

Doktori (PhD) értekezés tézisei

A városi zöld infrastruktúra mikroklímára és belső téri komfortra gyakorolt hatásai

Szkordilisz Flóra

Témavezető: Prof. Dr. Zöld András



DEBRECENI EGYETEM

Földtudományok Doktori Iskola

Debrecen, 2021.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	4
2. A kutatás célja	4
3. A kutatás módszertana.....	6
3.1. Helyszíni mérések.....	6
3.2. Numerikus szimulációk	7
3.2.1. ENVI-met	7
3.2.2. Energetikai modellezés (Autodesk <i>ECOTECT</i>)	7
4. Tézisek.....	8
4.1. A zöld homlokzat hatása a városi szélsébségre és -profilra	8
4.2. Jobb szélkomfort teremtése növényzet alkalmazásával.....	9
4.3. Tipikus városi fák vertikális transzmisszivitásának vizsgálata.....	10
4.4. Fák és fasorok hatása a kültéri hőkomfortra.....	10
4.5. Fák és fasorok hatása a beltéri hőkomfortra	11
4.6. A növényzet szerepe a városi rehabilitációban.....	11
4.7. Zöldterületek alkalmazása és hatása a mikroklímára	12
5. Összegzés.....	14
Irodalomjegyzék	15
Publikációk	17

1. Bevezetés

Az éghajlatváltozás globális, regionális (mezo) és épület (mikro) léptékben is erősen befolyásolja mindennapjainkat. A klímaváltozás hatásához köthető súlyos környezeti, gazdasági és társadalmi folyamatok a szemünk előtt zajlanak. Így még furcsábbnak tűnik, hogy az éghajlat figyelembevétele még nem jutott el ahhoz a pontra, hogy a várostervezés elsődleges befolyásoló tényezői közé tartozzon, holott a klímaváltozás hatása és komolysága nem elhanyagolható. A klímatudatos tervezési módszertan kidolgozása és gyakorlata csak az elmúlt évtized során vált egyre jelentősebb szemponttá, és válik egyre nagyobb jelentőségű kérdéssé.

A kiterjedt urbanizáció (értve ezalatt mind a lakosság számának, mind pedig a városias területek kiterjedésének növekedését) negatív hatásainak leküzdése és az ennek eredményeként erősödő városi hősziget negatív hatásainak csökkentéséhez elengedhetetlen a zöld infrastruktúra-elemek hatékonyságának vizsgálata a mikroklimatikus viszonyok megváltoztatásában.

A zöld infrastruktúra fogalma az elmúlt három évtizedben a fenntartható városfejlesztés eszközeként került bevezetésre. Számos definíció létezik - amelyet a disszertáció részletez - azonban a megközelítések egy fontos kérdésben egyetértenek: a zöld infrastruktúra azon intézkedések összessége, amelyek összekapcsolják a természetet a városi környezettel. Ezenkívül a „szoft” technológiák használata általában olcsóbb, mint a „hagyományos” szürke infrastruktúra alkalmazása. A zöld infrastruktúra-elemek megvalósításának legfontosabb hajtóereje az élhetőbb városok létrehozása és a városlakók szemléletformálása a projektekben való részvétel és bevonás által.

2. A kutatás célja

Jelen kutatás célja, hogy megvizsgálja a zöld infrastruktúra elemek mikroklimára, és az épület energiafogyasztására gyakorolt hatásait; kültéri és belső téri hőkomfort; és a kutatási eredmények könnyen alkalmazható alapot adjanak a ZIE elemek várostervezésben való kivitelezéséhez és tervezéséhez, és további vizsgálatokhoz. Ennek a munkának az a célja, hogy feltárja, elemezze és értékelje az klímatudatos várostervezés gyakorlatát kis - azaz épület és szomszédsági – léptékben, tipikus magyar városi területekre koncentrálva.

Amint azt az irodalmi áttekintés bebizonyította, a fasori fák a leghatékonyabbak a kielégítő kültéri hőkomfort megteremtésére nyáron. (Gromke *et al.*, 2015) Az eddigi kutatások elsősorban a fák lombkoronáinak vízszintes értelemben vett transzparenciájával és a vízszintes felületre vetett árnyékolással foglalkoztak.

(Konarska *et al.*, 2014). Más tanulmányok pedig a fák felületi hőmérsékletre gyakorolt csökkentő hatását vizsgálták bizonyos fafajok esetében (Berry, Livesley and Aye, 2013). Eddig nem voltak olyan vizsgálatok, amelyek összekötve a két folyamatot, és megbecsülnék a fa árnyékának a belső hőmérsékletre és a szellőztetési potenciálra gyakorolt hatását, valamint a fa lombzatának függőleges síkra vonatkoztatott transzparenciáját. Mint ahogy azt több publikáció is igazolta, a kültéri hőkomfortot nagyban befolyásolja a szélesebbesség. (Arens és Ballanti, 1977) Míg nyáron a növényzet által gerjesztett szél kívánatos, kellemesebb hőérzetet teremtve, télen azonban az erős szellőkések gátlása a cél.

Nagyobb lépték felé haladva az elmúlt években megvalósult néhány olyan városrehabilitációs program, amely hagyományos bérházak belső szárnyait lebontva teremtett lehetőséget zöld belső udvarok létrehozására. A projekt városfejlesztési és lakáspiaci szempontból is komoly nemzetközi sikert aratott, azonban ennek mikroklimatikus hatásait eddig nem elemezték.

A kutatás céljai az alábbiak:

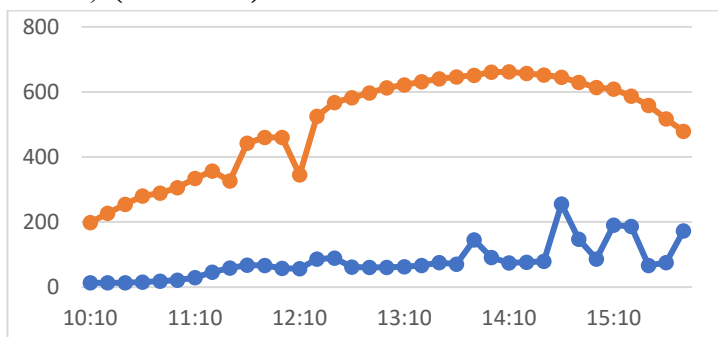
- 1) a leggyakoribb városi fafajok vertikális transzmisszivitásának vizsgálata, például: Nyugati osterfa (*Celtis occidentalis*), Japán akác (*Sophora Japonica*) és Kislevelű hárs (*Tilia cordata*)
- 2) a fasori fák kültéri hőmérsékleti komfortra gyakorolt hatásának vizsgálata – különös tekintettel a közepes sugárzási hőmérséklet, és a Predicted Mean Vote értékének megváltozására a növényzet árnyékoló hatásának köszönhetően
- 3) megvizsgálni a fák árnyékoló hatásának következményeit a beltéri hőérzetre és ezzel összefüggésben a természetes szellőzés lehetőségét
- 4) a növényzet terelő hatásának köszönhető szélesebbesség-profil változásának tájolás-függőségének vizsgálata: fák, cserjék és zöld homlokzatok esetén is.
- 5) a belső udvarok megnyitásának, zöld kertek létrehozásának lehetőségét, és kockázatait mikroklimatikus szempontból.

3. A kutatás módszertana

Ebben a fejezetben bemutatom a munka sorált használt kutatási módszerteket. Kétféle kutatási módszert használtam: egyrészt helyszíni méréseket végeztem 2014 nyarán és őszén Szegeden a vizsgált fák lombkoronája transzmisszivitásának vizsgálatára; másrészt pedig numerikus szimulációkat futtattam le az ismert és széles körben használt, validált ENVI-met 2010 és 2015 között. A beltéri hőérzet modellezéséhez egy másik szoftvert használtam: az ECOTECT nevű szoftvert, amely az Autodesk azóta megszűnt terméke.

3.1. Helyszíni mérések

A helyszíni mérések célja a fák lombkoronája vertikális transzmisszivitásának vizsgálata volt. Mint azt korábbi tanulmányok (Konarska et al., 2014) kimutatták, a fák vízszintes transzmisszivitása a fafajtákra jellemző tulajdonság, de a fák vertikális árnyékolási hatékonysága eddig egyetlen tanulmány sem foglalkozott. Helyszíni méréseket végeztünk 2014 nyarán két piranométerrel a globálsugárzás mérésére három tipikus városi fafaj vertikális transzmisszivitását vizsgáltuk: nyugati ostorfa, japánakác, és kislevelű hárs. A méréseket Kipp & Zonen CNR 1 és 2 piranométerekkel végeztük (érzékenység: $10\text{--}20 \mu\text{V} / \text{W} / \text{m}^2$, spektrális tartomány: $310\text{--}2800 \text{ nm}$ és irányhiba: $<20 \text{ W m}^{-2}$). A mérési napokat úgy választottuk ki, hogy azok teljes lombzat idejére essenek, nyár közepén, tiszta napsütötte napokon anticiklonális időszakban. Mindegyik fát legalább két napon mértük. A piranométereket a faltól 1 m távolságra, $1,1 \text{ m}$ magasságban helyeztük el (standard mérési magasság a humánkomfort vizsgálatokban). (Lásd 1. ábra)



1. ábra: Globálsugárzás napi menete (pontok 10 perces átlagokat jelentenek) napsütötte (referencia értékek: piros vonal) és árnyékolt (alsó, kék vonal) nyugati ostorfa esetén

Az egyik mérőműszert mindig az árnyékolt fal felé fordítva helyeztük el a fa árnyékában; míg a másik műszer mindig közvetlen sugárzásnak kitett helyen volt. Néhány felhős időtartamot (5-15 perc) nem vettünk figyelembe az adatbázisban. A mérés megtervezését (a mérések hozzávetőleges időtartama, a műszerek helyei) az árnyék időbeli lefutásának előzetes modellezésével segítettük az ECOTECT szoftverben, a fák paraméterei és az épületek tájolása alapján. A transzmisszivitást a besugárzási adatok 10 perces átlagaiból számoltuk.

3.2. Numerikus szimulációk

3.2.1. ENVI-met

Az *ENVI-met* (Michael Bruse és csapata által kifejlesztett (*Bruse és Fleer, 1998; Bruse, 2004, 2007*) egy numerikus szimulációs szoftver, amelyet széles körben használnak a mikroklíma változásainak vizsgálatára

A disszertációban bemutatott legtöbb esettanulmány a 3.1-es vagy a 3.5-ös verzió használatával valósult meg. (A 4.0 verziótól kezdve a szoftver csak fizetős szolgáltatásként érhető el.) A háromdimenziós szoftver előnyei a nagy területi (5-10 m) és az időbeli (30-60 perc) felbontás mellett az *ENVI-met* képes kiszámolni 50 légállapotjellemző, a termikus környezet és a bioklimatológia különböző mutatói, mint például: léghőmérséklet, relatív páratartalom, közepes sugárzási hőmérséklet, szélesebbesség és irány, Sky View Factor és PMV értékei. A nehézkes modellalkotás ellenére az *ENVI-met* kedvező és megfelelő eszköz a különböző tervváltozatok, telepítési diszpozíciók közötti mikroklimatikus különbségek vizsgálatára.

3.2.2. Energetikai modellezés (Autodesk ECOTECT)

Az ECOTECT egy tervezési eszköz, amely részletes épületenergetikai elemzést tesz lehetővé az épülettől a városig terjedő léptékben. Mivel az ECOTECT képes a napsugárzás részletes szimulációjára is, alkalmas volt modellezési céljaimra.

Az ismertetett terepi mérésekből nyert transzmisszivitási adatokat használtam a további modellezéshez, hogy általános adatokat is kaphassunk a fasori fák árnyékoló hatásáról. A modellezést az Autodesk ECOTECT szoftverrel végeztem.

4. Tézisek

Ebben a fejezetben áttekintjük a 2010. és 2020. között végrehajtott mérési és modellezési feladatokról. Az itt bemutatott kutatási eredmények a növényzet külső téri humánkomfortra és belső téri hőkomfortra gyakorolt hatására összpontosítanak. Az alábbi zöld infrastruktúra elemek hatékonyságát vizsgáltam:

- zöld homlokzat
- fasori fák
- fák és cserjék együttes használata
- növényzet szerepe az egybenyitott tipikus udvarok zöldítésében, mint a történeti budapesti bérházak rehabilitációs módszere.

4.1. A zöld homlokzat hatása a városi szélesebességre és -profilra

Az ENVI-met szoftverben végzett numerikus szimulációk segítségével vizsgáltam a zöld homlokzatok városi légmozgásra gyakorolt hatását. A zöld homlokzatok alkalmazásának hatásait egy ideálmodellen elemezve megállapítottam, hogy:

A) A zöld homlokzattal párhuzamos szélirány esetén a szélesebesség maximális értéke nem változik, azonban a szélmező megváltozik (a terület, ahol a maximális szélesebesség jellemző, a zöldítés nélküli állapothoz képest megnyúlt) az utca térfalának érdességének megváltozása miatt. Ez a jelenség növeli a keresztutcákból érkező beáramlást, és ezáltal erősebb városi szellőzést tesz lehetővé.

B) A zöld homlokzatra merőleges szélirány esetén a zöld homlokzat alkalmazása csökkenti a szélesebességet a homlokzat előtti cellákban és a keresztutcákban is (a széliránnyal párhuzamosan).

C) A két eset közötti különbség megkérdőjelezi a növényzet ültetésének hatékonyságát az uralkodó szélirányra merőleges homlokzatokon, mivel a zöld homlokzat szintén akadályozhatja a városi átszellőzést.

Az esettanulmány bebizonyította, hogy a zöld homlokzat szélesebességre gyakorolt hatása függ a homlokzat és az uralkodó szélirány bezárt szögétől. Abban az esetben, ha a zöld homlokzatot az uralkodó szélirányra párhuzamosan valószínűsítjük meg, a hatás erősebb: a felületek érdességének változása miatt szűkül az utca áramlási keresztmetszete, ezért az utca közepén a légsebesség növekszik, és a statikus nyomás csökken - ez utóbbi, de nem elhanyagolható hatással van a keresztutcákból érkező levegő beáramlására.

4.2. Jobb szélkomfort teremtése növényzet alkalmazásával

További szimulációkat hajtottam végre a különböző utcai növény telepítések szélkomfortra gyakorolt hatásának vizsgálata céljából. Ezúttal a növények, az utcahálózattal 45° -os szöget bezáró szélirány esetén kifejtett hatását is elemeztem, hogy minél több információ álljon rendelkezésre a sarkok körüli légmozgásról - mivel ezek azok a foltok, amikor hirtelen szélleökés érheti a gyalogosot, így ezek a pontok döntő fontosságúak a kellemes szélkomfort kialakítása szempontjából. Több, az ENVI-met segítségével végzett numerikus szimulációval elemeztem a kombinált zöldítés (fák és cserjék) szélkomfortra gyakorolt hatását. Bebizonyítottam, hogy a fasoroknak komplex hatásuk van a városi szélsébségre és szélsébség profilra a fasor telepítésének tájolásától és az uralkodó széliránytól függően.

A fasor vagy zöldhomlokzat szélsébség-profil módosító hatása függ attól, hogy a telepített zöldhomlokzat az uralkodó szélirányra merőleges, vagy azzal párhuzamos.

- A) párhuzamos esetben az átlagos szélsébség (a maximum érték nem növekszik, de annak eloszlása megváltozik) az utca középső részén megnő, míg a zöldhomlokzat előtt (a járdán) $0,7-1,3$ m/s-mal lecsökken és így a maximális értékeket $0,5-1$ m/s-kal enyhíti - ezáltal növekszik a szélkomfort a városi kanyonokban télen.
- B) Másrészt a merőleges utcák szélfútta oldalán a sebesség $0,25-0,75$ m/s-mal növelhető - lehetővé téve a városi átszellőzést, vagy szélsőséges esetben kellemetlen szélkomfortot teremtve a homlokzat előtt.

A nyilvánvaló eredményen kívül, hogy a vegetáció csökkenti a szélsébséget a növények közvetlen közelében, a tanulmányból arra a következtetésre jutottam, hogy a legkülönbélebb növények (cserjék és fák együtt) aszimmetrikus elhelyezkedése a legkívánatosabb, mivel ez a megoldás biztosítja elfogadható szélkomfortot, anélkül, hogy akadályozná a városi átszellőzést. Korábbi tanulmányok (Žák et al., 2016) kimutatták, hogy homlokzat közvetlen közelébe ültetése növelheti a légszennyező anyagok koncentrációját a járdán - a fák lombkorona körüli korlátozott légsébség miatt. A cserjéknek azonban ellentétes hatása lehet, ami a járda fölött feláramlást eredményez.

4.3. Tipikus városi fák vertikális transzmisszivitásának vizsgálata

A második kutatási téma a fák hatásának vizsgálata a beérkező napsugárzásra, és lombkorona vertikális transzmisszivitásának mérése. **2014 nyarán két piranométer segítségével helyszíni méréseket végeztem a globálsugárzás mérésére céljából. A mérés során három tipikus városi fafaj vertikális transzmisszivitását vizsgáltam: *Celtis occidentalis* (Nyugati ostorfa), *Sophora japonica* (Japánakác) és *Tilia cordata* (Kislevelű hárs.)**

- A) A három vizsgált faj közül a *Celtis occidentalis* bizonyult a legsűrűbb lombkoronával rendelkező fajnak, amelynek átteresztőképessége $\tau = 11,3\%$, a *Sophora japonica* pedig a legkevésbé hatékony vertikális árnyékolás szempontjából $\tau = 16,6\%$ -os átteresztőképességi értékkel. A *Tilia cordata* hasonló értékekkel rendelkezett, mint maga a *Celtis occidentalis*, $\tau = 12\%$ transzmisszivitási értékkel.

Tekintettel arra, hogy az utóbbi években inkább a fák vízszintes transzmisszivitását vizsgálták, három különböző, tipikus városi faj (*Celtis occidentalis*, *Tilia cordata* és *Sophora japonica*) vertikális transzmisszivitásának mérését tűztem ki célul, piranométerek alkalmazásával. **Megállapítottam, hogy a transzmisszivitás értéke $\tau = 11,3\%$ és 16% között mozog.**

4.4. Fák és fasorok hatása a kültéri hőkomfortra

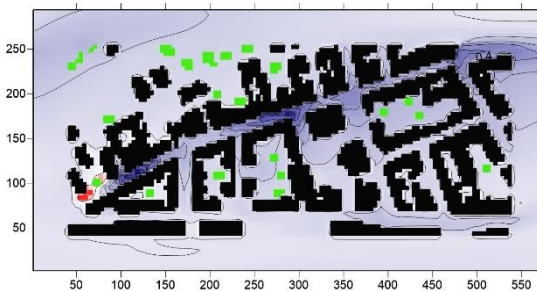
Különböző módszerek alkalmazásával – helyszínen végzett mérések és numerikus szimulációk alkalmazásával- vizsgáltam **a fasorok kültéri termálkomfortra gyakorolt pozitív és negatív hatásait.** A következő eredményre jutottam:

- A) Bebizonyítottam, hogy **a fasorok folt- vagy vonalszerűen csökkentik a közepes sugárzási hőmérsékletet (MRT), - és így a PMV indexet- a lombkoronák távolságától függően. A PMV index maximum 2,5-3 egységgel méréselhető egy tipikus nyári napon, délben.**

- B) Kimutattam, hogy **az épület homlokzata elé ültetett fa (délre, délnyugatra tájolva) nyári körülmények között 20-60% -kal (maximum $1 \text{ kW/m}^2/\text{nap}$) csökkentheti a napi napsugárzást függőleges felületen (ha $\tau = 12-16\%$).** Ez a jelenség természetesen hatással van a járdán mért átlagos sugárzási hőmérsékletre, nappal és este is, mivel **csökkenti a fal felületi hőmérsékletét és ezáltal az UHI intenzitását is.**

Bebizonyosodott, hogy a fasori fák, az ültetőládák és az új zöldfelületek jelentősen csökkentik a nyári hőstressz kockázatát, vagyis az MRT, a $T_{\text{lég}}$ és a PMV értékeket. Ugyanakkor nyilvánvalóvá vált az is, hogy a fák

megvalósításának mikroklimatikus hatása nem haladja meg a beavatkozás területét, másrészt az új zöldfelület hatása térben kiterjedtebb.



2. ábra: Kartogram, amely mutatja a T_{pot} megváltozását a fasori fák telepítésének köszönhetően, a Keleti Károly utcában. $C = A$ (zöldített) – B (eredeti állapot), nyár, 12.00, 1.6 m magasság.

4.5. Fák és fasorok hatása a beltéri hőkomfortra

Az elvégzett numerikus modellezés célja az volt, hogy eredményeket kapjunk a fák homlokzat felületi hőmérsékletre és a beltéri léghőmérsékletre gyakorolt hatására. **Transzmisszivitás-mérések és további energetikai szimulációk alapján kimutattam, hogy az épület határolófelületeinek hőtechnikai teljesítményétől és a természetes szellőztetési időzítésétől függően a vizsgált helyiség transzparens (délre, délnyugatra tájolt) felületei előtt álló fa csökkenti a függőleges és vízszintes felületekre érkező besugárzást az alábbi módon:**

- A) A beérkező globálisugárzás átlagos értéke vízszintes síkban (padló) 9-29%-kal, függőleges síkban (homlokzat) 19-60% -kal csökken.
- B) A szimuláció kimutatta, hogy a fák árnyékolása elősegíti a szobák természetes szellőztetését is, mivel a fa árnyékolása és az ablakok kinyitása a délutáni órákban csökkenti az átlagos léghőmérsékletet beltérben, szemben azzal az esettel, amikor az ablakok zárva vannak, és nincs a homlokzat előtt fa.

Megállapítottam, hogy **a fák árnyékoló hatása jelentősen csökkenti a függőleges (pl. homlokzat) és a vízszintes (pl. szoba padló) felületek felmelegedését.** Az ablaknyitás hatásának megvizsgálva kiderült, hogy a célszerű az ablak nyitása a délutáni órákban, mivel a homlokzat árnyékolása esetén a beltéri hőmérséklet csökken.

4.6. A növényzet szerepe a városi rehabilitációban

Az esettanulmány a klímaadaptív tervezés hatásait és lehetőségeit vizsgálta több zöld infrastruktúra elem egyidejű, szomszédsági léptékű alkalmazása esetében. Vizsgáltam a hagyományos bérháztömbök belső szárnyainak bontásának és a tömbök egybenyitásának, majd pedig a létrejövő belső udvar növényzet

alkalmazásának a mikroklímára gyakorolt hatását. Az ENVI-met szoftverrel végzett numerikus szimulációk segítségével bizonyítottam, hogy a mikroklíma szempontjából kedvező eredményt akkor lehet elérni, ha a belső udvarokat nemcsak egybenytíják, és a belső épületszárnyakat lebontják, hanem ha az udvarokat parkosítják is.

Bebizonyítottam, hogy:

- A) Maga a megnyitás ismertetett módszere nem eredményes mikroklimatikus szempontból, mivel nyári körülmények között az átlagos sugárzási hőmérséklet (MRT) értékei az udvarban $\Delta MRT = 17\text{ K}$ értékkel növekednek és a PMV index átlagosan 1 egységgel növekszik.
- B) A leírt városrehabilitációs módszer negatív hatásának elkerülése érdekében a vegetáció képes javítani a megnyitott udvarok mikroklímáját. A sugárzási hőmérséklet átlagértékei átlagosan $\Delta MRT \sim 10\text{ K}$ -nel, a maximális értékeket pedig $\Delta MRT \sim 15\text{ K}$ -nel csökkenti összehasonlítva a nem zöldített állapottal.
- C) Az PMV index átlagos értéke 0,6 egységgel csökken (a termikus környezetükkel elégedetlen emberek száma 50% -kal csökken) - ennek oka a növényzet (fák, cserjék és gyepek) alkalmazása.

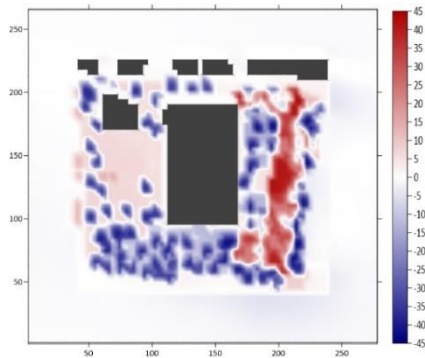
Továbbá megállapítottam, hogy a **szélsebesség és az égbolt láthatósági tényező (SVE, sky view factor) növekszik, ami ugyan kedvező, azonban az épületek belső szárnyainak lebontása egyúttal növeli a nyári túlmelegedés kockázatát is.** Minden negatív hatás elkerülhető az udvarok intenzív zöldítésével, ezáltal jobb termikus környezetet és kellemesebb lakókörnyezetet teremtve az udvaron, valamint a szomszédos lakásokban.

4.7. Zöldterületek alkalmazása és hatása a mikroklímára

Megvizsgáltam egy új 20.000-25.000 m² kiterjedésű zöldterület létrehozásának hatását egy lebontott épület telkén, Budapesten. Bizonyítottam - ENVI-met numerikus szimulációk használatával – hogy az új zöldfelületnek köszönhetően:

- A) csökken az átlagos sugárzási hőmérséklet (MRT) értéke $\Delta MRT \sim 30-40\text{ K}$ értékkel, és csökken a potenciális hőmérséklet $\Delta T_{pot} \sim 1,5-3,0^\circ\text{C}$ -kal.

A szimulációk bebizonyították a zöldfelületek nagyfokú hatékonyságát a mikroklíma megváltoztatásában, ugyanakkor nyilvánvalóvá vált az is, hogy a zöldfelület alkalmazásának mikroklimatikus hatása nem haladja meg a beavatkozás kiterjedését, mégis, az új zöldfelület hatása térben kiterjedtebb.



3. ábra: A SzéllKapu park létrehozásának köszönhető MRT értékek különbségét ábrázoló kartogram (nyár, 12: 00h, 1,6 m)

Új zöldterületek létrehozása és fasori fák telepítése bizonyult a leghatékonyabbnak a jobb termikus környezet megteremtésében, azonban ezek az intézkedések jelentős anyagi beruházással valósíthatók meg - mind gazdaságilag, mind építés szempontjából. A közelmúltban több pályázati felhívás (ERFA operatív programok, LIFE projektek) is elérhető volt hasonló projektek számára, így az önkormányzat – külső finanszírozási forrásokat bevonva – képes lehet egy hasonló fejlesztés finanszírozására. A magántőke bevonása szintén nem elképzelhetetlen.

5. Összegzés

A városi mikroklíma az elmúlt évtizedben divatos téma volt, amely számtalan kutatót foglalkoztatott. Szinte valamennyien arra a következtetésre jutottak, hogy a zöldfelületek alkalmazása elengedhetetlen az klímatudatos várostervezésben. A városi parkok, a zöld homlokzatok és zöldtetők nemcsak árnyékot és rekreációs teret, mondhatni menedéket nyújtanak a városlakóknak, hanem fontos szerepet játszanak az ún. „hideg szigetek” létrehozásában is a városi hőszigeten belül.

Ezen elvek megvalósításához azonban az elméletet a gyakorlatba kell átültetni, amely a következőket tartalmazza:

- kedvező és rugalmas szabályozási rendszer létrehozása, amely a zöld infrastruktúrát több szinten, szektorban és léptékben alkalmazza,
- a szakpolitika helyi szintű alkalmazásának biztosítása, valamint a helyi önkormányzatok és döntéshozók bevonása;
- a tervezők és kivitelezők, valamint a társszakmák képviselőinek továbbképzése;
- végül a helyi érdekelt felek (civil szervezetek, mozgalmak, oktatási intézmények, kkv-k és helyi vállalkozók) bevonása.

A fent felsorolt lépések folyamata nagyon összetett, és amint azt korábbi tanulmányokban kollégáimmal bemutattuk (Körmöndi, Tempfli, Kocsis, Adams, and Szkordilis, 2019), a zöld infrastruktúra megvalósításának sikere összefügg egy ország vagy makrorégió tervezési hagyományaival. (Flóra Szkordilis *et al.*, 2018)

Felmerült az a kérdés is, hogy a kutatók hogyan segíthetik a várostervezőket abban, hogy a mindennapi tervezés során felhasználják az elméleti kutatások eredményeit. Ezzel a kérdéssel szintén foglalkoztunk néhány publikációban foglalkozott (Szkordilis, F ; Kiss, M ; Égerházi, LA ; Kassai-Szoó, D ; Gulyás, 2016).

Ahhoz, hogy a városklíma-kutatás eredményei érthetőbbek legyenek a várostervezők számára, fontos továbbfejleszteni az eredményeket bemutató módszereket. Ebből a célból részvételemmel több projekt is megvalósult, többek között: Nature4Cities (Horizon2020; Kántor, Gulyás, Szkordilis, P Pásztor, *et al.*, 2017; Flóra Szkordilis *et al.*, 2018; B. Körmöndi *et al.*, 2019; Bouzoudija *et al.*, 2019, 2021); és az UHI projekt (CEE; (Baranka *et al.*, 2015, 2016; Szkordilis *et al.*, 2016), és számos kisebb megbízás magyar önkormányzatok részére.

Irodalomjegyzék

- Baranka, G. *et al.* (2015) 'Climate-Conscious Development of an Urban Area in Budapest, Hungary', in *ICUC9 - 9th International Conference on Urban Climate jointly with 12th Symposium on the Urban Environment*. Toulouse, pp. 20–24.
- Baranka, G. *et al.* (2016) 'Pilot Action in Budapest', in Musco, F. (ed.) *Counteracting Urban Heat Island Effects in a Global Climate Change Scenario*. Cham: Springer International Publishing, pp. 345–372. doi: 10.1007/978-3-319-10425-6_13.
- Berry, R., Livesley, S. J. and Aye, L. (2013) 'Tree canopy shade impacts on solar irradiance received by building walls and their surface temperature', *Building and Environment*. Elsevier Ltd, 69, pp. 91–100. doi: 10.1016/j.buildenv.2013.07.009.
- Bouzoudja, R. *et al.* (2019) 'Nature-based solutions as alternative to tackle urban water and soil management challenges: A distributed experiment in three climate regions', in *SUITMA 10 Soils of Urban, Industrial, Traffic, Mining and Military Areas*. Soul, South-Korea. Available at: https://www.researchgate.net/publication/335016221_Nature-based_solutions_as_alternative_to_tackle_urban_water_and_soil_management_challenges_A_distributed_experiment_in_three_climate_regions.
- Bouzoudja, R. *et al.* (2020) 'Simplified performance assessment methodology for addressing soil quality of nature-based solutions', *Journal of Soils and Sediments*. doi: 10.1007/s11368-020-02731-y.
- Bouzoudja, R. *et al.* (2021) 'How to evaluate nature-based solutions performance for microclimate, water and soil management issues – Available tools and methods from Nature4Cities European project results', *Ecological Indicators*, 125, p. 107556. doi: 10.1016/j.ecolind.2021.107556.
- Gromke, C. *et al.* (2015) 'CFD analysis of transpirational cooling by vegetation: Case study for specific meteorological conditions during a heat wave in Arnhem, Netherlands', *Building and Environment*. Elsevier Ltd, 83(January), pp. 11–26. doi: 10.1016/j.buildenv.2014.04.022.
- Kántor, N., Gulyás, Á., Szkordilis, F., Pásztor, P, *et al.* (2017) 'Nature4Cities: A természetalapú megoldások (nature-based solutions) alkalmazási lehetőségei a várostervezésben', in *Interdiszciplináris táj kutatás a XXI. században : a VII. Magyar Tájökológiai Konferencia tanulmányai*, pp. 295–304.
- Kántor, N., Gulyás, Á., Szkordilis, F., Pásztor, Péter, *et al.* (2017) 'Nature4Cities: a természetalapú megoldások (nature - based solutions) alkalmazási lehetőségei a várostervezésben', in Blanka, V. and Ladányi, Z. (eds) *Interdiszciplináris táj kutatás a XXI. században : a VII. Magyar Tájökológiai Konferencia tanulmányai*. Szeged, Hungary: Szegedi Tudományegyetem Földrajzi és Földtudományi Intézet, pp. 295–304. Available at: <http://real.mtak.hu/54183/>.
- Konarska, J. *et al.* (2014) 'Transmissivity of solar radiation through crowns of single

urban trees-application for outdoor thermal comfort modelling', *Theoretical and Applied Climatology*, 117(3–4), pp. 363–376. doi: 10.1007/s00704-013-1000-3.

Körmöndi, B *et al.* (2019) 'The secret ingredient - the role of governance in green infrastructure development: through the examples of European cities', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 323, p. 012024. doi: 10.1088/1755-1315/323/1/012024.

Körmöndi, B. *et al.* (2019) 'The secret ingredient - The role of governance in green infrastructure development: Through the examples of European cities', in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. doi: 10.1088/1755-1315/323/1/012024.

Szkordilis, F ; Kiss, M ; Égerházi, LA ; Kassai-Szoó, D ; Gulyás, Á. (2016) 'Facilitating climate adaptive urban design - developing a system of planning criteria in Hungary', in Habert, G. and Schlueter, A. (eds) *Expanding boundaries - Systems Thinking for the Built Environment : Sustainable Built Environment (SBE) Regional Conference Zurich 2016*. Zürich: vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, pp. 102–106. doi: 10.3218/3774-6_17.

Szkordilis, F. *et al.* (2016) 'A városi zöld infrastruktúra szerepe a klímaadaptív tervezésben', in *Fenntarthatóság - utópia vagy realitás?*, pp. 289–299.

Szkordilis, F. (2018) 'A természet alapú megoldások a város-rehabilitációban', in Lázár, I. (ed.) *Környezet és energia: Hatékony termelés, tudatos felhasználás.*, p. 281.

Szkordilis, Flóra *et al.* (2018) 'How to use nature-based solutions in urban planning systems of Europe?', in *10th International Conference on Urban Climate / 14th Symposium on the Urban Environment*.

Szkordilis, Flora *et al.* (2018) 'HOW TO USE NATURE-BASED SOLUTIONS IN URBAN PLANNING SYSTEMS OF EUROPE?', in *10th International Conference on Urban Climate*. New York. Available at: <https://ams.confex.com/ams/ICUC10/meetingapp.cgi/Paper/343423>.

Žák, M. *et al.* (2016) 'Planning and climate change: Concepts, approaches, design', in Musco, F. (ed.) *Counteracting Urban Heat Island Effects in a Global Climate Change Scenario*. Springer, Cham, pp. xxxvii–xlvi. doi: 10.1007/978-3-319-10425-6.



Nyilvántartási szám: DEENK/159/2021.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Szkordilisz Flóra
Doktori Iskola: Földtudományok Doktori Iskola
MTMT azonosító: 10042765

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Magyar nyelvű könyvrészletek (2)

1. **Szkordilisz, F.:** A természet alapú megoldások a város-rehabilitációban.
In: Környezet és energia: Hatékony termelés, tudatos felhasználás. Szerk.: Lázár István,
MTA DAB Földtudományi Szakbizottság, Debrecen, 265-270, 2018. ISBN: 9789637064364
2. **Szkordilisz, F.:** Fasorok és zöldhomlokzatok mikroklímára gyakorolt hatása.
In: Fenntartható energetika megújuló energiaforrások optimalizált integrálásával. Szerk.:
Kalmár Ferenc, Akadémiai Kiadó, Budapest, 29-30, 2014. ISBN: 9789630595407

Idegen nyelvű, külföldi könyvrészletek (1)

3. Baranka, G., Ongjerth, R., **Szkordilisz, F.**, Kocsis, O.: Pilot Action in Budapest.
In: Counteracting Urban Heat Island Effects in a Global Climate Change Scenario. Ed.:
Francesco Musco, Springer, Cham, 345-372, 2016. ISBN: 9783319104249

Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

4. Pálvölgyi, T., **Szkordilisz, F.:** Integrált felújítási stratégiák az Európai Energiahatékonysági
Irányelv tükrében.
Energiagazdálkodás. 54 (3), 12-15, 2013. ISSN: 0021-0757.

Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (2)

5. **Szkordilisz, F.**, Kiss, M.: Passive cooling potential of alley trees and their impact on indoor
comfort.
Pollack Period. 11 (1), 101-112, 2016. ISSN: 1788-1994.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1556/606.2016.11.1.10>
6. **Szkordilisz, F.:** Mitigation of urban heat island by green spaces.
Pollack Period. 9 (1), 91-100, 2014. ISSN: 1788-1994.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1556/Pollack.9.2014.1.10>





Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (4)

7. Bouzoudja, R., Béchet, B., Hanzlikova, J., Sněhota, M., Le Guern, C., Capiaux, H., Jean-Soro, L., Claverie, R., Joimel, S., Schwartz, C., Guénon, R., **Szkordilis, F.**, Körmöndi, B., Musy, M., Cannavo, P., Lebeau, T.: Simplified performance assessment methodology for addressing soil quality of nature-based solutions.
J. Soils Sediments. 1-20, 2020. ISSN: 1439-0108.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11368-020-02731-y>
IF: 2.763 (2019)
8. **Szkordilis, F.**, Zöld, A.: Effect of vegetation on wind-comfort.
Appl. Mech. Mater. 824, 811-818, 2016. ISSN: 1660-9336.
DOI: <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.824.811>
9. **Szkordilis, F.**, Kiss, M.: Potential of Vegetation in Improving Indoor Thermal Comfort and Natural Ventilation.
Appl. Mech. Mater. 824, 278-287, 2016. ISSN: 1660-9336.
DOI: <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.824.278>
10. **Szkordilis, F.**: Microclimatic Effects of Green Facades in Urban Environment.
Adv Mat Res. 899, 415-420, 2014. ISSN: 1022-6680.
DOI: <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.899.415>

Magyar nyelvű konferencia közlemények (2)

11. **Szkordilis, F.**, Kocsis, O., Ongjerth, R., Baranka, G.: A városi zöld infrastruktúra szerepe a klímaadaptív tervezésben.
In: Fenntarthatóság - utópia vagy realitás? Szerk.: Csigéné Nagypál Noémi, Princz-Jakovics Tibor, BME Környezetgazdaságtan Tanszék, Budapest, 289-299, 2016. ISBN: 9789633132197
12. **Szkordilis, F.**: Budapest zöldterületi hálózatának fejlesztési lehetőségei.
In: Gazdálkodj térben! : válogatás a IV. Országos Doktorandusz Konferencia tanulmányaiból : 2013. február 22. Szerk.: Meyer Dietmar, Hevér Boglárka, BME GTK Gazdálkodás- és Szervezéstud. Doktori Isk., Budapest, 178-194, 2013. ISBN: 9789633130773

Idegen nyelvű konferencia közlemények (5)

13. Körmöndi, B., Tempfli, J., Kocsis, J. B., Adams, J., **Szkordilis, F.**: The secret ingredient - the role of governance in green infrastructure development: through the examples of European cities.
IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 323, 1-11, 2019. EISSN: 1755-1315.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/323/1/012024>





14. **Szkordilis, F.**, Bouzoudja, R., Kocsis, J. B., Körmöndi, B., Kósa, E., Bodénan, P., Beaujouan, V., Béchet, B., Bournet, P. E., Bulot, A., Cannavo, P., Chantoiseau, E., Daniel, H., Lebeau, T., Vidal-Beaudet, L., Guénon, R., Musy, M., Adell, G.: How to use nature-based solutions in urban planning systems of Europe?
In: 10th International Conference on Urban Climate / 14th Symposium on the Urban Environment, American Meteorological Society, New York, 1-6, 2018.
15. **Szkordilis, F.**, Kiss, M., Égerházi, L. A., Kassai-Szoó, D., Gulyás, Á.: Facilitating climate adaptive urban design - developing a system of planning criteria in Hungary.
In: Expanding boundaries : Systems Thinking for the Built Environment : Sustainable Built Environment (SBE) Regional Conference Zurich 2016. Ed.: Habert Guillaume, Schlueter Arno, VDF Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, Zurich, 102-106, 2016. ISBN: 9783728137746
16. Baranka, G., Ongjerth, R., **Szkordilis, F.**, Kocsis, O.: Climate-Conscious Development of an Urban Area in Budapest, Hungary.
In: ICUC9 - 9th International Conference on Urban Climate jointly with 12th Symposium on the Urban Environment, International Association for Urban Climate, Toulouse, 1-5, 2015.
17. **Szkordilis, F.**, Kiss, M.: Shading effect of Alley Trees and Their Impact on Indoor Comfort.
In: ICUC9 - 9th International Conference on Urban Climate jointly with 12th Symposium on the Urban Environment, International Association for Urban Climate, Toulouse, 1-5, 2015.

Idegen nyelvű absztrakt kiadványok (2)

18. Bouzoudja, R., Béchet, B., Guénon, R., **Szkordilis, F.**, Körmöndi, B., Babi Almenar, J., Claverie, R., Nold, F., Cannavo, P., Lebeau, T.: Nature-based solutions as alternative to tackle urban water and soil management challenges: A distributed experiment in three climate regions.
In: SUITMA 10 Soils of Urban, Industrial, Traffic, Mining and Military Areas 2019-06-16, [s.n.], Seoul, 1, 2019.
19. **Szkordilis, F.**: Reconstruction of blocks of flats with an ecological concept.
In: Eight International PhD & DLA Symposium: Architectural, engineering and information sciences : abstracts book. Ed.: Peter Ivanyi, University of Pécs Pollack Mihály Faculty of Engineering and Information Technology, Pécs, 137, 2012. ISBN: 9789637298486





További közlemények

Magyar nyelvű konferencia közlemények (1)

20. Kántor, N., Gulyás, Á., **Szkordilis, F.**, Pásztor, P., Kovács, A., Kiss, M.: Nature4Cities: A természetalapú megoldások (nature-based solutions) alkalmazási lehetőségei a várostervezésben.
In: Interdiszciplináris táj kutatás a XXI. században : a VII. Magyar Tájökológiai Konferencia tanulmányai. Szerk.: Blanka Viktória, Ladányi Zsuzsanna, Szegedi Tudományegyetem Földrajzi és Földtudományi Intézet, Szeged, 295-304, 2017. ISBN: 9789633065426

Idegen nyelvű konferencia közlemények (1)

21. **Szkordilis, F.**, Heeren, N., Habert, G.: Energetic and comfort benefits of composite buildings: Learning from vernacular techniques.
In: World Sustainable Building Conference 2014 (WSB14) : conference proceedings, Spain Green Building Council, Barcelona, 193-199, 2014. ISBN: 9788469718155

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 2,763

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre): 2,763

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

Debrecen, 2021.04.07.

