

Válasz
Dr. Geresdi István

**Gál Tamás: A lokális klímazónák városklimatológiai alkalmazása című MTA
doktori értekezéséről készített opponensi véleményére**

A válasz érdemi kifejtését megelőzően szeretném megköszönni opponensemnek a hatékony és rendkívül alapos munkáját. Elgondolkodtató kérdései bevallom megdolgoltattak ugyan, azonban több alkalommal már elfeledett, vagy még fel sem ismert új kutatási ötleteket vetettek fel.

A bírálóban megfogalmazott felvetésekre (amit itt szürke színnel szerepeltetek) a következő válaszokat fogalmazom meg.

Gál Tamás a szegedi városklíma kutató csoport hazai és nemzetközi szinten is elismert tagja, a kutató csoport munkájában szinte a kezdetek óta részt vesz. A jelölt publikációs tevékenysége és a disszertáció tartalma is jól tükrözi kutatásai széles spektrumát, ami a mérésektől a modellezésig terjed. Ha lett is volna bármi kétségünk, a jelölt számszerűen, a megjelenő cikkek statisztikai elemzésével igazolta, hogy napjainkban a lokális klíma zónákkal kapcsolatos fejlesztések jelentős szerepet játszanak a városklíma kutatásokban. Ezzel a megállapítással a magam részéről egyetértek. A kutatási téma szempontjából ígéretes, hogy az új kutatási módszereknek köszönhetően a városklíma kutatásban a kvalitatív elemzés helyett/mellett egyre nagyobb súlyt kap a kvantitatív értékelés. Ezen fejlődés eredménye jól megfigyelhető az értekezésben.

Köszönöm opponensem méltató szavait, különös tekintettel arra, hogy a kutatási téma – dolgozatban is felvázolt – ívét előremutatónak tekinti.

Az értekezés formai értékelése

Az értekezés terjedelme 6 fejezetre osztva 133 oldal. Az első három fejezet tartalmilag a bevezetésnek tekinthető. Ezen fejezetek a kutatási témához kapcsolódó fontosabb eredmények, valamint néhány fontosabb fogalom ismertetését, definícióját tartalmazzák. Az erre szánt 35 oldalt én soknak tartom, de elismerem, hogy ez egy szubjektív megítélés. Az értekezésben nagy számban találhatóak ábrák, amelyek segítenek a szöveg megértésében.

Egyetértek opponensemvel, hogy talán kicsit hosszúra nyúlt a dolgozat bevezetése. A munka során hasonló megfontolások szerint a 2. fejezetben igyekeztem annyira tömören és a lényegre szorítkozva kifejteni az általános bevezetést, amennyire csak lehetséges. Mindazonáltal a 3. fejezet – amely a kutatás szűk témakörének nemzetközi hátterét ismerteti – esetén fontos célom volt a Lokális Klímazónákkal kapcsolatos ismeretek kimerítő összefoglalása, mivel a téma még viszonylag új és így napjainkban ez még nem teljesen lehetetlen feladat. Fontosnak tartottam továbbá a téma fejlődését bemutatni, mivel így kontextusba helyezhető a dolgozat későbbi részében bemutatott eredmények helye, szerepe és hatása.

Az Anyag és módszer c. fejezetben részletes ismertetést olvashatunk a kutatásba bevont városokról, az alkalmazott összefüggésekről és modellekről. Az 5. fejezetben hét különböző – egymáshoz csak részben kapcsolódó – kutatási téma eredményei kerülnek bemutatásra.

Sajnos a szövegben nagyon sok a nyelvtani hiba és az elgépelés (pl. táblázatok és ábrák sorszámozása). Ez helyenként a megértést is nehezíti, jó lett volna az értekezést a beadás előtt még egyszer átolvasni ebből a szempontból is.

Sajnálatos, hogy a dolgozatban maradtak nyelvtani hibák és elgépelések. Munkám során igyekeztem ezeket kijavítani, azonban ez a terület nem feltétlen sorolható erősségeim közé.

Formai és részben tartalmi okok miatt is nagyon elaprózottnak tartom a 20 tézis pontot (lásd az Összegzés c. fejezetet is). Érteni vélem, hogy a pályázó szándéka a saját munkájának pontos

körülhatárolása volt, de nem vagyok biztos benne, hogy ennek ez a legjobb módja. Meg lehetett volna fogalmazni a téziseket a célkitűzések 6 pontja alapján, vagy a tézis pontok akár követhették volna az Eredmények c. fejezet szerkezetét is.

Egyetértek opponensem véleményével, hogy a tézisek struktúrája nem ideális, mindazonáltal munkám során a több lehetséges struktúra közül igyekeztem a számomra kevésbé kedvezőtlennek tűnő megközelítést alkalmazni. Így utólag valóban szerencsés lett volna a kettős tagolás megjelenítése a tézisek számozásában is, azonban ezt a dolgozat írása közben elvettem és csak szövegesen csoportosítottam azokat a célkitűzéseknek megfelelően. A lokális klímazónák térképezése (I-IV. tézisek) fedik az első célkitűzést, a lokális klímazónákon alapuló, reprezentatív városklíma monitoring rendszer telepítésével kapcsolatos (V-VI.) tézisek a másodikat, az Urban-Path városklíma monitoring hálózattal kapcsolatos (VII-IX.) tézisek a harmadikat, a lokális klímazónákon alapuló városklimatológiai értékeléssel kapcsolatos (X-XVII.) tézisek a negyediket. A fennmaradó tézisek, melyek a lokális klímazónákon alapuló klíma és időjárási modellezéssel kapcsolatosak összevontan reflektálnak az ötödik és hatodik célkitűzésre.

Az eredmények tartalmi értékelése

Az Anyag és módszer című fejezet megfelelően felkészíti, segíti az olvasót abban, hogy megértse a kutatások eredményeit. Az ebben a fejezetben leírtak is alátámasztják, hogy a jelölt széleskörű, alapos ismeretekkel rendelkezik a kutatott témában. A tartalmi értékelést az Eredmények c. fejezet szerkezetét követve végeztem.

Egyetértek azzal, hogy a LCZ-k bevezetése és objektív paraméterek alapján történő meghatározása nagy előrelépést jelent a városklíma kutatásban. Egy objektív és hatékony módszer kidolgozása a zónák kijelölésére nagyban segítheti a gyakorlati alkalmazhatóságot. Az 5.1 fejezetben mutatja be a jelölt, hogy ezen a területen milyen eredményeket ért el. A WUDAPT és a GIS alapú térképezési módszerek kombinált alkalmazása Szeged példáján kerül ismertetésre. *Jó lett volna a módszer hatékonyságát egy másik, eltérő szerkezetű város esetében is bemutatni és igazolni.* Az alkalmazott fuzzy algoritmus kapcsán némi ellentmondást látok az 52. oldal második bekezdésében leírtak és az 5.5 ábra között. Az ábra alapján a fuzzy értékek -1 és +1 között változhatnak, nem pedig 0 és 1 között, mint az a szövegben olvasható.

Opponensem kérdésével pontosan megvilágította a GIS alapú módszer egyik hiányosságát, miszerint számos – nehezen beszerezhető vagy előállítható – adatbázist alkalmaz. Egyetértek azzal, hogy hasznos lett volna más városokban is elvégezni az összehasonlító elemzést, azonban nem elsősorban az eltérő szerkezet, hanem az eltérő városépítészeti megoldások összevetése céljából kelet-, nyugat-európai, észak-amerikai vagy távolkeleti példák alkalmazásával, azonban erre a felhasználandó adatok beszerzésével kapcsolatos probléma miatt nem került sor. A fuzzy algoritmus kapcsán valójában nincsen ellentmondás csupán egy sajnálatos elírás történt a szövegben.

Az 5.2 és 5.3 fejezetekben a jelölt bemutatja, hogy az LCZ-k kijelölése hogyan segíti elő olyan mérőhálózat kiépítést, ami reprezentatívnak tekinthető adatokat szolgáltat a városklímát meghatározó légköri jellemzőkről. A monitoring rendszer kiépítésének elvi háttérét és a lehetséges hibákat korrektül ismerteti a jelölt. A rendszer jó felbontásban ad hőmérsékleti és nedvesség adatokat. A globálsugárzás és szélsébség adatokat az OMSZ szinoptikus állomása biztosítja. A jelölt részletesen tárgyalja azt a kérdést, hogy a felszín mennyire befolyásolhatja lokálisan a szélsébség profilt. A logaritmikusság, illetve annak korrigált változata gyakran használt közelítés a szélsébség vertikális profiljának meghatározására. Szigorúan véve ez a közelítés azonban csak neutrális (indifferens) légrétegződés esetén alkalmazható. *Mennyire tekinthető reálisnak az a feltetelezés, hogy a városok feletti légrétegekben neutrális légrétegződés?* A globálsugárzás meghatározó eleme az energia mérlegnek. *Van-e arra vonatkozóan becslés, hogy a szinoptikus állomáson (nem beépített területen) mért érték mennyire becsülhető alá a beépített területeken markánsabban megjelenő szórt sugárzást?*

Opponensem is rámutat, hogy a logaritmusos szélprofil gyakran használt közelítés. Ezt az összefüggést alkalmazzák sok esetben, ha szükség van egy városi területen szélsébség adataira mikroklima modellekhez, humánkomfort paraméterek számításához vagy egyéb célra (pl. Ketterer, Matzarakis 2014, Acero, Herranz-Pascual 2015, Rodríguez Algeciras et al. 2015, Hsieh et al. 2016, Fröhlich et al. 2019), ugyanakkor arra is vannak példák, hogy szél adatokat korrekciós számítások nélkül használnak fel hasonló célokra (pl. Farhadi et al. 2015, Forouzandeh 2018, Heris et al. 2020, Cruz et al. 2021). Opponensem felhívja a figyelmet, hogy ez a közelítés indifferens egyensúly esetén alkalmazható. Ennek kapcsán meg kell jegyezmem, hogy a stabilitási viszonyokkal kapcsolatos – teljesen helytálló – aggályoknál jelentősebbek is felmerülnek, tekintve, hogy a közelítés a $z_0 + z_d$ magasságra 0 ms^{-1} sebességet ad, azaz a városokban ahol a z_0 értéke 1-6 m és a z_d értéke 10-30 m is lehet (Grimmond et al. 1998, Burian et al. 2002, Al-Jiboori, Fei 2005), a 2 vagy 10 m magasságokra történő alkalmazása súlyos kérdéseket vet fel. A dolgozatban bemutatott eredmény ez utóbbi problémára jelent egy egyszerű – a korábbiaknál megalapozottabb – empirikus megoldást, és – ahogy opponensem is rámutatott – egyúttal megnyitja az stabilitási viszonyokkal kapcsolatos vita lehetőségét. Be kell látni azonban azt, hogy az ilyen jellegű alkalmazásokra a pontos megoldás dinamikus modellek alkalmazása lenne, azonban sok felhasználási területen – mint ahogy a dolgozatban bemutatott humánkomfort paraméter számításnál – bőségesen elegendő egy közelítő széladat alkalmazása, köszönhetően a számos más forrásból is származó bizonytalanságnak.

A külterületi szórt sugárzással kapcsolatos kérdésre szegedi példákból kiindulva nem tudok választ adni, tekintve, hogy mind a külterületi, mind pedig a belterületi állomás esetén csak a globálsugárzást mérik operatíván, a szórt és direkt komponenseket nem. Irodalmi források alapján sem könnyű ezt megválaszolni, hiszen viszonylag ritka az ilyen specializált mérőeszközök egyidejű városi és vidéki elhelyezése. A nagyobb mennyiségű aeroszol részecskének köszönhetően várhatóan a külterületi sugárzási adat alábecsülheti a városi mérést, azonban erre a szegedi mintaterület ismételen nem a legjobb példa, hiszen itt a jelentéktelen ipari tevékenységnek és a közeli homokhátságnak köszönhetően jelentős a természetes eredetű aeroszol források részaránya. Shanghai esetén vizsgálták meg a direkt és diffúz sugárzás arányának változását évtizedes adatsorokon, ami ismerte a kínai urbanizációs folyamatokat, akár a városi hatás mértékére is engedhet következtetni. Itt két évtized alatt a direkt 30%-al csökkent a szórt 12%-al nőtt és a globálsugárzás 11%-al csökkent (Djen 1992). Egy nem publikált elemzésben még évekkel ezelőtt összevetettük a két szegedi mérőállomás globálsugárzás adatát több éves adatsor alapján és nem találtunk érdemi eltérést. Mindezek alapján úgy vélem, hogy a dolgozatban bemutatott eredményt csak kis mértékben befolyásolhatta a szórt sugárzás valószínűsíthető alábecslése. Be kell vallanom a sugárzási komponensek városi hatásra történő módosulása eddig kevésbé ragadta meg a figyelmemet, azonban látva, hogy a szórt és direkt sugárzás arányainak városi hatásra történő változásáról milyen kevés forrás lelhető fel, kezd egyre jobban érdekelni ez a téma.

Az 5.4 fejezetben a jelölt bemutatja a mobil mérőeszköz és a fix telepítésű monitoring hálózat mérési adatait és azok elemzését. Az elemzések alapján kapott eredmények igazolják, hogy a LCZ-k elősegítik a hőmérsékleti adatok értelmezését. Az azért meglepő volt számomra, hogy jelentősen eltérő tulajdonságokkal rendelkező LCZ-k esetében is nagyon hasonló hőmérsékleti értékeket mértek (lásd 5.37 ábra). Talán érdemes lett volna megadni az 5.37 és az 5.40 ábrákhoz rendelhető ún. időjárás-faktort, ennek segítségével az 5.41 ábrával koherensen lehetett volna őket értelmezni. Fontosnak és értékelendőnek tartom a levegő vízgőz tartalmára vonatkozó eredményeket. Azzal nem értek teljesen egyet, hogy a levegő vízgőztartalmának meghatározására az abszolút vízgőz tartalom (vagy az ezzel arányos gőznyomás) jobb paraméter, mint a hőmérséklettől (is) függő relatív páratartalom. Vannak esetek, amikor az abszolút vízgőztartalmat célszerű megadni (pl. látenshő transzport, vagy advekción), és vannak esetek, amikor a relatív páratartalom meghatározása előnyösebb (pl. köd vagy párásság kialakulása, vagy az 5.4.4. fejezetben tárgyalt humánkomfort vizsgálatok).

Az 5.37. ábra kapcsán felmerült meglepetés eloszlására meg kell említenem, hogy az ábra fő célja arra rámutatni, hogy az igen jelentősen eltérő LCZ-k esetén, ha a napi átlagot vagy a nappali

átlagot vizsgáljuk akkor valóban nem számíthatunk jelentős különbségekre. Mindazonáltal az ábra szemléletesen mutatja meg azt, hogy a városi felszín hatása az éjjeli órákban válik meghatározóvá, így ilyenkor különülnek el igazán a különböző beépítésű LCZ-k termikus hatásai. Az időjárási faktor alkalmazását illető megjegyzéssel egyetértek (különösen azért mert ezek az ábrák a rendelkezés emre álltak). Azonban meg kell jegyezni, hogy a téma kifejtése során arra fókuszáltam, hogy a rendelkezésre álló rengeteg ábra és eredmény egy átfogó áttekintését adjam és ne egy szűkebb célra fókuszáló vizsgálatra koncentrálok.

Örömteli, hogy opponensem kiemeli a légnedvességgel kapcsolatos eredmények jelentőségét. A véleményében megfogalmazza, hogy nem ért teljesen egyet azzal, hogy a relatív nedvesség helyett valamely abszolút karakterisztika alkalmazása az alkalmasabb. Az indoklás alapján érteni vélem a véleménykülönbség okát, ami valójában nem eltérő meglátásunkban hanem a sajnálatos módon a dolgozatban található nem teljesen egyértelmű megfogalmazásomból ered. Teljes mértékben egyetértek opponensemmel, hogy a relatív nedvesség alkalmazásának rendkívül fontos szerepe van számos meteorológiai alkalmazásban, illetve a példaként felhozott városklimatológiai vizsgálatokban is. Mindazonáltal a dolgozatomban megfogalmazott állítás, miszerint a relatív nedvesség alkalmazása nem célravezető, az kizárólag a város nedvességviszonyainak felmérése és megértése szempontjából fogalmaztam meg. Itt a terjedelmi korlátok miatt sajnos kimaradt a dolgozathoz egy irodalmi áttekintésen alapuló indoklás. Több vizsgálat (Moriwaki et al. 2013, Cuadrat et al. 2015) is kimutatta a városi száraz szigetet (urban dry island – UDI), azonban az éjjeli alacsonyabb relatív nedvesség térbeli mintázata lényegében visszaadja a külterülethez képest magasabb hőmérséklet mintázatát. Ez könnyen beláthatóan annak köszönhető, hogy a magasabb hőmérsékletre tartozó magasabb telítési gőznyomás csökkenti a relatív nedvesség értékét, lényegében oly módon, hogy a levegő nedvességtartalma nem változik. Önmagában a relatív nedvesség csökkenésnek, mivel a tetőszint rétegben lévő és nem a konvektív mozgásban résztvevő levegőről van szó, véleményem szerint nincs kiemelkedő jelentősége, még akkor is ha a párolgásra vonatkozó hatásokat is figyelembe vesszük. Jóval jelentősebb problémának érzem, hogy a városi környezetre vonatkozó relatív nedvességre koncentrálok vizsgálatok eltérítik ennek a szűk, mindazonáltal igen fontos téma mélyebb megértését célzó erőfeszítéseket.

Az 5.5 fejezetben a jelölt a numerikus modellekkel végzett kutatások eredményeit ismerteti. Mindenképpen fontosnak és támogatandónak tartom az ez irányú erőfeszítéseket. A numerikus modellek nagy előnye, hogy lehetővé teszik számos, egymással akár erős kölcsönhatásban lévő folyamat figyelembe vételét. A fejezetben bemutatott eredmények, különösen WRF esetében, azonban nem győztek meg arról, hogy elérkezett az operatív alkalmazhatóság ideje. Az 5.53 ábra kiértékelést meglehetősen szubjektívnek tartom, és úgy gondolom, hogy különösen az éjszakai időpontban jelentős különbség van a modell által számított és a mért hőmérséklet értékek között. *Vajon mi lehet az oka annak, hogy a WRF-al kiszámolt városklíma hatás (5.53 ábra) teljesen más struktúrát mutat, mint azt az LCZ-k térbeli eloszlása alapján várni lehetne?* Szerintem az eltérést nem az okozza, hogy a WRF hibásan veszi figyelembe a városkanyon hatást, ugyanis az LCZ6-ra ez egyáltalán nem jellemző.

A doktori műben a szegedi városklíma kutatócsoport egy korai eredménye szerepelt, ami alapján valóban egyet tudok érteni opponensem véleményével az operatív alkalmazást illetően, azonban a témával jelenleg is foglalkozunk, és az újabb eredmények reménykeltőek. A konkrét példát és az 5.53. ábra kapcsán felmerült kérdést illetően több figyelembeveendő szempontot is meg kell említeni. Az ábrán jól látszik, hogy a városi melegebb levegő keleti irányban kiterjed a város szélére, majd a külterületek felé, ennek oka nagy valószínűséggel az, hogy a modellben megjelent egy alapáramlás, ami a városközpontból induló melegadvékciót okozott ezeken a területeken. Mivel a mérési adatok alapján ez nem látszik, így valószínűleg a WRF áramlási mezőjében lehetett kisebb eltérés a valós áramlási viszonyokhoz képest. Mindazonáltal sokkal fontosabb eredménynek érzem, hogy a hőmérséklet különbség nagyságrendjét jól közelíti a modell. Különösen akkor, ha összevetjük ezt az első, nem publikált tesztfuttatásainkkal, ahol a hősziget nagyságrendjét sem sikerült megközelíteni. Meg kell azonban jegyezni, hogy van további

fejlesztéseknek helye, hiszen például az LCZ9 (alig beépített) területeken (lényegében üde növényzetű kiskertek) az éjjeli lehűlés jóval nagyobbak mutatkozik a mérések alapján mint a modellben. A véleményben említett kanyonhatás, mint ahogy a dolgozatban is kifejttem, jelentős problémája a legtöbb városi modellnek, tekintve hogy bizonyos nem zárt beépítési formák esetében a városi kanyon nem definiálható, így nem is teljesen helyes a modell megközelítése. Ez ugyan finomhangolással enyhíthető de végső soron egy idő után korlátja is lesz az ilyen megközelítésű numerikus szimulációknak.

A jelölt bemutatta, és példákkal igazolta, hogy a LCZ-k sikeresen alkalmazhatóak a klímaváltozás hatásainak becslésére, valamint az optimális mitigációs stratégia kidolgozásával kapcsolatos vizsgálatokban. Az öt város esetében részletesen tárgyalt esettanulmányok, valamint az 5.6 táblázatban bemutatott Összegzés azt jelzi előre, hogy a két különböző kibocsátási forgatókönyv esetén jelentős mértékben növekedni fog a trópusi éjszakák száma. Érdekes lenne megvizsgálni, hogy mi lehet az oka annak, hogy kibocsátási forgató könyvtől függetlenül, egy Balaton parti város, Siófok lesz az egyik legkevésbé élhető város 2050-re Magyarországon.

Valóban érdekes kérdés, hogy a trópusi éjszaka index esetén a siófoki adat miért hasonló nagyságrendű, mint a jóval nagyobb méretű Budapest vagy a jóval délebbi elhelyezkedésű Újvidék. Az index a minimum hőmérsékleten alapul, amit az éjjeli lehűlésen keresztül érinthet a jelentős vízfelszín kiegyenlítő hatása. Azonban ismereteim szerint azt még sem mi, sem a modell többi felhasználója nem vizsgálta, hogy a MUKLIMO mennyire kezeli reálisan a nagy összefüggő vízfelszint, tekintve, hogy a városklimatológiai vizsgálatok esetén többnyire az ilyen – a városi hatásokat jelentősen befolyásoló – helyszíneket elkerüljük.

Egyetértek a jelölttel abban, hogy az LCZ rendszer legnagyobb hiányossága, az hogy nem alkalmas a nedvesség viszonyok jellemzésére. Ha ezen a területen sikerülne előrelépni, akkor ez maga után vonná a fejlődést a mezoskálájú modellezés területén, és segítené a reálisabb városklíma forgatókönyvek elkészítését.

A numerikus szimulációkkal kapcsolatos munka során pontosan látszik az, hogy a légnedvességi, talajnedvességi viszonyok pontos ismerete kritikus. Különösen igaz ez a szegedi mintaterületre, ahol a város tágabb környezetében egy jellemzően homokos (Ny-on) és egy jellemzően agyagos (K-en) fizikai féleségű talaj váltja egymást, ami számos esetben jelentős fejtörést okozott a numerikus szimulációknál. A városon belüli nedvességi viszonyok pontos ismerete pedig valóban jelentős előrelépést hozhatna a jövőben.

A disszertációban bemutatott kutatási eredményeket a jelölt számos cikkben ismertette, ezek közül 15 jelent meg nemzetközileg jegyzet folyóiratban. Vezető szerepét ezekben a kutatásokban jól mutatja, hogy a 15-ből 9 cikknek volt meghatározó szerzője.

A doktori munkában bemutatott eredményeket elegendőnek tartom az MTA doktori cím megszerzéséhez, javasolom a nyilvános védés kitűzését.

Köszönöm opponensem elismerő szavait a dolgozatban bemutatott eredmények publikációival kapcsolatban, valamint azt, hogy elegendőnek tartja azokat az MTA doktori cím megszerzéséhez.

A válaszban idézett források

- Acero, J.A. and Herranz-Pascual, K., 2015. A comparison of thermal comfort conditions in four urban spaces by means of measurements and modelling techniques. *Building and Environment*, 93, pp.245-257.
- Al-Jiboori, M.H. and Fei, H.U., 2005. Surface roughness around a 325-m meteorological tower and its effect on urban turbulence. *Advances in Atmospheric Sciences*, 22, pp.595-605.
- Burian, S.J., Brown, M.J. and Linger, S.P., 2002. Morphological analyses using 3D building databases: Los Angeles, California. *Los Alamos National Laboratory*, 74.

- Cruz, J.A., Blanco, A.C., García, J.J., Santos, J.A. and Moscoso, A.D., 2021. Evaluation of the cooling effect of green and blue spaces on urban microclimate through numerical simulation: A case study of Iloilo River Esplanade, Philippines. *Sustainable Cities and Society*, 74, p.103184.
- Cuadrat JM, Vicente-Serrano, Saz MA (2015) Influence of different factors on relative air humidity in Zaragoza, Spain. *Frontiers in Earth Science* 3, Article 10
- Djen, C.S., 1992. The urban climate of Shanghai. *Atmospheric Environment. Part B. Urban Atmosphere*, 26(1), pp.9-15.
- Farhadi, H., Faizi, M. and Sanaieian, H., 2019. Mitigating the urban heat island in a residential area in Tehran: Investigating the role of vegetation, materials, and orientation of buildings. *Sustainable Cities and Society*, 46, p.101448.
- Forouzandeh, A., 2018. Numerical modeling validation for the microclimate thermal condition of semi-closed courtyard spaces between buildings. *Sustainable Cities and Society*, 36, pp.327-345.
- Fröhlich, D., Gangwisch, M. and Matzarakis, A., 2019. Effect of radiation and wind on thermal comfort in urban environments—Application of the RayMan and SkyHelios model. *Urban Climate*, 27, pp.1-7.
- Grimmond, C.S.B., King, T.S., Roth, M. and Oke, T.R., 1998. Aerodynamic roughness of urban areas derived from wind observations. *Boundary-Layer Meteorology*, 89, pp.1-24.
- Herris, M.P., Middel, A. and Muller, B., 2020. Impacts of form and design policies on urban microclimate: Assessment of zoning and design guideline choices in urban redevelopment projects. *Landscape and Urban Planning*, 202, p.103870.
- Hsieh, C.M., Jan, F.C. and Zhang, L., 2016. A simplified assessment of how tree allocation, wind environment, and shading affect human comfort. *Urban Forestry & Urban Greening*, 18, pp.126-137.
- Ketterer, C. and Matzarakis, A., 2014. Human-biometeorological assessment of the urban heat island in a city with complex topography—The case of Stuttgart, Germany. *Urban Climate*, 10, pp.573-584.
- Rodríguez Algeciras, J.A., Coch, H., De la Paz Pérez, G., Chaos Yeras, M. and Matzarakis, A., 2016. Human thermal comfort conditions and urban planning in hot-humid climates—The case of Cuba. *International journal of biometeorology*, 60, pp.1151-1164.
- Moriwaki R, Watanabe K, Morimoto K (2013) Urban dry island phenomenon and its impact on cloud base level. *Journal of JSCE* 1:521-529

2023. május 25.


Gál Tamás