

Egyetemi doktori (PhD) értekezés tézisei

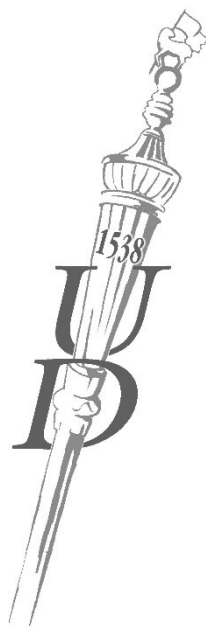
**A VÁROSI HŐSZIGET-INTENZITÁS JELLEMZÉSE,
STATISZTIKUS MODELLEZÉSE DEBRECEN ÉS
BEREGSZÁSZ PÉLDÁJÁN**

PhD thesis

**DESCRIPTION AND STATISTIC MODELLING OF URBAN
HEAT ISLAND INTENSITY ON THE EXAMPLE OF
DEBRECEN AND BEREGSZÁSZ**

László Elemér

Témavezető: Dr. habil. Szegedi Sándor



**DEBRECENI EGYETEM
Földtudományok Doktori Iskola**

Debrecen, 2017

BEVEZETÉS

Az emberi tevékenység következtében a legsűrűbben lakott városi területek hőmérsékleti viszonyai a természetes környezethez képest jelentősen különböznek. Azért választottam a város vizsgálatát, mert a végbemenő módosulások befolyásolják az emberek életét. Az urbánus területen élők nagy része a városi határretegnek a felszín és a tetők átlagos szintje között elhelyezkedő úgynevezett városi tetőszint rétegében tölti az idejének nagyobb részét, így ez az egészségükre jelentős hatást gyakorol. Az emberi komfortérzetén túl a kialakult hőmérsékleti többlet befolyásolja az energiaszükségletet, amely kapcsolatban van a melegebb szezonban a hűtésigénnyel, míg a hidegebb félévben a fűtési szükséglettel, továbbá a városban meghatározza a biodiverzitást, valamint a szennyezőanyagok és betegségek terjedését is.

A vizsgálat előterében egy-egy kis és közepes méretű város, Beregszász és Debrecen áll, hiszen többnyire nagyvárosok hősziget jelenségeit vizsgálják világszerte, ugyanakkor a kisebb méretű városokban is zajlik városiasodás folyamata, a beépítés megváltoztatása, valamint a városon belül sok esetben nem tudatos helyi klímamódosítás. A kutatás egy mezo-léptékű jelenséget ölel fel, mely a kialakító tényezők meghatározásával foglalkozik Beregszász városa esetén. Így az első feladatom, hogy számszerűsíttem a városban kifejlődött hőtöbblet kialakító felszínparamétereket, valamint a kapott eredmények révén a városi hőszigettel való kapcsolatait elemeztem. Ezenkívül nagyon fontos, hogy a városban kialakult hőtöbblet térbeli szerkezete és időbeli lefolyása empirikus összefüggéseken nyugvó modellekkel becsülhető legyen, mely a városfejlesztés számára is hasznos eszköz lehet.

Egy adott lokális klímazónában elhelyezkedő mérőpont környezetében a klímaelemek módosulásait a megváltozott felszínparaméterek idézik elő elsősorban, míg a hőtöbblet kifejlődésének a nagyságát dinamikus meteorológiai paraméterek határozzák meg. Így a lokális skálán kifejlődött hőtöbblet és azt kontrolláló meteorológiai tényezők közötti kapcsolatrendszer feltárását tűztem ki. A kapott összefüggés alapján egy kritériumrendszer kidolgozása, melynek segítségével meghatározható a városi hősziget kifejlődése szempontjából kedvező időjárási helyzetek gyakoriságának idősora.

Célkitűzések

A doktori kutatómunka során a következő célokat tűztem ki:

- i) a városi felszínparaméterek és a hősziget-intenzitás közötti kapcsolat feltárása Beregszászban;
- ii) a gyakorlatban alkalmazható empirikus becslőmodell építése (BHEM–beregszászi hősziget-intenzitás empirikus modellje) a Beregszászban kialakuló hősziget térbeli predikciójára;
- iii) az időjárási tényezők hatása a városi hősziget napi és éves változékonyságára Beregszász és Debrecen esetében;
- iv) a városi hősziget kialakulására kedvező meteorológiai feltételeinek meghatározása, empirikus kritériumrendszer kidolgozása;
- v) az UHI számára kedvező meteorológiai feltételek (AMC – advantageous meteorological conditions) növekedésének vagy csökkenésének kimutatása;
- vi) a kedvező feltételek gyakoriságában a trendszerű változás vizsgálata;

- vii) az idősorokat viszonylag homogén, egymástól szignifikáns szakaszokra tagoló töréspontok kimutatása;
- viii) a hősziget számára kedvező feltételek idősorában a nagytérségi légköri cirkuláció változékonyság hatásainak megfigyelése.

ALKALMAZOTT MÓDSZEREK

A felszínparaméterek meghatározásában a távérzékelte műholdfelvételt, valamint terepi bejárás módszerét alkalmazva számszerűsítettem a nempárolgató felszínek arányát és az égbolt-láthatósági és égbolttakarási indexet, valamint az épületmagasság és utcaszélesség arányát, így létrehozva Beregszász város felszínét leíró adatbázisát.

A mezo- és lokálisléptékű különbségek meghatározására városklíma szempontjából gyakran alkalmazott mérési módszer alkalmaztam. A mobil mérési technikával és a városokba telepített állomásokkal mért meteorológiai paraméterekből megfelelő minőségű adatbázist hoztam létre. Ennek a feldolgozására alapvető statisztikai módszereken túl a többszörös lineáris regresszió módszerét alkalmaztam.

Empirikus összefüggéseken alapuló kritériumrendszert dolgoztam ki az időjárási kontroláló tényezők figyelembevételével, majd ezt felhasználva számszerűsítettem homogenizált adatokból a városi hőszigetre kedvező feltételek gyakoriságának az idősorát (AMC). Az idősor elemzéshez alkalmaztam paraméteres és nem-paraméteres módszereket egyaránt. A nagytérségű cirkulációs jelenég idősorának elemzésére a folytonos és a kereszt wavelet analízis módszerét alkalmaztam.

EREDMÉNYEK

1. tézis. A városi hősziget-intenzitás és a felszínparaméterek között szignifikáns kapcsolatot tártam fel Beregszászban.

A városi összetett felszíngeometria jelentősen meghatározza a városi hősziget kifejlődését, mértékét. A kisvárosok esetében kevésbé tanulmányozott a nem párolgató felszínek aránya, a beépítettség, égbolttakarási tényező hatása a városi hősziget-intenzitás térbeli szerkezetére. A kutatómunka során Beregszász városára meghatároztam a nagy felbontású felszínparaméter-adatbázist. A felszínparaméterek és a hősziget-intenzitás között szignifikáns kapcsolatot mutattam ki (**1. táblázat**).

A nempárolgató felszínek 1,2 hektáros környezete a legerőteljesebben befolyásolja a mérőponti átlagos maximális hősziget-intenzitás kifejlődését. A derült időjárási helyzetben mért hőtöbblet és a nempárolgató felszínek aránya szorosabb összefüggést jelzett, mint borult meteorológiai viszonyok esetében. A legszorosabb összefüggés a nempárolgató felszínek aránya és szélcsendes időjárási körülmények alatt kifejlődött hősziget-intenzitás között volt.

A természetközeli párolgató felszínek a nyári félévben mérsékelik a hősziget-intenzitás kifejlődését, míg a nempárolgató felszínek aránya a városközpontban jelentősen meghatározza a térbeli szerkezetét a peremterületekhez képest.

1. táblázat. A mérőponti hősziget-intenzitások és az azokat befolyásoló felszínparaméterek korrelációs együtthatói Beregszászban. T – távolság a város peremétől, ÉTI – égbolttakarási index.

	T	NPF ₃	ÉTI
Δt	0,776	0,706	0,538
$\Delta t/Ny$	0,754	0,699	0,445
$\Delta t/T$	0,762	0,683	0,635
$\Delta t/D$	0,783	0,702	0,442
$\Delta t/B$	0,697	0,689	0,562
$\Delta t/NSZ$	0,811	0,721	0,588
$\Delta t/SZ$	0,629	0,611	0,378
T	1,000	0,642	0,626
NPF ₃	0,642	1,000	0,262
ÉTI	0,626	0,262	1,000

Alkalmazott jelölések: Δt – átlagos hősziget-intenzitás; $\Delta t/Ny$ – a átlagos hősziget-intenzitás a nyári félévben (április 16–október 15.); $\Delta t/T$ – átlagos hősziget-intenzitás a téli félévben (október 16–április 15.); $\Delta t/D$ – átlagos hősziget-intenzitás derős időben; $\Delta t/B$ – átlagos hősziget-intenzitás borús időjárási helyzetben; $\Delta t/NSZ$ – átlagos hősziget-intenzitás nem szeles időjárási helyzetben; $\Delta t/SZ$ – átlagos hősziget-intenzitása szeles időben; NPF₃ – a nem párologtató felszínek aránya 1,2 ha-os körzetben; r – korrelációs együttható; r² – determinációs együttható.

2. tézis. Statisztikus modellt fejlesztettem, mellyel becsülhető a kisvárosi átlagos maximális hősziget-intenzitás.

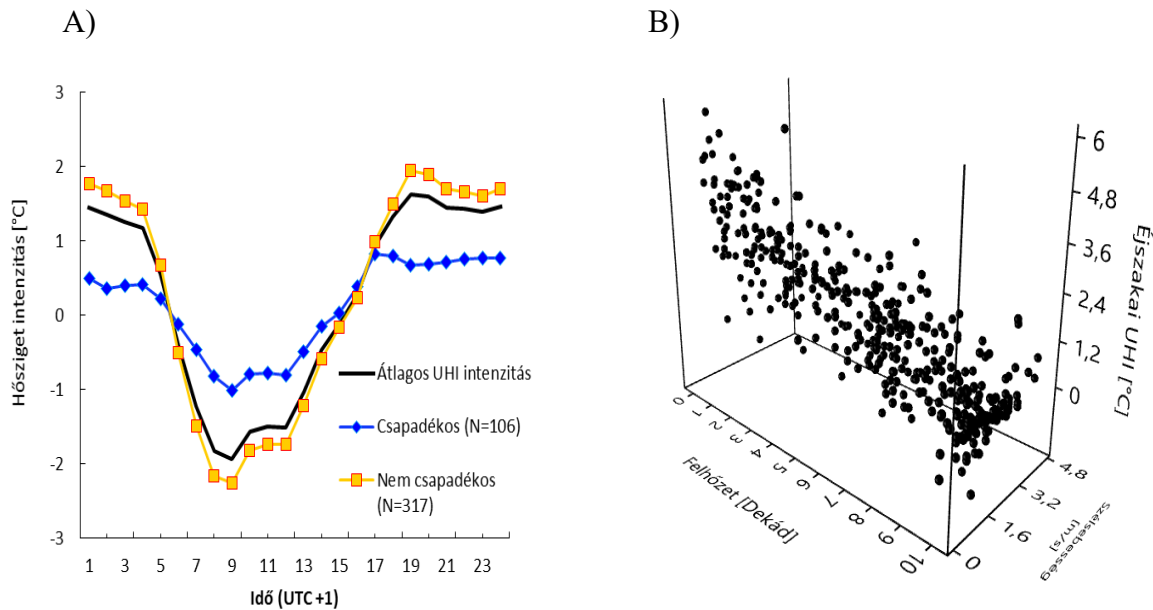
A számszerűsített felszínparaméterek bevonásával statisztikus modellt építettem, mellyel becsülhető az átlagos maximális hősziget-intenzitás területi szerkezete Beregszászban. Az épített modell bevont tényezők közül a nempárologtató felszínek aránya (NPF) magyarázza a legjobban a városon belüli hőtöbblet változását. Ugyanakkor a város határától vett távolság (T) és az égbolttakarási tényező (ÉTI) is hozzájárul a városi hősziget-intenzitás változásához. A megépített többszörös lineáris regressziós modell jól becsüli az átlagos maximális hősziget-intenzitás mérőponti eltéréseit Beregszászban, melyet a többszörös determinációs együttható (r² = 0,69) értéke jelez. Ez az empirikus modell jó eszközt biztosít a városfejlesztés számára, hogy a potenciálisan fejleszthető városrészek tervezésénél figyelembe vegyék a lehetséges termikus hatásokat (**2. táblázat**).

2. táblázat. Az átlagos maximális hősziget-intenzitás és az azt befolyásoló felszínparaméterek többszörös regressziós egyenlete, valamint az egyenletbe beépített paraméterek parciális korrelációs együtthatói Beregszászban.

	Többszörös lineáris regressziós egyenlet	r ²	Standard parciális korrelációs együtthatók		
			T	NPF	ÉTI
Δt	$=0,642-0,57*T+0,71*NPF+0,77*ÉTI$	0,69	0,41	0,47	0,23

3. tézis. Kimutattam a lokális városi hősziget-intenzitás és az időjárási tényezők közötti összefüggéseket, Beregszász és Debrecen példáján.

A lokális városi hősziget-intenzitás és a meteorológiai paraméterek között szignifikáns kapcsolatot tártam fel. Az időjárási tényezők közül a legmarkánsabban a csapadék mennyisége korlátozhatja a hősziget maximális kifejlődését Beregszászban (1. ábra) és Debrecenben (2. ábra). A csapadékos körülmények között megfigyelhető a hősziget-intenzitás menetében a „visszafogott” maximális kifejlődés, ami nem haladja meg a 0,7 °C-ot, míg a derült, csapadékmentes körülmények között a hőtöbblet zavartalanul kifejlődik és erősebb, mint a csapadékos időjárási helyzetben.



1. ábra. A beregszászi átlagos városi hősziget intenzitás napi menete, csapadékos és csapadékmentes időjárási körülmények között (A). A beregszászi éjszakai hősziget függése az szélesebségtől és az égbolt borultságtól (B).

A 1.ábra/B jól mutatja a felhőzöttség és a szélesebség hatását az éjszakai hőszigetre vonatkozóan, ahol világosan látható, hogy a hősziget-intenzitás kifejelettebb alacsony szélesebség és felhőmentes körülmények között. Tehát erős szélesebség és zárt felhőtakaró mellett az éjszakai hősziget-intenzitás gyengén fejlődik ki.

4. tézis. Lokális statisztikus modellt építettem az időjárási tényezők bevonásával az átlagos hősziget-intenzitás becslésére.

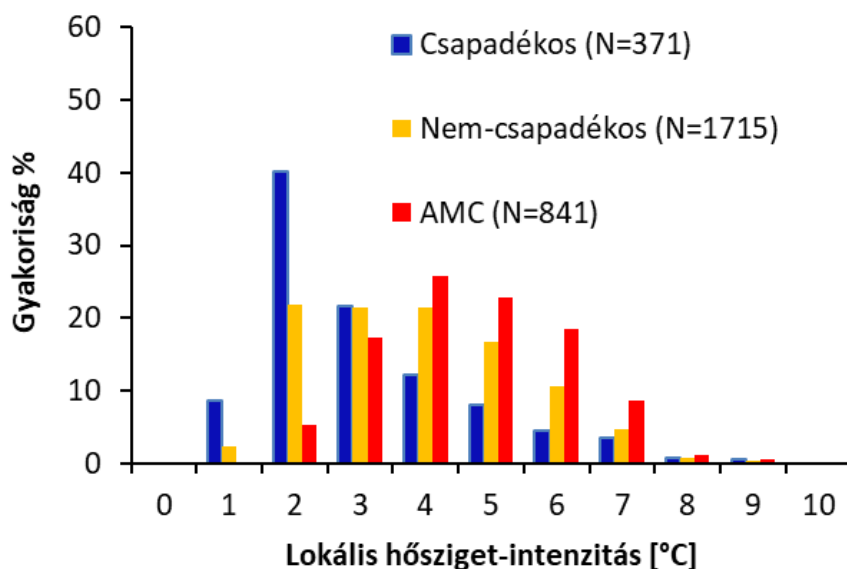
A meteorológiai paraméterek bevonásával lokális hősziget-intenzitás becslésére empirikus egyenletet építettem. A modellben a többszörös regressziós együttható statisztikailag szignifikáns és 95%-os konfidenciaintervallumon belül érvényes. Az éves időszakban a többszörös regressziós egyenlettel a variancia 67%-a magyarázható, továbbá a legfontosabb tényező a becslő modellben az alacsonyabb szintű felhőtakaró paraméter volt. A második legfontosabb paraméter éves viszonylatban (amely korlátozhatja az éjszakai UHI kifejlődését) a szélesebség alakulása, ez a paraméter negatív összefüggésben van az éjszakai hősziget-

intenzitással. A harmadik paraméter a talajhőmérséklet, amely pozitívan járul hozzá a hőtöbbletnek, míg a relatív páratartalom megnövekedésével csökken a magyarázott változó, azaz a hősziget-intenzitás.

A számított modellegyenletek és azok magyarázó változói segítségével megbecsülhető az éjszakai hőtöbblet napi változása a megadott konfidencia tartományon belül Beregszászban. A bevont tényezők különböző mértékben határozzák meg a hőmérséklet varianciáját a város lokális környezetében.

5. tézis. Empirikus kritériumrendszert dolgoztam ki, mellyel meghatározható a hősziget számára kedvező időjárási helyzetek gyakorisága.

A városi hősziget kialakulási feltételeinek meghatározásánál figyelembe vettem három fontos időjárási/éghajlati paramétert: csapadék, szélsébség, felhőzet. A felsorolt tényezők a legmarkánsabban meghatározzák a hősziget jelenség kifejlődését. A kritérium rendszert úgy alakítottam ki, hogy a tényezőkhöz küszöbértékeket rendeltem és meghatároztam a kedvező, mérsékelt kedvező, kedvezőtlen időjárási feltétel kategóriákat. A küszöbértékek meghúzásánál a debreceni mérési eredményekre támaszkodtam, vagyis figyelembe vettem a kifejlődött hősziget-intenzitás gyakoriságeloszlását különböző meteorológiai paraméterek függvényében. (2. ábra). A kidolgozott kritériumrendszerben a következő küszöbértékeket állapítottam meg: csapadék maximum 2 mm, szélsébség maximum 3 m s^{-1} , felhőzet maximum 5 okta. A definiált kritériumok alapján meghatározott kedvező időjárási feltételek kategóriája (AMC) objektíven jellemezi a maximális hősziget-intenzitás szempontjából meghatározó meteorológiai paramétereket, így alkalmazható hosszabb idősorok elemzésére.

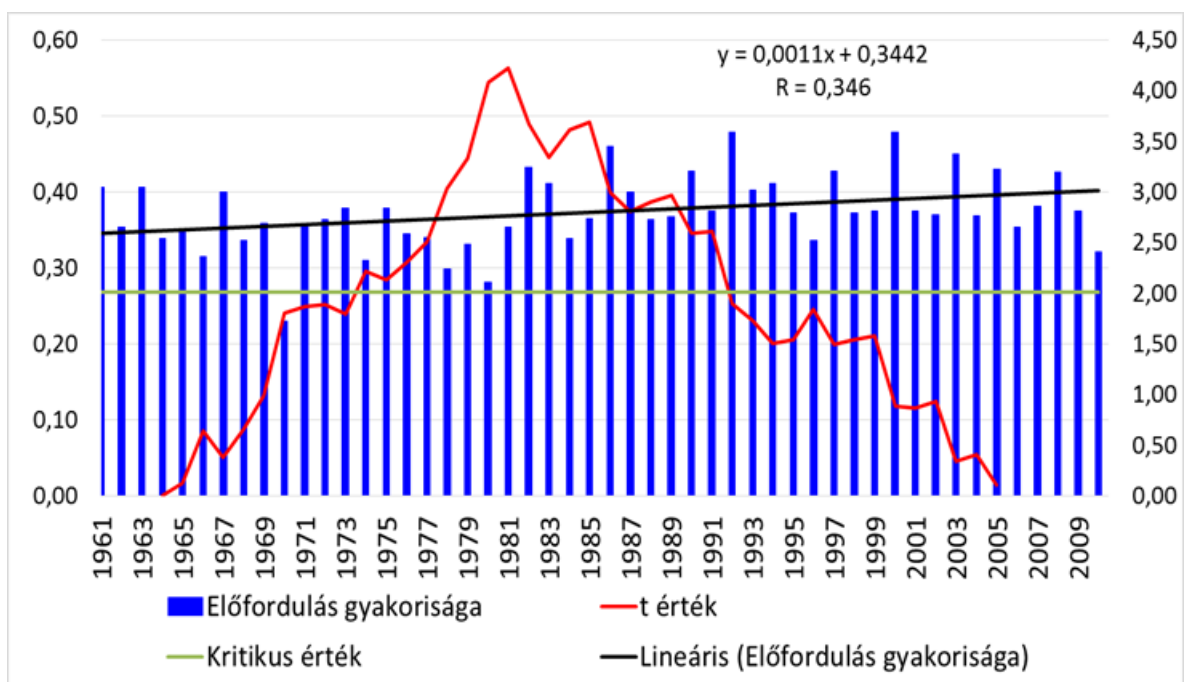


2. ábra. Elterő időjárási helyzetek alatt kialakult napi maximális hősziget-intenzitások gyakorisági eloszlása: csapadékos, nem csapadékos és AMC időjárási körülmények között.

6. tézis. Statisztikailag kimutattam, hogy a hősziget kifejlődés számára kedvező feltételek gyakorisága az 1961-2010 közötti időszakban szignifikánsan emelkedett.

Debrecen térségében, a városi hősziget potenciális kedvező feltételeinek gyakorisági előfordulásában végbementek jelentős változások a vizsgált időszakban. A trendanalízis módszerével szignifikáns növekvő trendet tártam fel a kedvező feltételek gyakoriságára vonatkozóan, amit mind a lineáris Pearson, mind a nemlineáris Spearman korrelációs együtthatók megerősítettek. A vizsgált időszakban 4%-kal nőtt a hősziget kifejlődésre kedvező feltételek gyakorisága, párhuzamosan a kedvezőtlen feltételek gyakoriságának csökkenésével (**3. ábra**).

Évszakos és havi bontásban is megvizsgáltam a kedvező feltételek gyakoriságának változásait. A tavasz és a nyár esetében mutatható ki szignifikáns növekedés, míg az ősz és a tél esetében ez elmarad. A legkisebb kedvező feltétel előfordulási gyakorisága decemberben volt 19%-os értékkel, míg augusztusban az esetek 60%-ában kedvező feltételek uralkodtak a városi hősziget kifejlődése vonatkozásában. A havi bontásban a vizsgált kedvező feltételek gyakoriságában legjelentősebb változás (14%) február hónapban figyelhető meg. A helyi klíma kifejlődésére legkedvezőtlenebb időszakban, azaz a tavaszi hónapokban 9-11% közötti ugrásszerű emelkedést tártam fel. A nyári hónapokban a kedvező feltételek gyakorisága szignifikánsan növekedett, melynek értékei 5-10% között mozogtak. Az őszi hónapok közül november esetében 10%-os növekedést detektáltam.



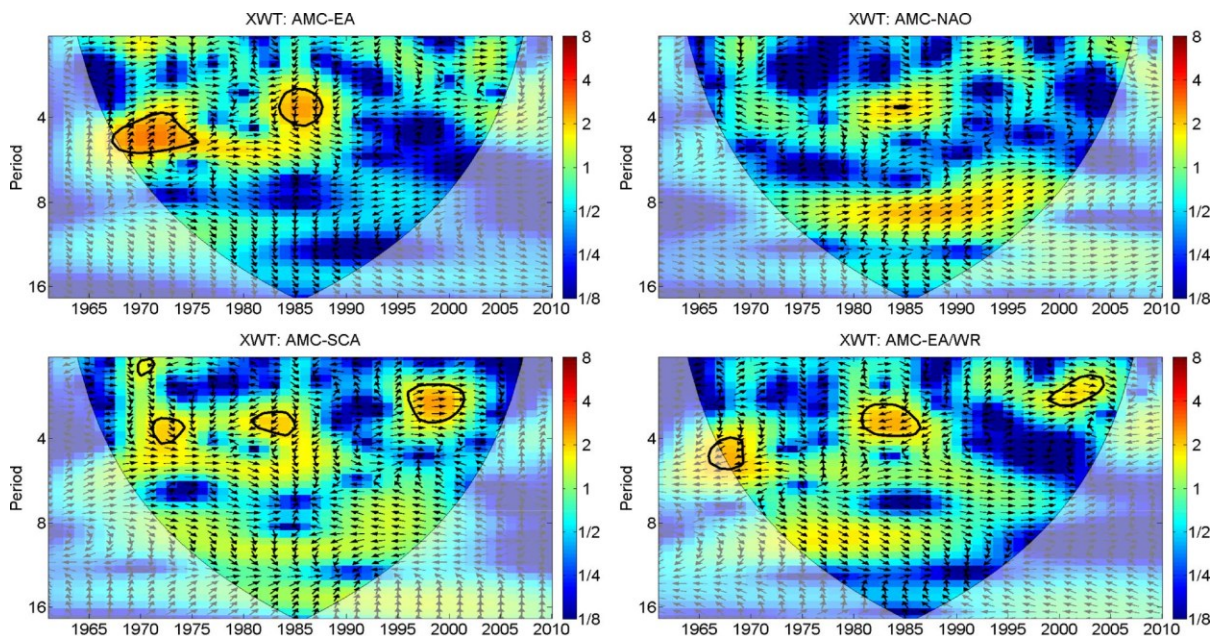
3. ábra. A városi hősziget kialakulására kedvező feltételek gyakoriságának trend és töréspont vizsgálata.

A megfigyelt trendek nem mondhatók kedvezőnek, mivel a hősziget kialakulása szempontjából kedvező feltételek gyakorisága a nem fűtési félévben növekedett, így nem járul hozzá a fűtési energiaszükséglet csökkentéséhez, ugyanakkor a légkondicionálási energiaszükséglet növekedésében jelentős szerepet tölthet be a nyári időszakban.

7. tézis. Szignifikáns periodicitásokat mutattam ki a makrocirkulációs indexek változékonysága és a hősziget számára kedvező helyzetek gyakorisága között.

A kereszt wavelet transzformáció módszerével kimutattam a hősziget számára kedvező helyzetek gyakorisága és az észak-atlanti oszcilláció (NAO) közötti kapcsolatot. A két paraméter között a szignifikáns spektrális sűrűség jelzi, hogy az AMC gyakoriságának a változása jól követi a NAO index ingadozásait. Az AMC idősorában szignifikáns 4 éves periodicitás figyelhető meg 1985 körül, ugyanakkor a NAO értékeiben enyhe növekedés tapasztalható. Az 1980-as évek közepén a NAO index és az AMC szorosan egymást követik, mely azzal magyarázható, hogy a Kárpát-medencében az 1985-ös és 1987-es években szélsőségesen hideg időjárás volt jellemző, gyakori hóviharakkal. Ekkor a NAO index értékei és az AMC gyakoriságok alacsonyok voltak, mivel szeles és csapadékos időjárási helyzetek uralták a térséget (4. ábra). A skandináviai index értékének növekedése az anticiklonális helyzetek emelkedésével jár a Kárpát-medencében. Ebben az időszakban gyakoribbá válnak a hősziget számára kedvező feltételek, amit az AMC és SCA (Skandináv oszcilláció) között feltárt szignifikáns kapcsolat jelez (4. ábra).

A légköri cirkuláció változékonysága jelentősen meghatározza a csapadék és a hőmérséklet eloszlást térben és időben, alakítva az éghajlati elemek mintázatát, azaz közvetlenül befolyásolja a hősziget számára kedvező időjárási helyzetek változását. A kereszt wavelet transzformáció módszerével az AMC gyakoriság idősora és makrocirkulációs indexek között feltártam közös szignifikáns periodicitásokat és fázis kapcsolásokat. Továbbá igazoltam, hogy a városi hősziget számára kedvező feltételek nemlineáris jellegű változását a nagytérségű légköri cirkuláció szignifikánsan meghatározza.



4. ábra. Az AMC és távkapcsolati háttér indexek idősorai közötti összefüggés. Az árnyalat a dimenzió nélküli kereszt wavelet transzformáció (XWT) spektrálsűrűségét jelöli. A fekete kontúr az 95%-os szignifikancia szintet jelzi. Az a terület, ahol kúphatás torzítja a képet, világosabb árnyalatokban jelenik meg. A nyilak jelzik az idősorok közötti fáziseltolódást, jobbra mutatva, ha fázisban vannak. Az x tengely az időt jelöli, az y tengely a periódust.



Nyilvántartási szám: DEENK/314/2016.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: László Elemér
Neptun kód: HDK3GM
Doktori Iskola: Földtudományok Doktori Iskola
MTMT azonosító: 10030610

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Idégen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

1. **László, E.**, Szegedi, S.: A multivariate linear regression model of mean maximum urban heat island: a case study of Beregszász (Berehove), Ukraine.
Időjárás. 119 (3), 409-423, 2015. ISSN: 0324-6329.
IF: 0.81

Idégen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (1)

2. **László, E.**, Bottyán, Z., Szegedi, S.: Long-term changes of meteorological conditions of urban heat island development in the region of Debrecen, Hungary.
Theor. Appl. Climatol. 124 (1), 365-373, 2016. ISSN: 0177-798X.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00704-015-1427-9>
IF: 2.433 (2015)

Magyar nyelvű könyvrészletek (2)

3. **László, E.**, Weidinger, T.: Az időjárási tényezők hatása a városi hősziget-intenzitás napi dinamikájára
In: Környezettudatos energiatermelés és –felhasználás. Szerk.: Szabó Valéria, Fazekas István, MTA DAB Megújuló Energetikai Munkabizottság, Debrecen, 178-184., 2014. ISBN 9789637064319
4. **László E.**: A városi hősziget területi szerkezetének szezonális előrejelző empirikus modellje
In: Települési környezet. II. Települési Környezet Konferencia. Szerk.: Szabó Valéria, Fazekas István, DE Tájvédelmi és Környezetföldrajzi Tanszék, Debrecen, 161-167., 2009. ISBN 9789634733362





Magyar nyelvű konferencia közlemények (2)

5. **László, E.**: A városi hősziget és a felszínparaméterek kapcsolata Beregszászottnál.
In: Meteorológia és az alaptudományok. Szerk.: Weidinger Tamás, Tasnádi Péter, Bartholy Judit, ELTE Meteorológiai Tanszék, Budapest, 160-167, 2008, (Egyetemi Meteorológiai Füzetek, 0865-7920 ; 22.) ISBN: 9789632840079
6. **László E.**, Molnár J.: A városi hősziget hatás néhány statisztikus és dinamikus jellemzője Debrecen példáján
In: IX. Kárpát-medencei környezettudományi konferencia. Konferencia kiadvány. Szerk.: Zákányi Balázs, Faur Krisztina Beáta, Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Kar, Miskolc, 258-259., 2013. ISBN 9789633580325

Idegen nyelvű konferenciaközlemények (4)

7. Szegedi S., **László, E.**: Park Cool Island examinations in Debrecen, Hungary.
In: 8th International Conference on Urban Climates and 10th Symposium on the Urban Environment : Book of Abstracts, 2012.08.06-2012.08.10, International Association for Urban Climates, Dublin, 1-4., Paper 595., 2012, ISBN 9781905254774
8. **László, E.**, Szegedi S.: Impacts of some surface parameters on urban heat island development.
In: 8th International Conference on Urban Climates and 10th Symposium on the Urban Environment : Book of Abstracts, 2012.08.06-2012.08.10, International Association for Urban Climates, Dublin, 1-4., Paper 598., 2012, ISBN 9781905254774
9. **László, E.**, Szegedi, S.: Changes of the synoptic conditions of Urban Heat Island Development in the region of Debrecen, Hungary between 1961 and 2010.
EMS Annual Meeting Abstracts. 11, 286, 2014.
10. Szegedi, S., Tóth, T., Lázár, I., **László, E.**: Examination on the role of synoptic conditions in urban heat island development in Debrecen
In: Sustainable energy by optimal integration of renewable energy sources = Fenntartható energetika megújuló energiaforrások optimalizált integrálásával : Proceedings of DENzero International Conference 10-11 October 2013, Debrecen, Hungary, University of Debrecen, Debrecen, 157-162, 2012, ISBN 9789634736240





További közlemények

Magyar nyelvű könyvek (1)

11. Hadnagy, I., Hubay, K., Kolozsvári, I., **László, E.**, Szanyi, S., Varga, Z.: Klímaváltozás a Kárpát-medencében: múlt, jelen, jövő. Márton Áron Szakkollégium, Debrecen, 75 p., 2013. ISBN: 9789638742391

Magyar nyelvű könyvrészletek (1)

12. Szegedi, S., Tóth, T., Lázár, I., **László, E.**: A városklíma jellegzetességei és hatásai. In: Fenntartható energetika megújuló energiaforrások optimalizált integrálásával. Szerk. Kalmár Ferenc, Akadémiai Kiadó, Budapest, p. 51-81., 2014. ISBN 9789630595407

Idegen nyelvű közlemények külföldi folyóiratban (2)

13. Laslov, G., Shuaibov, A., Szegedi, S., **László, E.**: Spectroscopic diagnostic of spark discharge plasma at atmospheric pressure. *J. Chem. Chem. Eng.* 8 (3), 302-305, 2014. ISSN: 1934-7375.
14. Pásztor, L., Négyesi, G., Laborci, A., Kovács, T., **László, E.**, Bihari, Z.: Integrated spatial assessment of wind erosion risk in Hungary *Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Discuss., [Epub]*, [1-17], 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5194/nhess-2016-162> IF: 2.277 (2015)





Magyar nyelvű konferencia közlemények (2)

15. **László, E.**, Csáky, I.: A felszín- és léghőmérséklet alakulása a debreceni Árpád-téren.
In: Környezettudatos energia termelés és felhasználás. Szerk.: Szabó Valéria, Fazekas István, MTA DAB Megújuló Energetikai Munkabizottság, Debrecen, 369-374, 2011. ISBN: 9789637064272
16. **László, E.**, Bíróné Kircsi A.: Kísérlet a városi szélmező modellezésére debreceni mintaterületen
In: HUNGEO 2014. Magyar földtudományi szakemberek XII. találkozója. Magyar felfedezők és kutatók a természeti erőforrások hasznosításáért. Program, előadáskivonatok. Szerk. Cserny Tibor, Kovács-Pálffy P., Krivánné Horváth Á., Magyarhoni Földtani Társulat, Budapest, 128-131., 2014. ISBN 9789638221544

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 5,520

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre): 3,243

A DEENK a Jelölt által az IDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudománytermetriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2016.11.28.



INTRODUCTION

Due to human activities the temperature conditions in the most populated urban areas differ significantly from those in the natural environment. I chose to study urban areas because ongoing modifications influence the life of people living there. Most people living in urban areas spend most of their time in the urban roof level of the urban boundary layer between the surface and the average level of roofs therefore the conditions in this layer influence their health. Apart from feeling comfortable the forming heat excess affects energy demands which are in connection with cooling demand in warmer and the heating demand in colder periods. Moreover, it determines biodiversity and the distribution of pollutants and diseases in urban areas.

This study focuses on a small and a medium sized town, Beregszász and Debrecen. Although heat islands are studied in large cities worldwide urbanisation, transformation of built-up areas and not deliberate climate modification take place in smaller towns as well. The presented research studies a meso-scale phenomenon and focuses on determining the factors forming the phenomenon in Beregszász. As a result, the first task was to quantify the parameters of the surfaces forming the heat excess found in Beregszász and to analyse their relationship with urban heat island (UHI) on the basis of the results. Apart from these, it is very important to make the spatial structure and process of the heat excess in the town estimatable using models based on empirical relationships. This could be a useful tool for urban development.

In the vicinity of a measurement point located in a given local climate zone the modification of climate elements is caused primarily by modified surface parameters while the size of the heat excess is determined by the dynamic meteorological parameters. Thus to expose the relationship between heat excess developed on a local scale and the meteorological parameters controlling them was set as a goal. Based on the obtained results, my target was to prepare a criteria system with the help of which the time series of the frequency of weather conditions advantageous for the development of urban heat island could be determined.

Aims

The following aims were set for the PhD research:

- i. to expose the relationship between urban surface parameters and heat island intensity in Beregszász;
- ii. to compose an empirical estimation model (BHEM – Empirical Model of Heat Island Intensity in Beregszász) that could be used in practice for predicting the spatial conditions of the heat island in Beregszász;
- iii. to study the effects of weather conditions on the daily and annual variability of urban heat island in Beregszász and Debrecen;
- iv. to identify meteorological conditions advantageous for the development of urban heat island, establishment of an empirical criteria system;
- v. to show the increase or decrease of the frequency of meteorological conditions advantageous for UHI (AMC – Advantageous Meteorological Conditions) by time series analysis;
- vi. to study trends in the frequency of advantageous conditions;
- vii. to identify breakpoints dividing the time series into relatively homogeneous, significant sections;

- viii. to observe the effects of macrosynoptic circulation variability in the frequency time series of conditions advantageous for heat islands.

APPLIED METHODS

Satellite images and field survey were applied in surface parameter determination in the course of which the rate of non-evaporating surfaces, sky view/coverage, rate of building height and street width were quantified. As a result, a database describing the surface of Beregszász has been established.

In order to determine meso-scale and local differences a measurement method frequently used in urban climate research was applied. The meteorological parameters measured by mobile technology and stations established in the towns comprise a database of sufficient quality. Analysing the data of the database was based on basic statistical methods and for the establishment of models estimating urban heat excess multiple linear regression was used.

A criteria system was created based on empirical relationships taking weather controlling factors into account as well. Using this, the time series of the frequency of advantageous meteorological conditions (AMC) regarding urban heat island development were quantified based on the homogenised data. For the analysis of the time series both parametric and non-parametric methods were applied. For analysing the time series of the synoptic circulation continuous and cross wavelet analyses were applied.

RESULTS

Thesis 1. Significant relationship was found between urban heat island intensity and surface parameters in Beregszász.

The complex surface geometry in towns influences significantly the development and grade of urban heat islands. In the case of smaller towns the effects of the rate of non-evaporating surfaces, the rate of built-up areas and the sky coverage factor on the spatial structure of urban heat island intensity have not been studied in detail yet. In the course of the research the detailed surface parameter database was established for Beregszász. Also, significant relationship was demonstrated between surface parameters and heat island intensity (**Table 1**).

The 1.2 hectares vicinity of non-evaporating surfaces influence the most the formation of the average maximum heat island intensity at the measurement points. Closer correlations was found between heat excess at clear skies and the rate of non-evaporating surfaces than those at clouded skies. Closest correlation was found between the rate of non-evaporating surfaces and heat island intensities at windless weather conditions.

Close-to-natural evaporating surfaces reduce the development of heat island intensity in the summer period while the rate of non-evaporating surfaces in the town centre strongly determine the spatial structure of heat island compared to marginal areas.

Table 1. Correlational coefficients of heat island intensities at measurement points and surface parameters influencing them in Beregszász. T – distance from town margin, ÉTI – sky coverage index.

	T	NPF ₃	ÉTI
Δt	0.776	0.706	0.538
$\Delta t/Ny$	0.754	0.699	0.445
$\Delta t/T$	0.762	0.683	0.635
$\Delta t/D$	0.783	0.702	0.442
$\Delta t/B$	0.697	0.689	0.562
$\Delta t/NSZ$	0.811	0.721	0.588
$\Delta t/SZ$	0.629	0.611	0.378
T	1.000	0.642	0.626
NPF ₃	0.642	1.000	0.262
ÉTI	0.626	0.262	1.000

Applied signs: Δt – average heat island intensity; $\Delta t/Ny$ – average heat island intensity in summer period (16th April – 15th October); $\Delta t/T$ – average heat island intensity in winter period (16th October – 15th April); $\Delta t/D$ – average heat island intensity at clear skies; $\Delta t/B$ – average heat island intensity at clouded skies; $\Delta t/NSZ$ – average heat island intensity in windless conditions; $\Delta t/SZ$ – average heat island intensity in windy conditions; NPF₃ – rate of non-evaporating surfaces in the vicinity of 1.2 ha; r – correlational coefficient; r² – determinational coefficient.

Thesis 2. Development of a statistic model to estimate maximum heat island intensities in a small town.

A statistical model was established using the quantified surface parameters with which the spatial structure of the average maximum heat island intensity can be estimated in Beregszász. Considering the parameters involved in the model the rate of non-evaporating surfaces (NPF) explains best the pattern of heat excess within the town. However, the distance from the border of the town (T) and the sky coverage index (ÉTI) also contributes to the changes of urban heat island intensity. The composed multiple linear regression model estimates well the differences between average maximum heat island intensities at measurement points in Beregszász indicated by the value of the multiple determinational coefficient (r² = 0.69) as well. This empirical model may prove to be a useful tool for urban development to consider possible thermal effects in urban planning (**Table 2**).

Table 2. Multiple regression equation of average maximum heat island intensity and its influencing surface parameters together with the partial correlational coefficients of the parameters involved in the equation in Beregszász.

	Multiple linear regression equation	r ²	Standard partial correlational coefficients		
			T	NPF	ÉTI
Δt	$=0.642-0.57*T+0.71*NPF+0.77*ÉTI$	0.69	0.41	0.47	0.23

Thesis 3. Relationships between local urban heat island intensity and weather conditions were identified on the example of Beregszász and Debrecen.

Significant relationship was found between local urban heat island intensity and meteorological parameters. Considering weather conditions the maximum intensity of heat islands in Beregszász and in Debrecen can be limited most markedly by the amount of precipitation (Figures 1 and 2). With high amount of precipitation the maximum intensity of heat islands is moderate, not exceeding 0.7 °C while with no precipitation the heat excess has an undisturbed development and it is stronger than at rainy weather.

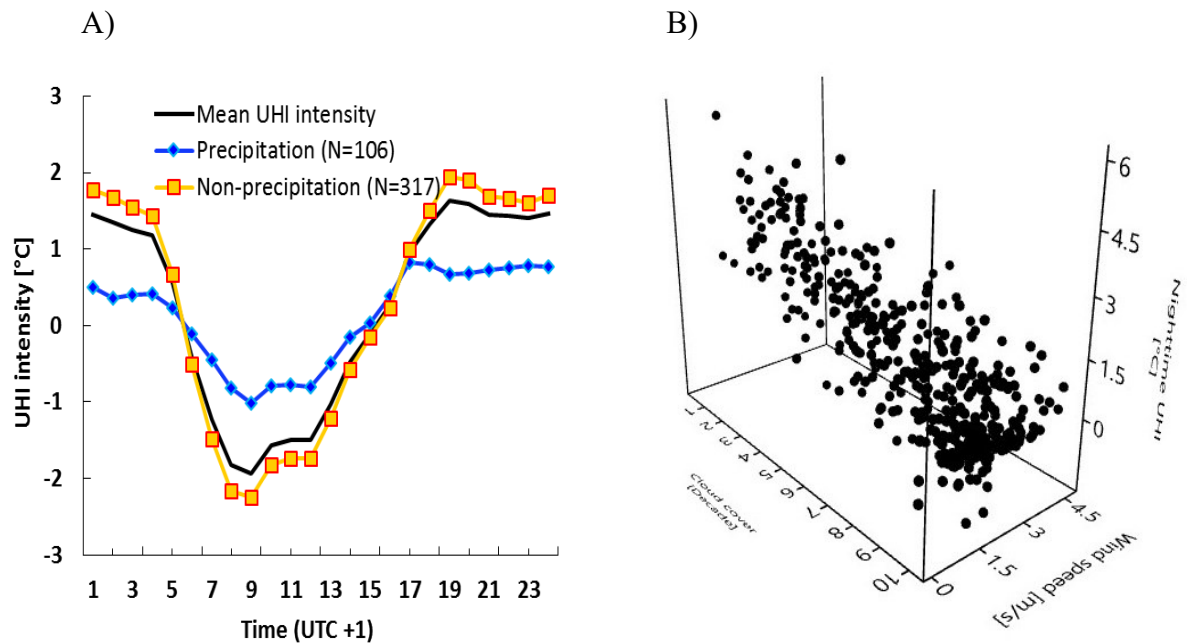


Figure 1. Daily pattern of average urban heat island in Beregszász at weather conditions with and without precipitation (A). Dependence of night heat islands in Beregszász on wind speed and sky coverage (B).

Figure 1/B indicates clearly the effects of cloudiness and wind speed on the night heat island since heat island intensity is greater with low wind speed and clear skies. Thus night heat island intensities are weak with strong winds and high rate of clouds.

Thesis 4. A local statistical model was composed involving weather conditions to estimate average heat island intensities.

Using meteorological parameters an empirical equation was composed for estimating local heat island intensity. In the model the multiple regression coefficient is significant statistically and is valid within a 95% confidence interval. More than half of the variance (67.3%) can be explained by the multiple regression equation in the annual period. Furthermore the most important factor in the estimation model was the cloud cover at lower levels. The second most important parameter in the annual level (that could limit the development of night UHI) is wind speed which is in negative relationship with night heat intensity. The third parameter is soil temperature which contributes positively to the heat excess while the explained

variable decreases with increasing relative moisture content. The value of the partial correlation coefficient suggests a significant role for long wavelength radiation.

The calculated model equations and their explaining variables enable the estimation of the daily pattern of night heat excess change within the given confidence interval in Beregszász. The involved parameters determine the variance of the temperature in the local environment of the town in different degrees.

Thesis 5. An empirical criteria system was established to determine the frequency of weather conditions advantageous for heat islands.

In the course of determining the conditions of the formation of urban heat islands three important weather/climate parameters were considered: precipitation, wind speed, cloudiness. The listed factors determine most markedly the development of the heat island phenomenon. The criteria system was formed so that threshold values were associated with the parameters and the categories of advantageous, moderately advantageous and disadvantageous were identified. Threshold values were based on the results of measurements in Debrecen, i.e. the frequency distribution of the developed heat island intensity were considered in the function of the meteorological parameters (**Figure 2**). The following threshold values were defined in the criteria system: precipitation maximum: 2 mm, wind speed maximum: 3 m s^{-1} , cloudiness maximum: 5 oktas. The category of advantageous meteorological conditions (AMC) determined on the basis of the defined criteria characterises objectively the decisive meteorological parameters regarding maximum heat island intensity, in this way it can be used for analysing longer time series.

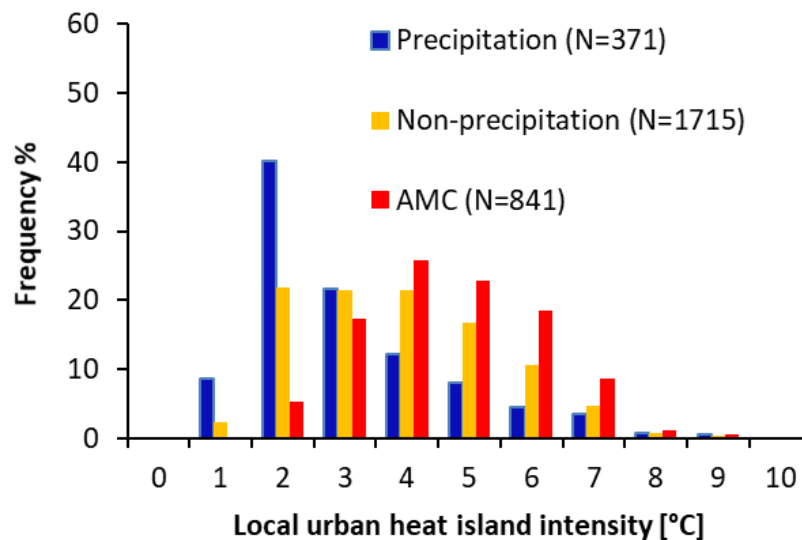


Figure 2. Frequency distribution of daily maximum heat island intensities developed at different weather conditions: with precipitation, without precipitation and AMC weather conditions.

Thesis 6. It was proved statistically that the frequency of conditions advantageous for heat island formation increased significantly in the period between 1961 and 2010.

In the vicinity of Debrecen noteworthy changes occurred in the frequency distribution of the conditions potentially advantageous for the urban heat island in the studied time period. Significantly increasing trend was found regarding the frequency of advantageous conditions using the trend analysis method supported by both the linear Pearson and the non-linear Spearman's rank correlation coefficients. The frequency of the conditions advantageous for heat islands increased by 4% in the studied period parallel with the decrease of the frequency of disadvantageous conditions (Figure 3).

The pattern of the frequency of advantageous conditions was studied in a yearly and monthly division as well. Significant increase was found in spring and summer while this was not detected in autumn and winter. Smallest frequency of advantageous conditions occurred in December with a value of 19% while in 60% of the cases in August advantageous conditions prevailed regarding the formation of urban heat islands. Most significant change (14%) in the frequency of advantageous conditions studied in monthly division was observed in February. In the most disadvantageous time period for the development of a local climate, in the spring months a rapid increase of 9-11% was found. In the summer months the frequency of advantageous conditions increased significantly the values of which varies between 5 and 10%. In the case of November an increase of 10% was detected.

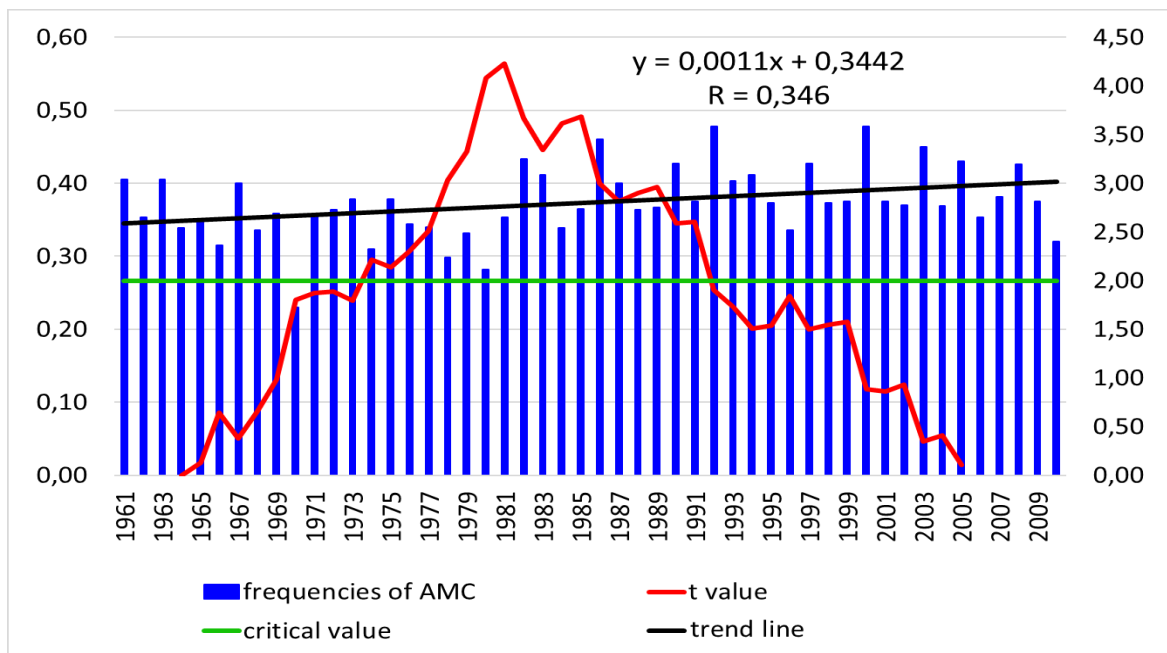


Figure 3. Trend and breakpoint analysis of the frequency of conditions advantageous for the formation of urban heat island.

The observed trends cannot be regarded advantageous since the frequency of conditions advantageous for the formation of heat islands increased not in the heating period therefore it cannot contribute to the reduction of heating energy demand, however, it may have a significant role in increasing the air conditioning energy demand in the summer period.

Thesis 7. Significant periodicities are identified between the variability of macrocirculation indices and the frequency of conditions advantageous for heat island development.

Using the cross wavelet transformation it was shown that the frequency of conditions advantageous for heat islands and the North Atlantic Oscillation (NAO) have a significant common spectral density meaning that the changes of the frequency of AMC follows the variations of the NAO index. In the time series of the AMC a significant 4 years long periodicity can be observed at around 1985, while a slight increase can be detected in the values of NAO. In the middle of the 1980s the NAO index and the AMC follow each other closely which can be explained by the extremely cold weather with frequent snow storms in the Carpathian Basin in 1985 and 1987. At these times the values of the NAO index and the frequency of AMC are low since windy and rainy weather conditions prevailed in the studied area (Figure 4). With the increase of the Scandinavian index the frequency of anticyclone conditions increases in the Carpathian Basin. In this period advantageous conditions for heat islands become more frequent indicated by the significant relationship between AMC and SCA with periodicities of 2 and 4 years (Figure 4).

The variability of atmospheric circulation influences significantly the distribution of precipitation and temperature both in space and time altering the pattern of weather elements, i.e. influencing directly the changes of weather conditions advantageous for heat islands. Applying the cross wavelet transformation the significant periodicities and phase connections between the frequency time series of AMC and the macrocirculation indices were exposed. This result indicates that the non-linear change of conditions advantageous for urban heat islands can be influenced significantly by the changes of the macrosynoptic atmospheric circulation.

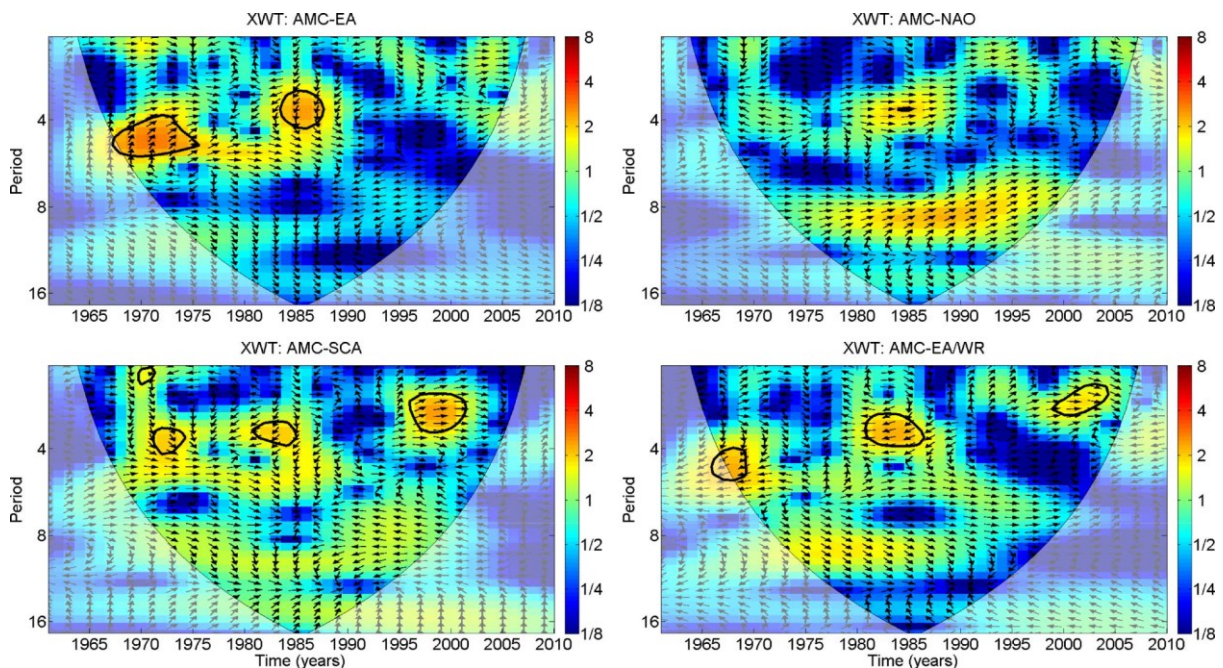


Figure 4. Relationship between AMC and the time series of remote connection background indices. Shading indicates the spectral density of the dimensionless cross wavelet transformation (XWT). Black contour marks the 95% significance level. The area where cone effect distorts the image received lighter shading. Arrows indicate the phase shift between time series pointing right if they are in phase.



Registry number: DEENK/314/2016.PL
Subject: PhD Publikációs Lista

Candidate: Elemér László
Neptun ID: HDK3GM
Doctoral School: Doctoral School of Earth Sciences
MTMT ID: 10030610

List of publications related to the dissertation

Foreign language scientific articles in Hungarian journals (1)

1. **László, E.**, Szegedi, S.: A multivariate linear regression model of mean maximum urban heat island: a case study of Beregszász (Berehove), Ukraine.
Időjárás. 119 (3), 409-423, 2015. ISSN: 0324-6329.
IF: 0.81

Foreign language scientific articles in international journals (1)

2. **László, E.**, Bottyán, Z., Szegedi, S.: Long-term changes of meteorological conditions of urban heat island development in the region of Debrecen, Hungary.
Theor. Appl. Climatol. 124 (1), 365-373, 2016. ISSN: 0177-798X.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00704-015-1427-9>
IF: 2.433 (2015)

Hungarian book chapters (2)

3. **László, E.**, Weidinger, T.: Az időjárási tényezők hatása a városi hősziget-intenzitás napi dinamikájára
In: Környezettudatos energiatermelés és –felhasználás. Szerk.: Szabó Valéria, Fazekas István, MTA DAB Megújuló Energetikai Munkabizottság, Debrecen, 178-184., 2014. ISBN 9789637064319
4. **László E.**: A városi hősziget területi szerkezetének szezonális előrejelző empirikus modellje
In: Települési környezet. II. Települési Környezet Konferencia. Szerk.: Szabó Valéria, Fazekas István, DE Tájvédelmi és Környezetföldrajzi Tanszék, Debrecen, 161-167., 2009. ISBN 9789634733362





Hungarian conference proceedings (2)

5. **László, E.**: A városi hősziget és a felszínparaméterek kapcsolata Beregszászot.
In: Meteorológia és az alaptudományok. Szerk.: Weidinger Tamás, Tasnádi Péter, Bartholy Judit, ELTE Meteorológiai Tanszék, Budapest, 160-167, 2008, (Egyetemi Meteorológiai Füzetek, 0865-7920 ; 22.) ISBN: 9789632840079
6. **László E.**, Molnár J.: A városi hősziget hatás néhány statisztikus és dinamikus jellemzője Debrecen példáján
In: IX. Kárpát-medencei környezettudományi konferencia. Konferencia kiadvány. Szerk.: Zákányi Balázs, Faur Krisztina Beáta, Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Kar, Miskolc, 258-259., 2013. ISBN 9789633580325

Foreign language conference proceedings (4)

7. Szegedi, S., **László, E.**: Park Cool Island examinations in Debrecen, Hungary.
In: 8th International Conference on Urban Climates and 10th Symposium on the Urban Environment : Book of Abstracts, 2012.08.06-2012.08.10, International Association for Urban Climates, Dublin, 1-4., Paper 595., 2012, ISBN 9781905254774
8. **László, E.**, Szegedi, S.: Impacts of some surface parameters on urban heat island development.
In: 8th International Conference on Urban Climates and 10th Symposium on the Urban Environment : Book of Abstracts, 2012.08.06-2012.08.10, International Association for Urban Climates, Dublin, 1-4., Paper 598., 2012, ISBN 9781905254774
9. **László, E.**, Szegedi, S.: Changes of the synoptic conditions of Urban Heat Island Development in the region of Debrecen, Hungary between 1961 and 2010.
EMS Annual Meeting Abstracts. 11, 286, 2014.
10. Szegedi, S., Tóth, T., Lázár, I., **László, E.**: Examination on the role of synoptic conditions in urban heat island development in Debrecen
In: Sustainable energy by optimal integration of renewable energy sources = Fenntartható energetika megújuló energiaforrások optimalizált integrálásával : Proceedings of DENzero International Conference 10-11 October 2013, Debrecen, Hungary, University of Debrecen, Debrecen, 157-162, 2012, ISBN 9789634736240





List of other publications

Hungarian books (1)

11. Hadnagy, I., Hubay, K., Kolozsvári, I., **László, E.**, szerk. Szanyi, S.; Varga, Z.: Klímaváltozás a Kárpát-medencében: múlt, jelen, jövő. Márton Áron Szakkollégium, Debrecen, 75 p., 2013.
ISBN: 9789638742391

Hungarian book chapters (1)

12. Szegedi, S., Tóth, T., Lázár, I., **László, E.**: A városklíma jellegzetességei és hatásai.
In: Fenntartható energetika megújuló energiaforrások optimalizált integrálásával. Szerk. Kalmár Ferenc, Akadémiai Kiadó, Budapest, p. 51-81., 2014. ISBN 9789630595407

Foreign language scientific articles in international journals (2)

13. Laslov, G., Shuaibov, A., Szegedi, S., **László, E.**: Spectroscopic Diagnostic of Spark Discharge Plasma at Atmospheric Pressure.
Journal of Chemistry and Chemical Engineering 8 (3), 302-305, 2014. ISSN: 1934-7375.
14. Pásztor, L., Négyesi, G., Laborczi, A., Kovács, T., **László, E.**, Bihari, Z.: Integrated spatial assessment of wind erosion risk in Hungary
Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Discuss., [Epub], [1-17], 2016.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5194/nhess-2016-162>
IF: 2.277 (2015)





Hungarian conference proceedings (2)

15. **László, E.**, Csáky, I.: A felszín- és léghőmérséklet alakulása a debreceni Árpád-téren.
In: Környezettudatos energia termelés és felhasználás. Szerk.: Szabó Valéria, Fazekas István, MTA DAB Megújuló Energetikai Munkabizottság, Debrecen, 369-374, 2011. ISBN: 9789637064272
16. **László, E.**, Biróné Kircsi A.: Kísérlet a városi szélmező modellezésére debreceni mintaterületen
In: HUNGEO 2014. Magyar földtudományi szakemberek XII. találkozója. Magyar felfedezők és kutatók a természeti erőforrások hasznosításáért. Program, előadáskivonatok. Szerk. Cserny Tibor, Kovács-Pálffy P., Krivánné Horváth Á., Magyarhoni Földtani Társulat, Budapest, 128-131., 2014. ISBN 9789638221544

Total IF of journals (all publications): 5,520

Total IF of journals (publications related to the dissertation): 3,243

The Candidate's publication data submitted to the IDEa Tudóstér have been validated by DEENK on the basis of Web of Science, Scopus and Journal Citation Report (Impact Factor) databases.

28 November, 2016

