

**Szegedi Tudományegyetem  
Földtudományok Doktori Iskola  
Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék**

**AZ ÖSSZETETT VÁROSI FELSZÍN GEOMETRIÁJÁT  
LEÍRÓ PARAMÉTEREK SZÁMÍTÁSA  
ÉS VÁROSKLIMATOLÓGIAI ALKALMAZÁSA**

Doktori (Ph.D.) értekezés tézisei

**Gál Tamás Mátyás**

*Témavezető:*

**Dr. Unger János** tanszékvezető egyetemi docens  
SZTE Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék

**Szeged  
2009**

## Bevezetés, célkitűzés

A városok területén lezajló környezeti változások vizsgálata a nagy számú érintett lakos miatt fontos feladatnak tekinthető. A települési környezetekre a megváltozott felszínborítottság és felszíngeometria jellemző, ami jelentősen befolyásolja a terület energia- és vízegyenlegét, így közvetve a városok feletti lokális léptékű klímamódosuláshoz vezet. E területek éghajlattani tulajdonságaival a városklimatológia foglalkozik. A városokra jellemző különféle klímaelemek vizsgálata különösen fontos feladat napjainkban, hiszen a globális klímaváltozás hatásainak becslése csak akkor lehetséges, ha pontosan ismerjük a jelenleg zajló folyamatokat. A városi területek klímamódosulásai közül a két legjelentősebb a termikus környezet megváltozásához köthető városi hősziget jelensége, valamint az itt tapasztalható légáramlások eltérése a természetes területeknél tapasztaltaktól.

A kialakuló *városi hősziget* (urban heat island – UHI) elsősorban az erősen urbanizált részek és a külterületek között jelentkező eltérő hűlési és felmelegedési ütem következménye. Nagysága (intenzitása) amellett, hogy jellegzetes napi járást mutat, a városon belül meglehetősen eltérő mértékű. A jelenség nemzetközi vizsgálata széles körű, ezen belül a hősziget legerősebb kifejlődése az, ami a legnagyobb figyelmet érdemel. A városi hőmérsékleti többlet alapvetően befolyásolja az itt lakó emberek komfortérzetét, ezért vizsgálata fontos adatokkal szolgál például a várostervezés számára.

Az éjszakai hősziget első számú kiváltó tényezője a városi felszínnek a külterülettől eltérő hosszúhullámú sugárzási mérlege. A nappal eltárolt hőmennyiség a felszíngeometria tagoltsága miatt csak korlátozottan tud a sugárzás révén eltávozni, hiszen annak egy része az égbolt helyett az épületek falában nyelődik el és részben onnan visszasugárzódik a felszín felé. Így a városi felszín módosítja a sugárzási viszonyokat, ezzel a város sugárzási

mérlegét és energiaegyenlegét is, amelynek következtében a város légtere melegebbé válik környezeténél, vagyis kialakul a hősziget.

A városi hősziget jelenségének megértéséhez tehát fontos megismerni és lehetőség szerint számszerűsíteni a speciális tulajdonságokkal rendelkező városi felszín geometriáját. Ennek a felszíni tagoltságnak a jellemzésére többek között az *égboltláthatósági index* (sky view factor – *SVF*) az egyik legmegfelelőbb és leggyakrabban alkalmazott paraméter. Ennek ellenére az UHI és az *SVF* kapcsolatának vizsgálatával foglalkozó munkák az eddigiekben többször is ellentmondásos eredményekre vezettek.

Megfelelő időjárási körülmények esetén létrejöhet egy lokális légáramlási rendszer, az ún. *városi szél*, ami a jól ismert tengeri-parti szél analógiájaként értelmezhető. Kialakulásának alapfeltétele a gyenge regionális légáramlás és hajtóerejét a városi légtér magasabb hőmérséklete szolgáltatja. Ha a vízszintes hőmérsékleti (és ennek következtében a nyomás) gradiens megfelelő mértékű, akkor az UHI középpontjának (ami gyakran egybeesik a városközponttal) irányába beáramlás jön létre a felszín közeli légrétegekben. majd a központban egy feláramlási zóna alakul ki és a magasabb rétegekben a vidéki területek felé irányuló ellenáramlás tapasztalható. Ezt az lokális légáramlási rendszer a városi hősziget cirkuláció (urban heat island circulation – UHIC).

Ez a cirkulációs rendszer lehetőséget ad a városi levegő minőségének javítására. A beáramlás mélysége a *felszínérdesség* függvénye, tehát ahol az érdeesség alacsony és közvetlen kapcsolat van a külterületekkel, ott a beáramlás elérheti a város központi területeit és mérsékelheti a felmelegedést és a légszennyezettséget. Ezeket a területeket áramlási vagy *ventillációs folyosóknak* nevezzük.

A városi felszíngeometria különféle paramétereinek (*SVF*, *felszínérdeesség*) számszerűsítésére már eddig is léteztek szoftverek, azon-

ban szükség van az újabb elvárásoknak megfelelő programok kifejlesztésére is. A geometriai szerkezet feltárásának egyik útja a városi felszín elemeinek modellezése egy 3D térinformatikai adatbázissal. Ennek nagy előnye, hogy olyan vizsgálatokat végezhetők el automatizálva, amelyek terepi megfelelője igen hosszadalmas és az emberi tényező miatt kisebb-nagyobb hibákkal lenne terhelt.

### **Munkám céljai a következők:**

1. Egy olyan új számítási módszert dolgozzak ki az égboltláthatóság számítására, amely egy 3D épület-adatbázison alapul.

2. Az általam kifejlesztett módszert – validálását és más eljárásokkal történő összevetését követően – fel kívánom használni az égboltláthatóság meghatározására egy szegedi mintaterületen.

3. A módszeremmel számolt *SVF* értékeket fel kívánom használni az égboltláthatóság és az UHI valós kapcsolatának feltárására, amihez a korábbi hasonló vizsgálatoktól eltérő megközelítést alkalmazok.

4. Létre kívánok hozni egy olyan, morfometrikus módszeren és 3D épület-adatbázison alapuló, térképezési eljárást, amely alkalmas a városi területeken a felszínérdességet jellemző paraméterek térbeli szerkezetének leírására.

5. A felszínérdesség térképezési eljáráshoz szükséges a már meglévő összefüggések általánosítása, valamint egy olyan módszer kidolgozása, amellyel lehetőség nyílik szabálytalan épületelrendezés esetén történő alkalmazására is.

6. A városi légtér összetett áramlásmódosító hatásának jellemzéséhez célszerűnek látom egy olyan paraméter létrehozását, amely a városi tetősínt réteg (UCL) átjárhatóságáról.

7. Létre kívánok hozni egy olyan egyszerű eljárást, amellyel a felszínérdességi és az általam kifejlesztett új paraméterek alkalmazásával

lehetőségek a potenciális ventilációs folyosók lehatárolása, és ezt egy szege-di mintaterületen alkalmazom is.

## **Módszerek, vizsgált terület**

### ***Vizsgált terület és a felhasznált alapadatok***

A vizsgált terület Szeged városiasnak tekinthető részét (~26 km<sup>2</sup>) fedi le. A síksági fekvésű városok – amilyen Szeged is – kedvező feltételeket kínálnak a városklimatológiai kutatásokhoz, mert a város éghajlatmódosító hatása tisztán kimutatható (nincs zavaró tényező, mint például a domborzat, nagy víztömeg). Ezért az ilyen fekvésű területeken végzett részletes mérések és vizsgálatok eredményei általános következtetések levonására is szolgálhatnak.

Dolgozatomhoz felhasználtam a város területéről származó UHI adatbázist. Ennek gyűjtése mobil hőmérsékletméréssel történt a mérési hálózatban történt, meghatározott útvonalon 2002. április és 2003. március között. Az 500 m oldalhosszúságú cellahálózatra felosztott vizsgált területen az UHI intenzitás értékek – a mért hőmérsékletek alapján – a cellákra kerültek kiszámításra. Felhasználtam továbbá a második 1 éves mérési kampány alatt gyűjtött, a város egy reprezentatív keresztmetszetére vonatkozó a naplemen-tét követő időszakra vonatkozó, órás felbontású adatbázist is.

### ***Alkalmazott módszerek***

A vizsgálatokhoz szükséges 3D felszínadatbázis létrehozása különféle térinformatikai módszerekkel történt. Az épület magasságok mérése digitális fotogrammetriai módszerrel történt, amihez az ERDAS Imagine szoftver Stereo Analyst modulja került alkalmazásra. A mérésekhez szükség volt a területet lefedő légifotókra, valamint a város épületeit tartalmazó vektoros állományra. Az adatok rögzítése, valamint a további feldolgozás és az adat-

bázis végső formájának kialakítása az ArcView térinformatikai szoftver segítségével történt.

Az általam kifejlesztett új szoftveres eljárásokat és módszereket az ArcView keretein belül működő Avenue programozási nyelven implementáltam. Ennek nagy előnye, hogy a futtatásuk az ArcView programon belül történik, ami átláthatóvá teszi az elemzést az adatok rögzítésétől az algoritmus vagy kiterjesztés futtatásán keresztül az eredmények kiértékeléséig.

A felszínérdességi paraméterek számítását, adatok cellákra átlagolását és a további számításokat és elemzéseket is ebben az ArcView szoftverben végeztem.

A  $SVF$  számításra kifejlesztett algoritmusom validálásához BMSkyView szoftvert használtam fel, ami halszem optikával készült képek alapján képes az égboltláthatóság ( $SVF_B$ ) pontos meghatározására.

A  $SVF$  számítási módszeremet összevettem egy másik széles körűen elterjedt raszteres adatokat alkalmazó számítási eljárással. Ehhez a 3D épületadatbázist át kellett alakítani a digitális domborzatmodellekkel megegyező formátumra. Ez a Matlab nyelven készült algoritmus az így kapott felszínmodell alapján egy 2 m felbontású raszter hálóra számította ki a vizsgált területre vonatkozó  $SVF_r$  értékeket.

A felszínparaméterek és a léghőmérséklet közötti kapcsolatok elemzéséhez a lineáris regresszió analízist alkalmaztam.

## **Az eredmények tézisszerű összefoglalása**

**1. Létrehoztam egy új algoritmust az  $SVF$  számítására** (Gál et al. 2005; Unger et al. 2006a). Szükségességét az indokolja, hogy a korábbi szoftverek nem vagy csak részben alkalmasak a vizsgálataimhoz szükséges módon történő  $SVF$  számításra. Ez az ArcView kiterjesztés a szegedi vektoros térinformatikai adatbázisra került kifejlesztésre (Balázs et al. 2005),

azonban alkalmazható bármilyen kutatás keretében (pl. dombos területen), ahol szükség van az *SVF* térbeli eloszlásának pontos ismeretére, és ahol rendelkezésre áll megfelelő adatbázis.

**2. Ellenőriztem az *SVF* számító algoritmus pontosságát.** Az ellenőrzési eljárás első lépésében tesztfuttatásokat végeztem két elméleti városi felszínen, egy medencében és egy végtelen hosszú kanyonban, amelyek esetén ismert az *SVF* kiszámításának analitikus megoldása (*Unger et al. 2006a*). Az eltérések ebben az esetben elhanyagolható mértékűeknek adódtak. A mintaterületen halszem optikával készült képek alapján számított *SVF* értékekkel is összevettem az algoritmus által számolt értékeket (*Gál et al. 2007*). Egyrészt arra a következtetésre jutottam a fényképek és az algoritmus grafikusán ábrázolt eredményeinek összevetését követően, hogy a sáttortetős épületek esetében az eresz vonalában húzódik az épület-ég határvonal, ami megerősíti azt, hogy az épületek lapos tetővel való közelítése az adatbázisban megfelelő eredményt ad. Másrészt az eltérések statisztikai vizsgálatait is felhasználva azt a következtetést vontam le, hogy az eltérések döntő többségét az okozza, hogy az adatbázisból hiányzik a növényzetet és így azt a számításoknál az algoritmus nem veszi figyelembe.

**3. Kiszámítottam az *SVF* területi szerkezetét a szegedi mintaterületre.** A számításokat a hőmérsékleti mérés útvonala (*Gál et al. 2005; Unger et al. 2006b*) mentén és a teljes mintaterületet lefedő ponthálóra (*Unger és Gál 2007; Gál et al. 2008; Gál et al. 2009*) is elvégeztem. Elemeztem az égboltláthatóság mintázatait a város különböző beépítési típusai esetén. Végül a pontszerű értékekből cellaátlagok képeztem (az útvonal menti adatok esetén  $SVF_{vu}$  és a ponthálóra számolt adatok esetén  $SVF_{vt}$ ) annak érdekében, hogy

megállapítsam melyik módszerrel számolt  $SVF$  érték alkalmasabb az UHI- $SVF$  kapcsolat feltárására.

**4. Összehasonlítottam a vektoros adatokon alapuló számítási eljárással ( $SVF_{vt}$ ) és egy raszteres módszerrel ( $SVF_{rt}$ ) számolt értékeket** (Gál *et al.* 2009). Azt tapasztaltam, hogy az  $SVF_{vt}$  értékei az alacsony égboltláthatósági értékek tartományán rendre kisebbek, mint az ugyanarra a cellára vonatkozó  $SVF_{rt}$  értékek. Arra a következtetésre jutottam, hogy a vektoros algoritmus alkalmazása esetén a városokban igen gyakran előforduló kis égboltláthatóságú területek is reprezentálva vannak a kiszámított cellaátlagokban. Annak ellenére tehát, hogy a raszteres módszer számítási ideje kisebb, véleményem szerint érdemesebb az általam fejlesztett vektoros módszert alkalmazni az égboltláthatóság kiszámítására.

**5. Kidolgoztam egy olyan számítási módszert, ami alkalmas egy teljes város felszínérdességének feltérképezésére** (Gál and Sümeghy 2007; Gál *et al.* 2008; Gál and Unger 2009). Ez a számítás is a 3D-s épületadatbázison alapul és részletesebb a legtöbb eddigi hasonló vizsgálatnál. Módszerem szabálytalan épületelrendezés esetén az ún. „telek” poligonok alkalmazásával teszi lehetővé az érdességi magasság ( $z_0$ ) és érdességi rétegvastagság ( $z_d$ ) számítását, amelyhez hasonlókat ismereteim szerint nem használtak a korábbi vizsgálatoknál.

**6. Létrehoztam egy új paramétert az UCL légáramlás-módosító hatásának részletesebb jellemzése érdekében** (Gál and Sümeghy 2007; Gál *et al.* 2008; Gál és Unger 2008; Gál and Unger 2009). Ez az úgynevezett városi prozitas alkalmas a városi légtér átjárhatóságának számszerűsítésére. A paramétert két módon értelmezve is kiszámítottam: egyik esetben az UCL



magasságát konstansnak ( $P_{h-const}$ ) vettem a teljes város esetén, a második esetben pedig „telek” poligononként eltérőnek ( $P_{h-var}$ ).

**7. Kidolgoztam egy módszert a potenciális ventilációs folyosók lehatárolására** (Gál et al. 2008; Gál és Unger 2008; Gál and Unger 2009). Ez a térképezési eljárás az érdességi paramétereken ( $z_0$ ,  $z_d$ ), geometriai kritériumokon és a városi porozitáson ( $P_{h-var}$ ) alapul, és a felszín áramlásmódosító hatását a városi hősziget cirkuláció szempontjából vizsgálja.

**8. Validáltam a felszínérdesség számítási módszerét.** A szakirodalomban fellelhető mérések eredményei és a saját számítási eredményeim alapján kijelenthető, hogy a  $z_0$  és  $z_d$  értékek jól illeszkednek a hasonló beépítési jellegű városi területeken mért adatokhoz.

**9. Elemeztem a különböző SVF értékek és a városi hősziget intenzitás kapcsolatát** (Unger et al. 2006c; Unger és Gál 2007; Gál et al. 2009). Ezek alapján arra az eredményre jutottam, hogy az UHI intenzitási értékek a léghőmérséklet változékonyságának léptéke miatt kellő alapossággal nem magyarázhatók a hőmérsékletmérés útvonalában észlelhető  $SVF_{vu}$  értékekkel, mivel ez utóbbinak a térbeli változékonysága jóval kisebb skálán figyelhető meg. Ezek alapján kijelenthető az, hogy a teljes vizsgált területet lefedő ponthálózatból származó  $SVF_{vr}$  értékeket célszerű felhasználni az UHI intenzitás területi eloszlásának magyarázatára. Ezáltal az általam alkalmazott módszer a témában a korábban tapasztalt ellentmondásokat nagyrészt feloldja.

**10. Megvizsgáltam az  $SVF_{vr}$  és az UHI kapcsolatának alakulását a naplementét követő órákban.** Eredményeim rámutatnak, hogy az  $SVF$  lehűlést befolyásoló hatása a közvetlenül a naplementét követő időszakban a

legerősebb, míg a későbbiekben más hatások szerepe felerősödik az UHI intenzitás értékének kialakításában.

**11. Alkalmaztam a potenciális ventillációs folyosók lehatárolására szolgáló módszeremet** (*Gál és Unger 2008; Gál and Unger 2009*). Kijelöltem a szegedi mintaterületen azokat a területeket, ahol nyugodt, anticiklonális időjárási helyzetekben a külterületekről származó viszonylag tiszta és hűvös levegő könnyebben beáramolhat a városközpont irányába. E területek megőrzése, illetve az ilyen jellegű áramlások feltételeinek javítása kedvező hatást fejthet ki a városközpont légszennyezettségi és termikus komfort viszonyaira.

## A dolgozat témakörében megjelent publikációim

1. **Gál T, Balázs B és Unger J**, 2004: A városi hősziget területi szerkezetének és a város geometriáját jellemző főbb paraméterek kapcsolata. *Egyetemi Meteorológiai Füzetek No. 19, ELTE Meteorológiai Tanszék, Budapest*, 153-157
2. **Balázs B, Gál T, Zboray Z, Sümeghy Z**, 2005: Modelling the maximum development of urban heat island with the application of GIS based surface parameters in Szeged, Part 1: temperature, surveying and geoinformational measurements methods. *Acta Climatologica et Chorologica Univ. Szegediensis* 38-39, 5-16
3. **Gál T, Balázs B, Geiger J**, 2005: Modelling the maximum development of urban heat island with the application of GIS based surface parameters in Szeged, Part 2: stratified sampling and the statistical modelling. *Acta Climatologica et Chorologica Univ. Szegediensis* 38-39, 59-69
4. **Gál T, Benkő D, Unger J**, 2006: A városi felszíngeometria számszerűsítése és kapcsolata a városi hőszigettel. *Egyetemi Meteorológiai Füzetek No. 20, ELTE Meteorológiai Tanszék, Budapest*, 153-157
5. **Unger J, Gál T, Balázs B, Sümeghy Z**, 2006a: A városi felszíngeometria és a hőmérséklet területi eloszlása közötti kapcsolat Szegeden. *Táj, környezet és társadalom, Ünnepi tanulmányok Keveiné Bárány Ilona professzor asszony tiszteletére, SZTE éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék, SZTE Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged*, 735-746
6. **Unger J, Gál T, Kovács P**, 2006b: A városi felszín és a hősziget kapcsolata Szegeden, 1. rész: térinformatikai eljárás a felszíngeometria számszerűsítésére. *Léggör 51/3*, 2-9
7. **Unger J, Gál T, Geiger J**, 2006c: A városi felszín és a hősziget kapcsolata Szegeden, 2. rész: a felszíngeometria és a hőmérséklet-eloszlás kapcsolata. *Léggör 51/4* 8-14
8. **Unger J, Gál T**, 2007: Sky view factor computation using 3D urban raster and vector databases: comparison and an urban climate application. *From villages to cyberspace, In commemoration of the 65<sup>th</sup> birthday of Rezső Mészáros, Academician, Department of Economic and Human Geography, University of Szeged*, 451-462

9. **Gál T, Rzepa M, Gromek B, Unger J**, 2007: Comparison between Sky View Factor values computed by two different methods in an urban environment. *Acta Climatologica et Chorologica Univ. Szegediensis 40-41*, 17-26
10. **Gál T, Sümeghy Z**, 2007: Mapping the roughness parameters in a large urban area for urban climate applications. *Acta Climatologica et Chorologica Univ. Szegediensis 40-41*, 27-36
11. **Gál T, Unger J, Benkő D**, 2008: Roughness mapping process in an urban study area. *Klimat Bioklimat Miast, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego*, 501-512
12. **Gál T, Unger J**, 2008: Lehetséges ventilációs folyosók feltérképezése érdességi paraméterek alapján egy városi területen. *Légekör 53/3* 2-7
13. **Gál T, Unger J**, 2009: Detection of ventilation paths using high-resolution roughness parameter mapping in a large urban area. *Building and Environment 44/1*, 198–206
14. **Gál T, Lindberg F, Unger J**, 2009: Computing continuous sky view factor using 3D urban raster and vector databases: comparison and an application for urban climate. *Theoretical and Applied Climatology 95/1-2*, 111-123