

SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
FÖLDTUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA

Doktori (PhD) értekezés
Tézisek

**Humán bioklimatológiai értékelések
különböző léptékű megközelítésben**

GULYÁS ÁGNES

Témavezető:

Dr. Unger János

tanszékvezető egyetemi docens

Konzulens:

Dr. Andreas Matzarakis

Meteorologisches Institut, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

SZTE TTIK ÉGHAJLATTANI ÉS TÁJFÖLDRAJZI TANSZÉK

SZEGED

2009

1. Előzmények és célkitűzés

A dolgozat egy Magyarországon még kevésbé ismert tudományterület, a humán bioklimatológia tárgykerét érinti, amely a klimatikus viszonyok emberi szervezetre gyakorolt hatásait vizsgálja. E hatáskomplexből elsősorban azokra a tényezőkre koncentrálnak, amelyek a szervezet hőháztartását és ezáltal hőérzetét a leginkább befolyásolják. A termikus komfort (azaz a komfortos hőérzet, és a lehető legkisebb klimatikus stressz) az ember megfelelő életminőségének egyik alapfeltétele. Bármilyen hétköznapi vagy szabadidős tevékenység során városban vagy városon kívül nagyban meghatározó. Nem véletlen tehát, hogy az erre irányuló vizsgálatok világszerte jelentősen megszorodtak.

Az utóbbi évtizedekben tapasztalható gyors ütemű globális népesség növekedés maga után vonja a városi népesség számának emelkedését és a sűrűn lakott városi területek erőteljes gyarapodását is. Az egyre növekvő városokban a városklíma jelenségek (pl. városi hősziget) felerősödése nyáron emelkedő bioklimatikus stresszt és ezzel szaporodó egészségügyi problémákat is jelenthet az ott lakók számára. Különösen igaz ez manapság, amikor a folyamat együtt jár a klíma globális szintű megváltozásával. Ennek várható következménye, hogy az emberi szervezetet ért klimatikus terhelés is változik. Bizonyos esetekben nő (pl. nyáron, hőhullámok idején), máskor mérséklődik (téli és/vagy fényszegény időszakban). Ezekre a változásokra csak a jelenség és következményeinek pontos ismeretében lehet felkészülni, illetve hatékony stratégiákat kidolgozni a negatív hatások mérséklésére. Szükségessé válik például a városi termikus komfort viszonyok optimalizálása, lehetőleg olyan módon, ami – a fenntarthatóság jegyében – nem jár a környezet túlzott megterhelésével (pl. légkondicionáló berendezések túlzott, olykor szükségtelen használata).

Magyarország klimatikus háttéradoottságai (a medence jellegből adódó viszonylag erős kontinentalitás) és a klímaváltozás Kárpát-medencére előre jelzett tendenciái még inkább szükségessé teszik az efféle vizsgálatokat hazánkban is. Különösen fontos lehet ez egy olyan város számára, mint Szeged, ahol az országos átlagnál magasabb a napsütéses órák száma illetve az átlaghőmérséklet. A fentiek tükrében nem elhanyagolható, hogy ez a természetes adottság hogyan befolyásolja az itt élők komfortérzetét.

Ennek megfelelően kutatásaim során a következő célokat tűztem magam elé:

- rövid magyar nyelvű összefoglalást adni a nemzetközi humán bioklimatológiai kutatások történetéről, elméleti háttéréről és legfrissebb eredményeiről
- bemutatni egy az emberi szervezet hőérzetének (humán komfort) számszerűsítésére alkalmas módszert, különböző tér- és időbeli léptékeken magyarországi körülmények között
- bemutatni és számszerűsíteni a különböző városi mikrokörnyezetek termikus komfortviszonyait Szeged példáján
- rávilágítani a városi és a városon kívüli területek humán bioklimatikus viszonyaiban tapasztalható legfontosabb eltérésekre Szeged példáján
- jellemezni a kapcsolatot (jelleg, erősség) a fiziológiai terhelés mértéke és a meteorológiai paraméterek között mezo léptékben
- adatokkal szolgálni a várostervezés számára a városi humán komfort lehetséges optimalizálása érdekében
- elkészíteni Magyarország humán bioklíma térképét

2. Kutatási módszerek, adatgyűjtés és feldolgozás

Mivel időben és térben igen eltérő léptékű folyamatokat vizsgáltam, ezért az alkalmazott kutatási módszerek és mintaterületek is különböztek.

A **mikro** léptékű vizsgálatok 200x200 m-es mintaterülete Szeged sűrűn beépített belvárosi régiójában helyezkedik el, túlnyomórészt 2-3 emeletes házakkal szegélyezett szűk utcakanyonok jellemzik. A kisléptékű humán bioklíma vizsgálatokon belül két különböző módszert alkalmaztam.

Az első esetben a terület középpontjában elhelyezkedő rögzített meteorológiai állomás időjárás adatait (léghőmérséklet, relatív páratartalom, globálsugárzás, szélesebesség 10 perces átlagértékei) használtam fel a humán bioklíma indexek (PET – Physiologically Equivalent Temperature – fiziológiailag ekvivalens hőmérséklet és PMV –

Predicted Mean Vote – prediktált hőérzet index) kiszámításához. Az indexszámítások az ún. RayMan sugárzási és humán bioklíma modellel (Version 2.0) történtek. Az első vizsgálat során a modell segítségével változtattam a felszíngeometriai paramétereket és e morfológiai változások hatásait vizsgáltam a humán bioklíma viszonyokra.

A második esetben ugyanezen a mintaterületen 6 kijelölt pontban mobil mikroklíma mérések során rögzített meteorológiai paraméterek képezték a indexszámítások alapját és ennek eredményei alapján vázoltam a kis területen fellépő jelentős bioklimatikus variabilitást.

A lokális léptékű vizsgálat során Szeged **lokális/mezo** klimatikus viszonyokra gyakorolt módosító hatásának humán bioklimatológiai aspektusát mutatom be a térbelinek megfelelően nagyobb időbeli léptékben. A módszer a városklímában is alkalmazott gyakorlat szerint, két jelentősen eltérő adottságú mérőpont karakterisztikáját hasonlítja össze, jelen esetben humán bioklimatológiai szempontból. A két pont közül a sűrű beépítettségű belvárosi területen elhelyezkedő pont reprezentálja a városi módosító hatást, a gyakorlatilag horizontkorlátozástól mentes mezőgazdasági művelés alatt álló külterületen elhelyezkedő pedig a városi hatásoktól mentes környezetet. A két pont hosszabb távú (2003. március 01. és november 30. közötti időszakban rögzített) időjárás adatainak óras átlagaiból számított humán bioklíma index (PET) segítségével jellemzem azt a fiziológiai stressz szintjén jelentkező különbséget, amihez a városban élők szervezetének alkalmazkodnia kell. A PET index értékek statisztikai vizsgálata során a fiziológiai terhelés kategória értékei szerint képeztem osztályokat. A leíró statisztikai elemzések mellett (pl. abszolút- és relatív gyakoriság eloszlási vizsgálat) korrelációs vizsgálatokkal és regresszió analízis segítségével mutattam ki a különböző meteorológiai elemek és a bioklimatikus terhelés mértéke közötti kapcsolatot. Az elemzéseket évszakokra és napszakokra is elvégeztem, melynek segítségével pontosabb kép rajzolódik ki a fiziológiai terhelés kialakulásának kapcsolatrendszeréről.

A **makro** léptékű vizsgálat során a céloim a földrajzi és a bioklimatológiai információk összekapcsolásával Magyarország bioklíma térképének megrajzolása – a PET index térbeli eloszlásának vizsgálata havi bontásban – volt. Mivel nem állt rendelkezésemre megfelelő felbontású mért meteorológiai adatbázis, ezért az index kiszámításához a Kelet-Angliai Egyetem (University of East Anglia, Norwich, UK) által összeállított ún. CRU (Climatic Research Unit) meteorológiai adatbázis 1961-1990 közötti időszakra vonatkozó adatait (léghőmérséklet, szélesebesség, relatív

nedvesség, havi napfénytartam) használtam fel. A területi ábrázoláshoz a számított PET index értékeket többváltozós lineáris regresszió segítségével finomabb területi felbontásúvá (1 km) tettem (független változók a földrajzi szélesség, hosszúság és a tengerszint feletti magasság). Ehhez az ún. GLOBE digitális terepmodell adatait használtam fel.

Az adatok feldolgozásához, a statisztikai elemzésekhez és a grafikus megjelenítéshez Microsoft Excel, SPSS 11.0, Corel Draw X3 és Surfer 8.0 számítógépes szoftvereket használtam.

3. Eredmények tézisszerű összefoglalása

A három különböző léptéken folytatott vizsgálatok eredményeiből a következő megállapítások tehetők:

3.1. Városi mikrokörnyezetek termikus komfortviszonyainak jellemzői

3.1.1. Városon belül az összetett felszíni geometria igen mozaikos mikroklimatikus jellemzőket eredményez. Ennek megfelelően várható, hogy a mikro léptékű humán bioklimatikus jellemzők is nagy variabilitást mutatnak. Ez a változatosság elsősorban nem a hőmérsékleti-, hanem a sugárzási viszonyokkal áll szoros összefüggésben. Közel azonos hőmérsékleti, légnedvességi és szélesebességi adatokkal rendelkező pontokban attól függően, hogy direkt sugárzás éri-e a testet vagy nem, 30-40%-os eltérést mutattam ki a PET indexértékekben, ami a fiziológiai terhelés mértékében olykor a komfortérzetben 2 kategóriányi különbséget is jelent. A humán bioklimatikus változékonyság sokkal erőteljesebb, mint azt a mikroklimatikus tényezőkből várhatnánk. (A szélsőségek a szegedi és a nemzetközi vizsgálatok eredményeit összehasonlítva még erőteljesebbek, ennek oka valószínűleg a magasabb globálsugárzási értékekben rejlik.) A nyári magas hőmérsékleti és sugárzási mutatókkal rendelkező időszakban ez, mint erőteljes meleg stressz jelenik meg (Gulyás et al., 2003, 2004).

3.1.2. A fiziológiai terhelés mérséklése elsősorban tehát a sugárzási viszonyok módosításával függ össze. Adott beépítettség mellett erre korlátozott számú lehetőség áll rendelkezésre, melyből a legkézenfekvőbb a fás vegetáció változtatása. Annak ellenére, hogy a sűrű beépítettségű városi területen a fás vegetáció általában kis területekre (kisebb belvárosi parkok,

út menti fasorok) korlátozódik, jelentős humán komfort módosító hatása van. A vizsgálatokból kitűnik, hogy a fás vegetáció, azonos épületgeometriai környezet esetén is jelentősen (napi átlagban 5%-os, nappali időszakban 10%-os csökkenést mutatható ki) csökkenteni képes a fiziológiai terhelés mértékét nappal. Ez ilyen kis skálán tekintve nem a zöldfelület méretével, hanem az egyes fák közvetlen árnyékoló hatásával függ össze (Gulyás, 2005; Unger et al., 2005; Gulyás et al., 2006).

3.2. A város (lokális/mezo) léptékű termikus komfortviszonyokat módosító hatása

3.2.1. A 2003. március és november közötti időszakban a maximális *PET* a városi területeken csak kis mértékben (0,4 °C), míg a minimum értékekben jelentősen (6,4 °C) magasabb, mint a városon kívül (Matzarakis and Gulyás, 2006). A *PET* órás átlagainak gyakorisági eloszlásában szélsőséges hőérzeti kategóriákba tartozó órák száma mind a meleg, mind pedig a hideg szélsőségek esetén a rurális területen magasabb. Ez az akadálytalan (égboltláthatóság $\approx 100\%$) besugárzásnak köszönhető. Ám míg a forró és nagyon forró kategóriákba tartozó időszak hossza között a teljes időszakhoz viszonyítva csak kb. 1%-os az eltérés, addig a hideg és nagyon hideg kategóriáknál ez a különbség 8%. Megállapítható, hogy a város humán bioklimatikus módosító (mérséklő) hatása a nagyon erős fiziológiai terheléssel járó hideg időszakokban sokkal jelentősebb, míg kis mértékben a meleg stressz-szel jellemezhető időszakok hosszát is redukálja. A komfortos hőérzeti kategóriába tartozó időszakok hossza ugyanakkor az egész vizsgált időszakon belül mintegy kétszerese az urbánus területen. Évszakos bontásban a városi módosító hatás ősszel és tavasszal kiegyenlített a különböző kategóriák között (kis mértékben csökkenti az extremitásokat és növeli a komfortos időszak hosszát), nyáron azonban sokkal erőteljesebb. Vagyis a városnak a humán komfort viszonyokra kifejtett hatása általában mérséklő és kiegyenlítő (Gulyás et al., 2009).

3.2.2. A fiziológiai terhelés mértékének napszaki elemzése során a városi környezetben nappali negatív és éjszakai pozitív eltérés mutatható ki a külterülethez képest. Ez nappal nem vezethető le egyértelműen az enyhe negatív hőmérsékletbeli eltérésekből, éjjel viszont valószínűsíthetően a városi hősziget jelenségnek tudható be. Az eltérés napi átlagértékeket tekintve

lehet akár 10-12 °C (PET), ami 2-3 kategóriányi különbséget is takarhat a hőérzeti komfortskálán. Az átlagos órás Δ PET értékek napi menete a legszélesebb intervallumban nyáron mozog, a legkiegyenlítettebb az őszi folyamán.

3.3. A meteorológiai paraméterek és a fiziológiai terhelés mértéke közötti a kapcsolatot jellemzése

3.3.1. A léghőmérséklet és a sugárzási viszonyok jellemzésére használt átlagos radiációs hőmérséklet (T_{mrt}) valamint a PET index között erős pozitív lineáris kapcsolat mutatható ki a városban és a városon kívül egyaránt. A relatív nedvesség esetén a kapcsolat szintén lineáris, ám negatív és az adatok szórása sokkal nagyobb az előzőeknél. Vizsgálatom során a szélsőségek és a PET értékek esetén nem volt számottevő kapcsolat a két paraméter között (ahogyan az a szakirodalmi adatok alapján várható lett volna). A szakirodalmi adatok azonban alacsony T_{mrt} melletti magasabb szélsőségekre ($2-5 \text{ ms}^{-1}$) vonatkoztak. Esetünkben egy keskeny utcakanyon szélén lévő mérőpontban a humán bioklimatikus standard-eknek megfelelő 1,1 m-re való szélredukció után (különösen a belvárosi területen) rendkívül alacsony szélsőségekkel találkoztunk minden évszakban, így ez okozhatja a nem várt eredményt (Gulyás et al., 2009).

3.3.2. A lineáris regressziós vizsgálatok során kapott eredményekből megállapítható, hogy a fiziológiai terhelés mértéke és a T_a között a legszorosabb a kapcsolat (évszaktól függetlenül) éjjel mutatható ki. Nappal minden évszakban csökken a kapcsolat szorossága (vagyis nappal a léghőmérséklet a komfortviszonyok meghatározásában veszt jelentőségéből), ám ez a csökkenés évszaktól és a megfigyelési terület elhelyezkedésétől függően változó mértékű. A legnagyobb nyáron, ezen belül is a városi környezetben (Gulyás et al., 2009).

3.3.3. A T_{mrt} és a PET kapcsolata minden évszakban, minden napszakban rendkívül szoros. A lineáris regresszió analízis során kapott determinációs együttható (r^2) értéke csak tavasszal és ősszel éjjel csökken 0,9 alá. Ez a jelenség valójában a mezo léptékű megjelenése annak a mikro szinten is fennálló sajátosságnak, hogy termikus komfort alakításában központi szerep jut a sugárzásnak (Gulyás et al., 2009).

3.3.4. A légnedvesség és a PET kapcsolatának szorossága jóval gyengébb, mint az előbbi két paraméter esetén. Az éjszakai értékek mindkét területen évszaktól függetlenül alacsonyabbak, mint a nappaliak. Az r^2 értékekből megállapítható, hogy éjjel a légnedvesség jóval kisebb befolyással van a humán komfort viszonyok alakítására, mint a nappali órákban (ez a különbség összszel a legkifejezettebb). A determinációs együtthatók alapján a városon belüli terület esetén a légnedvesség humán komfort módosító hatása gyengébbnek mutatkozik, mint a városon kívül. Minden variációból a legszorosabb összefüggés a rurális területen összszel a nappali órákban mutatható ki (Gulyás et al., 2009).

3.4. Magyarország nagyléptékű bioklimatikus jellemzése

3.4.1. A makro léptékű vizsgálat során egy lehetséges módszert mutattam be a bioklimatikus és a földrajzi információk összekapcsolására. Ennek segítségével elsőként készítettem el Magyarország bioklíma térképét, amely a PET index havi átlagértékeinek térbeli eloszlását mutatja 1 km-es felbontásban. Az eredményeim általánosságban azt mutatják, hogy a PET index É-D-i gradiens mentén, illetve tengerszint feletti magasság csökkenésével mutat növekvő tendenciát. A növekedés tendenciája azonban a téli hónapokban inkább ÉK-DNY-i, az év egyéb szakában pedig egyértelmű É-ről D felé mutató irányultságot vesz fel. Vagyis amíg télen az Északi-középhegység mellett az ÉK-Alföld jellemezhető a legnagyobb hideg stressz-szel, addig tavasztól ősziig az Északi-középhegységben mutathatók ki a legalacsonyabb PET értékek. A területi különbségek (hónaponként változó értékben) 5 és 11 °C között változnak a legmagasabb és a legalacsonyabb PET-tel jellemezhető területek között. A legkisebb különbség a téli hónapokban mutatkozik, a legnagyobb pedig a késő tavaszi és nyári hónapokban (Gulyás and Matzarakis, 2007).

3.4.2. Téli időszakban a hőérzeti komfortkategóriák szintjén (a jelenlegi kategória rendszer szerint) az egész ország területén igen nagyfokú a homogenitás, vagyis az ország egész területe ugyanazon (extrém hideg) terhelési kategóriába tartozik, ami nyilvánvalóan részben a nem túl élénk domborzatnak köszönhető. Ez az alap kutatás szintjén felhívja a figyelmet, arra hogy szükség lehet a PET index hidegterhelési kategóriarendszerének

árnyalására a közép-európaihoz hasonló klimatikus viszonyok között (Gulyás and Matzarakis, 2009).

3.4.3. Az év magasabb sugárzási jellemzőkkel rendelkező részén (tavasztól őszig) megnövekednek az ország területén számított szélső értékek közötti különbségek, amely a makro léptékű bizonyítéka a sugárzás - kisebb léptékekben bemutatott - termikus komfortviszonyok alakításában betöltött központi szerepének. Ezekben a hónapokban a hőérzeti komfortskálán (még az átlagértékek szintjén is) jelentős – két kategóriányi – különbség mutatható ki a 3.4.1. pontban bemutatott É-D-i gradiens mentén (Gulyás and Matzarakis, 2009).

3.4.4. A tengerszint feletti magasság növekedésével a PET indexértékek csökkenő tendenciát mutatnak, ami nyilvánvaló összefüggésben áll a hőmérséklet ilyen irányú csökkenésével. A csökkenés mértéke azonban az eredmények alapján nem azonos a különböző hegységek esetén. A legszembetűnőbb eltérést a Mecsek esetén tapasztaltam. Összehasonlítva például a hasonló tengerszint feletti magasságokkal jellemezhető Visegrádi hegységgel, a Mecsek bioklimatikus szempontból alig „emelkedik ki” a környezetéből, míg a Visegrádi hegységben jóval erőteljesebb a tengerszint feletti magasság szerinti differenciálódás. Ez a környezetbe való „beolvadás” leginkább a téli időszakban figyelhető meg. Ennek valószínű magyarázata az lehet, hogy a DNY-i területek mediterrán klimatikus befolyásoltsága a bioklimatikus viszonyokra is jelentős kiegyenlítő hatással van, míg a kontinentalitás erősödése emeli a tengerszint feletti magasság jelentőségét a bioklimatikus viszonyok alakításában. (Ez a hatás oka lehet az előzőekben bemutatott É-D – ÉK-DNY tendenciaváltozásnak is.) (Gulyás and Matzarakis, 2009)

A PhD értekezés megírásához közvetlenül felhasznált publikációk (9)
(A*-gal jelöltek impakt faktoros kiadványok)

1. **Gulyás, Á., Unger, J., Balázs, B. and Matzarakis, A., 2003:** Analysis of the bioclimatic conditions within different surface structures in a medium-sized city (Szeged, Hungary) *Acta Climatologica et Chorologica Univ. Szegediensis* 36-37, 37-45.
2. **Gulyás Á., Unger J., Matzarakis, A. 2004:** A városi környezet mikroklimatikus jellemzőinek bioklimatológiai szempontú elemzése Szeged példáján. 2. Magyar Földrajzi Konferencia, Szeged CD-ROM ISBN 963-482-687-3
3. **Gulyás, Á. 2005:** Differences in human comfort conditions within a complex urban environment: A case study. *Acta Climatologica et Chorologica Univ. Szegediensis* 38-39, 71-84.
4. **Unger J. , Gulyás Á., Matzarakis, A. 2005:** Eltérő belvárosi mikrokörnyezetek hatása a humán bioklimatikus komfortérzetre. *Léghő* 50, 9-14.
5. ***Gulyás, Á., Unger, J., Matzarakis, A. 2006:** Assessment of the microclimatic and thermal comfort conditions in a complex urban environment: modelling and measurements. *Building and Environment* 41, 1713-1722.
6. **Matzarakis, A. and Gulyás, Á. 2006:** A contribution to the thermal bioclimate of Hungary – mapping of the physiologically equivalent temperature *Táj, környezet és társadalom. Ünnepi Tanulmányok Keveiné Bárány Ilona professzor asszony tiszteletére*, 479-488.
7. **Gulyás, Á. and Matzarakis, A., 2007:** Selected examples of bioclimatic analysis applying the physiologically equivalent temperature in Hungary *Acta Climatologica et Chorologica Univ. Szegediensis* 40-41, 37-46.
8. ***Gulyás, Á. and Matzarakis, A., 2009:** Seasonal and spatial distribution of PET – Physiologically Equivalent Temperature – index in Hungary. *Időjárás* 113, 221-231.
9. **Gulyás, Á., Matzarakis A. and Unger, J., 2009:** Differences in the thermal bioclimatic conditions on the urban and rural areas in a Southern Hungarian city (Szeged). *Berichte des Meteorologischen Instituts der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg Nr.18*, 229-234.

Egyéb a témához tágabban kapcsolódó publikációk (10)

1. *Lakatos, L., Gulyás, Á., 2003: Connection between phenological phases and urban heat island in Debrecen and Szeged, Hungary. Acta Climatologica et Chorologica Univ. Szegediensis 36-37, 79-83.*
2. *Unger, J., Bottyán, Zs., Sümegehy, Z. and Gulyás, Á., 2004: Connection between urban heat island and surface parameters: measurements and modelling. Időjárás 107, 173–194.*
3. *Sümegehy Z., Berta A., Gulyás Á., Kiss A. 2006: A relatív légnedvesség városi keresztmetszet menti éjszakai eloszlásának vizsgálata esettanulmányok segítségével, Szegeden. Táj, környezet és társadalom. Ünnepi Tanulmányok Keveiné Bárány Ilona professzor asszony tiszteletére, 479-488.*
4. *Gulyás Á., Kiss T. , 2007: Városi élőhelyek és élőlények. In Mezősi G. (szerk.): Földrajzi tanulmányok Vol. I. Városökológia, JATEPress Szeged , 119-147.*
5. *Kántor, N., Unger, J., Gulyás, Á., 2007: Human bioclimatological evaluation with objective and subjective approaches on the thermal conditions of a square in the centre of Szeged Acta Climatologica et Chorologica Univ. Szegediensis 40-41, 37-45.*
6. *Koppány Gy. és Gulyás Á., 2008: Milyen az élővilág számára optimális éghajlat. Légkör, 53, 12-15.*
7. *Égerházi, L., Kántor, N. and Gulyás, Á., 2009: Investigation of human thermal comfort by observing the utilization of open-air terraces in caring places – a case study in Szeged. Acta Climatologica et Chorologica Universitatis Szegediensis 42-43, in press*
8. *Kántor, N., Égerházi, L., Gulyás, Á. and Unger, J., 2009: Attendance of a green area in Szeged according to the thermal comfort conditions. Acta Climatologica et Chorologica Universitatis Szegediensis 42-43, in press*
9. *Kántor, N., Gulyás, Á., Égerházi, L. and Unger, J., 2009: Objective and subjective aspects of an urban square's human comfort – case study in Szeged (Hungary). Berichte des Meteorologischen Instituts der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg Nr.18, 241-246.*

10. Kántor, N., **Gulyás, Á.**, Gál, T. és Unger, J., 2009: Humán bioklimatikus komfortvizsgálatok – Parktervezés tudományosan. *Élet és Tudomány* 13, 394-397.

Konferencia részvétel (10)

1. **Gulyás, Á.**, Unger, J. and Matzarakis, A., 2003: Analysis of the thermophysiological significant conditions within a medium-sized city with continental climate (Szeged, Hungary) *The Fifth Int Conf on Urban Climate (ICUC), Lodz, Poland* (poszter)
2. **Gulyás, Á.**, Lakatos, L. and Gál, T., 2003: Spatial distribution of the phenological phases and urban heat island in the cases of two Hungarian cities *The Fifth Int Conf on Urban Climate (ICUC), Lodz, Poland* (poszter)
3. **Gulyás Á.**, Unger J., Matzarakis, A. 2004: A városi környezet mikroklimatikus jellemzőinek bioklimatológiai szempontú elemzése Szeged példáján. 2. *Magyar Földrajzi Konferencia, Szeged* (előadás)
4. Unger, J., Kántor, N., **Gulyás, Á.** and Gál, T., 2007: Thermal comfort investigation of an urban square in summer. *4th Polish Conf on Urban Climate and Bioclimate, Lodz, Poland* (poszter)
5. **Gulyás, Á.**, Kántor, N. és Unger, J., 2008: Különböző léptékű humán bioklimatológiai vizsgálatok (mérés, modellezés). *MMT Agro- és Biometeorológiai Szakosztályának előadó ülése, OMSZ Székház, Budapest, 2008. június 12.* (előadás)
6. Kántor, N., **Gulyás, Á.** és Unger, J., 2008: Városi humán komfort objektív és szubjektív megközelítésben. *MMT Agro- és Biometeorológiai Szakosztályának előadó ülése, OMSZ Székház, Budapest, 2008. június 12.* (előadás)
7. Kántor, N., **Gulyás, Á.**, Égerházi, L. and Unger, J., 2008: Objective and subjective aspects of an urban square's human comfort – case study in Szeged (Hungary). *5th Japanese-German Meeting on Urban Climatology, Albert-Ludwigs-University of Freiburg, Germany, 6-8 October 2008* (poszter)
8. **Gulyás, Á.**, Matzarakis A. and Unger, J., 2009: Differences in the thermal bioclimatic conditions on the urban and rural areas in a Southern Hungarian city (Szeged). *5th Japanese-German Meeting*

- on Urban Climatology, Albert-Ludwigs-University of Freiburg, Germany, 6-8 October 2008 (poszter)*
9. Kántor, N., **Gulyás, Á.** and Unger, J., 2009: Investigation of the thermal comfort conditions of an urban green area. *XIII. Congress of Hungarian Geomathematics and the II. Congress of Croatian and Hungarian Geomathematics, Aranyszöm Rendezvényház, Mórahalom, 21-23 May 2009 (előadás)*
 10. Kántor, N., Égerházi, L., **Gulyás, Á.** and Unger, J., 2009: The visitors' attendance on a square according to the thermal comfort conditions – case study in Szeged (Hungary). *The seventh International Conference on Urban Climate – ICUC-7, Yokohama, Japan, 29 June - 3 July 2009 (előadás)*