

SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
FÖLDTUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA

**Városi közterületek komplex humán-bioklimatológiai értékelése és
annak várostervezési vonatkozásai szegedi példák alapján**

Doktori (PhD) értekezés tézisei

ÉGERHÁZI LILLA ANDREA

TÉMAVEZETŐK:

DR. UNGER JÁNOS

tanszékvezető egyetemi tanár

DR. KÁNTOR NOÉMI

tudományos munkatárs

SZTE TTIK ÉGHAJLATTANI ÉS TÁJFÖLDRAJZI TANSZÉK

SZEGED

2014

1. PROBLÉMAFELVETÉS, CÉLKITŰZÉS

Napjaink gyorsuló ütemű urbanizációs folyamatainak eredményeként a világnépesség több mint fele városi területeken él és dolgozik. A városok számának és térbeli kiterjedésének növekedése azonban magában hordozza azt is, hogy a lakosság egyre nagyobb hányadát érintik a települési környezet, ezen belül is a levegőkörnyezet terhelő hatásai. Ez utóbbiért elsősorban a nagy hőtároló-képességű mesterséges anyagok, az antropogén tevékenységeket (pl. közlekedés, ipar, fűtés vagy a légkondicionáló berendezések túlzott használata) kísérő szennyezőanyag- és hőkibocsátás, valamint a városi területek rossz átszellőzése tehető felelőssé. A városok – természetes területekhez képest – megváltozott fizikai tulajdonságai révén kialakuló hőterhelése, továbbá a légszennyezés, a zaj, a fokozott élettempó és az ezzel járó stressz hosszú távon számos egészségügyi probléma kiváltó okai lehetnek, de rövid távon is jelentősen befolyásolják életünket. Hatással vannak ugyanis többek között teljesítőképességünkre, valamint mindennapi komfortérzetünkre is. A fennálló városi és városklimatológiai problémákat tovább súlyosbítja, hogy a globális klímaváltozás jelenlegi tendenciái a szárazföldi területek nagy részén a hőmérséklet további emelkedését, valamint a szélsőséges időjárási események egyre gyakoribbá válását jelzik előre.

A településeken élő és dolgozó emberek egészségének és közérzetének figyelembevételére, a szervezetüket érő stresszhatások mérséklése különösen fontos feladatnak tekinthető a várostervezés és -fejlesztés során, melyek megvalósulásához elengedhetetlen a városi környezet hatásainak fiziológiai szempontú elemzése. Napjainkban azonban (mind hazai, mind pedig nemzetközi szinten) többnyire az esztétika az elsődleges tervezői szempont, sokszor a praktikus városszerkezet és a humán-komfortviszonyok figyelembe vételének rovására. Éppen ezért fontosnak tartom az emberi hőérzettel s a hozzá tartozó ún. termikus komfortérzettel kapcsolatos tényezők (hangsúlyosabb) figyelembevételét a várostervezés és -rendezés során, hiszen azok jelentősebb hatással bírnak az emberi életminőségre, mint önmagában a látványos megjelenés. Ebben nyújthatnak segítséget a várostervezőknek a városi légtér meteorológiai-klimatológiai, valamint légszennyezési viszonyaira fókuszáló humán-bioklimatológiai vizsgálatok, melyek elsősorban arra helyezik a hangsúlyt, hogy feltárják, milyen hatást gyakorolnak az emberekre az urbanizálódott területek módosult klímaviszonyai, valamint hogy

meghatározzák az ott élők számára legideálisabb városi klímát. Emellett iránymutatással kell szolgálniuk a várostervezők és döntéshozók számára, hogy ésszerű tervezési stratégiákkal, a városrendezés során felhasznált anyagok megfelelő megválasztásával és felhasználásával, valamint a városi zöldterületek és -felületek növelésével megalapozzák egy élhetőbb és komfortosabb városi környezet megteremtését.

Doktori munkám egyik fő mozgatórugója az volt, hogy hozzájáruljak egy olyan letisztult, a város- és közterület-tervezés gyakorlatában is alkalmazható humán-bioklimatológiai módszertan kidolgozásához, mely a pusztán „esztétikumalapú” tervezéssel szemben különös figyelmet fordít a városlakók komfortérzetére és életminőségére. Ezen felül eredményei relevánsak a közeljövőben várható klimatikus trendek tekintetében, és nem csupán a fennálló, illetve a jövőbeli problémákra hívja fel a figyelmet, hanem megpróbál azokra megoldásokat is találni. Másfelől szeretnék munkámmal bekapcsolódni a nemzetközi szinten már kiterjedt, a hazai viszonylatban azonban még kevésbé ismert szabadtéri hőstressz-, illetve termikus komfortkutatásokba.

Kutatómunkám során a következő célokat tűztem ki magam elé:

- röviden bemutassam a városi humán-bioklimatológia tudományát, továbbá ismertessem az ehhez kapcsolódó hazai és nemzetközi vizsgálatok legfontosabb kutatási eredményeit,
- átfogó képet adjak a több éven át tartó szegedi humán-bioklimatológiai projektről, melybe saját vizsgálataim is illeszkednek, s melynek keretében több városi közterület, illetve azok termikus komfortviszonyainak sokrétű felmérése zajlott,
- számszerűen jellemezzem a termikus terhelés mértékét különböző szegedi közterületeken, s kimutassam a terek kialakításából eredő mikro-bioklimatikus módosító hatások mértékét,
- részletesen szemléltessem a termikus viszonyok térbeli és időbeli alakulását két nemzetközileg is elismert mikro-bioklimamodellel segítségével,
- megbecsüljem a modellek megbízhatóságát, értékeljem azok előnyeit, hátrányait, valamint az alkalmazásuk lehetőségeit, elősegítve ezzel várostervezési felhasználásukat,

- megvizsgáljam, miként jelennek meg egy közterület termikus viszonyainak időbeli, illetve térbeli jellegzetességei a területhasználat mintázatában, illetve a látogatók viselkedési reakcióiban,
- részletesen értékeljem a látogatók területkialakítással kapcsolatos szubjektív véleményeit,
- környezet- és klímatudatos megoldási javaslatokkal szolgáljak a városi területeken jelentkező termikus terhelés mérséklésére,
- munkámmal elősegítsem egy új várostervezési szemléletmód bevezetését és egy – a közterületek széleskörű vizsgálatán alapuló – tervezési útmutatóval szolgáljak a szabadtéri komfortviszonyok lehetséges optimalizálása érdekében.

2. KUTATÁSI MÓDSZEREK

2008 tavaszán az SZTE Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék városklíma munkacsoportja által elindított hosszú távú projekt keretében különböző területkialakítású és funkciójú szegedi közterületek komplex humán-bioklimatológiai felmérésébe kapcsolódtam be, majd elvégeztem a területek részletes értékelését. A vizsgálat sorozat módszertanilag két jól elkülönülő részre (I. és II. mérési időszakra) volt osztható, azonban a későbbiekben bemutatott kutatási eredményeim kizárólag a II. mérési időszak adatbázisán alapulnak. Ebben az időszakban (2011 és 2012) összesen hat belvárosi mintaterület: a nagy kiterjedésű fás vegetációval ellátott Széchenyi tér, a zömében mesterséges anyagokkal borított Dugonics tér és Szt. István tér, a Honvéd téri és Retek utcai játszótér (előbbi számottevő, utóbbi viszont kevés vegetációval rendelkezik), valamint a vörös térkővel borított Kárász utca felmérésére került sor. A helyszíni humán-bioklimatológiai méréseket minden mintaterület esetén a természetes és mesterséges tereptárgyak, illetve felszínborítási típusok feltérképezése előzte meg, ami alapul szolgált a mintaterületek térképeinek elkészítéséhez.

A vizsgálatokhoz szükséges helyszíni adatgyűjtések (melyek 5–7 hetes periódusokban mind a két év tavaszán, nyarán és őszen zajlottak) két fő irányvonal mentén haladtak. Az ún. *környezeti monitoring* során a termikus komfortérzetet meghatározó **mikrometeorológiai paraméterek**, így a lég-hőmérséklet (T_a), a relatív nedvesség (RH), a szélesség (v) és a háromdimenziós környezetből érkező rövid- és hosszuhullámú sugárzási fluxusok (K_i , L_i) **helyszíni mérésére** került sor. A klímaadatok rögzítése két mobil

városklimatológiai (VK) állomás segítségével zajlott, a humán-bioklimatológiai irányelveknek megfelelő 1,1 m magasságban. Az állomásokat rendszerint a mintaterületek egy árnyékos (VK1 állomás) és egy napos (VK2 állomás) pontjára helyeztük. Ettől csak a Szt. István tér esetében tértünk el, ahol az árnyékolás hiányában a tér két eltérő felszínborítású (füves és térköves) részére állítottuk fel őket. A mért adatokból a feldolgozás során kiszámítottam a sugárzási viszonyok komplex hőhatását számszerűsítő átlagos sugárzási hőmérséklet (T_{mrt}), valamint az emberi szervezetet ért termikus terhelés mértékét leíró fiziológiailag ekvivalens hőmérséklet (PET) értékeit.

A termikus paraméterek helyszíni mérésével párhuzamosan zajlott az ún. *humán monitoring*, melynek keretében a látogatók területhasználatának jellemzőit, szubjektív reakcióikat, valamint véleményeiket rögzítettük. Az **észrevétlen megfigyelések** során a mintaterületek összlátogatottságát, a látogatók napfénynek való kitettségét mértük fel, valamint térképen jelöltük pontos területi elhelyezkedésüket. A termikus viszonyokra és a területek kialakítására adott humán reakciók részletesebb tanulmányozása érdekében **kérdőíves felmérésekre (interjúkra)** is sor került. A látogatókkal folytatott irányított beszélgetések a termikus környezet szubjektív értékelése mellett arra is keresték a választ, hogy a térre érkezők mennyire találják kellemesnek az adott közterületet, mennyire elégedettek a terület kialakításával, és ezzel kapcsolatban milyen változtatásoknak örülnének leginkább.

A helyszíni méréseket a későbbiekben egy újabb objektív irányvonallal, a mintaterületeken kifejlődő **mikro-bioklimatológiai jellemzők szimulációjával** egészítettem ki, melyet a szabad felhasználású *RayMan* és *ENVI-met* modellek segítségével végeztem el. Ennek köszönhetően nem csupán egy-egy pont felmérésére és értékelésére nyílt lehetőségem, hanem a mintaterületek teljes területéről tudtam mikro-bioklimatológiai információkkal szolgálni. A dolgozatom terjedelmi korlátai miatt a szimulációkhoz kötődő tapasztalataimat a Retek utcai játszótér példáján mutattam be. A modellezéshez szükséges bemeneti meteorológiai adatok a Szeged külterületén található OMSZ állomás adatbázisából származtak. A háromdimenziós modellkörnyezetek megalkotásához a mintaterületek feltérképezéséből nyert tereptárgyak (épületek és vegetáció) adatait, valamint – az *ENVI-met* esetében – a felszínborítási típusok paramétereit is felhasználtam. A modellek kimeneteiből olyan mikroskálájú térképeket szerkesztettem, melyek a

mikroklimatikus paraméterek (T_a , RH, v, T_{mrt}), valamint a belőlük származtatott PET-értékek (termikus stressz) területre jellemző (térbeli) mintázatot szemléltették különböző időpontokban. A szimulációk megbízhatóságának értékeléséhez összevettem a modellezett, valamint a helyszíni mérésekből származó T_{mrt} - és PET-értékek idősorait.

Kutatásaimhoz a helyszíni felmérések idején uralkodó **időjárási háttér-körülményeket leíró paraméterek** (léghőmérséklet, relatív nedvesség, szélesebség és globálsugárzás) 10 perces átlagértékeit is felhasználtam, melyek a szegedi OMSZ állomás adatbázisából származtak. A háromdimenziós sugárzási környezet (K_i , L_i) felmérése híján a T_{mrt} értékeit ebben az esetben a globálsugárzás adatainak felhasználásával számítottam ki a RayMan modell segítségével. A PET-értékek – ugyancsak a RayMan modellel történő – kiszámítása előtt a 10 m magasságban rögzített szélesebségértékeket 1,1 m-re redukáltam.

Az adatok feldolgozásához, a statisztikai jellegű vizsgálatokhoz, valamint az eredményeim megjelenítéséhez *Microsoft Excel*, *SPSS Statistics 20*, *Surfer 8.0*, *ESRI ArcView GIS 3.3* és *CorelDRAW X3* szoftvereket használtam.

3. EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

Kutatási eredményeim tézisszerű összefoglalása

1. Objektív vizsgálati eredményeimre támaszkodva kimutattam, hogy a **területkialakítás** (pl. árnyékviszonyok, felszínborítás, zárt kialakítás) a **fiziológiailag ekvivalens hőmérséklet (PET) értékeinek alakulására a léghőmérsékletnél (T_a) jelentősebb befolyással bír**. A PET-értékek markánsabb idő- és térbeli változatosságát a helyszíni mérések és a mikrobioklimatológiai szimulációk eredményei is alátámasztották.

1.a A mintaterületek különböző pontjain *mért mikro-bioklimatológiai paramétereknek* az időjárási háttérparaméterektől való eltérése alapján kimutattam, hogy a városi hatásoktól mentes OMSZ-adatoktól való T_a -eltérés abszolút értéke a különböző területeken és a különböző évszakokban csak elvétve haladta meg a 3 °C-ot. Ezzel szemben, a PET-értékek esetén jelentkező különbségek nagyon gyakran a ± 10 °C-os tartományt is túlszárnyalták.

1.b Az ENVI-mettel végzett *mikro-bioklimatológiai szimulációk* alapján feltártam, hogy a vizsgált terület (Retek utcai játszótér) különböző árnyékolású és felszínborítású pontjai közt akár 15 °C-ot is meghaladó PET-különbségek fejlődhetnek ki egy derült napon (évszaktól függetlenül), míg az ugyanazon időpontokra vonatkozó T_a -különbségek mértéke 1 °C alatt marad (Égerházi és Gál 2012, Égerházi et al. 2013a).

1.c Hasonló eredményeket kaptam a felhőmentes napokon *mért adatok* idősorait vizsgálva: a napos és árnyékos mérőpontok közti PET-különbség számos alkalommal meghaladta a 15 °C-ot, míg a T_a -értékek esetén az átlagos eltérés nem lépte túl a 1,5 °C-ot (Kántor et al. 2012).

2. A mintaterületeken felmért adatok, illetve a szimulációkkal nyert eredményeim segítségével **rávilágítottam, hogy bizonyos területi elrendezések szisztematikusan bioklíma-módosító hatással bírnak.**

2.a *Mérésekkel* igazoltam a vörös térköves **burkolat** humán-bioklimatológiai szempontból terhelőbb hatását nyáron a természeteshez közeli, füves felszínborításhoz viszonyítva. A térköves felszínen ugyanis nyáron az extrém hőstressz kategóriájába eső PET-értékek 9,5%-kal nagyobb gyakorisággal, valamint az enyhe termikus terhelés 2,1%-kal ritkábban fordult elő. Az *ENVI-met* modell eredményei (a Retek utcai játszótéren) szintén alátámasztották a mesterséges felszín kedvezőtlen hatását: a kavicsbeton borítású (tétköves) területen ugyanis nyáron az extrém kategóriába eső PET-értékek domináltak (Égerházi et al. 2013c, 2014).

2.b A *mérési eredmények* rávilágítottak, hogy az **árnyékolás** a nyári termikus terhelés redukálásában sokkal hatékonyabbnak bizonyul, mint a természeteshez közeli felszínborítás. Az épületek és/vagy a vegetáció általi árnyékolás ugyanis a referenciaadatokhoz képest átlagosan akár 9 °C-kal hűvösebb termikus körülmények kialakulásához vezethet. Emellett (a Retek utcai játszótér mérési eredményei alapján) kimutatható, hogy az árnyékban a fiziológiai terhelés szintjében kifejezve gyakran 2-3 kategóriával is hűvösebb termikus körülmények voltak tapasztalhatók, mint a terület napsugaraknak kitett részein (Kántor et al. 2012).

2.c A *mérési eredmények* alapján feltártam, hogy az épületekkel és/vagy növényzávokkal **körülzárt területkialakítás**, valamint a **magas albedóval bíró világos aprókavicsos felszínborítás** együttesen a direkt

napsugaraknak kitett területrészekben mindhárom vizsgált évszakban az OMSZ-adatoktól átlagosan kb. 6–8 °C-kal magasabb PET-értékeket idéz elő.

3. Kimutattam, hogy az időjárási háttér erős befolyással bír a kifejlődő mikro-bioklimatológiai különbségek mértékére.

3.a A kora tavaszi *mérési* és *modelleredmények* is feltárták, hogy az erős légáramlás nem csupán hűsítő hatást gyakorol a termikus körülményekre, de kimutatható annak mikroklima-kiegyenlítő szerepe is. Ez elsősorban a helyszín különböző pontjain jelentkező (mért, illetve modellezett) léghőmérséklet-értékek közelségében mutatkozott meg.

3.b Mind a *mérési*, mind pedig a *modelleredmények* esetén derült égboltviszonyokkal jellemezhető (és szélcsendes) napokon mutattam ki a termikus viszonyok legnagyobb variabilitását.

4. A PET-értékek legjelentősebb – időbeli és területi – különbségeinek kifejlődéséért a termikus alapparaméterek közül egyértelműen a sugárzási viszonyok változatossága tehető felelőssé.

4.a A *helyszíni mérésekből* származtatott PET-értékek és a globálsugárzás napi menetének együttes vizsgálata igazolta, hogy a változó felhőzettel rendelkező napokon a PET-értékek napi mintázata szembetűnően leköveti a globálsugárzás értékeinek – az égbolt befelhősődésével, majd kiderülésével járó – ütemét a napos mérőponton (Kántor *et al.* 2012).

4.b Ugyanakkor az *ENVI-met modell* kimeneti térképei alapján kimutatható, hogy a három vizsgált évszakban a termikus körülmények jelentős térbeli variabilitást mutattak a vizsgált területen, ami elsősorban a T_{mrt} értékek térbeli mintázatával állt szoros kapcsolatban. Ez utóbbi szembetűnően lekövette az árnyékos és napos területek, valamint a különböző felszínborítási típusok elhelyezkedését és alakját, valamint értéke a direkt napsugaraknak kitett területrészekben jóval meghaladta az árnyékban kifejlődött megfelelőjét (Égerházi és Gál 2012, Égerházi *et al.* 2013a).

5. A területkialakításból eredő mikrobioklima-módosító hatások évszankonként, illetve időjárási háttértől függően értékelhetők kellemesnek

vagy kellemetlenek, amit mind a helyszíni mérések, mind pedig a szimulációs eredmények alátámasztanak.

5.a A mintaterületek *helyszíni mérésén* alapuló elemzések alapján kimutattam, hogy a T_{mrt} -s így a PET-értékek csökkenését előidéző **árnyékolás** a meleg és forró nyári (vagy őszi) napok alkalmával egyértelműen pozitívan értékelhető, hiszen jelentősen csökkenti a direkt napsugárzás általi hőterhelés mértékét. Az árnyékolás azonban a hűvösebb átmeneti évszakokban többnyire kellemetlenséget okoz, mivel ekkor a hidegstressz szintjének fokozódását idézi elő. A mintaterületek különböző pontjaira jellemző PET-kategóriák gyakorisági eloszlásának elemzése alátámasztotta, hogy tavasszal az árnyékos területen a hideg általi terhelés akár 80%-os gyakoriságot is meghaladhat, míg nyáron (illetve ősszel) nagyobb gyakorisággal fordultak elő a neutrális vagy ahhoz közeli kategóriák az árnyékban.

5.b Az *ENVI-met modell* eredményei alapján feltártam, hogy a **kavicsbeton** (térköves) **burkolat** a meleg–forró nyári időjárási körülmények esetén az erőteljesebb felmelegedése és ebből adódó hőkibocsátása révén erős és extrém szintű termikus terhelést ró az ott tartózkodók szervezetre (*Égerházi et al.* 2013c, 2014). Míg ugyanitt, a hűvösebb időjárási feltételek mellett (tavasszal) a termikus terhelés gyakorlatilag elenyésző.

6. A Retek utcai játszótér megfigyelési adatbázisának vizsgálata révén kimutattam, hogy a köztéri területhasználat idő- és térbeli mintázatára a termikus viszonyokon kívül egyéb, szubjektív tényezők is hatással vannak.

6.a A **látogatottság időbeli mintázatára a termikus körülményeken túl a területre érkezők napi életritmus** (pl. az ebédszünet vagy a munkaidő vége) **is jelentős befolyással volt.** Az erős termikus terheléssel jellemezhető napokon (pl. felhőmentes hőségnapon) a látogatottság napi menetére a drasztikus napközbeni visszaesés, s az árnyékos területek nagyobb arányú igénybevétele volt jellemző. A látogatottság 16:00 óra utáni emelkedése elsősorban a gyermekeket kísérő szülők munkaidejének végével volt összefüggésbe hozható (*Kántor et al.* 2012). Az enyhébb időjárási körülmények esetén (pl. változó felhőzetű nyári napon) azonban a látogatók száma, s a napos területek látogatottsága jelentősen megemelkedett. A

hűvösebb tavaszi napokon a térre érkezők szintén gyakrabban vették igénybe a napnak kitett területrészeket.

6.b A **területhasználat térbeli mintázatára** (melyet a RayMan modell megfelelő termikus stressztérképeivel összevetve vizsgáltam) a termikus körülmények térbeli változékonyságán túl **a játszótéri eszközök eltérő preferáltsága is jelentős hatással volt**. Ebből adódóan a területen húzamosabban időző gyermekek nem feltétlenül a logikusnak számító humán reakciók szerint használták a mintaterületet, azaz gyakran tartózkodtak olyan területrészekben, ahol szélsőséges termikus terhelés érte szervezetüket (Égerházi et al. 2013b, Égerházi et al. 2013c).

7. A *kérdőíves felmérésből* nyert válaszok alapján kimutattam, hogy a Retek utcán megkérdezettek több mint 70%-a teljes mértékben kellemesnek találta a játszótérét. A látogatók elsősorban **a játékok minőségét, mennyiségét, valamint a terület körbekerített, biztonságos mivoltát tartották a legelőnyösebbnek**. Az interjúalanyok közel 60%-a egyáltalán nem tudott negatívumot említeni a területtel kapcsolatban. 17%-uk azonban általános **problémaként** jelölte meg **az árnyékolás nem megfelelő voltát**, emellett többen kiemelték a burkolattal kapcsolatos negatív tapasztalataikat. A területtel kapcsolatos változtatási lehetőségek közül a legtöbben a fák ültetését, illetve az egyéb mesterséges árnyékolók létesítését jelölték meg, ami összefüggésben áll a terület hiányosságaiként említett tényezőkkel (Égerházi et al. 2013c, 2014).

A humán-bioklimatológiai vizsgálatok gyakorlati felhasználásához kapcsolódó eredményeim

8. Kidolgoztam egy olyan módszertani sémát, melyen keresztül a **humán-bioklimatológiai vizsgálatok** (beleértve a vizsgálatok környezeti és humán monitoring oldalát) **a várostervezés részfolyamataiba integrálhatók**. Reményeim szerint az általam összeállított segédlet lépésein végighaladva a városlakók igényeit jobban kielégítő közterületek tervezhetők.

9. A mikro-bioklíma modellező szoftverek gyakorlati felhasználását segítve, **kidolgoztam a – pontoszerű kimeneteket szolgáltató – RayMan modell új felhasználási lehetőségét**. A szoftvert egy tetszőleges felbontású rácsháló mentén pontról pontra futtattam le, így a modell alkalmassá vált a T_{mrt} és a

PET értékeinek területre vonatkozó szimulációjára (Égerházi *et al.* 2012, Égerházi *et al.* 2014).

10. Ugyancsak a modelleknek a várostervezés gyakorlatába történő integrálása érdekében – a vizsgálataim során szerzett gyakorlati tapasztalataimra és eredményeimre építve – **összevettem a RayMan és ENVI-met kimeneteit, értékeltem azok megbízhatóságát**, valamint egy praktikus segédlet formájában **összegeztem a modellek legfontosabb előnyeit és hátrányait**, kiemelve az egyes szimulációs szoftverek gyakorlati alkalmazhatóságát (Égerházi *et al.* 2014).

10.a Az *ENVI-met* és a *RayMan* hőstressztérképeinek összevetése révén bemutattam, hogy a termikus körülmények térbeli mintázatában bekövetkező napi változásokat, valamint az épületek és a vegetáció PET-értékekre gyakorolt módosító hatását mindkét modell jól illusztrálta, azonban a RayMan rendszerint 2, míg az ENVI-met 3–5 stresszkategóriányi eltéréseket jelzett a terület különböző (árnyékolású és felszínborítású) pontjai között. A RayMan viszonylag homogén térképeivel szemben tehát az ENVI-met hőstressztérképei jóval mozaikosabbnak adódtak. Ez egyrészt a szimulációk során beállított eltérő térbeli felbontásnak tulajdonítható, másrészt annak, hogy az ENVI-mettel ellentétben a RayMan futtatásai során a terület minden modellpontjára ugyanazok a bemeneti meteorológiai adatok vonatkoztak. Emellett az ENVI-met a különféle felszínborítások termikus hatásával is képes számolni, míg ugyanez a RayMan modellről nem mondható el (Égerházi *et al.* 2014).

10.b A *modellek megbízhatóságának vizsgálata* során statisztikailag igazoltam a mért és a modellezett PET adatpárok szignifikáns eltérését mind a két szimulációs szoftver esetén. Feltártam, hogy az ENVI-met az árnyékos és a napos területeken is jelentősen alulbecsülte a T_{mrt} és így a PET értékét, ami számszerűen az árnyékban átlagosan 9 °C-os, míg a napon 11 °C-os PET-különbséget jelentett. A markáns eltérés annak tulajdonítható, hogy az ENVI-met a PET kiszámításához szükséges valamennyi alapparamétert szimulálja. A RayMan azonban a terület árnyékos pontjain mindössze átlagosan 1,2 °C-kal maradt alatta mért megfelelőjének, míg a napon kb. 9 °C-kal eredményezett alacsonyabb értékeket. A RayMan-alapú becslések pontosságának jelentős eltérése a modellterület napos és árnyékos részein a következőkkel indokolható. Az árnyékban (a direkt

napsugárzás hiányában) a felszínborítás nem ver vissza olyan sok rövidhullámú sugárzást, illetve nem tud úgy felmelegedni, hogy a T_{mrt} -re és a PET-re jelentős hatást gyakoroljon. A napon azonban a felszínborítás hatása számottevő, s mivel ezzel a RayMan nem képes kalkulálni, a mért és modellezett eredmények sokkal távolabb kerültek egymástól. Abban az esetben tehát, ha a RayMan jó közelítést tudna adni a terepi objektumok mellett a felszínborítások termikus viselkedésére is, akkor feltehetőleg kielégítő eredményekkel tudna szolgálni a tér teljes területére vonatkozóan (Égerházi *et al.* 2014).

11. Tekintettel a kutatási eredményeimre, valamint a felmérések során szerzett tapasztalataimra, a legsürgetőbb feladatnak a közterületekkel kapcsolatban a nyári hőterhelés mérséklése bizonyul, olyan módon, hogy a beavatkozások ne érintsék hátrányosan a látogatók komfortérzetét az átmeneti évszakok hűvösebb napjain sem. Végezetül tehát – a városklimatológia, valamint a városi humán-bioklimatológia területén szerzett ismereteimre alapozva – **összefoglaltam a hőstressz mérséklésére irányuló legfontosabb megoldási alternatívákat**, hangsúlyozva például a természetes és mesterséges árnyékolás kedvező hatását, valamint a megfelelő felszínborítás és az utcabútorok ésszerű megválasztását (Kántor *et al.* 2012).

AZ ÉRTEKEZÉS MEGÍRÁSÁHOZ KÖZVETLENÜL FELHASZNÁLT PUBLIKÁCIÓK

1. **Égerházi LA, Gál T** (2012): Assessment of the bioclimatic conditions of a popular playground by the microclimate model ENVI-met. *Acta Clim Chorol Univ Szegediensis* 46, 107–114.
2. **Kántor N, Égerházi LA, Takács Á** (2012): Két szegedi játszótér bioklimatológiai értékelése nyári felmérések alapján. In: Rakonczai J, Ladányi Zs, Pál-Molnár E (szerk) *Sokarcú klímaváltozás*. GeoLitera, Szeged, 111–124. (ISBN: 978-963-306-186-2).
3. **Égerházi LA, Kántor N, Takács Á, Gál T, Unger J** (2012): Thermal stress maps validation with on-site measurements in a playground. In: *Proceed 8th Int Conf on Urban Climate*, 6–10 August 2012, Dublin, Ireland, Paper 169.
4. **Égerházi LA, Kántor N, Gál T** (2013a): Evaluation and modelling the micro-bioklimatological conditions of a popular playground in Szeged, Hungary. *Int Review of Applied Sciences and Engineering* 4, 57–61.
5. **Égerházi LA, Kovács A, Kántor N, Unger J** (2013b): Examination of the simulated thermal conditions in a popular playground related to the human reactions and the judgement of the area design. In: *Pandi G, Moldovan F (eds): Proceed of Air and Water Components of the Environment*, 22–23 March 2013, Babes-Bolyai University, Cluj-Napoca, Romania, 277–284. (ISSN: 2067-743X)
6. **Égerházi LA, Kovács A, Unger J** (2013c): Application of microclimate modelling and onsite survey in planning practice related to an urban micro environment. *Adv Meteorol*, Article ID: 251586 (IF₂₀₁₃: 1,239)
7. **Égerházi LA, Kovács A, Takács Á, Égerházi L** (2014): Comparison of the results of two micrometeorological models and measurements. *Acta Clim Chorol Univ Szegediensis* 47–48, in press

A TÉMÁHOZ KAPCSOLÓDÓ EGYÉB PUBLIKÁCIÓK

Szakkikkek

1. **Égerházi LA, Kántor N, Unger J** (2008): Kerthelyiségek preferáltsága a termikus viszonyok tükrében – esettanulmány Szegeden. *Egyetemi Meteorológiai Füzetek – Meteorological Notes of Universities* 22, 135–138.
2. **Kántor N, Égerházi LA, Gulyás Á, Unger J** (2009): Attendance of a green area in Szeged according to the thermal comfort conditions. *Acta Clim Chorol Univ Szegediensis* 42–43, 57–66.
3. **Égerházi LA, Kántor N, Gulyás Á** (2009): Investigation of human thermal comfort by observing the utilization of open-air terraces in catering places – a case study in Szeged. *Acta Clim Chorol Univ Szegediensis* 42–43, 29–37.
4. **Kántor N, Gulyás Á, Égerházi LA, Unger J** (2009): Objective and subjective aspects of an urban square’s human comfort – case study in Szeged (Hungary). *Ber Meteor Inst Albert-Ludwigs-Univ Freiburg* 18, 241–246.
5. **Kántor N, Gulyás Á, Égerházi LA, Unger J** (2010): Benefits and opportunities of the adaptation of geoinformational software in outdoor human comfort studies. *Urban Climate News* 35, 10–13.
6. **Kántor N, Gulyás Á, Égerházi LA, Unger J** (2010): Komplex humánkomfort vizsgálatok városi környezetben – II. rész. *Léghő* 55, 115–126.
7. **Égerházi LA, Kántor N** (2011): Area usage of two outdoor public places with regard to the thermal conditions – observation-based human thermal comfort study in the centre of Szeged. *Acta Clim Chorol Univ Szegediensis* 44–45, 73–81.
8. **Kántor N, Égerházi LA, Unger J** (2012): Subjective estimation of thermal environment in recreational urban spaces – Part 1: investigations in Szeged, Hungary. *Int J Biometeorol* 56, 1075–1088 (IF₂₀₁₂: 2,590)

Konferenciaközlemények

1. **Kántor N, Égerházi LA, Gulyás Á, Unger J** (2009): The visitors’ attendance on a square according to the thermal comfort conditions – case study in Szeged (Hungary). *In: Proceed 7th Int Conference on Urban Climate*, 29 June –3 July 2009, Yokohama, Japan, 4p

2. *Kántor N, Gulyás Á, Égerházi LA, Unger J* (2011): Assessments of the Outdoor Thermal Conditions in Szeged, Hungary: Thermal Sensation Ranges for Local Residents. *In: Gerdes A, Kottmeier C, Wagner A (eds): Climate and Constuctions* (International Conference, October 24–25 2011, Karlsruhe, Germany), 181–190.
3. *Kántor N, Égerházi LA, Gulyás Á* (2011): Assessments of the Outdoor Thermal Conditions in Szeged, Hungary: Perceptions and Preferences of Local Individuals. *In: Gerdes A, Kottmeier C, Wagner A (eds): Climate and Constuctions* (International Conference, October 24–25 2011, Karlsruhe, Germany), 307–314.
4. *Unger J, Kántor N, Égerházi LA* (2011): Visitors' subjective estimations on thermal environment in public urban spaces. *In: McGregor G (ed) Int Congress of Biometeorology* (19th International Congress of Biometeorology, 4–8 December 2011, University of Auckland, New Zealand, Paper 368. (ISBN: 978-0-86869-132)
5. *Égerházi LA, Kántor N, Takács Á, Unger J* (2012): Patterns of attendance and thermal conditions on a pedestrian street. *In: Proceed 8th Int Conference on Urban Climate*, 6–10 August 2012, Dublin, Ireland, Paper 170.