méréseket úgy időzítettük, hogy a város területén a város és külterület közötti legnagyobb hőmérsékleti különbség idején, napnyugta után 3-5 órával legyen a mérés középideje. Az adatok feldolgozása és megjelenítése Excel és Surfer for Windows programok segítségével történt.

Eredmények

Az éves átlagos maximális hősziget intenzitás $2,3^{\circ}\text{C}$ volt a mérési időszak során (3. ábra). A területi kép alapvetően megfelel a beépített területek megoszlásának, de a nagytérségi időjárási helyzet határozza meg a hősziget nagyságát, valamint a légmozgások módosítják az alakot.

4. Ábra. A hősziget területi képe a mérési időszak átlagában ($^{\circ}\text{C}$).



A hősziget intenzitása a város geometriai középpontja környékén kellene, hogy a legnagyobb legyen. E helyett a szerkezet DNy-ra elnyomott képet mutat. Ennek az oka az uralkodó ÉK-i szél elsődlegesen. Amint az 1. táblázat is mutatja a mérések közel harmada északias, vagy keleties irányítású makroszinoptikus helyzetekben zajlott.

1. táblázat. A mérések szám szerinti megoszlása a Péczely-féle makroszinoptikus helyzetek közt.

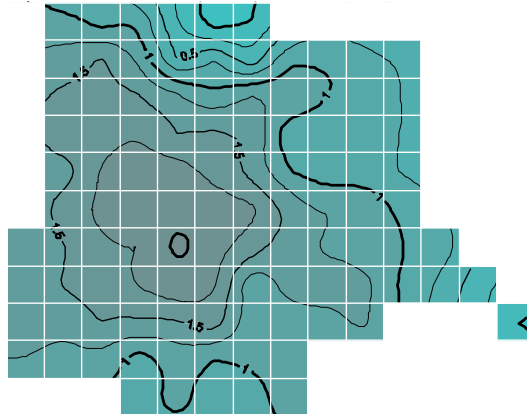
Áramlási irány/sorszám	jelölés	típus	Előfordulás a mérési időszakban (db.)
N 1	<i>mCc</i>	Meridionális irányítású ciklonális hátoldali helyzet	3
N 2	AB	Anticiklon a Brit-szigetek felett	3
N 3	CMc	Mediterrán ciklon hátoldali áramrendszere	-
S 4	mCw	Meridionális irányítású ciklonális előoldali helyzet	1
S 5	<i>Ae</i>	Anticiklon Magyarországtól keletre	5
S 6	CMw	Mediterrán ciklon előoldali áramrendszere	-
W 7	<i>zC</i>	Zonális nyugati irányítású ciklonális helyzete	-
W 8	<i>Aw</i>	Anticiklon Magyarországtól nyugatra	5
W 9	<i>As</i>	Anticiklon Magyarországtól délre	1
E 10	An	Anticiklon Magyarországtól északra	2
E 11	AF	Fennoskandináv anticiklon	4
12	<i>A</i>	Anticiklon centrum Magyarország fölött	6
13	<i>C</i>	Cikloncentrum Magyarország fölött	1

Ezt erősíti a beépítés sajátos megoszlása Ny-on a lakótelepek túlsúlyával. A lakótelepek, ipari területek alközpontokként jelennek meg az intenzitási térképeken, mivel ezeken a

területeken nagy a beépített vízszintes és függőleges felületek, aktív felszínek kiterjedése. A K-i oldalon egyenletesen gyengül az intenzitás a kertes családiházak övezetében. Az Oke által szirtnek nevezett törés (nagy horizontális hőmérsékleti gradiens) ezen a területen szinte teljesen hiányzik. A Nagyerdei Park hideg foltként jelenik meg az intenzitási térképeken. A vizsgált terület északi peremén a Nagyerdei Parknál az átlagos maximális intenzitás 0°C , tehát megegyezik a külterületen jellemző értékkel. Az 1°C -os intenzitási vonal a beépített és beépítetlen terület határán húzódik, tehát a beépített környezetét is átlag kb. $1\text{--}1.3^{\circ}\text{C}$ -kal hidegebbé teszi az erdő a legnagyobb horizontális hőmérsékleti gradiens ($0,76^{\circ}\text{C}/500\text{ m}$), tehát a legerősebb „szirt” éppen itt, a városon belüli területen jellemző.

A fűtési félévben az éves átlag alatti átlagos maximális hősziget intenzitás volt megfigyelhető: $2,1^{\circ}\text{C}$ -ot ért el ez az érték (5. ábra). Ebben az időszakban a legkevésbé domináns az ÉK-i áramlás Debrecen térségében, ezért kevésbé markáns a hősziget ÉK-DNy irányú deformációja a gyakori nyugatias, vagy meridionális irányítású makroszinoptikus helyzetek miatt (Justyák, – Tar, 1994). A belváros a hősziget központja, míg a lakótelepek a város Ny-i részén és a déli ipari területek az alközpontok. A legnagyobb horizontális hőmérsékleti gradiens a Nagyerdőn $1^{\circ}\text{C}/1\text{ km}$ átlag, de $0,5^{\circ}\text{C}/300\text{ m}$ a maximum. A város „hideg pólusa” a Nagyerdei Park, ahol 0°C alatti intenzitás figyelhető meg.

5. Ábra. A Hősziget területi képe a fűtési félévben ($^{\circ}\text{C}$).

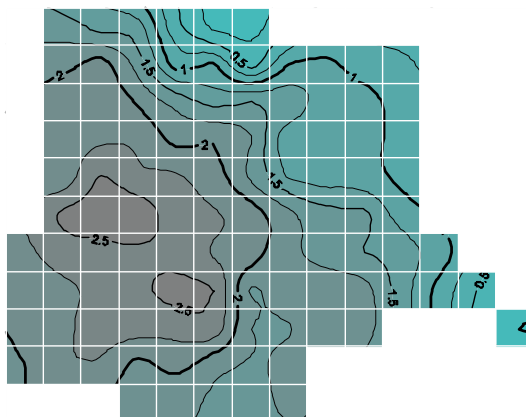


Nem fűtési félévben az átlagos maximális intenzitás 2.5°C volt (6. ábra). Ez az éves átlagnál magasabb érték azt jelzi, hogy a nem fűtési félévben erősebb hőszigetek alakultak ki. Tehát az antropogén hőterhelés okozta belterületi hőtöbblet alárendelt szerepet játszik a hősziget kialakulásában a városi felszínek természetestől eltérő hógazdálkodásához képest.

Erősebb a hősziget Ny-i irányú deformációja (uralkodó K, ÉK-i szélirányok). Ezt az ebben az időszakban gyakori keleties irányítottságú An (anticiklon Magyarországtól északra) és Af Fennoskandináv anticiklon) makroszinoptikus helyzetek idézik elő. A geometriai központtól DDNY-ra van a csúcs ebben az időszakban, mivel a nyári félévben meghatározó $2\text{--}3\text{ m/s}$ -os sebességű ÉK-i szél már jelentősen deformálja a hőszigetet.

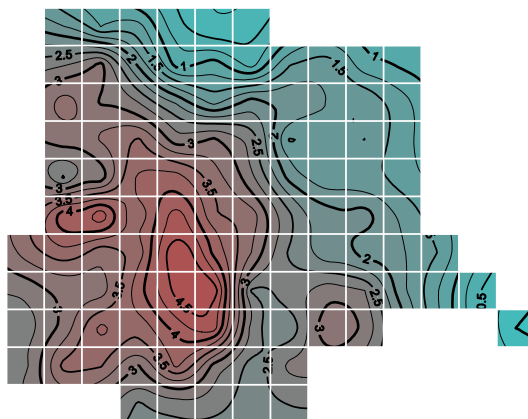
Hideg pólus ismét a Nagyerdő, bár ekkor kevésbé hideg, mint a külterület. A lombkorona alatt egyenletesebb a hőmérsékletjárás, mint a külterületi (szántó/füves) térség felett, tehát most a beépített környezetéhez inkább hasonlóan viselkedik. 0°C alatti intenzitás most nincs, a lehidegebb gridekben $0,3^{\circ}\text{C}$ alatti intenzitás jellemző.

6. Ábra. A Hősziget területi képe nem fűtési félévben (°C).



Ideális helyzetben, derült, tartósan szélcsendes időben szabályos a hősziget szerkezete, ami a beépítéshez igazodik (7. ábra). A szerkezet ebben az esetben szabályos volt, de a hősziget gyengébb a fátyolfelhőzet miatt. A mérés napján a Péczy-féle tipizálás szerint AF (Fennoskandináv anticiklon) típusba tartozó keleties irányítású makroszinoptikus helyzet határozta meg időjárásunkat. A Kárpát-medence ekkor egy a Skandináv-félsziget feletti gyenge anticiklon és egy Nyugat-Európa feletti sekély ciklon központ közti helyzetben volt. Gyenge bárikus gradiens, következésképp szélcsend jellemezte Debrecen térségének időjárását.

7. Ábra. A Hősziget területi képe 2002. 08. 21-én (°C).



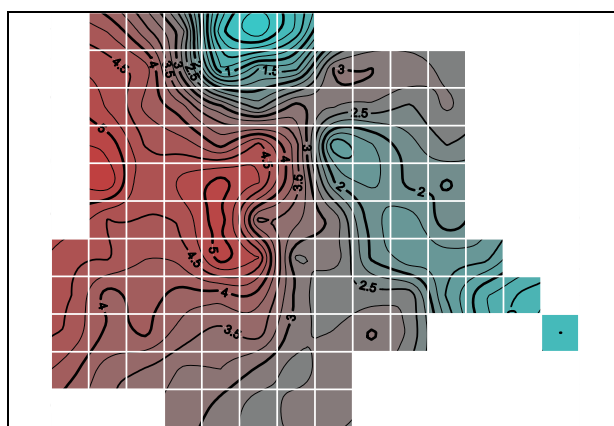
Az abszolút maximum a nem fűtési félévben volt (8. ábra). Ekkor a hősziget intenzitás elérte 5,8 °C-ot. A mérést megelőző időszakban a hősziget kialakulása szempontjából kedvező időjárás uralkodott: a Kárpát-medence időjárását Aw (anticiklon a Kárpát-medencétől nyugatra) helyzet határozta meg. Az azori anticiklon hatására kánikula alakult ki a mérést megelőző kéthétben. A mérés idején azonban 3 m/s-os ÉK-i szél fűjt. Ennek a következményeként kialakult az ún. a „városi toll”, a hősziget a szél hatására elnyomódott DNy felé. Az ábrán jól látszik a légmozgás deformáló hatása.

8. Ábra. A Hősziget területi képe 2002. 06. 26-án (°C).



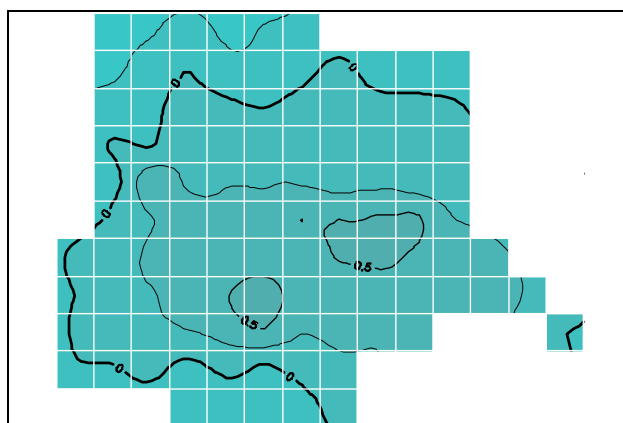
A téli félévben, Ae (Anticiklon Magyarországtól keletre) helyzetben (9. ábra) is mértünk 5,5°C-os intenzitást. A derült időjárás elősegítette az erős hősziget kialakulását, míg a gyenge DK-i szél deformálta az alakját.

9. Ábra. A Hősziget területi képe 2002. 03.146-én (°C).



Amikor hó fedte a felszínt csak a függőleges aktív felületek játszottak szerepet a hősziget kialakulásában. Így a területi kép meglehetősen egynemű volt (10. ábra).

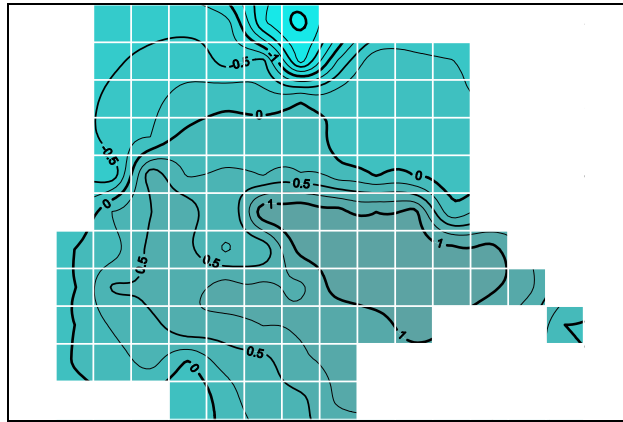
10. Ábra. A Hősziget területi képe 2002. 02. 02-én (°C).



A csapadék nélküli ciklonális helyzetekben a hősziget gyenge volt és az alakját a megélénkülő szél általában deformálta. Ez jól megfigyelhető a 11. ábrán, amely C

(Cikloncentrum Magyarország fölött) helyzetet mutat. A mérés idején uralkodó gyenge DNY-i szél deformáló hatása is jól kirajzolódik az ábrán. A hősziget leghatározottabban kibontakozó része a Nagyerdei Park hideg foltja.

11. Ábra. A Hősziget területi képe 2002. 02. 02-én (°C).



Következtetések

A debreceni hősziget térbeli jellegzetességeit vizsgálva megállapítottuk:

- A hősziget megléte Debrecen esetében igazolható. Az éves átlagos maximális hősziget intenzitás $2,3^{\circ}\text{C}$ volt, míg az abszolút maximum elérte az $5,8^{\circ}\text{C}$ -ot.
- A hősziget térszerkezete alapvetően megfelel a beépített területek térbeli megoszlásának, de a nagytérségi időjárási helyzet határozza meg a hősziget nagyságát, valamint a légmozgások módosítják az alakot.
- Az abszolút maximális hősziget intenzitás értéke között a fűtési és nem fűtési félévben nincs jelentős különbség ($0,3^{\circ}\text{C}$). Az átlagos maximális intenzitás a nem fűtési félévben magasabb, mivel ez az időszak kedvezőbb a hősziget kialakulása szempontjából a gyakoribb anticiklonális helyzeteknek köszönhetően.
- A debreceni hősziget intenzitási görbe általánosságban magán viseli az Oke által leírt fő jegyeket („szirt”, „fennsík” és „csúcs”), de ezek mellett több speciális jellegzetességgel rendelkezik.
- A városi „szirt” megléte, illetve kifejlődöttségének mértéke attól függ, mennyire éles a határ a városon kívüli mezőgazdasági- és parlag-, vagy erdőterületek és a beépített városi térszinek között. Csak olyan helyen jelentkezik markánsan, ahol rövidtávon belül gyorsan megváltozik a beépítés sűrűsége, illetve a mesterséges talajfedés aránya legmarkánsabban a Nagyerdei Park és a szomszédos lakóterületek között, a városon belül jelentkezik.
- A kertés-családiházás beépítésű területeken a beépítés sűrűsége és a mesterséges talajfedés aránya fokozatosan növekszik. Ennek következtében a hősziget intenzitási értékek is fokozatosan növekednek, ami a görbén az Oke által leírt „fennsík” helyett „lejtőt” hoz létre.
- A legnagyobb hősziget intenzitási értékeket a városközpontban mértük. A lakótelepek és ipari területek, ahol nagy a beépítés sűrűsége, az épületek átlagos magassága és a mesterséges talajfedés aránya a hősziget alközpontjaiként jelennek meg az intenzitási görbén.
- A legerősebb és szabályos hőszigetek olyan helyzetben alakultak ki amikor térségünk időjárását gyenge anticiklonok formálták.

- A ciklonális helyzetek szinte teljesen megakadályozták a hősziget kialakulását, vagy csak gyenge, deformált hőszigetek kifejlődését tették lehetővé..

Köszönetnyilvánítás

A kutatást az Országos Tudományos Kutatási Alap (OTKA T/034161) és a Széchenyi Ösztöndíj támogatta.

A szerzők köszönetet mondanak Dr. Károssy Csabának a mérési napok Péczely-féle makroszinoptikus helyzetek szerinti besorolásával nyújtott segítségéért.

Irodalom

- **Justyák J., Tar K.** (1994): *Debrecen éghajlata* KLTE Debrecen, pp. 114-130.
- 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.
- **Oke, T.R.**, (1987): *Boundary Layer Climates*. Routledge, London-New York, 405 p.
- **Oke, T.R.**, (1997): Urban climates and global environmental change. In *Applied climatology* (Eds. *Thompson, R.D. and Perry, A.*), Routledge, London and New York, pp. 273-287.
- **Unger, J.**, (1996): Heat island intensity with different meteorological conditions in a medium-sized town: Szeged, Hungary. *Theor. Appl. Climatology* 54, pp.147-151
- **Unger, J., Sumeghy, Z., Gulyas, A., Bottyan, Z. and Mucsi, L.**, (2001): Land-use and meteorological aspects of the urban heat island. *Meteorol. Applications*, **8**, pp.189-194.